



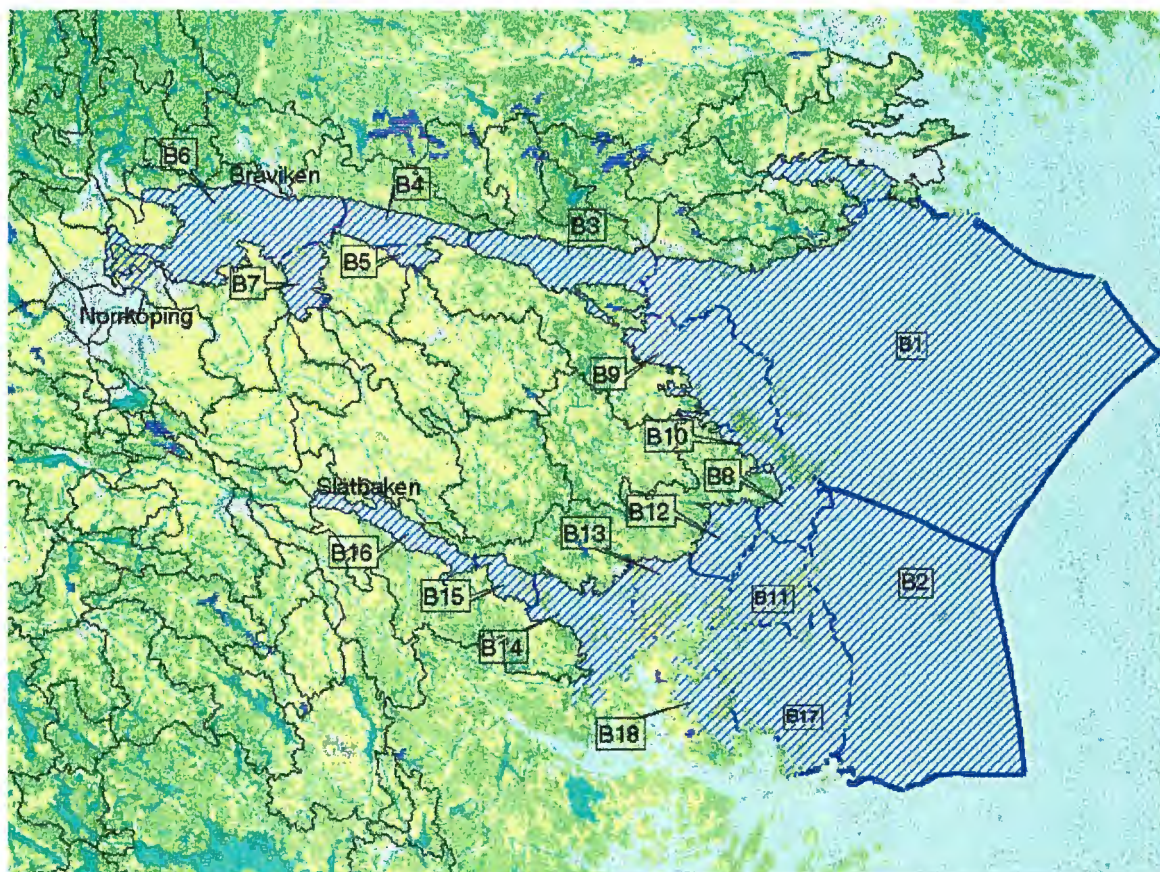
LÄNSSTYRELSEN
ÖSTERGÖTLAND

SMHI

Oceanografi

SMHL Ex2
LC 316
OCH HYDROLOGISKA INSTITUT
2001 -04- 2
BIBLIOTEKET

Nr 69, 2001



Kustzonsmodell för norra delarna av Östergötlands skärgård

Jörgen Sahlberg, SMHI
Håkan Olsson, Länsstyrelsen Östergötland

Projektet är finansierat av Naturvårdsverket

Kustzonsmodell för norra delarna av Östergötlands skärgård

Jörgen Sahlberg, SMHI

Håkan Olsson, Länsstyrelsen Östergötland

Innehållsförteckning

1. Förord	2
2. Sammanfattning	2
3. Bakgrund	5
4. Områdesbeskrivning	6
5. Mätdata	12
6. Kustzonsmodellen	13
6.1 Modellansats	13
6.2 Drivdata	14
6.3 Utdata	16
7. Validering	16
7.1 Inre Bråviken	16
7.2 Yttre Bråviken	18
7.3 Arkösund	21
7.4 Inre Slätbaken	24
7.5 Trännöfjärden	27
7.6 Kärrfjärden	30
7.7 Sammanfattning av valideringen	33
8. Resultat	35
8.1 Vattentransport	35
8.2 Totalkvävetransport	37
8.3 Totalfosfortransport	37
9. Diskussion	43
10. Referenser	45

1. Förord

Denna studie har genomförts i samarbete mellan Länsstyrelsen Östergötland och SMHI. Uppdraget att sätta upp en kustzonsmodell i Östergötlands norra skärgård gavs av Naturvårdsverket. Det ingår i deras satsning att utveckla regionala modeller till stöd för att;

- Utvärdera miljötillståndet m.a.p. övergödning vid olika tillförselalternativ.
- Kvantifiera effekterna av närsaltstillförsel i förhållande till naturliga variationer.
- Optimera övervakningsprogrammen och fokusera på viktiga processer.
- Underlätta planering, prioritering och beslut m.a.p. begränsningar av närsaltstillförsel.

2. Sammanfattning

Östergötlands norra skärgård har modellerats med kopplade 1-dimensionella modeller s.k. boxmodeller med hög vertikal upplösning. Området har delats in i 18 bassänger. Indelningen har följt havsområdesindelningen enligt Svenskt Vattenarkiv (SVAR), (Lindkvist 1994). Ett modellsystem i PC miljö har byggts upp bestående av en kustzonsmodell för Östergötlands norra skärgård samt alla drivdataserier. Systemet innehåller också program för olika typer av resultatbearbetning.

Den fysiska drivningen består av meteorologiska data från de synoptiska stationerna i Norrköping och Harstena. Sötvattentillrinningen och närsaltstillförseln kommer dels från de tre vattendragen Motala Ström, Pjältån (rinner ut i inre Bråviken) samt Söderköpingsån (mynnar i inre Slätbaken) och dels som diffus tillrinning från land. Dessutom ingår punktkällorna Slottshagens reningsverk och Bravikens pappersbruk. Utsläppsdata från reningsverket i Söderköping ingår i data från Söderköpingsån och redovisas inte separat. Atmosfärsdeposition av kväve och fosfor har beräknats för samtliga 18 bassänger. I denna version av kustzonsmodellen är inte avdunstning och nederbörd medtagna.

Validering. Modellen har validerats mot mätningar gjorda av Motala Ströms Vattenvårdsförbund (MSV). Mätningar sker i sex av områdets 18 bassänger och mätprogrammet är utformat så att det visar vattenkvaliteten i yt- och bottenvatten under olika årstider.

Modellberäkningarna har utförts under perioden 1985 tom 1998. Som valideringsperiod valdes åren 1992 tom 1998 eftersom salthaltsmätningarna startade först 1993. Valideringen visar att modellen klarar att beskriva salthaltens variationer både i yt- och bottenvattnet vilket indikerar att det horisontella utbytet mellan bassängerna är väl beskrivet. Beräknade vattentemperaturer och syrehalter i ytvattnet beskrivs också bra, men för flera av bassängernas bottenvatten ger modellen för höga temperatur och syrgashalter. Beräkningen av totalkvävehalterna är bra i ytvattnet. I bottenvattnet däremot varierar de beräknade värdena för lite och medelvärdet av beräkningarna är något för lågt. Generellt gäller också att de beräknade totalfosforhalterna är för låga i både yt- och bottenvattnet. Beräknade värden är ungefär hälften så stora som de uppmätta. Den största avvikelserna finns i inre Slätbaken där djupvattnet i verkligheten innehåller 2-4 gånger högre totalfosforhalter än vad modellen visar. Det beror troligen på ett fosforläckage från botten som är mycket större i verkligheten än vad som är beskrivet i modellen.

Avvikelsen mellan modellresultaten och mätningarna kan bero på att ett eller flera flöden i modellen inte motsvarar de verkliga flödena men avvikelsen kan också vara påverkad av att vattenprov tagits på lokaler eller på djup som inte är representativa för bassängen. Prov kan t.ex. vara tagna i mer isolerade djupområden än de som modellens beräknade resultat representerar.

Resultat. Kustzonsmodellen i Östergötlands norra skärgård beräknar 13 stycken variabler i 18 bassänger 144 gånger per dygn för en period om 14 år (1985-1998). Beräkningarna sker för minst varje meters djup i varje bassäng. Mängden utdata från modellen blir mycket stor och det gäller att få ut resultat från simuleringar på ett användbart och lättredovisat sätt. I denna rapport visas beräknade halter i form av tidsserier med hög upplösning samt genomsnittliga transporter till kusten och mellan kustområden. Det är två exempel på kunskapsunderlag som är användbara inom t.ex. miljöövervakningens beskrivning av miljötillståndet i olika delar av kustvattnen och vid bedömning av olika källors potentiella betydelse för miljötillståndet i olika delar av kustområdet.

I figurerna 19-21 redovisas beräknade årsmedelvärden över åren 1985 – 1998 av vatten-transporten, totalkvävetransporten och totalfosfortransporten. Det är ett viktigt kunskapsunderlag som visar varifrån kvävet och fosfor kommer till ett visst havsområde, t.ex. hur stor del som kommer från utsjön (Östersjön) respektive från land och punktkällor. Den typen av flödesschema kan produceras för olika tidsperioder och för olika scenarier där utsläpp, flöden eller klimatförhållanden antagits vara förändrade.

När det gäller **vattentransporten** mellan två bassänger styrs den av täthets- och vattenståndsskillnaden mellan bassängerna. Figur 19 visar att skillnaden mellan långtidsmedelvärdena av ut- och inflöde över ett sund till en bassäng är lika stor som summan av uppströms liggande sötvattenstillrinningar. På den långa tidsskalan (flera år) gäller att lika mycket vatten som kommer till en bassäng ska rinna ut, vilket innebär att bassängernas volymer är konstanta.

Motala ström, som mynnar i inre Bråviken, utgör det största sötvattenstillflödet till systemet med en genomsnittlig vattenföring på ca $88 \text{ m}^3/\text{s}$. Vattenutbytet mellan bassängerna i Bråviken är dock betydligt större än sötvattentillförseln. Mellan yttre Bråviken och Bråvikens mynningsområde strömmar i genomsnitt ut $693 \text{ m}^3/\text{s}$ och in $647 \text{ m}^3/\text{s}$ (figur 19). Nettoutflödet från yttre Bråviken till bassängerna Bråvikens mynningsområde och Bosöfjärden blir ca $93 \text{ m}^3/\text{s}$ vilket är lika med summan av all sötvattenstillförsel till hela Bråviken och Bosöfjärden. Vattnets omsättningstid för bassängerna i Bråviken varierar mellan 2 – 9 dagar. Denna snabba omsättningstid beror på de stora flödena mellan bassängerna.

Slätbaken mottar i genomsnitt en sötvattentillförsel på ca $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Vattenutbytet med utanför liggande bassänger är begränsat av grunda och smala sund. Vattnets genomsnittliga omsättningstid blir därmed relativt lång. Modellens resultat ger en omsättningstid i Slätbaken på 105 dagar och i utanför liggande Trännöfjärden 18 dagar. Dessa omsättningstider överensstämmer väl med beräkningar som gjordes i mitten på 1980-talet (Bergstrand 1987).

För **totalkväve**, se figur 20, gäller att de genomsnittliga totalkvävetransporterna till hela Bråviken från land och från luften är ca 2975 ton/år. Nettotransporten ut från Bråviken till Bråvikens mynningsområde och till Bosöfjärden är på 2715 ton/år. Det innebär att 260 ton totalkväve blir kvar i Bråvikens bassänger. Till inre Slätbaken kommer det 312 ton totalkväve per år från land och från luften. Nettotransporten ut från inre Slätbaken är 259 ton/år. Av tillfört totalkväve stannar därmed 53 ton/år kvar i bassängen. Detta faktum att kvävetransporten minskar på sin väg från källan till havet kallas retention. Retentionen har beräknats för samtliga 18 bassänger och presenteras i tabell 7. I genomsnitt är totalkväveretentionen ca $2 \text{ g N/m}^2\cdot\text{år}$. Störst retention nås i bassängerna inre Slätbaken $3,4 \text{ g N/m}^2\cdot\text{år}$ och i Bråvikens mynningsområde $3,1 \text{ g N/m}^2\cdot\text{år}$. Resultaten visar också att det existerar en totalkväveexport ut från kustzonsområdet till utsjön på 1496 ton/år.

I den kommande beskrivningen av totalfosforflödena är det värt att komma ihåg att valideringen visade att de beräknade värdena är alldeles för låga. Det finns ingen bra

förklaring till detta eftersom valideringen av övriga variabler visade på en god överensstämmelse med mätningar.

För **totalfosfor**, se figur 21, gäller att de genomsnittliga totalfosfortransporterna till hela Bråviken från land och från luften är 116 ton/år. Den totalfosformängd som lämnar Bråviken och når Bråvikens mynningsområde och Bosöfjärden är på 89 ton/år. Det innebär att 27 ton totalfosfor blir kvar i Bråvikens bassänger. Till inre Slätbaken kommer det 19 ton totalfosfor per år från land och från luften. Nettotransporten ut från inre Slätbaken är 16 ton/år. Av tillfört totalkväve stannar därmed 3 ton/år kvar i bassängen. Denna retention av totalfosfor har beräknats för samtliga 18 bassänger och presenteras i tabell 7. I genomsnitt är retentionen ca $0,25 \text{ g P/m}^2\cdot\text{år}$. Störst retention nås i bassängerna Svensksundsviken $0,38 \text{ g P/m}^2\cdot\text{år}$ och i Bråvikens mynningsområde $0,37 \text{ g P/m}^2\cdot\text{år}$. Eftersom valideringen visade att de beräknade totalfosforvärdena var alldeles för låga är det troligt att den verkliga fosforretentionen är betydligt större än vad modellen ger. Resultaten visar också att det existerar en totalfosforimport in till kustzonen från utsjön på 122 ton/år vilket är i samma storleksordning som summan av all totalfosfortransport från land och från luften vilken är 143 ton/år.

Framtida modellförbättring. En svaghet i indata till modellen är att känna till vilken kvalitet de hypsografiska kurvorna har. Ett exempel på en felaktighet visas genom att recipientkontrollens provtagningar i botten nära vatten i Arkösundsområdet sker på ett större djup än det maximala djupet för bassängen enligt modellens hypsografiska kurva. SMHI har köpt en digital djupdatabas från Sjöfartsverket för svenska kustområden och den manuella hanteringen har därmed ersattas med en automatisk rutin för generering av hypsografer. Kvalitén har därmed ökat genom att rent manuella misstag försvinner. Denna djupdatabas innehåller dock bara de djupuppgifter som finns på sjökorten och därmed kommer det även i framtiden att saknas djupdata inom vissa områden längs kusten.

Den biogeokemiska delen av kustzonsmodellen, SCOBI, har enbart funnits ett par år och är relativt oprövad. Den beskriver de mycket komplicerade sambanden i kväve och fosfor-cyklerna i havet. Trots att SCOBI, som innehåller 9 samverkande variabler, upplevs som komplicerad innehåller den givetvis många förenklingar. I växtplanktonekvationen beskrivs t.ex. hur ett typiskt växtplankton beter sig i vattenmassan medan det i verkligheten finns hundratals olika sorters växtplankton med olika beteenden. SCOBI beskriver enbart omvandlingarna mellan det lösta oorganiska kvävet (DIN) och fosfor (DIP) och det partikulära organiska kvävet och fosfor. För att kunna beräkna totalkväve och totalfosfor behövs även en behandling av det lösta organiska kvävet (DON) och av löst organisk fosfor (DOP) och partikulär oorganisk fosfor (PIP). I den nuvarande versionen av SCOBI ingår inte beräkningar av DON respektive DOP och PIP. Detta har lösts i kustzonsmodellen så att DON, DOP och PIP behandlas som passiva ämnen som inte ingår i det biogeokemiska kretsloppet och alltså inte ingår i de rutiner som styr SCOBI. Troligen ska DON, DOP och PIP ingå i det biogeokemiska kretsloppet och därmed ska de i kopplas in i en vidareutvecklad SCOBI modell. Framtida forskning får visa detta.

I Sverige pågår sedan ett år ett stort forskningsprojekt inom MISTRA programmet som heter MARE. Detta projekt syftar bl.a. till att ta fram nya processbeskrivningar vad gäller kväve och fosforflöden i vattenmassan samt utveckla budgetmodeller för kväve och fosfor i Östersjön. Det är mycket viktigt att SMHI följer och har nära kontakt med denna forskning. Härigenom kommer SCOBI eller någon liknande biogeokemiskmodell i kustzonssystemet att löpande kunna utvecklas och förbättras.

Kustzonsmodellen skall användas inom miljöövervakning och miljöanalys som komplement till mätdata och som utvärderingsverktyg. Modellen skall kunna beräkna vattenomsättning och vattenkvalitet med hjälp av information om kustens geografi, relevanta meteorologiska faktorer och tillförsel av ämnen från land och luft. Sammantaget förväntas detta ge bra

underlag för miljöövervakningens specificering av och uppföljning av miljömål, samt för utredningar om konsekvenser av olika verksamheters utsläpp och läckage av näringsämnen.

Resultaten från modellberäkningar kan t.ex. redovisas i kartor som visar eutrofieringstillståndet i de olika kustbassängerna. Eutrofieringstillståndet kan också visas som tidsserier i grafer som uppdateras med nya data från kustzonsmodellen. De senaste årens resultat från recipientkontrollen eller annan miljöövervakning kan där grafiskt jämföras med genomsnittsvärdet för tillståndet under t.ex. alla beskrivna år eller en referensperiod.

Man kan dessutom göra mer skräddarsydda utvärderingar. Ett användbart exempel är att göra scenarier som kan användas vid miljökonsekvensbeskrivningar samt vid utformning respektive uppföljning av miljömål. Man kan göra beräkningar där klimat och/eller tillförsel av näringsämnen systematiskt ändras enligt scenariernas utgångspunkter.

I ett fortlöpande miljömålsarbete kan beräkningsresultat från kustzonsmodellen användas som komplement till mätdata. Modellens resultat kan i detta fall användas för att ge information om tillstånd i delar av kusten där inga mätningar görs. Dessutom kan modellen ge information om hur tillståndet som mätts ett aktuellt år påverkats av just det årets vädersituation.

