

## **Tappningsstrategi med naturhänsyn för Väneren**

### **-Strategi1 och Strategi2**

Under våren 2013 tog Calluna fram en rapport (Koffman m.fl. 2013) om hur Vänerens reglering påverkar flora, fauna och friluftsliv. På ett möte i Vänersborg i juni 2013 visades ett förslag på hur Vänerens medelvattennivå kan ändras under året för att gynna växt- och djurliv. Efter en diskussion bestämdes att SMHI ska jobba vidare med detta förslag och undersöka vilken tappning från Väneren som leder till det önskade medelvattenståndet. SMHI:s uppgift har också varit att analysera vad effekterna skulle bli för varaktigheter, extrema vattenstånd m.m. Ett förslag presenterades på ett nytt möte i Mariestad januari 2014. Då bestämdes också att ytterligare ett förslag till tappningsstrategi med naturhänsyn skulle tas fram. I denna PM redovisas båda dessa tappningsstrategier och statistik kring dem.

### **1.1 Olika tappningsförhållanden**

I denna PM har beräkningar gjorts för flera olika tappningsförhållanden. En sammanställning av vad dessa innebär visas i tabell 1.

Tabell 1. En beskrivning av de olika tappningsförhållandena.

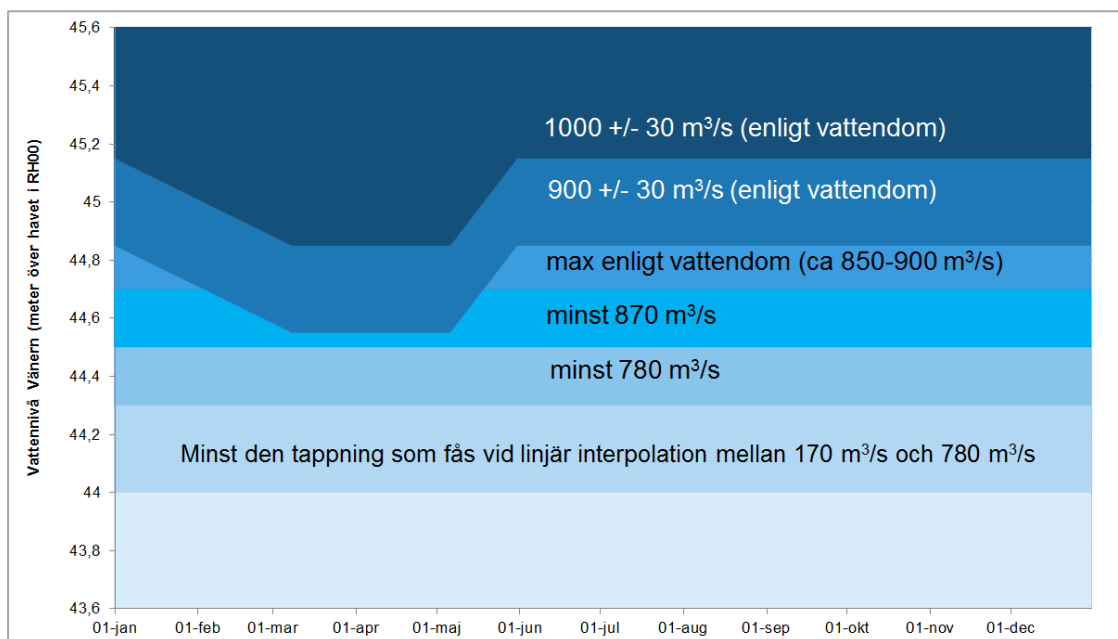
Tappningsförhållande	Beskrivning	Färg i figurer
<b>Naturlig</b>	De förhållandena som rådde innan regleringen påbörjades 1937. I denna PM visas en rekonstruktion av hur tappning och nivå skulle varit om Vänern varit oreglerad 1978-2007.	Orange
<b>Observerat</b>	De förhållandena som verkligen rådde 1978-2007. Någon föreskriven tappningsstrategi fanns inte för Vänern innan 2008, så regleringen har skett på olika sätt under olika perioder.	Grön
<b>Ny strategi 2008</b>	Under hösten 2008 började en ny överenskommen tappningsstrategi för Vänern att tillämpas. Syftet med strategin var att få ner de höga nivåerna i sjön.	-
<b>Tillämpad strategi</b>	Så som den nya strategin har tillämpats 2008-2012. Tappningen har varit högre än den minsta angivna under våren och lägre under sommaren. I denna PM visas en rekonstruktion av hur tappning och nivå skulle varit om Vänern reglerats enligt den tillämpade strategin 1978-2007.	Blå
<b>Strategi1 med naturhänsyn</b>	Ett försök att ta fram en strategi som tar mer hänsyn till flora och fauna i Vänern. I denna PM visas en rekonstruktion av hur tappning och nivå skulle varit om Vänern reglerats enligt <i>Strategi1 med naturhänsyn</i> 1978-2007.	Svart
<b>Strategi2 med naturhänsyn</b>	Samma som ovan, men med en annan Tappningsstrategi med högre vintervattenstånd.	Röd

Det finns en hel del osäkerheter i de modellberäknade vattenstånden. De modellberäknade värdena bygger på schablonvärden för tappningen och kan inte återge i detalj hur tappningen hade varit i verkligheten. Jämförelse mellan modelldata och observationsdata bör göras med försiktighet.

Alla vattenstånd anges i meter över havet i höjdsystem RH00 med Vänersborg som referenspunkt.

### 1.1.1 Ny strategi 2008

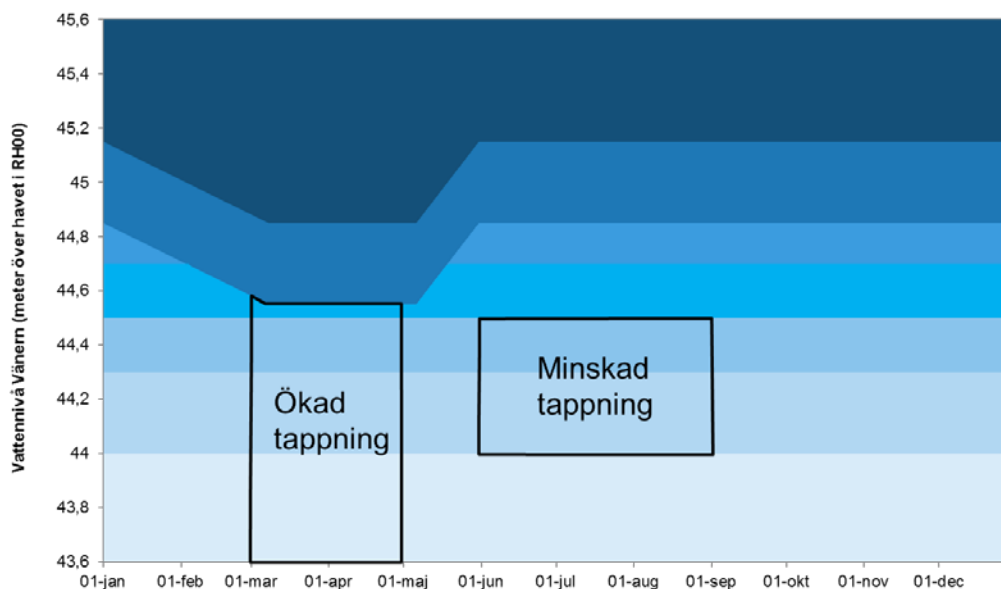
År 2008 träffades en överenskommelse mellan Länsstyrelsen i Västra Götalands län och Vattenfall om att tillämpa en ny tappningsstrategi för Vänern. Målet med den nya tappningsstrategin är att minska de högsta vattenstånden. Den nya strategin redovisas i form av en tappningsställare som visar vilken tappning som *minst* bör ske vid olika vattenstånd i Vänern (figur 1).



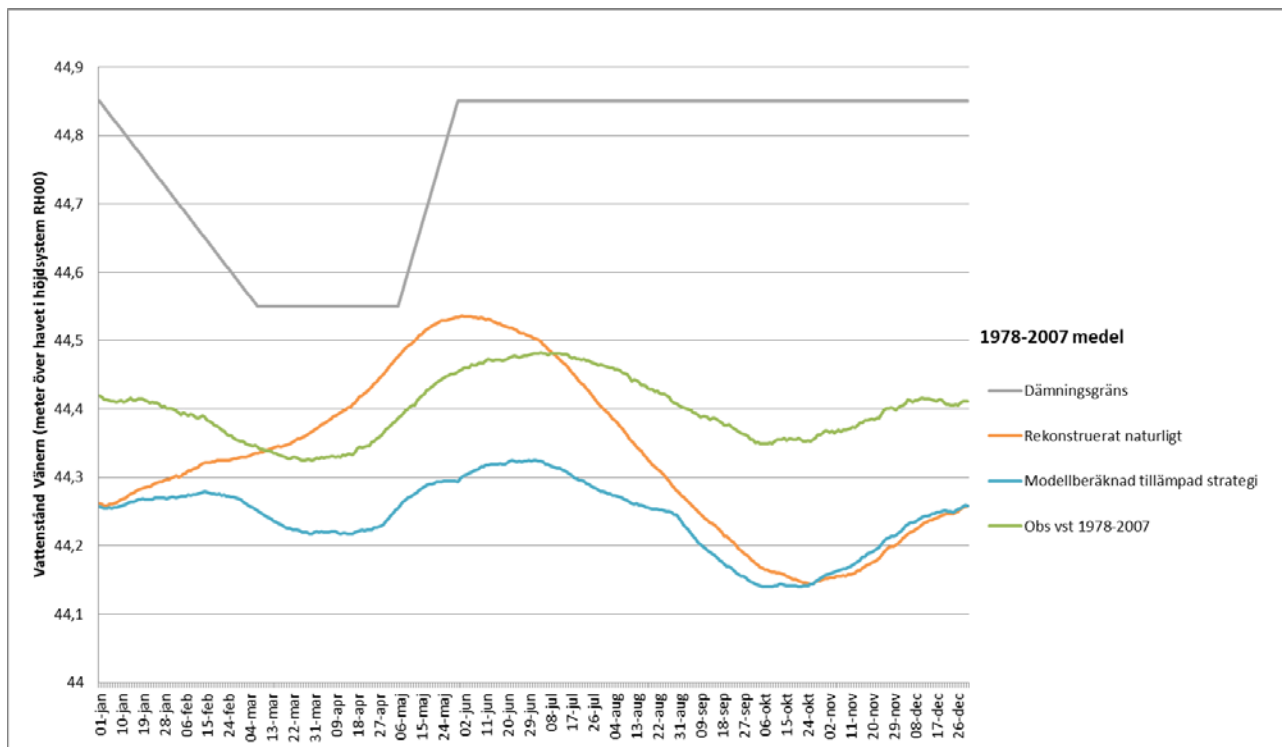
Figur 1. Vänerns nya tappningsstrategi som började gälla hösten 2008. Figuren visar tappning från Vänern vid olika vattenstånd och tider på året.

### 1.1.2 Tillämpad strategi

En analys har tidigare gjorts för hur den nya strategin har tillämpats under åren 2009-2012 (Eklund och Bergström, 2013). Tappningen har varit högre än minimikraven under mars och april och lägre under juni, juli och augusti (figur 2). En modellberäkning gjordes för hur Vänerns vattenstånd hade blivit 1978-2007 om den tillämpade strategin hade gällt (figur 3).



Figur 2. Schematisk beskrivning av den tillämpade strategin i relation till minimikraven för tappning enligt överenskommelsen.



Figur 3. Vänerns medelvattenstånd för olika förhållanden samt Vänerns dämmningsgräns.

