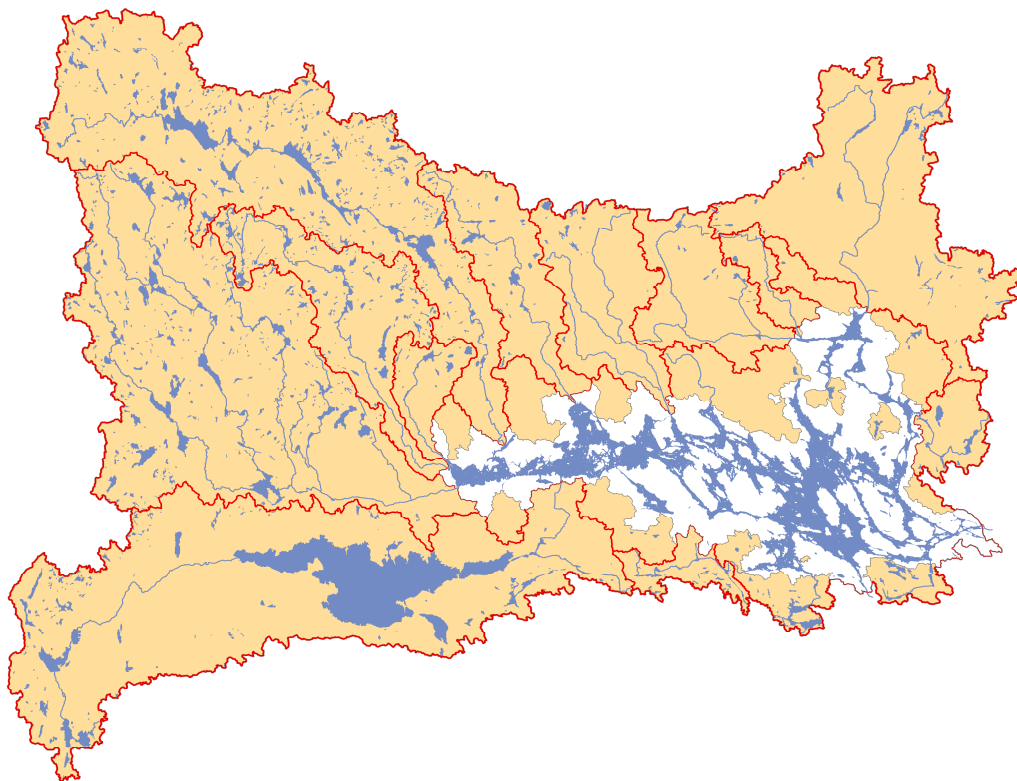


Jörgen Sahlberg och Hanna Gustavsson

OCEANOGRAFI Nr 103/2010

HOME Vatten i Mälaren



OCEANOGRAPHI Nr 103/2010

HOME Vatten I Mälaren

Jörgen Sahlberg och Hanna Gustavsson

Sammanfattning

Uppsättningen av HOME Vatten i Mälaren har utförts på uppdrag av Norra Östersjöns vattendistrikt. Detta är första gången som HOME Vatten sätts upp i en sjö.

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, HYPE för mark, sjöar och vattendrag och Kustzonsmodellen för kustvatten och sjöar. Notera att detta är den första HOME Vatten uppsättningen som använder den nyutvecklade hydrologiska HYPE modellen för hela Mälaren avrinningsområde istället för HBV-NP modellen. Med HOME Vatten är det möjligt att beräkna långa tidserier av näringsämnen. I kustvattnen och sjöar beräknas dessutom tidserier av syrgashalt.

HYPE är en högupplöst hydrologisk modell för vatten och vattenkvalitetsberäkningar med integrerade moduler för att simulera vattenkvalitet (N,P,TOC) samt spårämnen (O18). Den nuvarande HYPE version som satts upp för hela Sverige (S-HYPE) består av totalt 17313 delområden varav Norrströms avrinningsområde innehåller 973 delområden. Trots detta stora antal delområden runt Mälaren saknas närområdet runt Mälaren i HYPE Modellen. Då modellen vidareutvecklas hela tiden med bl.a. en högre och högre rumslig upplösning kommer Mälarens närområde att inkorporeras mer och mer för varje ny HYPE version.

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 ett flertal vattenförekomster. Beräkningar görs på alla djup i alla vattenförekomster. Dessa är kopplade sinsemellan via sund och utbyter egenskaper mellan varandra. I denna version av Kustzonsmodellens uppsättning i Mälaren består den av 39 vattenförekomster.

Modellsystemet har beräknat dagliga värden av temperatur, syre, närsalter, klorofyll och vattnets ålder i Mälarens alla vattenförekomster för perioden 1990-2008. En omfattande validering av Kustzonsmodellen har genomförts med hjälp av mätdata från ett 20-tal mätstationer i området. Mätdata har laddats ner från SLUs (Sveriges Lantbruks Universitet) hemsida. Dessutom har Stockholm Vatten bidragit med alla mätdata från Mälarens östra del. Resultatet kan sammanfattas så att kustzonsmodellen beskriver temperatur, kvävehalter och syrgashalter i Mälaren på ett bra sätt medan fosfor och klorofyll inte har en lika god överensstämmelse mot mätdata. Resultatet från fosforberäkningarna visar att löst fosfor stämmer ganska bra men att vintervärdena ofta blir för höga. Problemet är här att totalfosforberäkningarna inte överensstämmer så bra mot mätningarna i främst den västra delen av Mälaren. I den östra delen ligger medelvärdet av den beräknade totalfosforhalten bra i jämförelsen mot mätningarna men de beräknade halterna varierar mer under året. Den generella slutsatsen från valideringen av fosfor är att HYPEs totalfosfortransport till Mälaren består av för mycket löst fosfor och för lite partikulärt fosfor samt att den är för liten i Mälarens västra del. Ett annat problem är att i bottenvattnet startar det beräknade fosforutbytet mellan vatten och sediment vid för höga syrgaskoncentrationer. Detta kommer att rättas till i nästa version av Kustzonsmodellen.

Den beräknade klorofyllhalten underskattas vilket troligen har att göra med att den biogeokemiska modellen SCOBI bara innehåller en typ av plankton ett sk "medelplankton" vars koncentration inte varierar tillräckligt mycket.

Statusberäkningar i Mälaren, vad gäller syre och totalfosfor, har inte genomförts i denna studie då dessa beräkningsprogram kommer att utvecklas först under hösten 2010.

English summary

The HOME Water system has been applied to lake Mälaren. HOME Water is an integrated model system for water quality calculations on land, in rivers and lakes and the coastal waters around Sweden. The model system consists of the hydrological HYPE model and the coastal zone model (Probe-SCOBI model). The model system is used for long time calculations normally 15-20 years.

The hydrological HYPE model is developed for water and water quality transport calculations with high spatial resolution. The water quality is here defined as nitrogen, phosphorus and dissolved organic carbon. In the HYPE application to the whole of Sweden (S-HYPE) consists of 17313 different catchments. The total number of sub-catchments around lake Mälaren is 973 in this study. Despite this large number of catchments the area close to lake Mälaren is not included in this HYPE version.

The coastal zone model is a one dimensional model with high vertical resolution. To resolve the horizontal variations in lake Mälaren the lake has been divided into 39 different water bodies. These water bodies exchange properties through connecting sounds.

The HOME Water system calculates the physical and biogeochemical conditions on a daily basis during the calculations period 1990-2008. Measurements from different parts of lake Mälaren are used in the verification study. The data from 20 measuring stations are extracted from the SLU's homepage for the main part of lake Mälaren except in the eastern part where data is extracted from the Stockholm Water measuring program. The verification result shows that the coastal zone model calculations of the water temperature, nitrogen and oxygen are in good agreement with the measurements. But for phosphorus and chlorophyll the agreement with measurements is not so good. The result from the phosphorus calculations show that soluble phosphorus agrees rather well with measurements except during the winter time when the calculated concentration is too large. The problem is the calculated total phosphorus is too small compared to the measurements especially in the western part of lake Mälaren. In the eastern part the results show that the calculated mean concentration is in good agreement with the measurements but the variations in the calculated total phosphorus are too large. A general conclusion for the whole lake Mälaren is that the soluble part of the total phosphorus is too large and the particulate part too small. Thus the HYPE model overestimates the transport of the soluble phosphorus and underestimates the transport of the particulate phosphorus. This study also shows that the calculated soluble phosphorus in the bottom water is too large when the oxygen conditions are decreasing. The process that describes the size of the phosphorus exchange between water and sediment, depending on the oxygen concentration, becomes too large at too high oxygen

concentrations. This process description will be corrected in the next version of the coastal zone model.

The calculated chlorophyll concentration is underestimated in the whole lake. Probably this has to do with the fact that the model only has one type of plankton. In the next version of the coastal zone model there will be three different types of plankton which will simulate diatoms, flagellates and others and cyanobacteria.

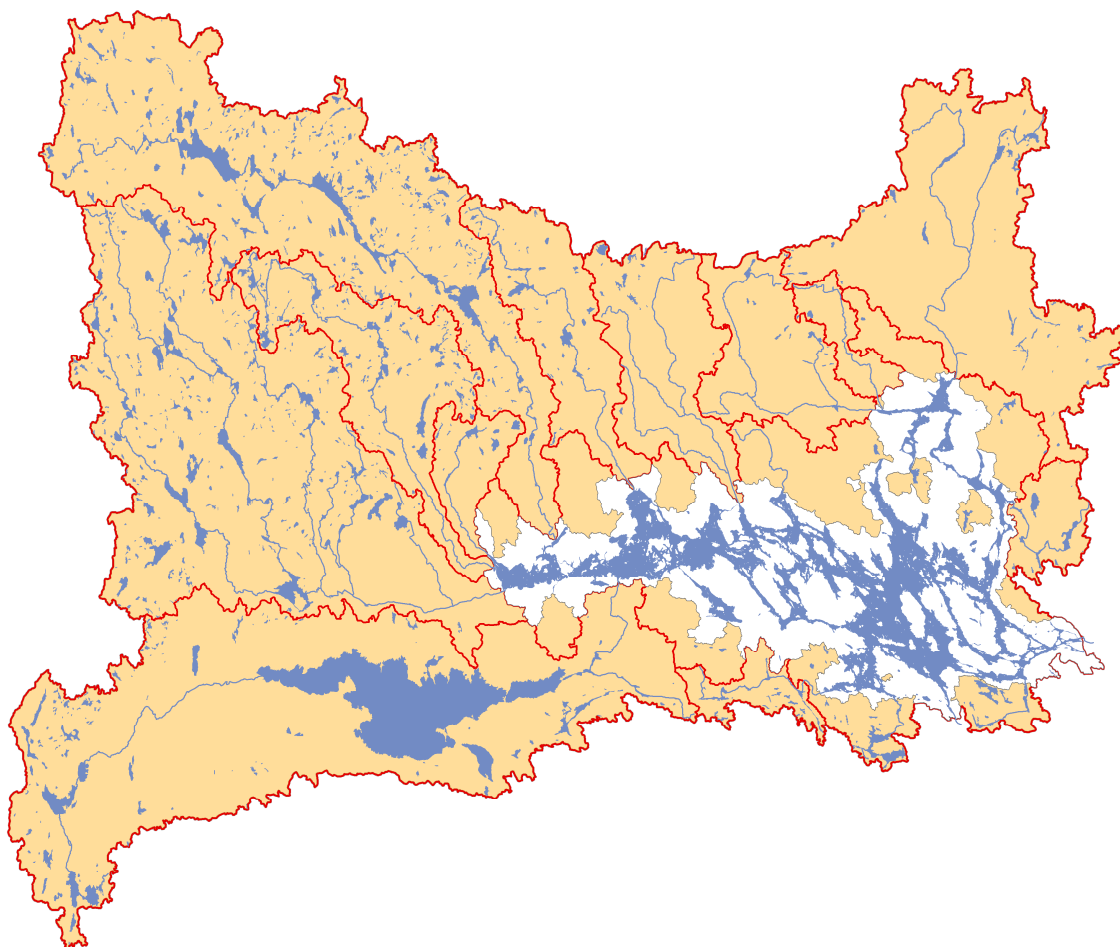
Innehållsförteckning

1	INLEDNING	8
2	HOME Vatten SOM ANALYSVERKTYG	9
2.1	Övervakning	9
2.2	Statusklassning	9
3	HOME Vatten	10
3.1	Modellansats	10
3.2	Drivdata	10
3.2.1	Atmosfär	10
3.2.2	Land	12
3.2.2.1	Beskrivning av modellstruktur för HYPE	13
3.2.2.2	Processer för kväve (N) i markprofilen	14
3.2.2.3	Processer för fosfor (P) i markprofilen	15
3.2.2.4	Processer i åar och vattendrag	15
3.3	S-HYPE för Norrströms avrinningsområde	16
3.3.1	Resultat	18
3.3.2	Flödessimuleringar	18
3.3.3	Simuleringar med N och P	25
3.4	Områdesbeskrivning	31
3.5	Mälarens genomströmning	35
4	VALIDERING	37
5	FRAMTIDA FÖRBÄTTRINGAR	67
6	SLUTORD	67
7	REFERENSER	68

1 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 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 HBVmodellen bytts ut mot den nyutvecklade HYPE modellen för transportberäkningar av näringsämnen från land och sötvatten.

I detta uppdrag har SMHI implementerat HOME Vatten i Mälaren som tillhör Norra Östersjöns vattendistrikt, Figur 1. Detta är första gången som Kustzonsmodellen sätts upp i en sjö och som HYPE modellen används för transportberäkningar från land . Informationen kring den geografiska beskrivningen hämtas från databasen SVAR (Svenskt Vatten ARkiv). Uppdelningen följer den indelning i beräkningsområden som tillhör HYPE baserad på SVAR versionen 2008:1. Notera att Mälarens närområde inte är med i denna version av HYPE. Detta område är vitmarkerat på kartan i Figur 1. När det gäller själva Mälaren har den delats in i 39 vattenförekomster enligt SVAR versionen 2009.



Figur 1. Mälaren med tillhörande avrinningsområde. Det vita närområdet runt Mälaren är inte med i denna version av HYPE.

För att bedöma Kustzonsmodellens riktighet har en omfattande validering genomförts av modellens resultat. Valideringen har genomförts med hjälp av mätningar genomförda av SLU i hela Mälaren förutom i Mälarens östligaste del där mätningarna genomförts av Stockholm Vatten.

2 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.

2.1 Övervakning

Vattendirektivet föreskriver att statusen i varje vattenförekomst skall analyseras. Traditionell övervakning är kostsam. 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 väl. För att försäkra sig om modellens möjlighet att beskriva tillståndet krävs en noggrann validering. Valideringen genomförs genom att modellberäkningarna jämförs mot mätdata från ett antal stationer. Tidigare valideringsstudier längs kusten visar på samma slutsatser som denna studie, dvs. att under förutsättning att modellen drivs med rätt belastning från land, atmosfär (och utsjö för kusten) beskriver Kustzonsmodellen i HOME Vatten dynamiken i vattenförekomsterna väl, både vad det gäller fysiska och biogeokemiska processer.

Med en god beskrivning av de drivande faktorerna i vattenförekomsterna och en väl validerad Kustzonsmodell är det möjligt att koncentrera den traditionella övervakningen till de parametrar som skall rapporteras i enlighet med EUs ramdirektiv för Vatten.

2.2 Statusklassificering

Med HOME Vattens hjälp är det idag möjligt att beräkna vattenförekomsternas status längs den svenska kusten. När det gäller sjöar, där näringsämnesstatusen enbart ska baseras på totalfosfor, är inte dessa beräkningsprogram utvecklade ännu. De beräknas vara klara under hösten 2010 och kommer då att implementeras i det användargränssnittet. Denna rapport kommer därmed inte att presentera några beräkningsresultat av de 39 vattenförekomsternas status i Mälaren.

3 HOME Vatten

3.1 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. En fullständig beskrivning av Kustzonsmodellen ges av Sahlberg (2009). För att beräkna den horisontella variationen, delas modellområdet in i olika vattenförekomster, där modellen löses separat. Modellens indelning skall vara densamma som vattendirektivets indelning i vattenförekomster. Genom att beskriva varje vattenförekomsts vertikala volymsvariation fångas dess geografiska egenskaper. Förbindelsen mellan vattenförekomsterna benämns sund och betecknas **Sxxx**, där xxx är sundets nummer. Varje sund motsvarar den sammanlagda förbindelsen mellan två vattenförekomster. Det är igenom sunden som vattenutbytet sker. Storleken på utbytet genom sundet bestäms bl.a. av dess tvärsnittsgeometri. Geometrin för varje sund har fastställts utifrån digitala sjökort. Varje sunds tvärsnittsarea och maximala djup har kontrollerats manuellt utifrån sjökort.

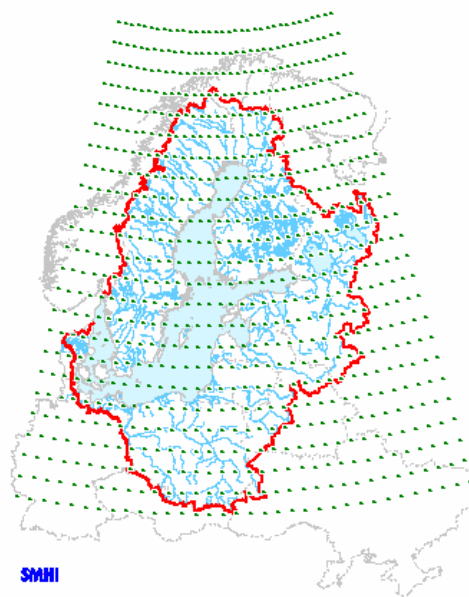
Kustzonsmodellen är en kopplad hydrodynamisk/biogeokemisk modell, där fysiken i systemet såsom omblandning, uppvärmning/avkylning, vattenutbyte etc. beräknas av den endimensionella modellen **PROBE**. De grundläggande biogeokemiska processerna beräknas av den biogeokemiska modellen, **SCOB**, som härigenom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

3.2 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.

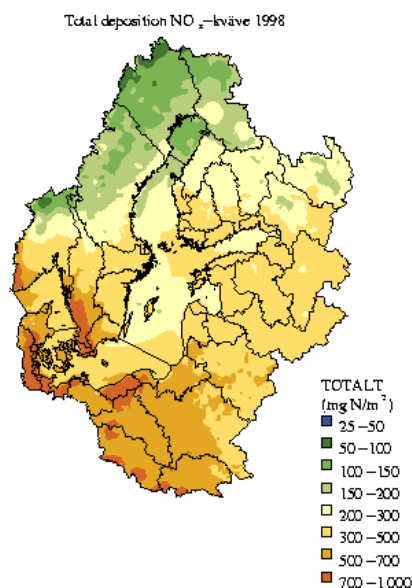
3.2.1 Atmosfär

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 se Figur 2. Från denna databas har vi extraherat vindhastighet, lufttemperatur, relativ luftfuktighet samt total molnighet, parametrar som krävs för att beräkna avkylning/uppvärmning, omblandning, planktontillväxt etc. i Kustzonsmodellen.



Figur 2. Den meteorologiska databasen täcker Östersjöns och Västerhavets tillrinningsområde.

Kustzonsmodellen tar även hänsyn till 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** (**M**ultiscale **A**tmospheric **T**ransport and **C**hemistry Model) modellen (Figur 3). 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 3. **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)

3.2.2 Land

Under tidigare beräkningar av vattenkvalité har SMHI använt HBV- modellen för att simulera vattenflödet och en tilläggsmodul HBV-NP (Pers, C., 2007) för att simulera transport av kväve och fosfor. I tidigare arbeten med HOME Vatten som använts sig av HBV-NP kommer beräkningarna av kväve och fosfor från arbetet i samband med rapporteringen till HELCOMs femte "Pollution Load Compilation" (Brandt, M., mfl, 2006). Då vattendirektivet implementerades och arbetet med statusklassning av vattenförekomster sattes igång behövdes en mer högupplöst modell som beskriver förhållanden av bla. kväve och fosfor bättre än HBV-NP för alla de områden där mätstationer saknas.

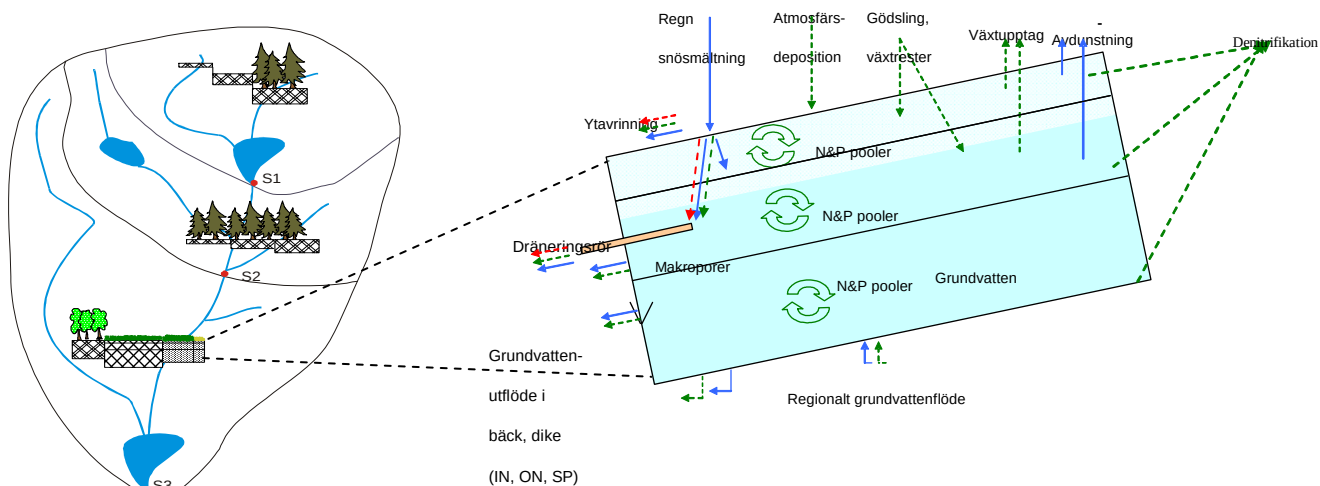
I samband med arbetet med vattendirektivet utvecklades ett nytt hydrologisk modellverktyg HYPE (HYdrological Predications for the Environment) (Lindström, G., mfl., 2010) vid SMHI som förutom att den utvecklades med fokus på att den skulle vara högupplöst också skulle fokusera på att kunna beskriva närsaltsprocesser på ett bättre sätt än tidigare modeller vid SMHI.

HYPE-modellen finns idag uppsatt för bla Sverige (S-HYPE), länderna runt Östersjön (BALT-HYPE) och europa (E-HYPE). Den uppsättning som tagits fram för Sverige och som använts i det här projektet baseras på den geografiska indelningen av 2008 års vattenförekomster enligt SVAR(Svenskt Vatten Arkiv). Modelluppsättningen kallas S-HYPE version 2008:1. Tillrinningen till Mälaren och belastningen av kväve och fosfor har beräknats med denna modellversion.

3.2.2.1 Beskrivning av modellstruktur för HYPE

HYPE är en distribuerad hydrologisk modell för vatten och vattenkvalitetsberäkningar med integrerade moduler för att simulera vattenkvalitet (N,P,TOC) samt spårämnen (O18).

Modellen delas in i delområden (Figur 4, vänster) och varje delområde delas sedan in i markklasser (Figur 4, höger). Markklasserna är inte geografisk kopplade utan varje delområde består av en fraktion av olika markklasser vilket är en kombination av markanvändning och jordart. Varje markklass kan sedan bestå av upp till tre olika markskikt, där varje markskikt ligger på valbart djup (Figur 4, höger).



Figur 4. Schematisk skiss av ex på delområdsindelning i HYPE till vänster och schematisk beskrivning av vattenkvalitetsberäkningarna i S-HYPE till höger. Blå pilar representerar flöden av vatten och gröna och röda transport av närsalter.

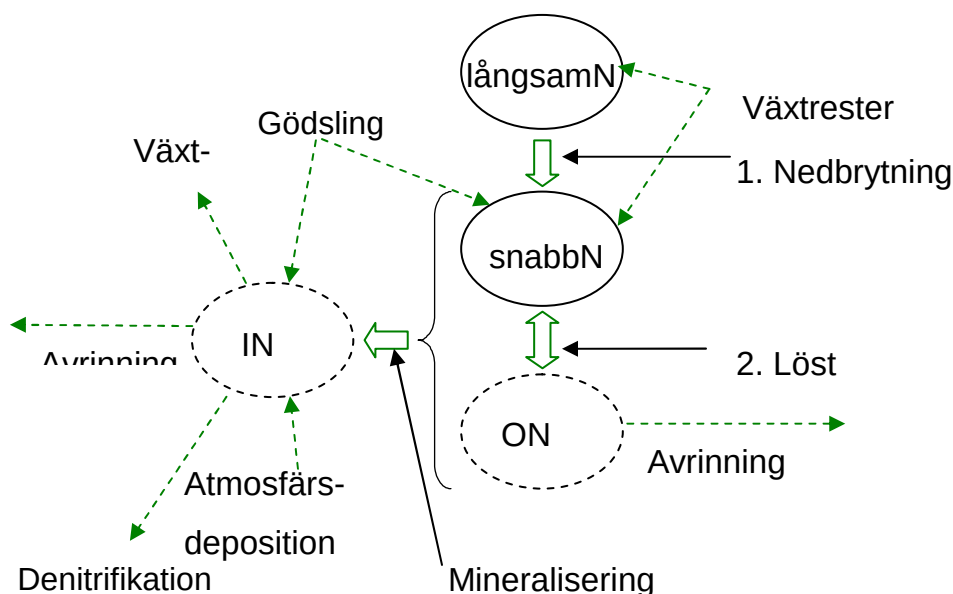
Modellen simulerar koncentration av löst organiskt (ON) och oorganiskt (IN) kväve såsom nitrat, ammonium nitrit i markvattnet och total kväve (TN) som en summering av IN och ON. Den simulerar även löst reaktivt (SP) och partikulärt (PP) fosfor och total fosfor (TP) som en summering av SP och PP. Andra fraktioner av kväve och fosfor finns i marken men de är endast de ovan nämnda som följer med markvattnet. Poolerna i marken delar in kväve och fosfor i bundet och obundet och dess initiala poolstorlek beror på markanvändning.

3.2.2.2 Processer för kväve (N) i markprofilen

För kväve, består beräkningspoolerna av organiskt kväve uppdelat på en ”långsam” med lång omsättningstid och en ”snabbare” med kort omsättningstid samt en oorganisk kvävepool (Figur 5).

Till den långsamma kvävepoolen bryts växtrester ner genom nedbrytningsprocesser och kväve frigörs till den snabba kvävepoolen (1). Förhållandet mellan mängden kväve i den snabba poolen och koncentrationen av organiskt kväve i markvattnet (2) styrs av skillnaden mellan ON-koncentrationen i markvattnet och en steady-state jämviktkoncentration beräknad från det totala kväveinnehållet av löst organiskt kväve och snabbNpoolen. Kvävet i den snabba poolen som är rester från växter och gödsling finns tillgängligt för mineralisering (3). Koncentrationen av organiskt kväve i markvattnet bestäms av poolen med kort omsättningstid.

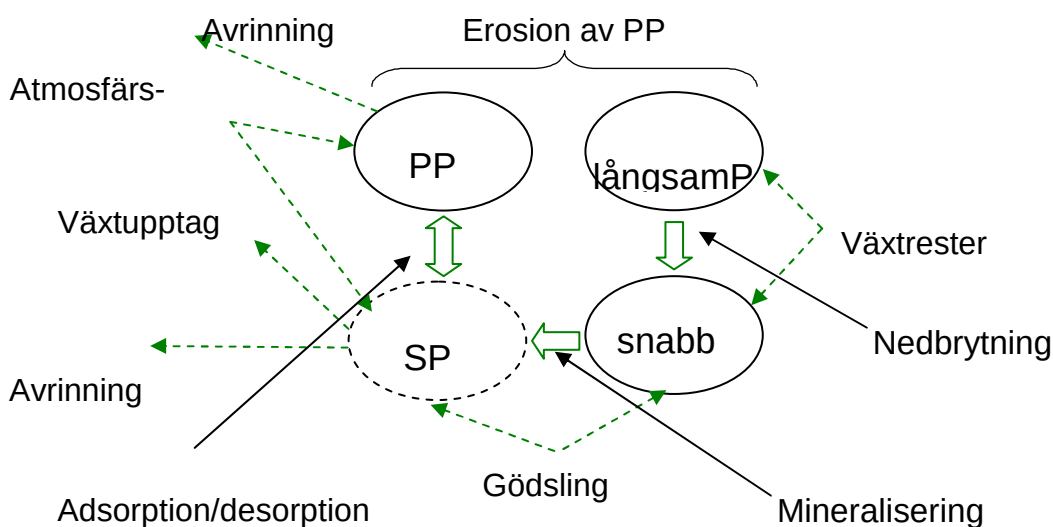
Omvandlingshastigheterna styrs av marktemperatur, markfuktighet samt tillgång på substrat. Denitrifikation är en sänka av oorganiskt kväve i alla markskikt och den ökar med ökande marktemperatur, markfuktighet och innehåll av oorganiskt kväve i marken. Allt oorganiskt kväve antas vara obundet och kan transporteras mellan markskikt eller ut ur profilen med horisontellt eller lateralt markvattenflöde.



