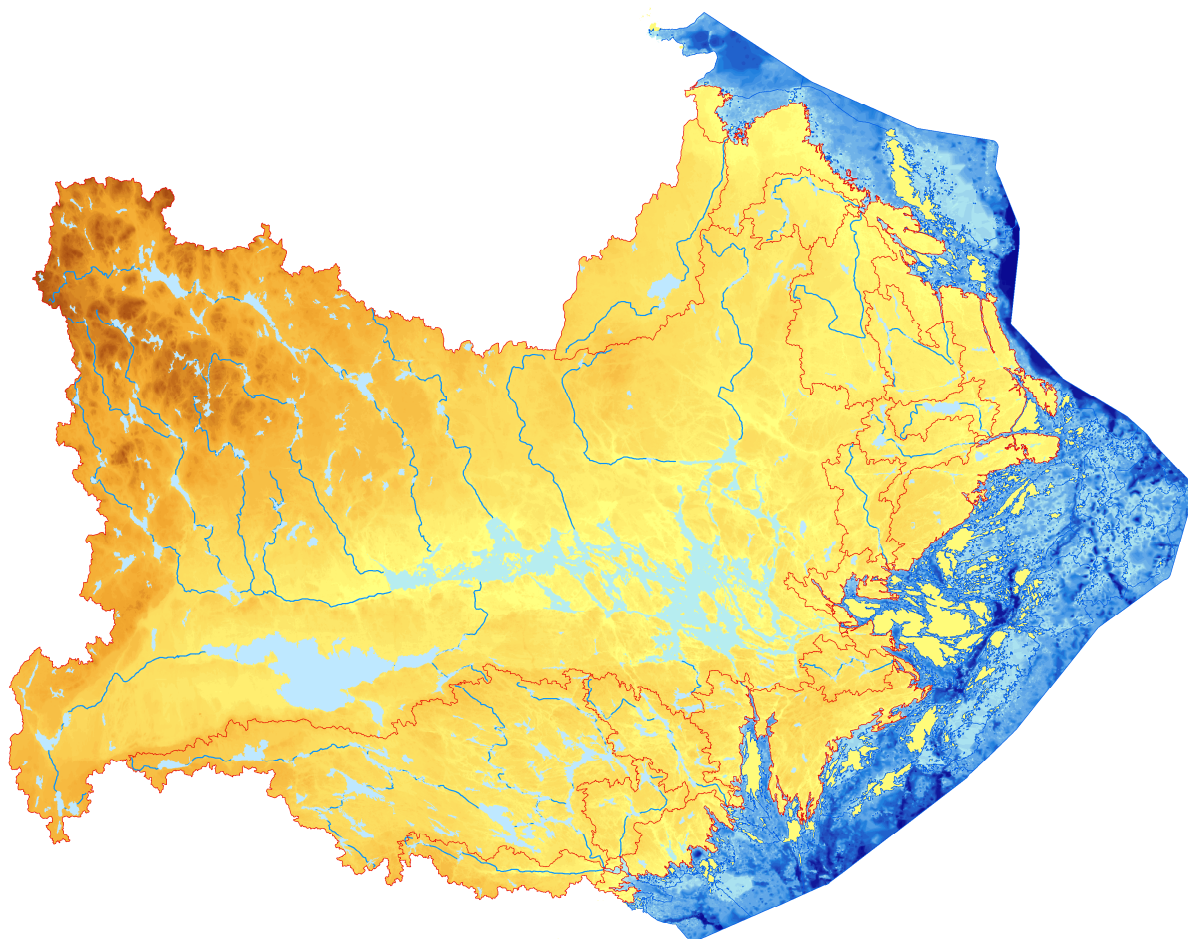




HOME

Vatten i Norra Östersjöns vattendistrikt Integrerat modellsystem för vattenkvalitetsberäkningar

Jörgen Sahlberg, Eleonor Marmefelt, Maja Brandt, Niclas Hjerdt och Karen Lundholm

**HOME Vatten i Norra Östersjöns vattendistrikt
Integrerat modellsystem för
vattenkvalitetsberäkningar**

Jörgen Sahlberg, Eleonor Marmefelt, Maja Brandt, Niclas Hjerdt och
Karen Lundholm

Kartan på framsidan visar de delar av Norra Östersjöns tillrinningsområde och havsområdesindelning, där HOME Vatten implementerats i detta uppdrag.

Report Summary / Rapportsammanfattning

Issuing Agency/Utgivare Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut S-601 76 NORRKÖPING Sweden		Report number/Publikation Oceanografi 93
Report date/Utgivningsdatum		
Author (s)/Författare Jörgen Sahlberg, Eleonor Marmefelt, Maja Brandt, Niclas Hjerdt och Karen Lundholm		
Title (and Subtitle)/Titel HOME Vatten i Norra Östersjöns vattendistrikt. Integrerat modellsystem för vattenkvalitetsberäkningar		
Abstract/Sammandrag SMHI har utvecklat ett interaktivt modellsystem för vattenkvalitetberäkningar i mark, sjöar, vattendrag och kustvatten, HOME Vatten. I detta uppdrag har HOME Vatten implementerats i Norra Östersjöns vattendistrikt. De ingående modellerna i HOME Vatten är HBV-NP (PLC5-uppsättningen) modellen för mark, sjöar och vattendrag samt Kustzonsmodellen för kustvattnen. Atmosfärsdepositionen både på land och i kustområdet har beräknats av den atmosfärskemiska MATCH-modellen. HOME Vatten har utvecklats för att vara ett verktyg i svensk vattenförvaltning med speciellt fokus på EUs ramdirektiv för vatten. Modelluppsättningarna har validerats mot tillgängliga mätdata, och visar en god överensstämmelse med data.		
Key words/sök-, nyckelord HOME Vatten, HBV-NP, PLC5, Kustzonsmodell, integrerat modellsystem, biogeokemisk modell		
Supplementary notes/Tillägg	Number of pages/Antal sidor 48	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		

Sammanfattning.....	5
Inledning.....	6
HOME Vatten som analysverktyg	7
Övervakning i kusten.....	7
Statusklassificering.....	7
HOME Vatten	9
Modellansats.....	9
Drivdata	9
Atmosfär	9
Land	11
Öppna havet.....	12
Områdesbeskrivning.....	15
Validering	28
Diskussion.....	53
Transport från land.....	53
Transport i kusten	53
Framtida förbättringar.....	54
Slutord	56
Referenser	56

Sammanfattning

Uppsättningen av HOME Vatten för Norra Östersjöns vattendistrikt har utförts på uppdrag av Norra Östersjöns vattendistrikt och med hjälp av data och annan information från Länsstyrelserna i Uppsala, Stockholm och Södermalands län. Dessutom har Stockholm Vatten bidragit med alla mätdata i hela Stockholms skärgård samt från Mälarens utlopp. Stockholms universitet har via systemekologiska institutionen bidragit med mätdata från Himmerfjärdsområdet samt utsjöstationen Norra Randen.

HOME Vatten är ett integrerat modellsystem för vattenkvalitetsberäkningar i mark, sjöar, vattendrag och kustvatten. Modellsystemet är utvecklat att användas i vattenförvaltningsarbetet, med speciellt fokus på EUs ramdirektiv för Vatten och består av två integrerade vattenkvalitetsmodeller, HBV-NP för mark, sjöar och vattendrag och Kustzonsmodellen för kustvatten. Med HOME Vatten är det möjligt att beräkna långa tidserier av näringsämnen. I kustvattnen beräknas dessutom tidserier av syrgashalt.

SMHI har i detta uppdrag implementerat HOME Vatten för Norra Östersjöns kuststräcka samt dess tillrinningsområden. Sedan tidigare finns HBV-NP modellen uppsatt för Sveriges landyta baserat på en indelning som använts för belastningsberäkningar inom HELCOM PLC5 (HELSinki COMission, Pollution Load Compilation 5), en beräkning som görs vart 6:e år. Uppdraget har omfattat en anpassning av PLC5-uppsättningen av HBV-NP-modellen till Kustzonsmodellens indatabehov samt implementering av Kustzonsmodellen. Uppdraget har genomförts i samarbete med berörda Länsstyrelser.

HBV-NP är i grunden en hydrologisk modell som anpassats för att beskriva blandning, transport och retention av vatten med olika näringsämneshalter (kväve och fosfor). Modellen använder indatafilmer med information om atmosfärsdeposition, markläckage och punktutsläpp som sammanställts för varje beräkningsområde (PLC5-område). Det finns 391 beräkningsområden inom Norra Östersjöns tillrinningsområde och dessa fördelar sig på 95 områden i huvudvattendrag, 148 kustområden och 148 öområden. Modellen beräknar brutto- och nettobelastning av kväve och fosfor på havet från varje beräkningsområde, samt även en källfördelning av belastningen.

Kustzonsmodellen är en s.k. endimensionell modell, som löser upp modellvariablerna i djupled med hög noggrannhet, men beräknar ett horisontellt medelvärde i aktuellt område. För att kunna lösa upp de horisontella gradienterna i området måste modellområdet delas in i flertalet delbassänger. Beräkningar görs i alla delbassänger, vilka är kopplade sinsemellan och utbyter egenskaper mellan varandra. Indelningen av Kustzonsmodellens delbassänger följer indelningen i vattenförekomster som rapporterats till EU.

Modellsystemet har beräknat tillståndet för perioden 1990-2006. En omfattande validering av Kustzonsmodellen har genomförts med hjälp av mätdata i området. Därefter har in- och utflöden beräknats i varje bassäng för såväl total-kväve som total-fosfor.

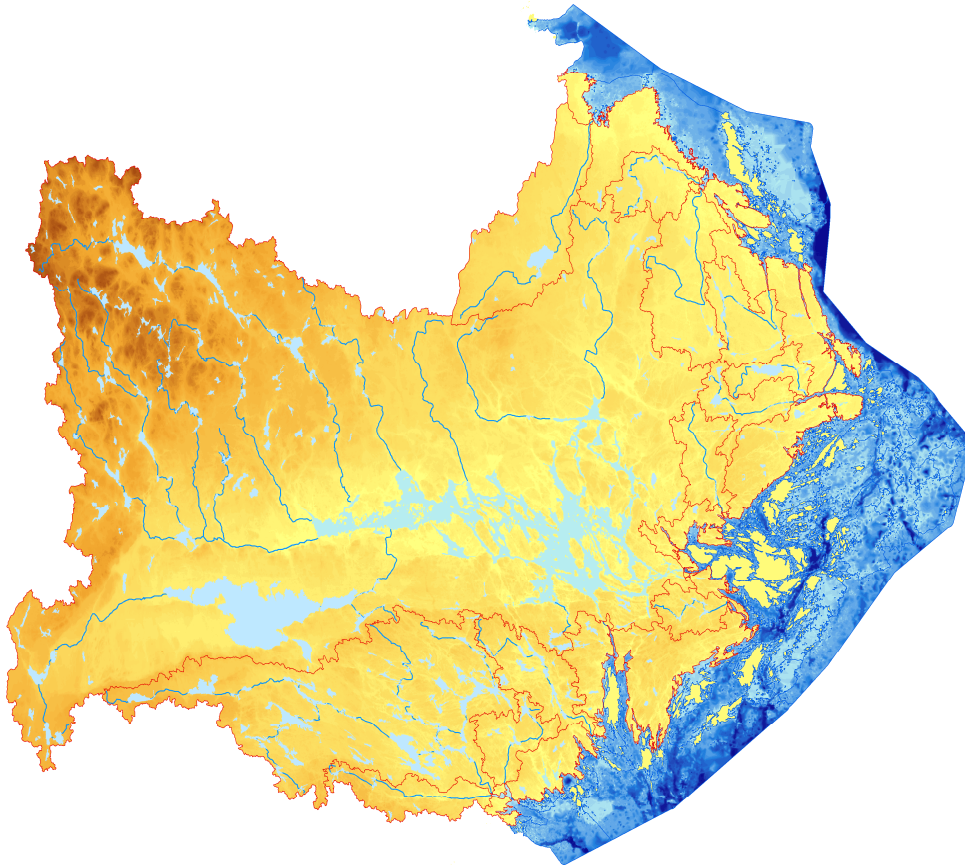
Status för kustvattnen har beräknats för total-kväve, total-fosfor, oorganiskt kväve (DIN), oorganiskt fosfor (DIP), klorofyll och syrgas baserad på HOME Vattens modellresultat. Beräkningarna baseras på den typindelning som de svenska kust- och övergångsvattnen är indelade i samt de bedömningsgrunder för klassificeringen som Naturvårdsverkets beskriver i sin remiss av förslag till föreskrifter, allmänna råd och handbok för klassificering av status och potential samt fastställande av miljökvalitetsnormer för ytvatten för kustvatten och vatten i övergångszoner. Bedömningsgrunderna fastställdes hösten 2007.

Sedan tidigare finns HOME Vatten uppsatt i alla övriga Vattendistrikt förutom Norra Östersjöns vattendistrikt.

Inledning

SMHI har utvecklat ett modellsystem för vattenkvalitetsberäkningar i mark, sjöar, vattendrag och kustvatten, HOME Vatten. Systemet är utvecklat i nära samarbete med Naturvårdsverket, berörda länsstyrelser och vattenmyndigheter. Ett av de allra första områdena som systemet implementerades i var Östergötlands skärgård, där mycket av utvecklingen av de modeller som ingår i HOME Vatten har skett både i Motala ströms avrinningsområde och i Östergötlands kustvatten. Under det senaste året har den hydrologiska modellen utvecklats för att även simulera fosfortransport från land och sötvatten.

I detta uppdrag har SMHI implementerat HOME Vatten i Norra Östersjöns vattendistrikt, Figur 1. Informationen kring den geografiska beskrivningen hämtas från databasen SVAR. Uppdelningen på fastlandet följer den indelning i beräkningsområden som benämns PLC5, men där en finare indelning har gjorts av kustområden för att områdesgränserna ska överensstämma med indelningen av de kustvattenförekomster som finns i SVAR, version 2007.



Figur 1. Hela Norra Östersjöns vattendistrikt.

För att bedöma Kustzonsmodellens riktighet har en omfattande validering genomförts av modellens resultat. Valideringen har genomförts med hjälp av recipientkontrollmätningar som genomförs i området.

HOME Vatten som analysverktyg

HOME Vatten är utvecklat för vara ett användbart analysverktyg vad det gäller miljökonsekvens beräkningar i kustzonen och dess tillrinningsområde. Dessutom kan HOME Vatten användas som ett komplement till traditionell övervakning både i kusten och i vattendragen. Några exempel på analyser som är möjliga att genomföra med HOME Vattens hjälp finns beskrivna nedan.

Övervakning i kusten

Vattendirektivet föreskriver att statusen i varje vattenförekomst i kusten skall analyseras. Traditionell marin övervakning är kostsamt. Genom att kombinera HOME Vatten med traditionell övervakning är det möjligt att optimera den traditionella övervakningen både i tid och rum. För att detta skall vara möjligt krävs att Kustzonsmodellen i HOME Vatten beskriver tillståndet i kusten väl. För att försäkra sig om modellens möjlighet att beskriva tillståndet krävs en noggrann validering. Valideringen genomförs på samma sätt som gjorts i denna studie, men mätdata från ett antal stationer. Tidigare valideringsstudier visar på samma slutsatser som denna studie, dvs. att under förutsättning att modellen drivs med rätt belastning från land, atmosfär och utsjö beskriver Kustzonsmodellen i HOME Vatten dynamiken i kusten väl, både vad det gäller hydrografiska och biogeokemiska processer.

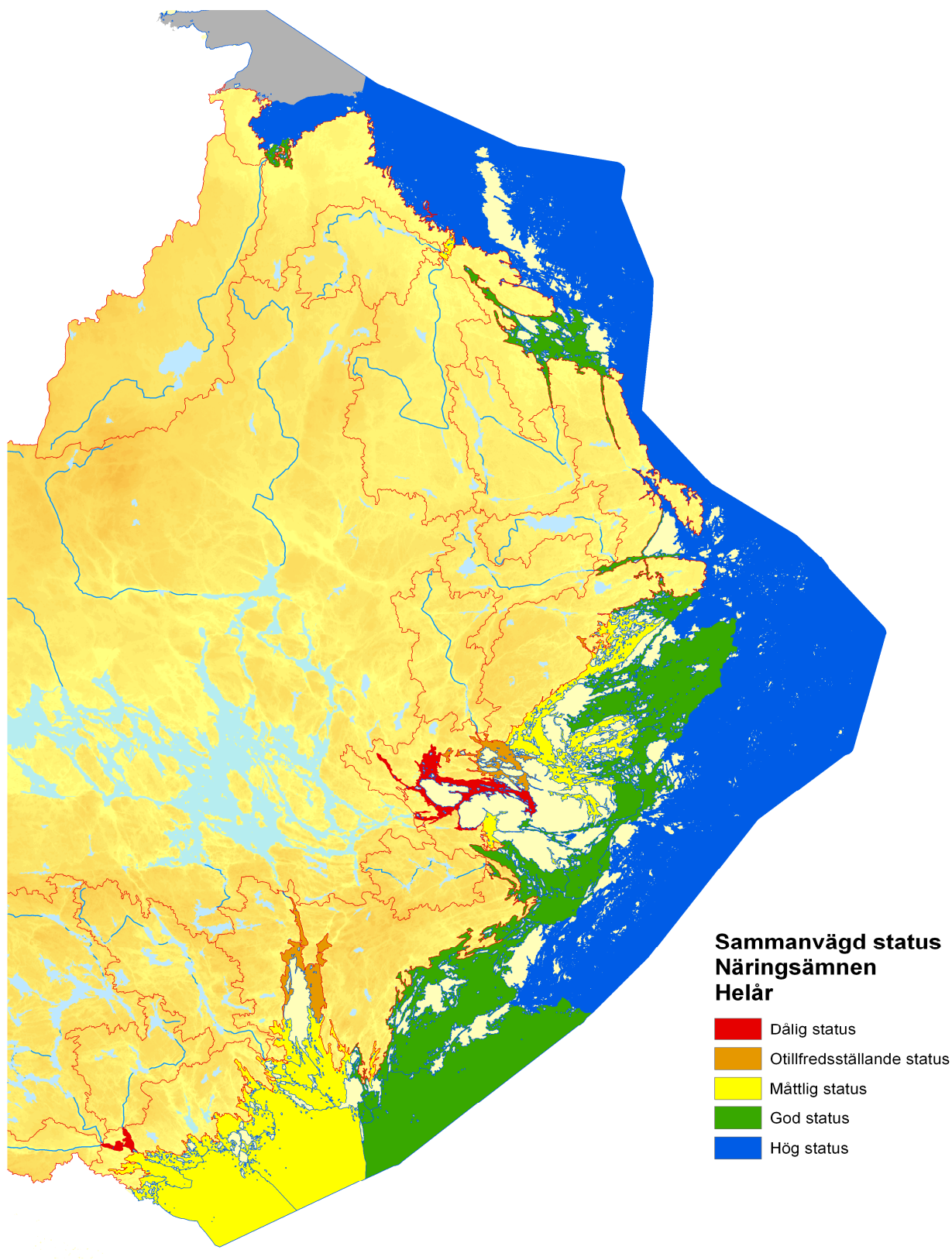
Det betyder i sin tur att Kustzonsmodellens koppling till HBV-NP modellen i HOME Vatten medför att belastningen från land beskrivs väl. För att modellsystemet skall kunna användas i övervakning av kustvattenförekomsterna behövs dessutom en god beskrivning av utbytesprocesserna mellan kustvattnen och utsjön. Den beskrivningen kan fås genom att komplettera nuvarande koppling av Kustzonsmodellen och Baltic HOME modellen med månatliga mätningar i de yttre kustbanden av samtliga fys-kem parametrar.

Med en god beskrivning av de drivande faktorerna i kustvattenförekomsterna och en väl validerad Kustzonsmodell är det möjligt att koncentrera den traditionella övervakningen till de parametrar som skall rapporteras i enlighet med EU ramdirektiv för Vatten. Exempelvis mäts DIN och DIP enbart vintertid, total-kväve och total-fosfor både vinter och sommartid, medan klorofyll mäts enbart sommartid. Syrgas bör observeras vid samtliga tillfällen, eftersom konstruktionen av bedömningsgrunderna för statusklassning, kräver övervakning hela året.

Statusklassificering

Med HOME Vattens hjälp är det även möjligt att beräkna status för total-kväve, total-fosfor, oorganiskt kväve (DIN), oorganiskt fosfor (DIP), klorofyll och syrgas. Beräkningarna baseras på den typindelning som de svenska kust- och övergångsvattnen är indelade i samt de bedömningsgrunder för klassificeringen som Naturvårdsverkets beskriver i sin remiss av förslag till föreskrifter, allmänna råd och handbok för klassificering av status och potential samt fastställande av miljökvalitetsnormer för ytvatten för kustvatten och vatten i övergångszoner.

Den sammanvägda statusbedömningen görs genom att ta medelvärdet av de ingående parametrarnas statusklasser. Exempel på sammanvägd status av näringsämnen över hela året ges i Figur 2. Eftersom HOME Vatten baseras på den vattenförekomstindelning som ligger till grund för rapporteringen inom EUs ramdirektiv för vatten är det möjligt att fastställa den ekologiska statusen för varje vattenförekomst.



Figur 2. Sammanvägd status för näringsämnen under hela året i Norra Östersjöns vattendistrikt beräknat med HOME Vatten för perioden 2004-2006. Klasserna baseras på typindelningen av svenska övergångs- och kustvatten enligt Ramdirektivet för Vatten.

HOME Vatten

Modellansats

Kustzonsmodellen är en endimensionell 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. Modellens bassängindelning skall vara densamma som vattendirektivets indelning i vattenförekomster. Genom att beskriva varje delbassängs vertikala volymsvariation fångas dess geografiska egenskaper. Bassängernas förbindelser med varandra beskrivs schematiskt i Figur 9 (Norra Östersjöns kustvatten). Förbindelsen mellan delbassängerna benämns sund och betecknas **Sxxx**. Varje sund motsvarar den sammanlagda förbindelsen mellan delbassängerna. Det är igenom sunden som vattenutbytet mellan delbassängerna sker. Storleken på utbytet genom varje sund bestäms bl.a. av sundets tvärsnittsgeometri. Geometrin för varje enskilt sund har fastställts utifrån digitala sjökort. Varje sunds tvärsnittsarea och maximala djup har kontrollerats manuellt utifrån vanliga sjökort.