### 1.1.3 Strategi1 och 2 med naturhänsyn

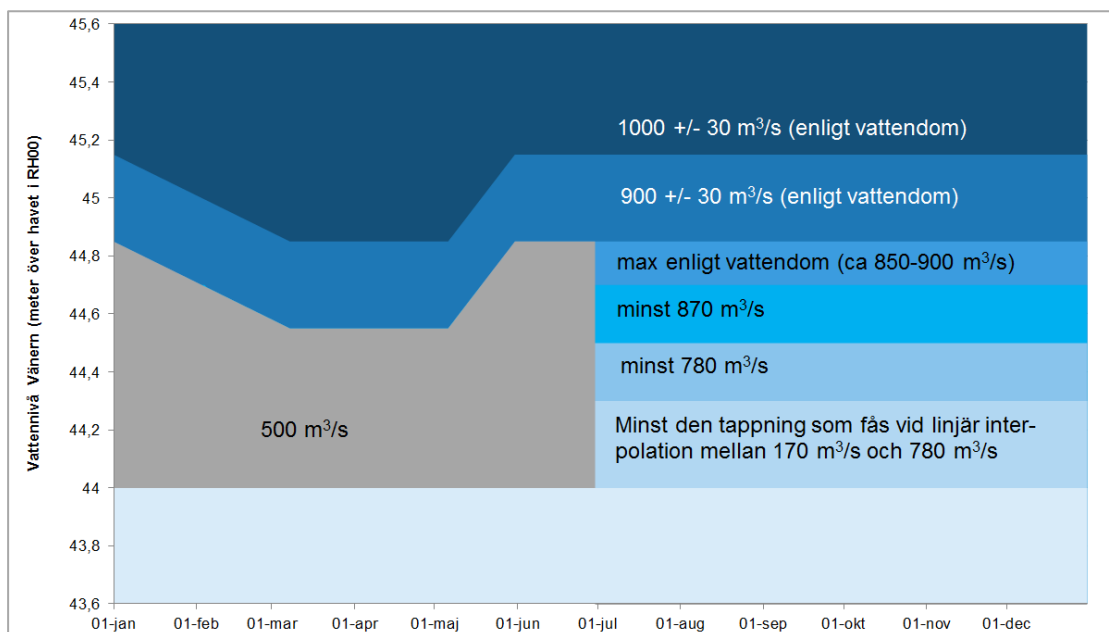
Koffman m.fl. (2013) tog fram ett förslag på medelvattennivå för Vänern med större vattenstandsvariationer under året med en tydlig vårfloodstopp och lägre höstvattenstånd. Förslaget innebar att medelkurvan över året ska likna den oreglerade (orange linje i figur 3). Förutsättningarna har ändrats helt sedan Vänern var oreglerad, bland annat går det att få ut mycket mer vatten från sjön nu och dessutom finns en vattendom som föreskriver en viss tappning över dämmningsgräns. Därför kommer varaktigheter och extremer att skilja sig mycket från de oreglerade.

I detta arbete har två tappningsstrategier tagit fram som ger nivåer liknande ovanstående önskemål. Den första benämns *Strategi1 med naturhänsyn*. Önskemål fanns också att ta fram en strategi med högre vintervattenstånd, vilket kan vara gynnsamt för isprocesser. Denna strategi benämns *Strategi2 med naturhänsyn*.

## 2 Resultat

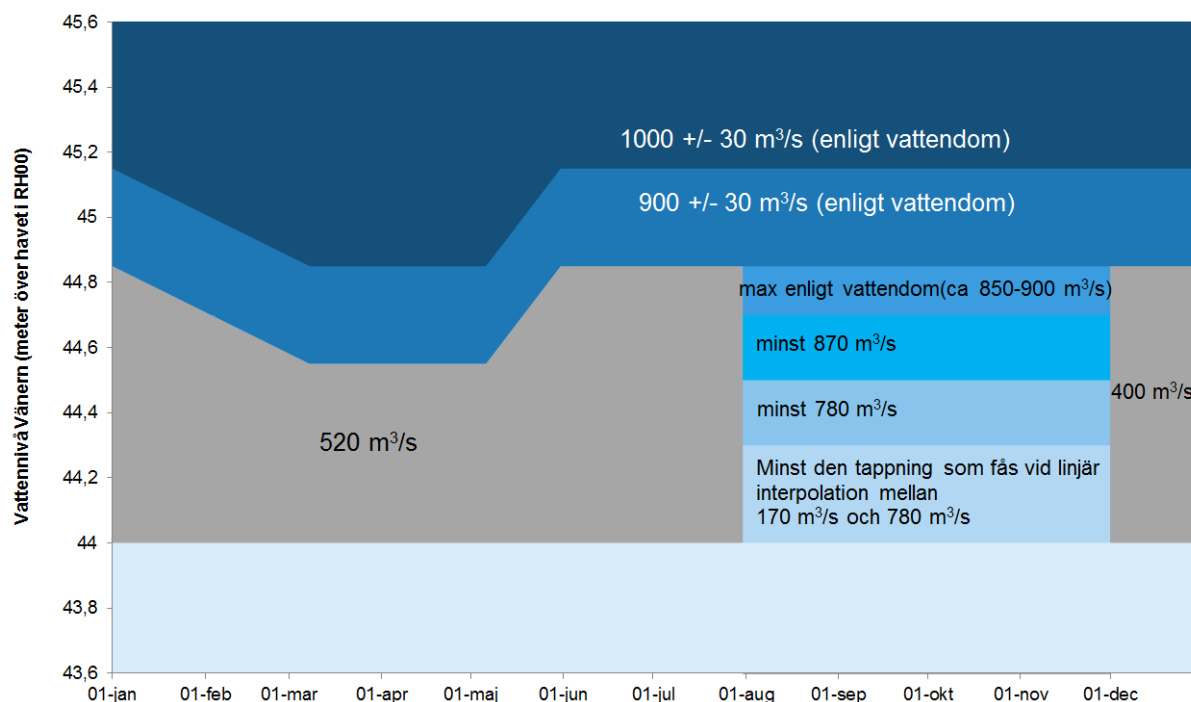
### 2.1 Förslag till tappningsstrategi med naturhänsyn

Principerna för den framtagna *Strategi1 med naturhänsyn* visas i figur 4. Från 44 m och upp till dämmningsgräns är tappningen det första halvåret konstant 500 m<sup>3</sup>/s. Under andra halvåret bibehålls tappningen så att den sker i enlighet med *Den nya tappningsstrategin*. Vi har eftersträvat att hitta en strategi som är enkel och som är lätt att bygga vidare från om önskemål på förändringar kommer. Vid dämmningsgräns och den 1 juli ökas tappningen kraftigt. Detta kan vara svårt att följa i praktiken.



Figur 4. En beskrivning av Strategi1 med naturhänsyn. Figuren visar tappning från Vänern vid olika vattenstånd och tider på året.

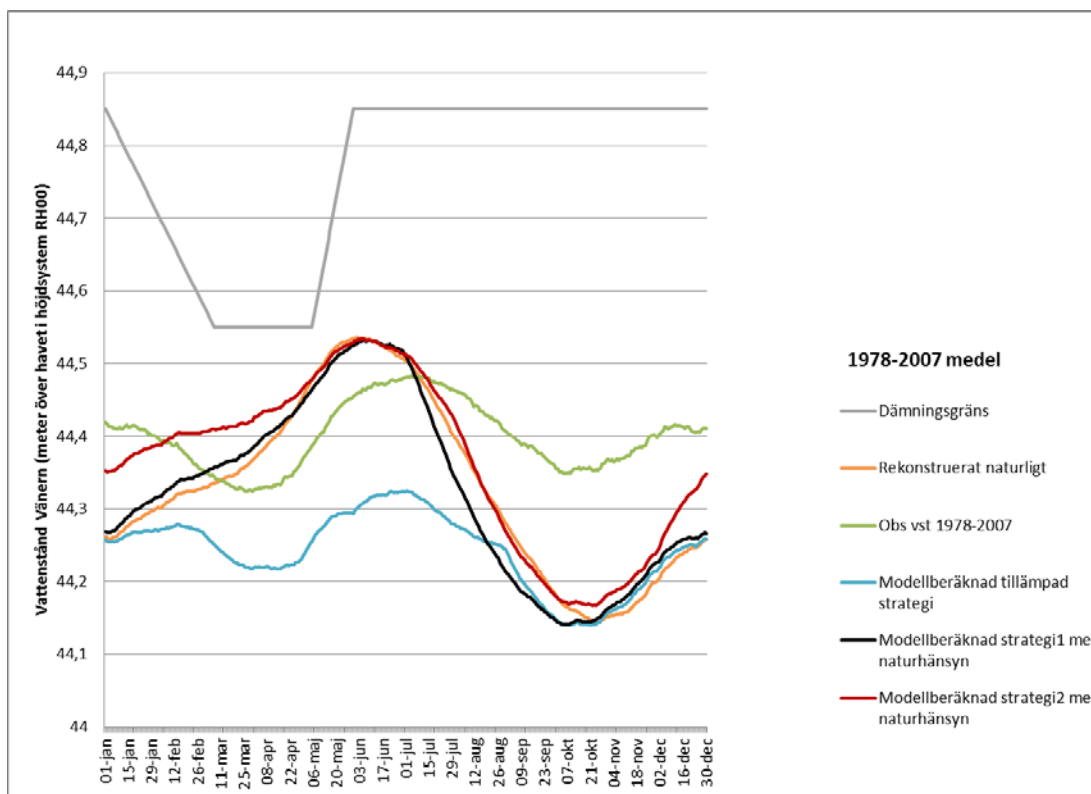
Tappningen i Strategi2 med naturhänsyn visas i figur 5. Här är tappningen 400 m<sup>3</sup>/s i december för vattenstånd mellan 44 m och dämningssgräns. Detta för att få ett högre vintervattenstånd. Under januari till juli mellan 44 m och dämningssgräns är tappningen 520 m<sup>3</sup>/s. Anledningen att den konstanta tappningen även omfattar juli är önskemål om att vattenståndet ska sjunka långsammare under sensommar och höst.



Figur 5. En beskrivning av Strategi2 med naturhänsyn. Figuren visar tappning från Vänern vid olika vattenstånd och tider på året.

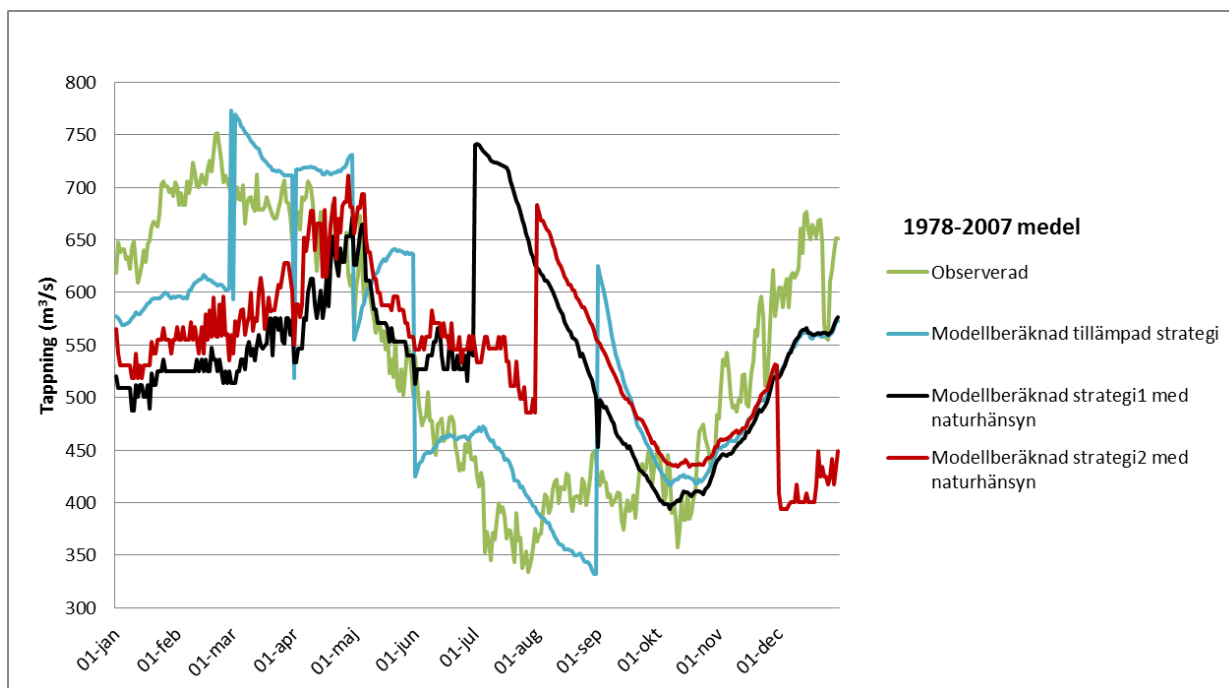
## 2.2 Förändringar i vattennivåer och tappningar

Med Strategierna med naturhänsyn fick medelvattenståndet ett utseende enligt Figur 6. Medelvattenståndet i *Strategi1 med naturhänsyn* följer väl det oreglerade under våren, men sjunker snabbare under sensommaren. Med *Strategi2 med naturhänsyn* sjunker vattenståndet långsammare och vi har dessutom ett högre vintervattenstånd.