Figur 5. Kväve processer i de översta markskikten (IN-oorganiskt kväve, ON- organiskt kväve). Pooler med obundet visas med streckade linjer och pooler med bundet visas med heldragna linjer

3.2.2.3 Processer för fosfor (P) i markprofilen

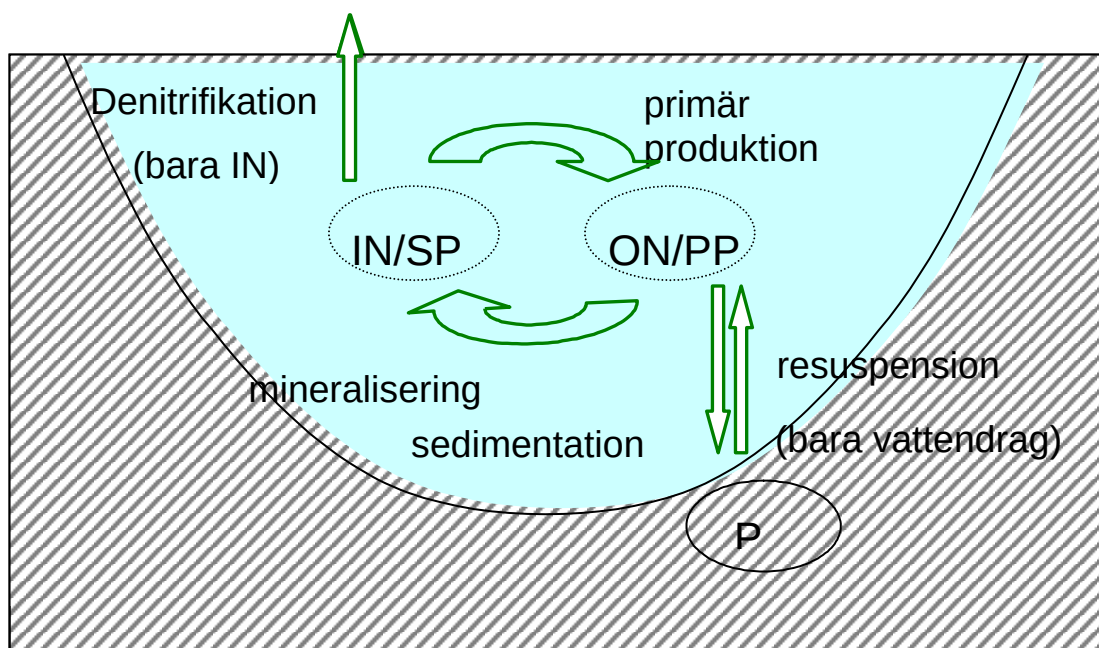
Precis som kväve delas organiskt fosfor in i en långsam pool med lång uppehållstid och en snabbare med kort uppehållstid samt en med löst oorganiskt fosfor (Figur 6). Det finns även en fjärde pool som simulerar partikulärt fosfor dvs det fosfor som adsorberat till mineralpartiklar. Övergången mellan de olika poolerna är mycket lik den som beskrivits för kväve förutom processerna mellan löst och partikulärt fosfor som beskrivs med adsorption och desorptions processer. Det är dessa processer som styr koncentrationen av löst fosfor i markvattnet. I HYPE inkluderas även en subrutin för erosionsberäkningar för beräkning av transport av partikulärt fosfor.



Figur 6. Fosfor processer i de översta markskikten (SP-löst fosfor, PP- patikulärt fosfor). Pooler med obundet visas med streckade linjer och pooler med bundet visas med heldragna linjer.

3.2.2.4 Processer i åar och vattendrag

Processer inkluderade för kväve och fosfor i åar och vattendrag är sedimentation, resuspension, primärproduktion, mineralisering och denitrifikation (Figur 7). Sjöar antas vara omblandade i varje tidssteg. Hur mycket som sedimenterar i modellen beror av koncentration av substansen i sjön samt sjöns area. Inget utav det material som sedimenterar i sjöar antas återcirkulera. Att sedimenterat material återförs till systemet kan bara ske i vattendrag där finns både sedimentation och resuspension som tillåter partikulärt fosfor som sedimenterat att återcirkulera. Primärproduktion och mineralisering beskrivs som funktioner av vattentemperatur, medelkoncentration av totalfosfor och förändringen i rådande vattentemperatur. När vattentemperaturen stiger ökar nettoprimärproduktionen och när den sjunker antas nettomineraliseringen öka.

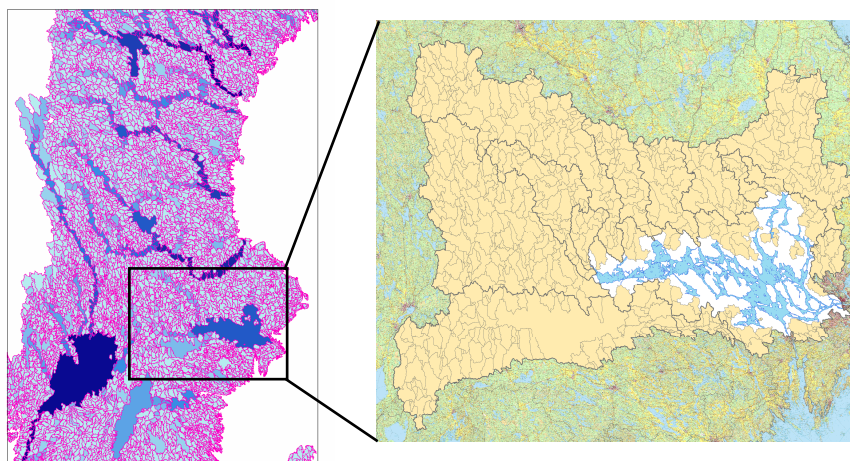


Figur 7. Kväve och fosfor processer i sjöar och vattendrag. Pooler med obundet visas med streckade linjer och pooler med bundet visas med heldragna linjer

3.3 S-HYPE för Norrströms avrinningsområde

Uppsättningen av HYPE för Sverige kallas S-HYPE. Aktuell version heter S-HYPE 2008:1, och den baseras på indelningen av vattenförekomster enligt SVAR 2008:1. Denna version av S-HYPE består av 17313 delområden varav 973 ingår i Norrströms avrinningsområde. För tillrinnings- och belastningsberäkningar till Mälaren har Norrströms avrinningsområde plockats ut ur S-HYPE 2008:1 (Strömqvist, J., mfl. 2010). I den versionen hade Mälaren inte hunnit delas in i 39 vattenförekomster. Mälarens närmaste tillrinningsområde har därför inte hunnit delas in i delavrinningsområden anpassade till dessa vattenförekomster. I Figur 8 visas de delar av Norrströms avrinningsområde som ingår (gult) och de som inte ingår (vitt) i uppsättningen för beräkning av tillrinning och närsaltsbelastning till Mälaren.

Indata för S-HYPE 2008:1 och varifrån den kommer visas i Tabell 1. Parametrarna i modellen är kopplade till markklasser och modellen har kalibrerats regionalt. Efter det att modelluppsättningen plockats ur den regionala modelluppsättningen (Figur 8) har ingen ytterligare kalibrering eller justering gjorts.



Figur 8. Norrströms avrinningsområde (höger) plockat ur den regionala upplösningen för S-HYPE 2008:1 (vänster)

Tabell 1. Indata för HYPEmodellen uppsatt för Sverige (S-HYPE)

Data typ:	Data:	Källa:
Meteorologiska data	Nederbörd, lufttemperatur	PTHBV, SMHI
Geografiska data	Delområdenas indelning	SVAR, SMHI
	Markanvändning	Corine 2000, Lantmäteriet
	Jordart	SGU's jordartskarta
	Höjd (upplösning 50 m)	Lantmäteriets höjddatabas
	Vattenvägar	SVAR
Sjöinformation	Djup, regleringsrutiner, avbördningskurvor och utloppssjöar	SVAR
Närsaltsinnehåll i mark	Initialvärden	Litteraturvärde
Jordbruksdata	Gödsling, grödofördelning, tid för gödsling, sådd och skörd	SMED,
Utsläpp	Enskilda avlopp	SCB, IVL
	Industri och avloppsreningsverk	EMIR
	Atmosfärsdeposition	MATCHmodellen, SMHI
	Dagvatten	SMED

3.3.1 Resultat

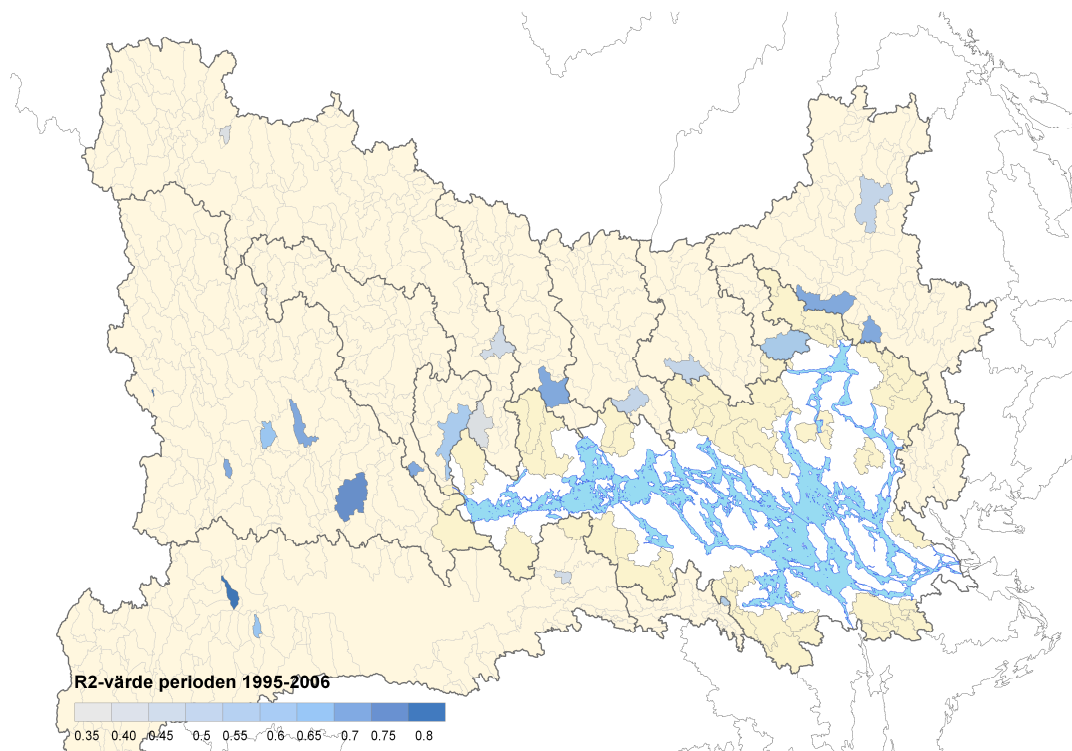
3.3.2 Flödessimuleringar

Statistik från simuleringar av flödet under perioden 1996-2005 presenteras i

Tabell 2. Förutom namn på stationen och aktuellt vattendrag presenteras statistik i form av R²-värde enligt Nash-Sutcliff, relativa volymfel (RE) i procent, årsmedel för både uppmätt och beräknat flöde samt medelabsolutfel (MAE). Den geografiska fördelningen av mätstationernas R²-värden visas i Figur 9.

Tabell 2. Statistik från flödessimulering med S-HYPE 2008:1

Namn	Vattendrag	R ²	RE(%)	årsmedel av uppmätt Q	årsmedel av beräknat Q	MAE
Hallstahammar	Kolbäcksån	0.48	8	26.3	28.4	12.0
Övre Hyndevad	Hjälmarens	0.46	35	22.3	30.0	12.3
Finntorpet	Prästhyttebäcken	0.43	31	0.1	0.1	0.0
Vattholma	Vattholmaån	0.53	14	1.9	2.1	0.8
Islandsfallet	Fyrisån	0.74	-9	8.2	7.5	2.8
Buskbäcken	Buskbäcken	0.36	21	0.0	0.0	0.0
Sävja	Sävjaån	0.72	-1	4.4	4.4	1.6
Ransta	Sävaån	0.62	-24	1.5	1.1	0.7
Härnevi	Örsundaån	0.53	-24	2.5	1.9	1.2
Åkesta kvarn	Svartån	0.75	-8	5.7	5.2	1.9
Gränvad	Lillån	0.54	-20	1.2	1.0	0.7
Kringlan	Dyltaån	0.81	4	3.5	3.6	1.0
Kåfalla	Sverkestaån	0.74	-10	5.1	4.6	1.5
Berg	Svenbybäcken	0.45	-20	0.3	0.2	0.2
Odensvibron	Kölstaån	0.62	-11	0.9	0.8	0.3
Dalkarlshyttan	Arbogaån	0.69	2	14.4	14.7	4.5
Hammarby	Dyltaån	0.71	7	10.2	10.9	3.6
Dömsta	Hedströmmen	0.72	-11	10.8	9.6	3.4
Skällsnora	Oxundaån	0.84	1	0.3	0.3	0.1
Fellingsbro	Ässingsån	0.78	-7	2.6	2.4	0.8
Karlslund 2	Svartån	0.82	-6	13.6	12.8	3.4
Åkers krutbruk	Råcksta Å	0.56	-2	1.3	1.3	0.5
Almbro	Täljeån	0.66	-7	4.0	3.7	1.7



Figur 9. R2-värde för de mätstationer som inkluderas i S-HYPE i Norrströms avrinningsområde.

I Figur 10 – Figur 20 visas jämförelser mellan beräkningar av flöden från S-HYPE och ett antal av de flödesstationer som finns placerade i Norrströms avrinningsområde. I figuren högst upp visas en karta över områdets placering samt dess tillrinningsområde. Diagrammet överst presenterar nederbörd och temperatur, mitten visar beräknade och observerade flöden under perioden 1995-2005. Figuren längst ner visar flöden under perioden 2004-2005. Reglerade områden ex. Stationen i Övre Hyndevad, Figur 11 och i Arbogaåns mätstation Dalkarshyttan, Figur 17, simuleras dåligt i HYPE. Utveckling av HYPE inkluderar bla att få en bättre beskrivning av flöden i reglerade områden.

SMHI
2010-05-18

Q-station: KARLSLUND 2

Q-station#: 2139
Älv: SVARTÅN
Älv#: 61000
Subid: 5605

Geo:

X-Koord: 657216
Y-Koord: 146267
Area: 1293 km²
Höjd: 114 m.ö.h

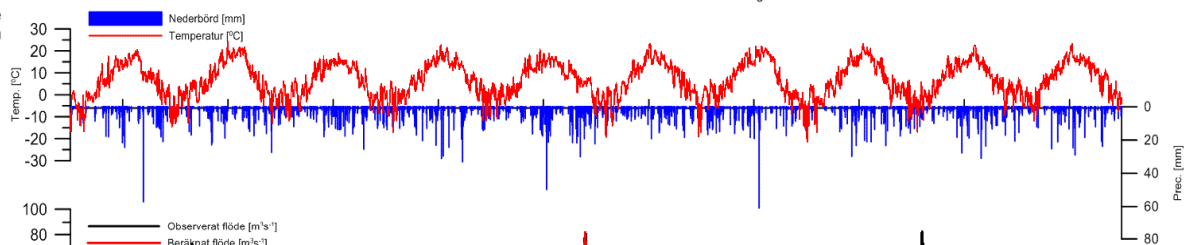
Markklass:

Sjö: 6.5%
Skog: 69%
Jordbruk: 16%
Övrigt: 9%

Jordklass:

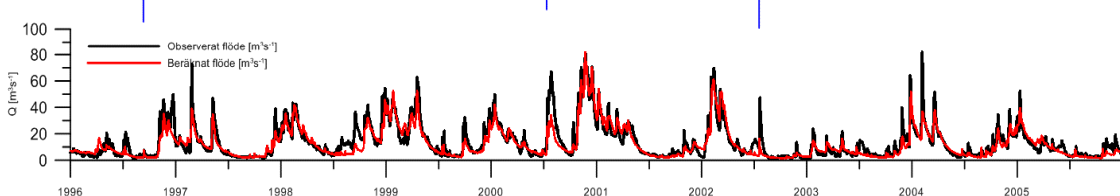
Fin: 13%
Gro: 15%
Morän: 48%
Tunn jord, kalt berg: 14%
Övrigt: 4%

Temperature
Precipitation

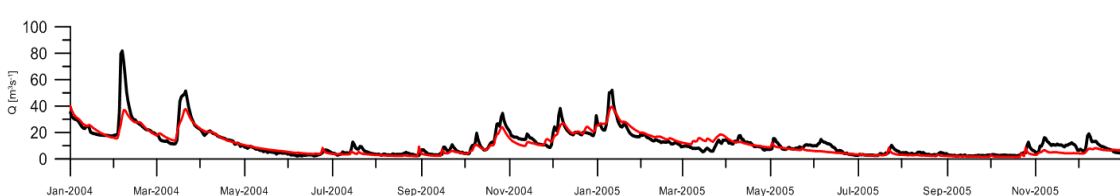


Q [m³/s]
1996-01-01
2005-12-31

RE: -9.9%
R2: 0.82
MAE: 3.5



Q [m³/s]
2004-01-01
2005-12-31



Figur 10. Modellresultat för Svartån med Q-station Karlslund 2. Diagrammen visar simulerade och observerade flöden under perioden 1995-2005 men en förstoring av 2004-2005. Översta diagrammet visar nederbörd och temperatur. Den övre figuren visar var stationen är belägen samt dess tillrinningsområde.

SMHI
2010-05-18

Q-station: ÖVRE HYNDEVAD

Q-station#: 138
Älv: HJÄLMAREN
Älv#: 61000
Subid: 22884

Geo:

X-Koord: 657810
Y-Koord: 153762
Area: 4045 km²
Höjd: 66 m.ö.h

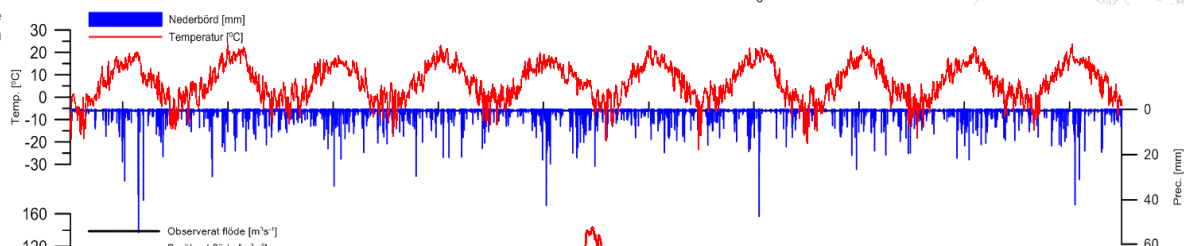
Markklass:

Sjö: 15.1%
Skog: 50%
Jordbruk: 27%
Övrigt: 8%

Jordklass:

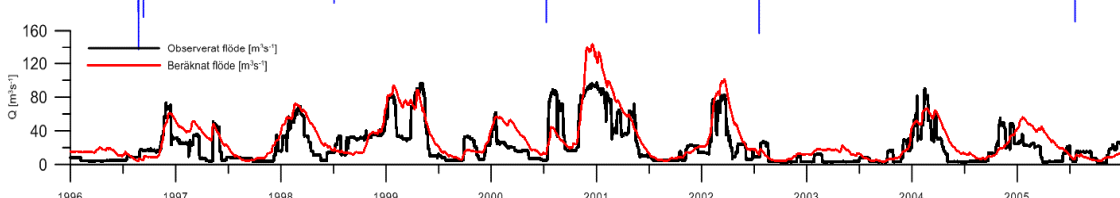
Fin: 14%
Gro: 14%
Morän: 45%
Tunn jord, kalt berg: 10%
Övrigt: 2%

Temperature
Precipitation

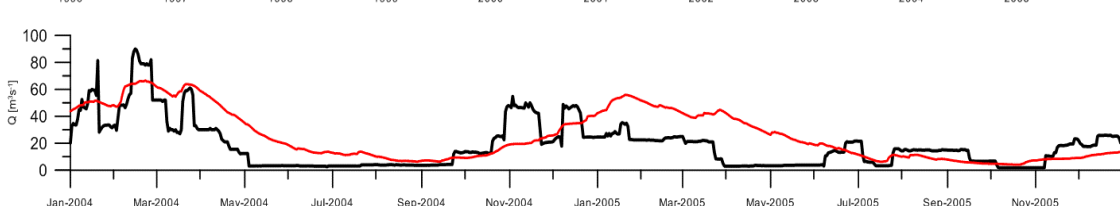


Q [m³/s]
1996-01-01
2005-12-31

RE: 34.1%
R2: 0.44
MAE: 12.9



Q [m³/s]
2004-01-01
2005-12-31



Figur 11 Modellresultat för Hjälmar och Q-station: Övre Hyndevad. Diagrammen visar simulerade och observerade flöden under perioden 1995-2005 men en förstoring av 2004-2005. Översta diagrammet visar nederbörd och temperatur. Den övre figuren visar var stationen är belägen samt dess tillrinningsområde.

SMHI
2010-05-18

Q-station: ODENSIVIBRON

Q-station#: 2221

Älv: KÖLSTAÅN

Älv#: 61000

Subid: 6039

Geo:

X-Koord: 659995

Y-Koord: 151057

Area: 110 km²

Höjd: 67 m.ö.h

Markklass:

Sjö: 6.1%

Skog: 71%

Jordbruk: 18%

Övrigt: 5%

Jordklass:

Fin: 16%

Grov: 10%

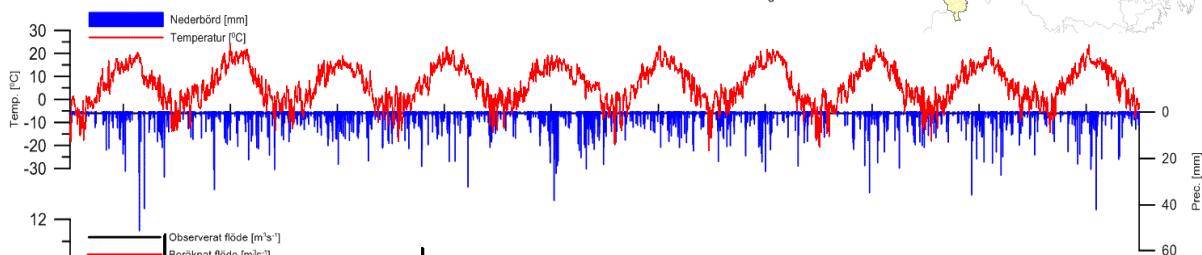
Morän: 62%

Tunn jord, kallt berg: 5%

Övrigt: 1%



Temperature
Precipitation

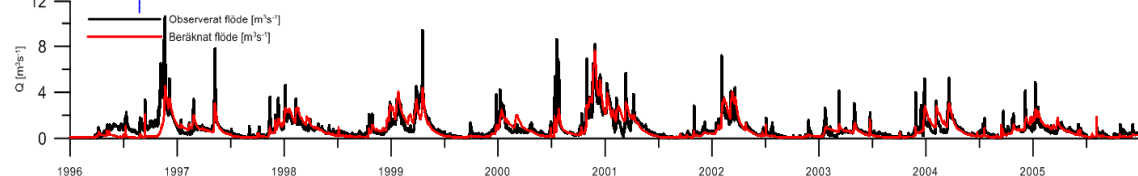


Q [m³/s]
1996-01-01
2005-12-31

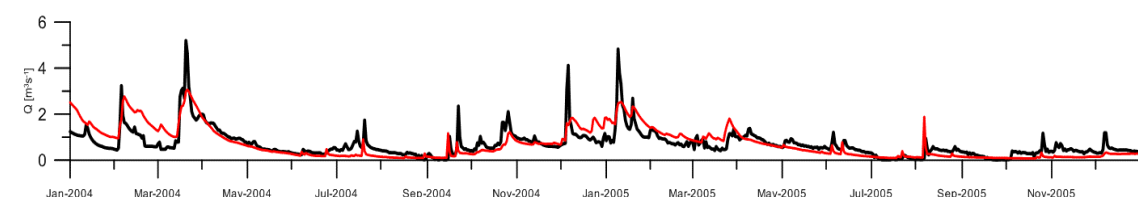
RE: -10%

R2: 0.55

MAE: 0.4



Q [m³/s]
2004-01-01
2005-12-31



Figur 12 Modellresultat för Kølstaån och Q-station Odensvibron. Diagrammen visar simulerade och observerade flöden under perioden 1995-2005 men en förstoring av 2004-2005. Översta diagrammet visar nederbörd och temperatur. Den övre figuren visar var stationen är belägen samt dess tillrinningsområde

SMHI
2010-05-18

Q-station: ISLANDSFALLET

Q-station#: 2475

Älv: FYRISÅN

Älv#: 61000

Subid: 6420

Geo:

X-Koord: 663872

Y-Koord: 160289

Area: 1242 km²

Höjd: 41 m.ö.h

Markklass:

Sjö: 1.6%

Skog: 60%

Jordbruk: 30%

Övrigt: 8%

Jordklass:

Fin: 26%

Grov: 11%

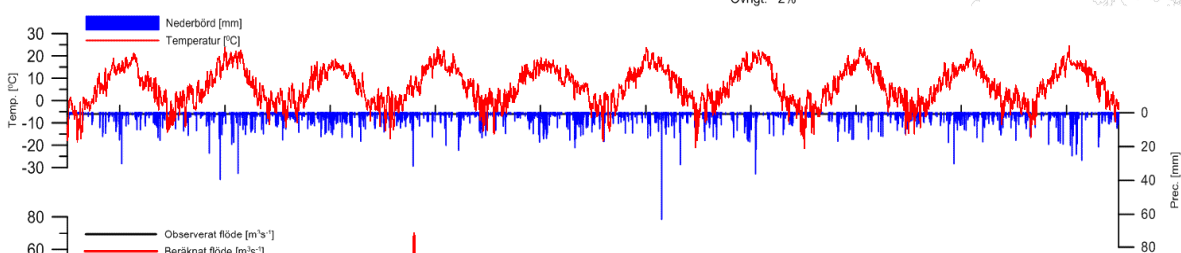
Morän: 51%

Tunn jord, kallt berg: 8%

Övrigt: 2%



Temperature
Precipitation

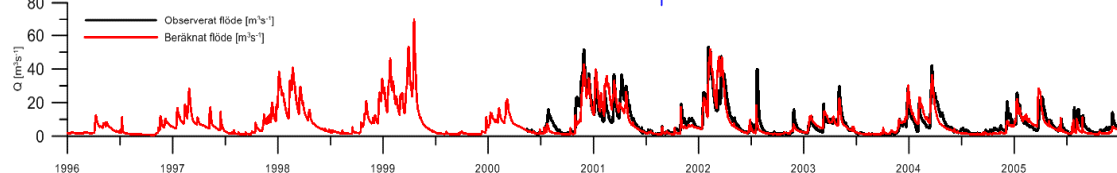


Q [m³/s]
1996-01-01
2005-12-31

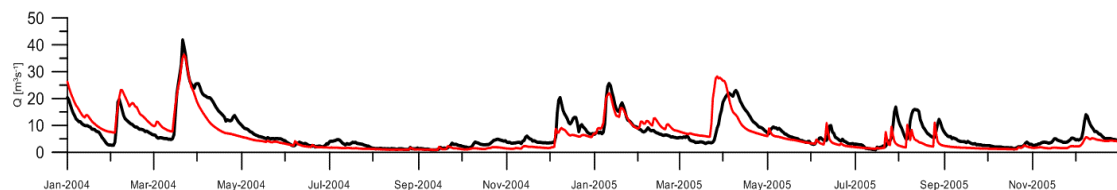
RE: -9.6%

R2: 0.72

MAE: 2.8



Q [m³/s]
2004-01-01
2005-12-31



Figur 13 Modellresultat för Fyrisån och Q-station Islandsfallet. Diagrammen visar simulerade och observerade flöden under perioden 1995-2005 men en förstoring av 2004-2005. Översta diagrammet visar nederbörd och temperatur. Den övre figuren visar var stationen är belägen samt dess tillrinningsområde.