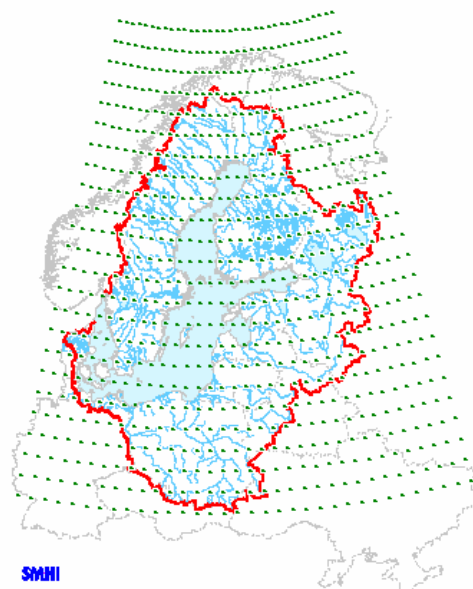
Kustzonsmodellen är en kopplad hydrodynamisk/biogeokemisk modell, där fysiken i systemet såsom omblandning, uppvärmning/avkylning, vattenutbyte etc. beräknas av den endimensionella modellen **PROBE**. De grundläggande biogeokemiska processerna beräknas av den biogeokemiska modellen, **SCOBI**, som härigenom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

Drivdata

Kustzonsmodellen utgör en del i ett integrerat modellsystem, HOME Vatten, 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.

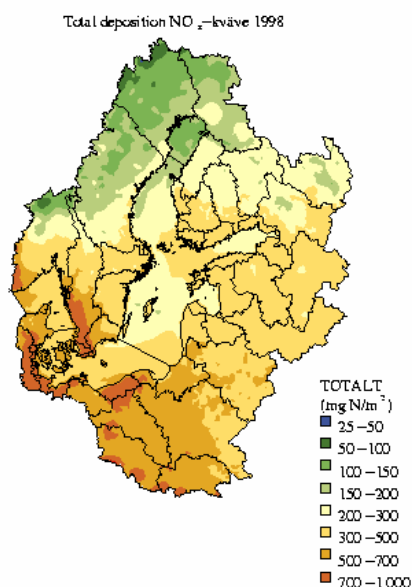
Atmosfär

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 (Figur 3). 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 rutor, vilka bäst representerar väderförhållandena i aktuellt område.



Figur 3. 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 **C**hemistry Model) modellen (Figur 4). 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 s.k. våtdeposition, årsmedelvärdet viktats mot den månatliga nederbörden för området. Nederbördsdata är hämtade från ovan nämnda meteorologiska databas.



Figur 4. **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 $0.5 \text{ kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{mån})$ baserat på Areskoug (1993).

Land

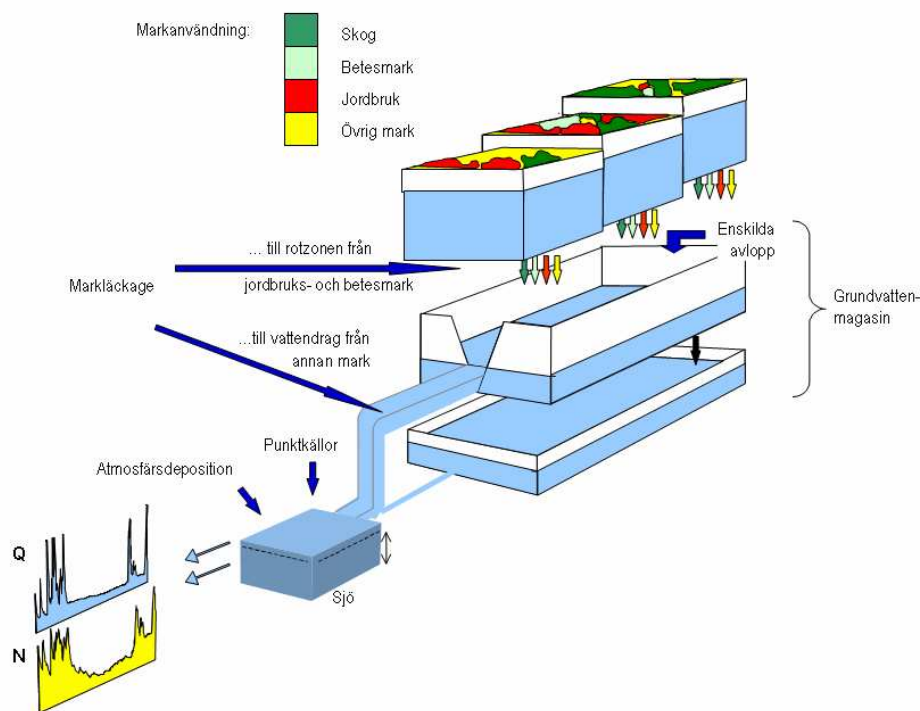
Modellsystemet HOME Vatten är baserat på HBV-NP för sötvattentransport på land (Figur 5). Denna modell beskriver omsättningen av kväve och fosfor i mark, sjöar och vattendrag, och har utvecklats på uppdrag från Naturvårdsverket inom det s.k. SMED-konsortiet (Svenska MiljöEmissionsData), vilket förutom SMHI omfattar SCB, IVL och SLU. Både SCB och IVL förser SMHI med indata för punktutsläpp, såsom dagvattenutsläpp och utsläpp från enskilda avlopp, medan SLU beräknar utlakningskoefficienter (typhalter) för olika kombinationer av jordbruksgrödor, jordarter, utlakningregioner, lutningar och fosforklasser. Stora punktutsläpp hämtas från EMIR-databasen. I HBV-NP modellen summeras alla utsläpp inom varje avrinningsområde och retentionen beräknas genom kalibrering mot mätdata.

För vattendistriktet Norra Östersjön har de fyra stora reningsverken, Bromma, Henriksdal, Käppala och Himmerfjärden brutits ur PLC5 beräkningen och hanteras separat. Skälet till detta är att då de ingår i PLC5beräkningen innebär det att deras utsläpp hamnar i sötvattenstillrinningen som genom sin låga täthet inlagras i havsbassängerna ytvatten. Detta kommer att ge en felaktig bild av kväve- och fosforkoncentrationerna i havsbassängerna i Stockholms inre skärgård resp i Himmerfjärdsområdet eftersom dessa fyra reningsverk har sina utsläpp i bottenvattnet. Bromma och Henriksdal har sina utsläpp på 25 resp. 30m djup i Strömmen medan Käppala har sitt utsläpp på 47m djup i Arkrikefjärden. Himmerfjärdsverket har sitt utsläpp i Himmerfjärden på 25m djup. Utsläppen från reningsverken hanteras numera så att kustzonsmodellen läser in nya utsläppsdata varje dygn och beroende på havsbassängens skiktning når utsläppet antingen ytan under homogena förhållanden eller inlagras på 15m djup under skiktade förhållanden.

En ny kalibrering har genomförts av tillrinningen från Mälaren till Strömmen. Skälet till detta är att ursprungliga PLC5-beräknade kvävekoncentrationer har betydligt högre värden jämfört med Stockholm Vattens mätningar vid Centralbron. När det gäller fosfordata är emellertid överensstämmelsen mellan mätningar och beräkningar god. Det är givetvis av största vikt att få så god överensstämmelse mellan mätningar och beräkningar som möjligt speciellt i tillrinningen från Mälaren som tillsammans med de tre stora reningsverken helt dominerar kväve och fosforförhållandena i Stockholms skärgård. Den nya kalibreringen har baserats på data från Stockholm Vatten där mätningar vid centralbron genomförts varje vecka under hela perioden 1990 tom 2006. Den nya kalibreringen medförde att kvävekoncentrationerna sjönk till mer rimliga värden. Dock är fortfarande nitatkoncentrationen för hög.

Simulering av sötvattenflöden

Den totala belastningen från land är starkt beroende av vattenflöden eftersom transporten beräknas som vattenflöde multiplicerat med närsaltskoncentration. Ofta varierar vattenflöden över flera tiopotenser i magnitud medan koncentrationerna kanske bara varierar några procent. Kalibreringen av den hydrologiska modellen är därför mycket viktig för slutresultatet. Den hydrologiska modellen har kalibrerats regionalt utifrån de mätstationer för vattenföring som finns att tillgå, och kalibreringen bygger på de beräkningar som gjordes inom TRK-projektet och HELCOM PLC5.



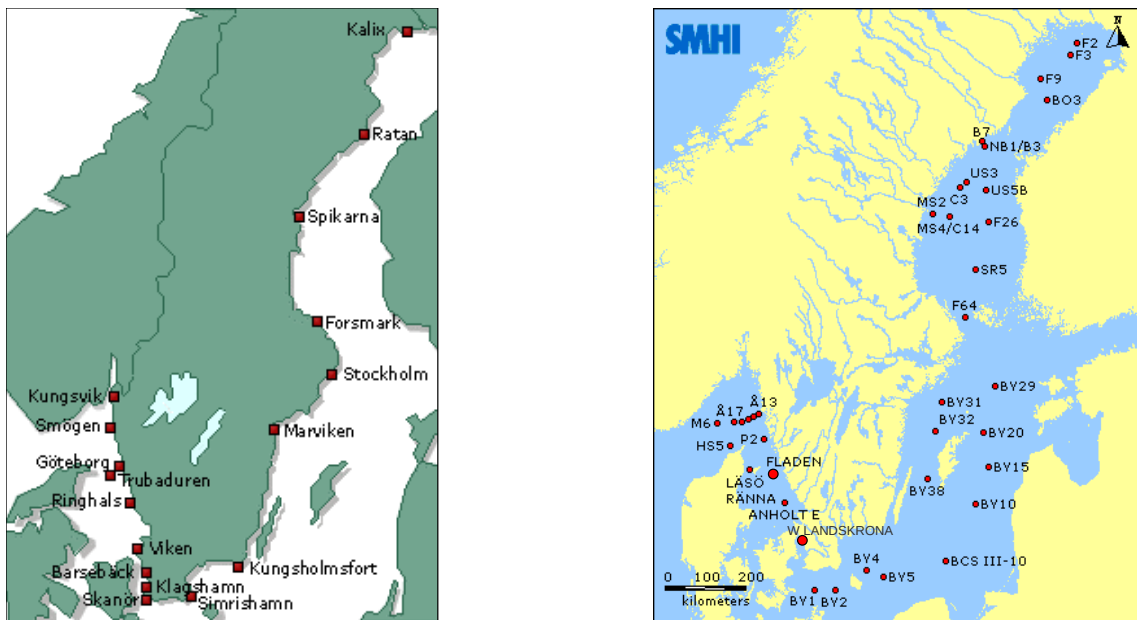
Figur 5. Kopplingarna mellan olika kväveutsläpp och den hydrologiska modellen.

Belastning av kväve och fosfor från land

Tidsserier med halter av kväve och fosfor i tillrinnande vattendrag har beräknats med HBV-NP modellen. Belastningen från huvudavrinningsområdena bygger på uppsättningen från PLC5-beräkningarna som genomfördes 2007 med undantag av den nya kalibreringen för Mälarens utlopp i Stockholms ström. Dessa huvudavrinningsområden har kompletterats med nya delområden med en finare indelning för kustnära områden och öar, anpassade efter indelningen av kustvattenförekomster. HBV-NP beräknar kväve- och fosforbelastningen på dygnsbasis i HOME Vatten.

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.

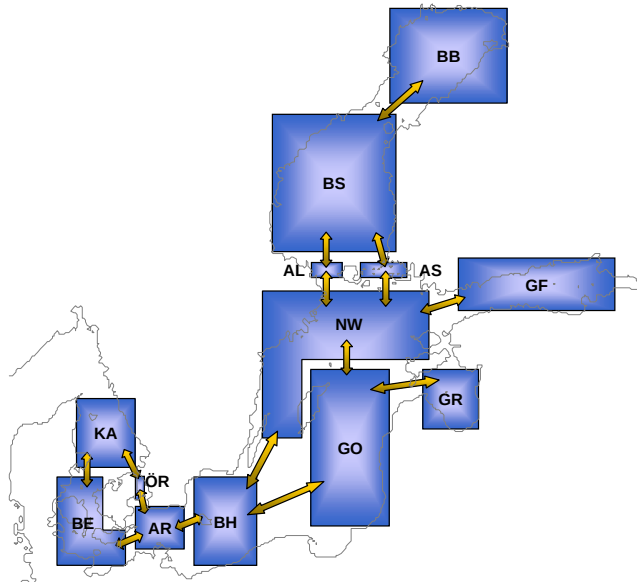


Figur 6. Havsvattenståndsstationer längs Sveriges kust (kartan till vänster) och mätstationer där provtagningar sker kontinuerligt och som finns tillgängliga i **SHARK**.

Havsvattenståndet mäts dagligen på ett antal stationer runt Sveriges kust (Figur 6, vänster). 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.

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 mätserie som är lokaliserad nära det aktuella kustavsnittet och som har mätdata som fångar årstidsvariationer under hela den aktuella perioden. 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 (Figur 6, höger). Tidserierna 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.

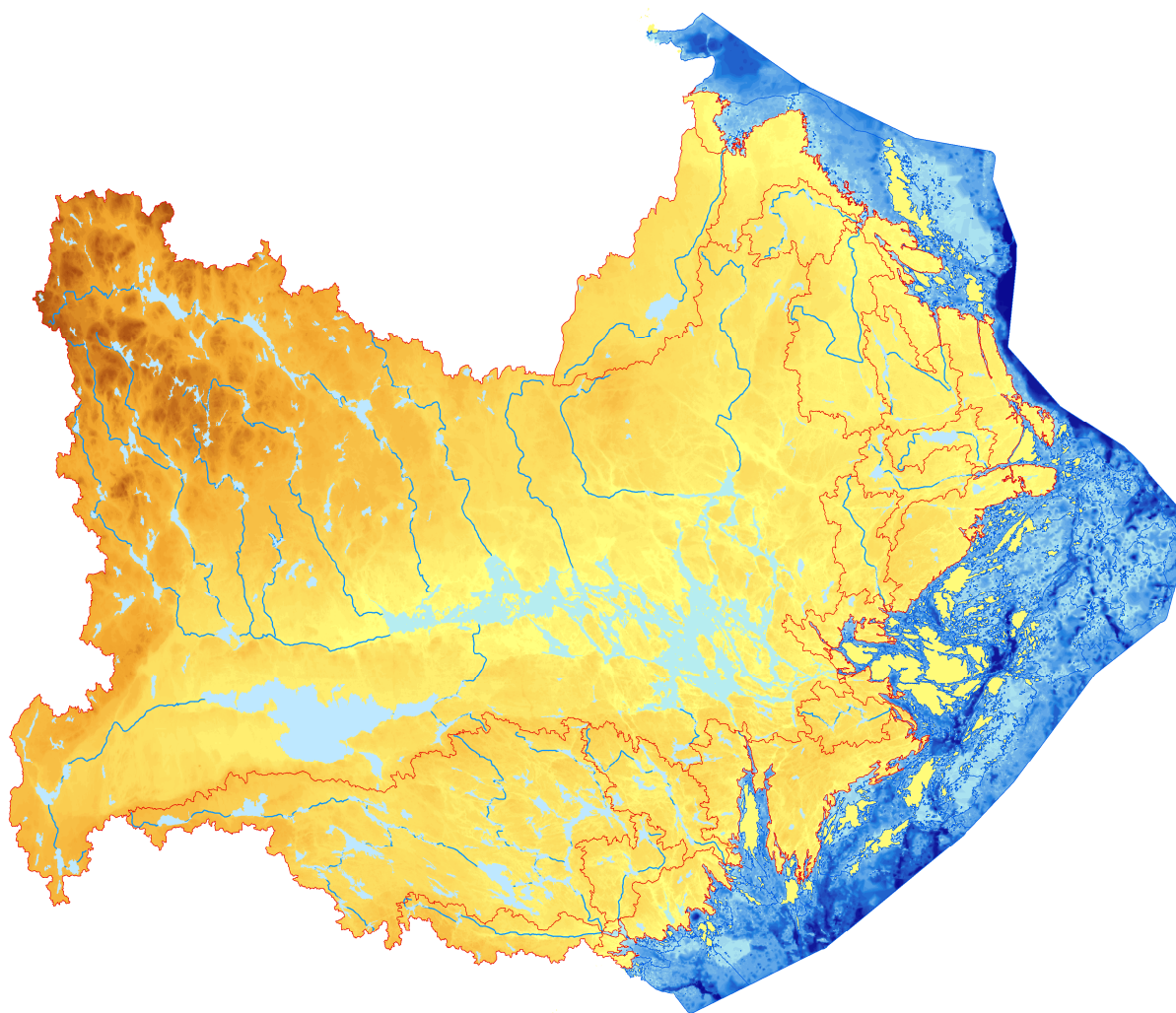
Förutsättningarna för att en utsjömodell skall utgöra en bättre drivning av Kustzonsmodellen än observationer är att modellen kan beskriva både den vertikala och den horisontella variationen av modellens variabler på ett bra sätt. Det allra bästa hade varit att ha en tredimensionell modell med hög upplösning 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, vilken appliceras i hela Östersjösystemet (Kattegatt inkluderad). Modellen kallas **PROBE-Baltic** och delar upp Östersjösystemet i 13 delbassänger (Figur 7).



Figur 7. Schematisk bild över PROBE-Baltics modellområde.

PROBE-Baltic har en hög vertikal upplösning, där de 40 översta metrarna är indelade i 1m tjocka skikt frånsett de allra översta 4m som indelats i 0,5m tjocka skikt. Skikttjockleken ökar vid ökande djup för att vid 200m vara 6m tjock. **PROBE-Baltic** beräknar precis som Kustzonsmodellen ett horisontellt medelvärde för varje skikt i varje bassäng, vilket kan sägas representera tillståndet i de centrala delarna i varje delbassäng. För att fånga de horisontella gradienterna in mot kusten har **PROBE-Baltic** modellen anpassats efter observerade data från utsjöstationer nära kusten genom s.k. data assimilation.

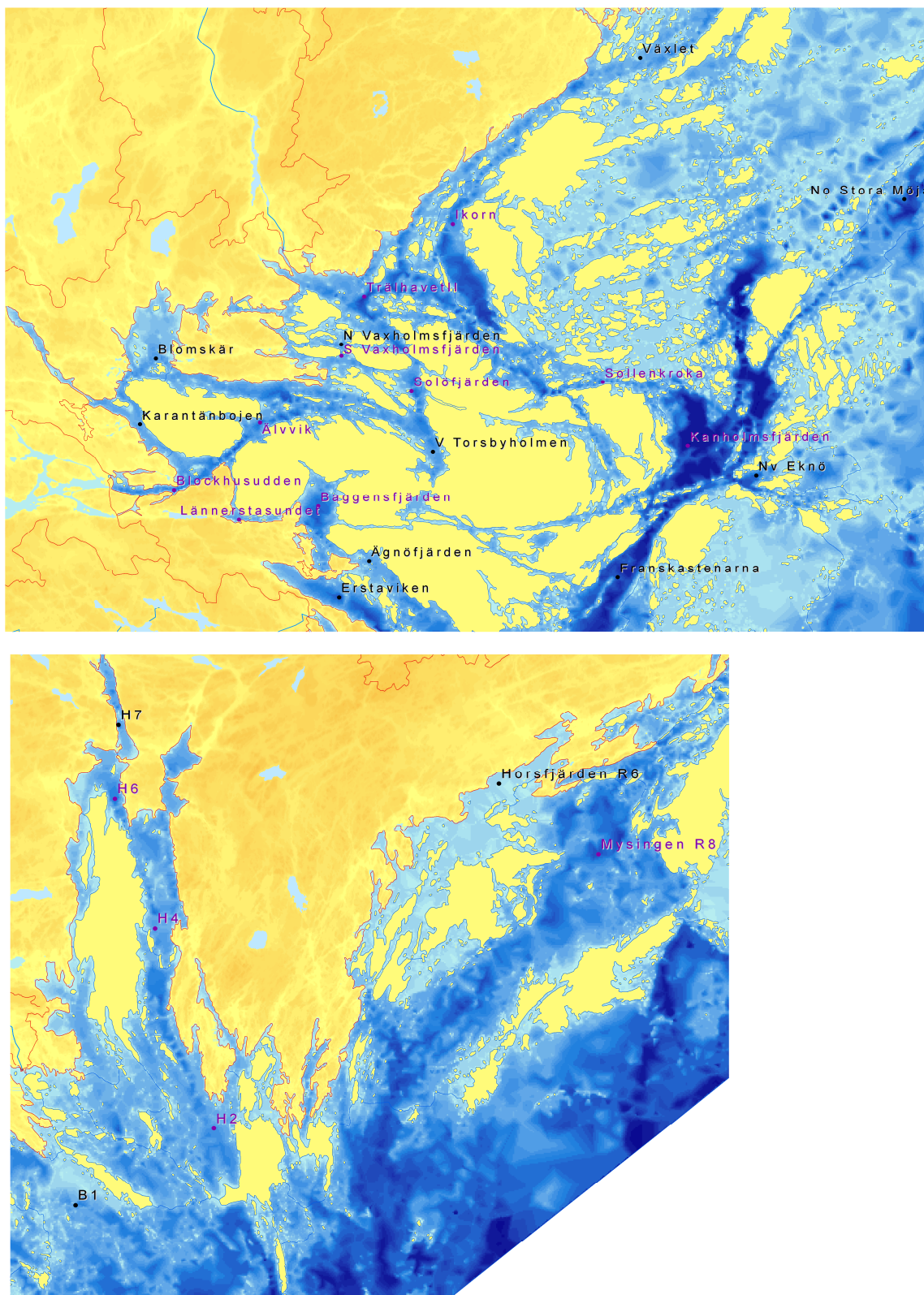
Områdesbeskrivning



Figur 8. Karta över Norra Östersjöns indelning i kustvattenförekomster, samt tillhörande avrinningsområden.

HOME Vatten för Norra Östersjöns vattendistrikt omfattar 148 kustvattenområden med tillhörande avrinningsområden och öar. Modelluppsättningen omfattar kustvattnen från Gävlebuktens utsjövatten i norr till Bråvikens mynning i söder i norr, se Figur 8. Med den gräns som dragits mellan Bottenhavets och Norra Östersjöns vattendistrikt har det uppstått ett modelleringsproblem. Havsområdet Lövestabukten (och Karlholmsfjärden) kom att tillhöra Norra Östersjöns vattendistrikt trots att området har sitt stora vattenutbyte med Gävlebuktens utsjövatten, se Figur 8, som tillhör Bottenhavets vattendistrikt och därmed inte ingår i kustzonsmodellen för Norra Östersjön. Ur modelleringssynpunkt löstes detta genom att låta Lövestabukten ha sitt vattenutbyte med Öregrunds kustvatten. Detta är givetvis inte bra eftersom förhållandena i Öregrunds kustvatten troligen skiljer sig från förhållandena i Gävlebuktens kustvatten. Det bästa vore att man i en framtid för över havsområdena Lövestabukten och Karlholmsfjärden med tillhörande avrinningsområden till Bottenhavets vattendistrikt.