Figur 6. Medelkurvor för Vänerns vattenstånd 1978-2007. *Strategi1 med naturhänsyn* (svart kurva) har modellerats. Målet var att medelkurvan skulle likna medelkurvan för oreglerade förhållanden (orange kurva). För *Strategi2 med naturhänsyn* var målet att vintervattenståndet skulle vara högre samt att avklingningen i augusti och september skulle vara lite långsammare.

Medeltappningen i de olika fallen visas i figur 7. Där ser man tydligt att tappningen i *Strategi1 med naturhänsyn* är relativt låg under januari till maj och hög under juni till augusti. Med *Strategi2 med naturhänsyn* är tappningen lägre under december och tappningsökningen på sommaren startar senare.



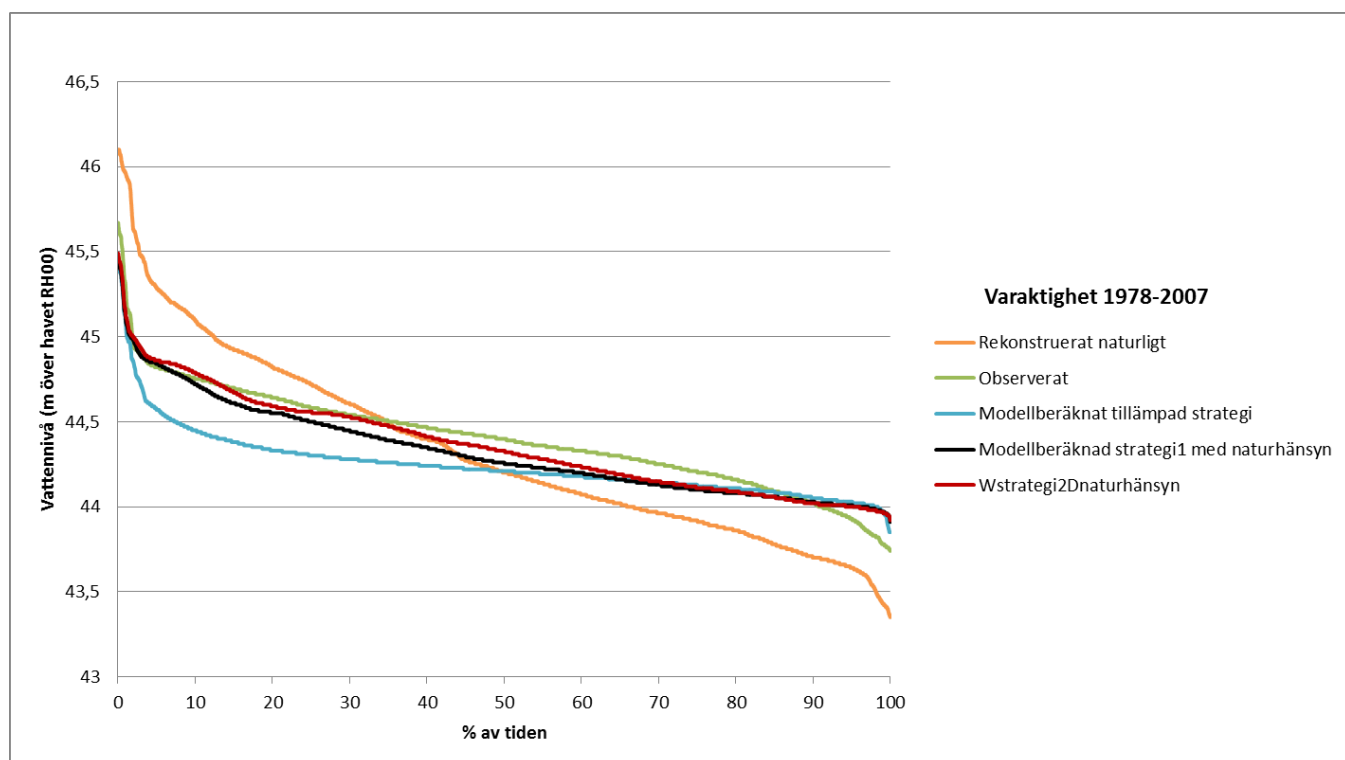
Figur 7. Medeltappning från Vänern under olika förutsättningar 1978-2007.

I tabell 2 visas Vänerns medelvattenstånd vid olika förhållanden. Den *Tillämpade strategin* medförde en sänkning av medelvattennivån och *Strategierna med naturhänsyn* skulle innebära en ökning av medelvattenståndet. Tabellen visar också hur många dygn per år vattenståndet överstiger dämningssgränsen (då tappning enligt domen är 900 m<sup>3</sup>/s) samt dämningssgräns + 30 cm (då tappning enligt domen är 1000 m<sup>3</sup>/s). Tabellen visar även hur många dygn per år som vattenståndet understiger 44 meter över havet, som är en kritisk gräns för sjöfarten. De båda *Strategierna med naturhänsyn* innebär fler dygn med både höga och låga vattenstånd jämfört med den *Tillämpade strategin*. Att vattennivån går under 44 m.ö.h. så pass ofta beror på att tappningen under våren är 500 m<sup>3</sup>/s eller 520 m<sup>3</sup>/s ända ner till vattenståndet 44 m.ö.h.

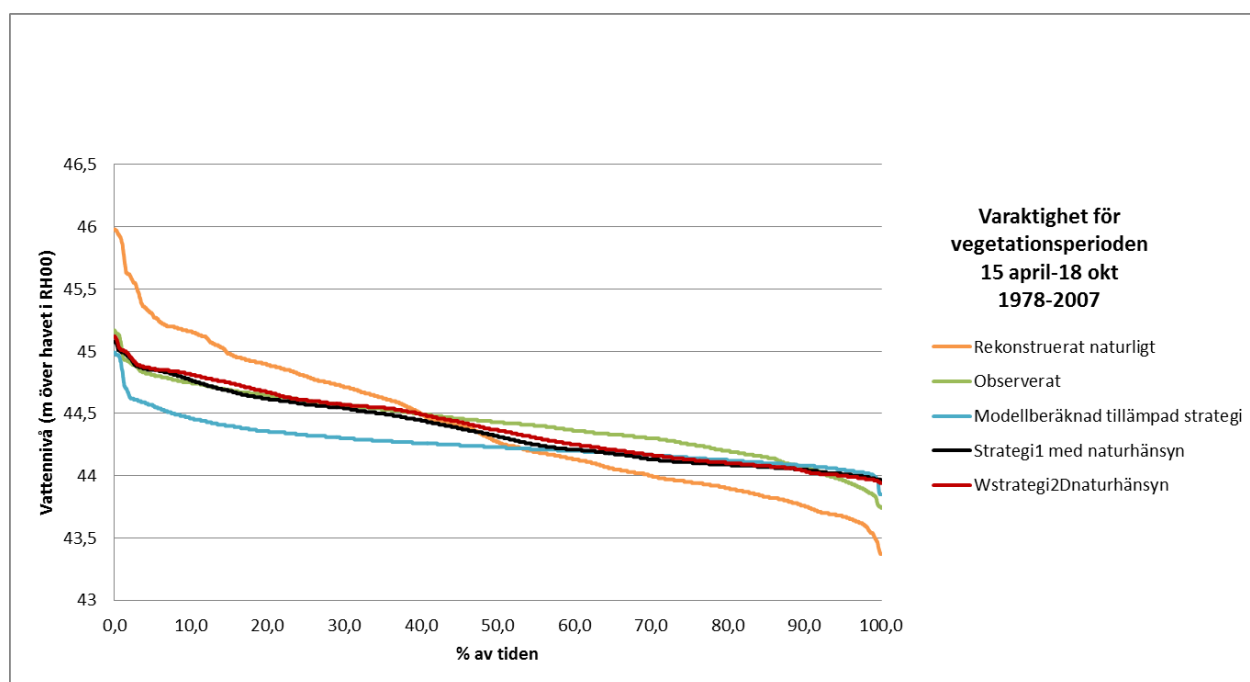
Tabell 2. Medelvattenstånd och antal dygn per år över och under kritiska gränser 1978-2007.

	Observerat	Rekonstruerad Naturlig	Modellberäknad Tillämpad strategi	Modellberäknad Strategi1 med naturhänsyn	Modellberäknad Strategi2 med naturhänsyn
Medelvattenstånd (m över havet)	44,40	44,33	44,24	44,32	44,36
Antal dygn per år över dämningssgräns	29	157	12	30	38
Antal dygn per år över dämningssgräns +30 cm	7	73	5	6	8
Antal dygn per år under 44 m.ö.h.	32	121	6	11	14

Varaktigheter visas i figur 8,9 och 10.

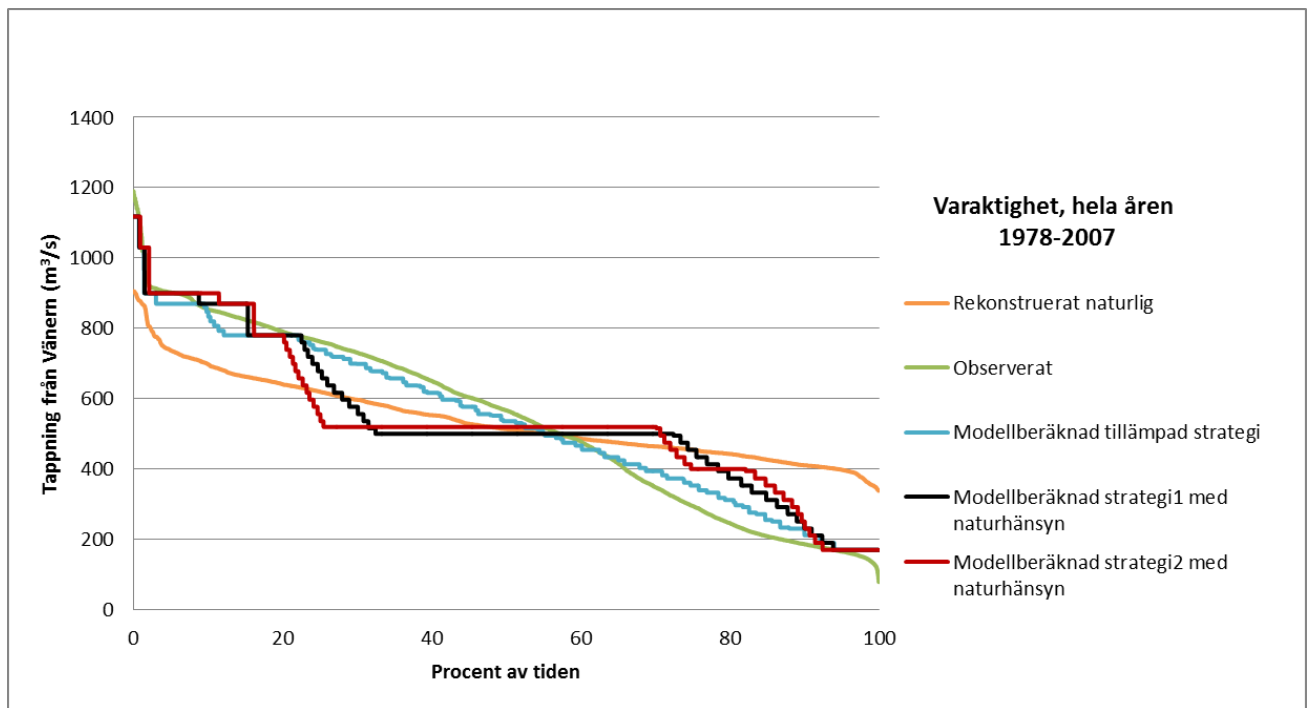


Figur 8. Varaktighet för Vänerns vattenstånd under olika förhållanden.