3. Bakgrund

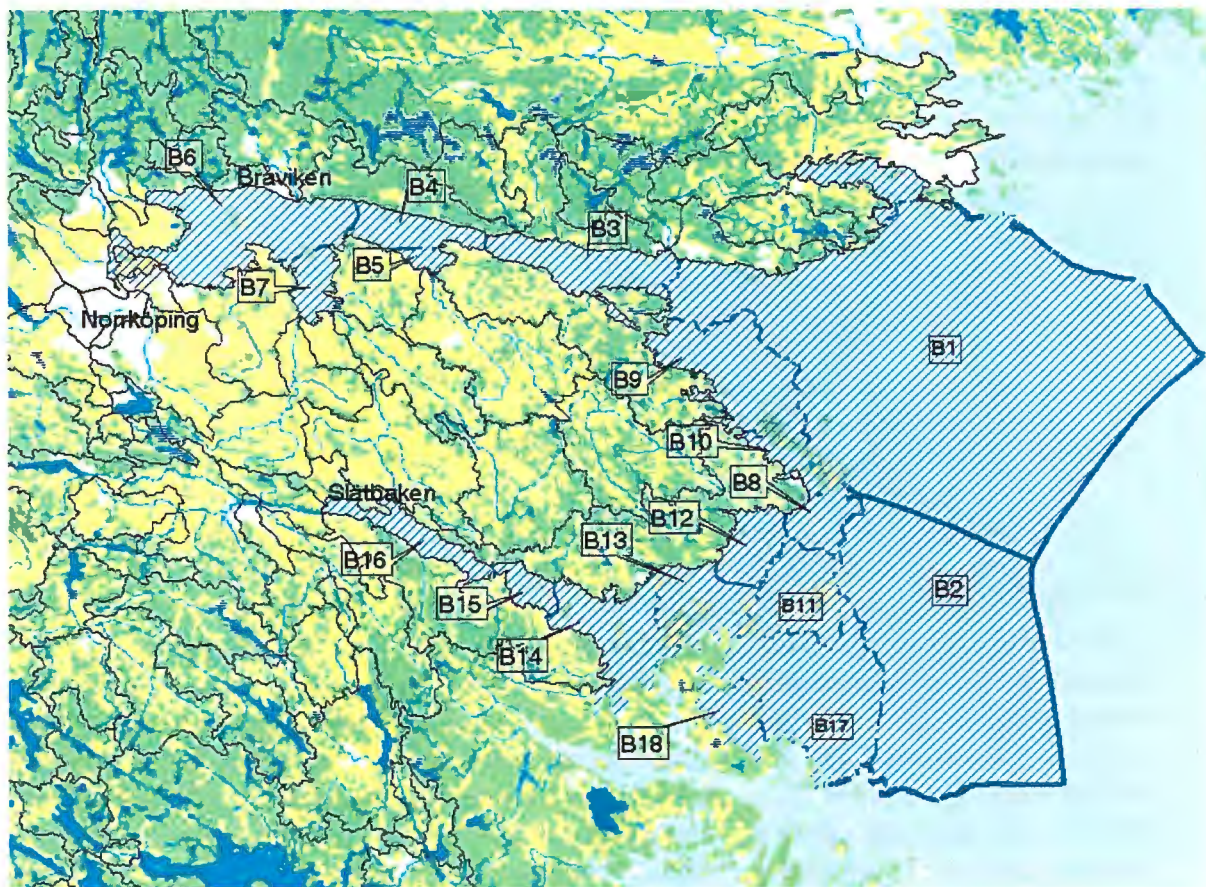
Arbetet med utveckling av en kustzonsmodell för norra delen av Östergötlands skärgård initierades 1996 av Länsstyrelsen i Östergötland. SMHI hade då utvecklat en modell för Hanöbukten men det fanns ingen liknande modell utvecklad för kustområden som är mer avgränsade från Östersjöns utsjö. Länsstyrelsen formulerade 1996, i samarbete med SMHI, en första projektplan. Med hjälp av medel från regional miljöövervakning startade SMHI under 1997 arbetet med upprättande av en hydrografisk modell för 18 bassänger och för tidsperioden 1985-1996. Modellen konstruerades av Anders Engqvist, Stockholms universitet. Länsstyrelsen och SMHI tog fram indata till modellen. SMHI upprättade hypsografer för de 18 bassängerna.

Länsstyrelsen erhöll under 1998 medel från regional miljöövervakning för utveckling av en biogeokemisk modell grundad på resultatet från den hydrografiska modellen. Anders Engqvist kompletterade därför den hydrografiska modellen med fosfor- och kväveflöden till och mellan bassänger. Modellen innehöll dock inga algoritmer för simulering av fosforupptag i biota eller fosfosedimentation.

Länsstyrelsen fortsatte arbetet med utvärdering av modellens utdata och drog slutsatsen att den hydrografiska modellen fungerade bra i alla områden utom i Slätbaken. Innan länsstyrelsens projekt var avslutat så erhöll SMHI medel från nationell miljöövervakning för färdigställande av kustzonsmodellen för Östergötland. Detta innebar att den tidigare konstruerade hydrografiska modellen ersattes av en modell som sattes upp vid SMHI. Länsstyrelsens specialprojekt för utveckling av en biogeokemisk modell samordnades därför med SMHI-projektet och redovisas i denna gemensamma slutrapport.

4. Områdesbeskrivning

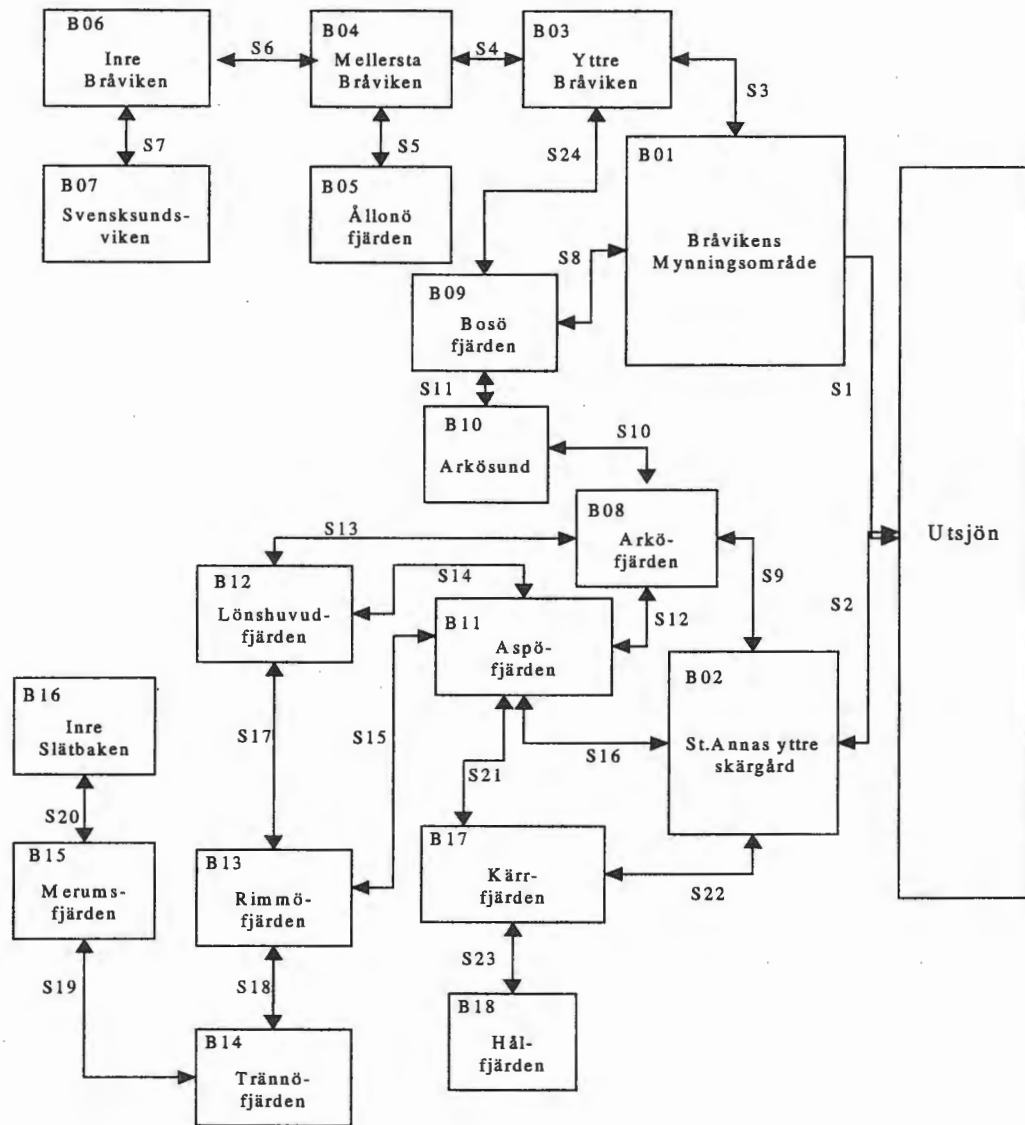
Norra Östergötlands skärgård har delats upp i 18 stycken tröskelavgränsande delbassänger B1 - B18, se figur 1. Denna indelning följer helt rekommendationer från svenskt vattenarkiv, SVAR.



Figur 1. Karta över beräkningsområdet (streckat). Delbassängerna är markerade med bassängsnumren B1 – B18.

En schematisk indelning i havsområden visas i figur 2 där pilarna visar hur vattenutbyte sker mellan bassängerna. Som ett exempel har Bråvikens mynningsområde förbindelse med både yttre Bråviken (B3) och Bosöfjärden (B9). Gränsdragningen mellan B3 och B1 enligt SVAR, som visas i figur 1, har i modellen flyttats österut så att vatten som strömmar ut från Bråviken fördelas mellan ytterskärgården (B1) och Bosöfjärden (B9). Flest vattenutbyten har Aspöfjärden som står i förbindelse med de 5 bassängerna St. Annas yttre Skärgård, Arköfjärden, Lönshuvudfjärden, Rimmöfjärden och Kärrfjärden.

Havsområdesindelningen i kustzonsprojektet Östergötland



Figur 2. Figuren visar schematiskt havsområdesindelningen för norra Östergötlands skärgård. Pilarna indikerar vattenutbytet mellan bassängerna.

Sötvattentillrinningen från land till bassängerna visas i figur 3. Tillrinningen består av de tre vattendragen Motala ström och Pjältån som båda rinner ut i inre Bråviken samt Söderköpingsån som rinner ut i inre Slätbaken. Dessutom finns s.k. diffus tillrinning från land till 12 av bassängerna. Tillrinningens storlek har uppskattats utifrån storleken på respektive delavrinningsområde. Det finns två punktkällor som är medtagna i beräkningarna, Bravikens pappersbruk som rinner ut i inre Bråviken och Slottshagens reningsverk i Norrköping som rinner ut i Motala ström innan utloppet i inre Bråviken.

Sötvattentillrinningen till bassängerna

The flowchart illustrates the freshwater drainage system from various sources to 18 basins (B01-B18) and finally to the outflow (Utsjön). The basins are interconnected by a network of channels labeled S1 through S24. The sources of water are Pjältån, Motala ström, Braviken, Slottshagen, and Söderköpingsån. The basins are arranged in a hierarchical manner, with water flowing from the sources through the basins towards the outflow. The basins are labeled as follows: B01 Bråvikens Mynningsområde, B02 St. Annas yttre skärgård, B03 Yttre Bråviken, B04 Mellersta Bråviken, B05 Ållonö fjärden, B06 Inre Bråviken, B07 Svensksunds-viken, B08 Arkö-fjärden, B09 Bosö fjärden, B10 Arkösund, B11 Aspö-fjärden, B12 Lönshuvud-fjärden, B13 Rimmö-fjärden, B14 Trännö-fjärden, B15 Merums-fjärden, B16 Inre Slätbaken, B17 Kärr-fjärden, and B18 Hål-fjärden. The outflow is labeled Utsjön. The channels are labeled S1 through S24, indicating the direction of flow between the basins and sources.

8

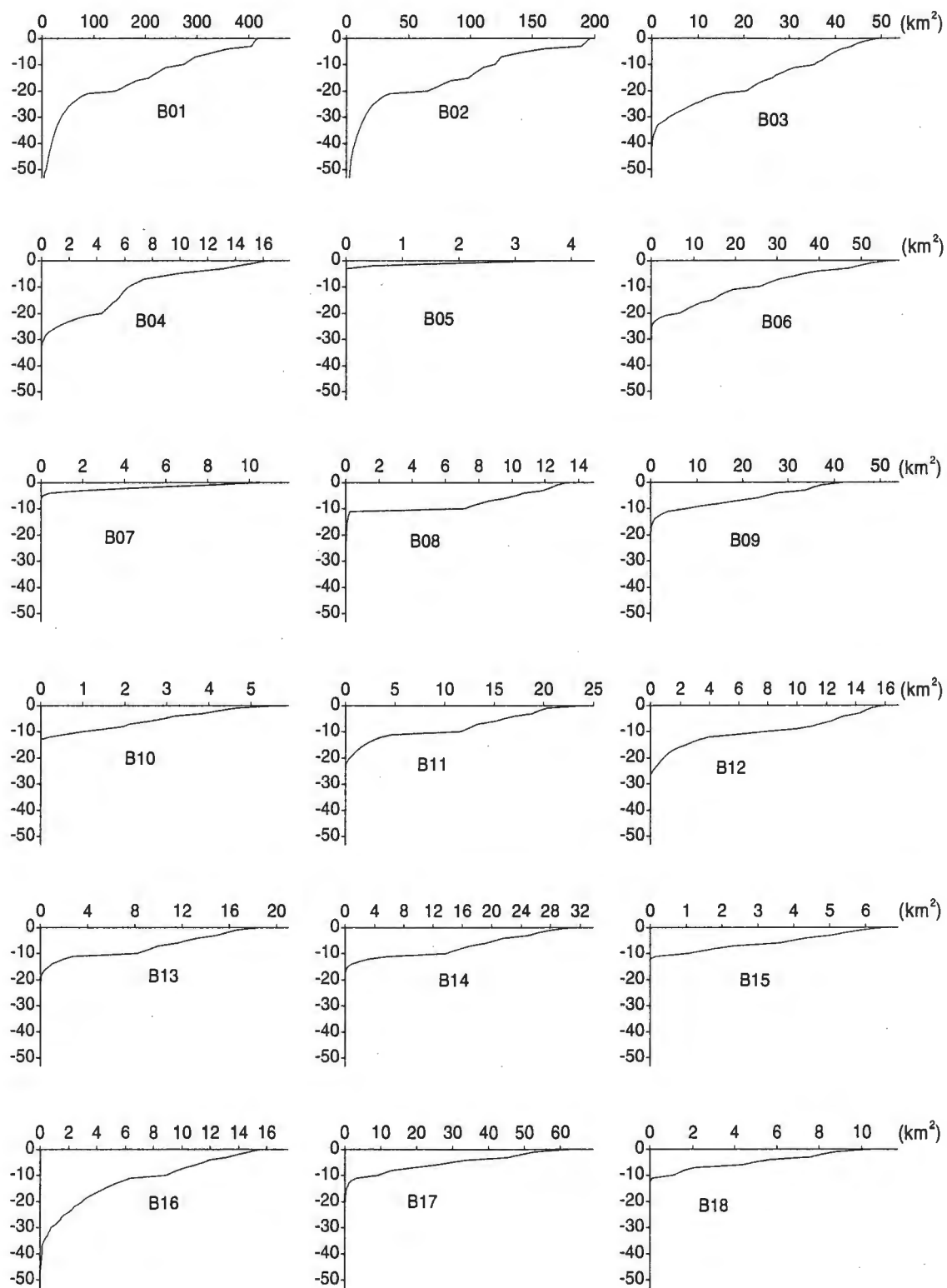
Tabell 1. Tabellen visar medelvärdet på sötvattentillrinningen (m^3/s) till de olika bassängerna. Medelvärdena är beräknade över perioden 1985-1998.

Tillrinning via (Till bassäng)	Motala ström (B6)	Pjältån (B6)	Braviken (B6)	Slottsha- gen (B6)	Söderkö- pingsån (B16)	Diffus till B7	Diffus till B6	Diffus till B5
Sötvatten- tillrinning (m^3/s)	87,86	0,63	0,24	0,46	5,00	0,60	0,76	0,47
Diffus till B4	Diffus till B3	Diffus till B9	Diffus till B10	Diffus till B12	Diffus till B13	Diffus till B14	Diffus till B15	Diffus till B16
0,16	0,74	0,80	0,06	0,11	0,11	0,28	0,06	0,70

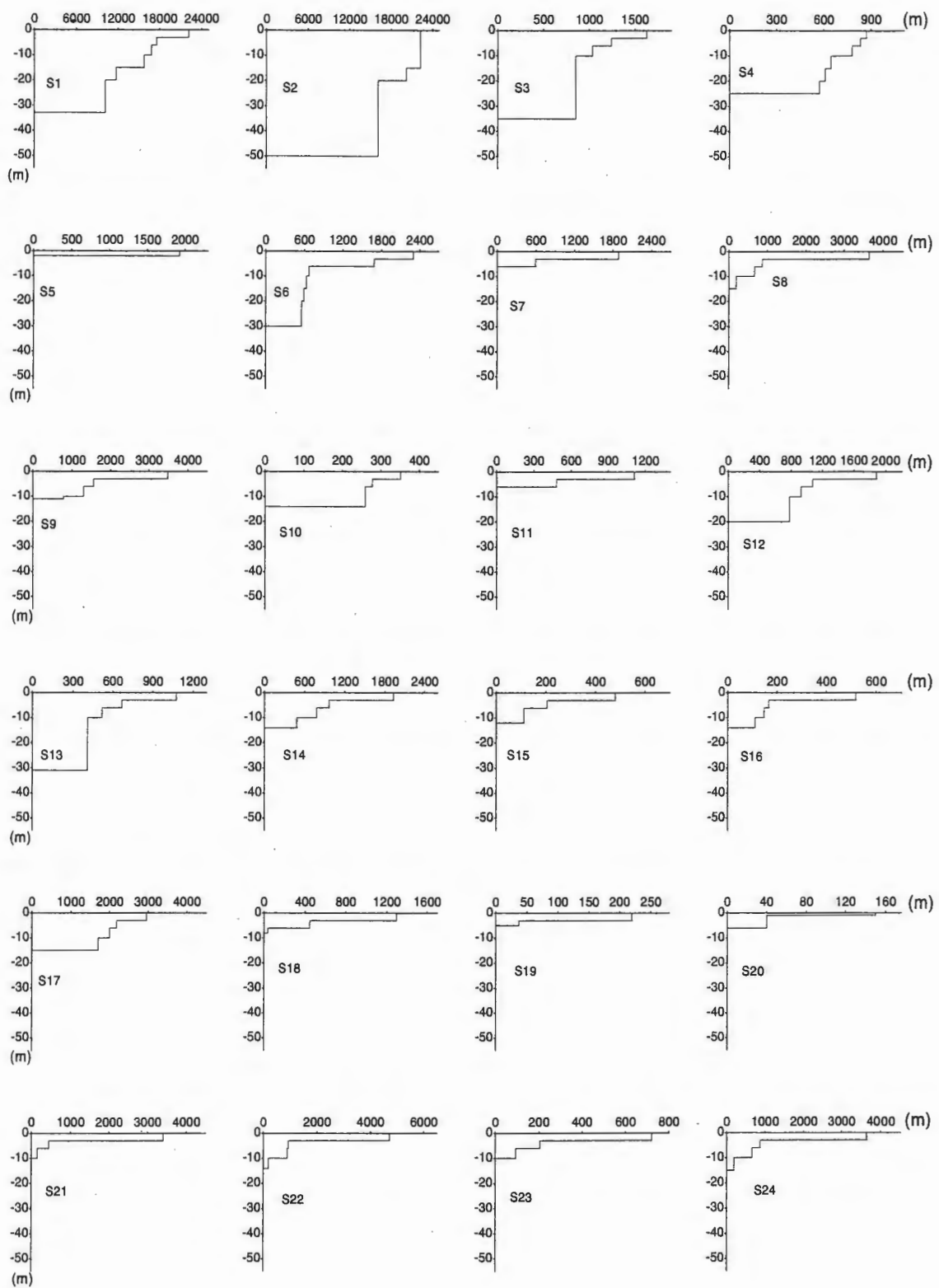
Bassängernas och sundens geometri är av avgörande betydelse vid beräkningar av respektive bassängs fysiska och biogeokemiska tillstånd. Data till de hypsografiska kurvorna har extraherats ur en digital djupdatabas som upprättats av Sjöfartsverket medan sundbredderna har tagits fram manuellt från sjökort. Bassängernas hypsografiska kurvor visas i figur 4 och deras maxdjup, ytarea, volym och utbytestid visas i tabell 2. Den genomsnittliga utbytestiden för en bassäng definieras som bassängens volym dividerat med tillflödet till bassängen. Sundens bredd och tvärsnittsarea visas i figur 5 och tabell 3.

Tabell 2. Bassängernas ytareor, volymer och utbytestider.