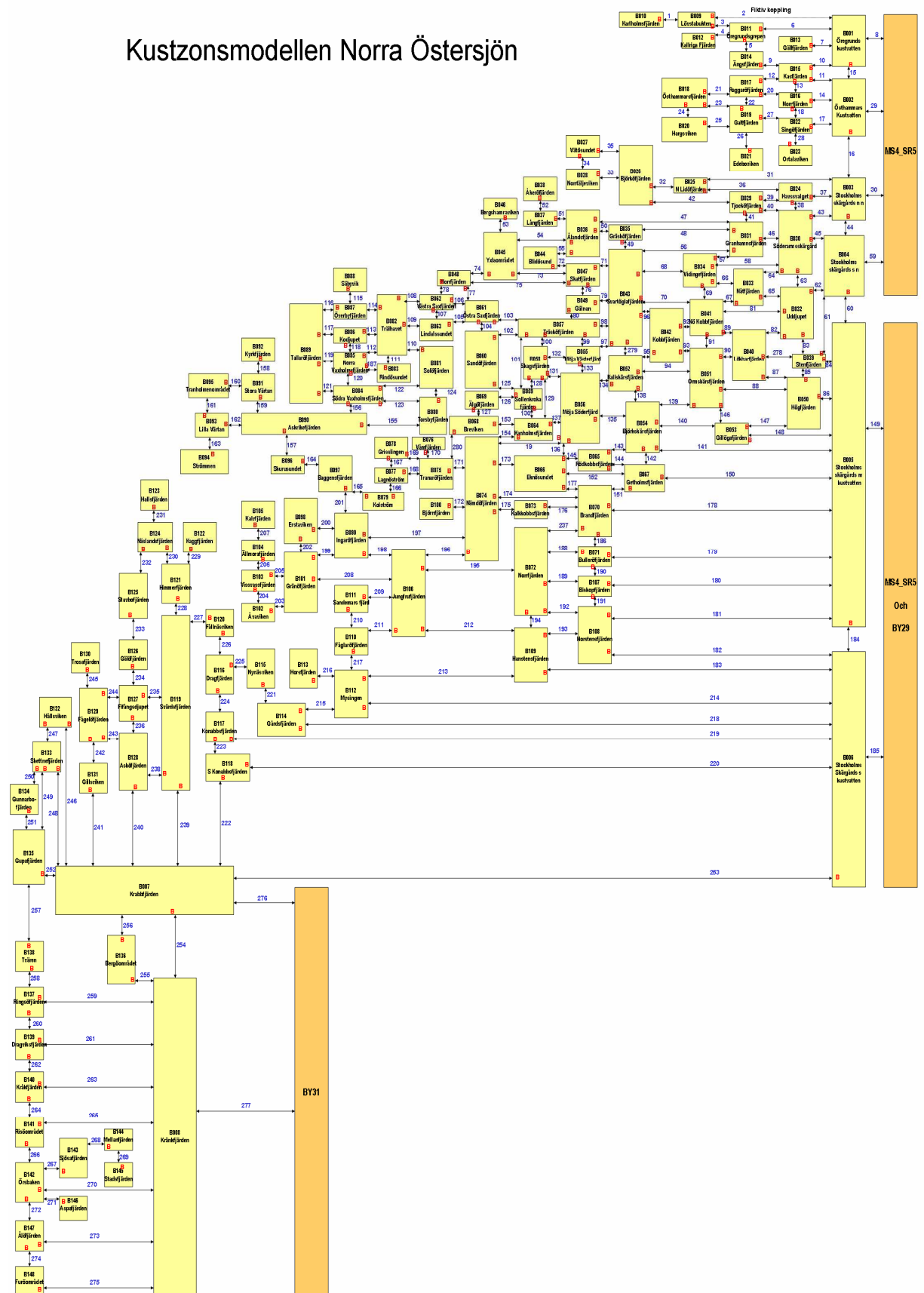
De stationer från pågående kustvattenkontrollprogram som använts för validering av Kustzonmodellen är markerade i Figur 9.



Figur 9. De mätstationer använts för validering av Kustzonmodellen är markerade i kartorna. Resultat från valideringen presenteras i rapporten från de stationer som är markerade med lila text.

De delbassänger som ingår i Kustzonsmodellens uppsättning redovisas i Tabell 1 samt i den schematiska bilden över hela området som visar kopplingarna mellan bassängerna se Figur 10. För varje bassäng finns en angiven area för varje djupnivå den sk hypsografiska kurvan. Dessa visas i Figurerna 11-15.

Kustzonsmodellen Norra Östersjön



Figur 10. Schematisk beskrivning över bassängindelningen samt kopplingar mellan delbassängerna i modelluppsättningen för Norra Östersjöns kustvatten.

Tabell 1. Modelluppsättningens bassängbeteckningar. Bassängernas HID-beteckning är hämtade från **SVAR** (Svenskt VattenArkiv).

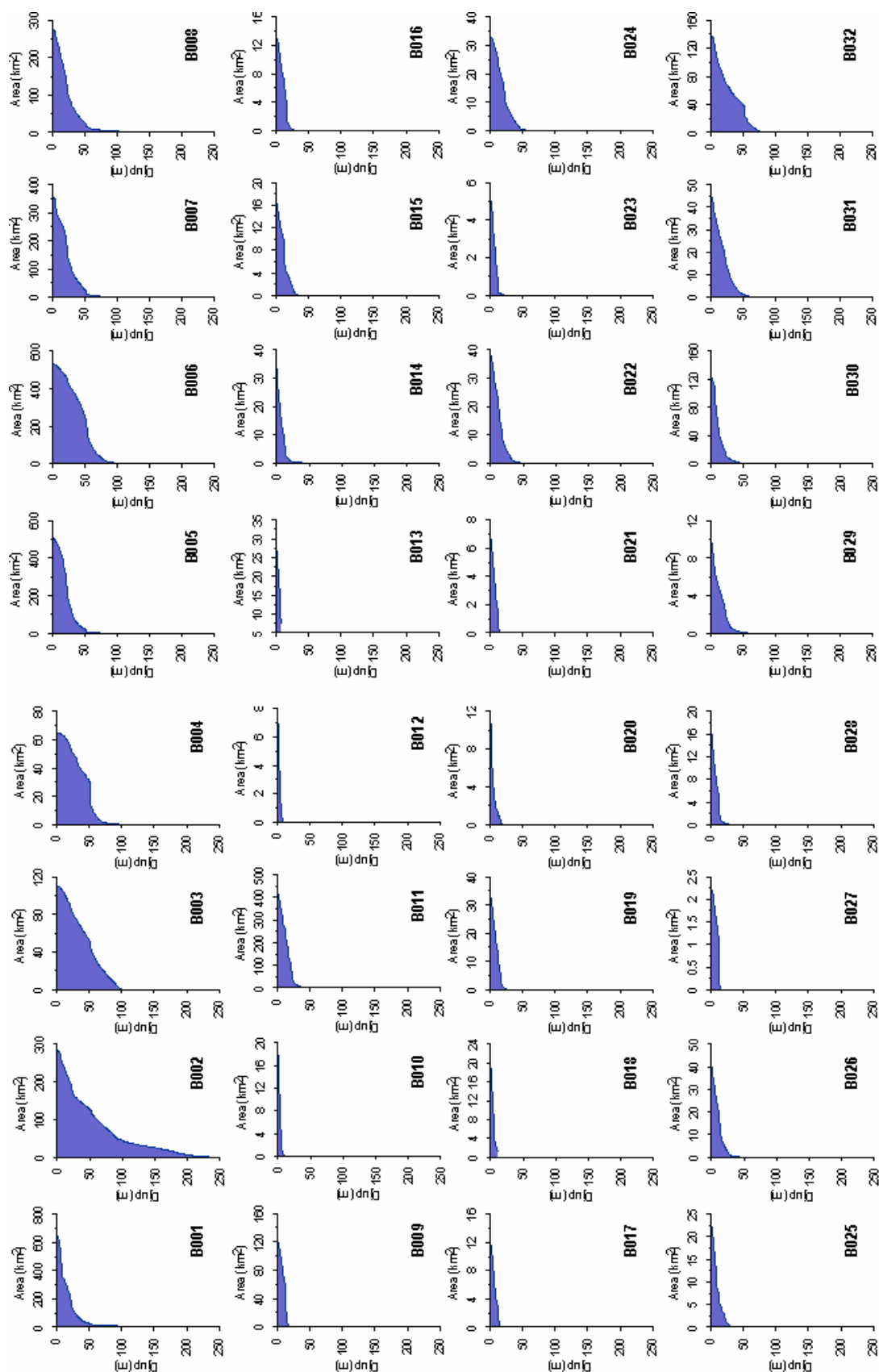
Bassäng	NAMN	HID
B001	Öregrundskustvatten (vd)	SE603870-181301
B002	Östhammars kustvatten (vd)	SE601000-185081
B003	Stockholms skärgårds n n (vd)	SE595000-191501
B004	Stockholms skärgårds s n (vd)	SE594000-193501
B005	Stockholms skärgårds m kustvatten (vd)	SE592100-192001
B006	Stockholms skärgårds s kustvatten (vd)	SE585350-182001
B007	Krabbfjärden (vd)	SE584340-174401
B008	Kränkfjärden sek namn (vd)	SE583720-172571
B009	Lövstabukten	SE603650-174500
B010	Karlsfjärden	SE603190-174000
B011	Öregrundsgrepen	SE603000-181500
B012	Kallriga Fjärden	SE602120-181610
B013	Gällfjärden	SE602400-183190
B014	Ängsfjärden sek namn	SE601660-183550
B015	Kasfjärden sek namn	SE601440-184000
B016	Norrfjärden	SE601300-184180
B017	Raggaröfjärden	SE601310-183700
B018	Östhammarfjärden sek namn	SE601300-182880
B019	Galtfjärden	SE601000-183510
B020	Hargsviken sek namn	SE601070-182900
B021	Edeboviken	SE600740-183460
B022	Singöfjärden	SE601000-184030
B023	Ortalaviken	SE600565-184600
B024	Havssvalget	SE594845-191240
B025	N Lidöfjärden sek namn	SE594800-190655
B026	Björköfjärden	SE594800-190220
B027	Vätösundet	SE595000-185600
B028	Norrtäljeviken	SE594670-185500
B029	Tjocköfjärden	SE594590-190600
B030	Söderarms skärgård	SE594200-192000
B031	Granhamnsfjärden	SE594275-191000
B032	Uddjupet	SE593760-192625

B033	Nåtfjärden	SE593860-192000
B034	Vidingefjärden	SE593920-191440
B035	Gräsköfjärden	SE594000-190500
B036	Ålandsfjärden sek namn	SE594100-185690
B037	Långfjärden	SE594260-185580
B038	Åkeröfjärden	SE594384-185542
B039	Stenfjärden	SE593500-193255
B040	Lökharfjärden	SE593330-192540
B041	Nö Kobbjärden sek namn	SE593500-191660
B042	Kobbjärden	SE593180-191280
B043	Svartlögafjärden	SE593500-190000
B044	Blidösund	SE593820-185500
B045	Yxlaområdet	SE593750-184900
B046	Bergshamraviken	SE593750-183962
B047	Skatfjärden	SE593460-184890
B048	Norrfjärden sek namn	SE593300-183600
B049	Gälnan	SE593080-184500
B050	Högfjärden	SE593000-193000
B051	Ormskärsfjärden sek namn	SE593000-192000
B052	Kallskärsfjärden	SE593000-190500
B053	Gillögafjärden	SE592500-191750
B054	Björkskärsfjärden	SE592000-190500
B055	Möja västerfjärd	SE592500-185000
B056	Möja söderfjärd	SE592090-185125
B057	Träsköfjärden	SE592640-184500
B058	Skagsfjärden	SE592400-184400
B059	Sollenkrokafjärden	SE592245-184400
B060	Sandöfjärden	SE592280-183550
B061	Östra Saxarfjärden	SE592790-183000
B062	Västra Saxarfjärden	SE592650-182815
B063	Lindalssundet	SE592547-182720
B064	Kanholmsfjärden	SE592000-184700
B065	Rödkobbsfjärden	SE591910-185600
B066	Eknösundet	SE591905-185275
B067	Getholmsfjärden sek namn	SE591790-185500
B068	Breviken	SE591755-183895
B069	Älgöfjärden	SE592040-184000

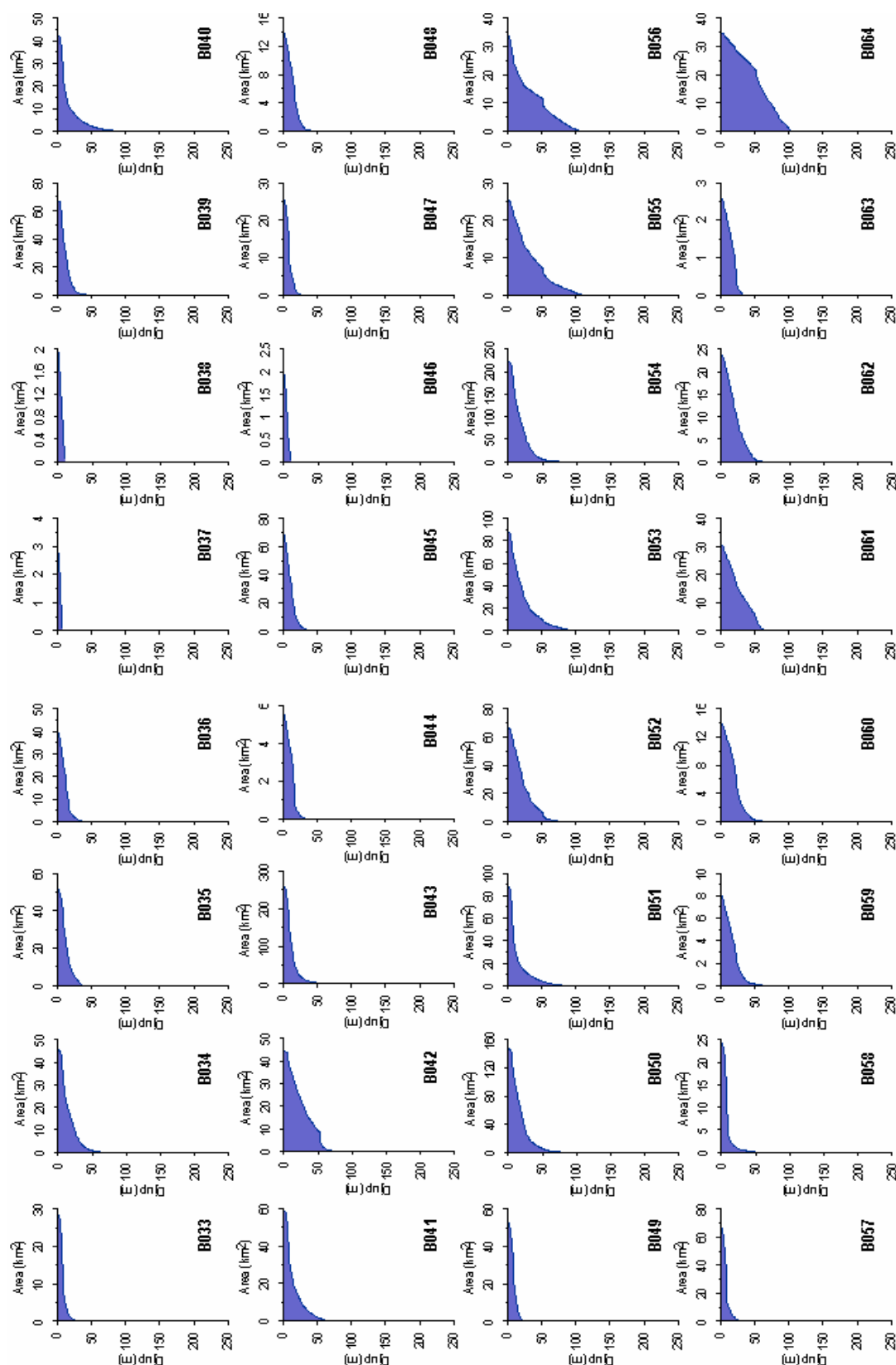
B070	Brandfjärden	SE591500-185300
B071	Bulleröfjärden	SE591175-185000
B072	Norrfjärden	SE590730-183763
B073	Kalkkobbsfjärden	SE591330-184225
B074	Nämdöfjärden	SE591200-183600
B075	Tranaröfjärden	SE591655-183200
B076	Våmfjärden	SE591655-183530
B077	Lagnöström	SE591755-182800
B078	Grisslingen	SE591815-182670
B079	Kolström	SE591745-182250
B080	Torsbyfjärden	SE592135-182700
B081	Solöfjärden	SE592315-182620
B082	Trälhavet	SE592605-182310
B083	Rindösundet	SE592435-182400
B084	Södra Vaxholmsfjärden	SE592420-182210
B085	Norra Vaxholmsfjärden	SE592468-182000
B086	Kodjupet	SE592515-182020
B087	Överbyfjärden	SE592575-181770
B088	Säbyvik	SE592600-181600
B089	Tallaröfjärden	SE592400-181860
B090	Askrikefjärden	SE592290-181600
B091	Stora Värtan	SE592400-180800
B092	Kyrkfjärden	SE592600-181135
B093	Lilla Värtan	SE592000-181015
B094	Strömmen	SE591920-180800
B095	Tranholmenområdet sek namn	SE592200-180625
B096	Skurusundet	SE591800-181360
B097	Baggensfjärden	SE591760-181955
B098	Erstaviken	SE591400-182320
B099	Ingaröfjärden	SE591300-182800
B100	Björnöfjärden	SE591400-183200
B101	Gränöfjärden	SE591050-182740
B102	Åvaviken	SE591050-182320
B103	Vissvassfjärden	SE591090-182300
B104	Ällmorafjärden	SE591160-182400
B105	Kalvfjärden	SE591280-182070
B106	Jungfrufjärden	SE590835-183000

B107	Biskopsfjärden	SE590665-184210
B108	Norstensfjärden	SE590148-183625
B109	Hanstensfjärden	SE590000-183000
B110	Fåglaröfjärden sek namn	SE590500-182000
B111	Sandemars fjärd sek namn	SE590635-182120
B112	Mysingen	SE585500-180500
B113	Horsfjärden	SE590385-180890
B114	Gårdsfjärden	SE585145-175690
B115	Nynäsviken	SE585170-175445
B116	Dragfjärden sek namn	SE584960-175280
B117	Konabbsfjärden	SE584840-175400
B118	S Konabbsfjärden sek namn	SE584695-175315
B119	Svärdsfjärden	SE585000-174600
B120	Fällnäsvisen	SE585345-174950
B121	Himmerfjärden	SE590000-174400
B122	Kaggfjärden	SE590550-174540
B123	Hallsfjärden	SE590700-174145
B124	Näslandsfjärden	SE590400-174090
B125	Stavbofjärden	SE590200-173765
B126	Gälöfjärden	SE585400-173870
B127	Fifångsdjupet	SE585200-174000
B128	Asköfjärden	SE584870-174310
B129	Fågelöfjärden	SE585200-173600
B130	Trosafjärden	SE585200-173430
B131	Gillsviken	SE585040-173535
B132	Hållsviken	SE585075-173130
B133	Skettnefjärden	SE584905-172980
B134	Gunnarbofjärden	SE584820-172920
B135	Gupafjärden	SE584600-173200
B136	Bergöområdet	SE584333-172895
B137	Ringsöfjärden sek namn	SE584420-172515
B138	Tvären	SE584520-172495
B139	Dragviksfjärden	SE584400-172270
B140	Kråkfjärden	SE584390-172085
B141	Risöområdet sek namn	SE584227-171600
B142	Örsbaken	SE584085-171600
B143	Sjösafjärden	SE584430-170665

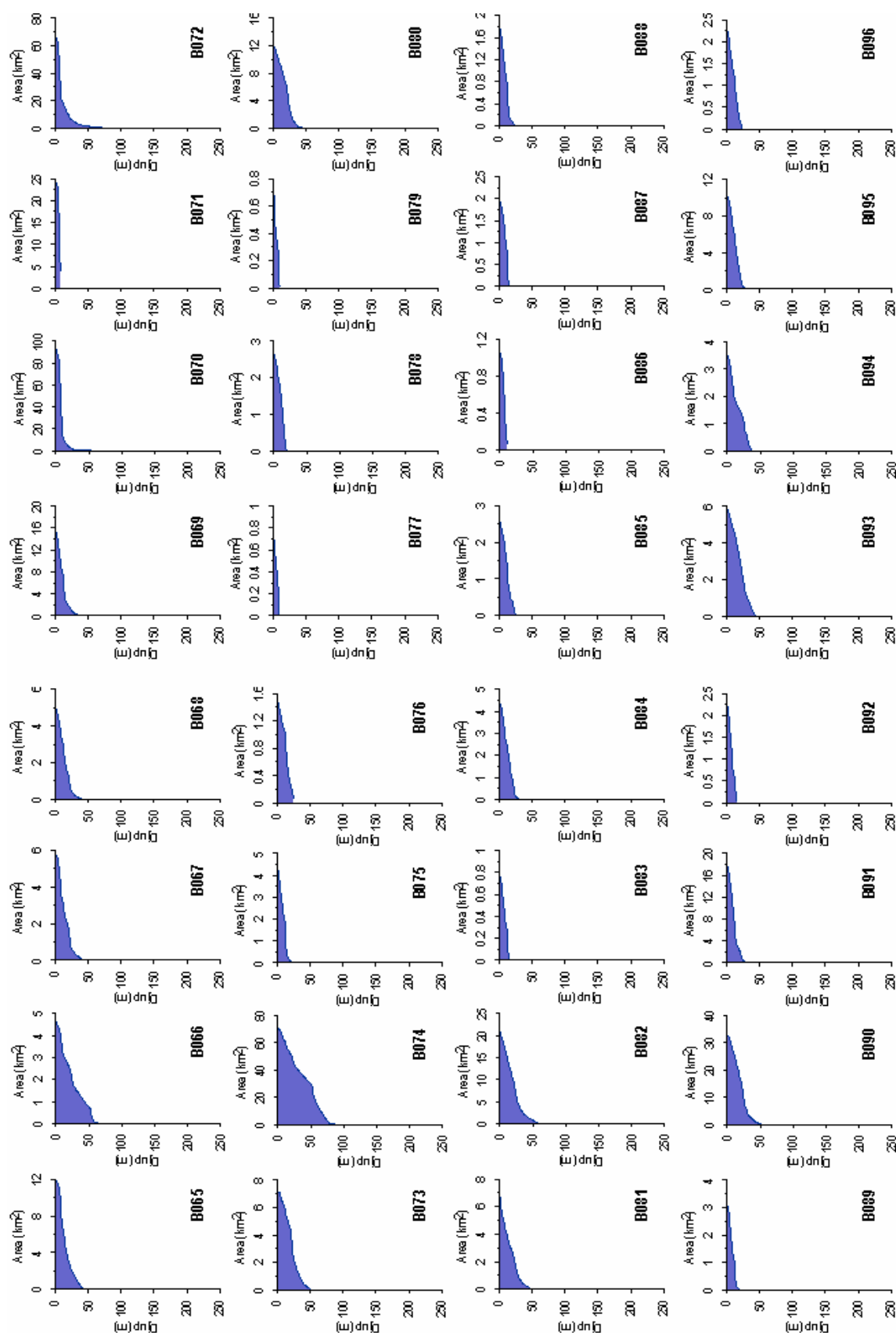
B144	Mellanfjärden	SE584435-170450
B145	Stadsfjärden	SE584434-170260
B146	Aspafjärden	SE584215-170800
B147	Ålöfjärden	SE584065-171200
B148	Furöområdet sek namn	SE583900-170800