Figur 9. Varaktighet för Vänerns vattenstånd för vegetationsperioden under olika förhållanden.

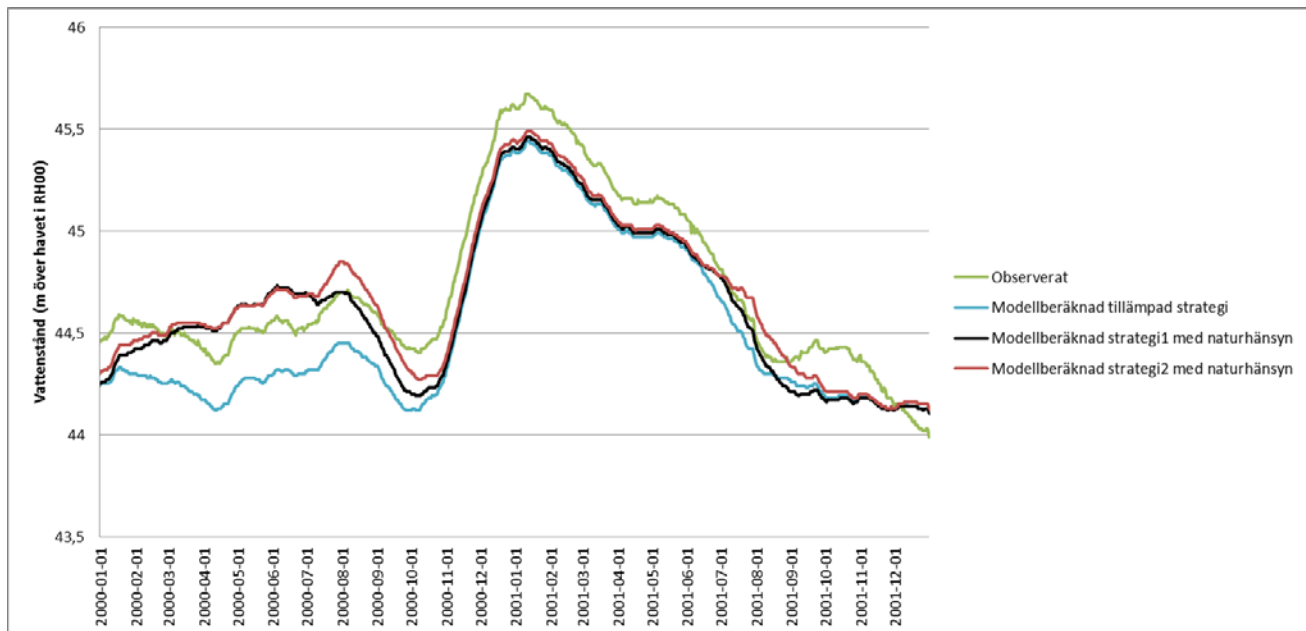




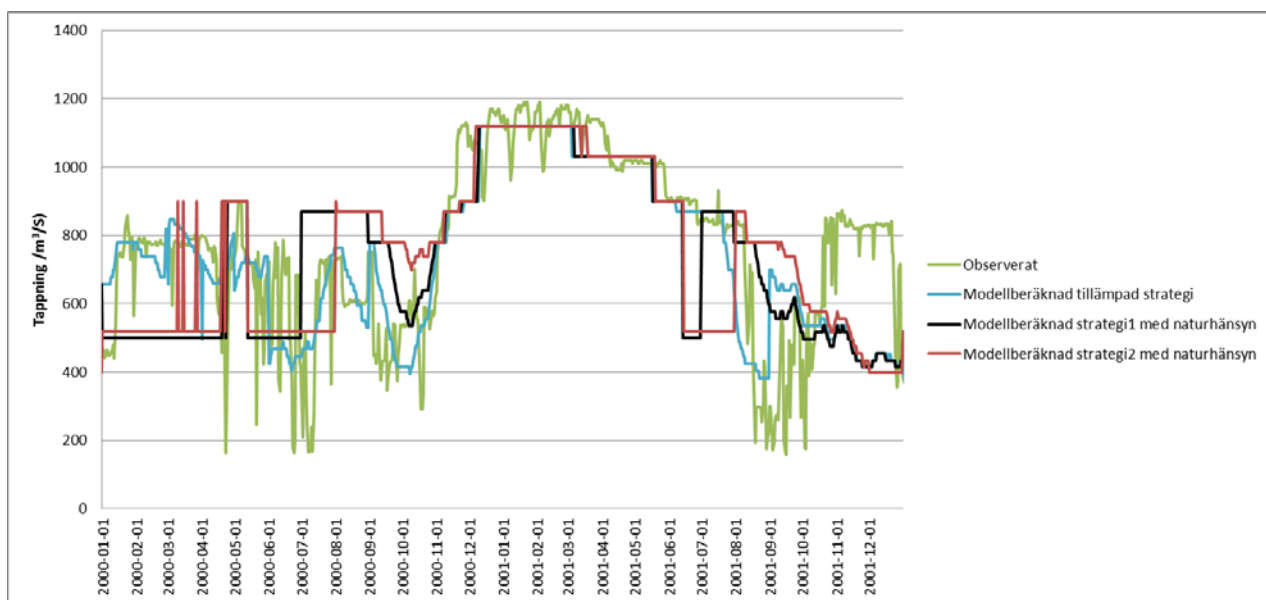
Figur 10. Varaktighet för tappningen från Vänern under olika förhållanden.

## 2.3 Rekonstruktion av 2000-2001

En rekonstruktion har även gjorts för hur vattenståndet och tappningen skulle varit om *Strategi1 med naturhänsyn* respektive *Strategi2 med naturhänsyn* hade varit i bruk under extremåren 2000 och 2001 (Figur 11 och 12). Det högsta vattenståndet hade med *Strategi1 med naturhänsyn* blivit 2 cm över vattenståndet för den *Tillämpade strategin*. Med *Strategi2 med naturhänsyn* hade det blivit 5 cm högre än för den *Tillämpade strategin*.



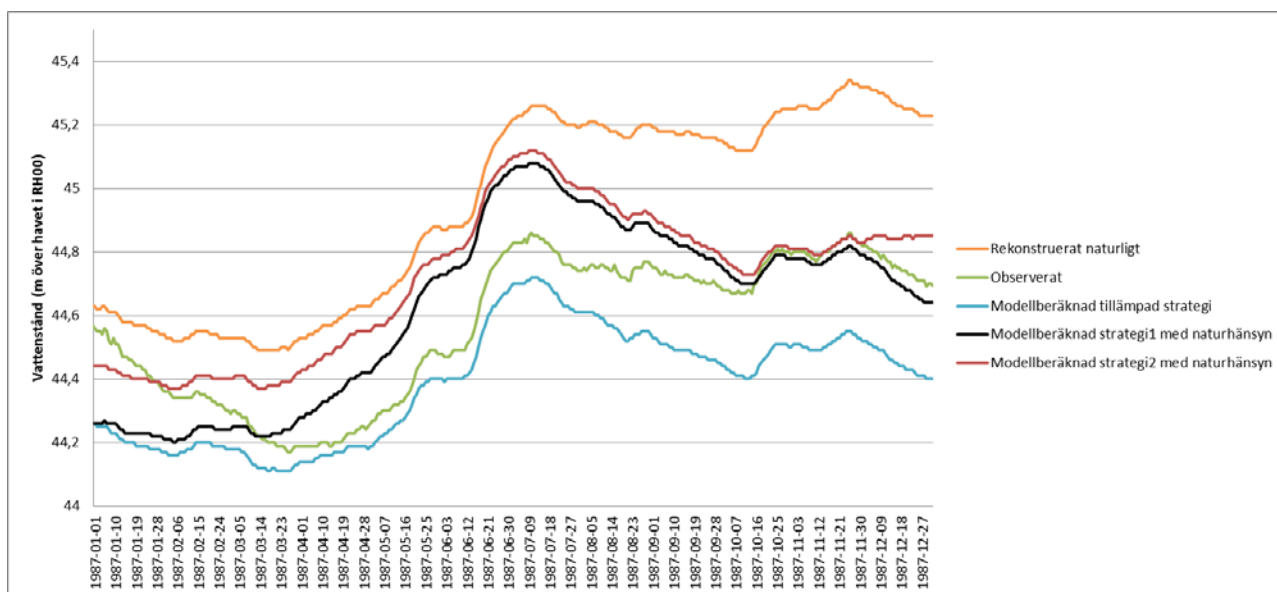
Figur 11. Vattenstånd vid det extrema tillfället 2000-2001. Dels observerat vattenstånd samt modellberäknat med Tillämpad strategi samt med Strategi1 och 2 med naturhänsyn.



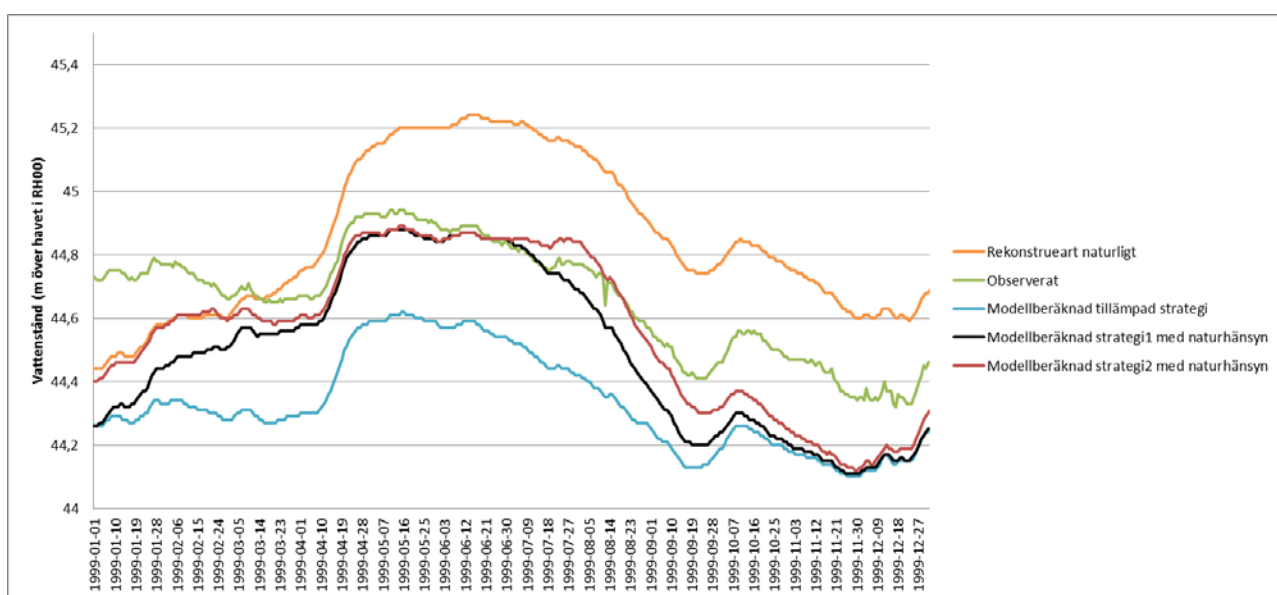
Figur 12. Tappningen vid det extrema tillfället 2000-2001. Dels observerat vattenstånd samt modellberäknat med Tillämpad strategi samt med Strategi1 med naturhänsyn.

## 2.4 Vårflöden

Vid tillfällena med hög vårflod skulle vattenståndet ha blivit högre med *Strategi Loch 2 med naturhänsyn* (figur 13 och 14) än med den *Tillämpade strategin*. Vattenståndet hamnar dock mycket lägre än det naturliga skulle ha gjort



Figur 13. Vattenstånd 1987, ett år då vårflod och regn gav ett ganska högt vattenstånd i Vänern.