SMHI
2010-05-18

Q-station: RANSTA

Q-station#: 2247

Älv: SÄVAÅN

Älv#: 61000

Subid: 6253

Geo:

X-Koord: 662754

Y-Koord: 158926

Area: 197 km²

Höjd: 48 m.ö.h

Markklass:

Sjö: 1%

Skog: 64%

Jordbruk: 31%

Övrigt: 3%

Jordklass:

Fin: 28%

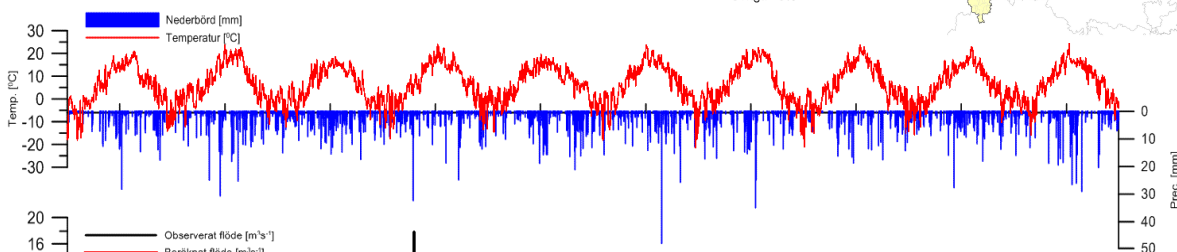
Grov: 9%

Morän: 53%

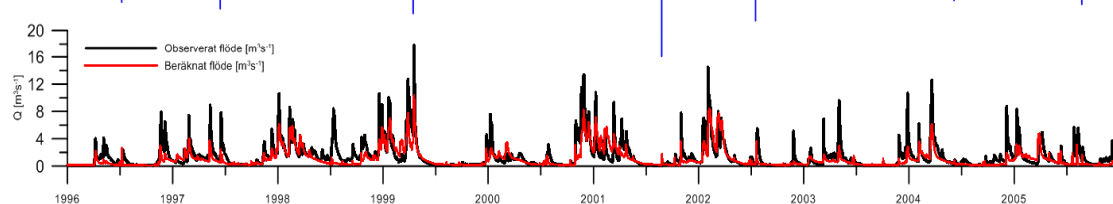
Tunn jord, kallt berg: 10%

Övrigt: 0%

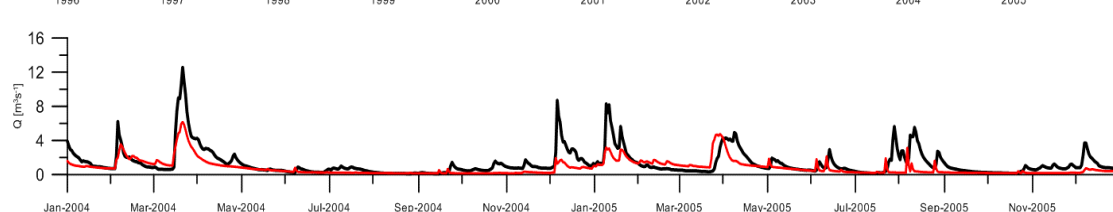
Temperature
Precipitation



Q [m³/s]
1996-01-01
2005-12-31
RE: -28.5%
R2: 0.54
MAE: 0.7



Q [m³/s]
2004-01-01
2005-12-31



Figur 14. Modellresultat för Sävåån och Q-station Ransta. Diagrammen visar simulerade och observerade flöden under perioden 1995-2005 men en förstoring av 2004-2005. Översta diagrammet visar nederbörd och temperatur. Den övre figuren visar var stationen är belägen samt dess tillrinningsområde.

SMHI
2010-05-18

Q-station: ÅKESTA KVARN

Q-station#: 2216

Älv: SVARTÅN

Älv#: 61000

Subid: 6141

Geo:

X-Koord: 661722

Y-Koord: 153742

Area: 728 km²

Höjd: 84 m.ö.h

Markklass:

Sjö: 3.2%

Skog: 64%

Jordbruk: 25%

Övrigt: 8%

Jordklass:

Fin: 26%

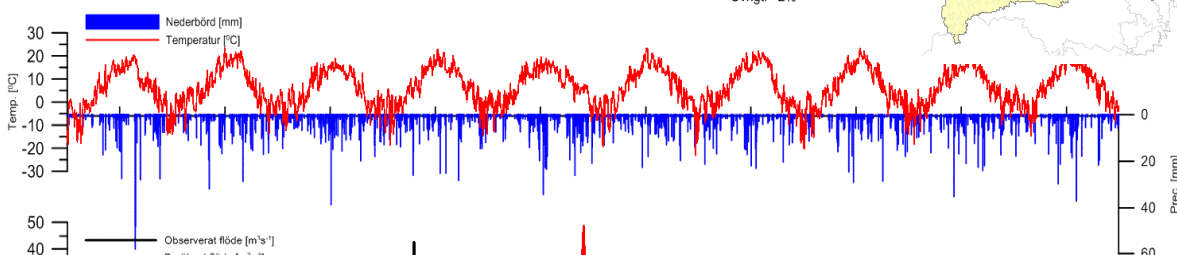
Grov: 12%

Morän: 45%

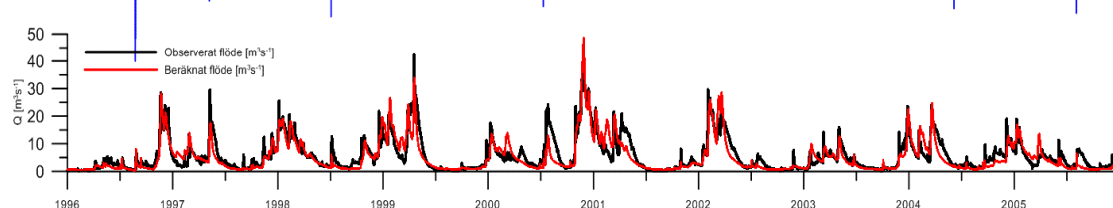
Tunn jord, kallt berg: 12%

Övrigt: 2%

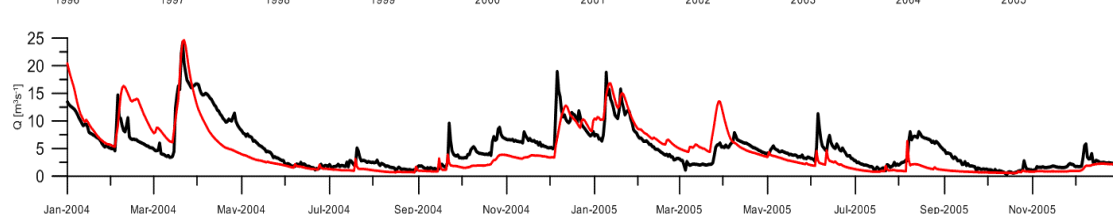
Temperature
Precipitation



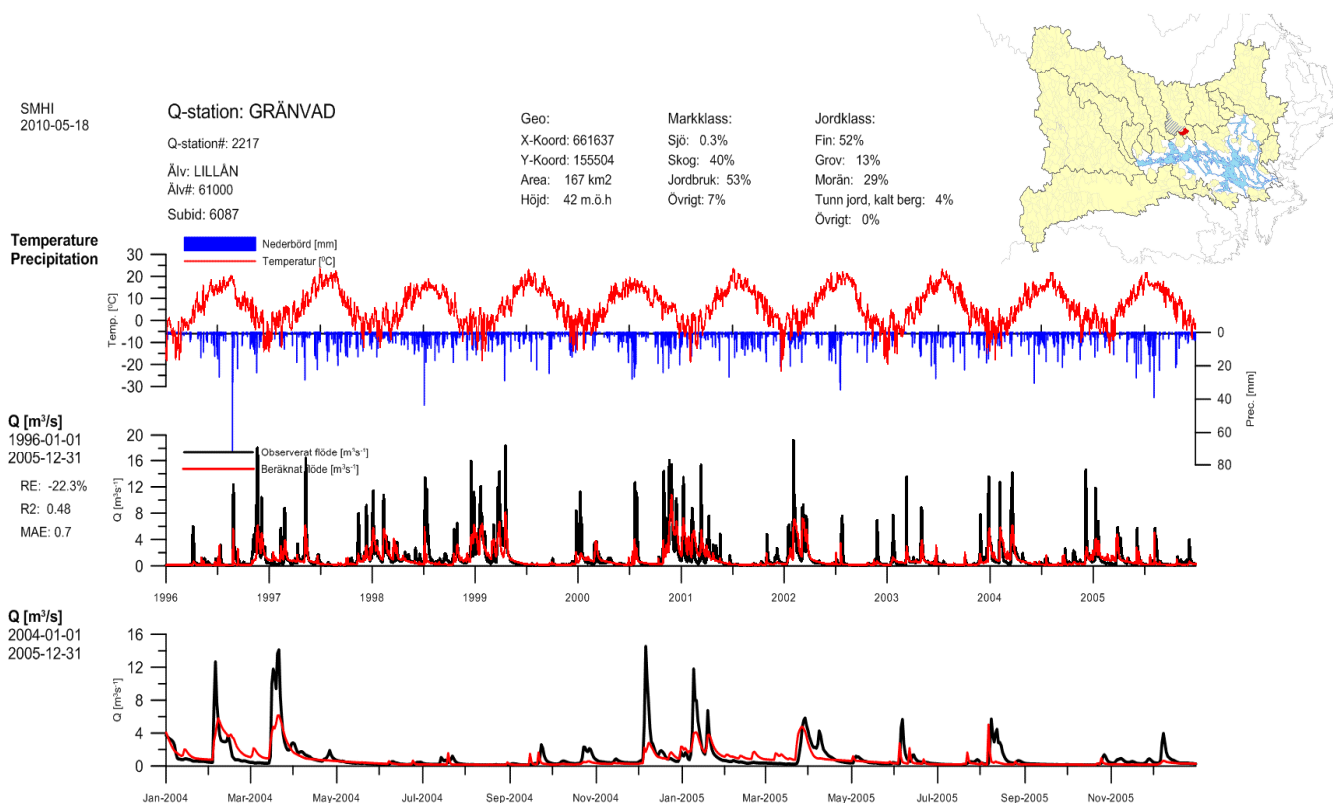
Q [m³/s]
1996-01-01
2005-12-31
RE: -8.9%
R2: 0.74
MAE: 1.9



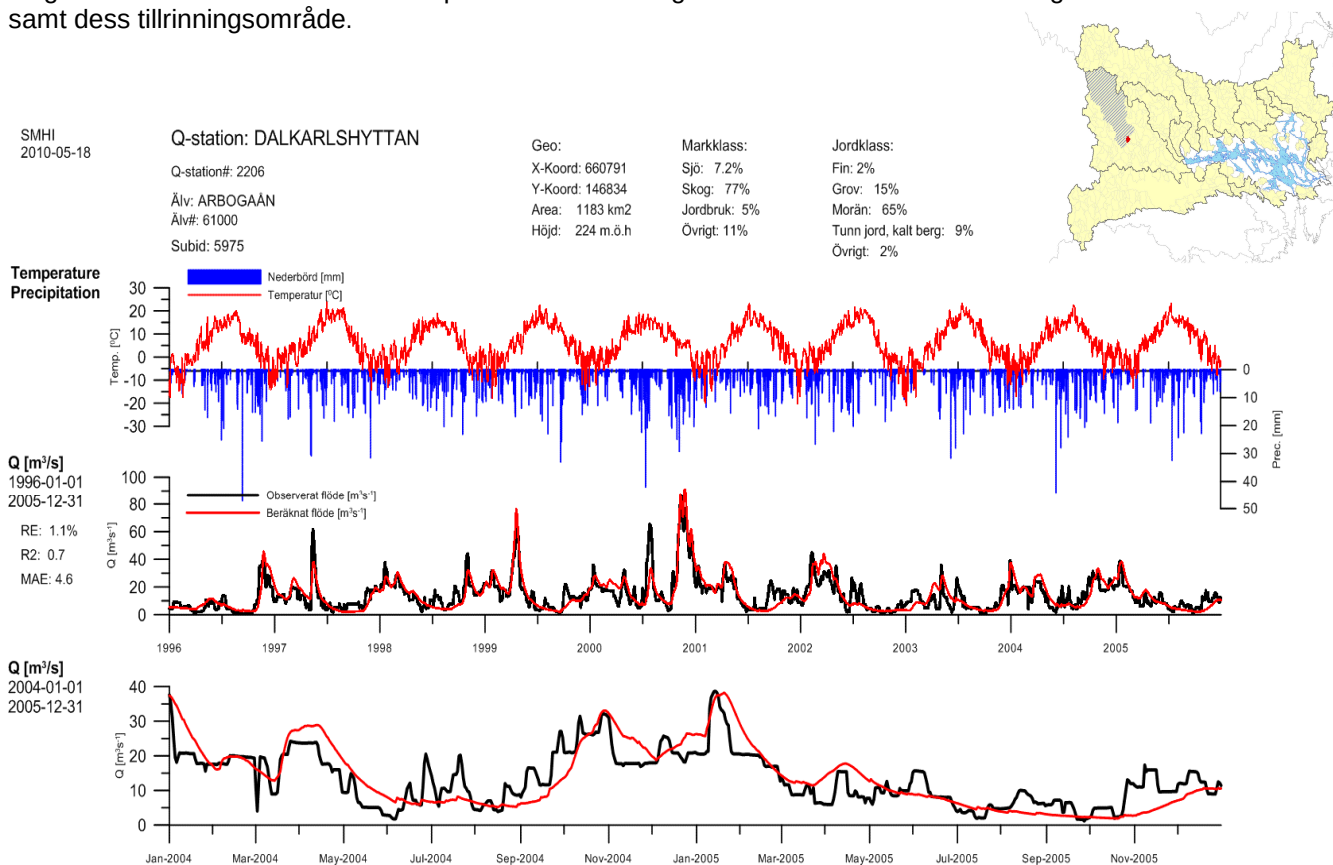
Q [m³/s]
2004-01-01
2005-12-31



Figur 15. Modellresultat för Svartån och Q-station Åkesta kvarn. Diagrammen visar simulerade och observerade flöden under perioden 1995-2005 men en förstoring av 2004-2005. Översta diagrammet visar nederbörd och temperatur. Den övre figuren visar var stationen är belägen samt dess tillrinningsområde.



Figur 16. Modellresultat för Lillån och Q-station Gränvad. Diagrammen visar simulerade och observerade flöden under perioden 1995-2005 men en förstoring av 2004-2005. Översta diagrammet visar nederbörd och temperatur. Den övre figuren visar var stationen är belägen samt dess tillrinningsområde.



Figur 17. Modellresultat för Arbogaån med Q-station Dalkarshytan. Diagrammen visar simulerade och observerade flöden under perioden 1995-2005 men en förstoring av 2004-2005. Översta diagrammet visar nederbörd och temperatur. Den övre figuren visar var stationen är belägen samt dess tillrinningsområde.

SMHI
2010-05-18

Q-station: BERG

Q-station#: 2218

Älv: SVENBYBÄCKEN

Älv#: 61000

Subid: 6051

Geo:

X-Koord: 660833

Y-Koord: 151997

Area: 36 km²

Höjd: 56 m.ö.h

Markklass:

Sjö: 0%

Skog: 70%

Jordbruk: 27%

Övrigt: 4%

Jordklass:

Fin: 28%

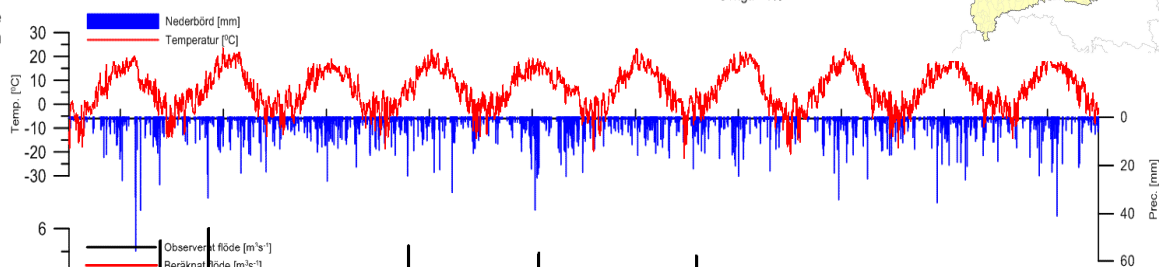
Grov: 9%

Morän: 63%

Tunn jord, kallt berg: 0%

Övrigt: 1%

Temperature Precipitation



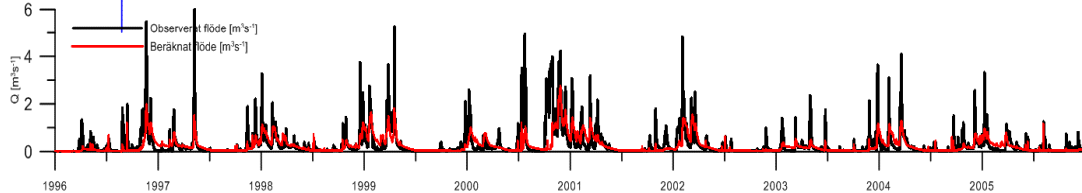
Q [m³/s]

1996-01-01
2005-12-31

RE: -22.6%

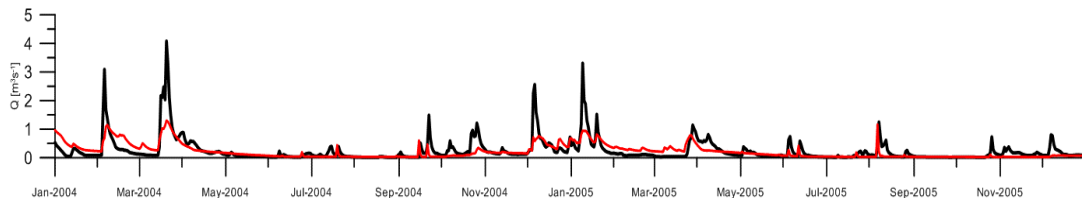
R2: 0.39

MAE: 0.2



Q [m³/s]

2004-01-01
2005-12-31



Figur 18. Modellresultat för Svensbybäcken men Q-station Berg. Diagrammen visar simulerade och observerade flöden under perioden 1995-2005 men en förstoring av 2004-2005. Översta diagrammet visar nederbörd och temperatur. Den övre figuren visar var stationen är belägen samt dess tillrinningsområde.

SMHI
2010-05-18

Q-station: SÄVJA

Q-station#: 2243

Älv: SÄVJAÅN

Älv#: 61000

Subid: 6309

Geo:

X-Koord: 663592

Y-Koord: 160652

Area: 722 km²

Höjd: 29 m.ö.h

Markklass:

Sjö: 1.2%

Skog: 63%

Jordbruk: 31%

Övrigt: 5%

Jordklass:

Fin: 22%

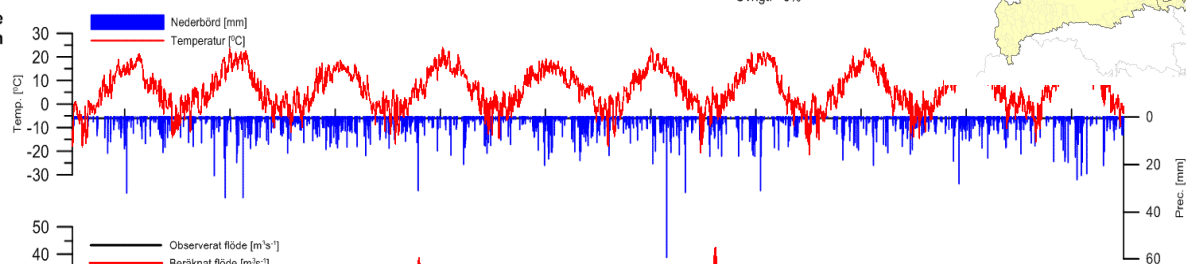
Grov: 5%

Morän: 54%

Tunn jord, kallt berg: 18%

Övrigt: 0%

Temperature Precipitation



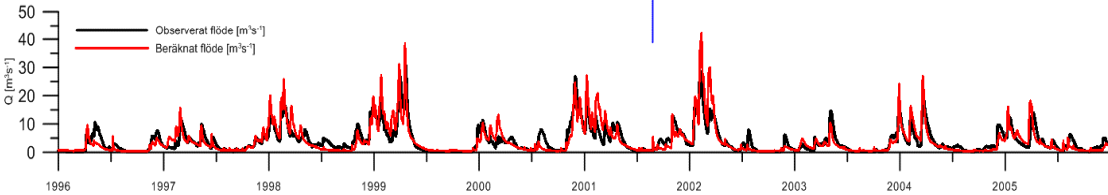
Q [m³/s]

1996-01-01
2005-12-31

RE: -1.7%

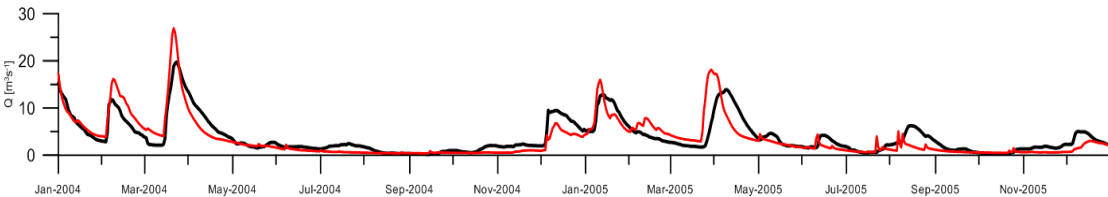
R2: 0.69

MAE: 1.6

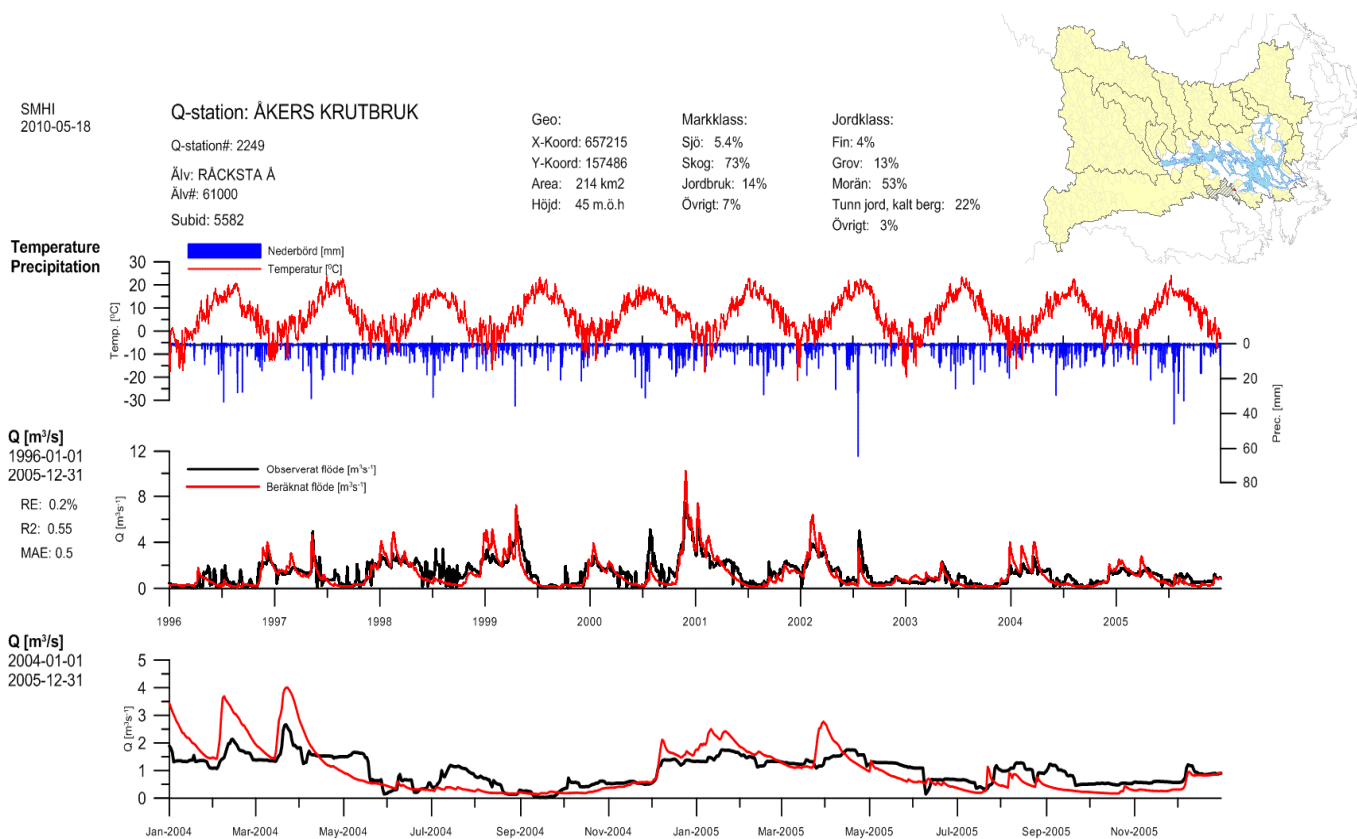


Q [m³/s]

2004-01-01
2005-12-31



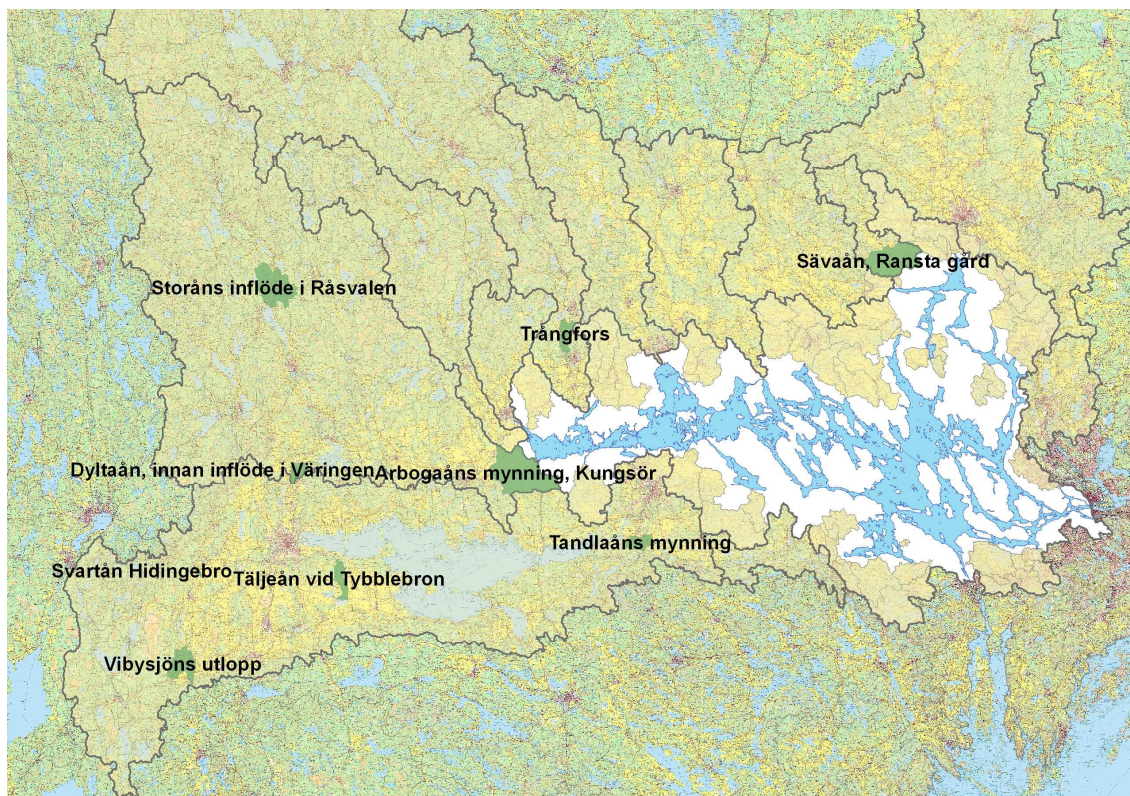
Figur 19 Modellresultat för Sävjaån och Q-station Sävja. Diagrammen visar simulerade och observerade flöden under perioden 1995-2005 men en förstoring av 2004-2005. Översta diagrammet visar nederbörd och temperatur. Den övre figuren visar var stationen är belägen samt dess tillrinningsområde.