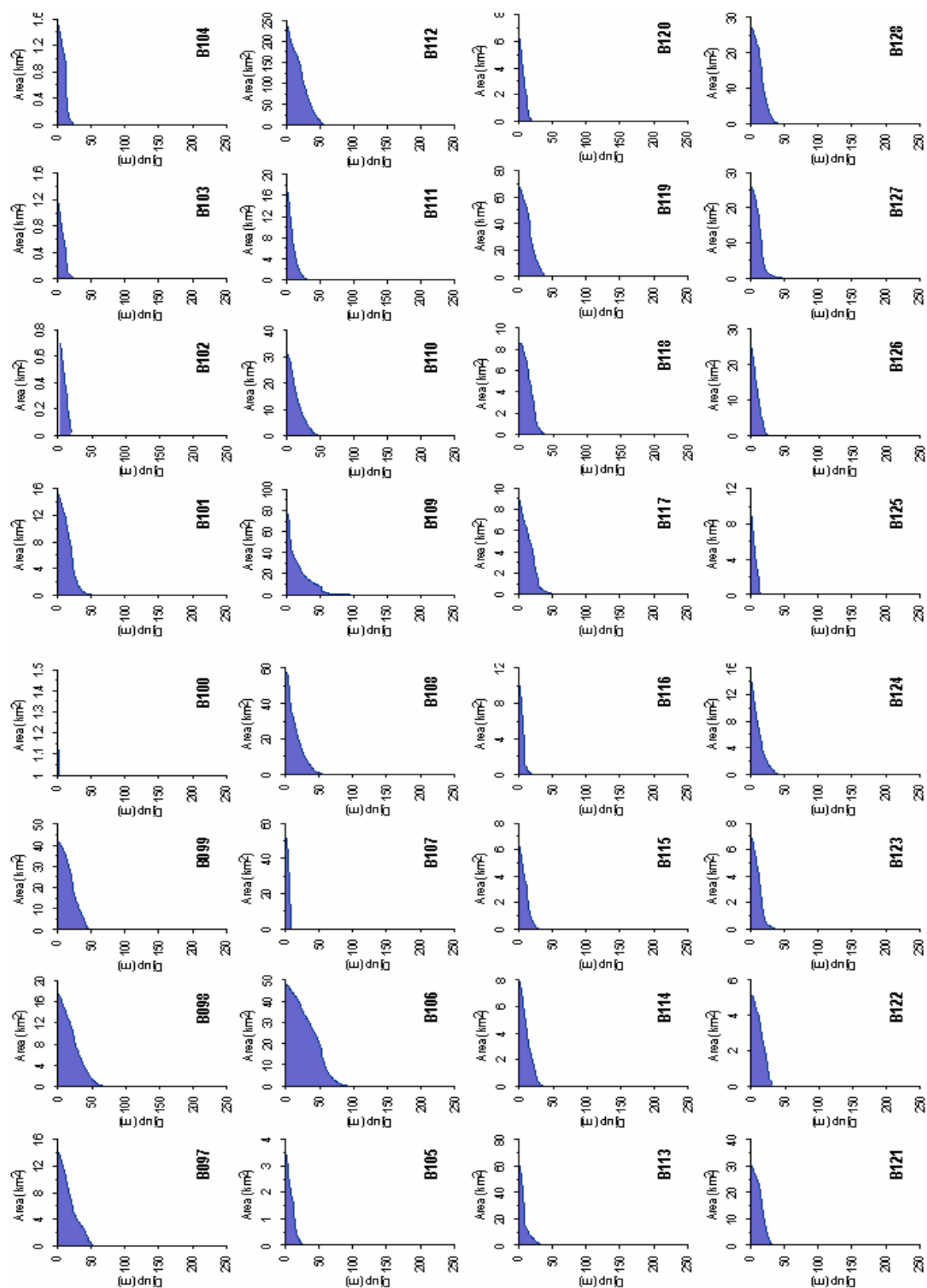
Figur 11. Area fördelningen i djupled för delbassängerna B001-B032 beskrivs i s.k. hypsografer. Det är hypsograferna som anger varje delbassängs specifika geografiska egenskaper.



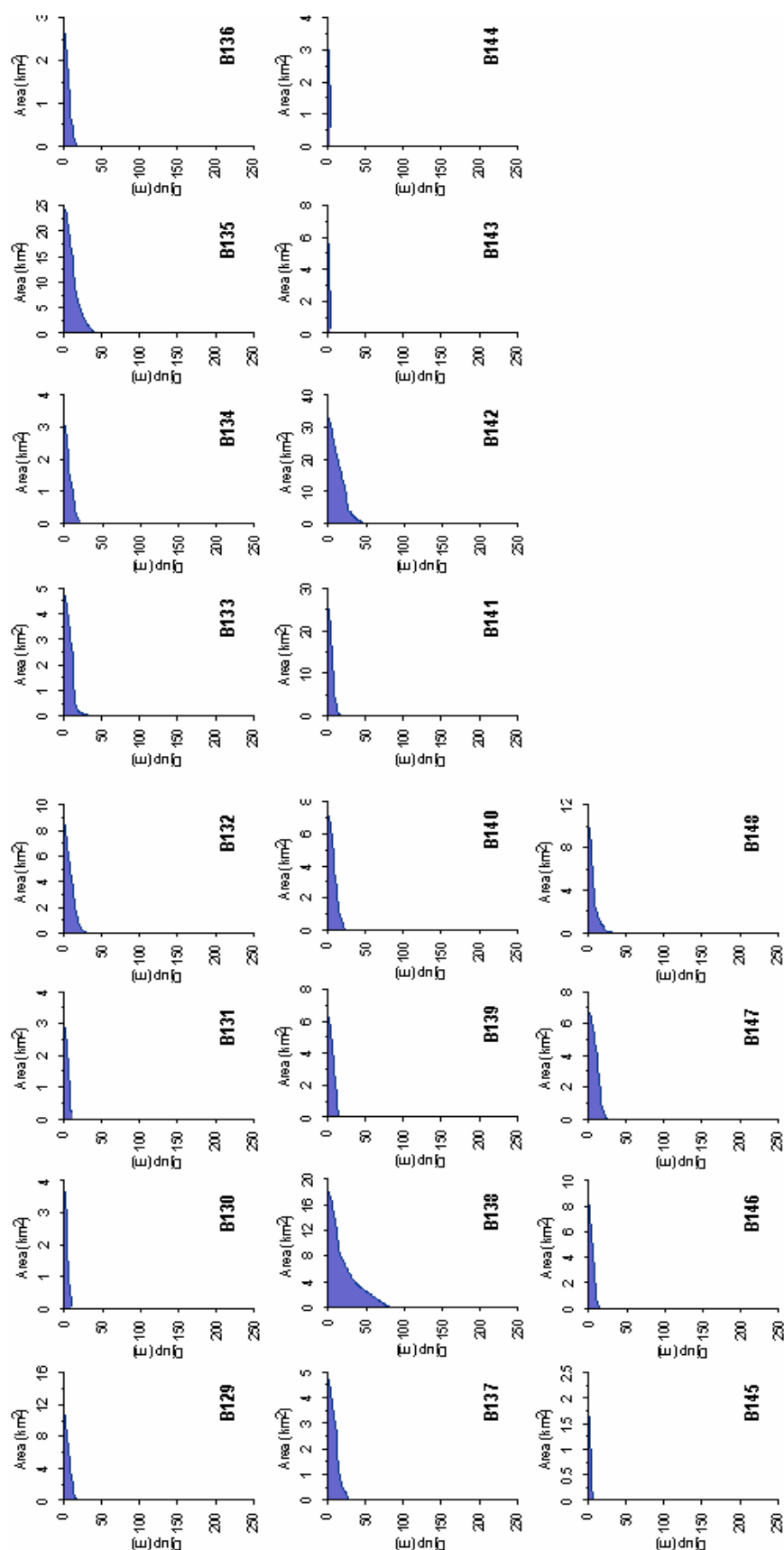
Figur 12. Area fördelningen i djupled för delbassängerna B033-B064 beskrivs i s.k. hypsografer. Det är hypsograferna som anger varje delbassängs specifika geografiska egenskaper.



Figur 13. Area fördelningen i djupled för delbassängerna B065-B096 beskrivs i s.k. hypsografer. Det är hypsograferna som anger varje delbassängs specifika geografiska egenskaper.



Figur 14. Area fördelningen i djupled för delbassängerna B097-B128 beskrivs i s.k. hypsografer. Det är hypsograferna som anger varje delbassängs specifika geografiska egenskaper.



Figur 15. Area fördelningen i djupled för delbassängerna B129-B148 beskrivs i s.k. hypsografer. Det är hypsograferna som anger varje delbassängs specifika geografiska egenskaper.

Validering

Modellresultatens giltighet fastställs genom att validera dem mot uppmätta data. Ett antal av de stationer som ingår i Stockholm Vattens mätprogram samt kustvattenkontrollprogrammet har valts ut för validering av modellen. En svårighet i valideringen som man måste vara medveten om är att modellansatsen är endimensionell och modellen därför beräknar ett horisontellt medelvärde för varje djup i varje delbassäng. Kustvattenkontrollprogrammen utgörs till stora delar av s.k. recepientskontrollprogram vilka vanligtvis drivs av vattenvårdsförbund. I fallet med Norra Östersjön drivs ett stort mätprogram av Stockholm Vatten. Kontrollprogrammen är skapade för att åskådliggöra större ämnes transporter och belastningar från punktkällor inom ett avrinningsområde eller kustavsnitt. Stationerna är ofta belägna nära utsläppspunkter (i form av vattendrag eller andra punktkällor) eller vid ett tröskelområde. Den ideala placeringen av en mätstation för att användas för validering vore centralt placerad i vattenförekomsten, nära vattenförekomstens maximala djup. Men eftersom recepientskontrollprogrammen ofta inte uppfyller dessa krav, måste även denna aspekt tas i beaktande vid validering av modellens resultat.

Vilka stationer som används för validering i de olika kustavsnitten framgår ur kartorna i avsnittet Områdesbeskrivning.

Utsjödata i Norra Östersjön.

Det finns inga mätstationer i utsjön längs den norra och centrala randen till Norra Östersjöns vattendistrikt som innehåller frekventa mätdata för hela perioden 1990-2006. Med frekvent menas minst 4-6 mättillfällen. Efter en genomgång av utsjöstationerna i Norra Östersjön framkom att det bästa sättet att skapa bra utsjödata är att kombinera data från flera mätstationer. I Norra Östersjöns norra och mellersta del påverkas vattenmassan ovan haloklinen av utströmmande Bottenhavsvatten, som här får representeras av SR5 och MS4 och vattenmassan under haloklinen påverkas främst av vattenmassan från norra egentliga Östersjön som får representeras av mätstationen BY29. SR5 innehåller frekventa data för perioden 1985-2000 och mätstationen MS4 har frekventa data från år 2000 och framåt. För Norra Östersjöns södra del antas utsjövattnet vara väl representerat av mätstationen Landsort (=BY31). Under projektets senare del tillkom data från utsjöstationen Norra Randen som ligger i Södra Kvarnen NO Grisslehamn. Stationen är bra placerad för att beskriva det utströmmande Bottenhavsvattnet. Tyvärr finns inte frekventa data från denna station innan år 2003 och därmed bidrar stationen endast med data till de sista 4 åren i beräkningsperioden 1990-2006. Ett flertal tester genomfördes med att använda denna station, för beräkningsperioden 2003-2006, istället för den kombinerade stationen MS4-BY29. Skillnaderna i modellresultatet blev mycket liten för alla studerade variabler. Troligen beror det på att egenskaperna på det utströmmande Bottenhavsvattnet inte skiljer sig så mycket mellan MS4 och Norra Randen. Fördelen med att använda Norra Randen är att dess data väl beskriver hela vattenpelaren på det utströmmande Bottenhavsvattnet och att man inte behöver ta till några konstgrepp såsom att kombinera data från MS4/SR5 med data från BY29.

Trots detta kommer Norra Randen inte att användas i detta projekt eftersom data behövs för hela perioden 1990-2006.

Däremot kommer Norra Randen att bli mer och mer intressant i framtiden för HOME Vatten Norra Östersjön då mätserierna blir längre.

De tre utsjödatafilerna SR5/MS4-BY29, BY29 och BY31 används i dataassimileringen i Probe-Baltic modellen som därmed kan generera de drivdatafiler från utsjön som kustzonsmodellen behöver.

Validering Norra Östersjön

Ett 30-tal mätstationer i Stockholms skärgård och i Himmerfjärdsområdet har använts vid kalibreringen av kustzonsmodellen. Kriteriet för detta urval är att mätningar ska finnas från minst 4-6 ggr/år för att mätdata ska vara användbart i en kalibrering.

I Norra Östersjöns vattendistrikt saknas frekventa mätdata inom hela norra delen av området från Lövstabukten i norr till norra delarna av Stockholm skärgård. De mätdata som finns inom detta område är från ett antal kampanjmätningar utförda av Svealands kustvattenvårdsförbund vilka har utförts sommartid främst i ytvattnet. När det gäller syreförhållandena har mätningarna utförts nära botten. Dessa data har inte använts vid valideringen av kustzonsmodellen eftersom valideringen består av att jämföra tidsserier mellan beräknade och mätta data som saknas inom detta område. Modellen kommer därmed att ha dina standardvärden vid beräkningarna inom detta norra område vilket bla innebär att syreförhållandena vid botten inte kommer att kunna nå värden mindre än 2 ml/l. För att ställa in modellen till de förhållanden som råder inom ett område behövs mätdata både i yt- och bottenvatten. Det vore bra att i en nära framtid genomföra ett mätprogram med 4-6 mättillfällen per år och att låta detta program pågå under 2-3 år och sedan kalibrera kustzonsmodellen mot dessa data.

I tabell 2 visas vilka mätstationer som använts och vilka havsområden de ligger i. Från tabellen framgår att i många fall är havsområdenas maximala djup betydligt större än mätstationens maximala mätdjup vilket innebär att mätstationens placering inte är optimal för kalibrering av modellen speciellt dess djupvatten. De 14 havsområden som är markerade med fet stil har valts ut för att visa hur de observerade och beräknade variablerna salthalt, temperatur, syrgas, nitrat, fosfat och växtplankton varierar under beräkningsperioden 1990-2006, se figurerna 16 till 29.

Tabell 2. Mätstationer som använts vid validering av kustzonmodellen. I rapporten presenteras 14 exempel från valideringen från de vattenförekomster och stationer som är markerade med fet text.

Havsområde	Maximalt djup (m)	Mätstation	Maximalt mätdjup (m)
Yxlaområdet	50	Växlet	Ytan
Kallskärsfjärden	77	No Stora Möja	70
Sollenkrokafjärden	63	Sollenkroka	40
Ö Saxarfjärden	70	Ikorn	45
Kanholmsfjärden	103	Kanholmsfjärden	100
Eknösundet	65	Nv Eknö	50
Kalkkobbsfjärden	102	Franska stenarna	70
Torsbyfjärden	45	V Torsbyholmen	24
Solöfjärden	49	Solöfjärden	44
Trälhavet	63	Trälhavet II	55
S Vaxholmfjärden	30	S Vaxholmsfjärden	24

N Vaxholmsfjärden	27	N Vaxholmsfjärden	24
Askrikefjärden	55	Älsvik	40
Stora Värtan	31	Blomskär	27
Strömmen	38	Blockhusudden	36
Tranholmenområdet	31	Karantänbojen	20
Skurusundet	26	Lännerstasundet	24
Baggensfjärden	54	Baggensfjärden	50
Erstaviken	72	Erstaviken	60
Ingaröfjärden	54	Ägnöf	26
Mysingen	68	Mysingen-R8	50
Horsfjärden	40	Horsfjärden-R6	16
Krabbfjärden	92	B1	40
Svärdsfjärden	52	H2	25
Himmerfjärden	45	H4	30
Näslandsfjärden	39	H6	37
Hallsfjärden	40	H7	30

Havsområde Sollenkrokafjärden. Sollenkrokafjärden ligger i Stockholms yttre skärgård strax norr om Vindö. Området har en yta på 8 km² och ett maximalt djup på 63m. Den lokala tillrinningen från land till området är liten med ett medelvärde på 0.02 m³/s. Mätstationen Sollenkroka ligger centralt i området, se Figur 9. I Figur 16 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup på 40m.

Den observerade salthalten i ytan beskrivs tämligen väl av modellen medan bottensalthalten ligger något för högt. De relativt stora variationerna i ytsalthalten tyder på att området är tydligt påverkat av sötvattentillrinningen från i första hand Mälaren.

När det gäller syrgasförhållandena i ytan är överensstämmelsen mellan beräknade och mätta värden god. I bottenvattnet(40m) varierar mätdata mer än de beräknade. Variationerna i mätdata ligger mellan 4 och 10 ml/l medan beräkningarna varierar mellan 5 och 9 ml/l.

För nitrat och är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i ytvattnet. I bottenvattnet däremot ligger beräknade data med några få undantag hela tiden högre än mätdata. Samma mönster gäller även för fosfat

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas. Beräknade data ligger oftast under 5µg chl/l medan mätningarna vid ett flertal tillfällen ligger över 10 µg chl/l.

Havsområde Ö Saxarfjärden. Ö Saxarfjärden ligger norr om Värmdölandet. Området har en yta på 30 km² och ett maximalt djup på 70m. Tillrinningen från land till området är i medel endast 0.15 m³/s. Mätstationen Ikorn ligger i områdets norra del, se Figur 9. I Figur 17 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup på ca 45m.

Den observerade salthalten i ytan och botten beskrivs väl av modellen. De stora variationerna i ytsalhalten tyder på att även detta område är tydligt påverkat av sötvattentillrinningen från Mälaren.

När det gäller syrgasförhållandena är så gott som alltid överensstämmelsen god i ytvattnet mellan mätningar och beräkningar.

I detta fall ligger dock ofta de låga mätta syrgasvärdena under de beräknade. I bottenvattnet är variationerna i mätdata större än vad modellen visar. Mätdata varierar mellan 3-9 ml/l medan beräkningarna bara varierar mellan 5-9 ml/l. Notera att mätstationen ligger på en plats där mätdjupet är ca 45m medan modellområdets maximala djup är 70m. Det kan vara så att mätningarna sker i en lokal djuphåla med dåligt vattenutbyte vilket alltid ger lägre syrgashalter.

För nitrat och är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i både yt- och bottenvattnet. Samma goda överensstämmelse gäller även för fosfat i ytvattnet. Däremot är spridningen i fosfatdata betydligt större i mätningarna jämfört med beräkningarna i bottenvattnet vilket troligen hänger samman med skillnaderna i syrgashalterna.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton är lägre än de mätta värdena. Framförallt gäller detta toppvärdena när produktionen är som störst. Typiska maxvärden är ca 10 µg chl/l i beräkningarna och 20 µg chl/l i mätningarna

Havsområde Kanholmsfjärden. Kanholmsfjärden ligger utanför Sollenkrokafjärden och söder om Stora Möja. Området har en yta på 35 km² och ett maximalt djup på 103m. Den lokala tillrinningen från land till området är i medel endast 0.02 m³/s. Modellresultaten jämförs mot mätstationen Kanholmsfjärden som ligger relativt central i området se Figur 9. I Figur 18 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup på 100m.

Den observerade ytsalhalten med sina relativt stora variationer är i god överensstämmelse med modellen. Även i detta område påverkas ytvattnet av utflödet ur Mälaren. I bottenvattnet som här ligger på 100m visar figuren att överensstämmelsen är dålig mellan beräknade och mätta värden. Mätningarna tyder på att salt vatten (>8 psu) från utsjön strömmar in då och då under hela beräkningsperioden något som inte syns i beräkningarna. Den stora frågan är vilken väg detta salta vatten tar från utsjön in till Kanholmsfjärden? En studie av mätdata från utsjön gav att det vatten som är saltare än 8 psu finns på djupen 60-80m i utsjön. Vilket medför att sunden in mot Kanholmsfjärden måste vara större än 60m vilket de inte är. Det kan vara så att vår djupdatabas, som baseras på sjökort, inte korrekt beskriver alla djup i Stockholms skärgård.

När det gäller syrgasförhållandena är överensstämmelsen god i ytvattnet. I bottenvattnet syns det tydligt att mätdata och beräknade data ofta är ur fas. Trots detta är modellkalibreringen sådan att den ger syrgashalter som varierar inom samman gränser som mätdata mellan 0-8 ml/l.

För nitrat och fosfat är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i ytvattnet. I bottenvattnet ligger däremot de beräknade värdena av nitrat för högt och för fosfat ofta för lågt jämfört med mätningarna.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton är lägre än de mätta värdena. Framförallt gäller detta toppvärdena när produktionen är som störst. Typiska maxvärden är ca 4 $\mu\text{g chl/l}$ i beräkningarna och 6-12 $\mu\text{g chl/l}$ i mätningarna.

Havsområde Solöfjärden. Området har en yta på 7 km^2 och ett maximalt djup på 49m och ligger söder om Oxdjupet. Tillrinningen från land till området är i medel 0.08 m^3/s . Mätstationen Solöfjärden ligger centralt i området se Figur 9. I Figur 19 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup på 44m.

Den observerade salthalten i ytan och botten beskrivs väl av modellen. Dock ligger de modellerade ytvärdena något för lågt under perioder med stor sötvattenstillrinning. Detta mönster finns i alla bassänger från Strömmen och utåt och beror troligen på att när utflödet ur Mälaren är stort sker också en extra stor omblandning i Strömmens ytvatten. Denna extra omblandning finns inte beskriven i dagens version av modellen utan får hänföras till kommande modellförbättringar.

När det gäller syrgasförhållandena i ytan ligger mätningarna något lägre än beräkningarna. I bottenvattnet är variationerna större och här är överensstämmelsen relativt god mellan mätdata och modellerade data trots att mätdata ibland ligger lite lägre.

För nitrat i ytvattnet ligger de modellerade värdena högre än mätningarna under hela 1990-talet medan överensstämmelsen blir bättre på 2000-talet även om modellvärdena fortfarande ligger lite högre. I bottenvattnet ligger modellvärdena hela tiden över mätdata.