Figur 14. Vattenstånd 1999, ett år då vårfloden gav ett ganska högt vattenstånd i Vänern.

## 2.4.1 Dimensionerande vattennivå

Beräkningar av dimensionerande vattennivå enligt flödesdimensioneringsklass I för Vänern har tidigare gjorts av Bergström m.fl. (2010). Denna nivå är en mycket extrem nivå som bygger på riktlinjer framtagna för dimensionering av kraftverks- och regleringsdammar (Svensk Energi m.fl., 2007). Beräkningarna för Vänern beskriver i princip vad som skulle hänt 2000-2001 om vi även haft ett mycket stort snömagasin på våren och dessutom fått ett extra extremt regn på hösten. Bergström m.fl. (2010) kom fram till en dimensionerande nivån på 46,08 m med den nya tappningsstrategin från 2008.

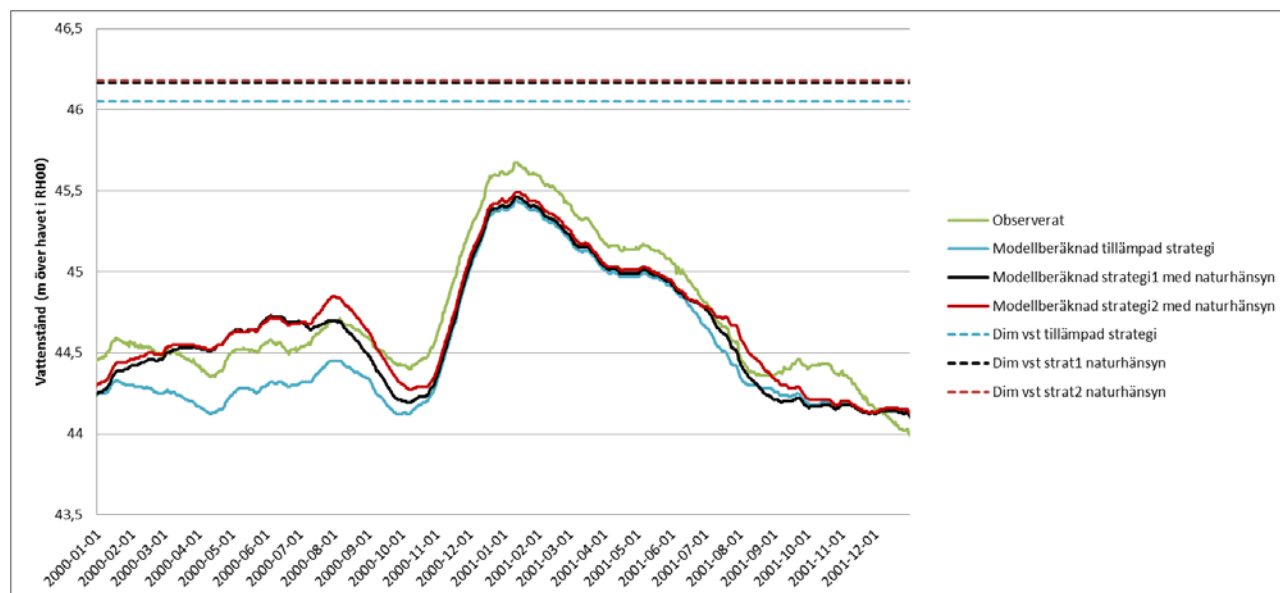
Nya beräkningar har nu gjorts för dimensionerande nivån med den *Tillämpade strategin* samt med *Strategi1 och 2 med naturhänsyn* (tabell 3). Det beräknade dimensionerande vattenståndet blir 12 cm högre med *Strategi1 med naturhänsyn* än med den *Tillämpade strategin*. Det blir ytterligare en cm högre med *Strategi2 med naturhänsyn*. Som jämförelse kan nämnas att det tar ca en vecka att sänka Vänerns vattennivå 12 cm med full tappning och utan någon tillrinning. En jämförelse kan också göras med vattenstånden 2000-2001 (figur 15).

I beräkningarna finns inte vindens påverkan med. Bergström m.fl. (2010) gjorde en översiktlig analys av vindens effekter på Vänerns vattenstånd och kom fram till att den kan bli upp till 0,5 m.

Tabell 3. Beräknade dimensionerande nivåer för Vänern utan hänsyn taget till vind och ett förändrat klimat.

	Ny strategi 2008	Tillämpad strategi	Strategi1 med naturhänsyn	Strategi2 med naturhänsyn
<b>Dimensionerande nivå (meter över havet i RH00)</b>	46,08*	46,05	46,17	46,18

\*Enligt Bergström m.fl. (2010)



Figur 15. De dimensionerande nivåerna i förhållande till vattenståndet 2000-2001.

### 3 Slutsatser

- Det går att hitta tappningsstrategier som ger ett medelvattenstånd som liknar Callunas förslag. Den strategi vi tagit fram benämns ”*Strategi1 med naturhänsyn*”.
- Det går också att hitta en strategi som ger högre vintervattenstånd och långsammare vattenståndssänkning på sensommaren. Den strategin benämns ”*Strategi2 med naturhänsyn*”.
- Om *Strategi1 och 2 med naturhänsyn* hade tillämpats år 2000/2001 hade det gett ungefär samma vattenstånd som med den *Tillämpade strategin*.
- *Strategi1 och 2 med naturhänsyn* hade lett till högre vårvattenstånd än den *Tillämpade strategin* vid några relativt kraftiga vårflöden.
- Ett beräknat dimensionerande vattenstånd blir 12 och 13 cm högre med *Strategi1 och 2 med naturhänsyn* än med den *Tillämpade strategin*.

### Referenser

Bergström, S., Andréasson, J., Asp, M., Caldarulo, L., German, J., Lindahl, S., Losjö, K. och Stensen, B. (2010). Fördjupad studie rörande översvämningsriskerna för Väneren – slutrapport. SMHI 2010-85.

Eklund, A. och Bergström, S. (2013). Modellberäkningar för Vänerens vattenstånd med den nya strategin. SMHI.

Koffman, A., Lundkvist, E., Hebert, M. och Thorell, M. (2013). Vänerens vattenreglering - Effekter och konsekvenser för flora, fauna och friluftsliv. Calluna AB.

Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin (2007). Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Nyutgåva 2007.

## Bilaga 1. Statistik enligt Callunas önskemål

Alla vattenstånd anges i meter över havsnivån i RH00 med referenspunkt Vänersborg.

### Karakteristiska vattenstånd

	1978-2007 Hela året Observerat vattenstånd	1978-2007 15 april-18 oktober Observerat vattenstånd	1978-2007 Hela året Modellerat vattenstånd tillämpad strategi	1978-2007 15 april-18 oktober Modellerat vattenstånd tillämpad strategi	1978-2007 Hela året Modellerat vattenstånd strategi1 med naturhänsy n	1978-2007 15 april-18 oktober Modellerat vattenstånd strategi1 med naturhänsy n	1978-2007 Hela året Modellerat vattenstånd strategi2 med naturhänsy n	1978-2007 15 april-18 oktober Modellerat vattenstånd strategi2 med naturhänsy n
<b>Högsta högvatten- stånd</b>	45,67	45,17	45,44	44,99	45,46	45,08	45,49	45,12
10percentil högvatten- stånd	44,94	44,86	44,74	44,62	45,01	44,88	45,00	44,90
<b>Medelhög- vattenstånd</b>	44,74	44,62	44,50	44,42	44,68	44,60	44,71	44,61
90percentil högvatten- stånd	44,44	44,23	44,27	44,24	44,31	44,16	44,34	44,24
10percentil, årsmedel- vattenstånd	44,66	44,70	44,39	44,42	44,58	44,63	44,67	44,70
<b>Medel- vattenstånd</b>	44,40	44,42	44,24	44,25	44,32	44,36	44,36	44,39
90percentil, årsmedel- vattenstånd	44,18	44,10	44,13	44,13	44,11	44,10	44,09	44,09
10percentil lågwater- stånd	44,32	44,41	44,12	44,17	44,19	44,20	44,27	44,30
<b>Medellåg- vattenstånd</b>	44,11	44,20	44,04	44,07	44,06	44,10	44,08	44,13
90percentil, lågwater- stånd	43,81	43,92	43,96	43,97	43,95	43,97	43,95	43,95
<b>Lägsta lågwater- stånd</b>	43,74	43,74	43,85	43,85	43,91	43,96	43,92	43,94

#### Förklaring till begreppen i tabellen ovan:

Högsta högvattenstånd

10percentil högvattenstånd

Medelhögvattenstånd

90percentil högvattenstånd

10percentil, årsmedelvattenstånd

Medelvattenstånd

90percentil, årsmedelvattenstånd

10percentil lågvattenstånd

Medellågvattenstånd

90percentil, lågvattenstånd

Lägsta lågvattenstånd

Högsta uppmätta vattenstånd under perioden.