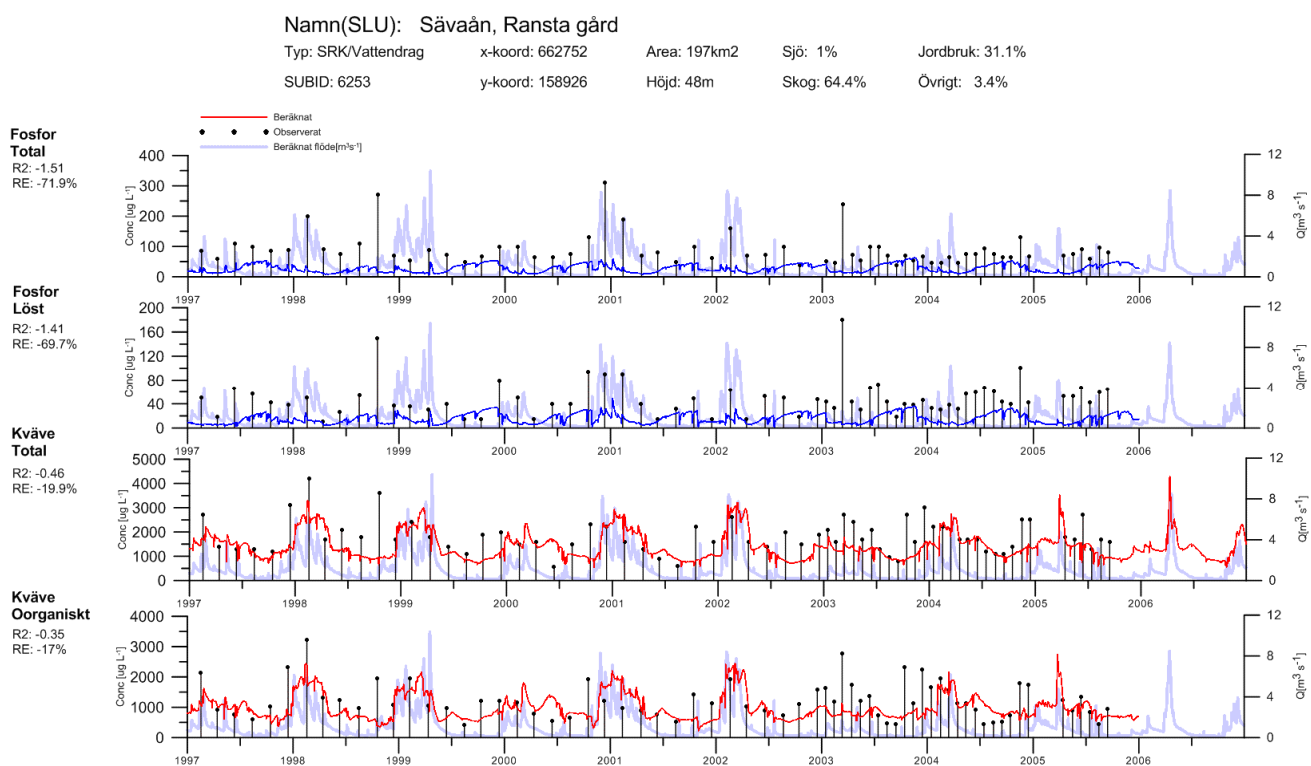
Figur 20. Modellresultat för Råcksta Å och Q-station Åkers krutbruk. Diagrammen visar simulerade och observerade flöden under perioden 1995-2005 men en förstoring av 2004-2005. Översta diagrammet visar nederbörd och temperatur. Den övre figuren visar var stationen är belägen samt dess tillrinningsområde

3.3.3 Simuleringar med N och P

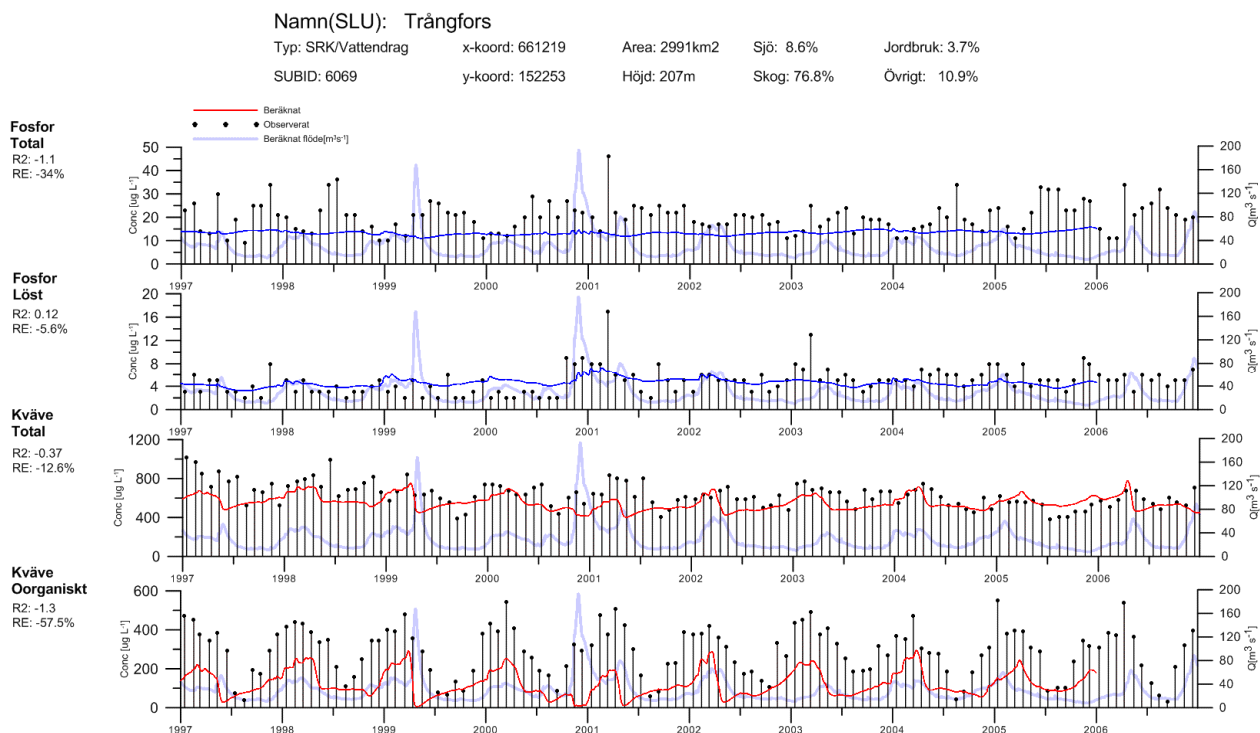
I Figur 22 – Figur 30 visas jämförelser mellan beräknade koncentrationer av kväve och fosfor och ett antal av de mätserier från mätstationer i Norrströms avrinningsområde. De två översta diagrammen visar fosfor (totalfosfor överst och löst fosfor nedan) och de två nedersta visar kväve (totalkväve överst och oorganiskt kväve nedan). Det simulerade flödet visas i bakgrunden i ljuslila. Områdenas placering visas i Figur 21. Den beräknade medelkoncentrationen av totalfosfor i centrala och östra delen av Mälaren beskriver förhållandena bra men koncentrationen av löst fosfor är för hög och koncentrationen av partikulärt fosfor är för låg. I västra delen av Mälaren är dock den tillrinnande koncentrationen av löst fosfor för låg. I



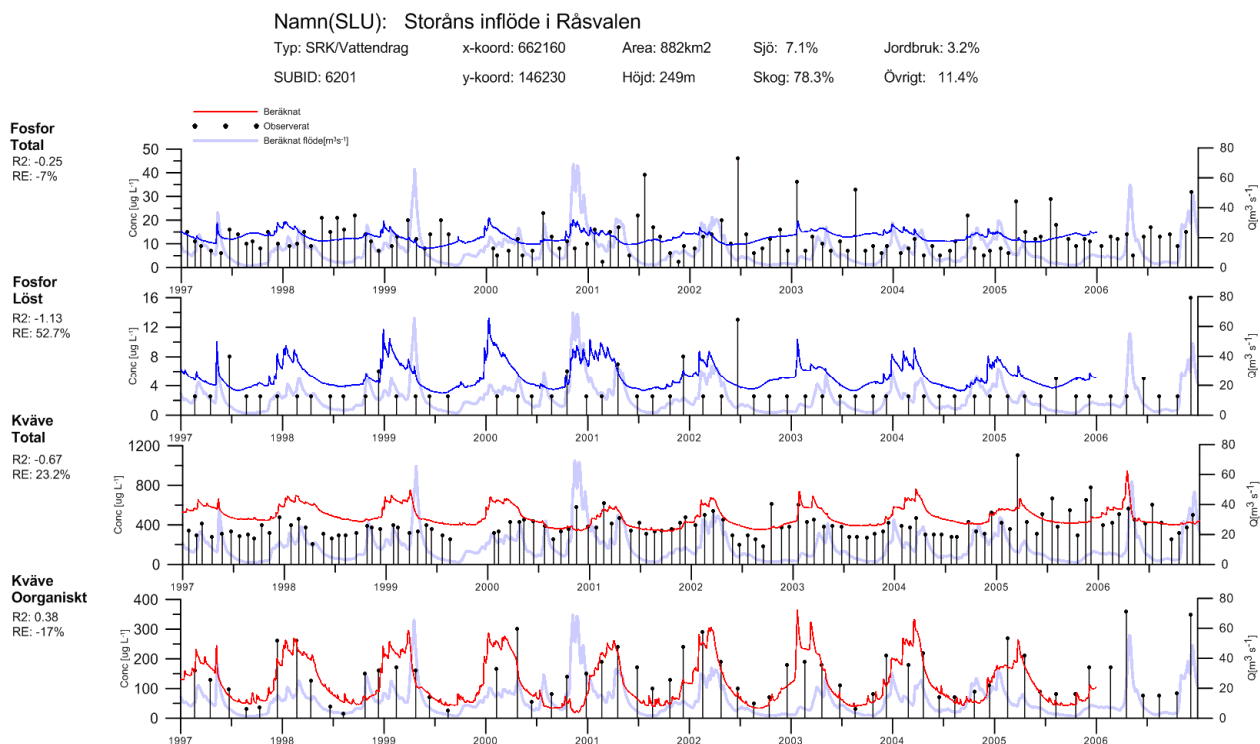
Figur 21. Områden med utvalda mätstationer ur SHYPE 2008:1.



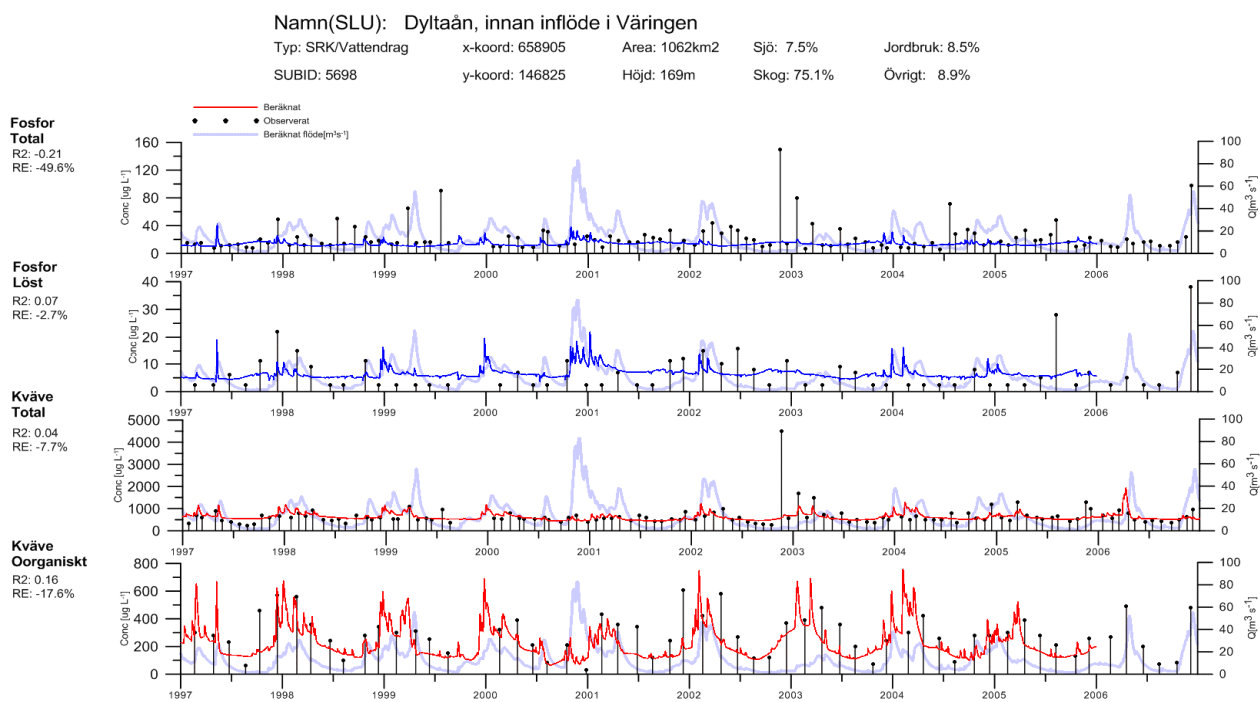
Figur 22. Savaån vid Ransta gård. Koncentration av fosfor (blå), totalfosfor (över) och löst fosfor (under), kväve (röd), totalkväve (över) och oorganiskt kväve (under) i µg/l samt simulerade flöden (ljuslila) i m³/s. Observationer för kväve och fosfor visas i staplar.



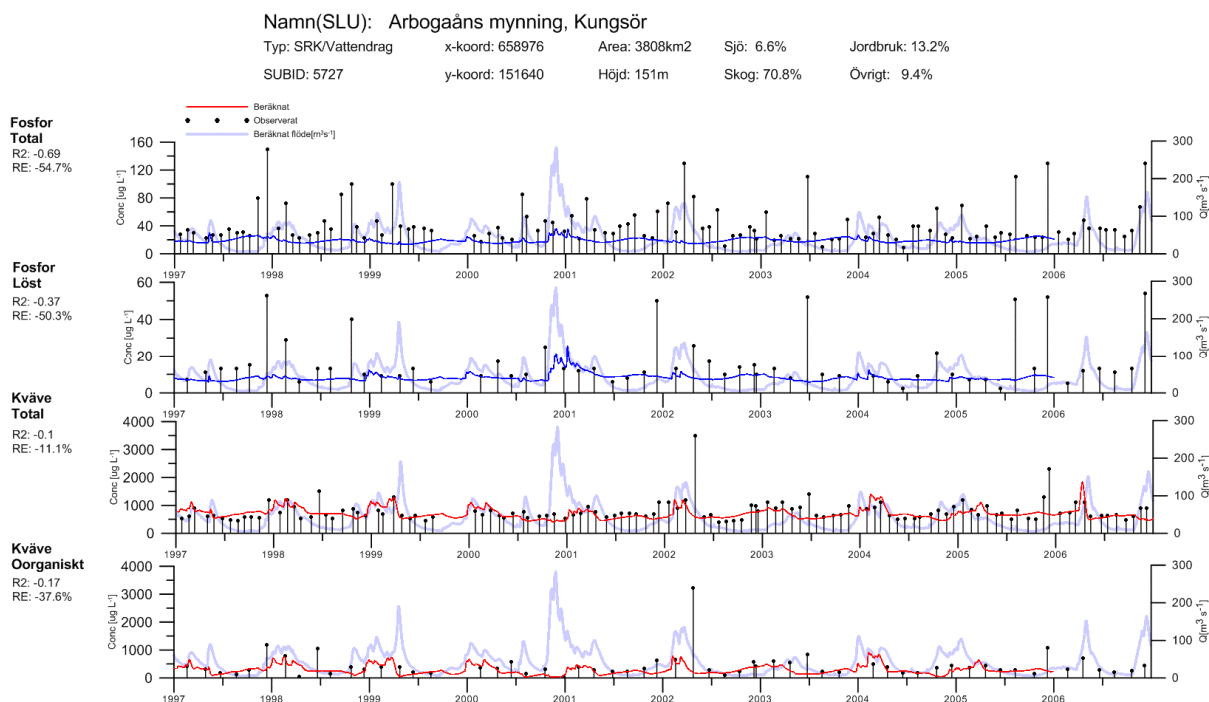
Figur 23 Trångfors. Koncentration av fosfor (blå), totalfosfor (över) och löst fosfor (under), kväve (röd), totalkväve (över) och oorganiskt kväve (under) i µg/l samt simulerade flöden (ljuslila) i m³/s. Observationer för kväve och fosfor visas i staplar.



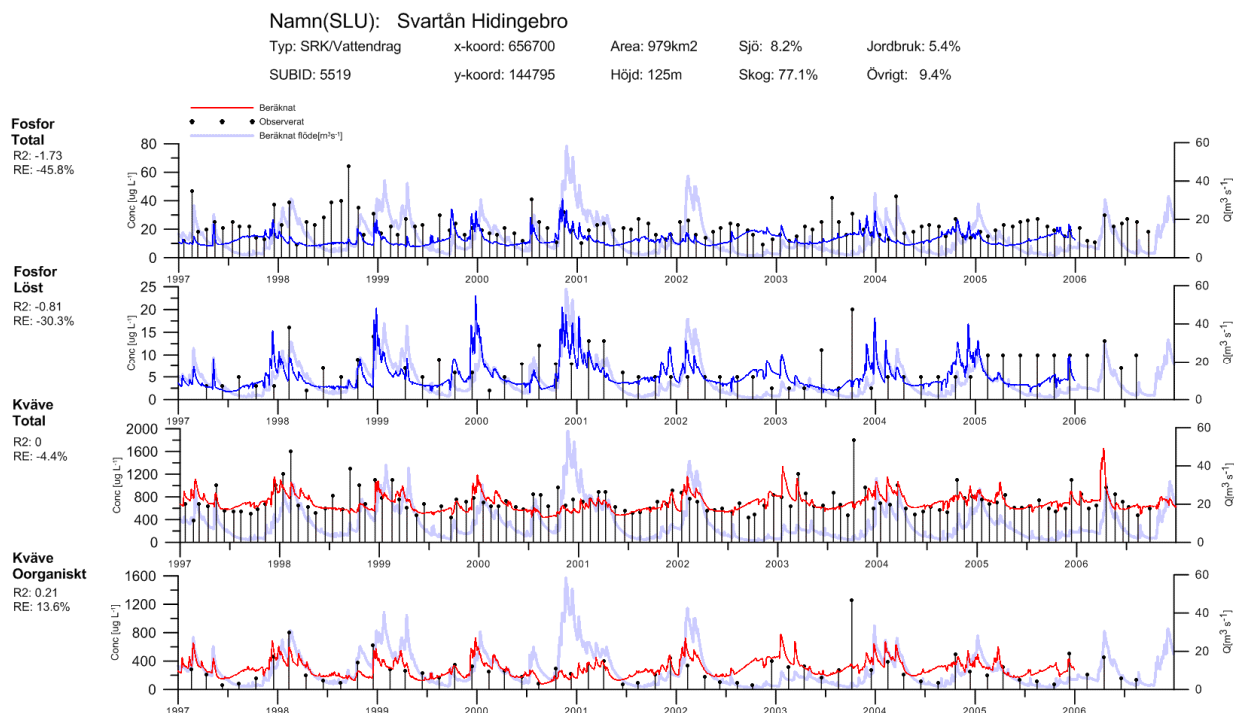
Figur 24. Storåns inflöde i Råsvalen. Koncentration av fosfor (blå), totalfosfor (över) och löst fosfor (under), kväve (röd), totalkväve (över) och oorganiskt kväve (under) i µg/l samt simulerade flöden (ljuslila) i m³/s. Observationer för kväve och fosfor visas i staplar.



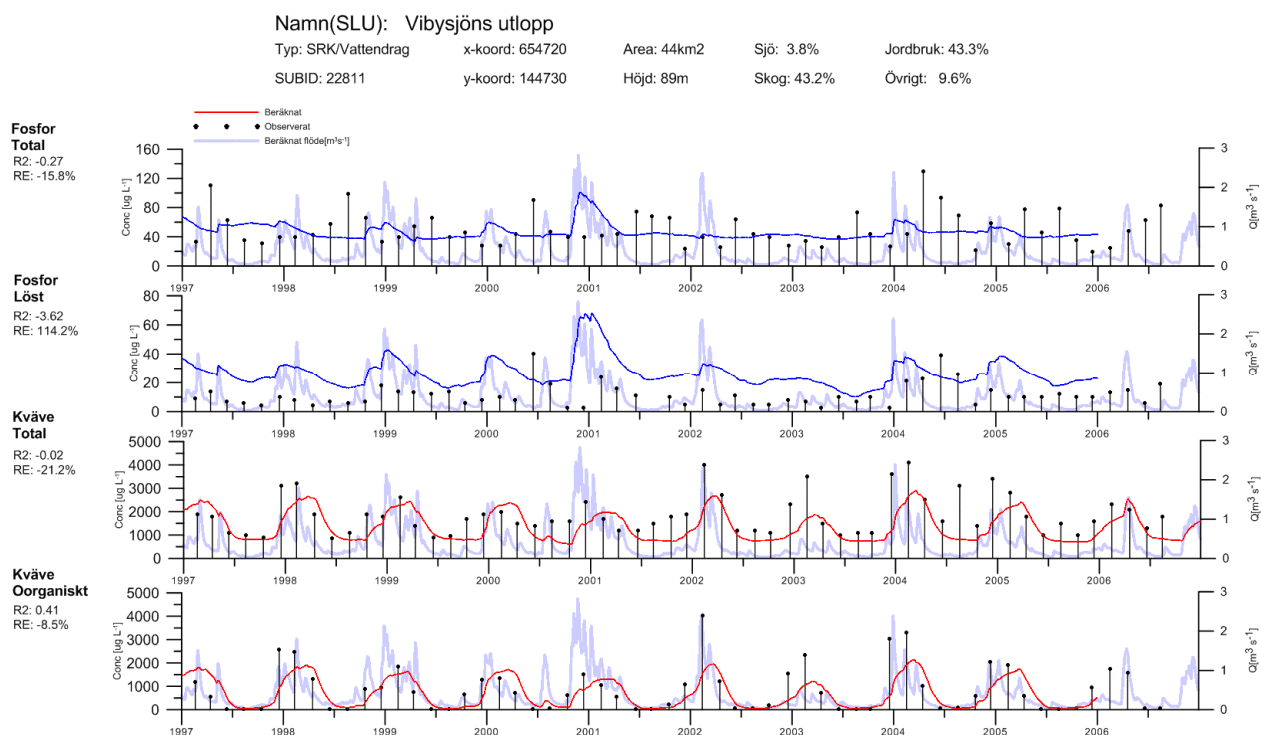
Figur 25. Dyltaån, innan inflöde i Väringen. Koncentration av fosfor (blå), totalfosfor (över) och löst fosfor (under), kväve (röd), totalkväve (över) och oorganiskt kväve (under) i µg/l samt simulerade flöden (ljuslila) i m³/s. Observationer för kväve och fosfor visas i staplar.



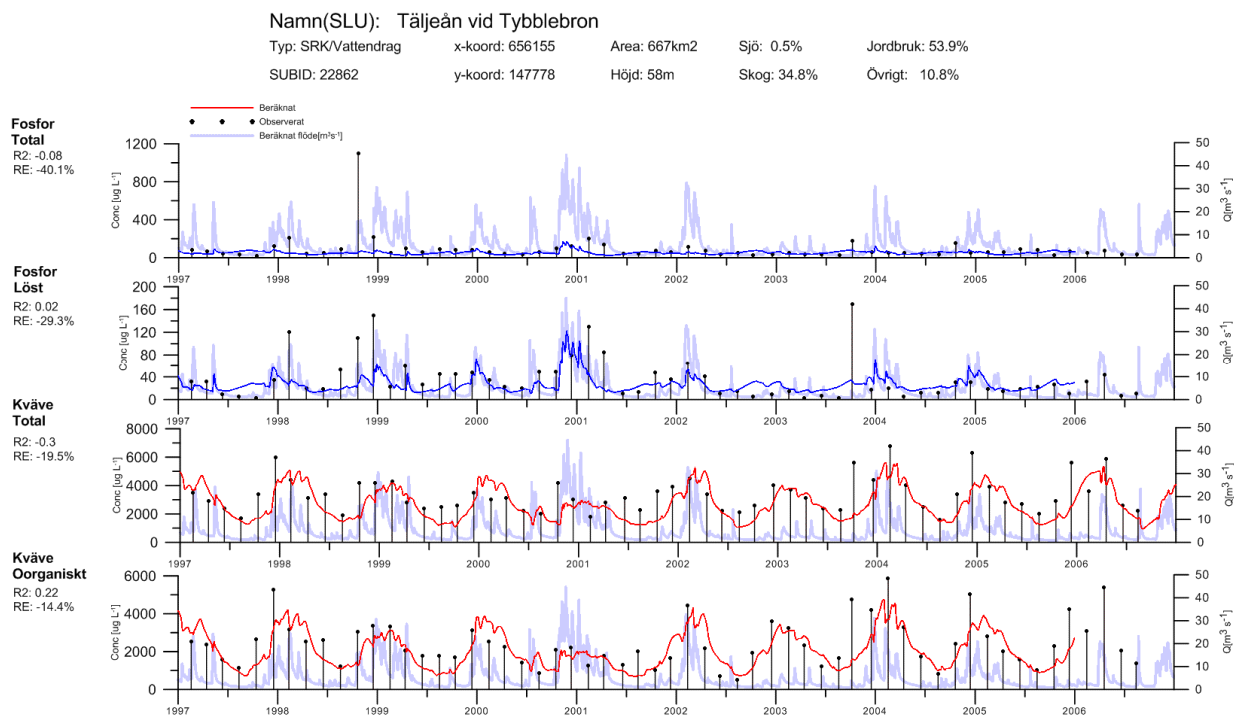
Figur 26. Arbogaåns mynning, Kungsör. Koncentration av fosfor (blå), totalfosfor (över) och löst fosfor (under), kväve (röd), totalkväve (över) och oorganiskt kväve (under) i µg/l samt simulerade flöden (ljuslila) i m³/s. Observationer för kväve och fosfor visas i staplar.



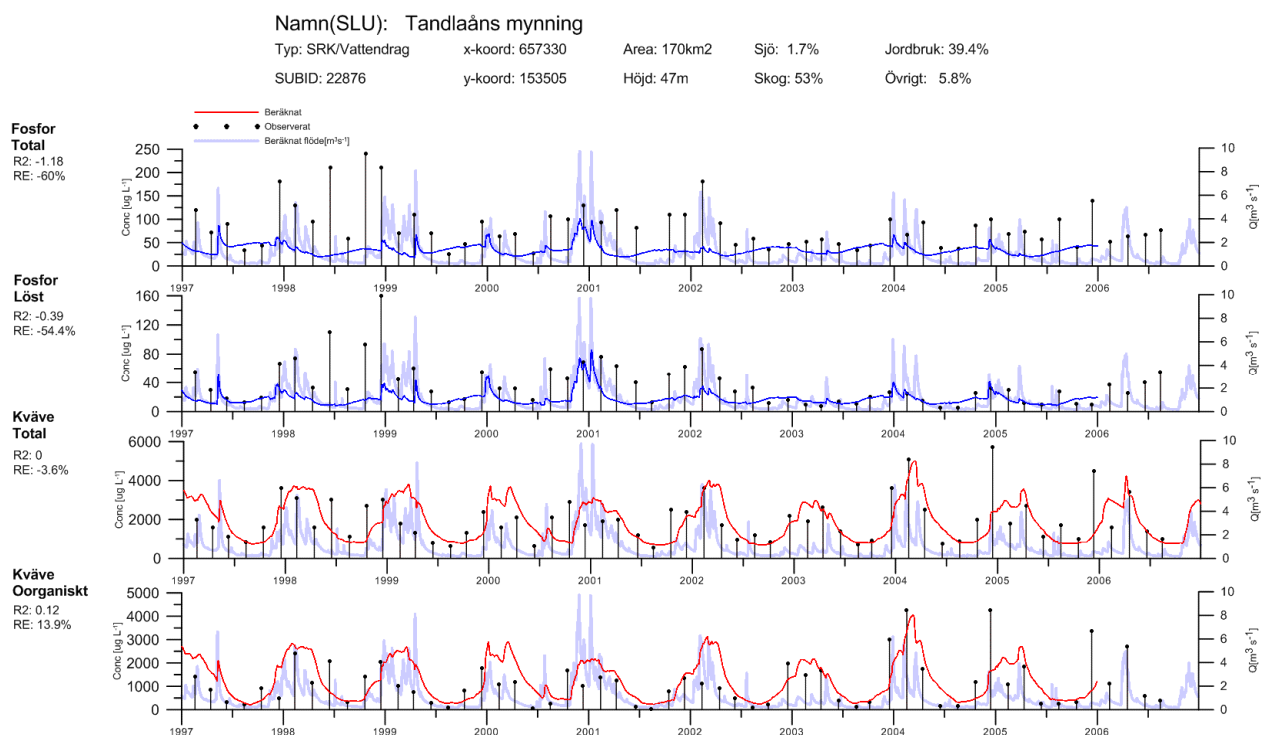
Figur 27. Svartån Hidingebro. Koncentration av fosfor (blå), totalfosfor (över) och löst fosfor (under), kväve (röd), totalkväve (över) och oorganiskt kväve (under) i µg/l samt simulerade flöden (ljuslila) i m³/s. Observationer för kväve och fosfor visas i staplar.