Bassäng	Maxdjup (m)	Ytarea (10^6 km^2)	Volym (10^6 m^3)	Utbytestid (dagar)
B1	51	417,28	6485,00	26
B2	51	196,57	2866,30	27
B3	45	49,15	781,73	6
B4	35	16,19	173,53	2
B5	3	3,66	5,46	2
B6	29	56,88	537,83	9
B7	6	10,50	24,73	2
B8	23	13,28	108,35	2
B9	21	42,02	266,64	4
B10	15	5,64	31,93	2
B11	25	23,90	189,22	4
B12	23	15,91	157,87	3
B13	19	18,52	141,01	4
B14	19	30,75	230,00	18
B15	13	6,50	39,00	9
B16	49	15,50	187,64	105
B17	25	62,59	326,98	8
B18	15	10,46	52,42	21



Figur 4. Figuren visar hur de 18 bassängernas areor (km²) varierar med djupet (m).



Figur 5. Figuren visar hur de 24 sundens bredd (m) varierar med djupet (m).

Tabell 3. Tabellen visar de 24 sundens tvärsnittsareor i m².

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
456 296	917 666	34058	17 391	3 852	26 280	7 445	17 150
S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
21 076	3963	4 778	20 372	15 853	13 705	2 722	3093
S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
31 966	5 297	734	350	12 149	21 187	3 148	17 150

5. Mätdata

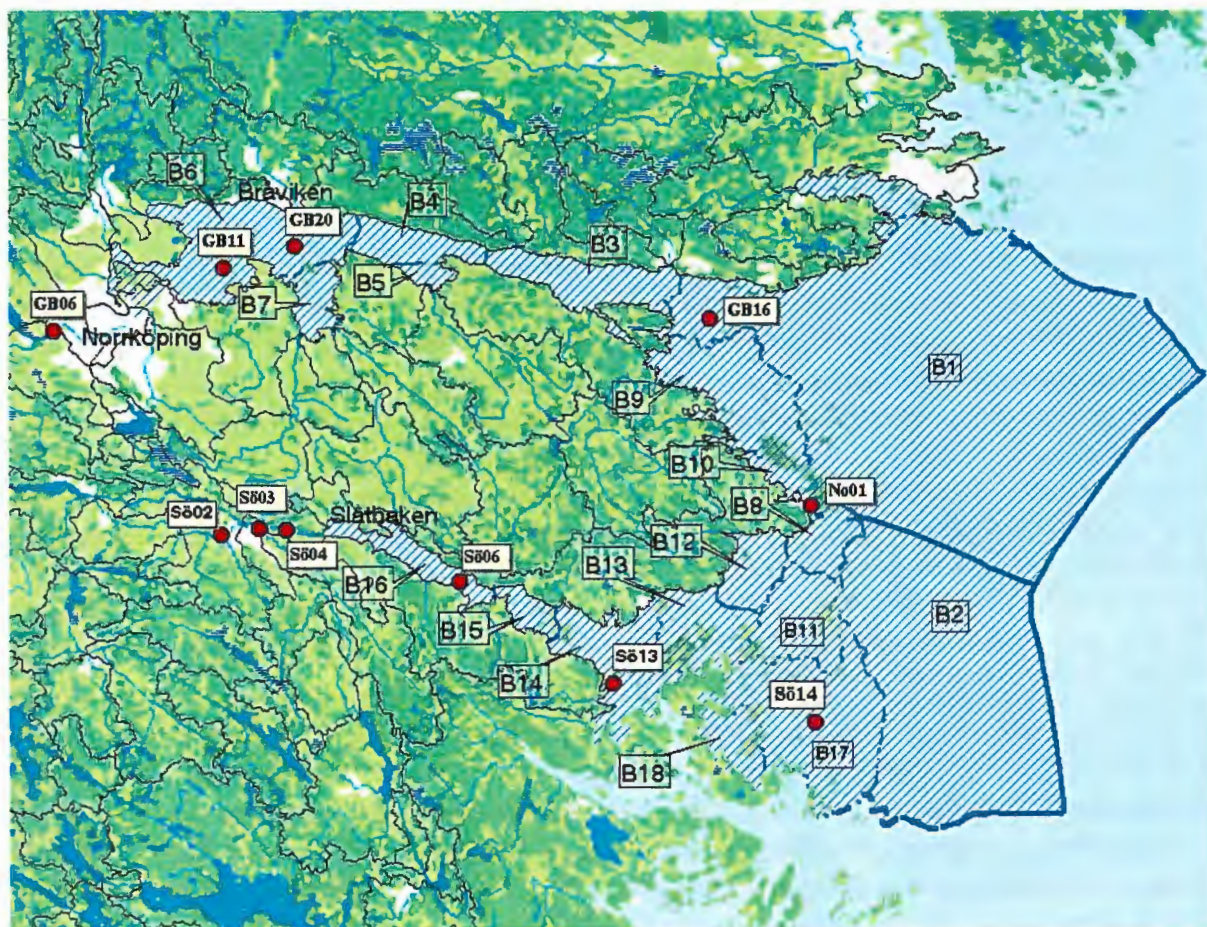
Regelbundna mätningarna av vattenkvaliteten i Östergötlands kustområde utförs inom det recipientkontrollprogram som fastställs av länsstyrelsen och som verkställs av Motala Ströms Vattenvårdsförbund (MSV). Eutrofieringstillståndet övervakas huvudsakligen genom mätning av kväve- och fosforhalter. Vattenkemiska prov togs t.o.m. 1998 i 7 provtagningsplatser i den delen av kustområdet som omfattas av kustzonsmodellen. Kartan i figur 6 visar provtagningsplatserna både i havsområdet och i tillrinnande vatten. Prov tas 6 gånger per år (varannan månad) och vid varje station tas två prov; ett på ca en meters djup och ett prov nära botten. Mätprogrammet visar alltså vattenkvaliteten i ytvattnet och i bottenvattnet under de olika årstiderna men provtagningspunkterna ligger i endast 6 av modellområdets 18 bassänger (två punkter finns i en bassäng, inre Bråviken). Modellens resultat kompletterar mätresultaten genom att den ger information om förhållandena i alla bassänger, på alla djup och den ger dygnsvärden. En kustzonsmodell och ett recipientkontrollprogram som är samordnat bör ge ett optimalt kunskapsunderlag för miljöövervakning och miljöanalys.

Regelbundna mätningar av vattenkvaliteten sker i de två största vattendragen som mynnar i kustzonsmodellens område, Motala Ström och Söderköpingsån (även kallad Storån).

I Söderköpingsån finns en provtagningspunkt nedströms och två punkter uppströms tätorten Söderköping (Sö04 respektive Sö02 och Sö03). Mätningarna ingår i recipientkontrollen som samordnas av Motala Ströms vattenvårdsförbund. Data från dessa stationer kan användas för beräkningar av transporter till Slätbaken. Prov tas en gång per månad men det finns perioder med mätuppehåll i stationen nedströms Söderköping. Under vissa perioder saknas mätning av oorganiska närsaltsfraktioner.

I Motala ström, uppströms Norrköpings tätort och nedströms Glan, finns provtagningsstationen "Norrköping", som ingår i den del nationella miljöövervakningsprogrammet som utförs av Institutionen för miljöanalys, SLU (www.ma.slu.se). Här finns månatliga mätdata i långa homogena tidsserier (från 1969), som utgör ett bra underlag för beräkningar av transporter av kväve och fosfor till Bråviken. I figur 6 kallas stationen GB06 enligt recipientkontrollens beteckningssystem.

För transportberäkningar har använts vattenföringsdata från mätstationerna Norrköping och Holmen i Motala Ström samt stationerna Söderköping i Storån och Hälla i Hällaån. Storån och Hällaån rinner samman i Söderköping och bildar Söderköpingsån med mynning i Slätbaken.



Figur 6. Provtagningsplatserna är markerade med röda prickar. Stationsbeteckningar enligt recipientkontrollprogram som samordnas av Motala Ströms vattenvårdsförbund. Stationen som här benämns GB06 är den nationella miljöövervakningsstationen Norrköping. Data från den stationen utgör underlag till beräkning av transporter till Bråviken via Motala Ström.

6. Kustzonsmodellen

6.1 Modellansats.

Ett modellsystem i PC miljö har byggts upp bestående av en kustzonsmodell för Östergötlands norra skärgård samt alla drivdataserier. Systemet innehåller också program för olika typer av resultatbearbetning.

Kustzonsmodellen består av 18 kopplade bassänger. Med kopplade bassänger menas att de står i förbindelse med varandra genom horisontellt vattenutbyte. I varje bassäng finns SMHIs endimensionella turbulensmodell Probe. Inom varje bassäng antas att vattnets fysikaliska och biogeokemiska variabler enbart varierar vertikalt (i en dimension). Detta antagande är vanligt då de vertikala gradienterna är större än de horisontella. Att endimensionella modeller typ Probe är ett lämpliga redskap för långa beräkningar av salt och temperaturförhållanden i våra omgivande hav har visats i ett flertal studier, se Omstedt (1998) och Gustavsson (1997).

Den vertikala blandningen i modellen drivs av både vindstressen och, under avkylningsperioden, sjunkande ytvatten. Modellen innehåller fullständiga värmebalansekvationer vid vattenytan vilket medför att bassängernas uppvärmning och avkylning beräknas utifrån

rådande meteorologiska förhållanden. Dessutom finns en isläggings- och islossningsrutin som utifrån ytvattentemperaturen och det meteorologiska läget beräknar om och när isen lägger sig resp. smälter i en bassäng. Det är av stor vikt att kunna beräkna isläget eftersom en istäckt bassäng med ett fast istäcke hindrar både fortsatt avkylning och den vinddrivna vertikala omblandningen. De enda vertikala rörelser som finns i en istäckt bassäng uppstår då vatten strömmar in från en närliggande bassäng.

Formuleringen av det horisontella utbytet över sunden mellan bassängerna är förenklat och styrs enbart av tryckskillnaden över sundet, se Stigebrandt 1990. Det innebär att flödet drivs av både täthetsskillnaden och vattenståndsskillnaden över sundet.

Förutom den fysikaliska beskrivningen av en havsbassäng består kustzonsmodellen av en biogeokemisk modell SCOBI (= Swedish COastal BIOgeochemical model). För att beskriva kväve och fosforflöden inom det marina systemet har SCOBI implementerats med 9 stycken variabler, nitrat, ammonium, fosfat, syrgas, växtplankton, djurplankton, pelagisk detritus samt kväve och fosfor i bentisk detritus. I modellberäkningarna definieras totalkväve och totalfosfor som summan av det lösta oorganiska kvävet (DIN) och fosfor (DIP) och det partikulära organiska kvävet och fosfor samt det lösta organiska kvävet, DON, organisk fosfor (DOP) samt partikulär oorganisk fosfor, PIP. DON, DOP och PIP ingår inte i det biologiska kretsloppet utan hanteras enbart som passiva ämnen i modellen.

Mycket kortfattat beskrivs här de biogeokemiska processer och några definitioner som ingår i SCOBI. En fullständig beskrivning av SCOBI ges av Marmefelt (Marmefelt 2000).

Atmosfärsutbyte: Syrgas kan flöda i båda riktningar mellan vatten och atmosfär.

Assimilering: Växtplankton tillväxer genom att ta upp (assimilera) kväve och fosfor.

Bentos: I modellen syftar bentos på det lager av organiskt material som finns på botten.

Betning: Djurplankton äter växtplankton.

Denitrifikation: Sönderfall av oxiderat kväve till kvävgas som återgår till atmosfären.

Exkretion: Utsöndring av överskottskväve.

Fekalier: Samma som avföring.

Kvävefixering: Vissa bakterier kan ta upp kväve i form av kvävgas vid ytan.

Mortalitet: Växtplankton dör och sjunker mot botten.

Remineralisering: Bakterier bryter ned organiskt material i/på sedimenten och återför kväve och fosfor till vattenmassan.

Nedbrytning: Bakterier bryter ned detritus i vattenmassan till oorganiska närsalter.

Nitrifikation: Ammonium oxideras till nitrat.

Predation: Vissa djurplankton äter vissa andra djurplankton.

Sjunkning: Växtplankton och detritus sjunker från ytlagret ned mot botten.

6.2 Drivdata

De meteorologiska drivdata som behövs för beräkning av bassängernas uppvärmning respektive avkylning och vindomblandning är lufttemperatur, vindhastighet, molnighet och relativ fuktighet. Dessa data har extraherats från de två synoptiska observationsstationerna Norrköping och Harstena. Data är upplagda var 3:e timma från 1984 till 1998. Samtliga bassängerna drivs med medelvärdesbildade data från båda stationerna. Vattenståndsdata som behövs vid beräkning av flödet mellan bassängerna är i form av dygnsmedelvärden och tas från mätstationen Marviken.

Sötvattentillrinningen, som beskrivs i figur 3, är en blandning mellan mätta och beräknade data. Mätdata finns för vattendragen Motala Ström och Söderköpingsån samt punktutsläppen från Bravikens pappersbruk och Slottshagens avloppsreningsverk. Övrig tillrinning till bassängerna består av s.k. diffus tillrinning från land, se figur 3. Avrinningen från dessa områden har antagits vara areellt proportionell mot avrinningen i mätstationen Hälla i Hällaån. Dessa data, förutom från punktkällorna, ligger upplagda som dygnsmedelvärden för hela perioden 1985 – 1998. För punktkällorna finns endast årsmedelvärden på tillrinningen.

Tillförseln av totalkväve, totalfosfor och de oorganiska kväve- och fosforfraktionerna, som utgör indata till SCOB1, har beräknats som produkten av uppmätt eller beräknad dygnsvattenföring och uppmätt, beräknad eller antagen kväve- respektive fosforhalt. För mätstationerna i Motala Ström och Söderköpingsån beräknades dygnsvisa halter för perioden 1985-1998 har genom linjär interpolering mellan mättillfällena.

I Söderköpingsån saknas mätningar av oorganiska fraktioner under vissa perioder. Mätserier har då konstruerats med hjälp av regressionsanalys (samband mellan totalhalter och oorganiska fraktioner) eller medelvärdesbildning (antagande att halten under en viss period varit representativ för den period där data saknas).

I tillrinningen från områden med mindre vattendrag än Söderköpingsån har genomsnittliga fosfor- och kvävehalter ansatts med hjälp av en mycket enkel modell som baseras på befintlig kunskap om andel skog, sjö, övrig mark och tätort i de olika delavrinningsområdena och på resultat från vattenkemiska analyser på prov tagna i bäckar och vattendrag i området. Delavrinningsområdena har indelats i sex olika typer av områden baserat på dominerande markanvändning. För varje typ av område har antagits en viss genomsnittliga halt i avrinningen. Avrinningen från skogsdominerade områden har antagits ha de lägsta halterna av kväve och fosfor (0,02 mg totalfosfor/l och 0,5 mg totalkväve/l) och områden med huvudsakligen åker erhållit de högsta halterna (0,2 mg totalfosfor/l och 3,5 mg totalkväve/l).

Förutom utbytet mellan bassängerna och tillrinningen från land behövs utbyte mellan de yttre bassängerna B1, B2 och utsjön. Grundidéen med SMHIs kustzonsmodellering är att den ska kunna kopplas till PROBE Baltic modellen som beskriver förhållandena i havsbassängerna från Skagerrak upp till Bottenviken. PROBE Baltic ska ge kustzonsmodellerna korrekta utsjödata som randdata. Problemet är att kvalitén på de biogeokemiska variablerna inte är tillräckligt bra i dagsläget. Därför används istället mätstationen vid Landsortsdjupet, BY31, som randdata till kustzonsmodellen för Östergötland. Dessa data ligger upplagda med tidsintervallet en till två gånger per månad. Arbete pågår dock med att förbättra i första hand biogeokemin i PROBE Baltic. När kvalitén höjts kommer kustzonsmodellen att kopplas till PROBE Baltic.

Atmosfärsdepositionen av kväve har beräknats med SMHIs kemiska transportmodell MATCH. Depositionsberäkningar finns endast för ett antal år på 90-talet. För att täcka hela beräkningsperioden 1985-1998, får depositionsdata från året 1997 antas gälla under hela perioden. Storleken på kvävedepositionen över Östergötlands skärgård ligger inom intervallet 30 – 40 kg/km²*månad. Depositionen av totalfosfor har tagits från Areskog (1993) och antas vara konstant med värdet 0,5 kg/km²*månad. Med dessa siffror blir tillskottet från atmosfären vad gäller totalkväve i samma storleksordning som den diffusa tillrinningen och för totalfosfor är atmosfärstillskottet ungefär en storleksordning mindre.

6.3 Utdata

Utdata från kustzonsmodellen är vertikala profiler av variablerna temperatur, salt, zooplankton, växtplankton, detritus, kväve i bentos, ammonium, nitrat, fosfor i bentos, fosfat och syre samt totalkväve och totalfosfor. Dessutom beräknas isläggning / istillväxt och islossning utifrån vattenytans temperatur och det meteorologiska läget. Slutligen beräknas också de horisontella flödena mellan bassängerna. En fullständig beräkning i alla bassänger för perioden 1985 tom 1998 tar ca 10 tim på en modern PC.

7. Validering

Kustzonsmodellen har körts för perioden 1985-01-01 tom 1998-12-31 utan någon form av justering eller uppdatering. Beräkningarna har jämförts med mätresultat från de 7 recipientkontrollstationerna GB11, GB20, GB16, No01, Sö06, Sö13 och Sö14 (se figur 6). De variabler som jämförs är temperatur, salthalt, syrgas, totalkväve och totalfosfor. Tyvärr innehåller mätdata endast yt- och bottenvärden där djupet för bottenvärdet kan variera från ett måttillfälle till ett annat. Valideringsperioden är 1992 t.o.m. 1998 p.g.a. att mätningar av salthalten startade först 1992. Resultaten redovisas nedan station för station som tidsseriediagram.

7.1 Inre Bråviken.

Det finns två mätstationer i inre Bråviken, GB11 och GB20. Maxdjupet vid stationerna är ca 10 m respektive 16 m medan maxdjupet i är 28 m. Detta område har störst sötvattenstillrinning av alla bassänger genom att Motala ström och Pjältån rinner ut här tillsammans med en relativt stor diffus tillrinning. En stor sötvattentillrinning påverkar både dynamiken och biogeokemin i bassängen. Resultatet från beräkningar och mätningar från båda stationerna visas i figurerna 7 och 8. Eftersom mätstationen GB20 ligger mer centralt placerad i bassängen antas den vara den mest representativa stationen för förhållandena i bassängen.

Temperatur: Yt- och bottenvattentemperaturen beskrivs väl av modellen vilket innebär att värmeflödena vid ytan och de vertikala och horisontella utbytet modelleras korrekt.