10 % av åren är årets högsta vattenstånd högre än detta vattenstånd

Medel av varje års högsta vattenstånd

90 % av åren är årets högsta vattenstånd högre än detta vattenstånd

10 % av åren är årets medelvattenstånd högre än detta vattenstånd

Medelvattenståndet för perioden

90 % av åren är årets medelvattenstånd högre än detta vattenstånd

10 % av åren är årets lägsta vattenstånd högre än detta vattenstånd

Medel av varje års lägsta vattenstånd

90 % av åren är årets lägsta vattenstånd högre än detta vattenstånd

Lägsta uppmätta vattenstånd under perioden

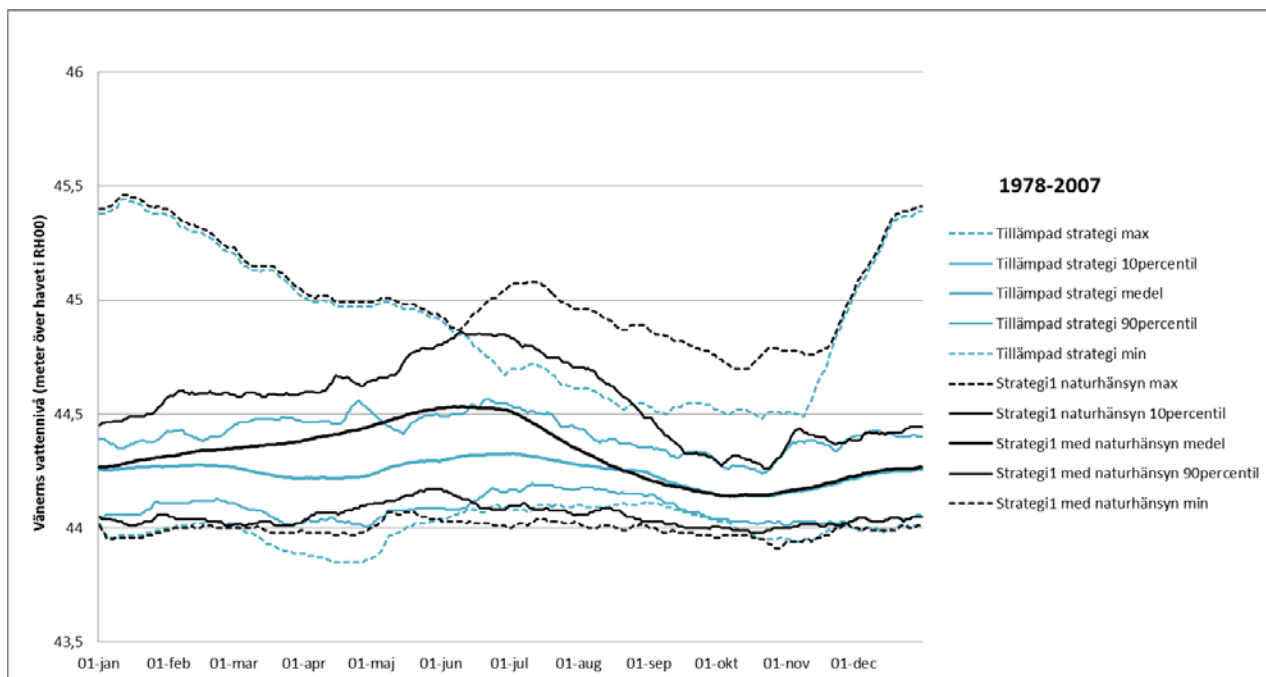
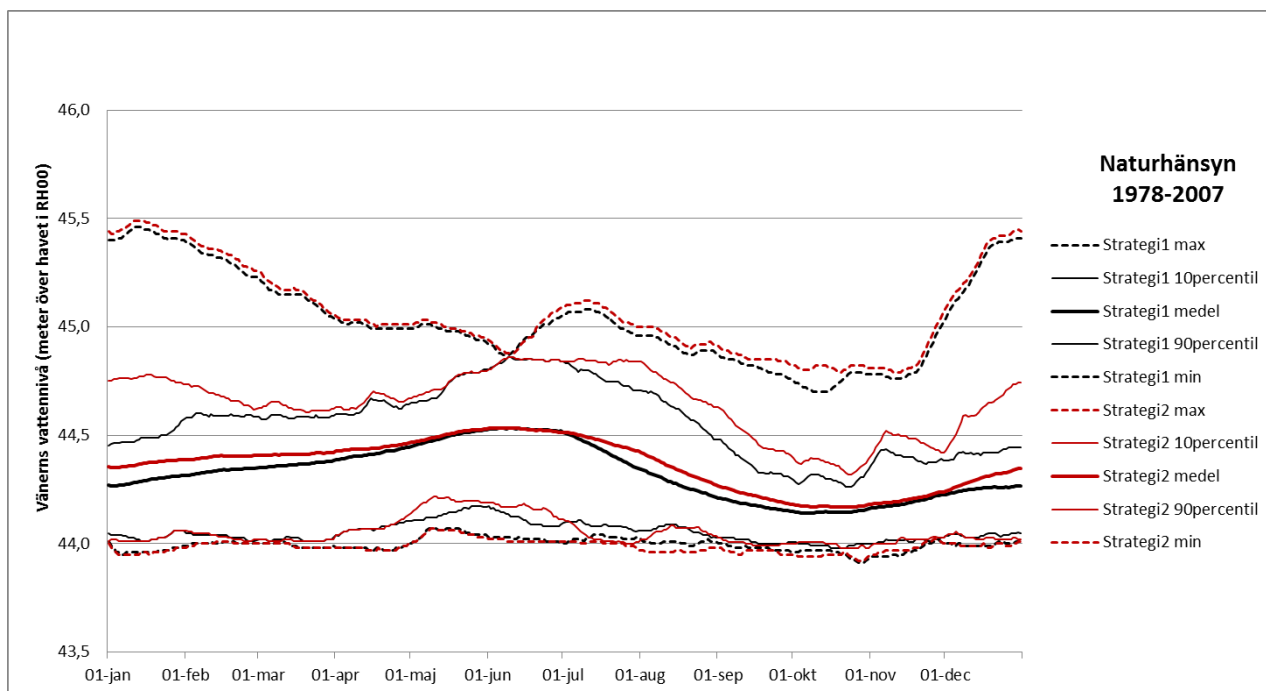
## Andel av år

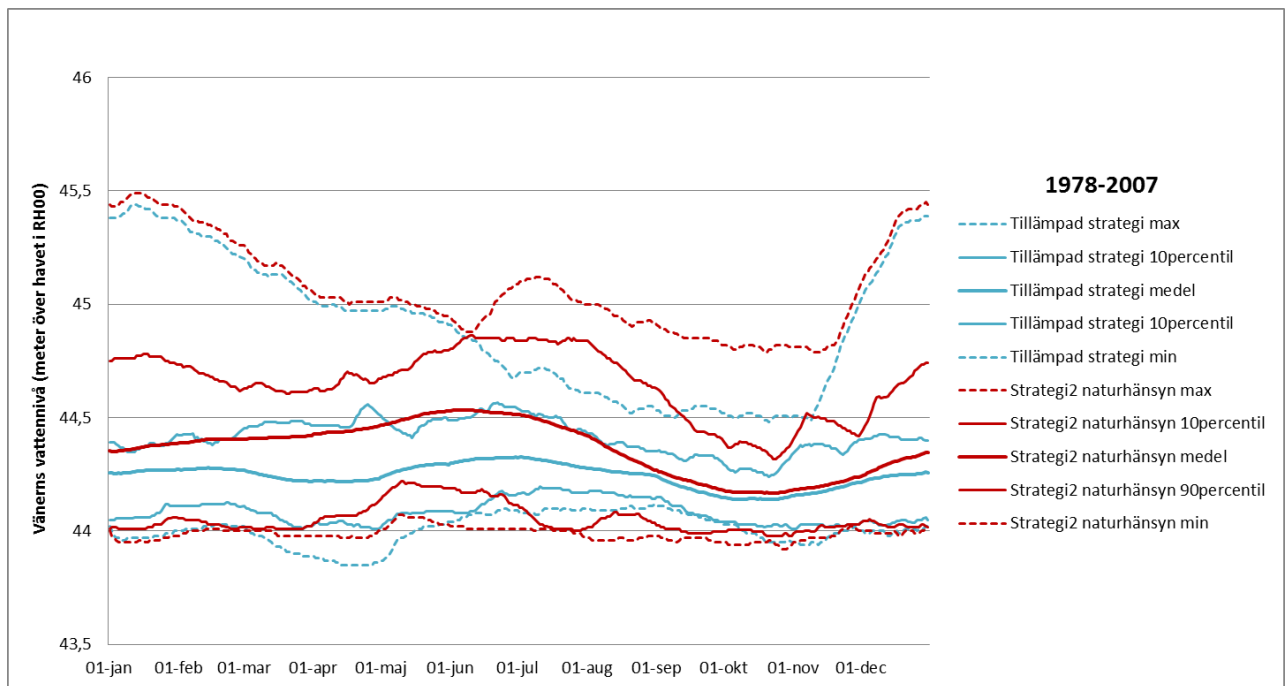
Andelen år med nivåer över	1978-2007 Hela året Observerat vattenstånd	1978-2007 15 april-18 oktober Observerat vattenstånd	1978-2007 Hela året Modellerat vattenstånd tillämpad ny strategi	1978-2007 15 april-18 oktober Modellerat vattenstånd tillämpad ny strategi	1978-2007 Hela året Modellerat vattenstånd strategi1 med naturhänsyn	1978-2007 15 april-18 oktober Modellerat vattenstånd strategi1 med naturhänsyn	1978-2007 Hela året Modellerat vattenstånd strategi2 med naturhänsyn	1978-2007 15 april-18 oktober Modellerat vattenstånd strategi2 med naturhänsyn
44 m	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
44,05 m	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
44,1 m	0,97	0,93	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	0,97
44,15 m	0,97	0,93	1,00	1,00	1,00	0,93	1,00	0,93
44,2 m	0,97	0,93	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,93
44,25 m	0,97	0,90	0,97	0,87	1,00	0,87	1,00	0,90
44,3 m	0,97	0,87	0,77	0,67	0,93	0,83	0,97	0,83
44,35 m	0,93	0,87	0,63	0,53	0,87	0,80	0,90	0,80
44,4 m	0,93	0,83	0,53	0,43	0,80	0,80	0,80	0,73
44,45 m	0,87	0,73	0,40	0,33	0,73	0,70	0,77	0,70
44,5 m	0,83	0,63	0,33	0,27	0,67	0,67	0,77	0,63
44,55 m	0,77	0,63	0,27	0,20	0,63	0,60	0,70	0,63
44,6 m	0,70	0,57	0,27	0,20	0,57	0,53	0,57	0,53
44,65 m	0,60	0,50	0,17	0,07	0,43	0,40	0,43	0,40
44,7 m	0,53	0,43	0,17	0,07	0,43	0,37	0,43	0,40
44,75 m	0,50	0,37	0,10	0,03	0,40	0,33	0,43	0,37
44,8 m	0,43	0,27	0,10	0,03	0,37	0,30	0,40	0,33
44,85 m	0,27	0,13	0,10	0,03	0,27	0,20	0,33	0,23
44,9 m	0,17	0,10	0,07	0,03	0,17	0,10	0,20	0,10
44,95 m	0,07	0,03	0,07	0,03	0,13	0,10	0,20	0,10
45 m	0,07	0,03	0,07	0,00	0,13	0,10	0,10	0,07

<b>Andelen år med vattenståndsvariation större än</b>	<b>1978-2007 Hela året Observerat vattenstånd</b>	<b>1978-2007 15 april-18 oktober Observerat vattenstånd</b>	<b>1978-2007 Hela året Modellerat vattenstånd tillämpad strategi</b>	<b>1978-2007 15 april-18 oktober Modellerat vattenstånd tillämpad strategi</b>	<b>1978-2007 Hela året Modellerat vattenstånd strategi1 med naturhänsyn</b>	<b>1978-2007 15 april-18 oktober Modellerat vattenstånd strategi1 med naturhänsyn</b>	<b>1978-2007 Hela året Modellerat vattenstånd strategi2 med naturhänsyn</b>	<b>1978-2007 15 april-18 oktober Modellerat vattenstånd strategi2 med naturhänsyn</b>
<b>0,7 m</b>	0,30	0,10	0,13	0,03	0,33	0,20	0,30	0,13
<b>0,6 m</b>	0,47	0,17	0,17	0,03	0,47	0,37	0,43	0,33
<b>0,5 m</b>	0,67	0,27	0,23	0,13	0,63	0,50	0,67	0,53
<b>0,4 m</b>	0,83	0,53	0,47	0,20	0,80	0,70	0,80	0,60
<b>0,3 m</b>	1,00	0,67	0,73	0,57	1,00	0,87	1,00	0,80
<b>0,2 m</b>	1,00	0,90	0,97	0,93	1,00	0,90	1,00	0,90
<b>0,1 m</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	1,00