Figur 28. Vibysjöns utlopp. Koncentration av fosfor (blå), totalfosfor (över) och löst fosfor (under), kväve (röd), totalkväve (över) och oorganiskt kväve (under) i µg/l samt simulerade flöden (ljuslila) i m³/s. Observationer för kväve och fosfor visas i staplar.



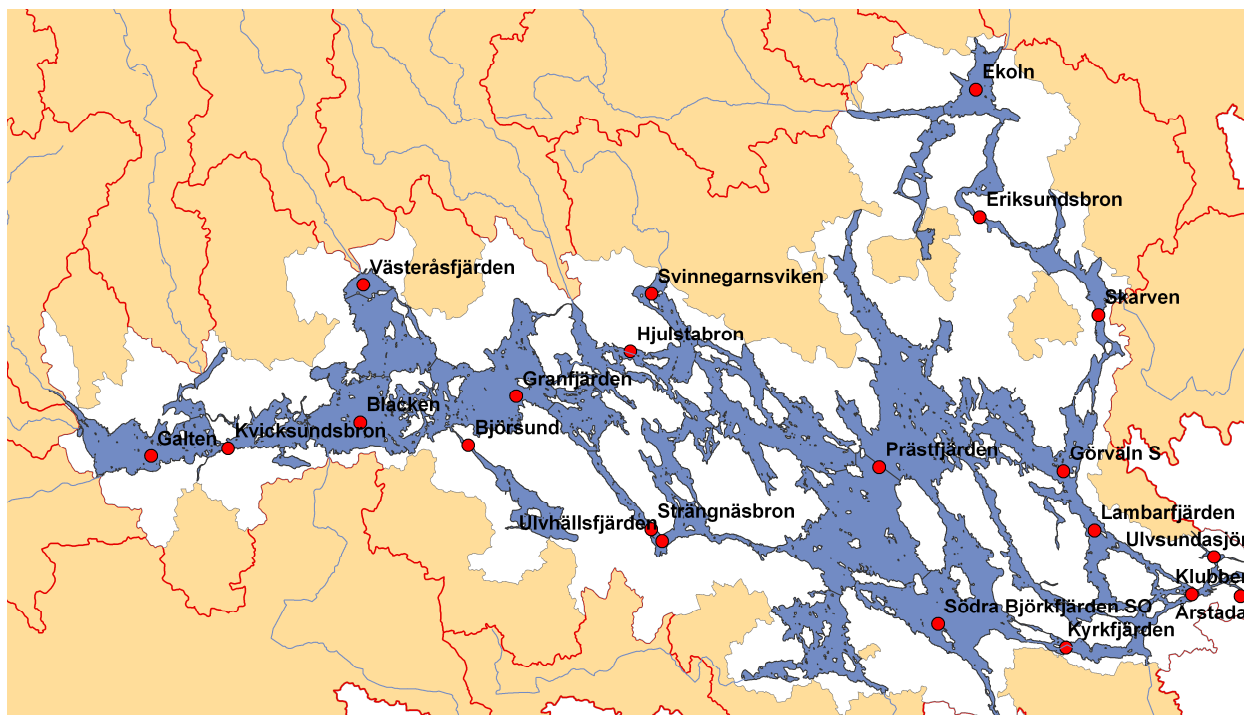
Figur 29. Täljeån vid Tybblebron. Koncentration av fosfor (blå), totalfosfor (över) och löst fosfor (under), kväve (röd), totalkväve (över) och oorganiskt kväve (under) i $\mu\text{g/l}$ samt simulerade flöden (ljuslila) i m^3/s . Observationer för kväve och fosfor visas i staplar.



Figur 30. Tandlaåns mynning. Koncentration av fosfor (blå), totalfosfor (över) och löst fosfor (under), kväve (röd), totalkväve (över) och oorganiskt kväve (under) i $\mu\text{g/l}$ samt simulerade flöden (ljuslila) i m^3/s . Observationer för kväve och fosfor visas i staplar.

3.4 Områdesbeskrivning

HOME Vattens uppsättning i Mälaren omfattar 39 vattenförekomster. De mätstationer som använts för validering av Kustzonmodellen visas i Figur 31.



Figur 31. Karta över Mälaren vattenförekomster samt de mätstationer (röda prickar) som använts för validering av Kustzonmodellen.

De vattenförekomster som ingår i Kustzonsmodellens uppsättning i Mälaren redovisas i Tabell 3 samt i den schematiska bilden över hela området som visar kopplingarna mellan vattenförekomsterna, se Figur 32. För varje vattenförekomst finns en hypsografisk kurva där vattenförekomstens area anges för varje djupnivå. Samtliga vattenförekomsternas hypsografiska kurvor visas i Figur 33. Notera att dessa hypsografer har förlängts 2m från ytan och uppåt. Detta har gjorts för att modellen ska kunna beräkna Mälaren vattenståndsvariationer. För att få ett korrekt värde på en vattenförekomsts area vid ytan tas arean alltså vid 2m djup.

I denna uppsättning av HOME Vatten i Mälaren har 11 punktkällor inkorporerats med direktutsläpp i Mälaren. Dessa punktkällor beskrivs i tabell 4.

Tabell 3. Modelluppsättningens vattenförekomstbeteckningar. Ytarea, maxdjup och VYID beteckningen är hämtade från SVAR (Svenskt VattenArkiv).

Bas	Vattenförekomst	Ytarea (km ²)	Maxdjup (m)	VYID
B001	Köpingsviken	1.10	8	659631-151422
B002	Galten	49.13	19	659285-152133
B003	Stavholmsviken	5.38	10	659669-152509
B004	Freden	2.77	16	660027-152743
B005	Mellansundet	0.74	3	659514-152934
B006	Lilla Blacken	21.55	33	659436-153353
B007	Blacken	64.91	33	659581-154227
B008	Västeråsfjärden	42.58	18	660320-154470
B009	Granfjärden	77.45	36	659878-155479
B010	Oxfjärden	20.74	23	660138-156530
B011	Oknöfjärden	27.25	34	660290-157161
B012	Arnöfjärden	72.13	49	659524-158161
B013	Norra Björkfjärden	128.50	52	659748-159464
B014	Görvåln	74.85	57	659036-160865
B015	Skarven	25.85	35	660691-161155
B016	Skofjärden	13.62	14	661813-160233
B017	Gorran	14.22	38	661995-159638
B018	Stora Ullfjärden	2.86	27	661239-159655
B019	Lårstaviken	6.40	46	662481-159408
B020	Ekoln	21.55	42	662707-160168
B021	Garnsviken	1.84	4	661499-160931
B022	Fiskarfjärden	15.26	35	657862-161862
B023	Riddarfjärden	4.71	35	657988-162552
B024	Ulvsundasjön	1.68	18	658230-162451
B025	Årstaviken	1.09	10	657835-162783
B026	Rödstensfjärden	13.03	23	657330-161320

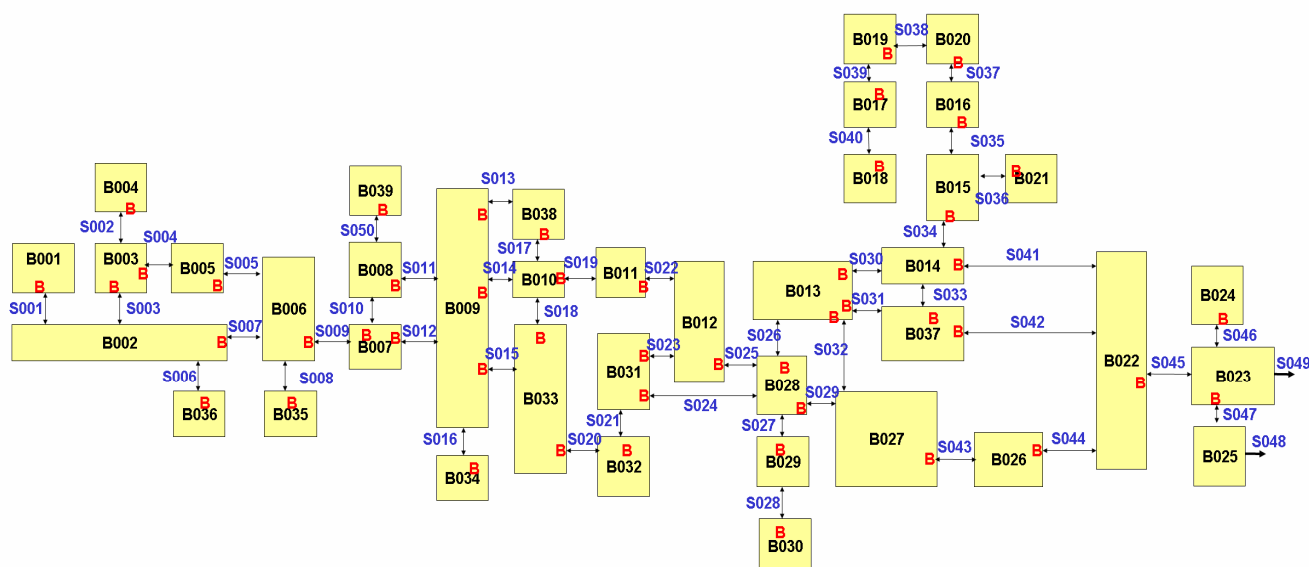
B027	Södra Björkfjärden	89.84	45	657790-159910
B028	Prästfjärden	101.19	57	658476-158996
B029	Gripsholmsviken	38.79	53	657432-158666
B030	Marielundsfjärden	6.01	21	657108-158179
B031	Tynnelsöfjärden	44.70	20	658967-157326
B032	Strängnäsfiärden	7.35	20	658830-156707
B033	Gisselfjärden	23.76	29	659574-156361
B034	Sörfjärden	21.59	11	658716-155810
B035	Väsbyviken	2.79	9	659134-153507
B036	Brobyviken	0.23	4	659034-152635
B037	Långtarmen	19.63	28	658113-160680
B038	Grisfjärden	3.27	8	660039-156174
B039	Västerås Hamnområde	7.36	12	660825-154247

Tabell 4. Punktkällor till HOME Vatten Mälaren.

Punktkälla	Utsläpp i vattenförekost	Utsläpp av Tot-N (kg/år)	Utsläpp av Tot-P (kg/år)
Norsa avr	Köpingsviken	31300	590
Bålsta avr	Norra Björkfjärden	53600	300
Svartsjö avr	Görvåln	1228	16
Skokloster avr	Skofjärden	5350	24
Ekebyhov avr	Fiskarfjärden	23200	50
Stenby-Adelsö avr	Södra Björkfjärden	1637	21
Mariefred avr	Gripsholmsviken	13100	100
Stallarholmen avr	Tynnelsöfjärden	5443	71
Strängnäs avr	Tynnelsöfjärden	63000	241
Kungsberga avr	Långtarmen	819	115
Kungsängen avr	Västerås Hamnområde	216000	3480

Kustzonsmodellen Mälaren

39 Bassänger
50 Sund

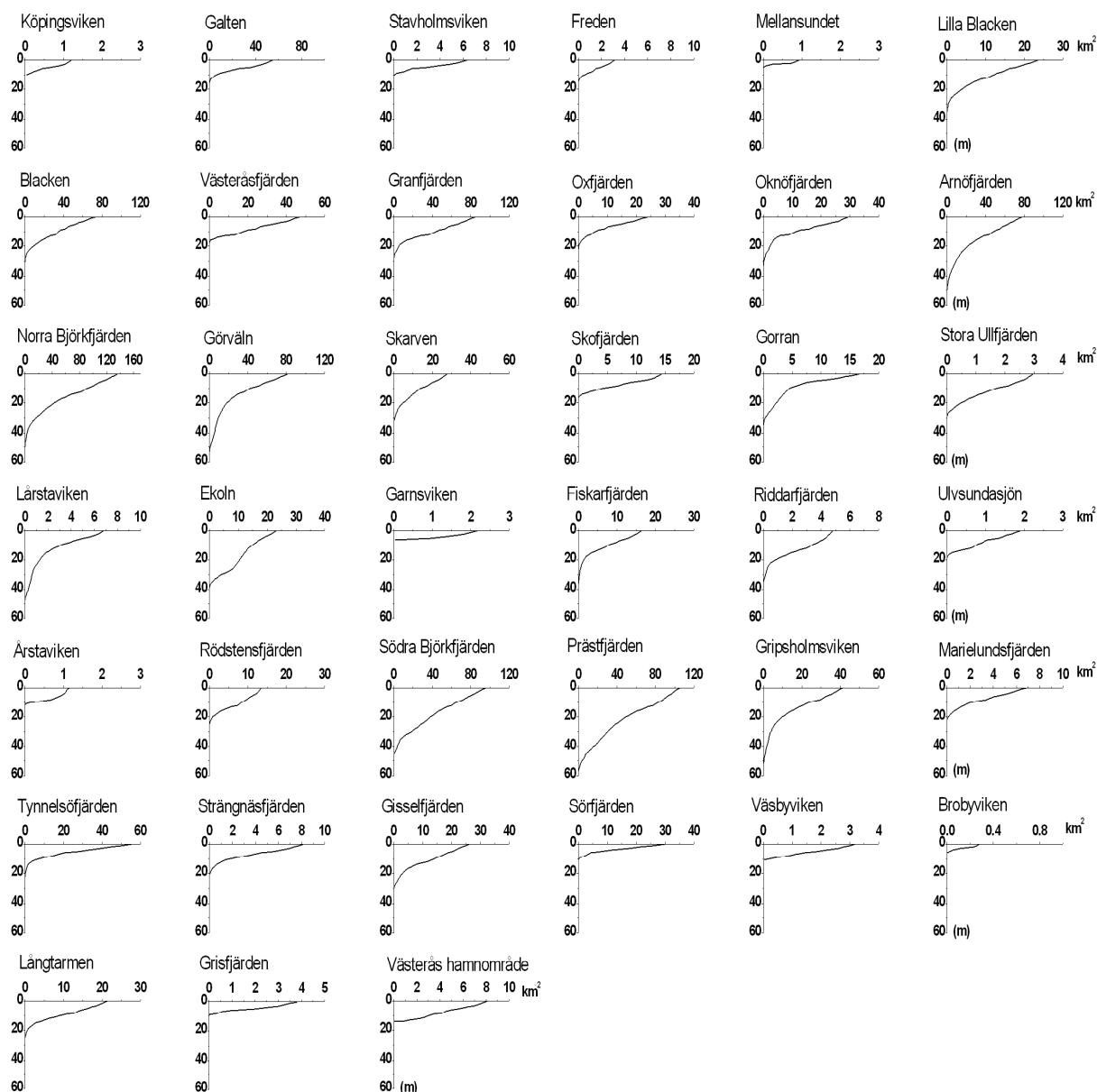


Figur 32. Schematisk beskrivning över indelningen i Mälarens 39 vattenförekomster, B001 – B039, samt sundkopplingarna (S001-S050).

Det finns tillräckligt med djupuppgifter till samtliga vattenförekomster utom till Brobyviken (=B036) som helt saknar djupuppgifter. Med tanke på att viken ligger i ett jordbruksområde gjordes antagandet att viken är grund med ett maxdjup på 4m djup. Ytarean är endast 0.23km². Hur vikens area varierar med djupet den sk hypsografen, uppskattades och dess areafördelningen ges i tabellen nedan.

Djup (m)	Area (m ²)	Volym (m ³)
0	231250	231250
1	110000	110000
2	50000	50000
3	20000	20000
4	100	100

Mälarens hypsografer



Figur 33. Area fördelningen i djupled för Mälarens 39 vattenförekomster beskrivs i s.k. hypsografer.

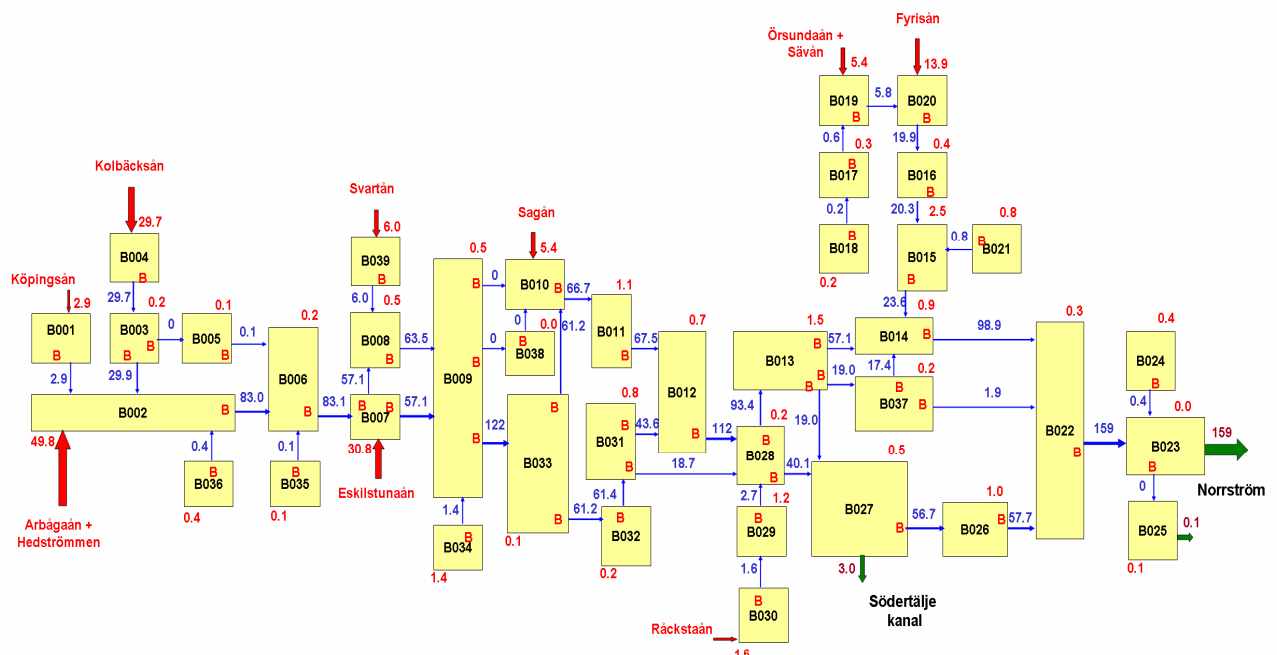
3.5 Mälarens genomströmning

Hur sker genomströmningen i Mälaren? Hur mycket av transporterna går genom Mälarens nordliga respektive sydliga vattenförekomster? I Kustzonsmodellen kan man styra vilken väg landtillrinningen skall ta genom Mälarens vattenförekomster. Ett försök till att få en momentan bild av hur genomströmningen fördelas nära Mälarens utflöde gjordes den 23 april år 2010. Då genomförde SMHI mätningar av vattentransporten mha ADCP mätare monterat på en Gummibåt. Under samma dag gjordes mätningar vid de tre platserna Lövsta som fångar transporten från nordväst, Lullehovssundet, som fångar

transporten genom Långtarmen, och Slagsta som fångar transporten från sydväst. Resultat blev att uttransporten vid Lövsta var $510\text{m}^3/\text{s}$, vid Lullehovssundet $50\text{m}^3/\text{s}$ och vid Slagsta $146\text{m}^3/\text{s}$. Procentuellt sett består uttransporten ur Mälaren denna dag till 78% av vatten som kommer från nordväst och 22% av vatten som kommer från sydväst. Notera att dessa mätningar genomfördes under en period med höga utflöden ur Mälaren. Troligen är det så att när det råder höga flöden genom Mälaren hindras den sydvästliga transporten av förträngningen vid Bockholmssundet. Vid medel och låga genomströmningar antas utflödet fördela sig mera jämt mellan den sydvästliga resp. nordvästliga transporten. I denna studie antas att ca 60% av utflödet ur Mälaren kommer nordväst ifrån och ca 40% sydväst ifrån under hela beräkningsperioden 1990-2008. Figur 34 visar schematiskt nettotransportens medelvärde genom sunden i Mälaren. Transporten kan givetvis gå i båda riktningarna samtidigt genom ett sund med lättare(=varmare) vatten över tyngre(=kallare). Nettotransporten ur en vattenförekomst betyder då uttransporten minus intransporten. Mao visar figuren hur den summerade landtillrinningen fördelas genom alla Mälarens sund.

Kustzonsmodellen Mälaren

HYPE-tillrinning (röd), sundflöden (blå)
och utflöden (grön) (m^3/s)



Figur 34. Figuren visar medelflödena(m^3/s) till, genom och ut ur Mälarens alla 39 vattenförekomster

4 VALIDERING

Modellresultatens giltighet fastställs genom att validera dem mot uppmätta data. Ett antal av de stationer som ingår i SLUs (Sveriges lantbruks Universitet) och Stockholm Vattens mätprogram 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 vattenförekomst. Därför borde den ideala placeringen av en mätstation, för att användas vid valideringen, vara centralt i vattenförekomsten nära dess maximala djup. Detta villkor är ofta uppfyllt i Mälaren. Det finns dock 4 undantag bland de utvalda valideringsstationerna. Dessa är Galten som har ett maxdjup på 19m medan maxdjupet vid mätplatsen är endast 10m, Oknöfjärden har ett maxdjup på 34m medan mätplatsens (Svinnegarnsviken) maxdjup bara är 10m, Tynnelsöfjärden som har ett maxdjup på 20m medan mätplatsens (Ulvhällsfjärden) maxdjup är 10m. Slutligen gäller detta också Riddarfjärden som har ett maxdjup på 35m medan mätplatsens maxdjup bara är 18m. I detta fall beror det på att gränsen mellan vattenförekomsterna Fiskarfjärden och Riddarfjärden har hamnat på en olycklig plats vid mätstationen Klubben. Denna gräns kommer att flyttas längre in mot själva Riddarfjärden och därmed kommer den nya Riddarfjärden att få ett maxdjup som mer överensstämmer med mätstationens maxdjup på 18m

Ett 20-tal mätstationer i Mälaren har använts vid kalibreringen och valideringen av Kustzonsmodellen, se Figur 31. Att få till en bra kalibrering av området kräver bra mätdata. Med bra mätdata menas här att mätningar av temperatur, TotN, NO₃, TotP, PO₄, klorofyll och syrgashalt ska finnas varje månad från flera olika djup. Detta villkor är så gott som alltid uppfyllt i fallet med mätdata från Stockholm Vatten. När det gäller mätdata insamlat av SLU är villkoret nästan alltid uppfyllt för månaderna mars till oktober. Tyvärr saknas så gott som alltid vinterdata vid SLUs mätstationer.

Tabell 5 visas vilka mätstationer som använts och i vilka vattenförekomster de ligger. De 14 vattenförekomster som är markerade med fet stil har valts ut för att visa hur de observerade och beräknade variablerna temperatur, syrgas, nitrat, totalkväve, fosfat, totalfosfor, växtplankton och vattnets medelålder varierar under beräkningsperioden 1990-2008, se figurerna 35-48. Genom en vidareutveckling av Kustzonsmodellen visas den ny variabeln vattnets medelålder. Denna rapport visar hur lång tid ytvattnet uppehåller sig i en vattenförekomst. Variabeln beräknas liksom alla andra ingående variabler för alla djup inom en vattenförekomst. En förutsättning är att man antar att allt vatten som kommer från land eller punktkällor har åldern noll när det når respektive vattenförekomst. För en fullständig beskrivning av teorin omkring vattnets medelålder se Engqvist (1996, 2006).

Tabell 5. Tabellen visar de mätstationer som använts vid validering av kustzonmodellen. I rapporten presenteras valideringen från de 14 vattenförekomster och stationer som är markerade med fet stil.

Bas-nr	Vattenförekomst	Maximalt djup (m)	Mätstation	Maximalt mätdjup (m)
B002	Galten	19	Galten	10
B006	Lilla Blacken	33	Kvicksundsbron	Ytan
B007	Blacken	33	Blacken	25
B009	Granfjärden	36	Granfjärden	30
B010	Oxfjärden	23	Hjulstabron	Ytan
B011	Oknöfjärden	34	Svinnegarnsviken	10
B014	Görväln	57	Görväln	40
B015	Skarven	35	Skarven	30
B016	Skofjärden	14	Eriksundsbron	Ytan
B020	Ekoln	42	Ekoln	30
B022	Fiskarfjärden	35	Klubben	34
B023	Riddarfjärden	35	Riddarfjärden	18
B024	Ulvsundasjön	18	Ulvsundasjön	14
B025	Årstaviken	10	Årstadal	8
B026	Rödstensfjärden	23	Kyrkfjärden	23
B027	Södra Björkfjärden	45	Södra Björkfjärden	40
B028	Prästfjärden	57	Prästfjärden	40
B031	Tynnelsöfjärden	20	Ulvhällsfjärden	10
B032	Strängnäs-fjärden	20	Strängnäsbron	Ytan
B034	Sörfjärden	11	Björsund	Ytan
B039	Västerås Hamnområde	12	Västeråsfjärden	8

Galten.

Galten ligger i Mälarens västra del. Området har en yta på 49km^2 och ett maximalt djup på 19m. Den lokala tillrinningen från land till området är stor med ett medelvärde på $51\text{m}^3/\text{s}$. Mätstationen Galten ligger centralt i området, se Figur 31. I Figur 35 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 10m.

Den observerade vattentemperaturen vid ytan och botten beskrivs väl av modellen.

När det gäller syrgasförhållandena är överensstämmelsen god mellan beräknade och mätta värden förutom några enstaka låg mätningar ex år 2006. Variationerna i både mätdata och modellerade data ligger normalt i intervallet 8 och 14 mg/l.