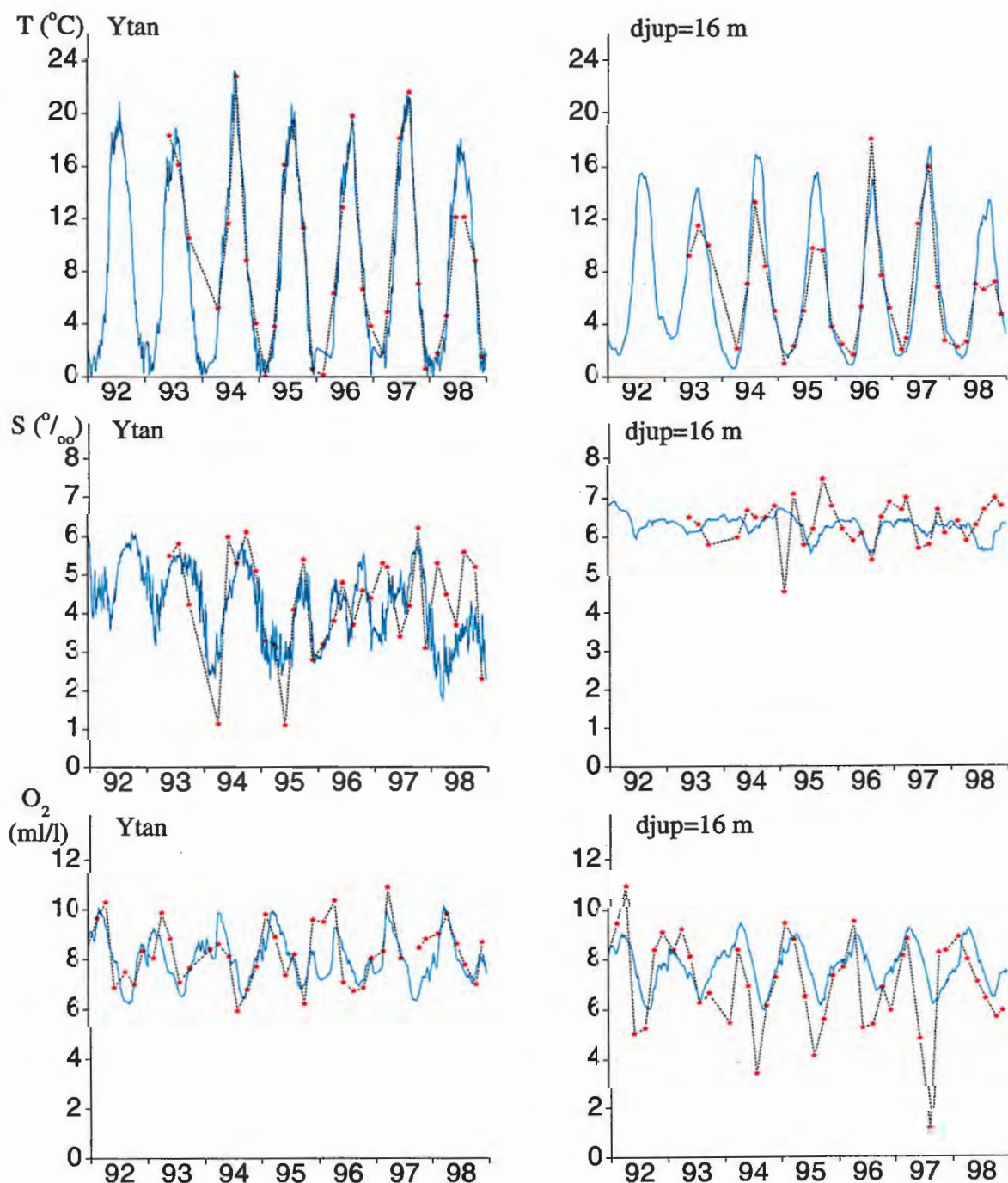
Salt: Den beräknade och mätta ytsalthalten varierar mycket under året beroende på stora variationer i tillrinningen från Motala Ström. En stor tillrinning gör att ytsalthalten sjunker vilket i sin tur medför att flödet av salt från mellersta Bråviken ökar. På så sätt pendlar ytsalthalten runt ett medelvärde på ca 4 psu. I bottenvattnet varierar salthalten i mätningarna något mer än i beräkningarna. Både mätningar och beräkningar ligger dock på samma medelvärde.

Syre: Vad gäller syreförhållandena visar ytvärdena en god överensstämmelse med mätningarna. Den typiska årstidsvariationen finns i både mätningar och beräkningar. Däremot når mätningarna vid botten mycket lägre nivåer på höstarna än beräkningarna. Det beror troligen på att i verkligheten är den biologiska nedbrytningen större än den beräknade. Vilket i sin tur kan bero på att den biologiska produktionen är för liten i modellen.

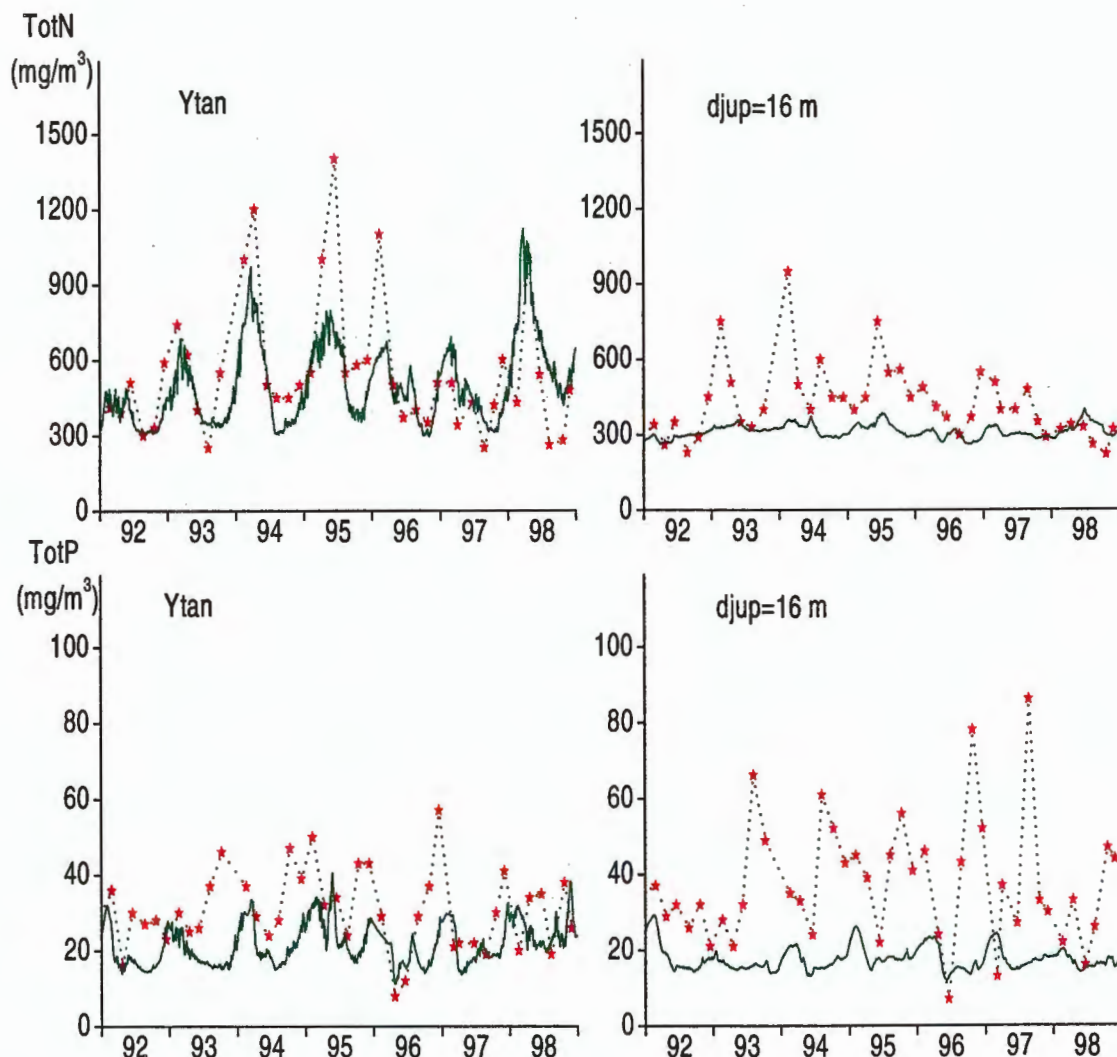
Totalkväve: Beräkningar och mätningar i ytvattnet visar på samma årstidsvariation och data ligger på samma nivåer under hela perioden bortsett från de mätta toppvärdena åren 1994, 1995 och 1996. I bottenvattnet är variationerna mindre i de beräknade data jämfört med mätta data. Dessutom ligger de beräknade värdena lite för lågt.

Totalfosfor: I både beräkningarna och mätningar syns en tydlig årstidsvariation i ytan med höga värden under vintern och låga under sommaren vilket beror på den biologiska produktionen. De beräknade värdena ligger lägre än mätningarna. Fosforhalten i beräkningarna varierar i ytvattnet mellan 10 – 40 mg/m³ medan mätningarna varierar mellan 10 – 60 mg/m³.

varierar i ytvattnet mellan 10 – 40 mg/m^3 medan mätningarna varierar mellan 10 – 60 mg/m^3 . I bottenvattnet är variationerna mycket mindre i de beräknade data jämfört med mätta data. Dessutom ligger de beräknade värdena för lågt. Var kommer fosfor ifrån? Sker mätningarna för nära botten eller läcker botten i stora mängder fosfor trots att förhållandena är oxiska?



Figur 7. Figuren visar resultatet från mätningarna vid stationen GB20 (röda stjärnor) och från beräkningar i inre Bråviken (blå linje) av variablerna vattentemperatur(T), salt(S) och syre(O₂) vid ytan respektive botten (= 16 m).



Figur 8. Figuren visar resultatet från mätningarna vid stationen GB20 (röda stjärnor) och från beräkningar i inre Bråviken (grön linje) av variablerna totalkväve (TotN) och totalfosfor (TotP) vid ytan respektive botten (= 16 m).

7.2 Yttre Bråviken.

Mätstationen GB16 ligger i området mellan yttre Bråviken (B03) och Bråvikens mynningsområde (B01). Med tanke på att förhållandena vid mätstationen mest liknar yttre Bråviken väljs beräkningsdata från denna bassäng för valideringen. Maxdjupet vid mätstationen är ca 28 m medan bassängsdjupet i B03 är 44 m. Området har endast en liten diffus tillrinning från land. Resultatet från beräkningar och mätningar visas i figurerna 9 och 10.

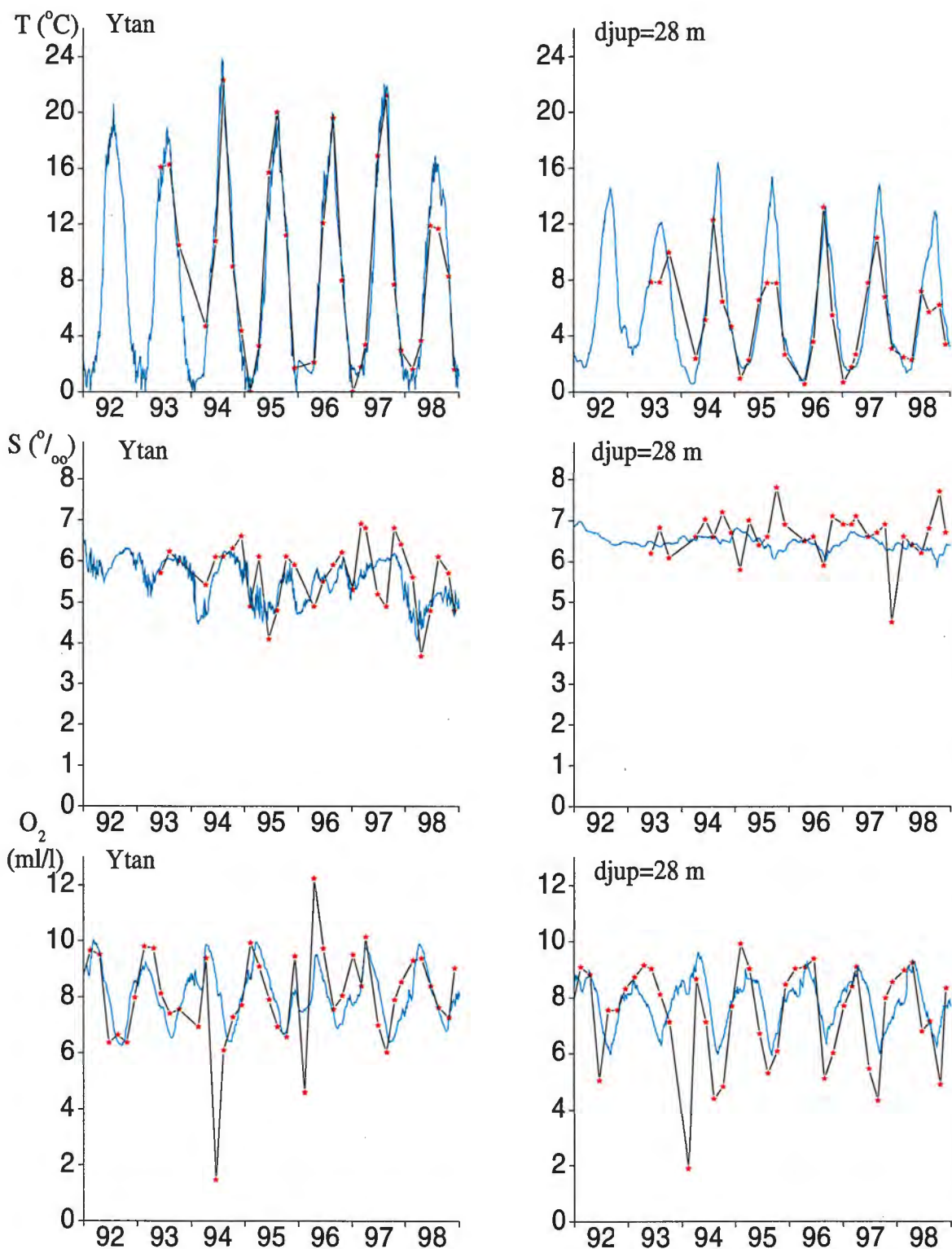
Temperatur: Yt- och bottenvattentemperaturen beskrivs väl av modellen.

Salt: Ytsalthalten beskrivs bra i modellen med en tydlig årstidsvariation och att de beräknade värdena ligger inom rätt intervall. Variationerna beror på en kombination av vattenutbytet med mellersta Bråviken som sänker salthalten och vattenutbytet med Bråvikens mynningsområde som ökar salthalten. I bottenvattnet däremot saknar den beräknade salthalten helt den dynamik som finns i mätningarna. Beräknade bottensalthalter beskriver dock i medeltal mätningarna bra bortsett från en troligen felaktig mätning i slutet av 1997 på 4,5 psu!

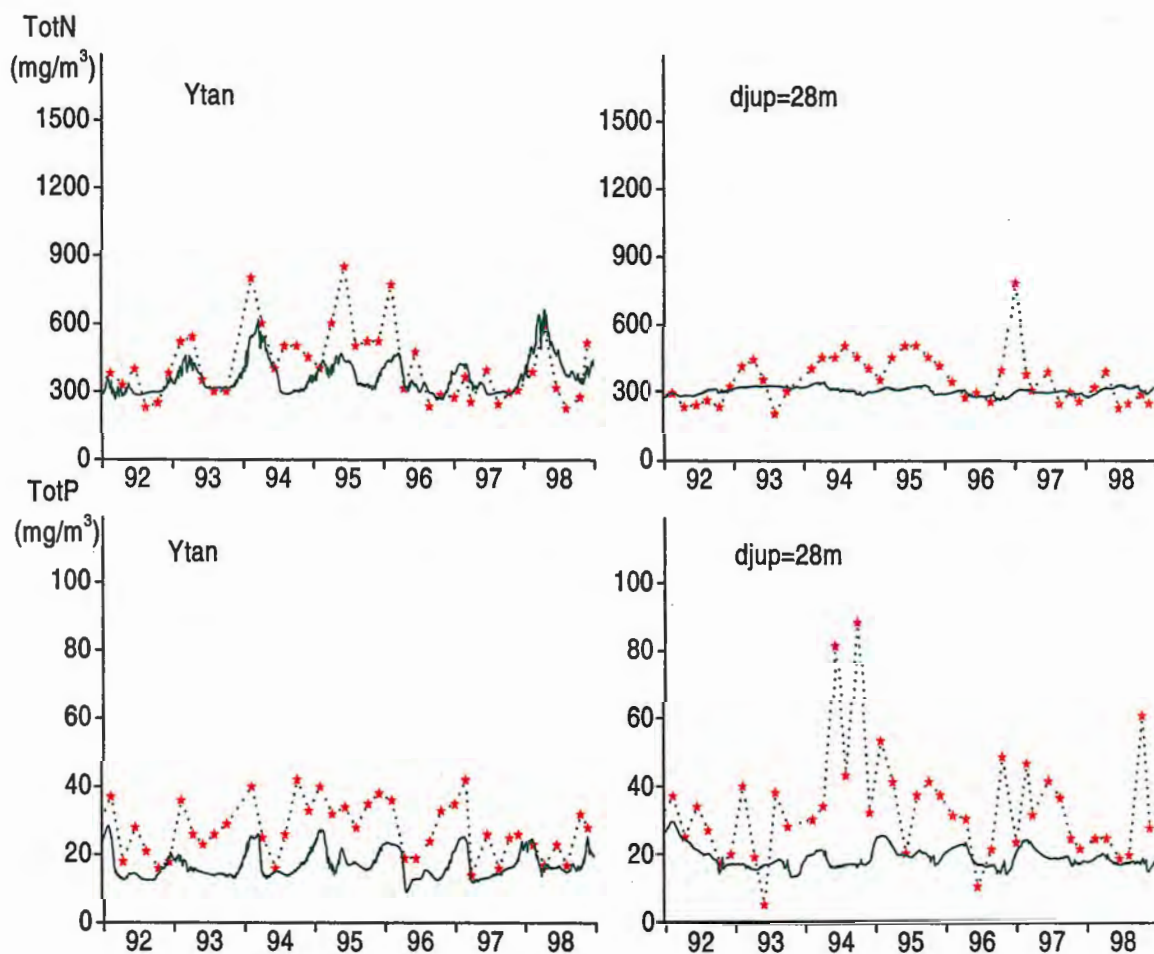
Syre: Beräknade ytvärden uppvisar en god överensstämmelse med mätningarna förutom vid två mättillfällen. Det första tillfället är sommaren 1994 då mätningen visar mindre än 2 ml/l samt värdet på våren 1996 med värden på större än 12 ml/l. Båda värdena är orealistiska. Förhållandena i bottenvattnet uppvisar samma mönster som i inre Bråviken med lägre nivåer på de mätta data under höstarna.

Totalkväve: Beräkningarna är i tämligen god överensstämmelse med mätningarna bortsett från de tre mätta toppvärdena åren 1994, 1995 och 1996. I bottenvattnet saknar beräkningarna den dynamik som finns i mätningarna. Medelförhållandena beskrivs trots detta bra av modellen.

Totalfosfor: I både beräkningarna och mätningar syns en tydlig årstidsvariation i ytan med höga värden under vintern och låga under sommaren vilket beror på den biologiska produktionen. De beräknade värdena ligger lägre än mätningarna. Fosforhalten i beräkningarna varierar i ytvattnet mellan 10 – 30 mg/m³ medan mätningarna varierar mellan 20 – 50 mg/m³. I bottenvattnet är variationerna mycket mindre i de beräknade data jämfört med mätta data. Dessutom ligger de beräknade värdena för lågt. Var kommer fosfor ifrån? Sker mätningarna för nära botten eller läcker botten i stora mängder fosfor trots att förhållandena är oxiska?



Figur 9. Figuren visar resultatet från mätningarna vid stationen GB16 (röda stjärnor) och från beräkningar i yttre Bråviken (blå linje) av variablerna vattentemperatur (T), salt (S) och syre (O_2) vid ytan respektive botten (= 28 m).



Figur 10. Figuren visar resultatet från mätningarna vid stationen GB16 (röda stjärnor) och från beräkningar i yttre Bråviken (grön linje) av variablerna totalkväve (TotN) och totalfosfor (TotP) vid ytan respektive botten (= 28 m).

7.3 Arkösund.

Mätstationen benämns No01 och ligger på randen mellan bassängerna Arkösund (B10) och Arköfjärden (B08). Eftersom den mätta ytsalhalten uppvisar tämligen stora variationer som beror på att lågsalint vatten från Bråviken når området via Bosöfjärden. Troligen är därmed Arkösund mer representativ för mätstationen No01 än vad Arköfjärden är. Maxdjupet vid mätstationen är 29 m medan modellens bassängsdjup i Arkösund är endast 15 m! Troligen sker mätningen i ett område med en begränsad djuphåla där dess djupdata inte finns markerat på sjökortet och därmed inte finns i Arkösunds hypsografiska kurva. Det blir därmed problem vid jämförelsen mellan de olika variablerna vid botten.

Resultatet från beräkningar och mätningar visas i figurerna 11 och 12.

Temperatur: Ytemperaturen beskrivs väl av modellen medan den beräknade sommartemperaturen vid botten är för varm. Beror detta troligen på att mätningarna sker i en mindre avgränsad djuphåla.