En god överensstämmelse mellan mätningar och beräkningar gäller fosfathalten i ytvattnet. I bottenvattnet är variationerna större i både mätningar och beräkningar vilket bla hänger samman med de stora syrgasvariationerna. Överensstämmelsen i bottenvattnet är svår att bedöma. Ibland är överensstämmelsen god och ibland finns ingen överensstämmelse alls.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton är ovanligt hög med värden ibland överstigande 10 $\mu\text{g chl/l}$. Mätningarna ger ännu högre värden med ett flertal mätningar runt 20 $\mu\text{g chl/l}$ och däröver.

Havsområde Trälhavet. Området som ligger norr om Oxdjupet har en yta av 21 km^2 och ett maximalt djup på 63m. Tillrinningen från land till området är i medel 2.34 m^3/s . Mätstationen TrälhavetII ligger i områdets södra del se Figur 9. I Figur 20 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup på 55m.

Den observerade salthalten i ytan och botten beskrivs väl av modellen. Dock ligger de modellerade ytvärdena något för lågt under perioder med stor sötvattenstillrinning. Detta mönster i ytvattnet finns även i Solöfjärden som ligger strax söder om Trälhavet. Troligen beror denna avvikelse på att när utflödet ur Mälaren är stort sker också en extra stor omblandning i Strömmens ytvatten vilket gör att den mätta salthalten blir högre. Denna extra omblandning finns inte beskriven i dagens version av modellen utan får hänföras till kommande modellförbättringar.

När det gäller syrgasförhållandena är så gott som alltid överensstämmelsen god i både yt- och bottenvatten mellan mätningar och beräkningar med undantag av att de låga värdena på hösten är lägre i mätningarna än i beräkningarna.

För nitrat i ytvattnet ligger de modellerade värdena högre än mätningarna under hela 1990-talet medan överensstämmelsen blir bättre på 2000-talet även om modellvärdena fortfarande ligger lite högre. I bottenvattnet ligger modellvärdena hela tiden över mätdata. Det är mao samma förhållanden i Trälhavet som i Solöfjärden.

En god överensstämmelse mellan mätningar och beräkningar gäller fosfathalten i ytvattnet. I bottenvattnet är variationerna större i både mätningar och beräkningar vilket bla hänger samman med de stora syrgasvariationerna. Överensstämmelsen i bottenvattnet är svår att bedöma. Ibland är överensstämmelsen god och ibland finns ingen överensstämmelse alls.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytvattnet är relativt hög med några maximala koncentrationer över 10 $\mu\text{g chl/l}$ och en tom över 20 $\mu\text{g chl/l}$. Mätdata ligger ofta ännu högre med maximala koncentrationer på 15-35 $\mu\text{g chl/l}$.

Havsområde S Vaxholmsfjärden. Området har en yta av 4.5 km² och ett maximalt djup på 30m. Tillrinningen från land till området är i medel endast 0.02 m³/s. Mätstationen S Vaxholmsfjärden ligger i områdets norra del nära sundet till N Vaxholmsfjärden, se Figur 9. I Figur 21 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup på 24m.

Den observerade salthalten i ytan ligger lite högre än de modellerade värdena. Dessutom finns samma mönster här som finns i Solöfjärden nämligen att de låga salthalterna blir för låga vilket troligen hänger samman med en för liten ytomblandning i Strömmen då Mälarens utflöde är stort.

I bottenvattnet är överensstämmelsen god mellan beräkningar och mätningar.

När det gäller syrgasförhållandena finns här tyvärr bara mätningar i bottenvattnet. Överensstämmelsen mellan mätningar och beräkningar är övervägande god. Den skillnad som finns är att de låga värdena i mätningarna ofta ligger lägre än de modellerade.

För nitrat i ytvattnet ligger de modellerade värdena högre än mätningarna under hela 1990-talet medan överensstämmelsen blir bättre på 2000-talet även om modellvärdena fortfarande ligger lite högre. I bottenvattnet ligger modellvärdena hela tiden över mätdata. Det är mao samma förhållanden i S Vaxholmsfjärden som i Trälhavet och Solöfjärden vilket inte är så konstigt eftersom områdena gränsar till varandra.

Det är en god överensstämmelse mellan mätningar och beräkningar av fosfathalten i ytvattnet. Samma goda överensstämmelse gäller i bottenvattnet trots de stora variationerna. Värt att notera är att mätningar är få under vintersäsongen när kväve och fosforpolerna är som störst. Det medför att det kan vara svårt att utifrån mätningar beräkna områdets status.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytvattnet är relativt hög med några maximala koncentrationer över 10 $\mu\text{g chl/l}$ och en tom upp till 30 $\mu\text{g chl/l}$ vilken sammanträffar med mätningarnas maximala värde på 44 $\mu\text{g chl/l}$. Mätdata ligger så gott som hela tiden över de beräknade värdena.

Havsområde Askrikefjärden. Området har en yta på 33 km² och ett maximalt djup på 55m. Tillrinningen från land till området är i medel 0.33 m³/s. Den mätstation som använts vid verifieringen heter Älrvik och ligger i områdets södra del, se Figur 9. I Figur 22 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup på 40m.

Den observerade salthalten i ytan och botten beskrivs väl av modellen. Dock ligger de modellerade ytvärdena något för lågt under perioder med stor sötvattenstillrinning. Detta mönster finns i alla bassänger från Strömmen och utåt och beror troligen på att när utflödet ur Mälaren är stort sker också en extra stor omblandning i Strömmens ytvatten

När det gäller syrgasförhållandena i ytan ligger mätningarna något lägre än beräkningarna. I bottenvattnet är variationerna större och här är överensstämmelsen relativt god mellan mätdata och modellerade data trots att mätdata ibland ligger lite lägre.

För nitrat i ytvattnet ligger de modellerade värdena högre än mätningarna under hela 1990-talet medan överensstämmelsen blir bättre på 2000-talet även om modellvärdena fortfarande ligger lite högre. I bottenvattnet ligger modellvärdena lite över mätdata framförallt under de sista åren av beräkningsperioden.

En god överensstämmelse mellan mätningar och beräkningar gäller fosfathalten i ytvattnet. I bottenvattnet är variationerna större i både mätningar och beräkningar vilket bla hänger samman med de stora syrgasvariationerna i bottenvattnet. Överensstämmelsen i bottenvattnet är svår att bedöma. Ibland är överensstämmelsen god och ibland finns ingen överensstämmelse alls. Under den senare delen av beräkningsperioden är överensstämmelsen emellertid god.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytvattnet är relativt hög med några maximala koncentrationer över 15 µg chl/l och en topp upp till 30 µg chl/l vilket är i nivå med mätningarnas maximala värden. Mätdata ligger mestadels högre än de beräknade värdena.

Havsområde Strömmen. Området har en yta av 3.5 km² och ett maximalt djup på 38m. Tillrinningen från land till området domineras av utflödet ur Mälaren, Norrström, som i medel ger 144 m³/s. Mätstationen Blockhusudden ligger i Strömmens yttre del på gränsen till lilla Värtan, se Figur 9. I Figur 23 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten.

Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup på 36m.

Den observerade salthalten i ytan och botten beskrivs väl av modellen. Dock ligger de modellerade ytvärdena något för lågt jämfört med mätningarna under perioder med stor sötvattenstillrinning. Detta mönster i ytvattnet finns även i Askrikefjärden, Solöfjärden med flera. Troligen beror detta på att när utflödet ur Mälaren är stort sker skapar den en extra stor omblandning i Strömmens ytvatten vilket gör att saltvatten blandas in i sötvattenstillrinningen och därmed skapas ett ytvatten med en salthalt på 0.5-1 psu. Denna tillrinningsbaserade omblandning finns inte beskriven i dagens version av modellen utan får hänföras till kommande modellförbättringar.

När det gäller syrgasförhållandena i ytan ligger mätningarna något lägre än beräkningarna. I bottenvattnet är variationerna större och här är överensstämmelsen relativt god mellan mätdata och modellerade data trots att mätdatas låga värden ofta är lägre än de beräknade värdena.

Nitrathalten i yt- och bottenvatten uppvisar stora variationer i både mätdata och beräknade data. Generellt sett var halterna högre under 1990-talet jämfört med 2000-talet. Överensstämmelsen mellan mätningar och beräkningar är mestadels god.

Vintervärden av fosfathalten i ytvattnet underskattas ofta i modellen. Under övrig tid är överensstämmelsen god. I bottenvattnet är variationerna större i både mätningar och beräkningar vilket bla hänger samman med de stora syrgasvariationerna i bottenvattnet. Eftersom den mätta syrgashalten varierar mer än den beräknade varierar därmed den mätta fosfathalten mer än den beräknade. Överensstämmelsen i bottenvattnet är svår att bedöma. Ibland är överensstämmelsen god och ibland finns ingen överensstämmelse alls. Generellt sett underskattar modellen de höga värdena och överskattar de låga mao är variationerna mindre i de beräknade värdena.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytvattnet är relativt hög med några maximala koncentrationer upp till 15 µg chl/l. Mätdata ligger mestadels ännu högre med några toppvärden över 30 µg chl/l.

Havsområde Skurusundet. Området har en yta av 2 km² och ett maximalt djup på 26m. Tillrinningen från land till området är i medel 0.11 m³/s. Mätstationen Lännerstasundet ligger i områdets centrala del, se Figur 9. I Figur 24 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup på 24m.

Beräkningar av salthalten i både yt- och bottenvatten visar på en god överensstämmelse med mätningar. De stora variationerna i ytsalhalten beror på att ytvatten strömmar in i Skurusundet från Askrikefjärden och går sedan vidare ut i Baggensfjärden. Salthalten i bottenvattnet uppvisar endast små variationer med nytt sporadiskt inkommande bottenvatten från Askrikefjärden sker med långa tidsmellanrum.

När det gäller syrgashalten i ytan ligger den låga delen av mätningarna något lägre än beräkningarna. I bottenvattnet visar mätdata att svavelväte finns under långa perioder. Syrgashalter uppmäts bara strax efter det att ett inflöde av syrehaltigt bottenvatten kommit in från Askrikefjärden. Även de modellberäknade syrgashalterna visar att svavelväte finns i bottenvattnet. Detta indikeras med negativa syrgashalter. I och med att svavelväte bildas i bottenvattnet blir det svårt att avgöra hur bra mätdata och beräknade data överensstämmer.

Nitrathalten har med några få undantag endast mätts i ytvattnet. Där ligger de modellerade värdena högre än mätningarna under hela 1990-talet medan överensstämmelsen blir bättre på 2000-talet även om modellvärdena fortfarande ligger lite högre. I bottenvattnet ligger modellvärdena hela tiden över mätdata.

I ytvattnet är överensstämmelsen god mellan mätt och beräknad fosfathalt. I bottenvattnet är variationerna mycket större i både mätningar och beräkningar vilket främst hänger samman frånvaron av syrgas i bottenvattnet. Halterna är ofta höga och överensstämmelsen är bitvis god.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytvattnet är relativt hög med några maximala koncentrationer över 20 µg chl/l och en tom upp till drygt 30 µg chl/l vilket är i nivå med mätningarnas maximala värden med två undantag. Sett över hela beräkningsperioden ligger mätdata för det mesta över de beräknade värdena.

Havsområde Baggensfjärden. Området har en yta av 14 km² och ett maximalt djup på 54m. Tillrinningen från land till området är i medel 0.19 m³/s. Mätstationen Baggensfjärden ligger centralt i fjärden, se Figur 9. I Figur 25 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup vilket är 50m.

Den observerade salthalten i ytan beskrivs väl av modellen. De stora salthaltsvariationerna i Baggensfjärdens ytvatten beror på att relativt sött ytvatten kommer från Skurusundet och blandas med Baggensfjärdens ytvatten. Den lokala tillrinningen på 0.19 m³/s är alldeles för liten för att orsaka dessa variationer. Att ytvatten kommer från Skurusundet till Baggensfjärden visade tester då utbytet dem emellan stängdes av. Resultatet blev att ytsalthaltsvariationerna försvann. I bottenvattnet är den beräknade salthalten ungefär 0.5 psu för låg. Skälet till detta kan vara att sunddjupet mellan Baggensfjärden och Ingaröfjärden är för litet och därmed hindras djupare liggande saltvatten strömma från Ingaröfjärden till Baggensfjärden

I ytvattnet är överensstämmelsen god mellan mätt och beräknad syrgashalt. I bottenvattnet med sina stora variationer är överensstämmelsen sämre. Beräkningarna visar här att syrgashalten hela tiden överskattas i bottenvattnet.

För nitrat i ytvattnet ligger de modellerade vintervärdena något lägre än mätningarna under hela perioden. I bottenvattnet ligger modellvärdena lite över mätdata framförallt under 2000-talet.

En god överensstämmelse mellan mätningar och beräkningar gäller fosfathalten i ytvattnet. I bottenvattnet är variationerna större i både mätningar och beräkningar vilket bla hänger samman med de stora syrgasvariationerna i bottenvattnet. Överensstämmelsen i bottenvattnet är svår att bedöma. Ibland är överensstämmelsen god och ibland finns ingen överensstämmelse alls.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytvattnet är låg med bara ett par tillfällen med maximala koncentrationer över 5 µg chl/l medan mätningar uppvisar ett flertal mätningar över 10 µg chl/l. Mätdata ligger mestadels betydligt högre än de beräknade värdena.

Havsområde Mysingen. Området har en yta av 238 km² och ett maximalt djup på 68m. Trots områdets storlek är tillrinningen från land till området i medel endast 0.38 m³/s. Mätstationen R8 ligger i områdets norra del, se Figur 9. Mätdata finns för åren 2000 tom 2005. I Figur 26 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup vilket är 50m.

Den observerade salthalten i ytan beskrivs tämligen väl av modellen. Dock ligger de modellerade ytvärdena något över de mätta värdena. I bottenvattnet varierar mätdata mer än vad modellerade data. Skälet till detta är troligen att eftersom mätstationen ligger i den norra delen av detta stora område fångar den ett något sötare skärgårdsvatten än vad som är representativt för hela Mysingen.

När det gäller syrgasförhållandena i ytan visar mätdata på en stor spridning mellan 4 – 12 ml/l. Är detta realistiska ytvärden eller innehåller dataserien några felaktiga värden. De modellberäknade ytvärdena varierar mellan 6.5 – 10 ml/l. I bottenvattnet är variationerna mindre och här är överensstämmelsen relativt god mellan mätdata och modellerade data förutom de låga värdena år 2005.

För nitrat i ytvattnet ligger de modellerade vintervärdena något högre än mätningarna. I bottenvattnet ligger modellvärdena betydligt högre än mätdata.

Fosfathalten i ytan uppvisar en god överensstämmelse mellan mätningar och beräkningar. Önskvärt vore dock att fler mätningar genomförs vintertid av fosfathalten i ytvattnet. I nuläget jämförs modellerade data vintertid mot endast en mätning. I bottenvattnet är de modellerade värdena betydligt högre än de mätta och här är överensstämmelsen sämre

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytvattnet är mycket låg med maximala koncentrationer på 2-3 $\mu\text{g chl/l}$. Jämförande mätdata saknas

Havsområde Svärdsfjärden. Området som har en yta på 68 km^2 och ett maximalt djup på 52m ligger strax söder om Himmerfjärden. Tillrinningen från land till området är i medel 0.23 m^3/s . Mätstationen H2 ligger i områdets södra del, se Figur 9. I Figur 27 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup vilket är 25m.

De observerade och beräknade salthalterna i både yt- och bottenvatten uppvisar en god överensstämmelse möjligen är de beräknade bottenvärdena något för låga. Detta beror troligen på att området utanför Svärdsfjärden och Krabbfjärden är ett sk uppvällningsområde där kan saltare djupt liggande vatten, under vissa väderförhållanden, lyftas upp mot ytan. Det salta tunga vattnet kan därefter tränga in över trösklarna in mot de inre fjärdarna. Det är inte alltid så att dessa uppvällningar fångas upp i mätdata från utsjön i detta fall från mätstationen BY31. Det medför att drivningen från utsjön inte alltid får en korrekt beskrivning de verkliga förhållandena i området.

När det gäller syrgasförhållandena i både yt- och bottenvatten saknas mätdata vilket leder till att modellerade data inte kan verifieras. De modellerade syrgashalterna i bottenvattnet visar inte på några låga värden utan alla data är större än eller lika med 6ml/l.

Den beräknade nitrathalten i både yt- och bottenvatten är i god överensstämmelse med mätningarna.

Samma goda överensstämmelse gäller även fosfathalten i ytvattnet. I bottenvattnet är variationerna större i både mätningar och beräkningar. Överensstämmelsen i bottenvattnet är övervägande god.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytvattnet är låg. De maximala koncentrationerna varierar mellan 2-3 $\mu\text{g chl/l}$. De få mätdata som finns i figuren räcker inte till att verifiera modellen

Havsområde Himmerfjärden. Området har en yta av 31 km^2 och ett maximalt djup på 45m. Tillrinningen från land till området är i medel 0.74 m^3/s . Mätstationen H4 ligger i fjärdens södra del, se Figur 9. I den norra delen har Himmerfjärdsverket sitt utsläpp nära botten vilket inlagras sommartid på ca 15m djup då skiktningen är tillräckligt stark. Under övrig tid när skiktningen är svag når utsläppet ytvattnet. I Figur 28 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup vilket är 30m.

De observerade och beräknade salthalterna i både yt- och bottenvatten uppvisar en god överensstämmelse.

När det gäller syrgasförhållandena är också överensstämmelsen god i både yt- och bottenvatten

Den beräknade nitrat- och fosfathalten i ytvatten är i god överensstämmelse med mätningarna. I bottenvattnet är de beräknade maximala värdena större för både nitrat- och fosfathalten. Troligen beror detta på att modelleringen av Himmerfjärdsverkets utsläpp i Himmerfjärden gör så att bottenvattnet påverkas mer av utsläppet än vad som sker i verkligheten.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytvattnet är relativt låg med några få maximala koncentrationer över 4 µg chl/l. Mätdata ligger ofta högre med maximala koncentrationer över 15 µg chl/l.

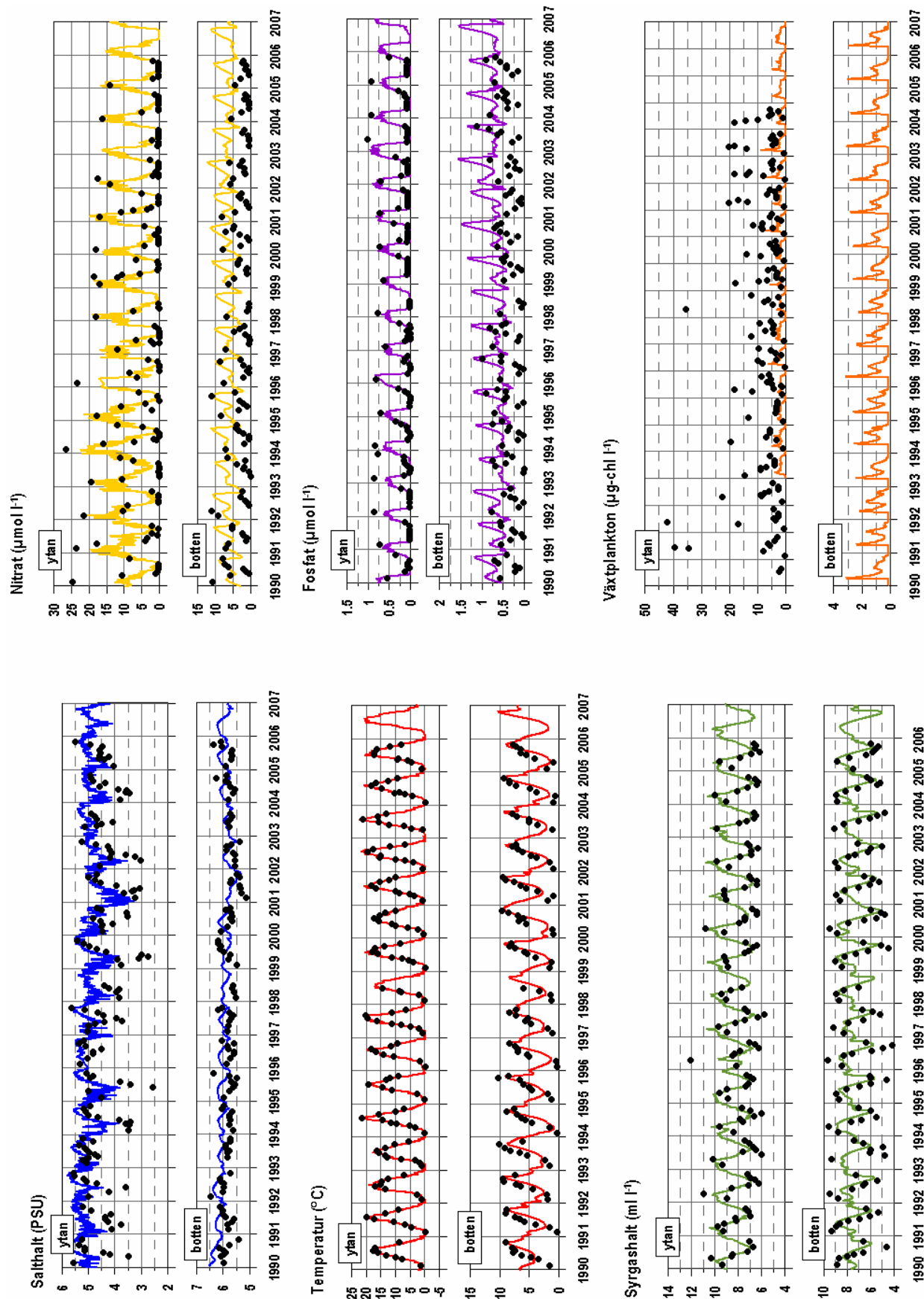
Havsområde Näslandsfjärden. Området som har en yta av 14 km² och ett maximalt djup på 39m ligger norr om Himmerfjärden. Tillrinningen från land till området är i medel 0.73 m³/s. Värt att nämna här är att via Södertälje kanal kommer ett flöde från Mälaren på 3 m³/s (års-medelvärde) som via Hallsfjärden når Näslandsfjärden på sin väg söderut. Mätstationen H6 ligger i den södra delen av fjärden se Figur 9. I Figur 29 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala mätdjup vilket är 37m.

De observerade och beräknade salthalterna i både yt- och bottenvatten uppvisar en god överensstämmelse. De stora variationerna i ytvattnets salthalt beror på tillrinningen från i första hand Mälaren.