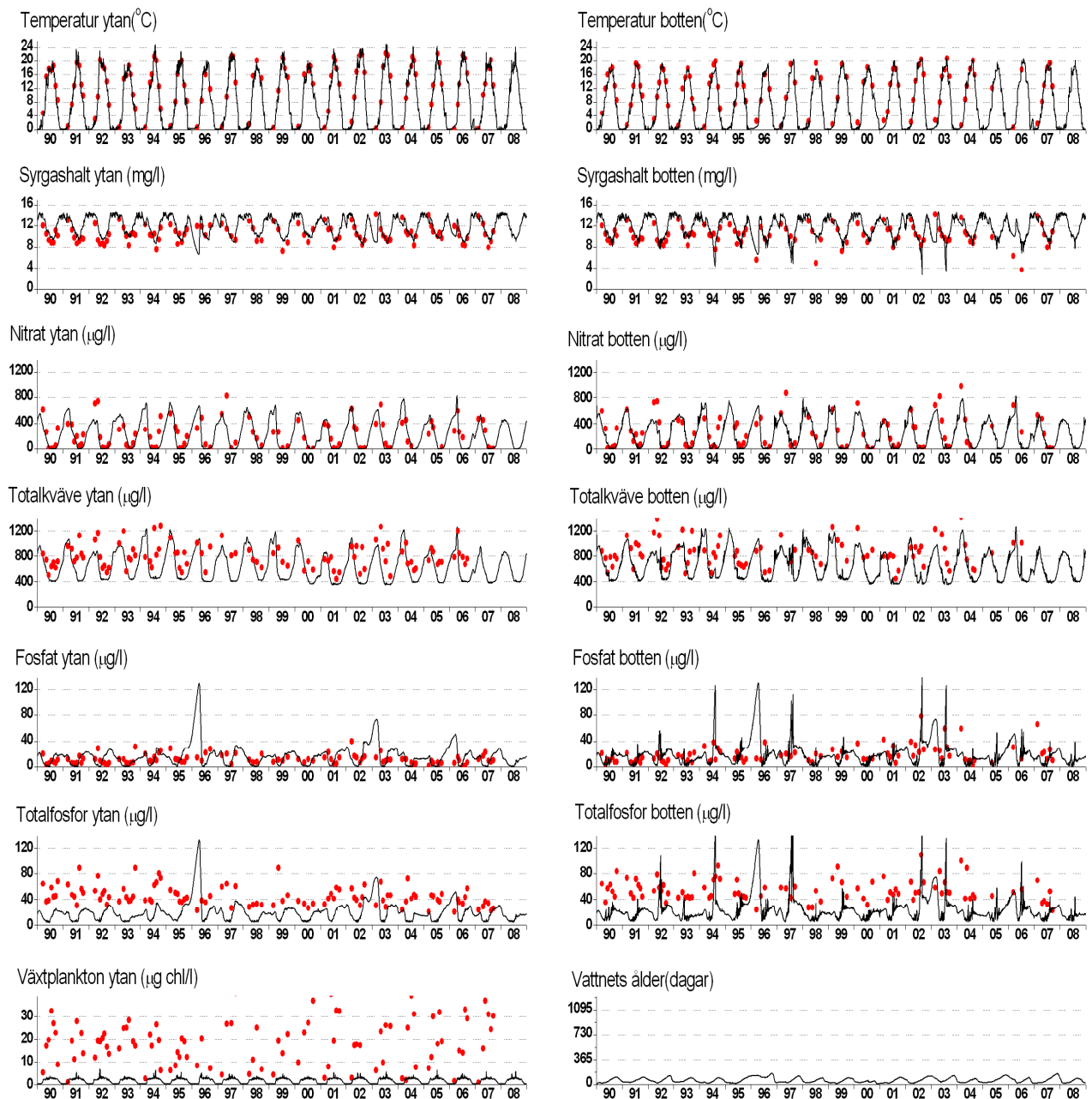
För nitrat- och totalkvävekoncentrationen är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i både yt- och bottenvatten. Både mätdata och modellerade data varierar normalt i intervallet $0\text{--}600\mu\text{g/l}$ för nitrat och $400\text{--}1200\mu\text{g/l}$ för totalkväve.

Modellen beskriver även de mätta koncentrationerna av fosfat i både yta och botten på ett bra sätt med variationer i intervallet $0\text{--}30\mu\text{g/l}$. Vad gäller totalfosfor är dock förhållandena helt annorlunda. Här är överensstämmelsen dålig mellan mätningar och beräkningar i både yt- och bottenvatten. Mätdata av totalfosfor varierar mestadels i intervallet $40\text{--}80\mu\text{g/l}$ medan modellresultaten varierar mellan $5\text{--}40\mu\text{g/l}$ för totalkväve. Eftersom fosfatmätningarna beskrivs bra i modellen blir slutsatsen den att den stora skillnaden i totalfosfor beror på att HYPE modellen underskattar transporten av partikulärt fosfor till Mälaren.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan $0\text{--}5\mu\text{g chl/l}$ medan mätningarna oftast ligger mellan $0\text{--}30\mu\text{g chl/l}$.

Som sista graf visas vattnets medelålder i Galten. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är knappt 2 månader med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning.

Galten



Figur 35. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Galten.

Blacken.

Blacken ligger i Mälarens västra del. Området har en yta på 65km² och ett maximalt djup på 33m. Den lokala tillrinningen från land till området är stor med ett medelvärde på 25m³/s. Mätstationen Blacken ligger centralt i området, se Figur 31. I Figur 36 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 25m.

Variationerna i den observerade vattentemperaturen vid både ytan och botten beskrivs väl av modellen.

När det gäller koncentrationen av syrgas i ytvattnet är överensstämmelsen tämligen god mellan beräknade och mätta värden. Koncentrationen varierar i ytvattnet mellan 8 och 14 mg/l. I bottenvattnet når mätningarna sina lägsta värden, 0–4mg/l, under hösten. Dessa låga värden når inte modellen vars värden varierar mellan 2–4mg/l.

För nitrat- och totalkvävekoncentrationen är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i både yt- och bottenvatten dock med en viss underskattning av

totalkvävekoncentrationen i bottenvattnet. Både mätdata och modellerade data varierar normalt i intervallet 0-800µg/l för nitrat och 500–1200µg/l för totalkväve.

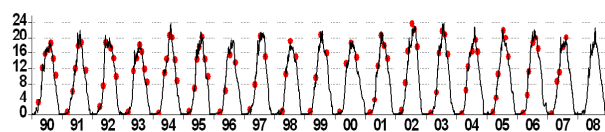
Modellen beskriver även de mätta koncentrationerna av fosfat i både yta och botten på ett bra sätt med normala variationer i intervallet 0–40µg/l. Den avvikelse som finns i bottenvattnet beror på att modellen beräknar alldeles för höga fosfatkoncentrationer vid låga syrevärden under hösten. Processen som beskriver hur och när fosfat lösgörs från sedimenten är inte korrekt beskriven i modellen. I dagens SCOBİ version avgår fosfat från sedimenten när syrehalten vid botten sjunker enligt en nära linjär funktion. I verkligheten avgår fosfaten först vid mycket låga syrekoncentrationer. I en nyutvecklad version av SCOBİ har denna sedimentprocess förändrats för att mer likna verkligheten. Den nya SCOBİ versionen kommer att testas under hösten 2010 och om den ger bättre resultat kommer den att implementeras i Kustzonsmodellen. Vad gäller totalfosfor är dock förhållandena helt annorlunda. Här är överensstämmelsen dålig mellan mätningar och beräkningar i både yt- och bottenvatten. Mätdata av totalfosfor varierar mestadels i intervallet 30-60µg/l medan modellresultaten varierar mellan 5–40µg/l bortsett från de mycket höga värdena orsakade av fosfaten. Eftersom fosfatmätningarna beskrivs tämligen bra i modellen, bortsett från de mycket höga värdena vid botten, blir slutsatsen den att den stora skillnaden i totalfosfor beror på att HYPE modellen underskattar transporten av partikulärt fosfor till Mälaren.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan 0-5µg chl/l medan mätningarna oftast ligger mellan 0-30µg chl/l.

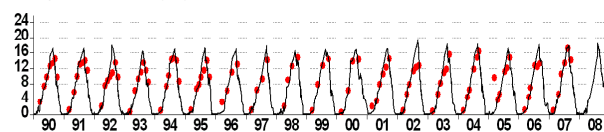
Som sista graf visas vattnets medelålder i Blacken. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är drygt 5 månader med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning.

Blacken

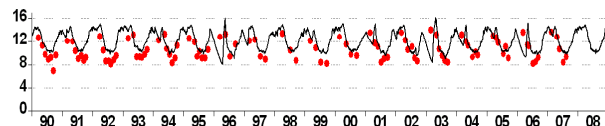
Temperatur ytan(°C)



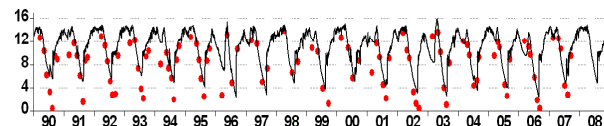
Temperatur botten(°C)



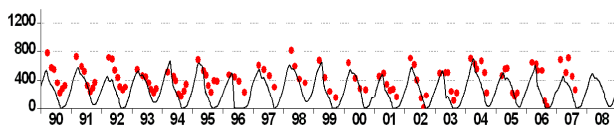
Syrgashalt ytan (ml/l)



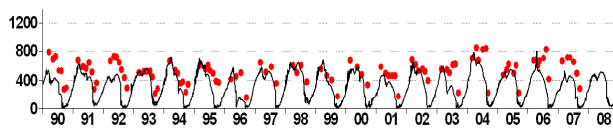
Syrgashalt botten (ml/l)



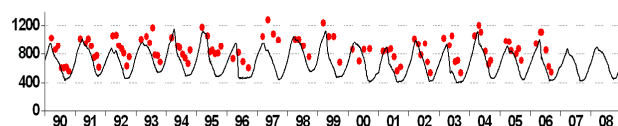
Nitrat ytan (µg/l)



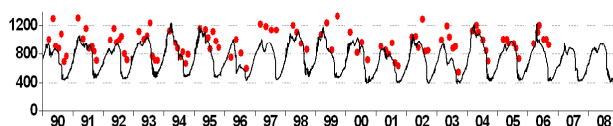
Nitrat botten (µg/l)



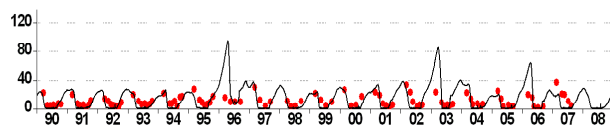
Totalkväve ytan (µg/l)



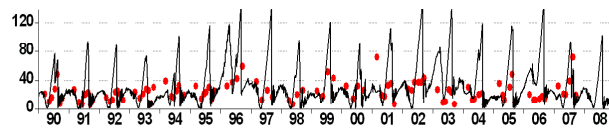
Totalkväve botten (µg/l)



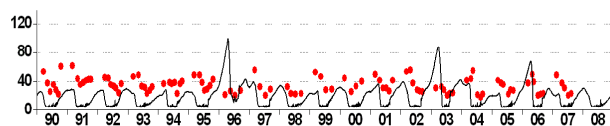
Fosfat ytan (µg/l)



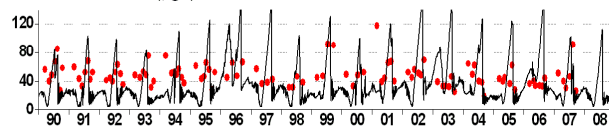
Fosfat botten (µg/l)



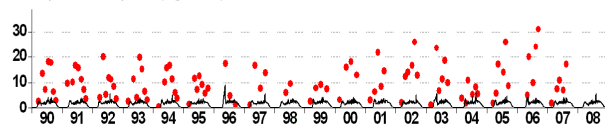
Totalfosfor ytan (µg/l)



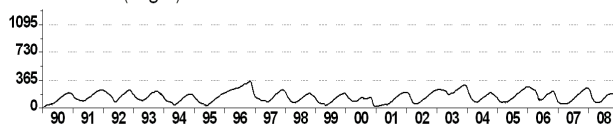
Totalfosfor botten (µg/l)



Växtp plankton ytan (µg chl/l)



Vattnets ålder(dagar)



Figur 36. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Blacken.

Granfjärden.

Granfjärden ligger strax öster om Blacken. Området har en yta på 77km^2 och ett maximalt djup på 36m. Den lokala tillrinningen från land till området är liten med ett medelvärde på $0.52\text{m}^3/\text{s}$. Mätstationen Granfjärden ligger i områdets östra del, se Figur 31. I Figur 37 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 30m.

Den observerade vattentemperaturen vid ytan och botten beskrivs väl av modellen.

När det gäller koncentrationen av syrgas i ytvattnet är överensstämmelsen tämligen god mellan beräknade och mätta värden. Koncentrationen i ytvattnet varierar mellan 8 och 14 mg/l. I bottenvattnet når mätningarna sina lägsta värden, 0–4mg/l, under hösten. Dessa låga värden når inte modellen vars lägsta värden varierar mestadels mellan 2–4mg/l.

För nitrat- och totalkvävekoncentrationen är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i både yt- och bottenvatten. Både mätdata och modellerade data varierar normalt i intervallet 0-600 $\mu\text{g/l}$ för nitrat och 400–1200 $\mu\text{g/l}$ för totalkväve.

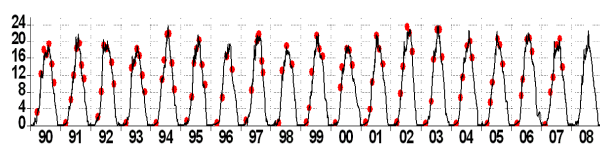
Modellen beskriver även de mätta koncentrationerna av fosfat i både yta och botten på ett bra sätt med normala variationer i intervallet 0–40 $\mu\text{g/l}$. Den avvikelse som finns i bottenvattnet beror på att modellen beräknar alldeles för höga fosfatkoncentrationer vid låga syrevärden under hösten på samma sätt som sker i Blacken. Mätdata av totalfosfor varierar mestadels i intervallet 20-60 $\mu\text{g/l}$ medan modellresultaten varierar mellan 5-40 $\mu\text{g/l}$ bortsett från de mycket höga värdena orsakade av fosfatkoncentrationen. Eftersom fosfatmätningarna beskrivs tämligen bra i modellen, bortsett från de mycket höga värdena vid botten, blir slutsatsen den att den stora skillnaden i totalfosfor beror på att HYPE modellen underskattar transporten av partikulärt fosfor till Mälaren.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan 0-5 $\mu\text{g chl/l}$ medan mätningarna oftast ligger mellan 0-30 $\mu\text{g chl/l}$.

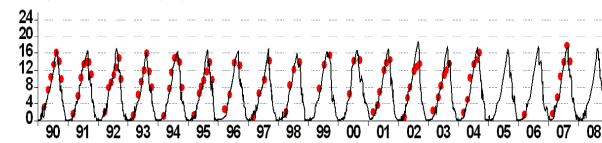
Som sista graf visas vattnets medelålder i Granfjärden. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är knappt 9 månader med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning.

Granfjärden

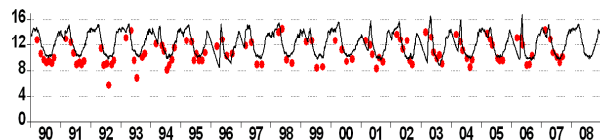
Temperatur ytan(°C)



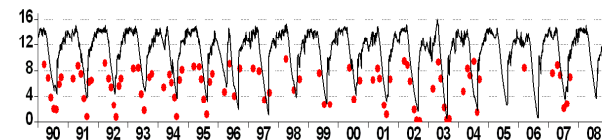
Temperatur botten(°C)



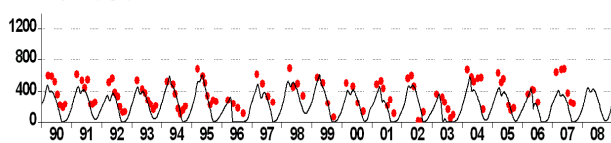
Syrgashalt ytan (mg/l)



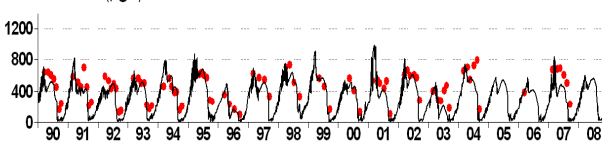
Syrgashalt botten (mg/l)



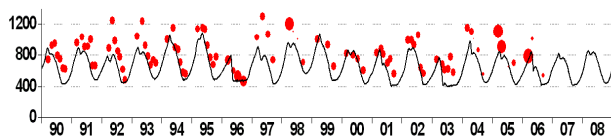
Nitrat ytan(µg/l)



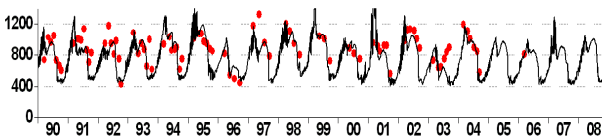
Nitrat botten(µg/l)



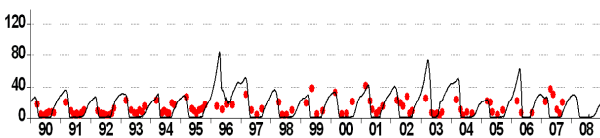
Totalkväve ytan(µg/l)



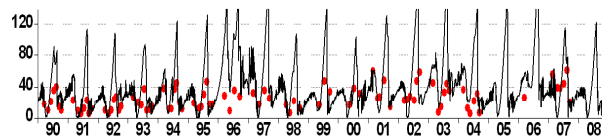
Totalkväve botten(µg/l)



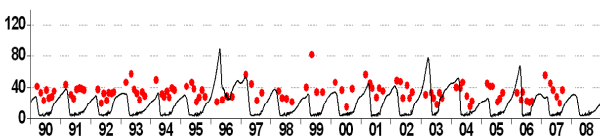
Fosfat ytan(µg/l)



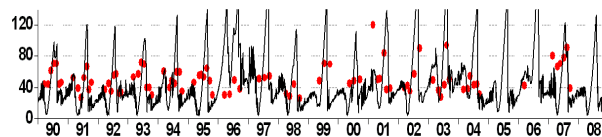
Fosfat botten(µg/l)



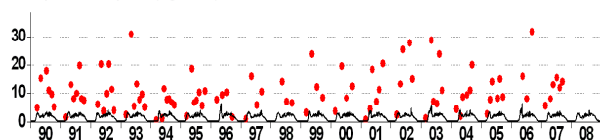
Totalfosfor ytan(µg/l)



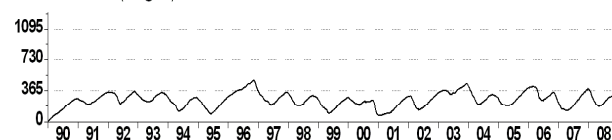
Totalfosfor botten(µg/l)



Växtplankton ytan (µg chl/l)



Vattnets ålder(dagar)



Figur 37. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Granfjärden.

Oknöfjärden.

Oknöfjärden ligger nordost om Granfjärden. Området har en yta på 27km² och ett maximalt djup på 34m. Den lokala tillrinningen från land till området är tämligen liten med ett medelvärde på 1.1m³/s. Mätstationen Svinnegarnsviken ligger i områdets norra grunda del, se Figur 31. I Figur 38 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 10m.

Den observerade vattentemperaturen vid ytan och botten beskrivs väl av modellen.

När det gäller koncentrationen av syrgas i ytvattnet är överensstämmelsen god mellan beräknade och mätta värden. Koncentrationen i ytvattnet varierar mellan 8 och 14 mg/l. I bottenvattnet når mätningarna sina lägsta värden, 0–4mg/l. Dessa låga värden kan inte modellen nå eftersom låga värden bara kan nå nära botten och i modellen är botten på 34m djup. Detta visar problemet med att betrakta hela Oknöfjärden som ett område. Medan det i verkligheten består av den grunda Svinnegarnsviken och den djupare utanföriggande Oknöfjärden. Kanske bör Oknöfjärden delas i två områden eller att mätstationen flyttas till områdets djupaste del.

För nitrat- och totalkvävekoncentrationen är överensstämmelsen tämligen god mellan mätningar och beräkningar i både yt- och bottenvatten. Modellen ger något för låga värden framförallt i bottenvattnet vilket kan hänga ihop med att mätningarna görs i den grunda Svinnegarnsviken. Mätdata och modellerade data varierar normalt i intervallet 0–800µg/l för nitrat och 400–1200µg/l för totalkväve.

Modellen beskriver även de mätta koncentrationerna av fosfat i både yta och botten på ett bra sätt med normala variationer i intervallet 0–40µg/l. Vad gäller totalfosfor är dock förhållandena helt annorlunda. Här är överensstämmelsen dålig mellan mätningar och beräkningar i både yt- och bottenvatten. Mätdata av totalfosfor varierar mestadels i intervallet 20–80µg/l medan modellresultaten varierar mellan 5–40µg/l. Eftersom fosfatmätningarna beskrivs bra i modellen blir slutsatsen den att den stora skillnaden i totalfosfor beror på att HYPE modellen underskattar transporten av partikulärt fosfor till Mälaren.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan 0–5µg chl/l medan mätningarna oftast ligger mellan 0–30µg chl/l.

Som sista graf visas vattnets medelålder i Oknöfjärden. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är ca 1.5år med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning.

Oknöfjärden



Figur 38. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Oknöfjärden.

Görväln.

Görväln ligger i Mälarens östra del. Området har en yta på 75km² och ett maximalt djup på 57m. Den lokala tillrinningen från land till området är liten med ett medelvärde på 0.81m³/s. Det finns ett flertal mätstationer i området. Den mätstationen som valts för valideringen är Lambarfjärden som ligger i områdets djupaste del, se Figur 31. I Figur 39 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 60m. Notera att detta djup är 3m djupare än djupuppgifterna i databasen SVAR som används vid genereringen av de hypsografiska kurvorna.

Variationerna i den observerade vattentemperaturen vid både ytan och botten beskrivs väl av modellen.

När det gäller koncentrationen av syrgas är överensstämmelsen god mellan beräknade och mätta värden i både yt- och bottenvatten. Koncentrationen varierar i ytvattnet mellan 8 och 14 mg/l. I bottenvattnet når både mätningarna och beräkningar sina lägsta värden, 2mg/l, under hösten.

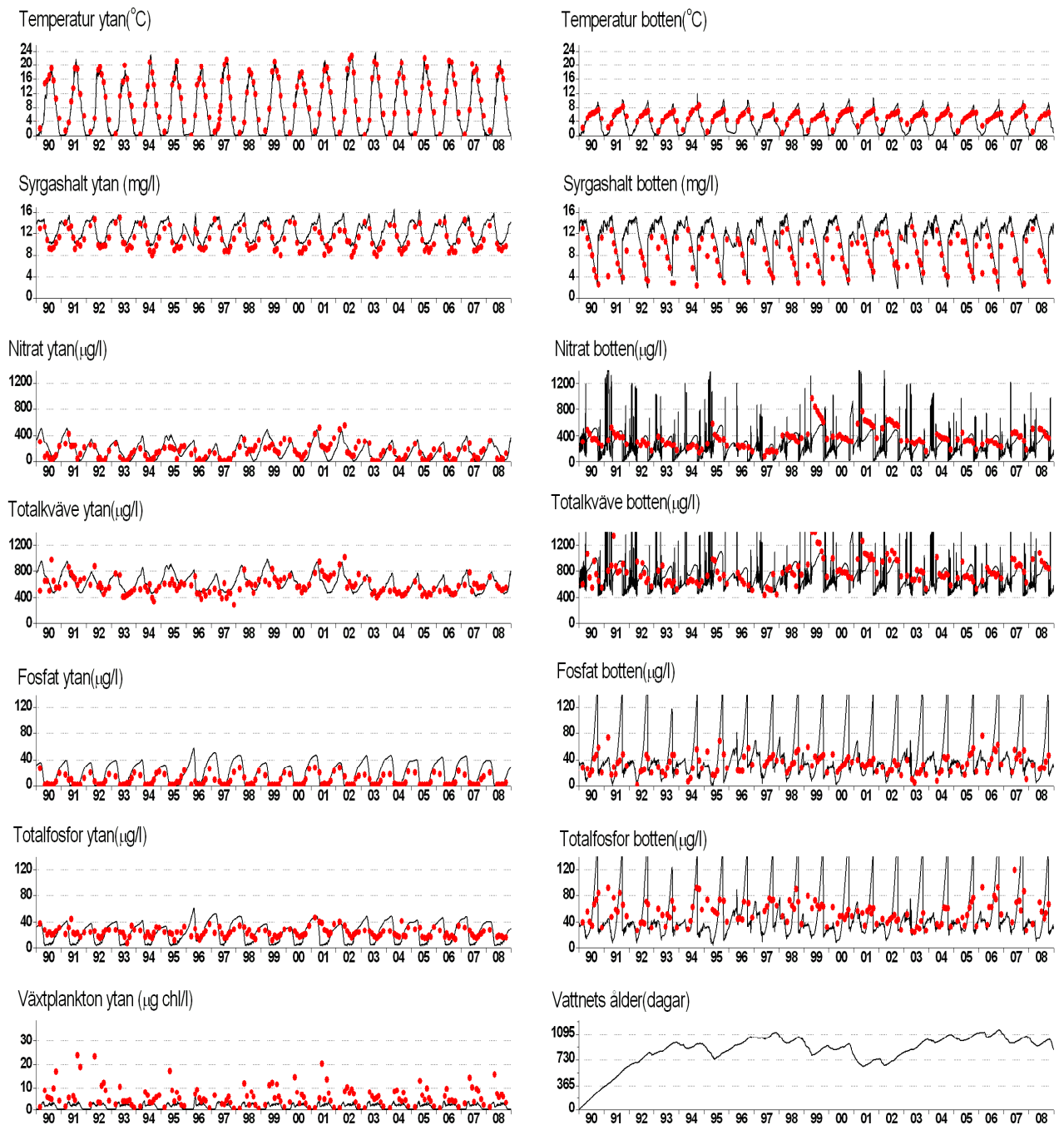
För nitrat- och totalkvävekoncentrationen är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i ytvattnet. I bottenvattnet däremot blir de beräknade värdena ofta alldeles för höga. Både mätdata och modellerade data varierar i ytvattnet normalt i intervallet 0-400µg/l för nitrat och 400-800µg/l för totalkväve. I bottenvattnet varierar mätningarna mellan 200-800µg/l för nitrat och mellan 400-1200µg/l för totalkväve.

Modellen överskattar de mätta koncentrationerna av fosfat i ytvattnet medan mätningarna i bottenvattnet beskrivs bra av modellen om man bortser från de tillfällen då syrehalterna är låga vilket, som nämnts tidigare, ger alldeles för stora fosfatflöden ur sedimenten. Vad gäller totalfosfor är dock förhållandena helt annorlunda. Här är överensstämmelsen dålig mellan mätningar och beräkningar i både yt- och bottenvatten. Mätdata av totalfosfor i ytan varierar mestadels inom intervallet 20-40µg/l medan modellresultaten varierar mellan 5-40µg/l. I bottenvattnet varierar mätningarna av totalfosfor mestadels mellan 20-80 µg/l medan beräkningarna, bortsett från de mycket höga värdena orsakade av fosfaten, varierar mellan 5-50µg/l. Skälet till avvikelserna mellan beräkningar och mätningar av totalfosfor beror på att HYPE modellen underskattar transporten av partikulärt fosfor till Mälaren.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan 0-5µg chl/l medan mätningarna oftast ligger mellan 5-10µg chl/l.

Som sista graf visas vattnets medelålder i Görväln. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är ca 2.5år med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning.

Görväln



Figur 39. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Görväln.

Ekoln.

Ekoln ligger i Mälarens nordligaste del. Området har en yta på 22km² och ett maximalt djup på 42m. Den lokala tillrinningen från land till området är stor med ett medelvärde på 14.8m³/s. Mätstationen Ekoln ligger centralt i området, se Figur 31. I Figur 40 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 30m.

Den observerade vattentemperaturen vid ytan beskrivs väl av modellen medan temperaturen vid botten ofta överskattas med 2-4 grader vilket tyder på att modellens bottenblandning är något för stor.

När det gäller syrgasförhållandena ligger de beräknade värdena något för högt i ytvattnet. I bottenvattnet visar mätdata att det ofta råder syrefria förhållanden medan modellens lägsta värden endast når ner till ca 2mg/l

För nitrat- och totalkvävekoncentrationen är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i både yt- och bottenvatten. Dock är nitratvariationerna större i mätningarna. Både mätdata och modellerade data är höga och varierar normalt inom intervallet 600-1800µg/l för nitrat och 1200–2400µg/l för totalkväve.

Modellen beskriver även de mätta koncentrationerna av fosfat i både yta och botten på ett bra sätt med variationer i intervallet 0–60µg/l. Vad gäller totalfosfor är dock förhållandena helt annorlunda. Här är överensstämmelsen mellan mätningar och beräkningar ganska bra i ytvattnet och dålig i bottenvatten. Mätdata av totalfosfor varierar mestadels i intervallet 30–60µg/l i ytvattnet och mellan 40–120µg/l i bottenvattnet medan modellresultaten varierar mellan 5–40µg/l i ytvattnet och mellan 10–120µg/l. Eftersom fosfatmätningarna beskrivs bra i modellen blir slutsatsen den att den stora skillnaden i totalfosfor beror på att HYPE modellen inte lyckas beskriva transporten av partikulärt fosfor till Galten.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan 0-5µg chl/l medan mätningarna oftast ligger mellan 0-30µg chl/l.

Som sista graf visas vattnets medelålder i Ekoln. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är ca 1.1år med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning.

Ekoln



Figur 40. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Ekoln.

Fiskarfjärden.

Fiskarfjärden ligger i Mälarens östliga del. Området har en yta på 15km^2 och ett maximalt djup på 35m. Den lokala tillrinningen från land till området är liten med ett medelvärde på $0.28\text{m}^3/\text{s}$. Mätstationen Klubben ligger i områdets utlopp mot Riddarfjärden, se Figur 31. I Figur 41 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 34m.