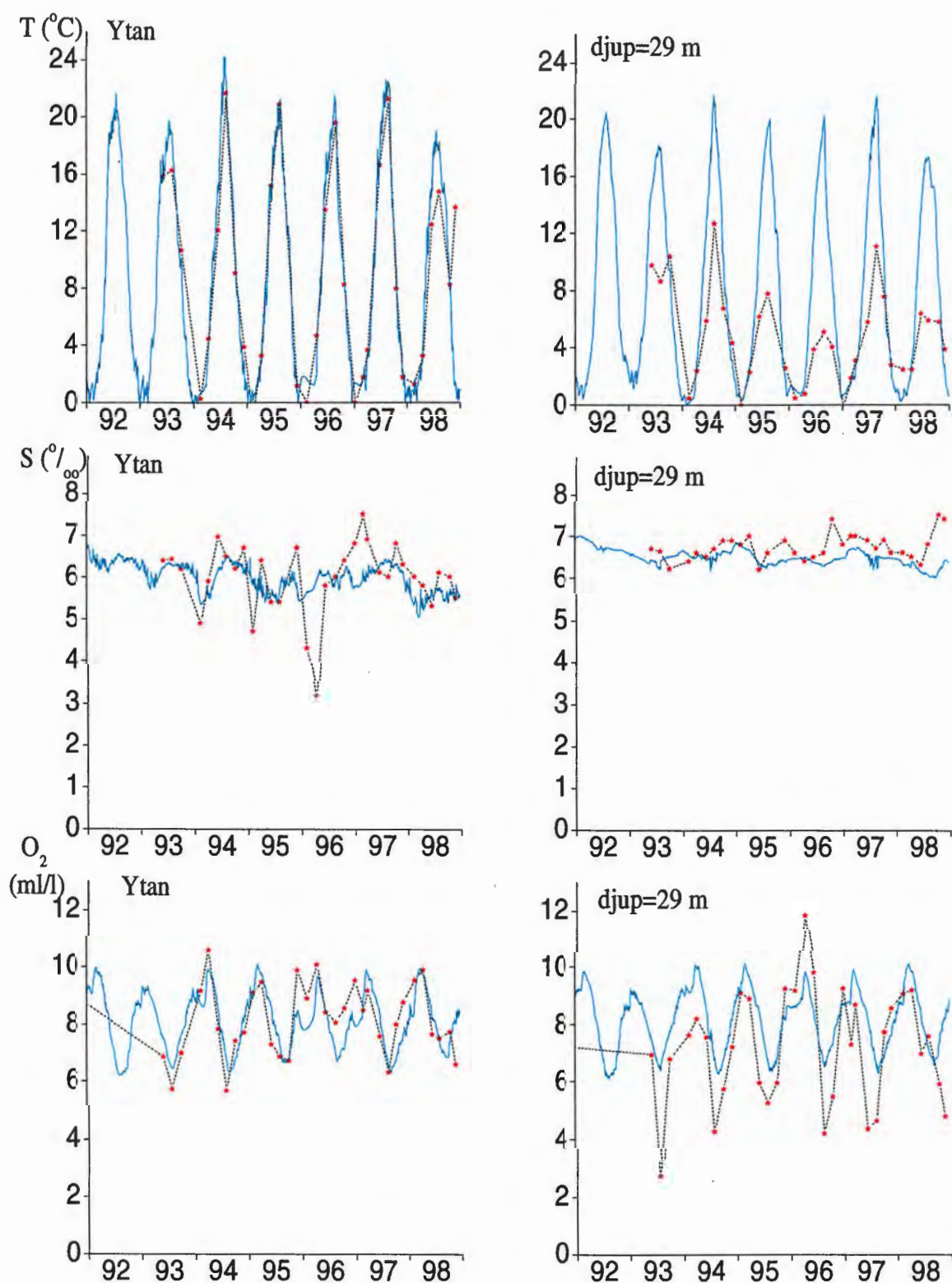
Salt: Den mätta och beräknade ytsalthalten varierar på samma sätt bortsett från de låga värdena 1996 och de höga 1997. Så höga värden som 7,5 finns inte ens i utsjöns ytlager, vilket är det vatten som påverkar kustzonen! Det kan givetvis vara fråga om uppvällt vatten från utsjön som kommit in i kustzonen. Vatten som inte har fångats av mätningarna i BY31 eftersom mätstationen ligger för långt ut till havs. Ytans lägsta värde på 3,5 promille är väl lågt i ett område som saknar större tillrinning. Variationerna beror på en kombination av vattenutbytet med Bosöfjärden som sänker salthalten och vattenutbytet med Arköfjärden som höjer salthalten. I bottenvattnet beskrivs mätningarna bra av modellen.

Vad som är intressant är att beräkningarna visar att salthalterna i ytan och botten minskar med tiden. Detta är en spegling av vad som sker ut i själva Östersjön där ytsalthalten under perioden 1992 – 1998 minskat med ca 0,3 promille.

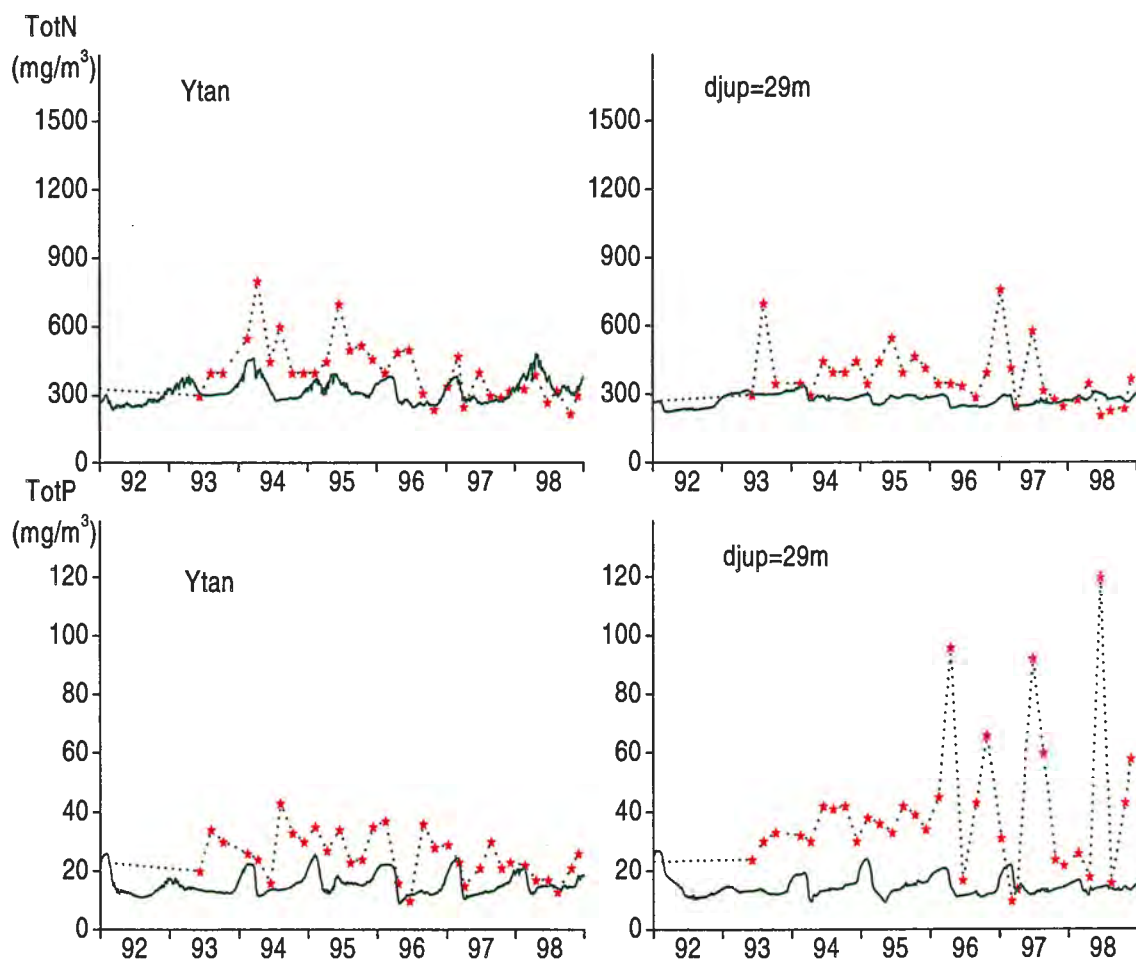
Syre: Vad gäller syreförhållandena visar ytvärdena en god överensstämmelse med mätningarna. Däremot når de mätta data vid botten lägre nivåer än de beräknade. Detta kan bero på att mätdjupet är större än vad som ges av bassängens hypsografiska kurva eller som nämnts förut att den biologiska produktionen och därmed nedbrytningen är för liten i modellen.

Totalkväve: Beräkningarna ligger lägre än mätningarna i både ytvattnet och bottenvattnet speciellt åren 1994 och 1995.

Totalfosfor: De beräknade värdena i både ytvattnet och bottenvattnet ligger som vid de andra stationerna lägre än mätningarna. I bottenvattnet är variationerna dessutom betydligt större i mätningarna jämfört med beräkningarna. Speciellt mätningen 1993 på 300 mg/m^3 i bottenvattnet är troligen inte representativ för hela bottenlagret. Antingen sker mätningen i en isolerad djuphåla eller så har mätningen rivet upp bottensediment och gjort att mätningen inte representerar vattenmassan. Var kommer fosfor ifrån i bottenvattnet? Sker mätningarna för nära botten eller läcker botten stora mängder fosfor trots att förhållandena är oxiska?



Figur 11. Figuren visar resultatet från mätningarna vid stationen No01 (röda stjärnor) och från beräkningar i Arkösund (blå linje) av variablerna vattentemperatur (T), salt (S) och syre (O₂) vid ytan respektive botten (= 29 m).



Figur 12. Figuren visar resultatet från mätningarna vid stationen No01 (röda stjärnor) och från beräkningar i Arkösund (grön linje) av variablerna totalkväve (TotN) och totalfosfor (TotP) vid ytan respektive botten (= 29 m).

7.4 Inre Slätbaken.

Mätstationen i inre Slätbaken benämns Sö06. Maxdjupet vid stationen är ca 40 m medan bassängsdjupet i B16 är 48 m. Område har en relativt stor tillrinning från Söderköpingsån med stor säsongsvariation. Resultatet från beräkningarna och mätningar visas i figurerna 13 och 14.

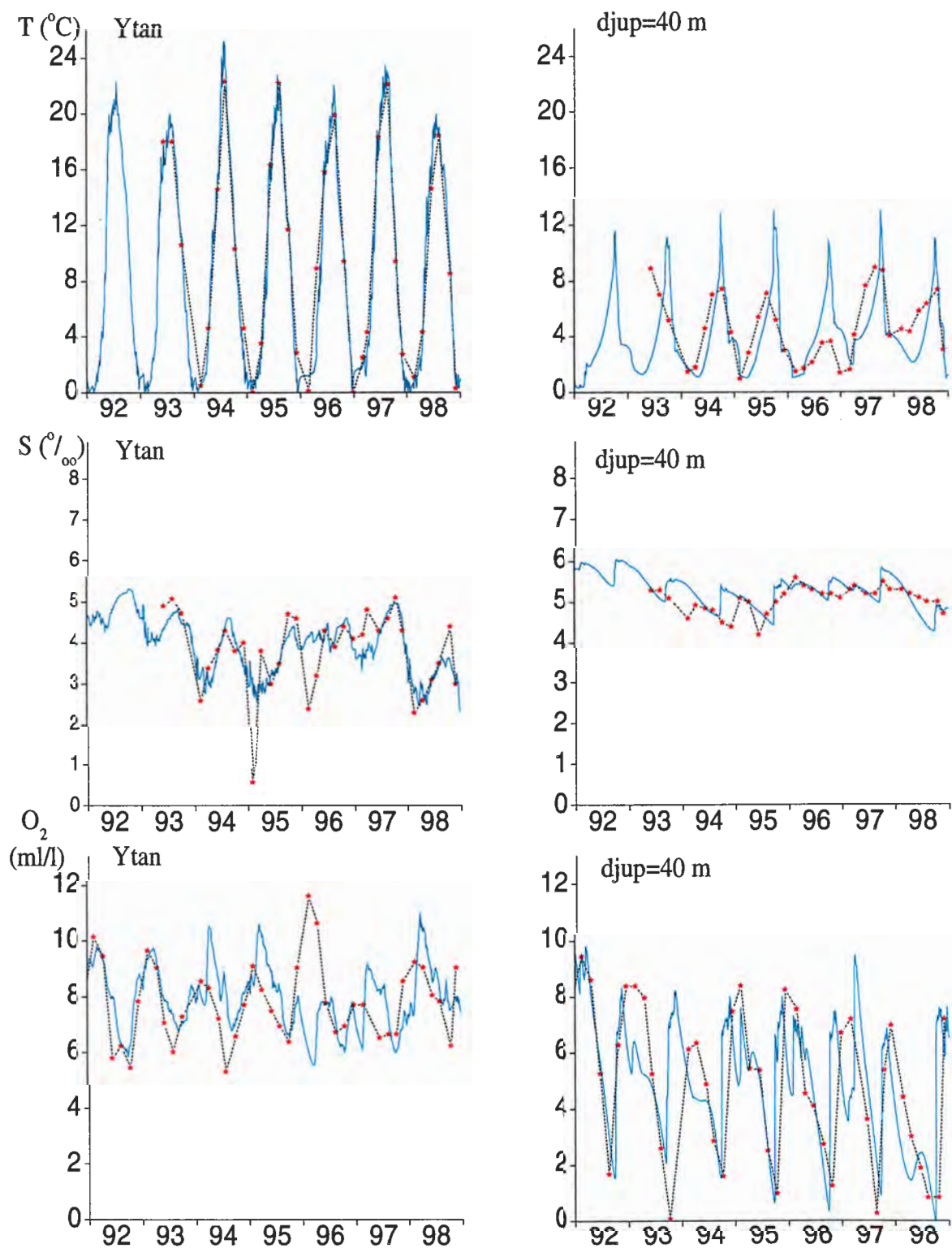
Temperatur: Ytemperaturen beskrivs väl av modellen. I bottenvattnet når den beräknade temperaturen under en kort tid maxvärdet 12 grader vilket sker i samband med höstinflödet från Merumsfjärden, medan de mätta maxtemperaturerna endast når ca 8 grader. Skillnaden beror på att det inströmmande salta vattnet från Merumsfjärden är för varmt och inte blandas tillräckligt med omgivande vatten under sin väg mot botten i inre Slätbaken.

Salt: Den beräknade ytsalthalten varierar mycket i tiden och överensstämmer bra med mätdata. De stora variationerna beror på att tillrinningen från Söderköpingsån fluktuerar under året. Vad gäller bottensalthalten överensstämmer också mätningar och beräkningar bra. Variationerna i den beräknade bottensalthalten har en period på 1 år. Ökningen i salthalten sker varje höst i och med att en ökning av ytlagrets salthalt i Merumsfjärden ger ett tyngre vatten som flödar in i inre Slätbaken och där når bottenlagret. Denna årsvisa variation syns dock inte i mätningarna.

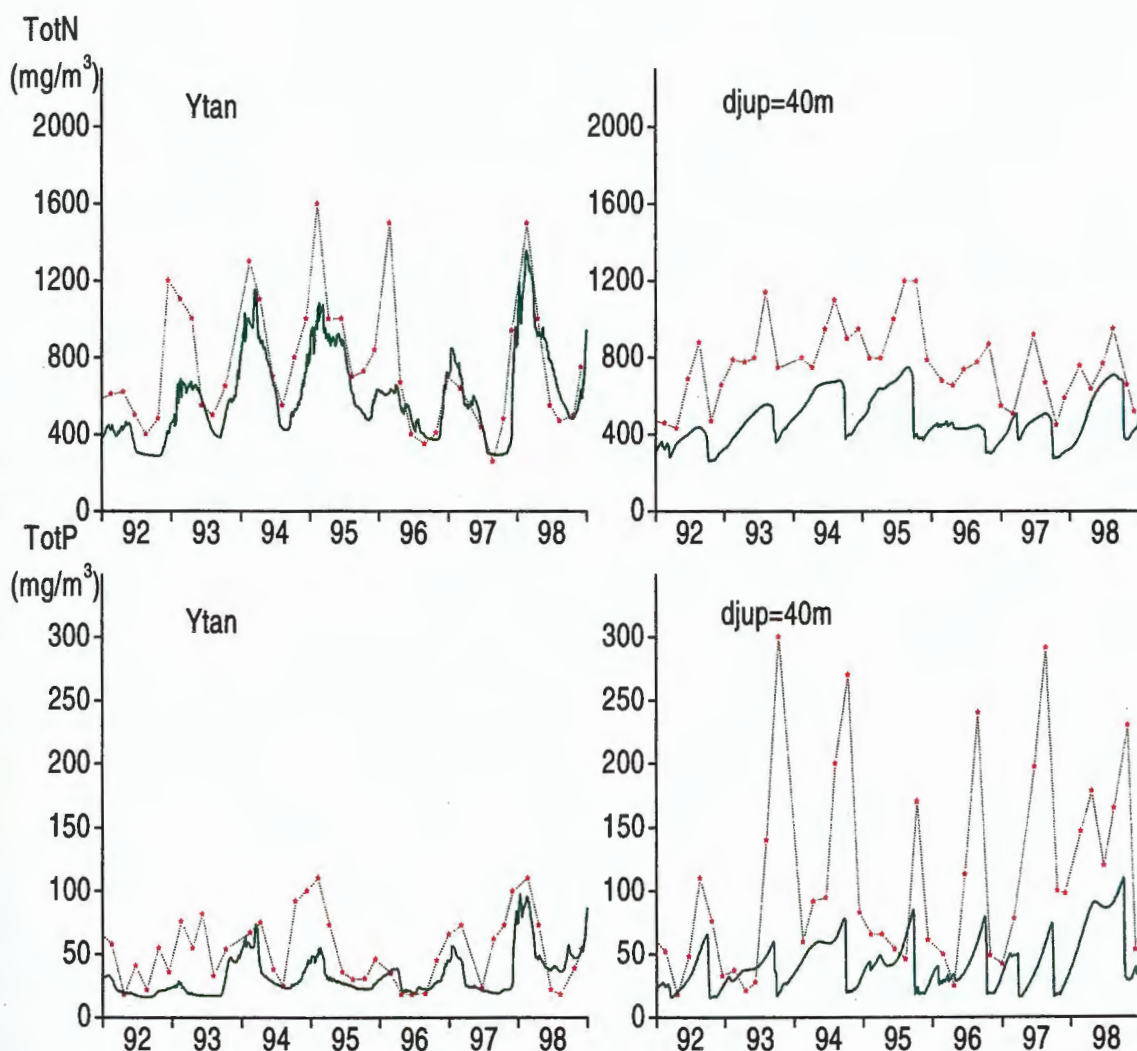
Syre: Den överensstämmelse som råder vid de övriga mätstationerna mellan beräknade och mätta ytvärden av syre saknas här! Ibland ligger mätningar och beräkningar i fas med varandra och ibland helt ur fas. Vad detta beror på bör undersökas vidare. I bottenvattnet däremot överensstämmer beräkningar och mätningar tämligen bra. På grund av den långa modellerade omsättningstiden (ca 100 dagar) hinner nedbrytningen av organiskt material bli så stor att det avspeglar sig i en tydlig syrgasminskning.

Totalkväve: Beräkningarna är i god överensstämmelse med mätningarna i ytvattnet bortsett från de två topparna som mättes vintrarna 1995 och 1996. I bottenvattnet däremot ligger beräkningarna för lågt. Det beräknade totalkvävet vid botten skulle behövas ökas med ca 50 % för att väl beskriva mätningarna. Vad som trots detta är glädjande är att årstidsvariationen i beräkningarna som beror på den speciella dynamiken med inflöden från Merumsfjärden under höstarna bekräftas därmed av mätningarna.