När det gäller syrgasförhållandena i både yt- och bottenvatten saknas mätdata vilket leder till att modellerade data inte kan verifieras. De modellerade syrgashalterna i bottenvattnet ger låga värden. År 2001 når syrgashalten nära 0 ml/l.

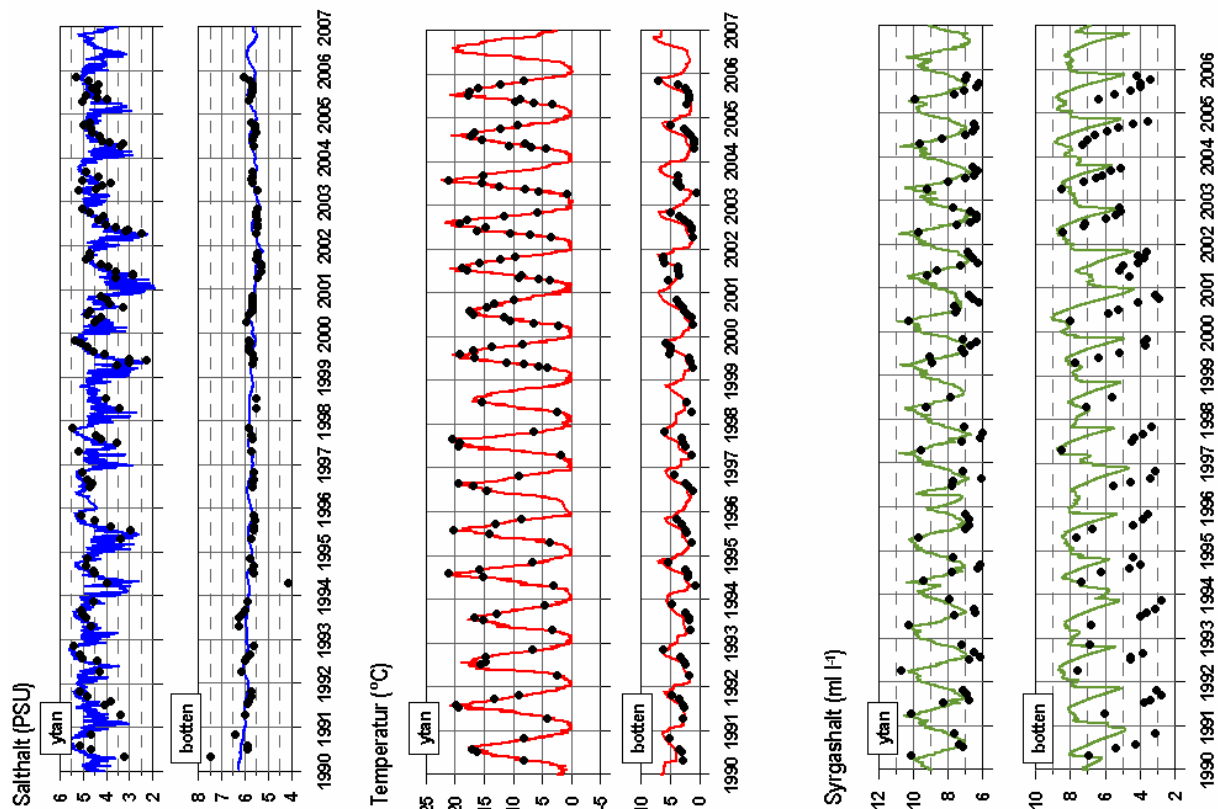
Den beräknade nitrat- och fosfathalten i ytvatten är i god överensstämmelse med mätningarna. I bottenvattnet ligger de beräknade värdena av nitrathalten mestadels över mätningarna medan det för fosfathalten är tvärtom där ligger mätningarna högre.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytvattnet är relativt låg. Vid några enstaka tillfällen når dock den maximala koncentrationen över 8 µg chl/l. Mätdata saknas förutom vid ett tillfälle år 2004.



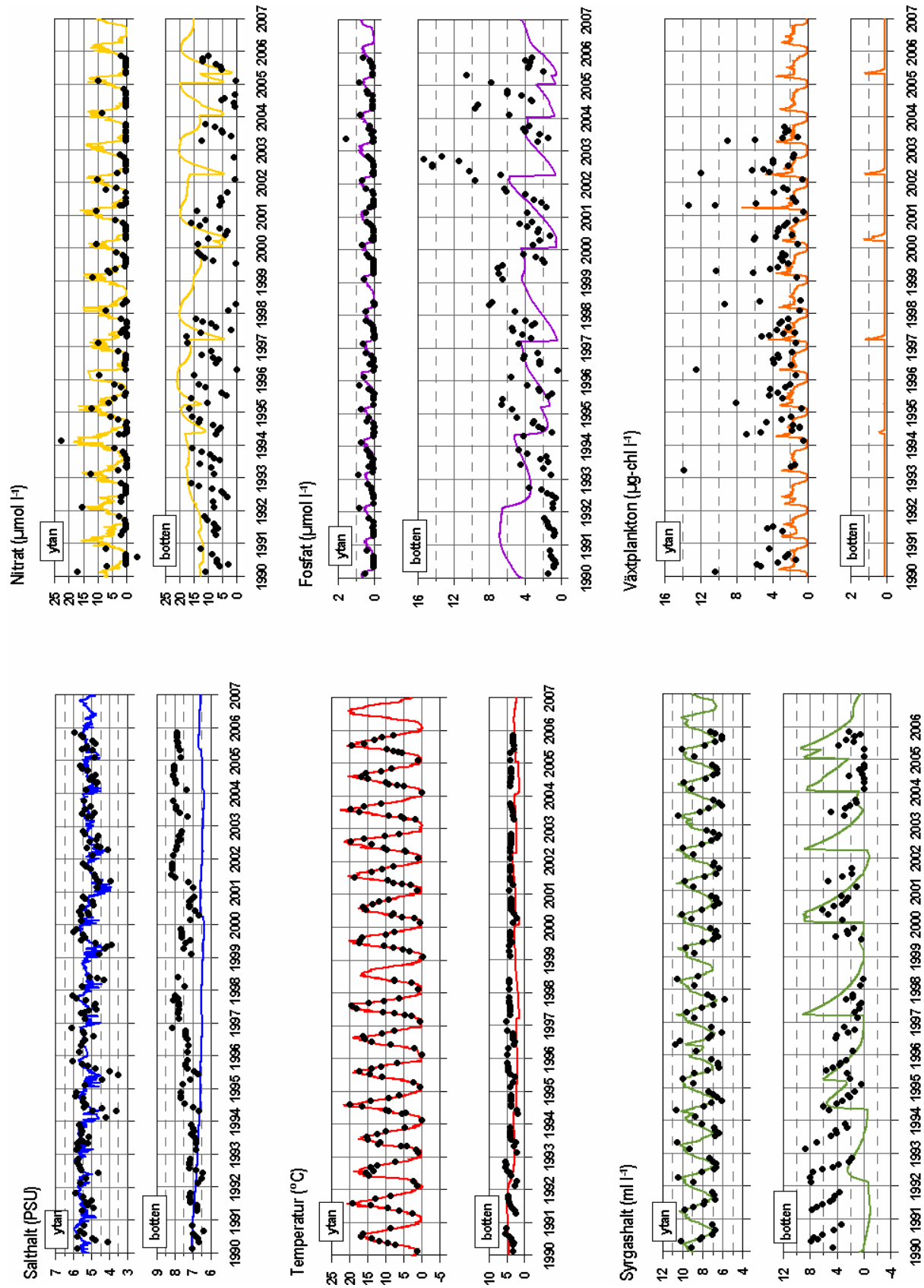
Sollenkroksfjärden

Figur 16. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Sollenkroksfjärden.



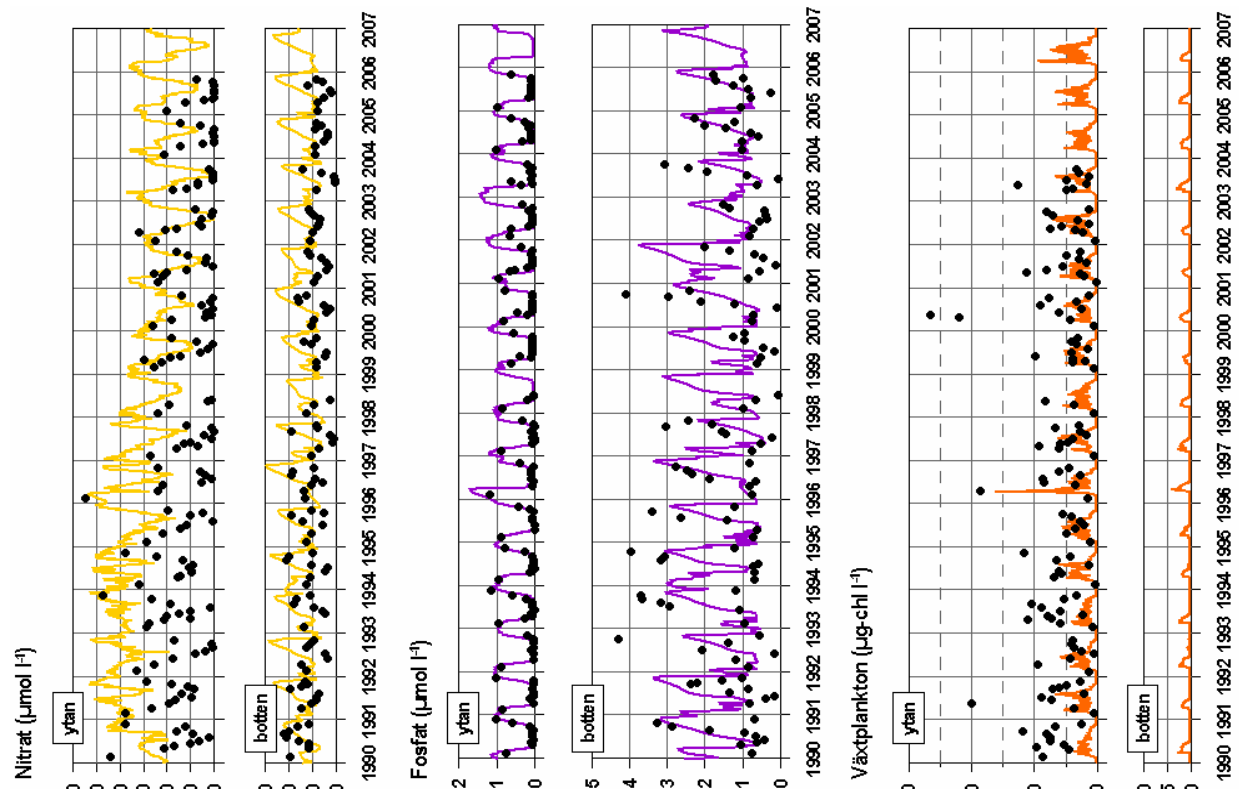
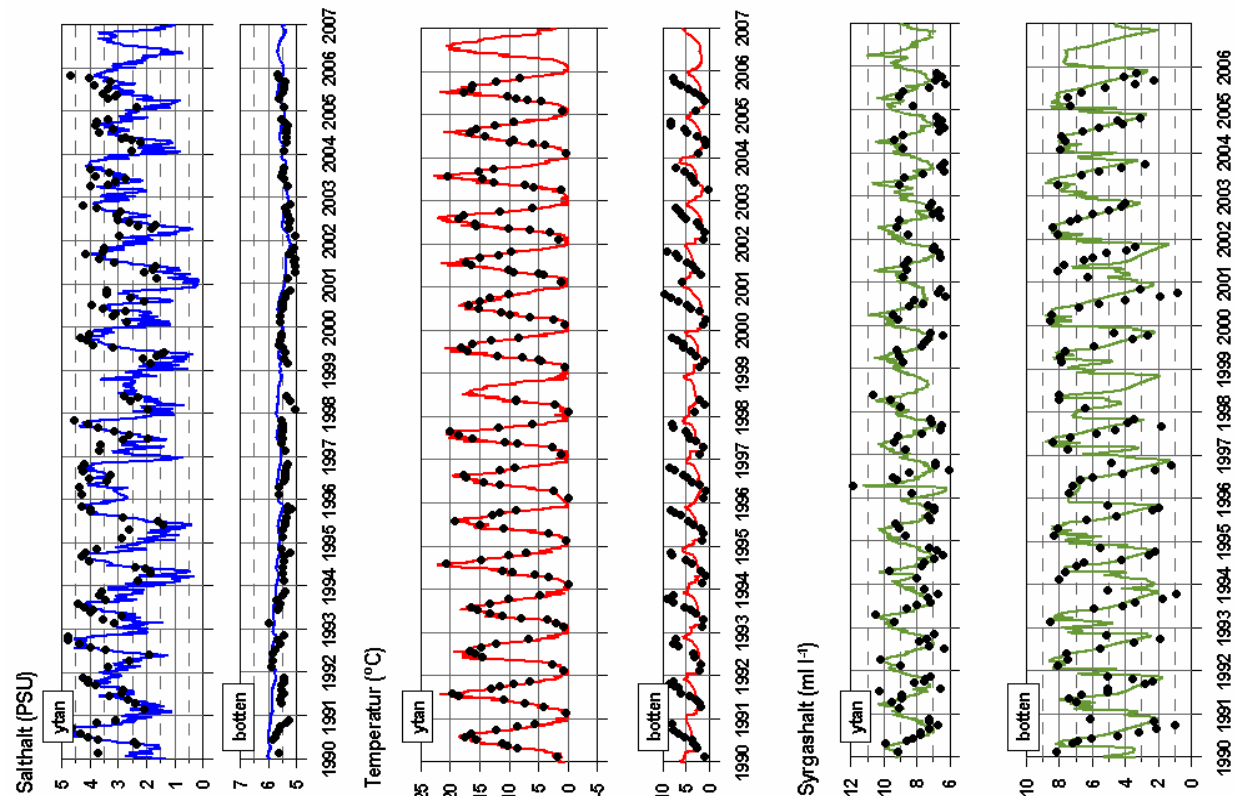
Östra Saxarfjärden

Figur 17. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Ö Saxarfjärden.



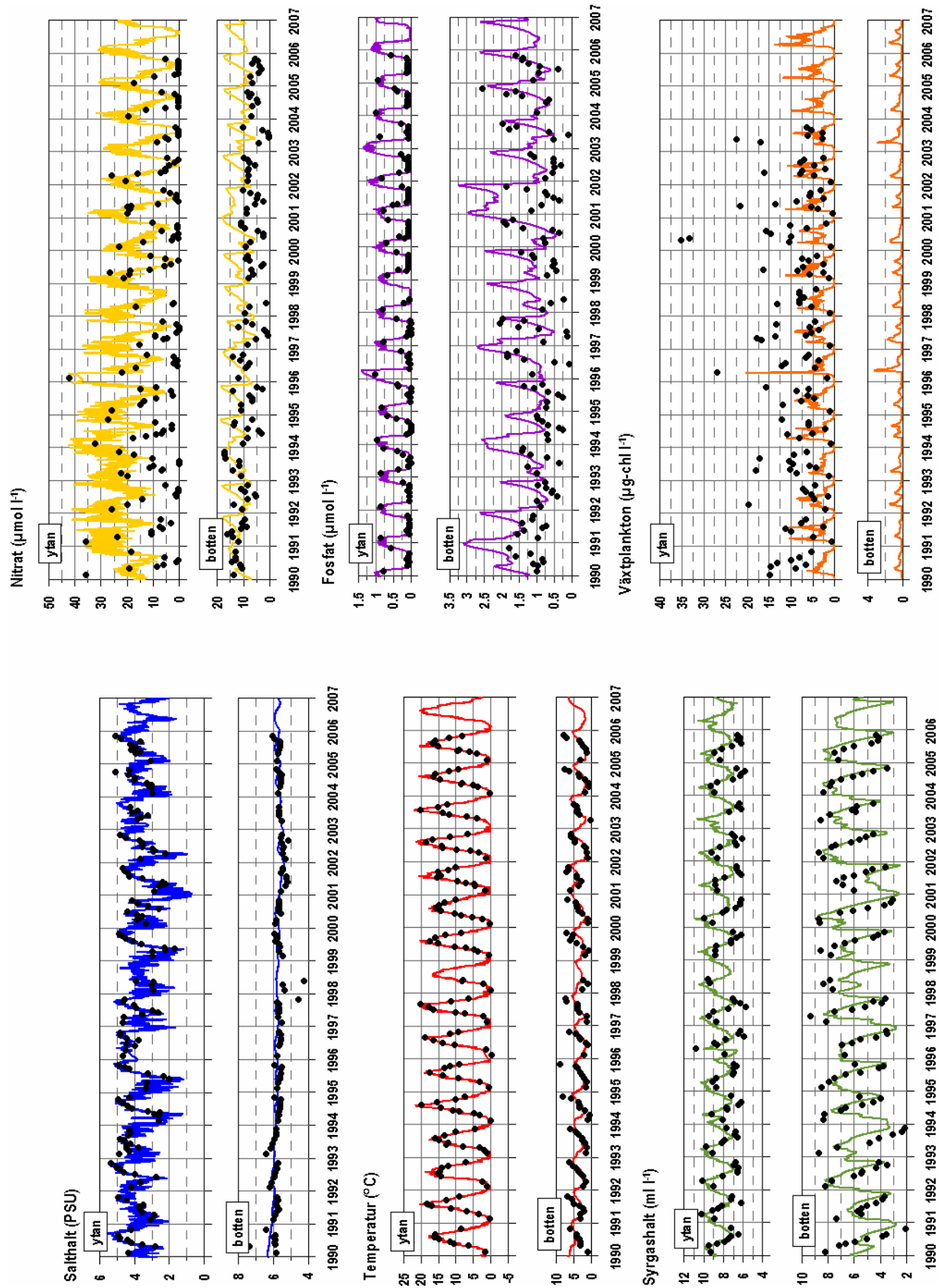
Kanholmsfjärden

Figur 18. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Kanholmsfjärden.



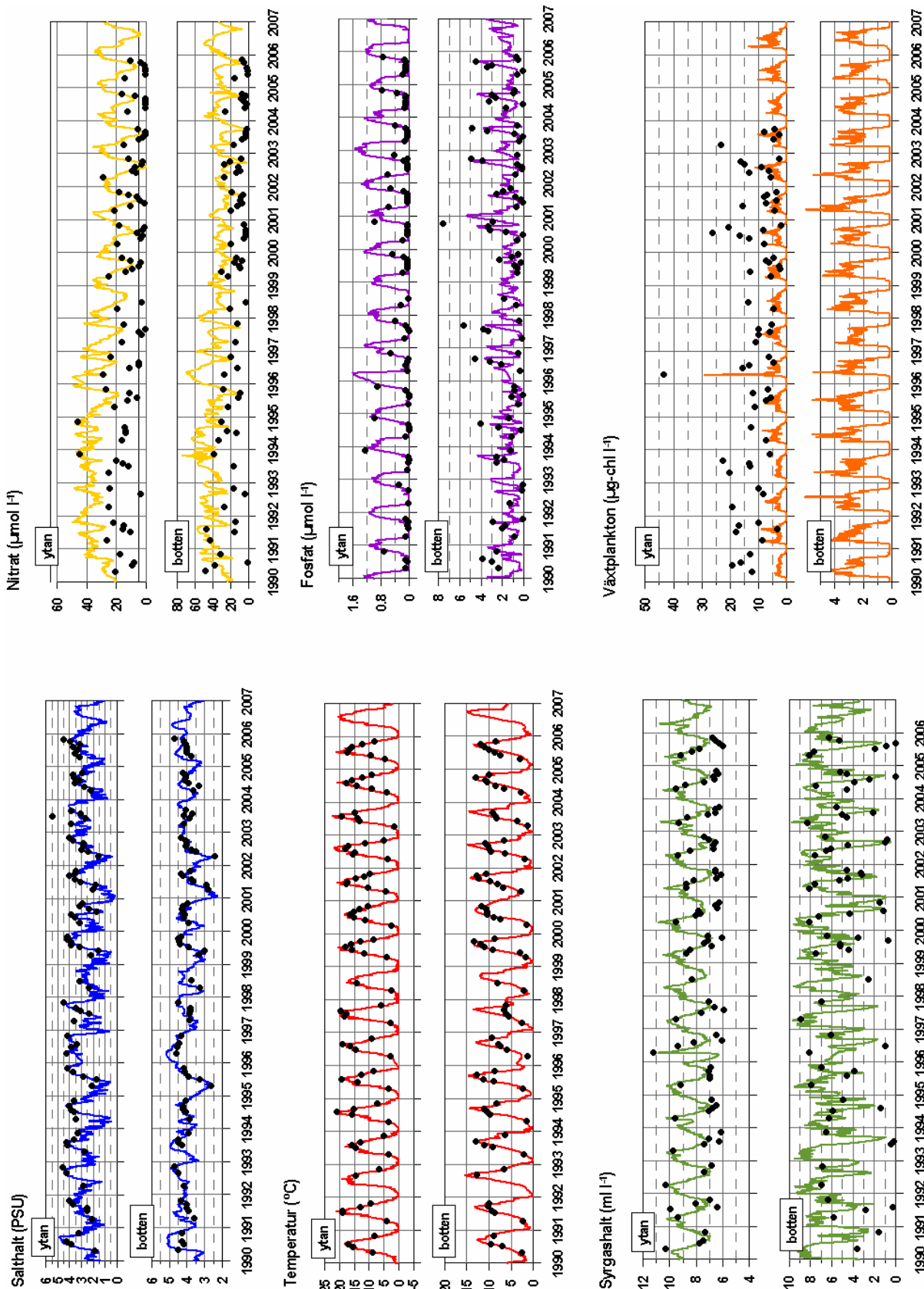
Solöfjärden

Figur 19. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Solöfjärden.