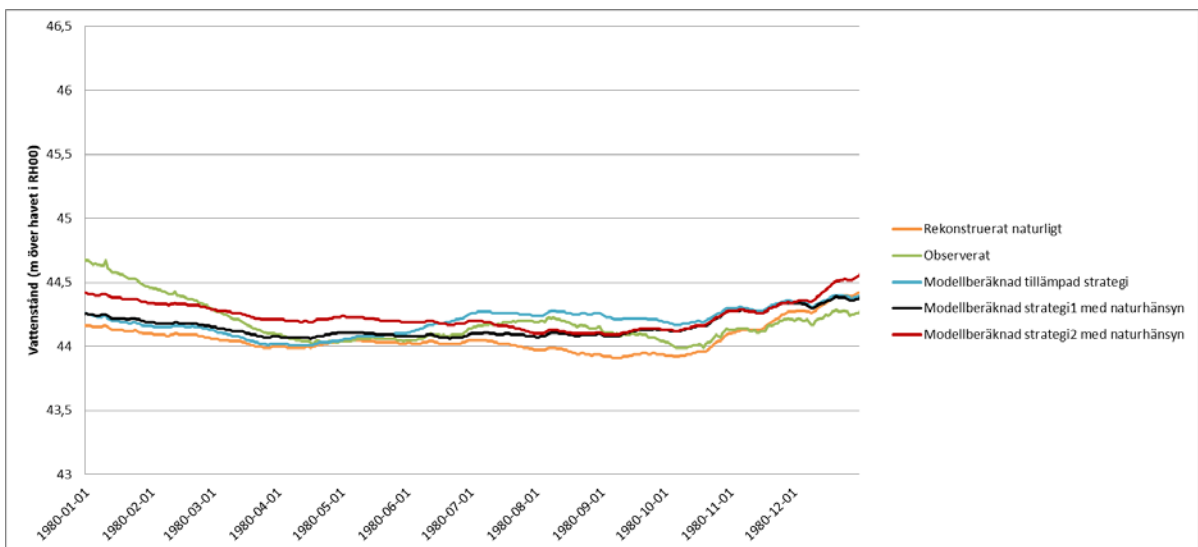
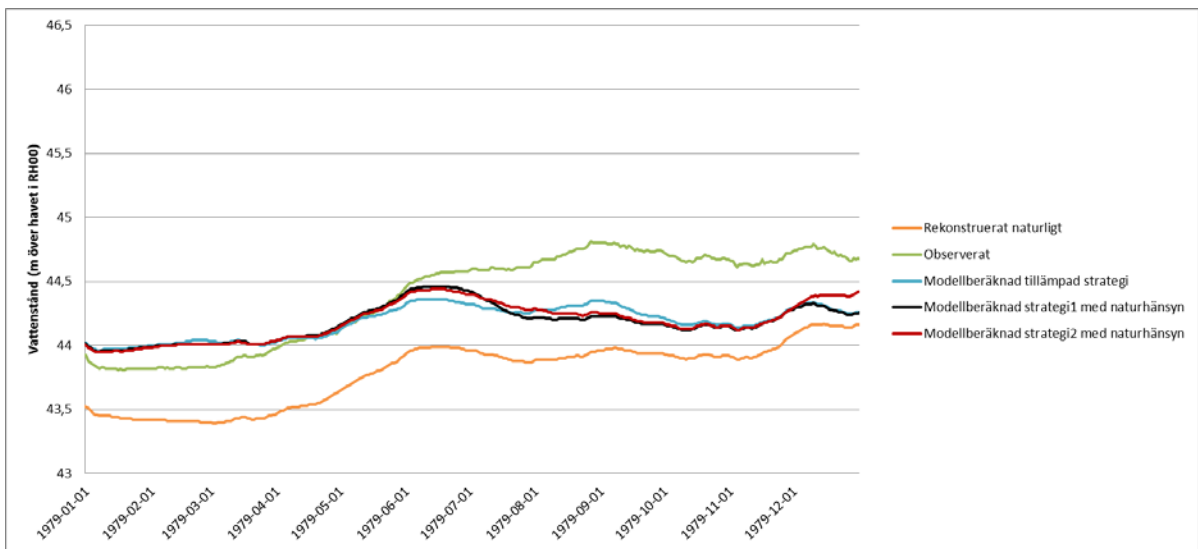
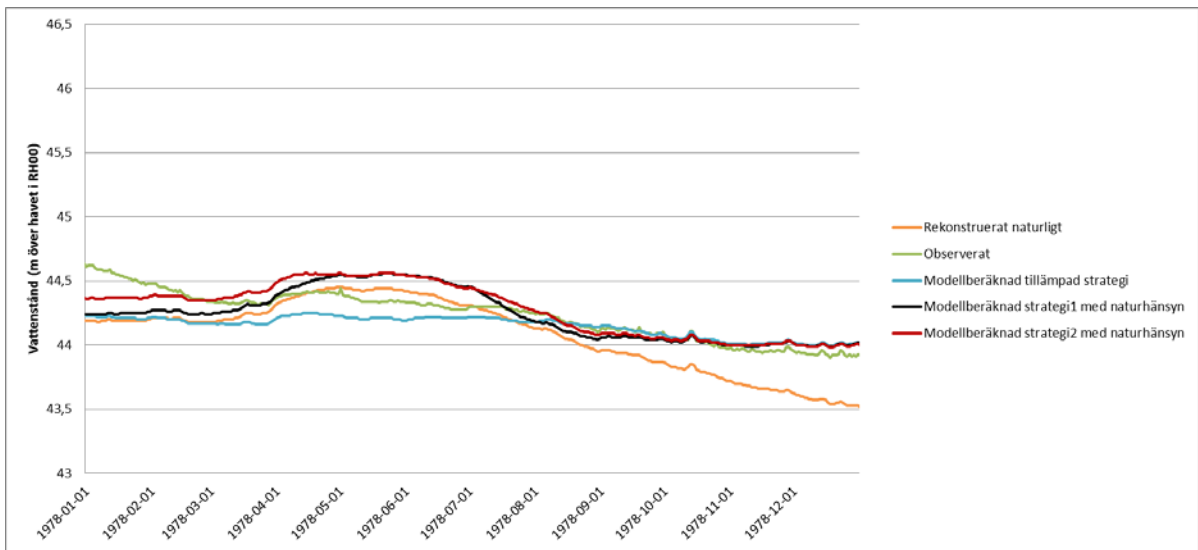


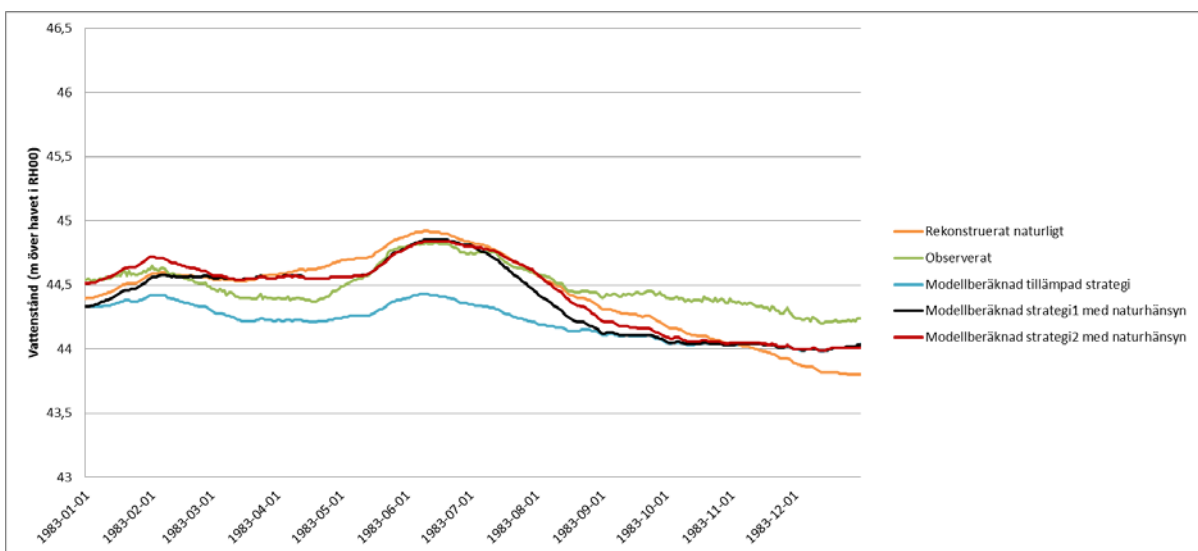
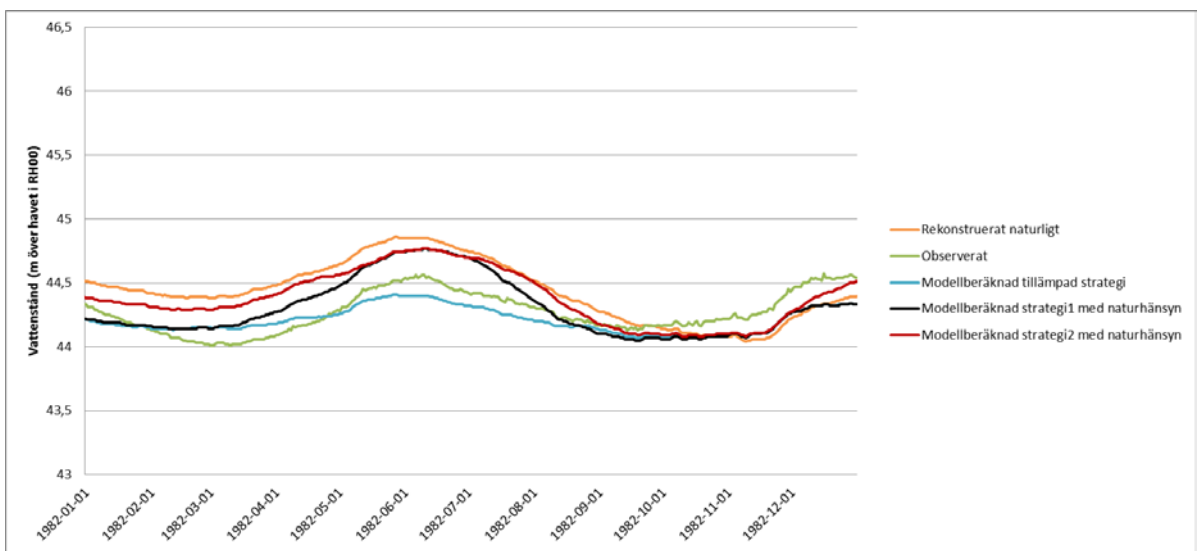
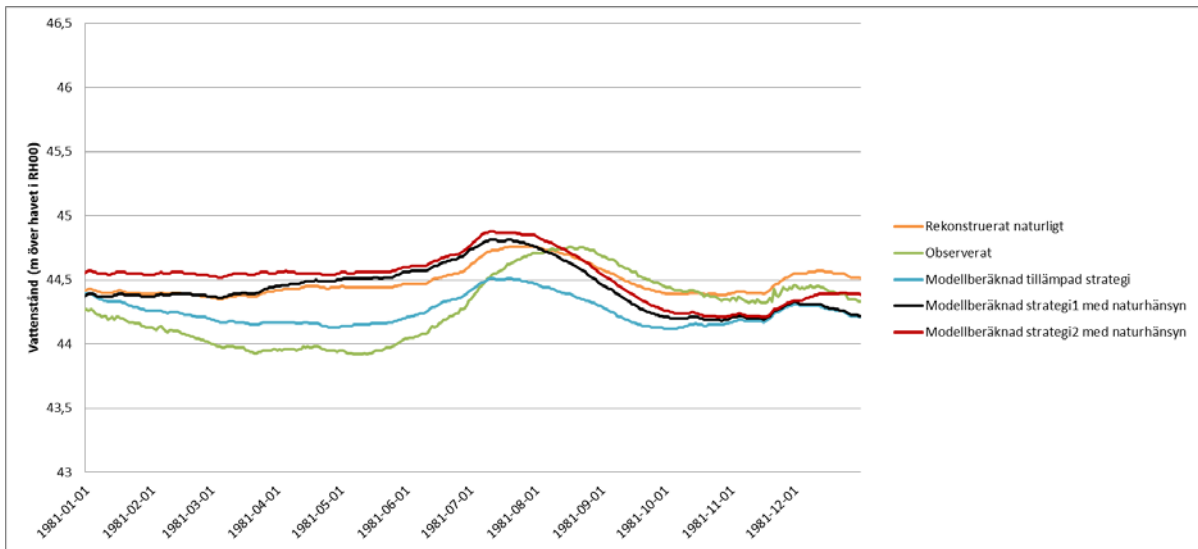
## Bilaga 2. Vattenståndsdigram med max, min, medel och percentiler