Den observerade vattentemperaturen vid ytan beskrivs väl av modellen medan temperaturen vid botten ofta överskattas med 2-4 grader vilket tyder på att modellens bottenblandning är något för stor.

När det gäller koncentrationen av syrgas är överensstämmelsen mycket god mellan beräknade och mätta värden i både yt- och bottenvatten. Koncentrationen varierar i ytvattnet mestadels mellan 8 och 14 mg/l. I bottenvattnet beskriver modellen de uppmätta syrefria förhållandena under senhösten på ett bra sätt.

För nitrat- och totalkvävekoncentrationen är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i ytvattnet. I bottenvattnet ligger modellberäknade värden för lågt både för nitrat- och framförallt för totalkvävekoncentrationen. De beräknade och mätta nitratkoncentrationerna i ytan varierar normalt inom intervallet $0\text{--}400\mu\text{g/l}$ medan värdena i bottenvattnet varierar mellan $0\text{--}600\mu\text{g/l}$. Totalkvävekoncentrationen i ytan varierar mellan $400\text{--}800\mu\text{g/l}$ i både mätningar och beräkningar medan de mätta värdena i bottenvattnet varierar mellan $400\text{--}1200\mu\text{g/l}$ och de beräknade varierar mellan $400\text{--}800\mu\text{g/l}$.

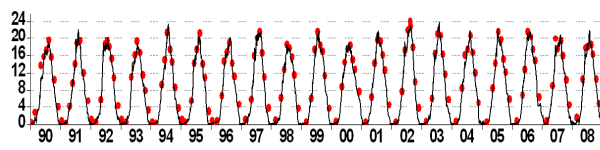
Modellen överskattar vinterpoolerna av fosfat och därmed totalfosfor i ytvattnet. Sommartid underskattas totalfosforkoncentrationen vilket tyder på att det saknas partikulärt fosfor. I bottenvattnet överskattar också modellen vinterpoolerna av fosfat och totalfosfor. Däremot fångar modellen de höga fosfat och totalfosforkoncentrationerna som uppstår under syrefria förhållanden med maximala värden över $120\mu\text{g/l}$.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan $0\text{--}5\mu\text{g chl/l}$ medan mätningarna oftast ligger mellan $0\text{--}20\mu\text{g chl/l}$.

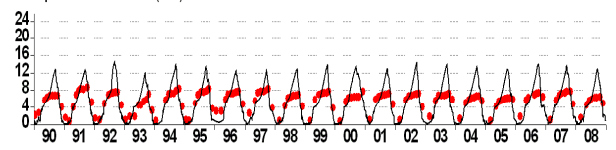
Som sista graf visas vattnets medelålder i Fiskarfjärden. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är ca 2.5år med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning.

Fiskarfjärden

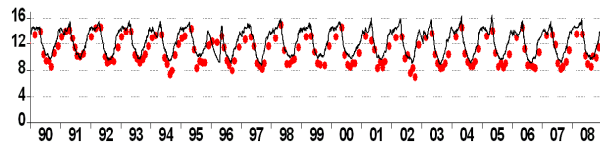
Temperatur ytan(°C)



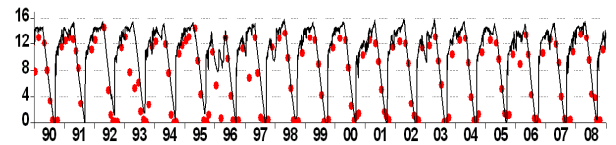
Temperatur botten(°C)



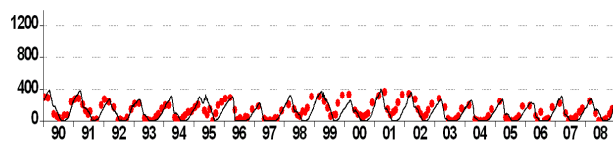
Syrgashalt ytan (mg/l)



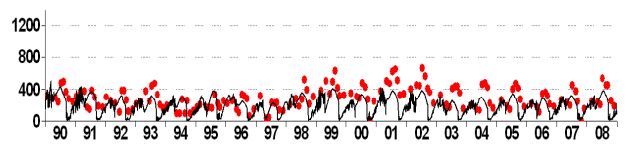
Syrgashalt botten (mg/l)



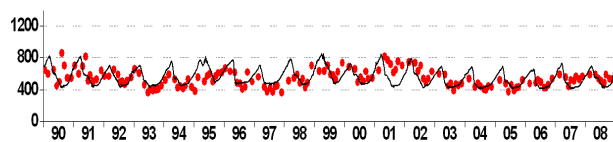
Nitrat ytan(µg/l)



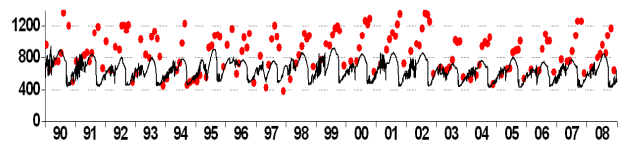
Nitrat botten(µg/l)



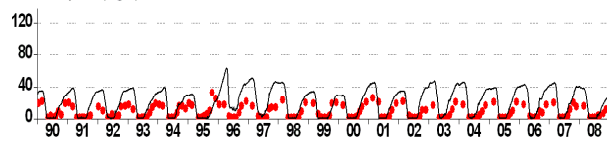
Totalkväve ytan(µg/l)



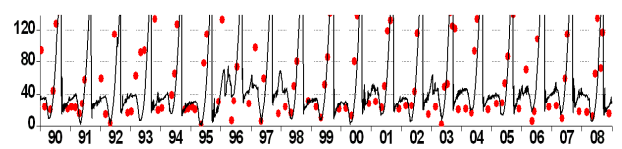
Totalkväve botten(µg/l)



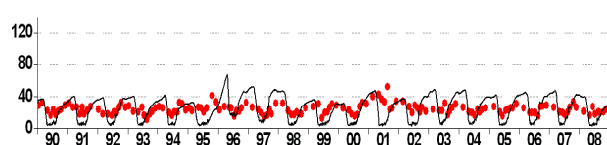
Fosfat ytan(µg/l)



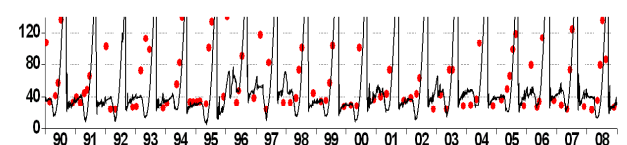
Fosfat botten(µg/l)



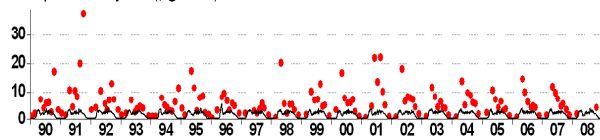
Totalfosfor ytan(µg/l)



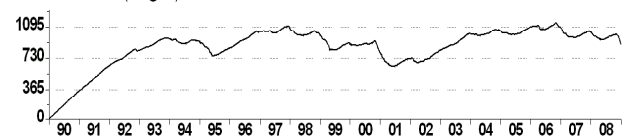
Totalfosfor botten(µg/l)



Växtp plankton ytan (µg chl/l)



Vattnets ålder(dagar)



Figur 41. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Fiskarfjärden.

Riddarfjärden.

Riddarfjärden ligger i Mälarens östligaste del och innehåller Mälarens utlopp i saltsjön.. Området har en yta på 4.7km^2 och ett maximalt djup på 35m. Den lokala tillrinningen från land till området är mycket liten med ett medelvärde på $0.06\text{m}^3/\text{s}$. Mätstationen Riddarfjärden ligger centralt i området, se Figur 31. I Figur 42 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 18m. Notera att Gränsen mellan vattenförekomsterna Riddarfjärden och Fiskarfjärden kommer att flyttas närmare Mälarens utlopp. Därigenom kommer den nya Riddarfjärden att minska i yta samtidigt som dess maxdjup kommer att minska och vara i närheten av mätstationens 18m.

Den observerade vattentemperaturen vid ytan beskrivs väl av modellen medan temperaturen vid botten ofta överskattas av modellen med 2-4 grader vilket tyder på att modellens blandning är något för stor på 18m djup. Detta kommer troligen att rätta till sig när vattenförekomstgränsen mellan Riddarfjärden och Fiskarfjärden är flyttad.

När det gäller koncentrationen av syrgas i ytvattnet är överensstämmelsen god mellan beräknade och mätta värden. Koncentrationen i ytvattnet varierar mellan 8 och 14mg/l . I bottenvattnet visar mätningarna att det råder syrefria förhållanden under senhöstarna. Dessa förhållanden beskrivs inte av modellen eftersom låga värden bara kan nås nära botten och modellens botten ligger här på 34m djup. Detta pekar återigen på problemet med den nuvarande vattenförekomstindelningen.

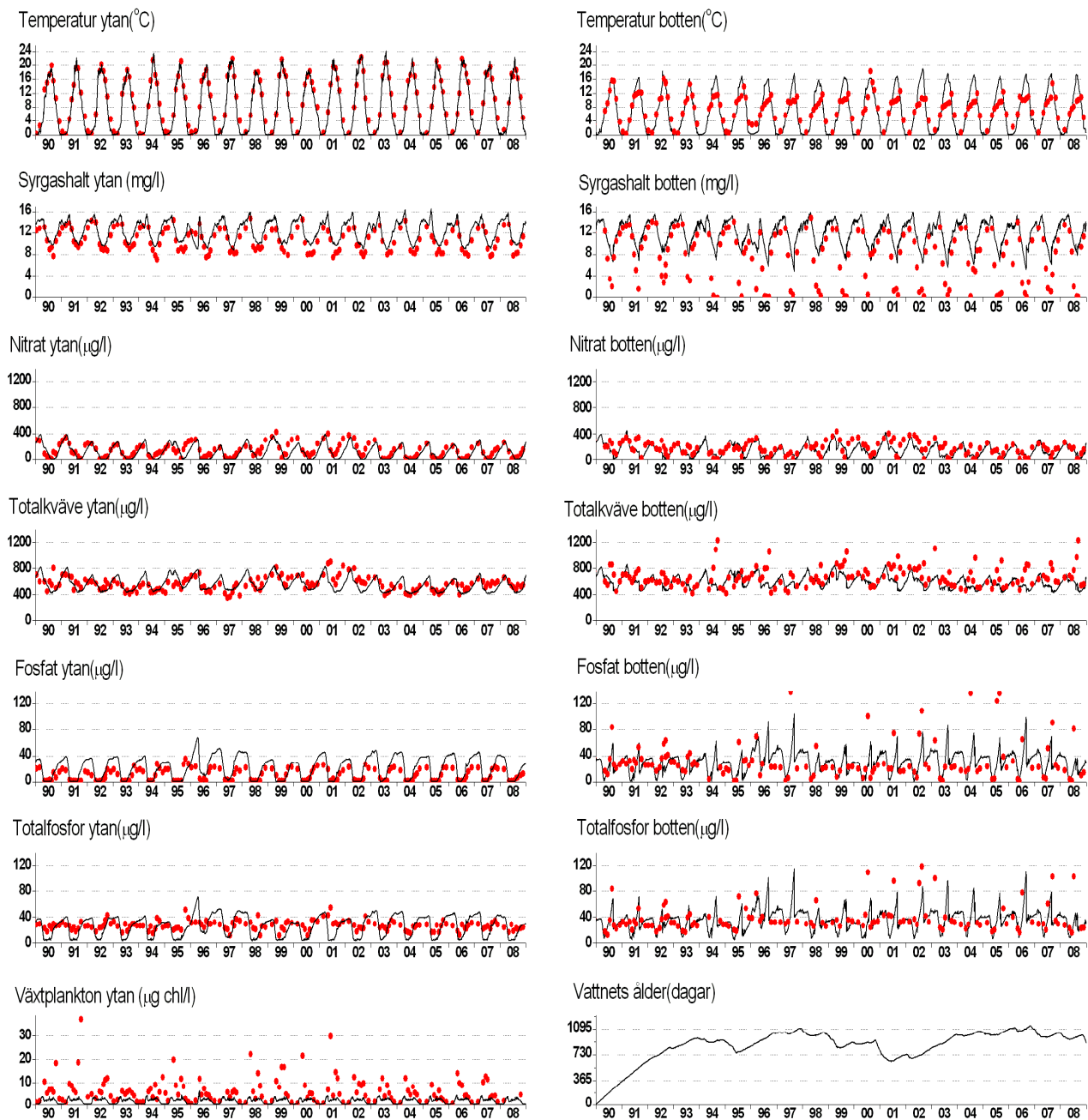
För nitrat- och totalkvävekoncentrationen är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i både yt- och bottenvatten. Dock sker en viss underskattning av beräknat totalkväve i bottenvattnet. Både mätdata och modellerade data varierar normalt i intervallet $0\text{--}400\mu\text{g/l}$ för nitrat och $400\text{--}800\mu\text{g/l}$ för totalkväve.

Modellen överskattar vinterpoolerna av fosfat och därmed totalfosfor i både yt- och bottenvatten. Sommartid underskattas totalfosforkoncentrationen vilket tyder på att det saknas partikulärt fosfor. I bottenvattnet överskattar också modellen vinterpoolerna av fosfat och totalfosfor. Med tanke på den nuvarande vattenförekomstindelningen är det svårt att kunna dra några slutsatser om förhållandena i bottenvattnet eftersom mätstationen ligger i centrala Riddarfjärden med ett maxdjupet på 18m medan modellens maxdjup ligger nära mätstationen Klubben.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan $0\text{--}5\mu\text{g chl/l}$ medan mätningarna oftast ligger mellan $0\text{--}15\mu\text{g chl/l}$.

Som sista graf visas vattnets medelålder i Riddarfjärden. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är ca 2.5år med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning.

Riddarfjärden



Figur 42. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Riddarfjärden.

Ulvsundasjön.

Ulvsundasjön ligger nordväst om Riddarfjärden. Området har en yta på 1.7km^2 och ett maximalt djup på 18m. Den lokala tillrinningen från land till området är mycket liten med ett medelvärde på $0.3\text{m}^3/\text{s}$. Mätstationen Ulvsundasjön ligger centralt i området, se Figur 31. I Figur 43 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 14m

Den observerade vattentemperaturen vid ytan och botten beskrivs väl av modellen.

När det gäller koncentrationen av syrgas i ytvattnet är överensstämmelsen god mellan beräknade och mätta värden. Koncentrationen i ytvattnet varierar mellan 8 och 14 mg/l. I bottenvattnet visar mätningarna att det råder syrefria förhållanden under senhöstarna. Dessa förhållanden beskrivs inte av modellen utan modellens lägsta värden är ca 5mg/l under senhöstarna. Trots minimal bottenblandning i modellen uppnås inte syrefria förhållanden i beräkningarna. Kan det vara så att syrefattigt vatten från Riddarfjärden tränger in i Ulvsundasjön? Eftersom modellen inte lyckas beräkna de syrefria förhållanden som råder i Riddarfjärden kan heller inget utbyte av syrefritt bottenvatten ske mellan dessa två vattenförekomster. Mao om den framtida vattenförekostindelningen innebär att modellen kan beskriva syrefritt bottenvatten i Riddarfjärden så kanske modellen därigenom även beskriver det syrefria bottenvattnet i Ulvsundasjön.

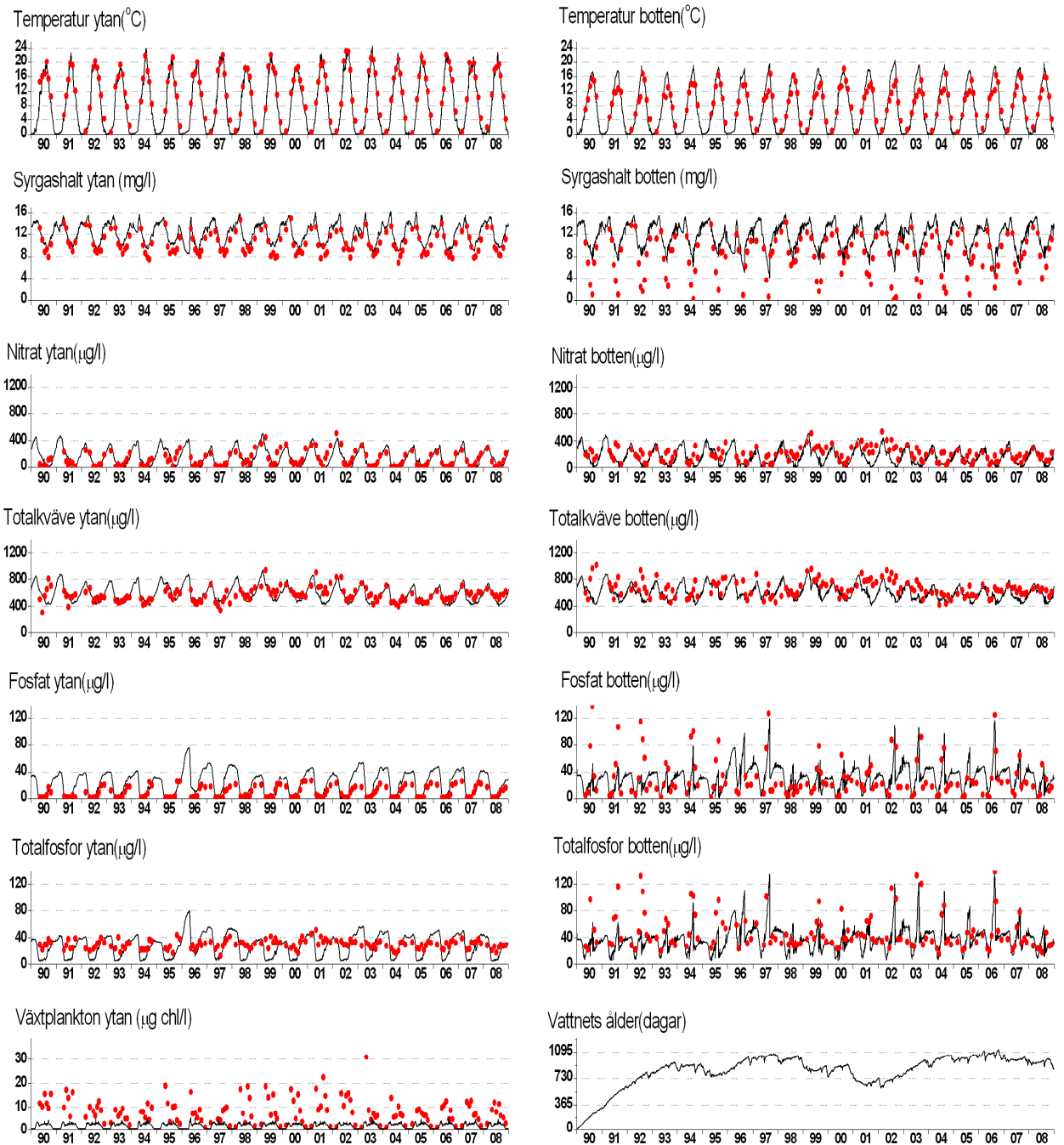
För nitrat- och totalkvävekoncentrationen är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i både yt- och bottenvatten. Dock sker en liten underskattning av beräknade halter i bottenvattnet. Både mätdata och modellerade data varierar normalt i intervallet 0-400 $\mu\text{g/l}$ för nitrat och 400-800 $\mu\text{g/l}$ för totalkväve.

Modellen överskattar vinterpoolen av fosfat och därmed totalfosfor i ytvattnet och bottenvattnet. Sommartid underskattas totalfosforkoncentrationen vilket tyder på att det saknas partikulärt fosfor. I bottenvattnet överskattar också modellen vinterpoolen av i första hand fosfat och för totalfosfor saknas som vanligt partikulärt fosfor.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan 0-5 $\mu\text{g chl/l}$ medan mätningarna oftast ligger mellan 0-20 $\mu\text{g chl/l}$.

Som sista graf visas vattnets medelålder i Ulvsundasjön. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är ca 2.5år med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning. Att Ulvsundasjön har samma medelålder på sitt ytvatten som Riddarfjärden pekar på att Riddarfjärdens vatten tränger in i Ulvsundasjön och påverkar förhållandena där.

Ulvsundasjön



Figur 43. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Ulvsundasjön.

Årstaviken.

Årstaviken ligger vid Mälarens södra utlopp genom Stockholm. Området har en yta på 1.1km^2 och ett maximalt djup på 10m. Den lokala tillrinningen från land till området är mycket liten med ett medelvärde på $0.13\text{m}^3/\text{s}$. Mätstationen Årstadal ligger centralt i området, se Figur 31. I Figur 44 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 8m

Den observerade vattentemperaturen vid ytan och botten beskrivs väl av modellen.

När det gäller koncentrationen av syrgas i ytvattnet är överensstämmelsen god mellan beräknade och mätta värden. Koncentrationen i ytvattnet varierar mellan 8 och 14 mg/l. I bottenvattnet visar mätningarna på låga syreförhållanden under senhöstarna. Dessa förhållanden beskrivs inte av modellen utan modellens lägsta värden är ca 8mg/l. Trots minimal bottenblandning i modellen uppnås inte syrefria förhållanden i beräkningarna. Enligt Christer Lännergren (Stockholm Vatten) tränger ibland salt vatten in i Årstaviken via Hammarbyslussen. Salt tungt vatten vid botten skapar givetvis en stark skiktning som motverkar att syrerikt vatten blandas ner från ovanliggande lager. Detta skulle förklara de låga syrevärdena i bottenvattnet.

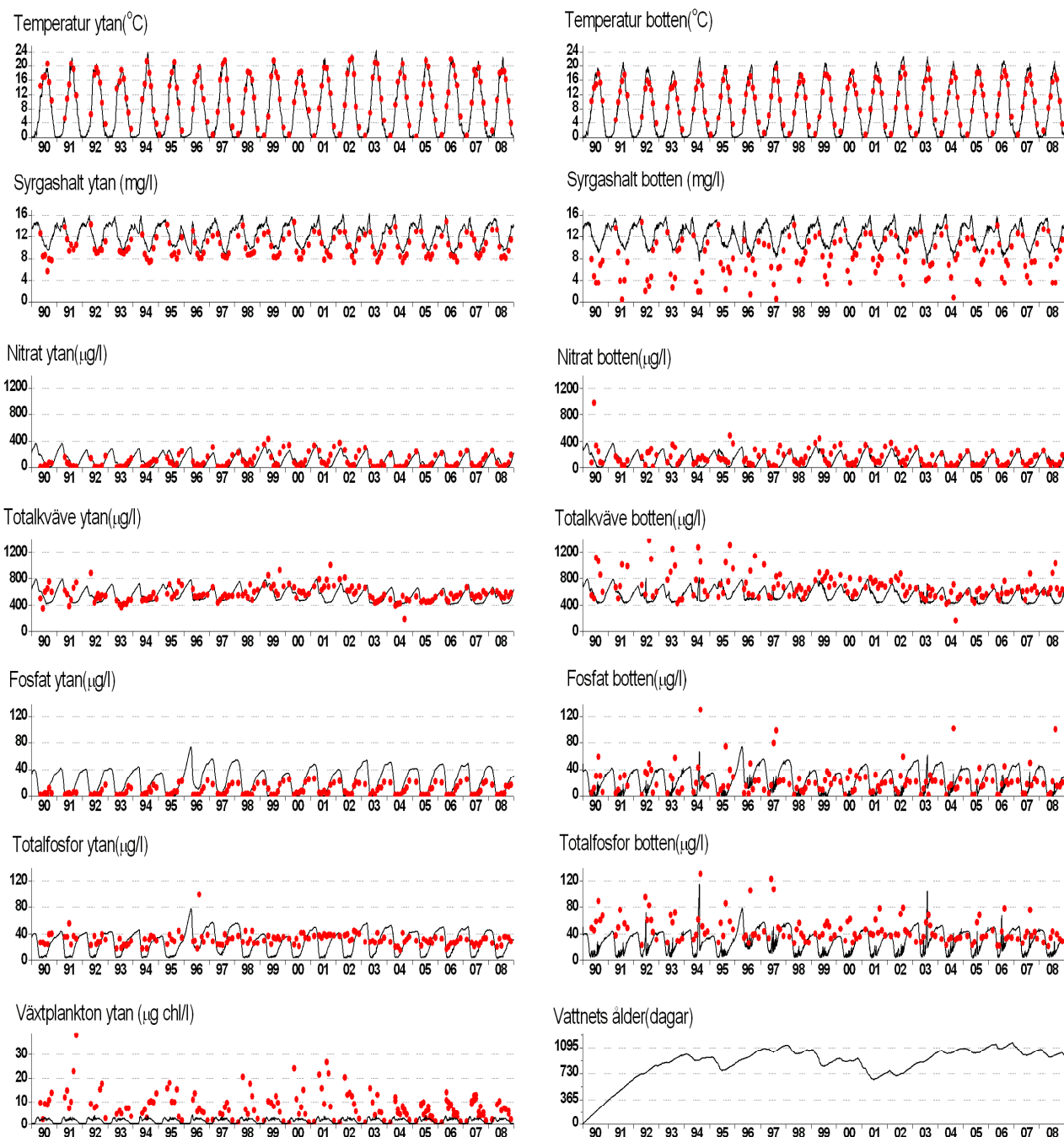
För nitrat- och totalkvävekoncentrationen är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i både yt- och bottenvatten. Dock sker en viss underskattning av beräknade totalkvävehalter i bottenvattnet framförallt under 90-talet. Både mätdata och modellerade data varierar normalt i intervallet $0\text{--}400\mu\text{g/l}$ för nitrat och $400\text{--}800\mu\text{g/l}$ för totalkväve utom på 90-talet då mätvärdena ofta nådde $1200\mu\text{g/l}$.

Modellen överskattar vinterpoolen av fosfat och därmed totalfosfor i både yt- och bottenvatten. Sommartid underskattas totalfosforkoncentrationen vilket som tyder på att det fattas partikulärt fosfor.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan $0\text{--}3\mu\text{g chl/l}$ medan mätningarna oftast ligger mellan $0\text{--}20\mu\text{g chl/l}$.

Som sista graf visas vattnets medelålder i Årstaviken. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är ca 2.6år med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning. Årstaviken har ca 1 månad högre medelålder på sitt ytvatten jämfört med Riddarfjärden.

Årstaviken



Figur 44. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Årstaviken.

Rödstensfjärden.

Rödstensfjärden ligger vid Mälarens sydöstra del. Området har en yta på 13km^2 och ett maximalt djup på 23m. Den lokala tillrinningen från land till området är liten med ett medelvärde på $0.85\text{m}^3/\text{s}$. Mätstationen Kyrkfjärden ligger i områdets västra del, se Figur 31. I Figur 45 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 23m

Den observerade vattentemperaturen vid ytan beskrivs väl av modellen medan temperaturen vid botten ofta överskattas av modellen med 2-4 grader vilket tyder på att modellens blandning är något för stor på 23m djup.

När det gäller koncentrationen av syrgas är överensstämmelsen mycket god mellan beräknade och mätta värden i både yt- och bottenvatten. Koncentrationen varierar i ytvattnet mestadels mellan 8 och 14 mg/l. I bottenvattnet beskriver modellen de låga syrgasförhållandena under senhösten på ett bra sätt.