Totalfosfor: De beräknade ytfosforhalterna överensstämmer tämligen bra med mätningarna både vad gäller årstidsvariationen och absolutvärden. Även vid botten finns årstidsvariationen i både mätningar och beräkningar. Mätningarna uppvisar dock mycket större variationer i tiden, mellan 20 – 300 mg/m³, medan beräkningarna endast varierar mellan 20 – 100 mg/m³.



Figur 13. Figuren visar resultatet från mätningarna vid stationen Sö06 (röda stjärnor) och från beräkningar i inre Slätbaken (blå linje) av variablerna vattentemperatur (T), salt (S) och syre (O₂) vid ytan respektive botten (= 40 m).



Figur 14. Figuren visar resultatet från mätningarna vid stationen Sö06 (röda stjärnor) och från beräkningar i inre Slätbaken (grön linje) av variablerna totalkväve (TotN) och totalfosfor (TotP) vid ytan respektive botten (= 40 m).

7.5 Trännöfjärden.

Mätstationen i Trännöfjärden som benämns Sö13 ligger i den södra delen av fjärden. Maxdjupet vid stationen är 18 m vilket också är djupet i bassängen B14. Resultaten visas i figurerna 15 och 16.

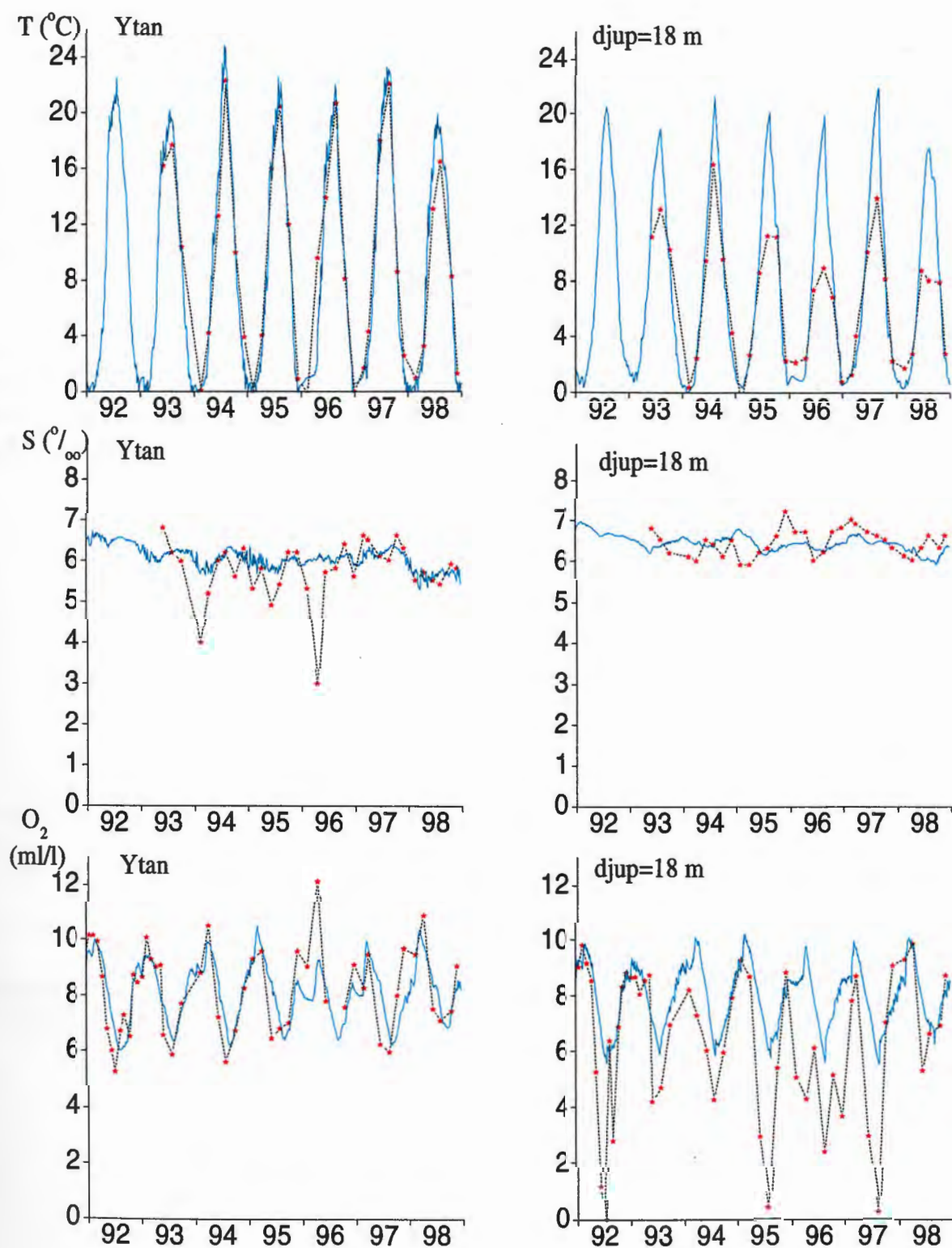
Temperatur: Yttemperaturen beskrivs väl i modellen medan den beräknade sommarbottentemperaturen är för hög vilket tyder på att den vertikala omblandningen är för hög eller att det horisontella utbytet med Rimmöfjärden är för stor.

Salt: Den beräknade ytsalthalten varierar tämligen lite runt värdet 6 psu medan mätningarna varierar betydligt mer. Två av mätningarna uppvisar mycket låga värden. Det första på vintern 1994 på ca 4 promille och det andra vintern 1996 på ca 3 promille. Under dessa två vintrar var området islagt och ytvattnet var skyddat från vindomblandning. Därmed fanns förutsättningen att ett tunt lågsalint vatten kunde existera strax under istäcket något som dock inte syns i beräkningarna. Vid botten däremot är överensstämmelsen bra mellan mätningar och beräkningar. Som nämnts tidigare speglar beräkningsresultaten och mätningarna även här Östersjöns minskade ytsalthalt.

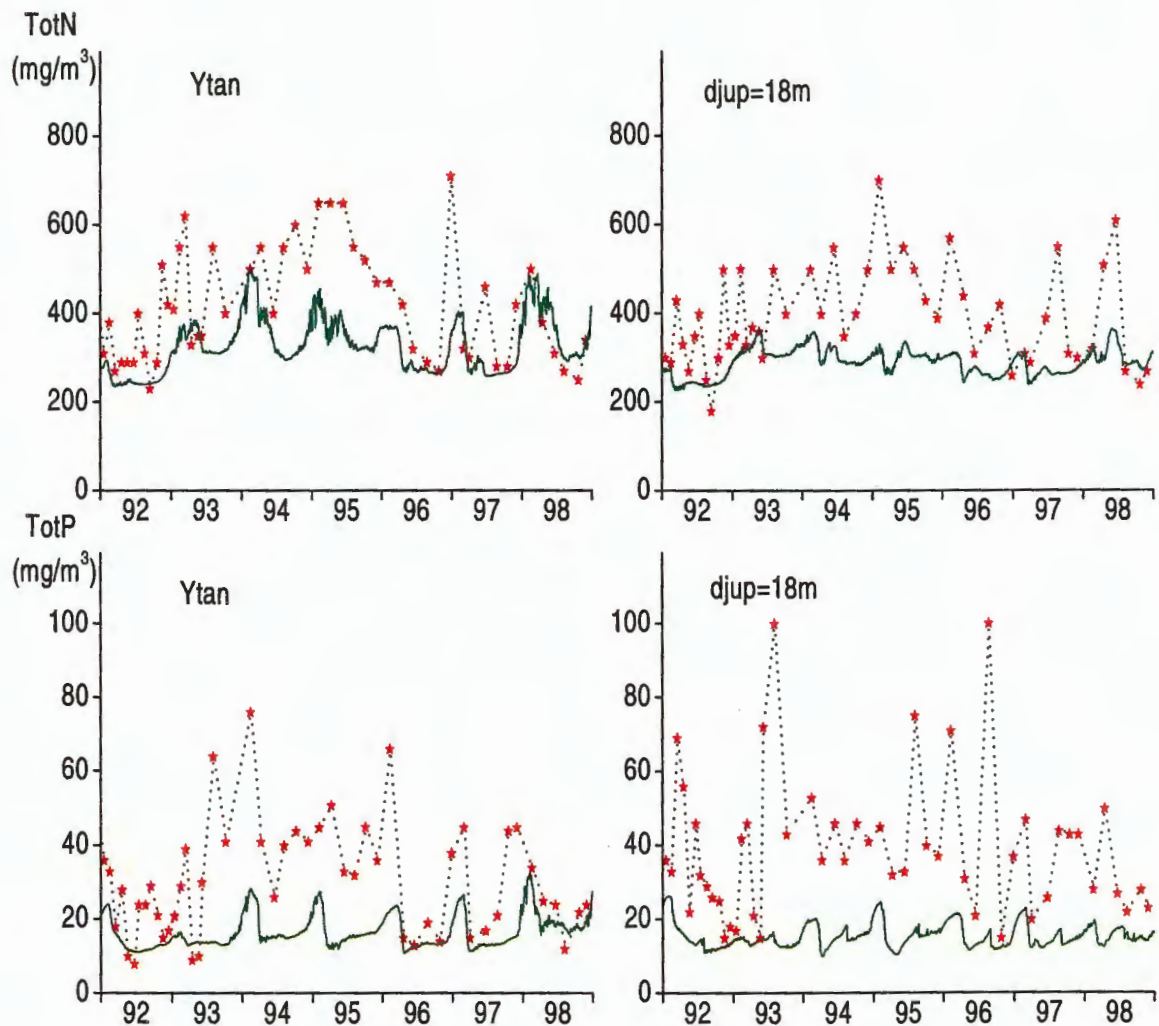
Syre: De beräknade ytvärdena av syrgashalten visar en god överensstämmelse med mätningarna förutom ett orimligt högt värde vintern 1996. Däremot når mätningarna vid botten mycket lägre syrenivåer än de beräknade vilket indikerar att det beräknade horisontella flödet från Rimmöfjärden är för stort eller att mätningarna sker i en isolerad djuphåla med dåligt vattenutbyte med omgivningen.

Totalkväve: Årstidsvariationen finns i både beräkningarna och mätningarna. Beräkningarna ligger dock på en för låg nivå med för små variationer. Samma sak gäller i bottenvattnet att den beräknade nivån ligger för lågt.

Totalfosfor: Här saknas överensstämmelse mellan mätningar och beräkningar vid både ytan och botten. De beräknade värdena är för låga i ytvattnet och alldeles för låga i bottenvattnet.



Figur 15. Figuren visar resultatet från mätningarna vid stationen Sö13 (röda stjärnor) och från beräkningar i Trännöfjärden (blå linje) av variablerna vattentemperatur (T), salt (S) och syre (O₂) vid ytan respektive botten (= 18 m).



Figur 16. Figuren visar resultatet från mätningarna vid stationen Sö13 (röda stjärnor) och från beräkningar i Trännöfjärden (grön linje) av variablerna totalkväve (TotN) och totalfosfor (TotP) vid ytan respektive botten (= 18 m).

7.6 Kärrfjärden.

Mätstationen i Kärrfjärden benämns Sö14 och ligger centralt belägen i bassängen. Maxdjupet vid mätstationen är ca 20 m medan maximala bassängsdjupet i Kärrfjärden är 25 m. Resultatet från beräkningarna och mätningar visas i figurerna 17 och 18.

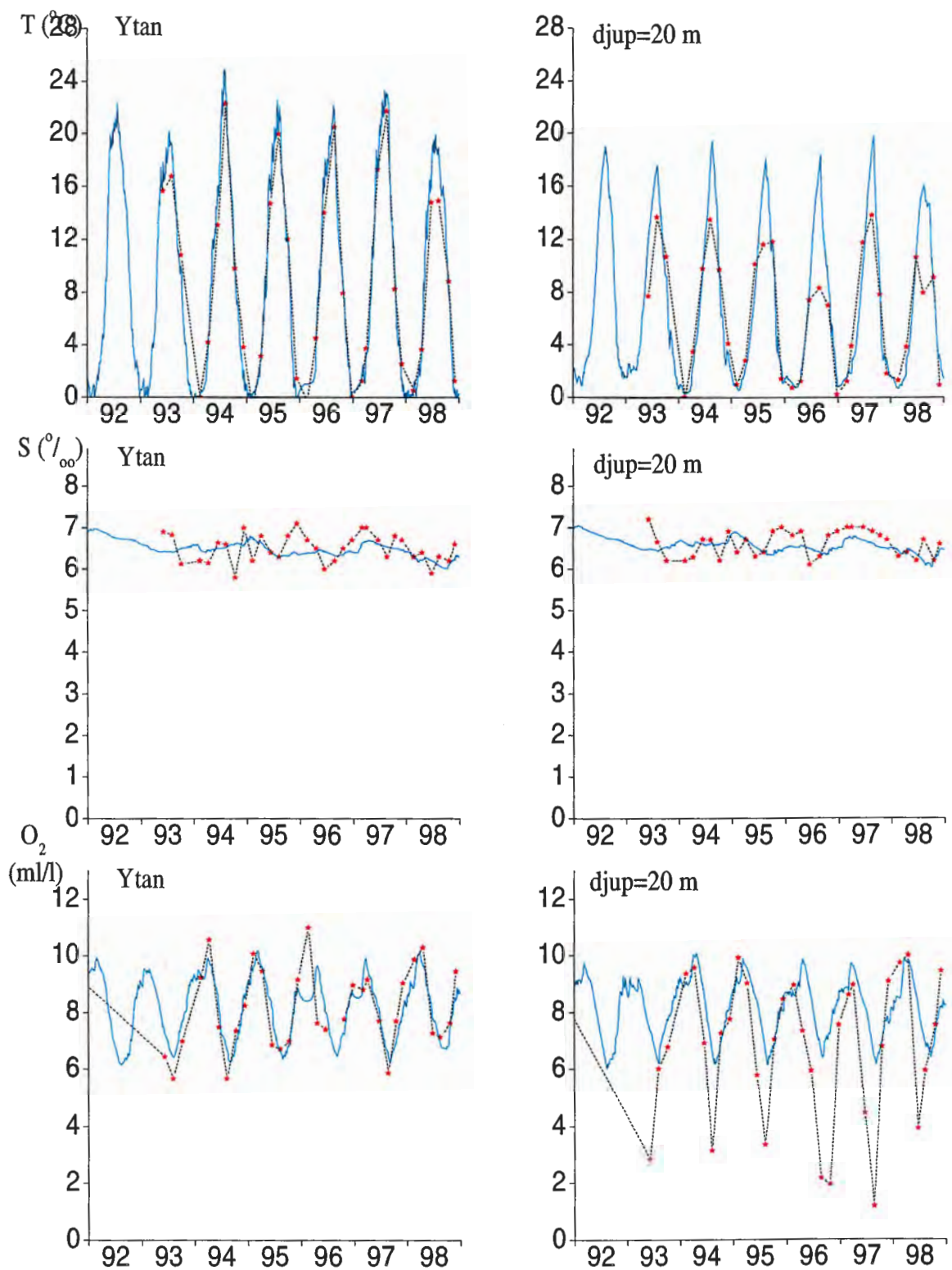
Temperatur: Ytemperaturen beskrivs väl i modellen medan den beräknade bottentemperaturen är för hög sommartid vilket tyder på att den vertikala omblandningen är för hög eller att utbytet med St. Annas yttre skärgård är för stor.

Salt: Beräknade yt- och bottensalthalter beskriver mätdata bra-

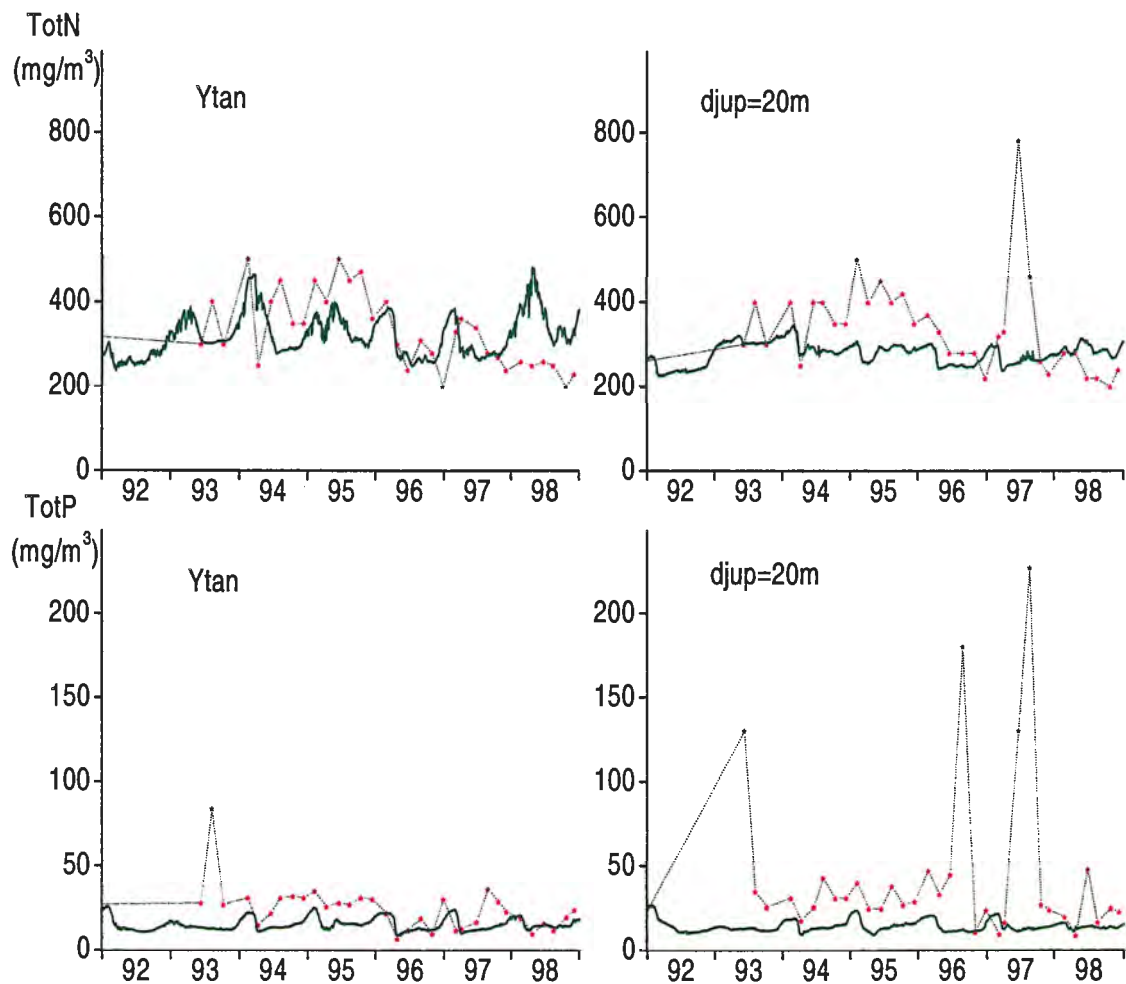
Syre: Vad gäller syreförhållandena visar ytvärdena en god överensstämmelse med mätningarna. Däremot når mätningarna vid botten mycket lägre syrenivåer än de beräknade vilket också indikerar att antingen är vattenutbytet med omgivande bassänger för stort eller att den biologiska produktionen är för låg i modellen. En för låg biologisk produktion medför en för låg nedbrytning på hösten och därmed en för låg syrekonsumtionen.

Totalkväve: Årstidsvariationen finns endast i beräkningarna. Beräkningarna ligger på samma nivå som mätningarna med undantaget för året 1998 då mätningarna ger för höga värden. för små variationer. I bottenvattnet ligger den beräknade nivån för lågt åren 1994 och 1995 och för högt 1998.

Totalfosfor: I ytvattnet är halten av totalfosfor låg i både mätningar och beräkningar och mätningar och beräkningar stämmer tämligen väl överens, medan de mätta värdena i bottenvattnet ofta är betydligt högre än i beräkningarna.