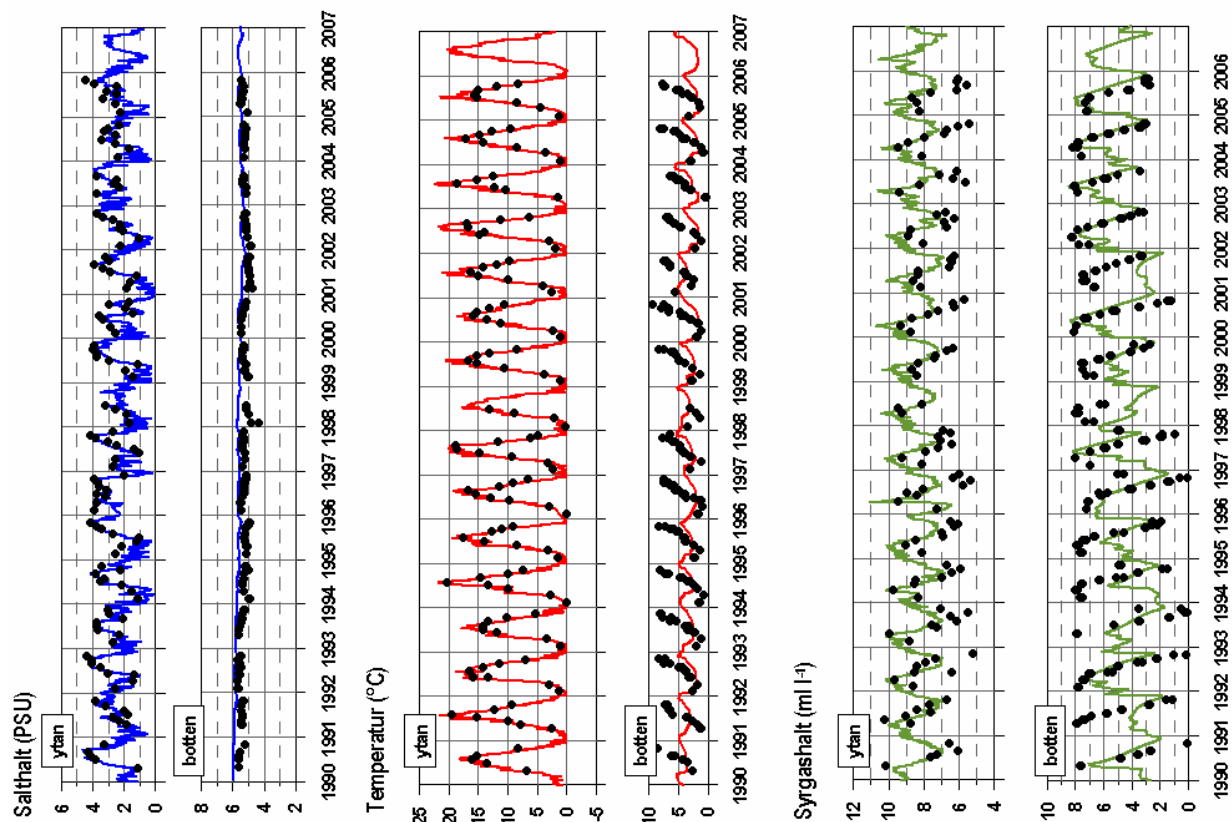
Trälhavet

Figur 20. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Trälhavet.



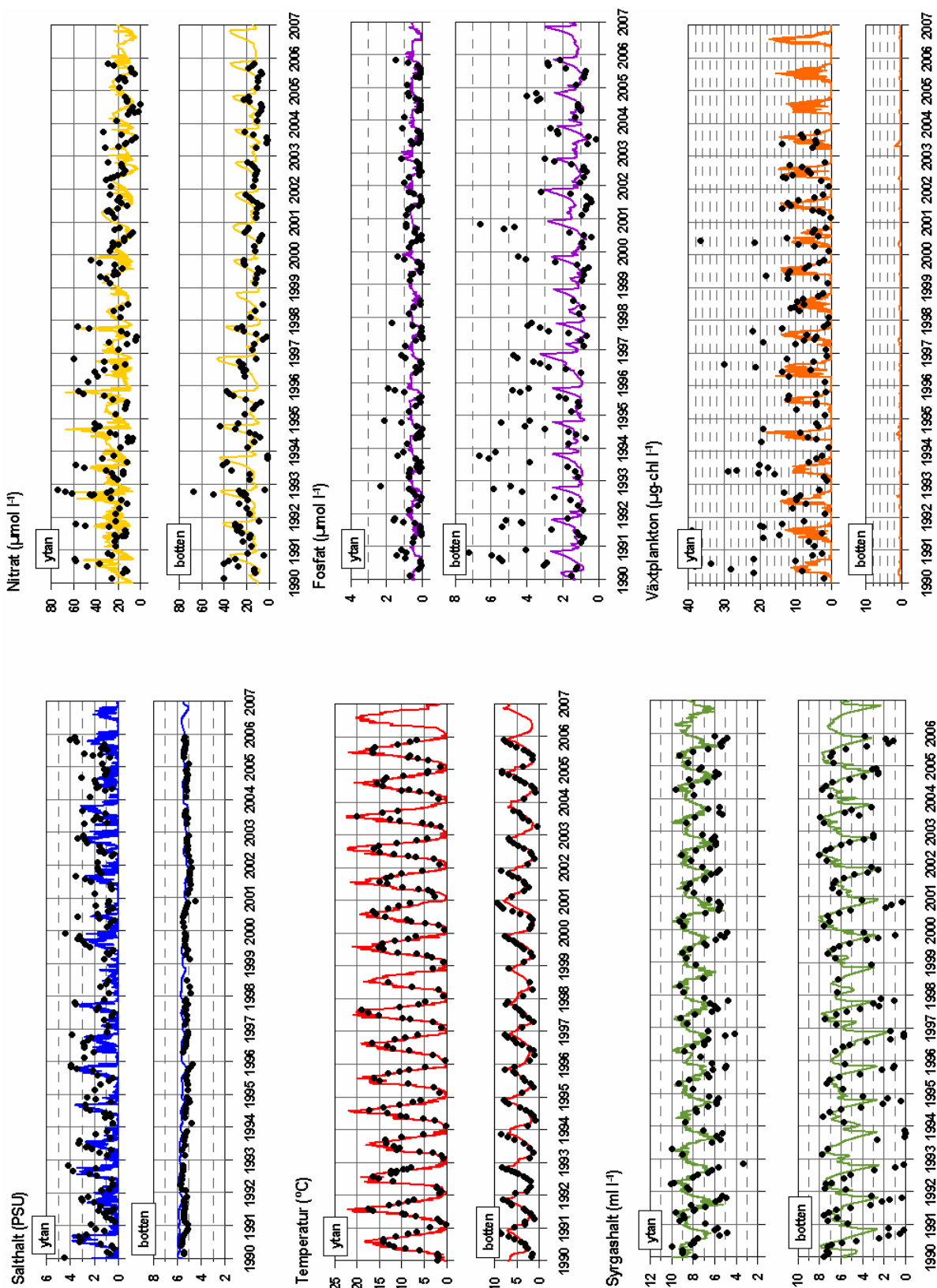
Södra Vaxholmsfjärden

Figur 21. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i S Vaxholmsfjärden.



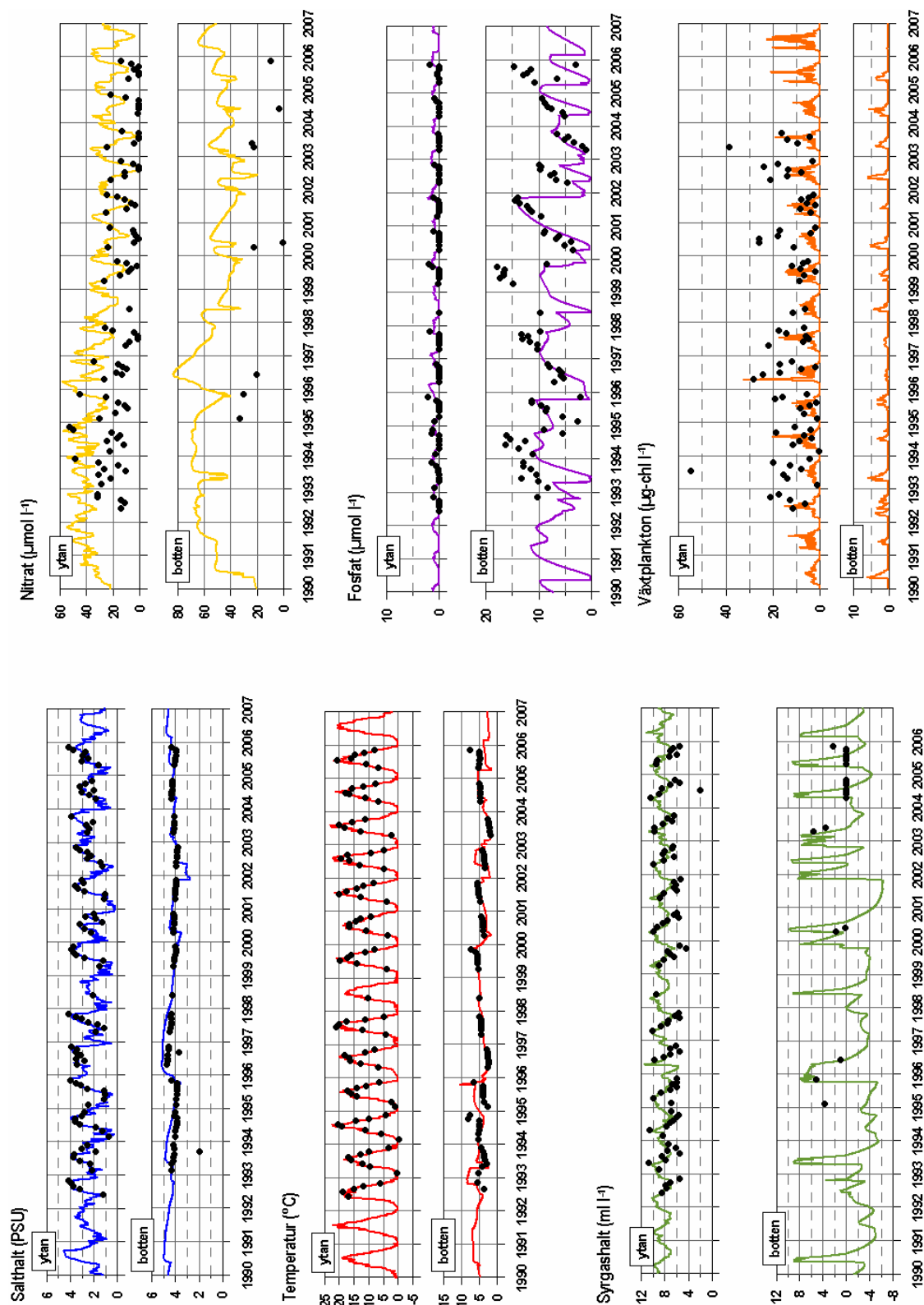
Askrikefjärden

Figur 22. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Askrikefjärden.



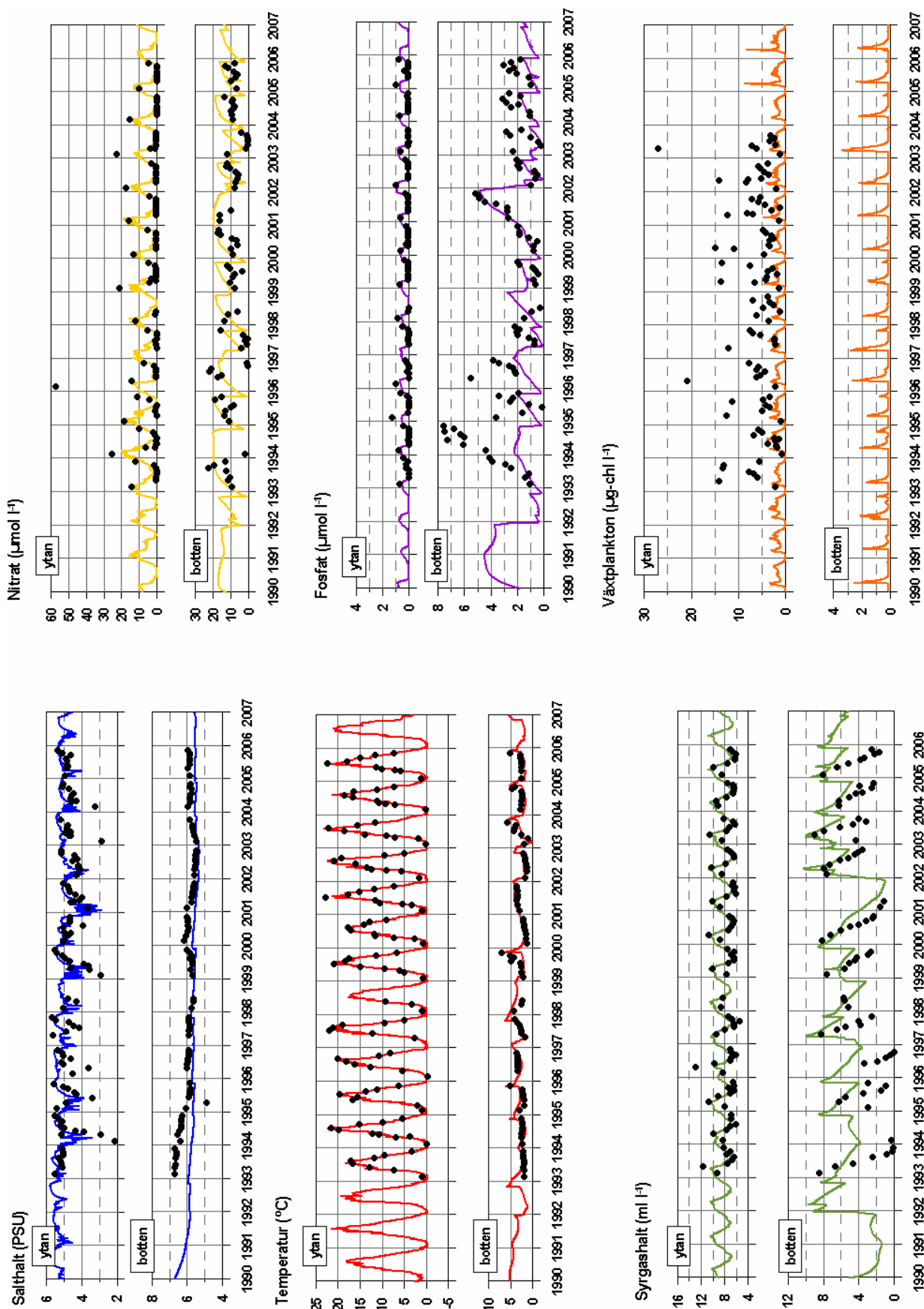
Strömmen

Figur 23. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Strömmen.



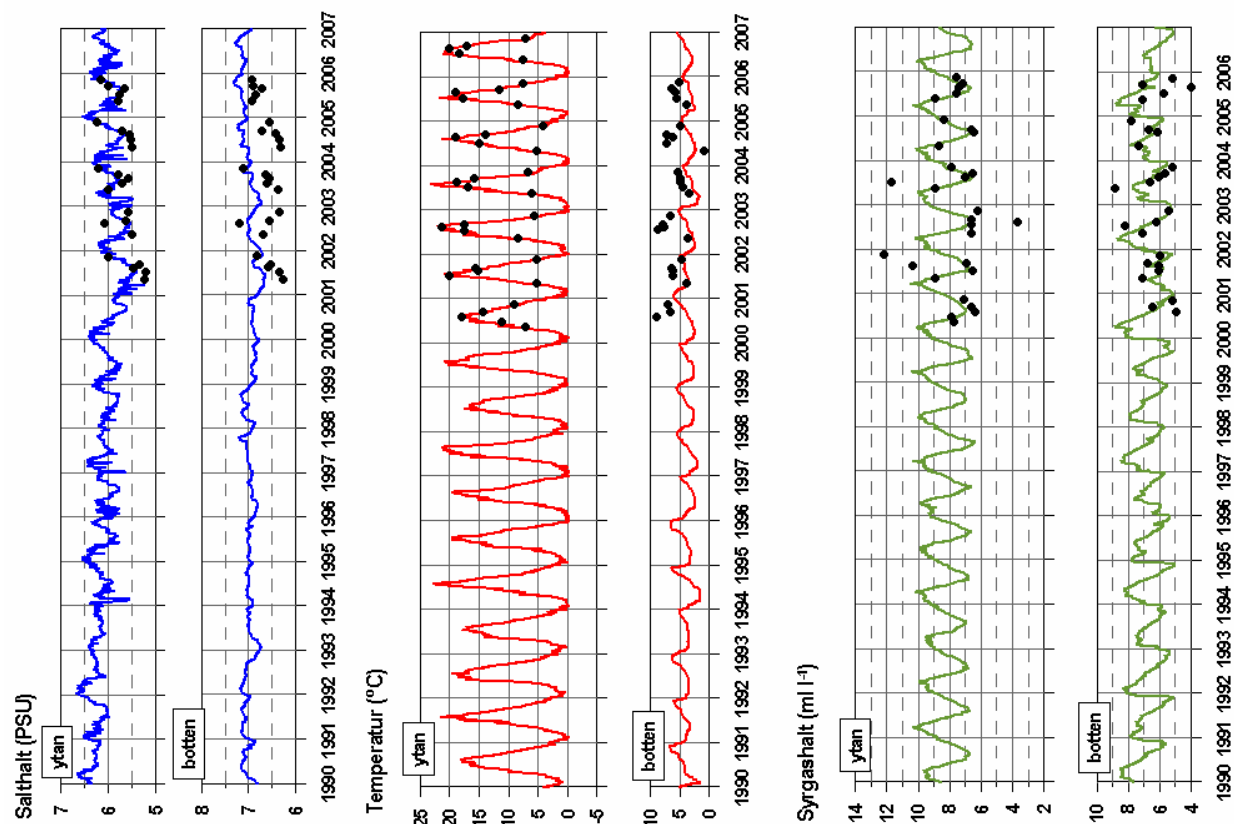
Skurusundet

Figur 24. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Skurusundet.



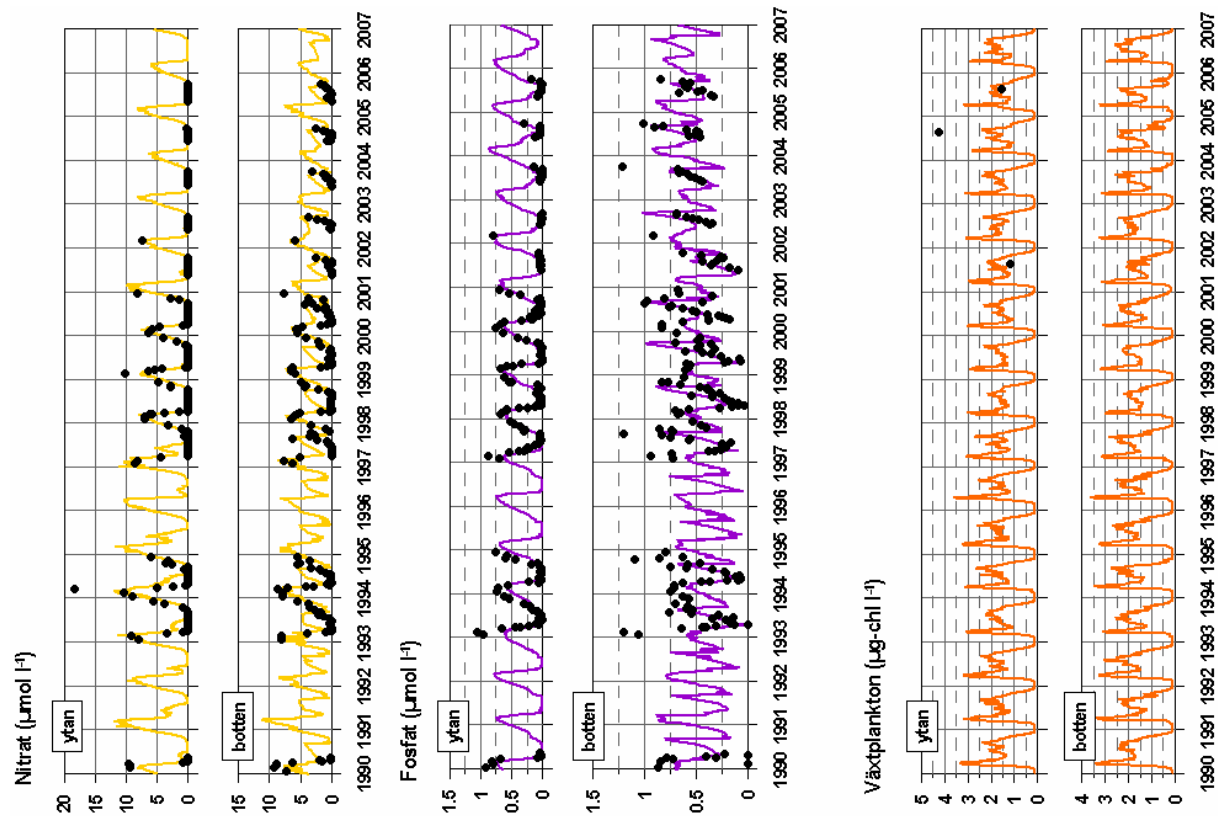
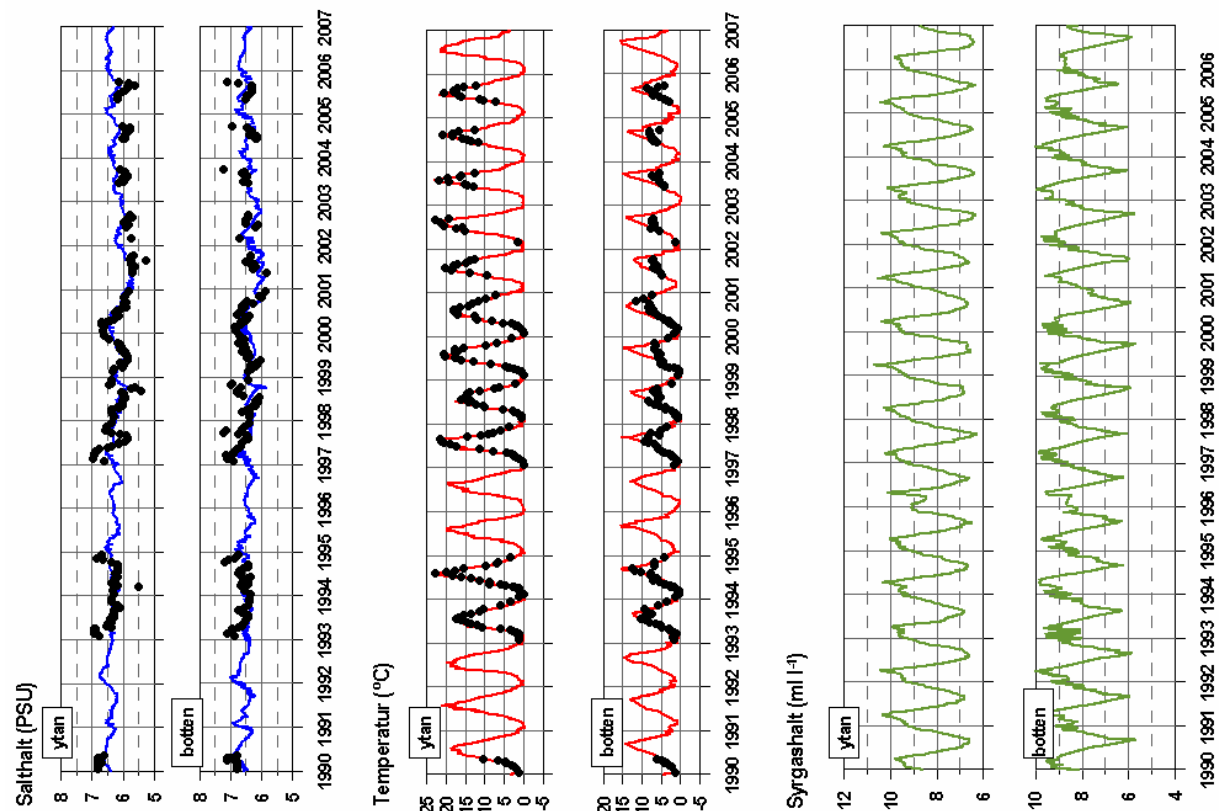
Baggensfjärden