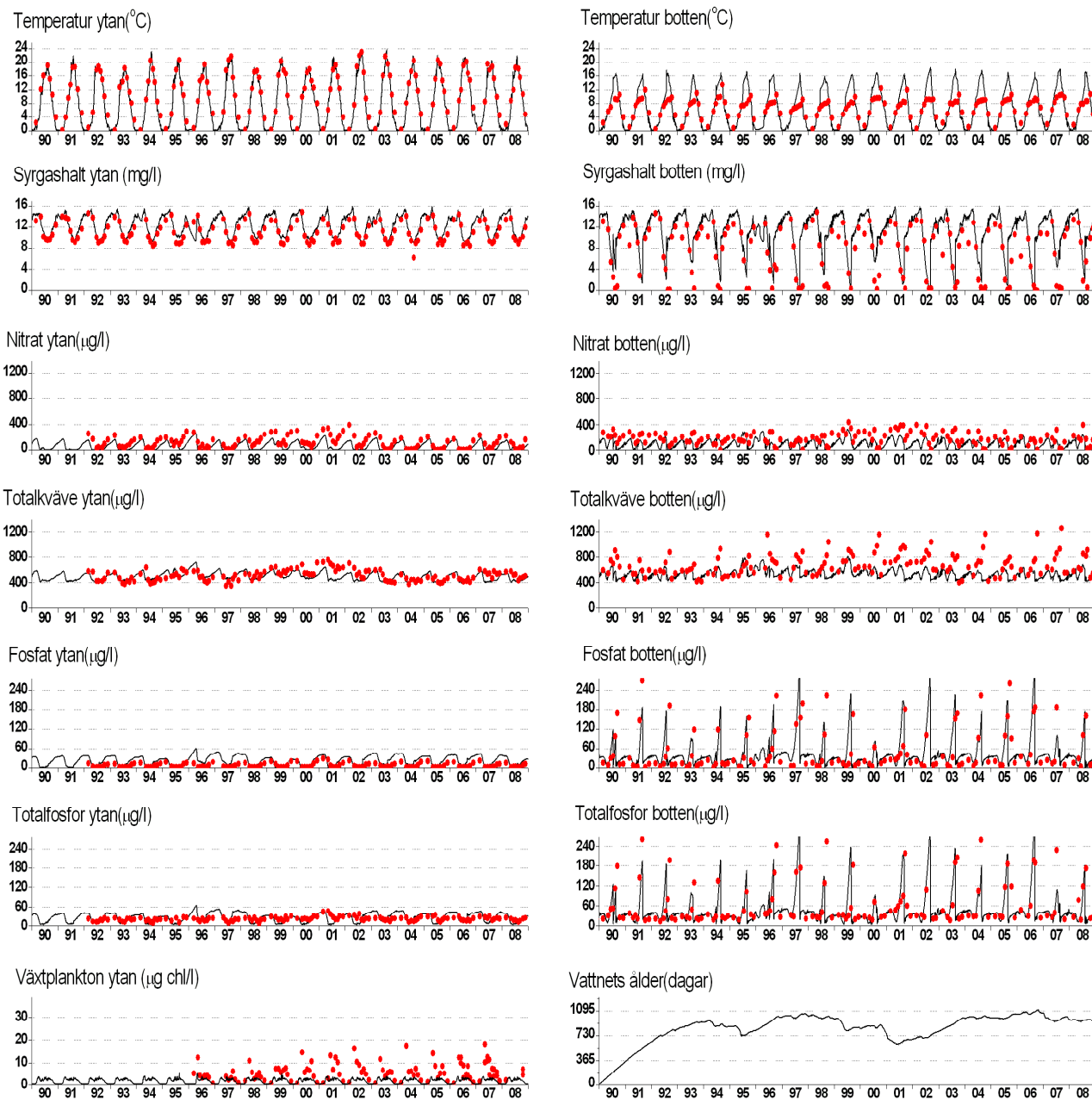
För nitrat- och totalkvävekoncentrationen är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i både ytvattnet. Dock underskattar modellen nitrat och totalkvävehalter i bottenvattnet. Både mätdata och modellerade data i ytan varierar normalt i intervallet $0\text{--}300\mu\text{g/l}$ för nitrat och $400\text{--}600\mu\text{g/l}$ för totalkväve. I bottenvattnet är variationerna av mätta data större.

Modellen överskattar vinterpoolen av fosfat och därmed totalfosfor i både yt- och bottenvatten. Sommartid underskattas totalfosforkoncentrationen vilket som tyder på att det fattas partikulärt fosfor. De höga mätvärdena i bottenvattnet som sker under perioden med låga syrevärden beskrivs även på ett bra sätt av modellen.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan $0\text{--}3\mu\text{g chl/l}$ medan mätningarna oftast ligger mellan $0\text{--}15\mu\text{g chl/l}$.

Som sista graf visas vattnets medelålder i Rödstensfjärden. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är ca 2.5år med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning.

Rödstensfjärden



Figur 45. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Rödstensfjärden.

Prästfjärden.

Prästfjärden ligger vid Mälarens centrala del. Området har en yta på 101km² och ett maximalt djup på 57m. Den lokala tillrinningen från land till området är mycket liten med ett medelvärde på 0.23m³/s. Mätstationen Prästfjärden ligger i områdets norra del på gränsen till Norra Björkfjärden, se Figur 31. I Figur 46 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 40m

Den observerade vattentemperaturen vid ytan och botten beskrivs väl av modellen.

När det gäller koncentrationen av syrgas är överensstämmelsen god mellan beräknade och mätta värden i både yt- och bottenvatten. Koncentrationen varierar i ytvattnet mestadels mellan 8 och 15 mg/l. I bottenvattnet beskriver modellen minskningen i syrgaskoncentrationen under hösten på ett bra sätt.

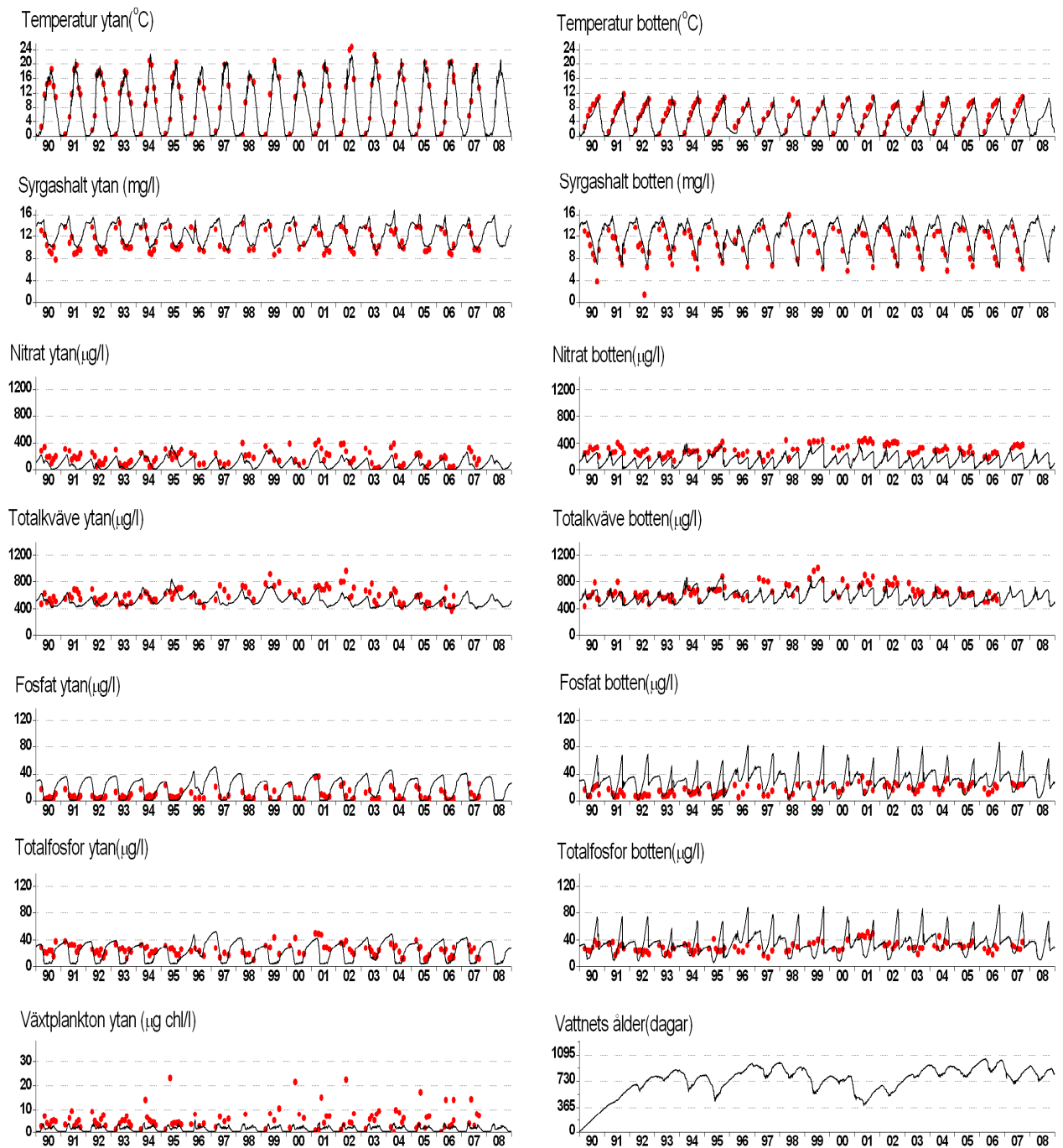
För nitrat- och totalkvävekoncentrationen är överensstämmelsen god mellan mätningar och beräkningar i ytvattnet. Dock sker en viss underskattning av beräknade halter, främst nitrat, i bottenvattnet. Både mätdata och modellerade data varierar normalt i intervallet 0-400µg/l för nitrat och 400-800µg/l för totalkväve utom på 90-talet då mätvärdena ofta nådde 1200µg/l.

Modellen överskattar vinterpoolen av fosfat i både yt- och bottenvatten. Modellen beskriver den uppmätta totalfosforkoncentrationen i både yt- och bottenvatten på ett bra sätt vilket pekar på att det inte fattas partikulärt fosfor i Prästfjärden. De beräknade höga värdena (spikarna) i bottenvattnet är orealistiska och beror på att modellen börjar avge fosfat från sedimenten vid för höga syrevärden. Som nämnts tidigare kommer detta att rättas till i nästa modellversion.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan 0-3µg chl/l medan mätningarna oftast ligger mellan 0-15µg chl/l.

Som sista graf visas vattnets medelålder i Prästfjärden. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är ca 2.2år med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning.

Prästfjärden



Figur 46. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Prästfjärden.

Tynnelsöfjärden.

Tynnelsöfjärden sträcker sig från Strängnäs norrut mellan öarna Tosterön och Selaön. Området har en yta på 45km^2 och ett maximalt djup på 20m. Den lokala tillrinningen från land till området är liten med ett medelvärde på $0.85\text{m}^3/\text{s}$. Mätstationen Ulvhällsfjärden ligger i områdets södra grunda del, se Figur 31. I Figur 47 presenteras tidsserier av både mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 10m

Den observerade vattentemperaturen vid ytan och botten beskrivs väl av modellen.

När det gäller koncentrationen av syrgas i ytvattnet är överensstämmelsen god mellan beräknade och mätta värden. Koncentrationen i ytvattnet varierar normalt mellan 8 och 14 mg/l. I bottenvattnet når mätningarna sina lägsta värden inom intervallet 0–4mg/l. Dessa låga värden kan inte modellen nå eftersom låga värden bara kan nå nära botten och i modellen ligger botten på 34m djup. Detta visar problemet med att betrakta hela Tynnelsöfjärden som ett område med en mätstation som inte är placerad vid den djupaste delen. Kanske bör Tynnelsöfjärden delas i två områden eller att mätstationen flyttas till områdets djupaste del.

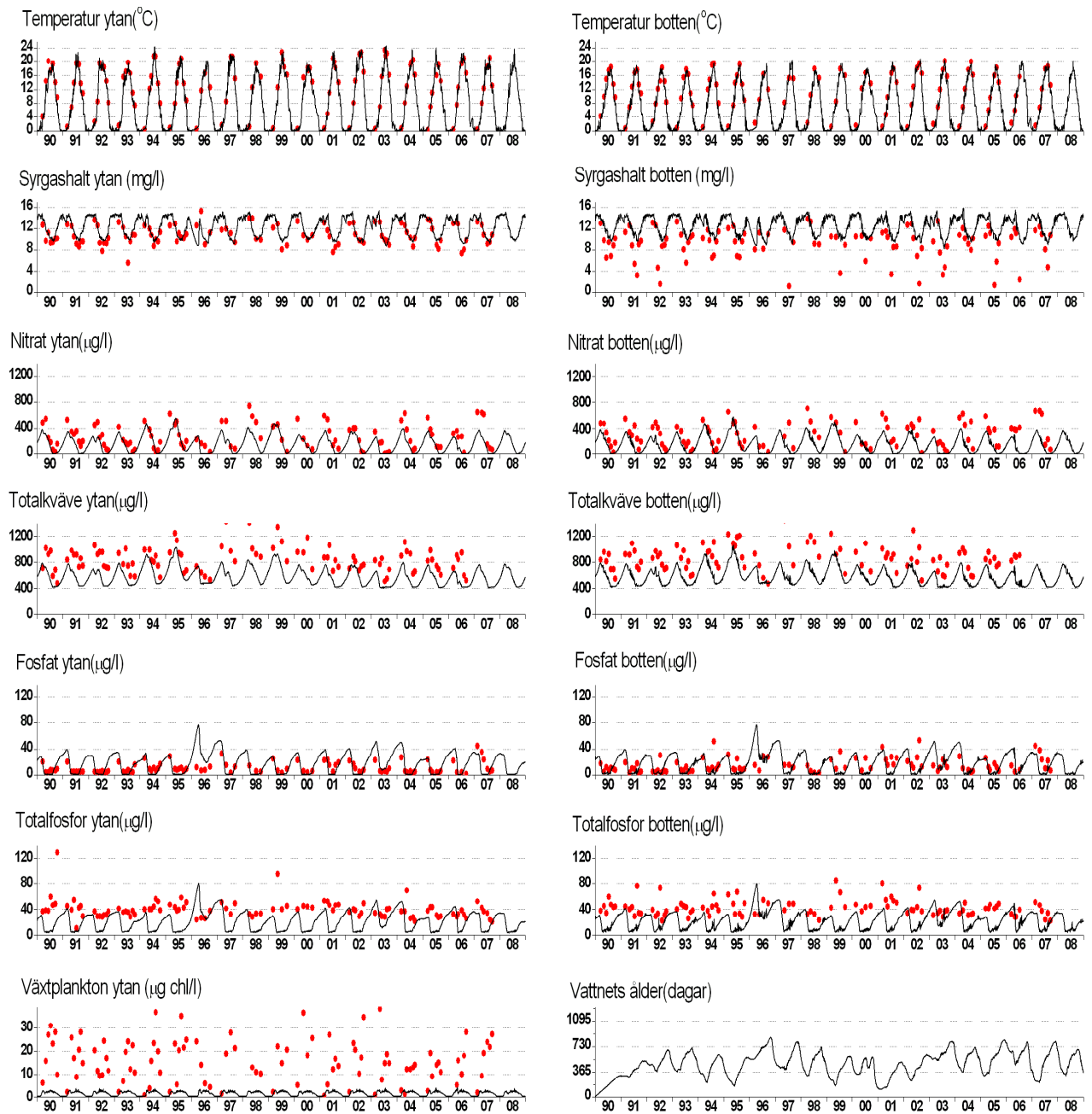
Modellen underskattar nitratkoncentrationens högsta värden i både yt- och bottenvattnen. Detta gäller också för totalkvävekoncentrationen där underskattningen är större. Detta beror troligen på att mätdata inte är representativa för hela området.

Modellen överskattar vinterpoolen av fosfat i både yt- och bottenvatten. Den uppmätta totalfosforkoncentrationen är större än den beräknade i både yt- och bottenvatten vilket återigen tyder på att det fattas partikulärt fosfor.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan $0\text{--}3\mu\text{g chl/l}$ medan mätningarna oftast ligger mellan $0\text{--}30\mu\text{g chl/l}$.

Som sista graf visas vattnets medelålder i Tynnelsöfjärden. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är ca 1.4år med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning.

Tynnelsöfjärden



Figur 47. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Tynnelsöfjärden.

Västerås Hamnområde.

Området har en yta på 7.4km^2 och ett maximalt djup på 12m. Den lokala tillrinningen från land till området är relativt stor med ett medelvärde på $6.3\text{m}^3/\text{s}$. Mätstationen Västeråsfjärden ligger i områdets centrala del, se Figur 31. Figur 48 presenterar tidsserier av mätdata och modellberäknade data från ytan och botten. Botten definieras här av mätstationens maximala djup på 8m

Den observerade vattentemperaturen vid ytan och botten beskrivs väl av modellen.

Modellens beräknade syrgaskoncentrationen överensstämmer tämligen bra med den uppmätta i både yt- och bottenvatten. Modellen överskattar dock syrgashalterna framförallt i bottenvattnet där de uppmätta låga värdena ofta ligger under 8mg/l medan beräkningarna inte går under 10mg/l .

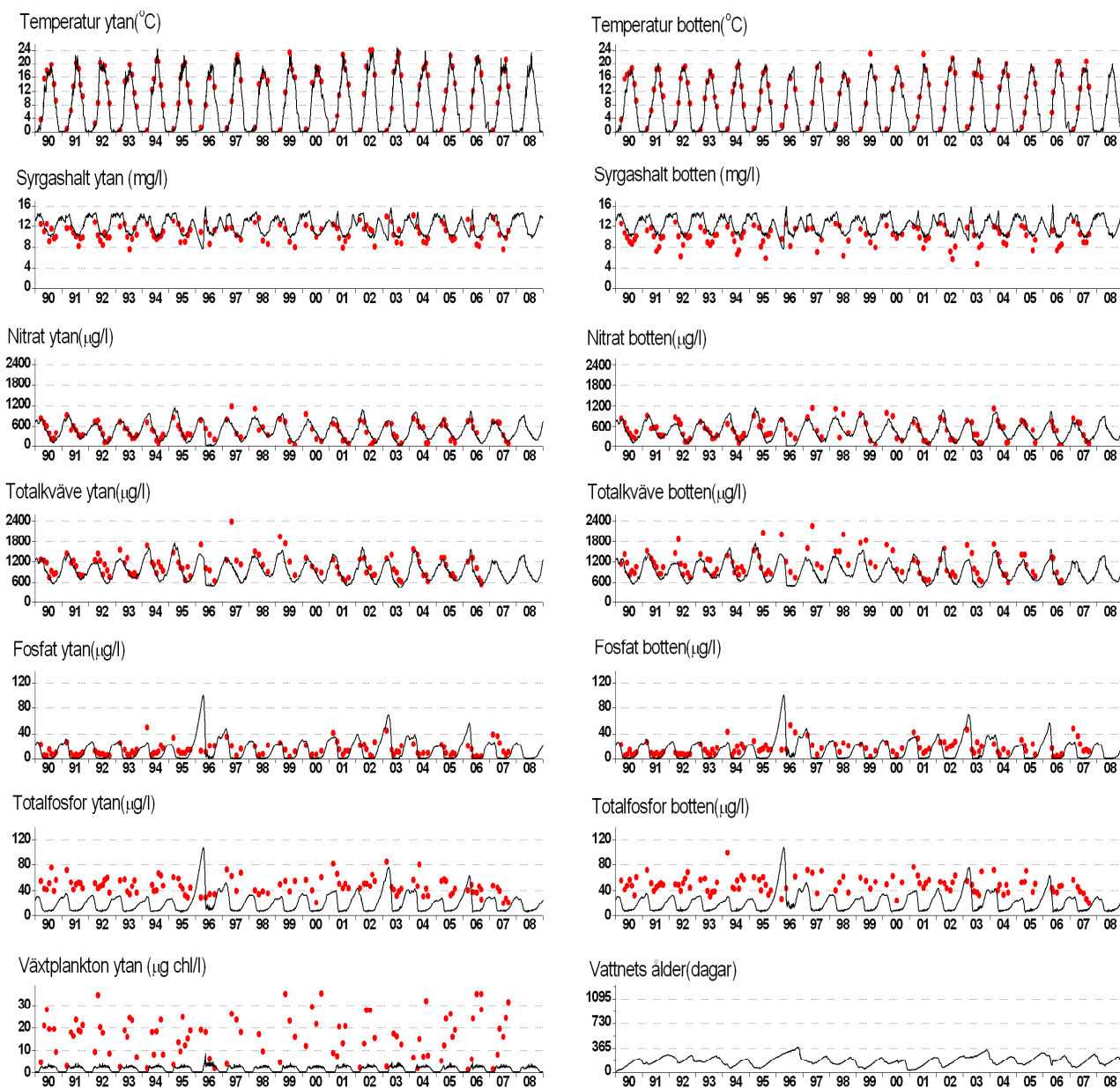
Den uppmätta koncentrationen av både nitrat och totalkväve vid ytan och botten beskrivs väl av modellen. Dock sker en viss underskattning av beräknad totalkvävehalt i bottenvattnet. Både mätdata och modellerade data varierar normalt i intervallet $0-800\mu\text{g/l}$ för nitrat och $600-1400\mu\text{g/l}$ för totalkväve.

Modellen beskriver fosfatkoncentrationen i både yt- och bottenvatten på ett bra sätt. Däremot underskattar modellen totalfosforkoncentrationen i både yt- och bottenvatten vilket pekar på att det saknas relativt mycket partikulärt fosfor i Västerås hamnområde.

Den beräknade koncentrationen av växtplankton i ytan underskattas kraftigt. Beräknade data ligger oftast mellan $0-3\mu\text{g chl/l}$ medan mätningarna oftast ligger mellan $0-30\mu\text{g chl/l}$.

Som sista graf visas vattnets medelålder i Västerås Hamnområde. Den genomsnittliga medelåldern på ytvattnet är ca 6 månader med stora mellanårsvariationer som beror på variationerna i tillrinning.

Västerås Hamnområde



Figur 48. Jämförelse mellan beräkningar och mätningar i Västerås hamnområde.

5 Framtida förbättringar

Den framtida modellförbättringen som bör göras inom den S-HYPE för Mälardistriktet är att förbättra kalibreringen av närsaltstillrinningen, bla med hjälp av fler mätstationer, samt att öka antalet delavrinningsområden runt Mälaren så även närområdet inkluderas. I den nuvarande versionen av S-HYPE saknas nästan helt närområdet runt Mälaren. Denna studie har bla visat att den beräknade medelkoncentrationen av totalfosfor i centrala och östra delen av Mälaren beskriver förhållandena bra men att koncentrationen av löst fosfor är för stor och att koncentrationen av partikulärt fosfor är för liten. I västra delen av Mälaren är dock den tillrinnande fosfatkoncentrationen för låg.

De förbättringar som behöver göras i den fysiska delen av Kustzonsmodellen berör främst den geografiska beskrivningen av hypsograferna och sunden. SMHI:s djupdatabas behöver förbättras. Djupmätningar i sjöar och längs kusten har i första hand koncentrerats till farleder som är tämligen väl mätta. Utanför dessa är det ofta mycket glest med djupdata. Allra sämst är det i många sund som helt saknar data. Förhoppningsvis kommer olika mätprojekt kommande år förse SMHI med mer och bättre djupdata. En ny version av SCOBIMOD modellen, som är den biogeokemiska delen i Kustzonsmodellen, kommer att testas under hösten 2010. Den kommer troligen att ge ett bättre resultat både vad gäller gällande utbytet vatten-sediment och beräkningar av klorofyllkoncentrationen. I den nuvarande SCOBIMOD versionen avger sedimenten för mycket fosfat vid för hög syrgasnivå.

En klar förbättring vore också att placera mätstationen där varje vattenförekomst är som djupast eller att man ändrar vattenförekomstens gräns så att den passar den aktuella mätstationen.

6 Slutord

Ett tack går till projektets referensgrupp bestående av Martin Larsson, vattenmyndigheten Norra Östersjön, Magnus Edström, Västerås länsstyrelse och Christer Lännergren på Stockholm Vatten för deras engagemang i projektet. Christer har dessutom bidraget med en stor mängd värdefulla mätdata från Stockholm Vattens mätprogram. Projektet har samfinansierats av Norra Östersjöns vattendistrikt och Vattenförvaltningen på SMHI.

7 Referenser

- Areskoug, H. (1993). Nedfall av kväve och fosfor till Sverige, Östersjön och Västerhavet, Naturvårdsverket, rapport 4148.
- Brandt, M., Ejhed, H., och Rapp, L. (2006). Näringsbelastning på Östersjön och Västerhavet Sveriges underlag till HELCOMs femte Pollution Load Compilation, NV rapport 5815.
- Engqvist, A. (1996). Long-term nutrient balances in the eutrophication of the Himmerfjärden estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 42, 483-507.
- Engqvist A, Döös K & Andrejev, O. (2006). Modeling water exchange and contaminant transport through a Baltic coastal region. *AMBIO*, 35(8), 435-447.
- Lindström, G., Pers, C., Rosberg, J., Strömqvist, J. and Arheimer, B. (2010). Development and test of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) model - A water quality model for different spatial scales. *Hydrology Research (in press)*
- 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.
- Sahlberg, J. (2009). The Coastal Zone Model. SMHI Oceanography No 98.
- Svensson, U. (1998). PROBE An Instruction Manual. SMHI Rapport Oceanografi RO nr 24.
- Strömqvist, J., Arheimer, B., Dahné, J., Donnelly, C och Lindström, G. (2010). Water and nutrient predictions in ungauged basins- modelling Sweden with high resolution, (manuscript 2010).

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju 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
KLIMATOLOGI	2009

I serien OCEANOGRAFI har tidigare utgivits

- 1 Lennart Funkquist (1985)
En hydrodynamisk modell för spridnings- och cirkulationsberäkningar i Östersjön
Slutrapport.
- 2 Barry Broman och Carsten Pettersson. (1985)
Spridningsundersökningar i yttre fjärden Piteå.
- 3 Cecilia Ambjörn (1986).
Utbyggnad vid Malmö hamn; effekter för Lommabuktens vattenutbyte.
- 4 Jan Andersson och Robert Hillgren (1986).
SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen perioden 84/85.
- 5 Bo Juhlin (1986)
Oceanografiska observationer utmed svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1985.
- 6 Barry Broman (1986)
Uppföljning av sjövärmepump i Lilla Värtan.
- 7 Bo Juhlin (1986)
15 års mätningar längs svenska kusten med kustbevakningen (1970 - 1985).
- 8 Jonny Svensson (1986)
Vågdata från svenska kustvatten 1985.
- 9 Barry Broman (1986)
Oceanografiska stationsnät - Svenskt Vattenarkiv.
- 10 -
- 11 Cecilia Ambjörn (1987)
Spridning av kylvatten från Öresundsverket
- 12 Bo Juhlin (1987)
Oceanografiska observationer utmed svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1986.
- 13 Jan Andersson och Robert Hillgren (1987)
SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen 1986.
- 14 Jan-Erik Lundqvist (1987)
Impact of ice on Swedish offshore lighthouses. Ice drift conditions in the area at Sydostbrotten - ice season 1986/87.
- 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 lermaterial 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 kylvattenutsläpp.
- 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 Kalmarund 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.
Ej publicerad
- 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 kustzonmodellerna (Exemplet södra Östergötland)
- 80 Eleonor Marmefelt, Håkan Olsson (2005)
Integrerat Kustzonssystem för Hallandskusten

- 81 Tobias Strömberg (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)
Fyrskjeppsdata. 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 Bottenhavets 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
- 93 Jörgen Sahlberg, Eleonor Marmefelt, Maja Brandt, Niclas Hjerdt och Karen Lundholm (2008)
HOME Vatten i norra Östersjöns vattendistrikt. Integrerat modellsystem för vattenkvalitetsberäkningar.
- 94 David Lindstedt (2008)
Effekter av djupvattenomblandning i Östersjön – en modellstudie
- 95 Ingemar Cato*, Bertil Håkansson**, Ola Hallberg*, Bernt Kjellin*, Pia Andersson**, Cecilia Erlandsson*, Johan Nyberg*, Philip Axe** (2008)
*Geological Survey of Sweden (SGU)
**The Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)
A new approach to state the areas of oxygen deficits in the Baltic Sea
- 96 Kari Eilola, H.E. Markus Meier, Elin Almroth, Anders Höglund (2008)
Transports and budgets of oxygen and phosphorus in the Baltic Sea
- 97 Anders Höglund, H.E. Markus Meier, Barry Broman och Ekaterini Kriezi (2009)
Validation and correction of regionalised ERA-40 wind fields over the Baltic Sea using the Rossby Centre Atmosphere model RCA3.0
- 98 Jörgen Sahlberg (2009)
The Coastal Zone Model
- 99 Kari Eilola (2009)
On the dynamics of organic nutrients, nitrogen and phosphorus in the Baltic Sea
- 100 Kristin I. M. Andreasson (SMHI), Johan Wikner (UMSC), Berndt Abrahamsson (SMF), Chris Melrose (NOAA), Svante Nyberg (SMF) (2009)
Primary production measurements – an intercalibration during a cruise in the Kattegat and the Baltic Sea

- 101 K. Eilola, B. G. Gustafson, R. Hordoir, A. Höglund, I. Kuznetsov, H.E.M. Meier T. Neumann, O. P. Savchuk (2010)
Quality assessment of state-of-the-art coupled physical-biogeochemical models in hind cast simulations 1970-2005
- 102 Pia Andersson (2010)
Drivers of Marine Acidification in the Seas Surrounding Sweden



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

ISSN 0283-7714