Figur 17. Figuren visar resultatet från mätningarna vid stationen Sö14 (röda stjärnor) och från beräkningar i Kärrfjärden (blå linje) av variablerna vattentemperatur (T), salt (S) och syre (O₂) vid ytan respektive botten (= 20 m).



Figur 18. Figuren visar resultatet från mätningarna vid stationen Sö14 (röda stjärnor) och från beräkningar i Kärrfjärden (grön linje) av variablerna totalkväve (TotN) och totalfosfor (TotP) vid ytan respektive botten (= 20 m).

7.6 Sammanfattning av valideringen

Duger den modellansats som gjorts i denna studie? Kan flödet av olika variabler beskrivas med hjälp av horisontellt kopplade boxmodeller? Kan de horisontella utbytena beskrivas enbart med ett täthetsdrivet och vattenståndsdrevet flöde? På den långa tidsskalan (år) visar de beräknade yt- och bottensalthalterna att mätningarna beskrivs i medeltal på ett bra sätt och att därmed beskrivs troligen hela det vertikala täthetsfältet bra. Tyvärr finns inga jämförande mätningar av hela salt- och temperaturprofiler.

Ett generellt problem vid jämförelsen mellan punktmätningar och beräkningar med en en-dimensionell modell är att mätstationerna inte alltid är representativa för de bassänger de

ligger i. För att vara representativ ska en mätstation ligga där bassängsdjupet är som störst och helst så centralt som möjligt i bassängen! Gäller detta för MSVs mätstationer i Östergötlands norra skärgård? Utav sju mätstationer uppfyller 3 stycken kriteriet ovan tämligen bra, nämligen stationerna GB20, Sö06 och Sö14. De övriga fyra stationerna ligger på för grunt område eller för nära sunden mellan bassängerna, se kartan i figur 6. Vid en kommande översyn av mätstationerna bör en flyttning diskuteras av åtminstone GB11, GB16, No01 och Sö13.

Valideringen kan sammanfattas i tabell 5 genom att subjektivt bedöma hur de beräknade variablerna i samtliga undersökta bassänger förhåller sig till de mätta.

Tabell 5. En subjektiv bedömning av valideringen

Variabel	Djup	Inre Bråviken	Yttre Bråviken	Arkösund	Inre Slätbaken	Trännöfjärden	Kärrfjärden
Temp	ytan	Bra	bra	bra	bra	bra	bra
	botten	något för varm	något för varm	för varm	bra	för varm	något för varm
Salt	ytan	Bra	bra	bra	bra	bra	bra
	botten	Bra	bra	bra	bra	bra	bra
Syre	ytan	Bra	bra	bra	ganska bra	bra	bra
	botten	för höga minvärden	något för höga minvärden	något för höga minvärden	bra	för höga minvärden	för höga minvärden
Totalkväve	ytan	Bra	bra	bra	bra	för låg	bra
	botten	något för låg	bra	något för låg	för låg	för låg	något för låg
Totalfosfor	ytan	något för låg	för låg	något för låg	något för låg	för låg	något för låg
	botten	mycket för låg	för låg	för låg	mycket för låg	mycket för låg	för låg

Enligt valideringen klarar modellen att beskriva hur temperatur, salt, syre och totalkväve varierar i ytlagret med undantag för Trännöfjärden där den beräknade totalkvävemängden är något för liten. När det gäller totalfosforhalterna i ytan är de beräknade värdena för låga i alla bassänger. I bottenvattnet är den beräknade sommartemperaturen för hög i alla bassänger medan den beräknade salthalten är bra i alla bassänger. Den beräknade syrehalten sjunker inte under höstarna till de låga värden som mätningarna visar vilket kan tyda på att det i modellen produceras för lite biologisk material som under höstarna bryts ned i bottenvattnet. Eller så sker mätningarna i isolerade djuphålur med dåligt vattenutbyte med omgivningen. Det som stöder det sista påståendet är att de beräknade syreförhållandena i bottenvattnet i inre Slätbaken överensstämmer bra med mätningarna. Notera att inre Slätbaken har den klart längsta omsättningstiden av alla bassänger, se tabell 2, och att det är därför beräkningar och mätningar stämmer bra överens.

Generellt gäller också att de beräknade totalkvävehalterna i bottenvattnet och totalfosforhalterna i både yt- och bottenvatten är för låga. Störst avvikelser är i bottenvattnets total-

fosforhalter. Var kommer dessa stora mängder fosfor i bottenvattnet ifrån? Det beror troligen på att ett fosforläckage från botten som finns även om förhållandena är oxiska.

8. Resultat

Kustzonsmodellen i Östergötlands norra skärgård beräknar 13 stycken variabler i 18 bassänger 144 gånger per dygn i 14 år. Beräkningarna sker på varje meters djup i varje bassäng. En sammanställning på årsmedelbasis ger en intressant bild av hur vattentransporten sker (figur 19), samt hur totalkvävetransporten (figur 20) och totalfosfortransporten sker (figur 21).

8.1 Vattentransport

För att ge ett exempel på hur figuren 19 ska tolkas och hur systemet fungerar beskrivs här förhållandena i inre Bråviken. Sötvattentillrinningen kommer i första hand från Motala Ström, som har en årsmedeltillrinning (1985-1998) på ca 88 m³/s. Övriga tillrinningar, som är specificerade i modellen, kommer från Pjältån 0,63 m³/s, Slottshagens reningsverk 0,46 m³/s, Bråvikens pappersbruk 0,24 m³/s samt en diffus tillrinning från det närliggande landområdet på 0,76 m³/s. Dessa tillflöden skapar en täthetsskillnad som tillsammans med vattenståndsvariationerna driver utbytet över randen till mellersta Bråviken. Figuren visar att det igenomsnitt kommer in 474 m³/s över sundet till mellersta Bråviken och går ut 564 m³/s. På samma sätt fungerar utbytet med Svensksundsviken som har en diffus tillrinning på 0,60 m³/s och som har ett inflöde från inre Bråviken på 116,4 m³/s och ett utflöde på 117 m³/s. Eftersom figur 19 beskriver medelflöden beräknat över 14 år innebär det att summan av tillflödet till en bassäng ska motsvara summan av utflödet ur bassängen. Skillnaden mellan in och utflödet över randen mellan inre och mellersta Bråviken är 90 m³/s vilket motsvarar summan av all sötvattentillrinning till Svensksundsviken och inre Bråviken.

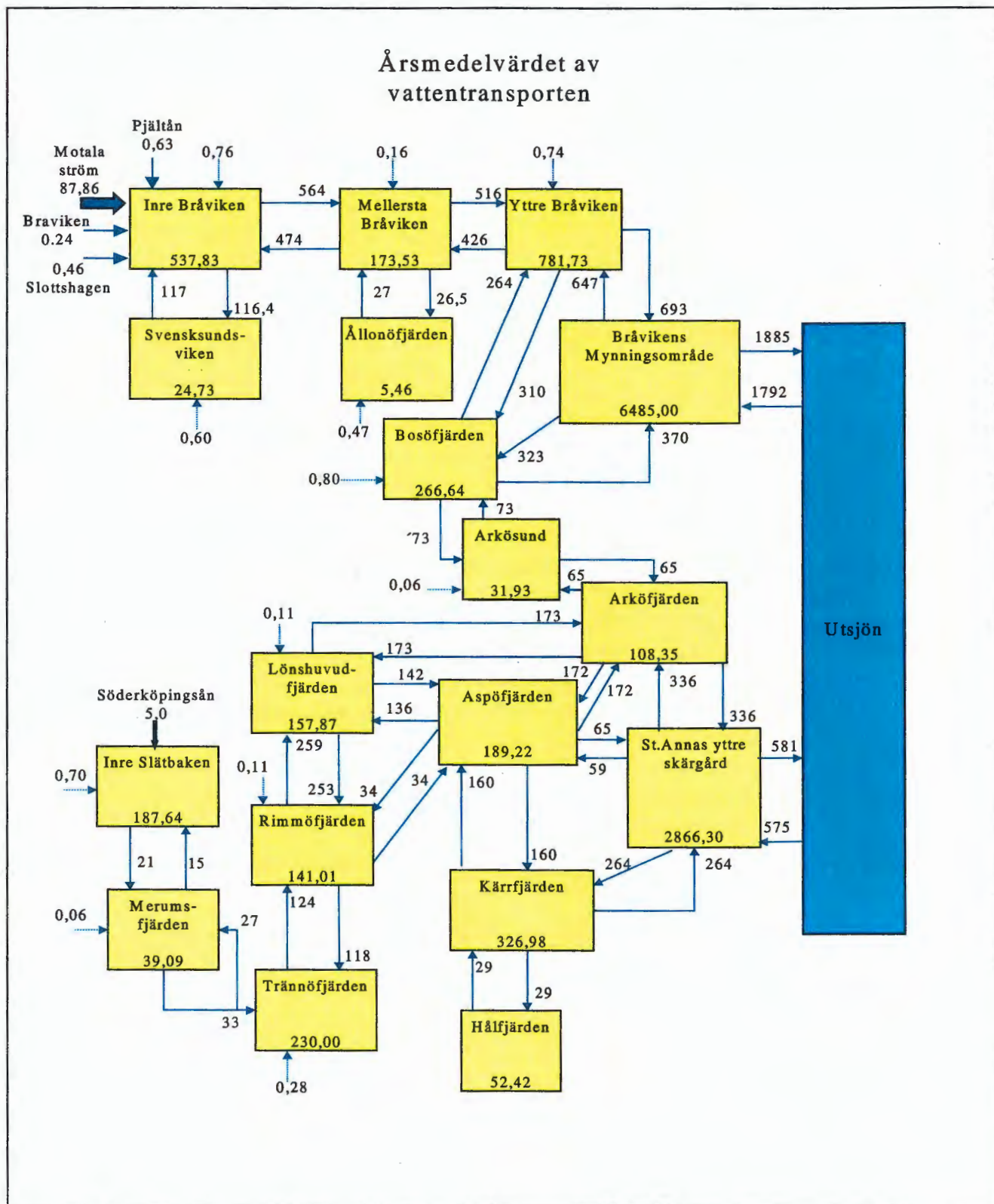
Bassängernas genomsnittliga utbytestid, se tabell 2, är baserad på beräkningar av summan av all tillrinning till respektive bassäng dividerad med bassängens volym. Om bassängernas utbytestider är rimliga så antas därmed att de horisontella flödena är rimliga. I en studie av vattenmiljön i Östergötlands skärgård beräknade Bergstrand (1987) utbytestiderna av bassängernas översta 10 m baserade på intensiva mätningar under åren 1985 och 1986. I tabell 6 jämförs utbytestiderna mellan denna och Bergstrands studier.

Tabell 6 En jämförelse i utbytestider mellan denna och Bergstrands studier.

Område	Utbytestid (dagar) Sahlberg, Olsson	Utbytestid (dagar) Bergstrand
Bosöfjärden	4	3 – 5
Arkösund	2	1
Inre Slätbaken	105	> 40
Merumsfjärden	9	5 – 10
Trännöfjärden	18	10 – 20
Lönshuvudfjärden	3	3 – 5
Aspöfjärden	4	1 – 2
Hålfjärden	21	10 – 20
Kärrfjärden	8	3 – 5

Tabellen visar på en tämligen god överensstämmelse mellan dessa två studier. Detta ger ett stöd för att den förenklade beskrivningen av de horisontella flödena håller på den långa tidsskalen.

Den skillnad i utbytestid som finns mellan bassängerna beror antagligen på att i Bergstrands studie ingår inte hela bassängsvolymerna och därmed blir utbytestiderna något mindre.



Figur 19. Figuren visar årsmedelvärdet av vattentransporten (m^3/s) för perioden 1985-1998 från land till bassängerna och mellan bassängerna. De streckade pilarna ger den diffusa tillrinningen från land. Siffrorna i bassängerna ger bassängsvolymen i miljoner m^3 .

8.2 Totalkvävetransport

De genomsnittliga transporterna av totalkväve till inre Bråviken från Motala ström och Pjältån och till inre Slätbaken från Söderköpingsån och övriga landbaserade källor visas i figur 20, tillsammans med totalkvävetransporterna mellan bassängerna. Dessutom presenteras den beräknade kvävedepositionen från luften. I SCOBİ modellen beräknas totalkvävet som summan av det lösta oorganiska kvävet (DIN) och det partikulärt bundna kvävet i form av växtplankton, djurplankton och detritus. Kustzonsmodellen inkluderar även det lösta organiska kvävet (DON) vilket är den största fraktionen av totalkvävet både i havet och i tillrinningen från land. DON behandlas som ett passivt ämne som inte ingår i det biogeokemiska kretsloppet.

Vintertid då det partikulära kvävet är mycket litet är DON 3-5 gånger större än DIN i havet. I tillrinningen från land visar mätdata att DON och DIN är ungefär lika stora.

Till inre Slätbaken kommer det 312 ton kväve per år från Söderköpingsån och som diffus tillrinning från närliggande landområden samt från luften. Från utanför liggande Merumsfjärden kommer det 205 ton kväve per år. Summan av kvävetillflödet blir 517 ton kväve per år till inre Slätbaken medan 464 ton går ut till Merumsfjärden. Skillnaden mellan in och utflödet av totalkväve blir 53 ton/år vilket är 38% av bassängens totala innehåll som är 141 ton. Dessa 53 ton antas sedimentera i bassängen och kallas i tabell 7 för retention även om en stor del av kvävet denitrifieras till kvävgas och avgår till atmosfären. Denitrifikationen ombesörjs av speciella bakterier som lever i syrefattig miljö, men det är nitrat som omvandlas till kvävgas så därför måste ammoniumkvävet i dött sedimenterande material först tillföras syre och nitrifieras innan det kan denitrifieras.

I inre Bråviken är summan av alla tillflöden av totalkväve 10 002 ton/år medan utflödet beräknats till 9 948 ton/år. Retentionen blir här 52 ton/år vilket innebär att 14% av bassängens totala kväveinnehåll sedimenterar och denitrifieras per år. I tabell 7 redovisas kväveretentionen beräknad för alla bassänger.

8.3 Totalfosfortransport

De genomsnittliga transporterna av totalfosfor till inre Bråviken från Motala ström och Pjältån och till inre Slätbaken från Söderköpingsån och övriga landbaserade källor visas i figur 21 tillsammans med totalfosfortransporterna mellan bassängerna. Dessutom presenteras den beräknade fosfordepositionen från luften. Det finns en stor andel löst organiskt fosfor (DOP) och partikulär oorganiskt fosfor (PIP) i både tillrinnande vatten som i havet och som inte behandlas i SCOBİ modellen. Definitionen av totalfosfor i modellen är att det inkluderar endast löst oorganiskt fosfor (DIP) och partikulärt bundet i växtplankton, djurplankton och detritus. Kustzonsmodellen inkluderar även det lösta organiska fosfor (DOP) och den partikulära oorganiska fosfor (PIP) vilka tillsammans utgör den största delen av totalfosfor både i havet och i tillrinningen från land. I Motala ström visar mätningar att DOP och PIP är 2 – 3 gånger större än DIP. DOP + PIP behandlas på samma sätt som DON och antas vara passiva fraktioner som inte ingår i det biogeokemiska kretsloppet.

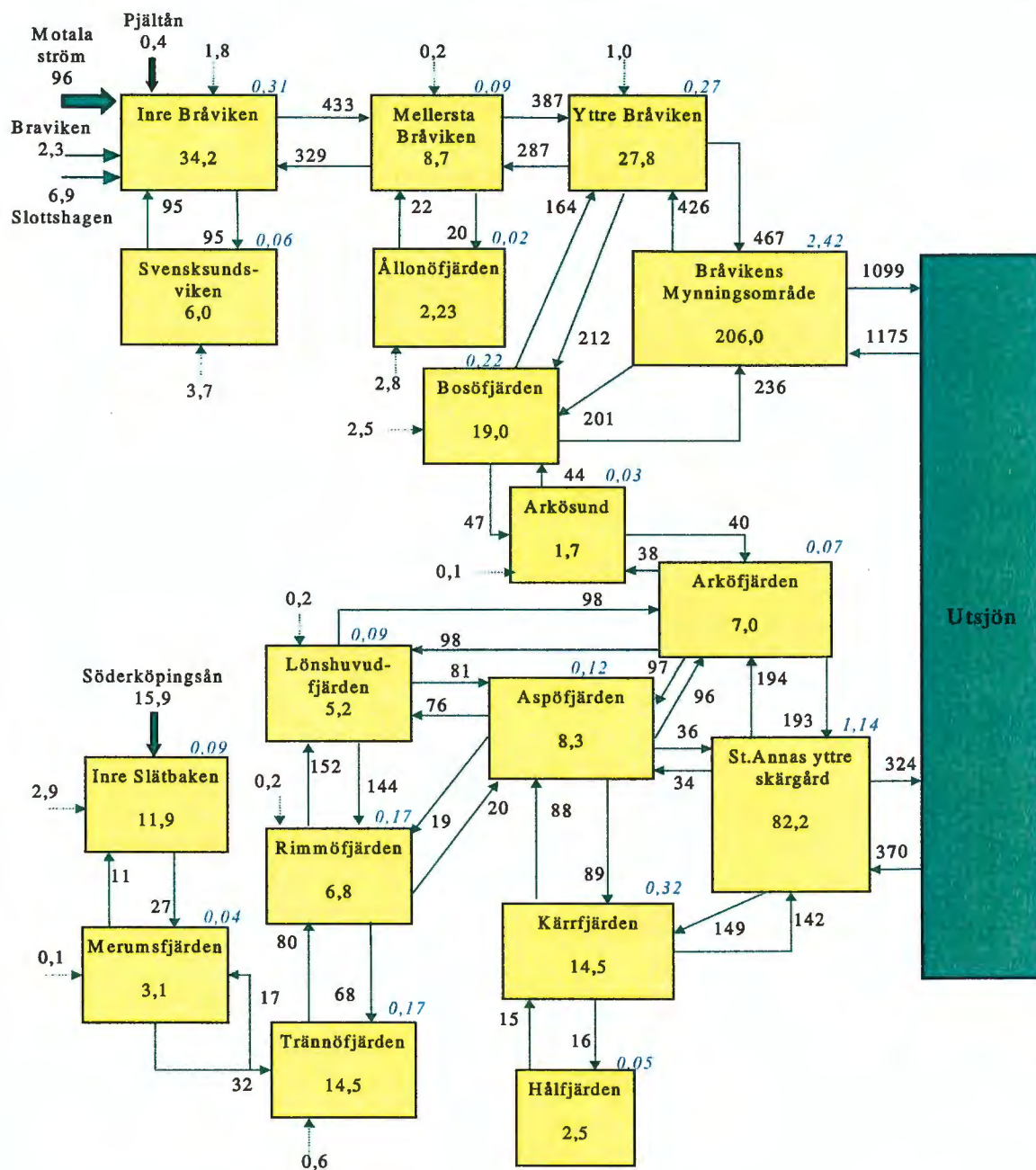
Till inre Slätbaken kommer det 18,9 ton fosfor per år från Söderköpingsån och som diffus tillrinning från närliggande landområden samt från luften. Från utanför liggande Merumsfjärden kommer det 11 ton fosfor per år. Summan av fosfortillflödet blir därmed 29,9 ton per år till inre Slätbaken medan 27 ton går ut till Merumsfjärden. Skillnaden mellan in och utflödet av totalfosfor, kallas för retentionen, blir 2,9 ton/år vilket är 24% av bassängens totala innehåll som är 11,9 ton. Dessa 2,9 ton antas sedimentera i bassängen. I inre Bråviken är summan av alla tillflöden av totalfosfor ca 532 ton/år medan utflödet är 528 ton/år.

Retentionen blir här 4 ton/år vilket innebär att 12% av bassängens totala fosforinnehåll sedimenterar per år. I tabell 7 är retentionen beräknad för alla bassänger. Genomsnittliga

Figur 20. Figuren visar årsmedelvärde av totalkvävetransporten (ton/år) för perioden 1985-1998 från land till bassängerna och mellan bassängerna. De streckade pilarna beskriver den diffusa transporten från land. De kursivt färgade siffrorna i bassängernas överkant är kvävedepositionen från atmosfären i ton/år. Siffrorna i bassängerna ger långtidsmedelvärdet av totalkväveinnehållet i ton.