Figur 25. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Baggensfjärden



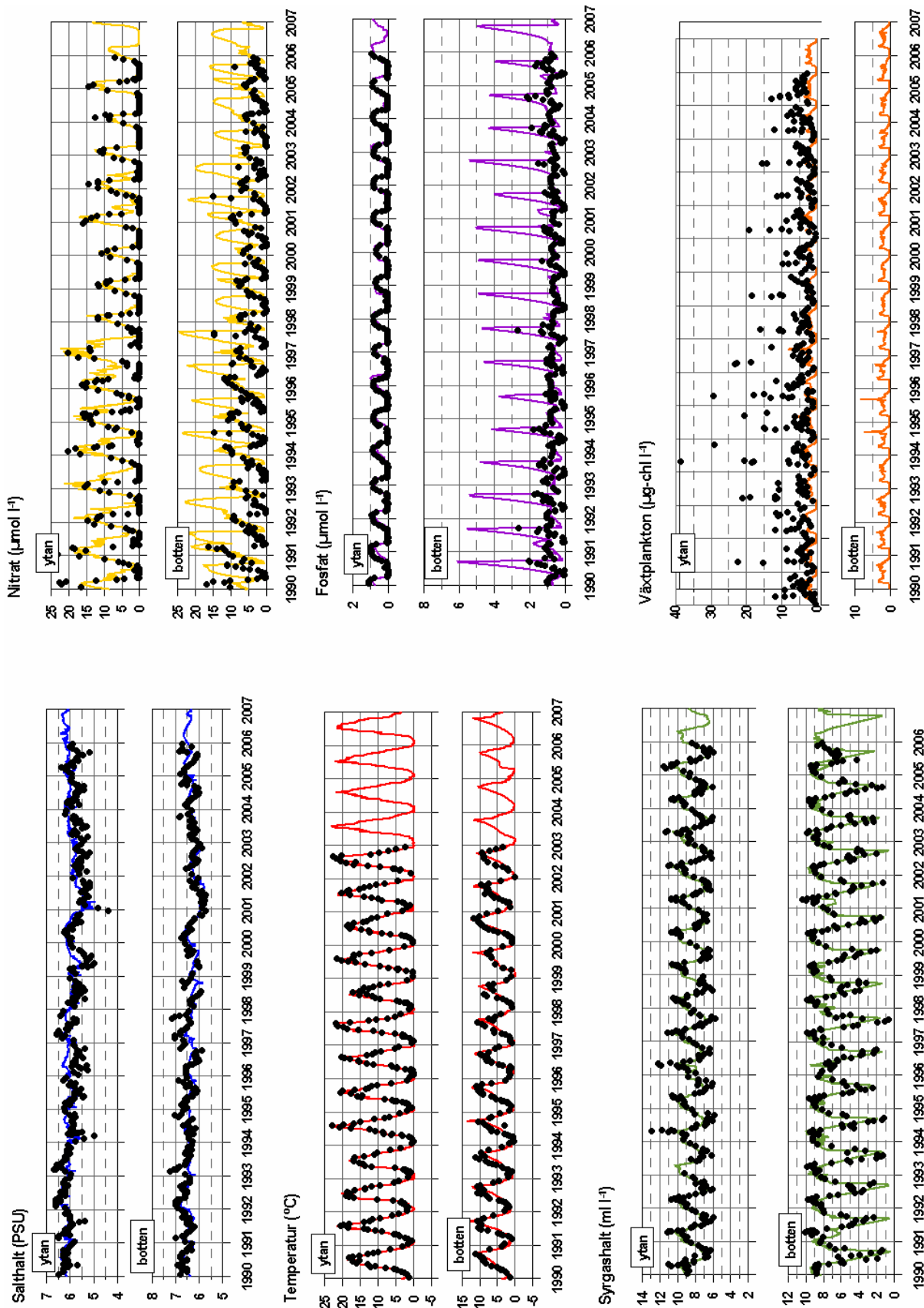
Mysingen

Figur 26. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Mysingen.



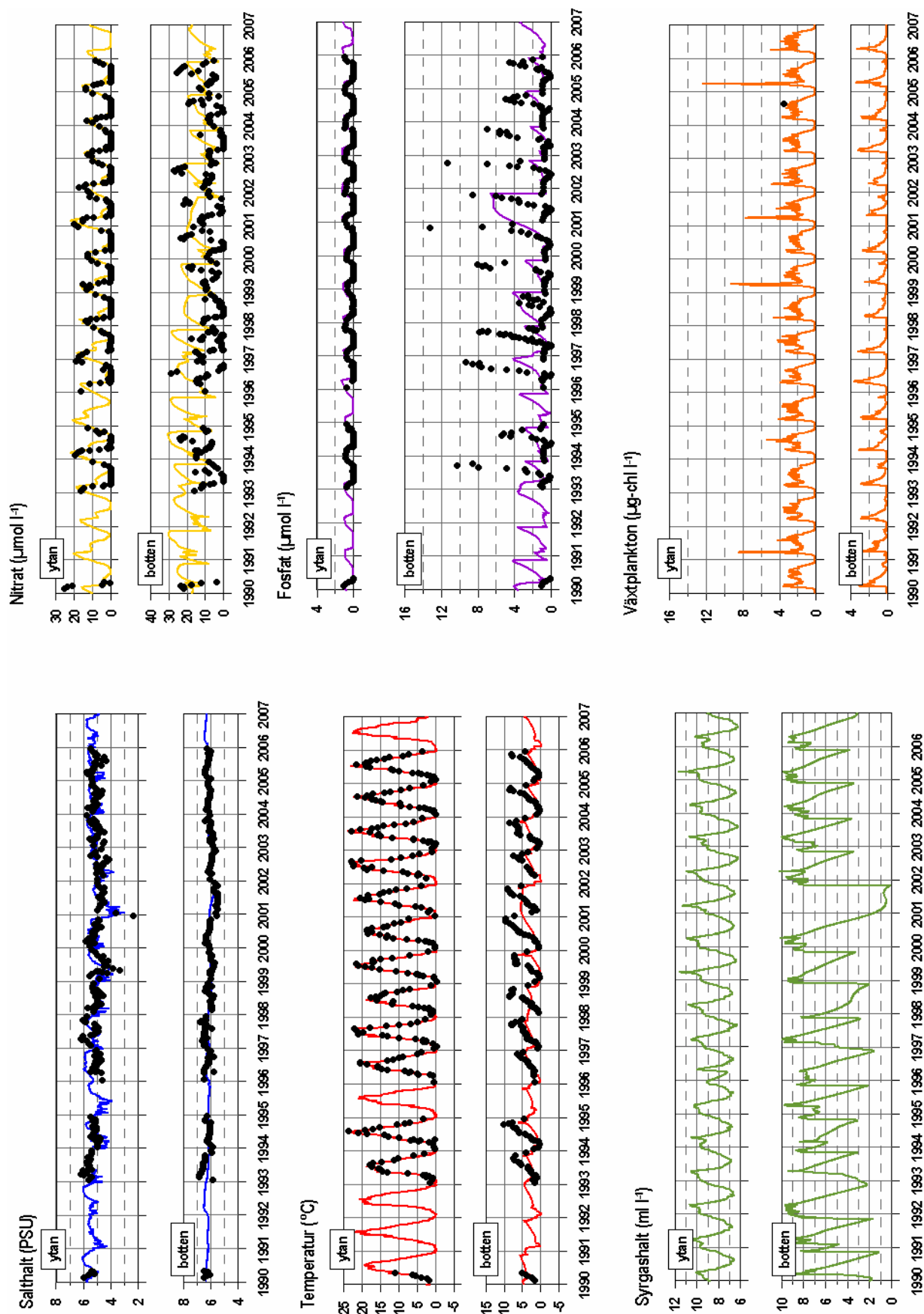
Svärdsfjärden

Figur 27. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Svärdsfjärden.



Himmerfjärden

Figur 28. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Himmerfjärden.



Näsandsfjärden

Figur 29. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Näsandsfjärden.

Diskussion

Modellresultatets kvalitet återspeglar en mängd olika faktorer, och det är svårt att avgöra hur osäkerheten hos olika faktorer påverkar resultatet. Målet med modellen är att den ska vara så enkel som möjligt men även så komplex som nödvändigt. Av denna anledning är många processer förenklade i modellen, medan andra processer beskrivs mer i detalj.

Transport från land

Drivdata (klimat) och indata (belastning) till modellen kan vara av skiftande kvalitet beroende av hur den framställts. Griddade klimatdata ger naturligtvis en uppskattning av de verkliga klimatvariationerna i tid och rum, men i regel håller dessa en hög kvalitet. HBV-NP modellen som används för att simulera belastningen från mark, sjöar och vattendrag bygger bl.a. på antagandet att belastningen från punktkällor kan approximeras med ett konstant värde för hela året, vilket är en grov förenkling. Utlakningskoncentrationen (*typhalten*) av näringsämnen i rotzonen antas även den vara konstant i tiden, men i verkligheten varierar denna med tiden beroende på en rad faktorer. Istället har man i modellansatsen valt att låta hydrologi och retention vara dynamiska i tiden, vilket medför att den simulerade nettobelastningen till största del fångar observationernas dynamik.

Simuleringen av sötvattentransporten med HBV-NP har verifierats tidigare inom ramen för Helcoms PLC5-beräkningar men för att sammanfatta slutsatserna så ger modellen en god simulering av vattenflöden i Norra Östersjöns vattendistrikt. För Mälarens utlopp gjordes dock en omkalibrering som baserades på mätdata från Stockholm Vatten. Den simulerade medelvattenföringen i enstaka vattendrag ligger generellt inom $\pm 15\%$ från observerat flöde.

Transport i kusten

Det fysikaliska och det biogeokemiska tillståndet i kustbassängerna kan beskrivas som en blandning av tillrinningen från land, flödet från havet utanför kustområdet och interna processer. Att få till en bra kalibrering av kustområdet kräver bra mätdata i området samt bra mätdata i havet utanför. Med bra mätdata menas här att mätningar av temperatur, salthalt, TotN, NO₃, TotP, PO₄, klorofyll och syrgashalt ska finnas varje månad från flera olika djup. Tyvärr är det sällsynt med kuststationer som innehåller alla dessa variabler vid varje mättillfälle! Oftast saknas flera variabler. Bättre tillgång på bra mätdata finns vid några stationer i havet utanför kustområdet de sk utsjöstationerna. Problemet med dessa är dock att de ofta ligger långt från kusten och att det därmed inte är säkert att de rätt beskriver tillståndet vid kustområdets yttre gräns. Mätfrekvens vid utsjöstationerna har också ändrats under beräkningsperioden så att de stationer som under 1990-talet hade mätningar ca 1 gång/månad har nu under 2000-talet bara en vintermätning per år medan andra stationer ex MS4, fått en ökad mätfrekvens från ca 1 gång/år under 1990-talet till ca 1 gång/mån under 2000-talet. För att få en heltäckande mätserie som beskriver tillståndet i havet under hela beräkningsperioden 1990 tom 2006 måste därmed mätdata användas från olika mätstationer under olika tidsperioder.

Trots dessa svårigheter med bra drivdata från utsjön ger kustzonsmodellen för Norra Östersjön en bra överensstämmelse mellan beräkningar och mätningar. De undantag som finns rör främst bottenvattnet i djuprännan som förbinder havsområdena Möja Söderfjärd i norr ner till Jungfrufjärden i söder.

Inom detta område lyckas inte modellen rätt beskriva bottenvattnets egenskaper ex dess salthalt. I verkligheten blir bottenhaltens betydligt större än vad modellen ger. Det måste alltså finnas större djup på vägen mellan djuprännan och utsjön än vad som finns angivna i modellen. Alternativt är att området är tydligt påverkat av kraftig uppvällning och att denna inte fångas i mätdata och att utsjödrivningen då blir sämre.

Framtida förbättringar

Den framtida modellförbättringen som bör göras inom den hydrologiska modellen (HBV) är att förbättra kalibreringen i de fall där vårflodestopparna inte beskrivs på ett bra sätt. Inom PLC5 har HBV modellen samma kalibreringsparametrar för stora områden ofta innehållande ett flertal delavrinningsområden. För att uppnå en förbättrad kalibrering för varje älv behöver skalan minskas så att kalibreringen sker för varje delavrinningsområde.

Även simuleringen av näringsämneskoncentrationer i sötvatten kan sannolikt förbättras. Det kan finnas olika anledningar till att modellen ofta underskattar fosfortransporten. En anledning som framförallt observerats i oreglerade vattendrag är att stora mängder fosfor ofta utlakas/mobiliseras vid vårflo den då en stor del av årstransporten sker. Detta utreds för närvarande av SMHI och SLU. En annan anledning är att man interpolerar fram saknade dygnsvärden i transportberäkningen från observerade data, medan modellen simulerar värden för varje dygn. Enstaka, extremt höga uppmätta koncentrationer får därför en relativt stor betydelse för den observerade totala transporten. Ytterligare en anledning är att uppmätta fosforkoncentrationer ofta är låga och ligger nära detektionsgränsen i analysen.

Även om man kan tänka sig att förbättra belastningsdata från olika punktkällor, genom att exempelvis använda tidsserier för utsläpp istället för ett konstant årsvärde, består den totala belastningen till största del av diffusa källor. Varje typhalt som beräknats av SLU för kväve- och fosforläckaget från marken antas vara konstant inom utlakningsregioner, och i Norrland är utlakningsregionerna mycket stora. Det är möjligt att man kan uppnå bättre resultat om man kunde tillåta typhalterna att variera mer geografiskt, d.v.s. förfina indelningen av utlakningsregionerna. Då krävs framför allt mer mätdata med bra geografisk täckning.

De förbättringar som behöver göras i kustzonsmodellen berör både mätdata i kustområdet och i havet utanför kustområdet samt den geografiska beskrivningen av sunden som sammanbinder olika havsområden. En klar förbättring vore att placera mätstationerna där varje havsområde är som djupast. Det saknas ofta mätdata från de djupaste delarna vilket leder till svårigheter att exempelvis avgöra syrgasförhållandet i bottenvattnet. Sundens storlek och djup påverkar också förhållandet inom ett havsområde eftersom utbytet av vatten och näringsämnen sker genom dessa sund. Mängden tungt salt vatten som strömmar genom ett sund in i ett havsområde sjunker ner i bottenvattnet och blandas med omgivande vatten. Salthalten på detta inströmmande vatten är till stor del styrd av djupet på sundet. Problemet är att sunden ofta saknar djupuppgifter vilket innebär att subjektiva bedömningar av djupen måste göras utifrån sjökort. En klar modellförbättring vore att genomföra ett mätprogram där samtliga sunddjup mättes.

En svårighet med utsjödrivningen i Norra Östersjöns vattendistrikt är att det stort. Det sträcker sig från Gävlebukten i norr till Bråviken i söder. Därmed påverkas området av utsjövatten från både södra Bottenhavet och norra egentliga Östersjön. Under hela 1990-talet saknades det en bra mätstation som beskriver förhållandena på vattnet som strömmar söderut genom södra Kvarken.

Det är detta vatten som är det utsjövatten som tydligast påverkar hela Stockholms skärgård. Under 2000-talet togs ett bra initiativ när Svealands kustvattenvårdsförbund upprättade mätstationen Norra Randen som ligger NO Grisslehamn. Norra Randen har frekventa mätdata från år 2003 och kommer att bli mer och mer intressant för drivning av kustzonsmodellen ju längre mätserierna blir.

I områden där det finns dokumenterad uppvällning bör man genomföra sk kampanjmätningar under några år med ex mobila bojsystem. Dessa mätdata kan då bidra med att området får en bättre utsjödrivning.

Slutord

Detta arbete har genomförts i samarbete med ett flertal kollegor på de berörda Länsstyrelserna, framför allt genom att göra mätdata för validering tillgängliga. Ett speciellt tack går till projektets referensgrupp bestående av Carl Rolff länsstyrelsen Stockholm, Christina Berglind länsstyrelsen i Uppsala, Lars Juhlin länsstyrelsen i Nyköping och Christer Lännergren på Stockholm Vatten som bla har bidraget med en stor mängd ovärderliga mätdata. Projektet har samfinansierats av Naturvårdsverket och Norra Östersjöns vattendistrikt.

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 HOME Vatten system för Bohusläns skärgård. SMHI Oceanografi nr 76.
- Marmefelt, E., Sahlberg J. och Bergstrand M. 2007. HOME Vatten i södra Östersjöns vattendistrikt. Integrerat modellsystem för vattenkvalitetsberäkningar. SMHI Oceanografi nr 87.
- Naturvårdsverket. 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Kust och hav. Naturvårdsverket Rapport 4914.
- Olsson, H. & Årnfelt, E. 2003. Kustzonsmodellen 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. | 8 Jonny Svensson (1986)
Vågdata från svenska kustvatten 1985. |
| 2 Barry Broman och Carsten Pettersson. (1985)
Spridningsundersökningar i yttre fjärden Piteå. | 9 Barry Broman (1986)
Oceanografiska stationsnät - Svenskt Vattenarkiv. |
| 3 Cecilia Ambjörn (1986).
Utbyggnad vid Malmö hamn; effekter för Lommabuktens vattenutbyte. | 10 Cecilia Ambjörn (1987)
Spridning av kylvatten från Öresundsverket |
| 4 Jan Andersson och Robert Hillgren (1986).
SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen perioden 84/85. | 11 Bo Juhlin (1987)
Oceanografiska observationer utmed svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1986. |
| 5 Bo Juhlin (1986)
Oceanografiska observationer utmed svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1985. | 13 Jan Andersson och Robert Hillgren (1987)
SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen 1986. |
| 6 Barry Broman (1986)
Uppföljning av sjövärmepump i Lilla Värtan. | 14 Jan-Erik Lundqvist (1987)
Impact of ice on Swedish offshore lighthouses. Ice drift conditions in the area at Sydostbrotten - ice season 1986/87. |
| 7 Bo Juhlin (1986)
15 års mätningar längs svenska kusten med kustbevakningen (1970 - 1985). | |

- 15 SMHI/SNV (1987)
Fasta förbindelser över Öresund - utredning av effekter på vattenmiljön i Östersjön.
- 16 Cecilia Ambjörn och Kjell Wickström (1987)
Undersökning av vattenmiljön vid utfyllnaden av Kockums varvsbassäng.
Slutrapport för perioden
18 juni - 21 augusti 1987.
- 17 Erland Bergstrand (1987)
Östergötlands skärgård - Vattenmiljön.
- 18 Stig H. Fonselius (1987)
Kattegatt - havet i väster.
- 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-environmental 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 Östergötland 1988.
- 32 Cecilia Ambjörn (1989)
Oceanografiska förhållanden i Brofjorden i samband med kylvattenutsläpp i Trommekilen.
- 33a Cecilia Ambjörn (1990)
Oceanografiska förhållanden utanför Vendelsöfjorden i samband med kylvatten-utsläpp.
- 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 Kalmarsund för Mönsterås bruk.
- 41 Cecilia Ambjörn (1990)
Strömningsteknisk utredning avseende utbyggnad 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 - Kylvattenspridning i Hanneviken.
- 45 Gustaf Westring och Kjell Wickström (1990)
Spridningsberäkningar för Höganäs kommun.
- 46 Robert Hillgren och Jan Andersson (1991)
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1990.
- 47 Gustaf Westring (1991)
Brofjordens kraftstation - Kompletterande simulering och analys av kylvattenspridning 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 - isstatistik
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).
Kustzonmodell 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 kustzonmodellen för norra
Östergötlands och norra Bohusläns skärgårdar
- 76 Eleonor 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 öppet hav till kustzonsmodellerna (Exemplet södra Östergötland)
- 80 Eleonor Marmefelt, Håkan Olsson (2005)
Integrerat Kustzonssystem för Hallandskusten
- 81 Tobias Strömgren (2005)
Implementation of a Flux Corrected Transport scheme in the Rossby Centre Ocean model
- 82 Martin Hansson (2006)
Cyanobakterieblomningar i Östersjön, resultat från satellitövervakning 1997-2005
- 83 Kari Eilola, Jörgen Sahlberg (2006)
Model assessment of the predicted environmental consequences for OSPAR problem areas following nutrient reductions
- 84 Torbjörn Lindkvist, Helma Lindow (2006)
Fyrskottsdata. Resultat och bearbetningsmetoder med exempel från Svenska Björn 1883 – 1892
- 85 Pia Andersson (2007)
Ballast Water Exchange areas – Prospect of designating BWE areas in the Baltic Proper
- 86 Elin Almroth, Kari Eilola, M. Skogen, H. Søiland and Ian Sehested Hansen (2007)
The year 2005. An environmental status report of the Skagerrak, Kattegat and North Sea
- 87 Eleonor Marmefelt, Jörgen Sahlberg och Marie Bergstrand (2007)
HOME Vatten i södra Östersjöns vattendistrikt. Integrerat modellsystem för vattenkvalitetsberäkningar
- 88 Pia Andersson (2007)
Ballast Water Exchange areas – Prospect of designating BWE areas in the Skagerrak and the Norwegian Trench
- 89 Anna Edman, Jörgen Sahlberg, Niclas Hjerdt, Eleonor Marmefelt och Karen Lundholm (2007)
HOME Vatten i Bottenvikens vatten-distrikt. Integrerat modellsystem för vattenkvalitetsberäkningar
- 90 Niclas Hjerdt, Jörgen Sahlberg, Eleonor Marmefelt och Karen Lundholm (2007)
HOME Vatten i Bottenhavets vattendistrikt. Integrerat modellsystem för vattenkvalitetsberäkningar
- 91 Elin Almroth, Morten Skogen, Ian Sehested Hansen, Tapani Stipa, Susa Niiranen (2008)
The year 2006
An Eutrophication Status Report of the North Sea, Skagerrak, Kattegat and the Baltic Sea
A demonstration Project
- 92 Pia Andersson, editor and co-authors
Bertil Håkansson*, Johan Håkansson*, Elisabeth Sahlsten*, Jonathan Havenhand**, Mike Thorndyke**, Sam Dupont*** * Swedish Meteorological and Hydrological Institute ** Sven Lovén, Centre of Marine Sciences (2008)
Marine Acidification – On effects and monitoring of marine acidification in the seas surrounding Sweden