Årsmedelvärden av totala fosfortransporten



Figur 21. Figuren visar årsmedelvärdet av totalfosfortransporten (ton/år) för perioden 1985-1998 från land till bassängerna och mellan bassängerna. De streckade pilarna beskriver den diffusa transporten från land. De kursivt färgade siffrorna i bassängernas överkant är fosfordepositionen från atmosfären i ton/år. Siffrorna i bassängerna ger långtidsmedelvärdet av totalfosforinnehållet i ton.

Från figurerna 20 och 21 kan kväve- och fosforretentionen i alla bassänger beräknas genom att summera alla inflöden till en bassäng och dra ifrån summan av alla utflöden till bassängen. Skillnaden mellan summan av in- och utflöden av ett ämne kallas här för ämnets retentionen, även om det för kväve även sker förluster till atmosfären genom denitrifikation. I fallet med fosfor antas retentionen utgöras av sedimentation. Retentionen som här ges i sorten $\text{g/m}^2 \cdot \text{år}$ har beräknats för alla bassänger och resultatet presenteras i tabell 7.

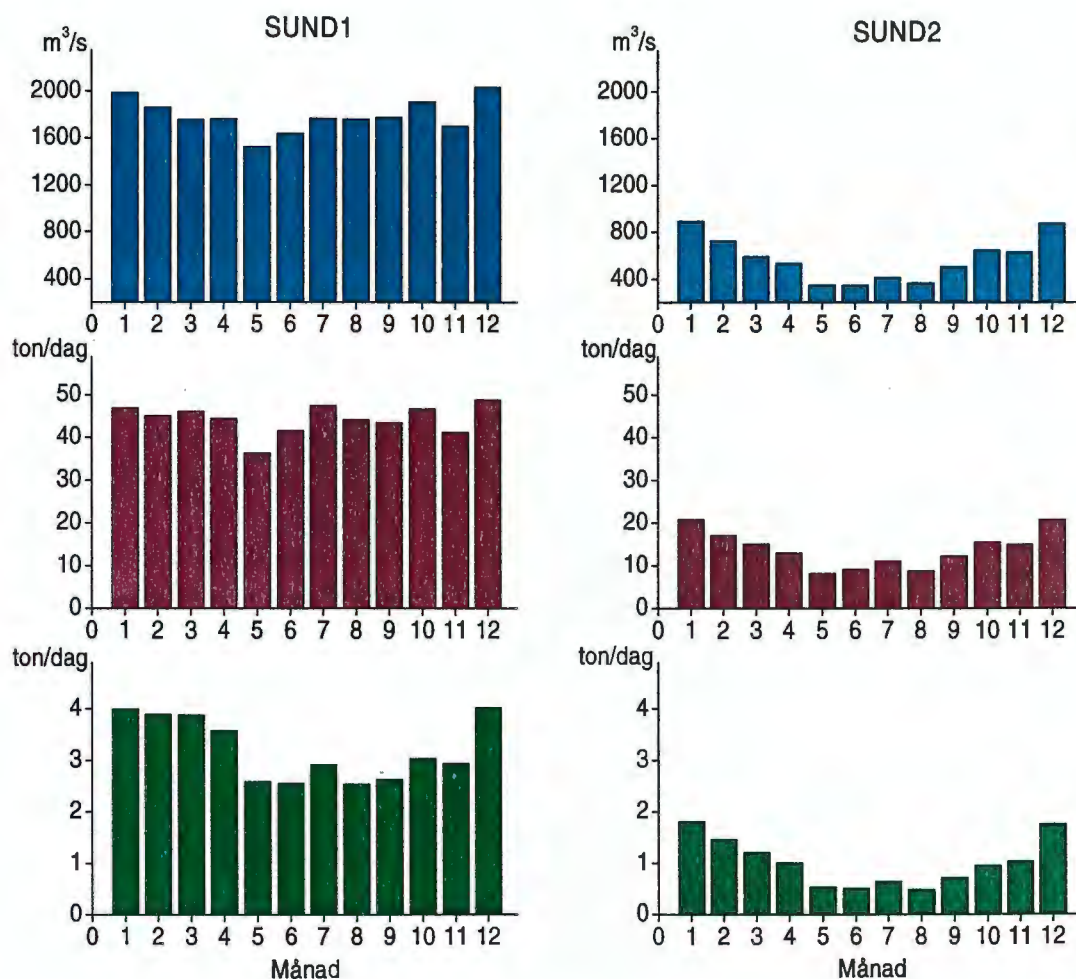
Tabell 7. Tabellen visar medelvärdet över 14 år av kväve- och fosforretentionen (beräknat per m^2 vattenyta) i samtliga bassänger.

BASSÄNG	KVÄVERETENTION ($\text{G} / \text{M}^2 \cdot \text{ÅR}$)	FOSFORRETENTION ($\text{G} / \text{M}^2 \cdot \text{ÅR}$)
Bråvikens mynningsområde	3,07	0,37
St. Annas yttre skärgård	1,46	0,21
Yttre Bråviken	2,64	0,24
Mellersta Bråviken	2,72	0,37
Ållonöfjärden	1,89	0,27
Inre Bråviken	0,95	0,07
Svensksundsviken	2,48	0,38
Arköfjärden	1,43	0,15
Bosöfjärden	2,33	0,31
Arkösund	1,43	0,18
Aspöfjärden	1,38	0,17
Lönshuvudfjärden	1,51	0,19
Rimmöfjärden	1,41	0,16
Trännöfjärden	1,69	0,13
Merumsfjärden	1,54	0,15
Inre Slätbaken	3,42	0,19
Kärrfjärden	0,91	0,11
Hålfjärden	0,67	0,10

Tabellen visar att den största kväveretention finns i inre Slätbaken och i Bråvikens mynningsområde. När det gäller inre Slätbaken beror detta troligen beror på bassängens långa omsättningstid (105 dagar) och i Bråvikens mynningsområde är skälet troligen att skiktningen är svag i en kombination av stora in- och utgående kväveflöden. Anmärkningsvärt är att inre Bråviken har en av de lägsta retentionerna både vad gäller kväve och fosfor. Antagligen beror detta på att skiktningen är stark, genom en stor sötvattentillrinning, och omsättningstiden relativt kort (9 dagar).

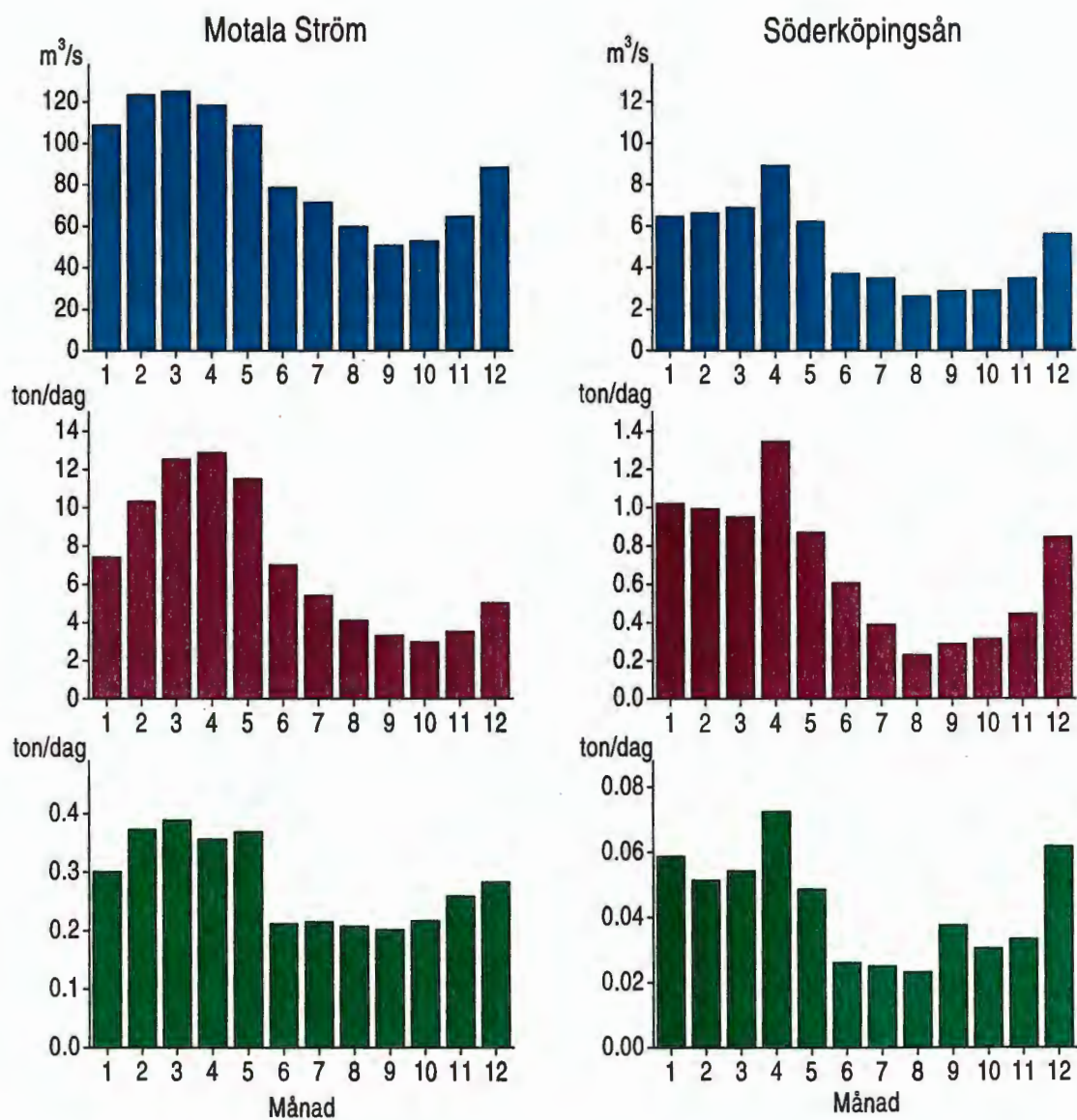
Förutom att presentera resultaten i form av årsmedelvärden på tillrinningar och horisontella utbyten presenteras några exempel på deras variationen under året. Figur 22 visar hur flödet, från utsjön till bassäng 1, Bråvikens mynningsområde (över sund 1) och från utsjön till bassäng 2, St. Annas yttre skärgård (över sund 2) av vatten, totalkväve och totalfosfor varierar i medel under ett år. Transporterna blir betydligt större över sund 1 jämfört med sund 2 trots att tvärsnittsarean på sund 1 endast är hälften av arean på sund 2. Att transporterna blir stora beror på sötvattentillrinningen till inre Bråviken som tvingar utsjön till stora kompensations-

transporter över sund 1 av bl.a. salt. Eftersom sötvattentillrinningen är nästan 20 gånger större till Bråviken än till Slätbaken blir därmed transporterna betydligt större över sund 1 än över sund 2.



Figur 22. Figuren visar månadsmedelvärden på flödet av vatten (blå stapel), totalkväve (lila stapel) och totalfosfor (grön stapel) från utsjön till bassäng 1, över sund 1, och från utsjön till bassäng 2, över sund 2.

Figur 23 visar hur de två viktigaste tillflödena från land varierar i medel under året. Årscykeln finns framförallt i både Motala Ström och Söderköpingsån med den skillnad att Motala Ström är hårt reglerad med höga flöden under vintermånaderna medan Söderköpingsån liknar mer oreglerade förhållanden med en flödestopp i april månad. Figuren visar tydligt att tillförseln av kväve och fosfor styrs främst av storleken på tillrinningen.



Figur 23. Figuren visar månadsmedelvärden på flödet av vatten (blå stapel), totalkväve (lila stapel) och totalfosfor (grön stapel) från Motala Ström till inre Bråviken och från Söderköpingsån till inre Slätbaken. Notera att det är olika skalor på axlarna.

9. Diskussion

Det är i första hand följande frågor som kommer att diskuteras under detta avsnitt. Vilka brister har modellen? Hur ska den förbättras? Hur ska modellen användas i framtiden?

Användning : Kustzonsmodellen skall användas inom miljöövervakning och miljöanalys som komplement till mätdata och som utvärderingsverktyg. Modellen skall kunna beräkna vattenomsättning och vattenkvalitet med hjälp av information om kustens geografi, relevanta meteorologiska faktorer och tillförsel av ämnen från land och luft. Resultaten från beräkningarna förväntas beskriva eutrofieringstillståndet i områdets definierade bassänger samt sambandet mellan tillståndet och tillförsel av näringsämnen från landområden och omgivande vattenområden.

Modellen bör uppdateras årligen och utgöra ett komplement till resultaten från den samordnade recipientkontrollen. Sammantaget förväntas detta ge bra underlag för miljöövervakningens specificering av och uppföljning av miljömål, samt för utredningar om konsekvenser av olika verksamheters utsläpp och läckage av näringsämnen.

Modellen ger information om vattenkvaliteten i kustvattnen utöver den information som erhålls via recipientkontrollens mätningar. Modellen beskriver näringsstatus i alla bassänger och djup, medan recipientkontrollen endast mäter i vissa bassänger och endast på två djup, yta och botten. Recipientkontrollens mätprogram bör revideras i framtiden och anpassas till kustzonsmodellens bassängsindelning. Recipientkontrollens resultatredovisning bör anpassas till kustzonsmodellens beskrivning av miljötillståndet.

När ett års mätresultat från recipientkontroll är gjorda levereras dessa till länsstyrelsen och SMHI för beräkning av transporter till kustområdet. SMHI fyller på drivdataserierna och utför beräkningar i hela skärgårdsområdet. Resultatet bearbetas och skickas tillbaka till länsstyrelsen samt till den som rapporterar recipientkontrollen på uppdrag av vattenvårdsförbundet. Detta kan göras fortlöpande en gång per år eller vart tredje år i samband med den mer omfattande treårsrapporteringen som brukar göras inom det aktuella områdets recipientkontroll (samordnad av Motala Ströms vattenvårdsförbund). Resultatredovisningen kan t.ex. bestå av kartor som visar eutrofieringstillståndet i de olika kustbassängerna. Eutrofieringstillståndet kan också visas som tidsserier i grafer som uppdateras med nya data från kustzonsmodellen. De senaste årens resultat kan där grafiskt jämföras med genomsnittsvärdet för tillståndet under t.ex. alla beskrivna år eller en referensperiod.

Man kan dessutom göra mer skräddarsydda utvärderingar. Ett användbart exempel är att göra scenarier som kan användas vid miljökonsekvensbeskrivningar samt vid utformning respektive uppföljning av miljömål. Man kan göra beräkningar där klimat och/eller tillförsel av näringsämnen systematiskt ändras enligt scenariernas utgångspunkter.

I ett fortlöpande miljömålsarbete kan beräkningsresultat från kustzonsmodellen användas som komplement till mätdata. Modellens resultat kan i detta fall användas för att ge information om tillstånd i delar av kusten där inga mätningar görs. Dessutom kan modellen ge information om hur tillståndet som mätts ett aktuellt år påverkats av just det årets vädersituation.

Förbättring : En generell brist i modellen är kvalitén på de hypsografiska kurvorna. Ett exempel på en felaktighet är att mätningarna i Arkösundsområdet når ett större djup än vad som finns i modellens hypsografiska kurva. SMHI har köpt en digital djupdatabas av Sjöfartsverket för hela svenska kusten. Därmed kommer den manuella hanteringen att ersättas med en automatisk rutin för generering av hypsografer.

Den biogeokemiska delen av kustzonsmodellen, SCOBİ, har enbart funnits ett par år och är relativt oprövad. Den beskriver de mycket komplicerade sambanden i kväve och fosforyklarna i havet. Trots att SCOBİ, som innehåller 9 samverkande variabler, upplevs som komplicerad innehåller den givetvis många förenklingar. I växtplanktonekvationen beskrivs

t.ex. hur ett typiskt växtplankton beter sig i vattenmassan medan det i verkligheten finns hundratal olika sorters växtplankton med olika beteenden. SCOBİ beskriver enbart omvandlingarna mellan det lösta oorganiska kvävet (DIN) och fosfor (DIP) och det partikulära organiska kvävet och fosfor. För att kunna beräkna totalkväve och totalfosfor behövs även en behandling av det lösta organiska kvävet (DON) och av löst organisk fosfor (DOP) och partikulär oorganisk fosfor (PIP). I den nuvarande versionen av SCOBİ ingår inte beräkningar av DON respektive DOP och PIP. Detta har lösts i kustzonsmodellen så att DON, DOP och PIP behandlas som passiva ämnen som inte ingår i det biogeokemiska kretsloppet och alltså inte ingår i de rutiner som styr SCOBİ. Troligen ska DON, DOP och PIP ingå i det biogeokemiska kretsloppet och därmed ska de i kopplas in i en vidareutvecklad SCOBİ modell. Framtida forskning får visa detta.

Inom dagens forskningen pågår mycket arbete för att utveckla nya biogeokemiska modeller. I Sverige pågår sedan ett år ett stort forskningsprojekt inom MISTRA programmet som heter MARE . Detta projekt ska bl.a. ta fram nya processbeskrivningar vad gäller kväve och fosforflöden i vattenmassan. Och utveckla budgetmodeller för kväve och fosfor i Östersjön. Det är mycket viktigt att SMHI följer och har nära kontakt med både den nationella och den internationella forskningen inom området. Härigenom kommer SCOBİ eller någon liknande biogeokemiskmodell i kustzonsmodellen att löpande vidareutvecklas och förbättras.

Framtiden : Målsättningen är att det modellsystem som nu byggts upp relativt enkelt kan flyttas till en valfri kuststräcka. Skulle mätdata på tillrinnande sötvatten, kväve och fosfor saknas kopplas modellerade data till kustzonsmodellen. Idag finns på SMHI en kvävemodell som är kopplad till den hydrologiska HBV modellen. För närvarande pågår även forskning med att utveckla en fosformodell kopplad till HBV modellen. Den atmosfäriska depositionen av kväve över hela Sverige och dess kuster finns i griddad form och beräknas sedan flera år med MATCH modellen. Depositionen av fosfor över land och vatten sätts till konstanta värden.

I denna studie används en oceanografisk mätstation vid Landsortsdjupet som rand till kustzonsmodellen. Vid en ny applikation av kustzonsmodellen kan det saknas representativa oceanografiska utsjödata. I det fallet finns SMHIs storskaliga PROBE Baltic modell som beräknar dessa. PROBE Baltic som är uppbyggd på samma sätt som kustzonsmodellen täcker idag hela havsområdet från Kattegatt till Bottenviken.

10. Referenser

- Areskog, H. (1993). Nedfall av kväve och fosfor till Sverige, Östersjön och Västerhavet. Naturvårdsverket, rapport 4148.
- Bergstrand, E. (1987) Östergötland skärgård – Vattenmiljön. SMHI Oceanografi nr 17
- Lindkvist, T. (1994). Havsområdesregister 1993. SMHI Oceanografi nr 60.
- Gustavsson, B. (1997). Dynamics of the seas and straits between the Baltic and North Seas. A process-oriented oceanographic study. PhD thesis, Department of Oceanography, Earth Sciences Centre, Göteborg University, Sweden.
- Marmefelt, E., Håkansson, B., Erichsen, A.C. och Hansen, S. (2000). Development of an Ecological Model System for the Kattegat and the Southern Baltic. SMHI Oceanografi nr 29.
- Omstedt, A. och Axell, L. (1998). Modeling the seasonal, interannual, and long-term variations of salinity and temperature in the Baltic proper. Tellus, 50A, p 637-652.
- Stigebrandt, A. (1990). On the response of horizontal mean vertical density distribution in a fjord to low-frequency density fluctuations in the coastal water. Tellus, 42A, p 605-614.

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
Sydostbotten - 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 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 - issta-
tistik 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.



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