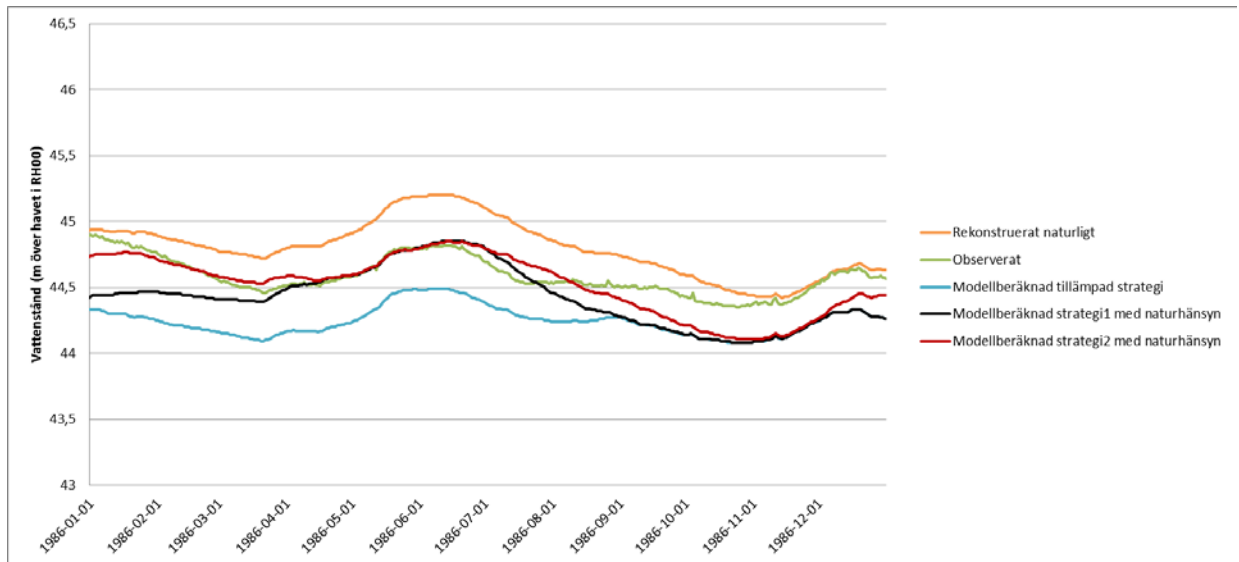
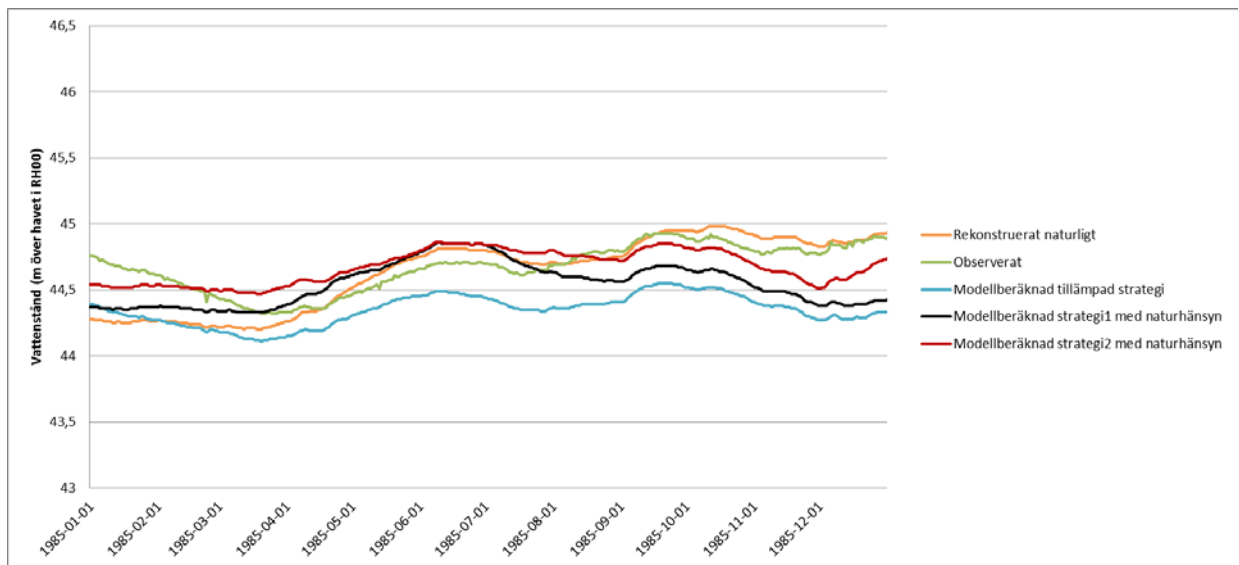
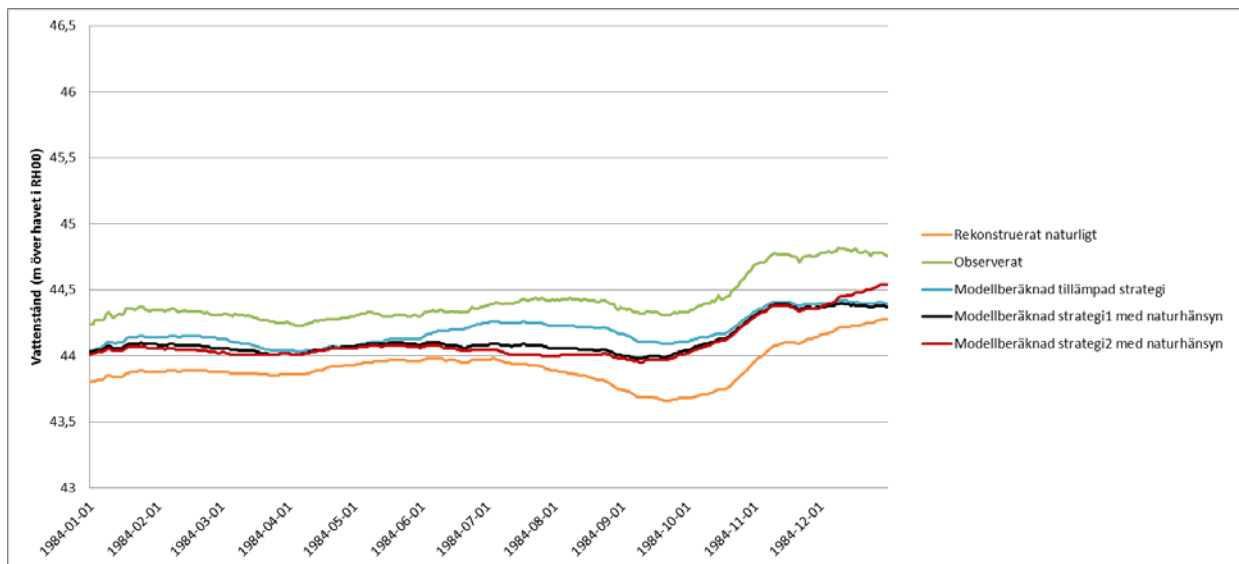


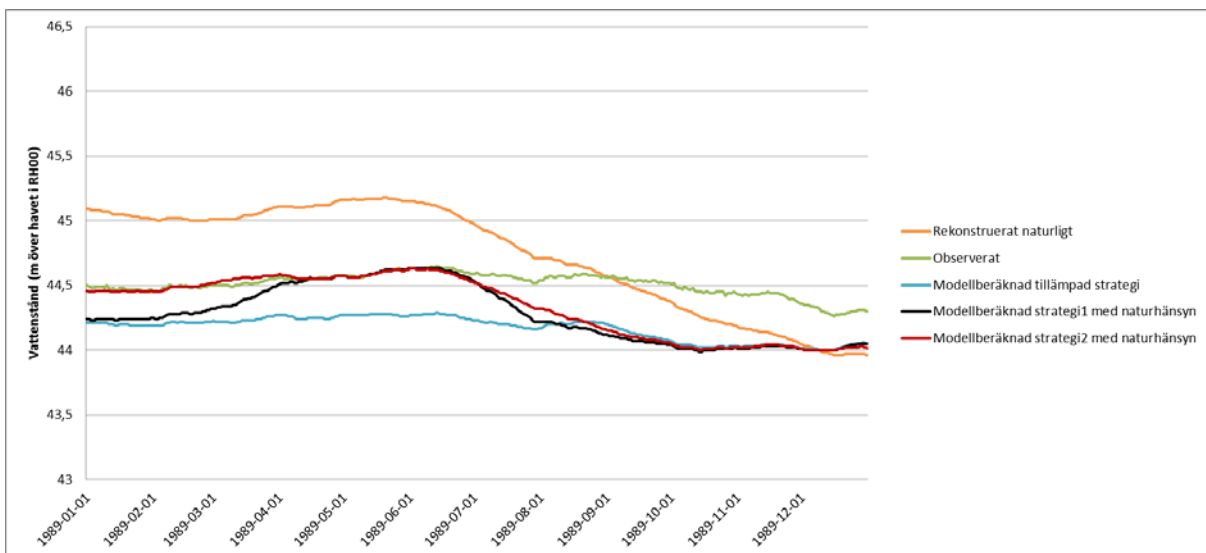
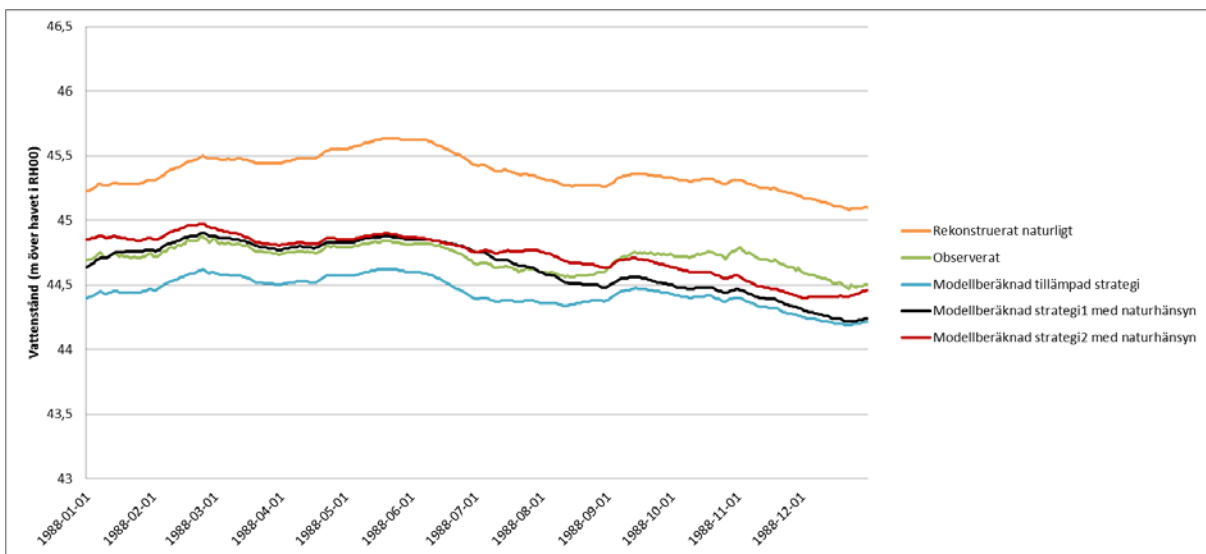
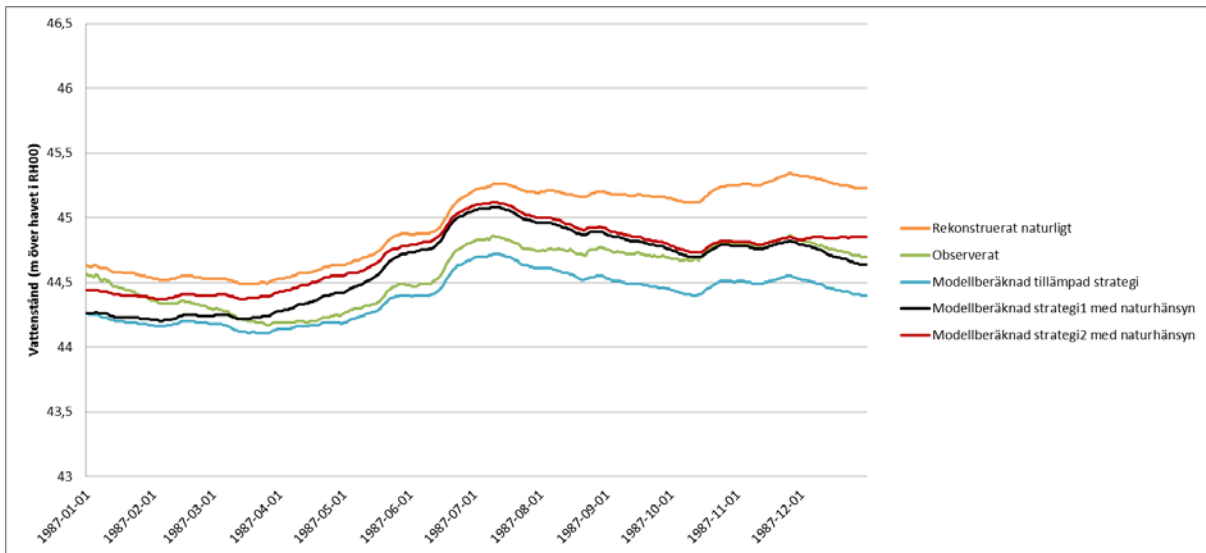


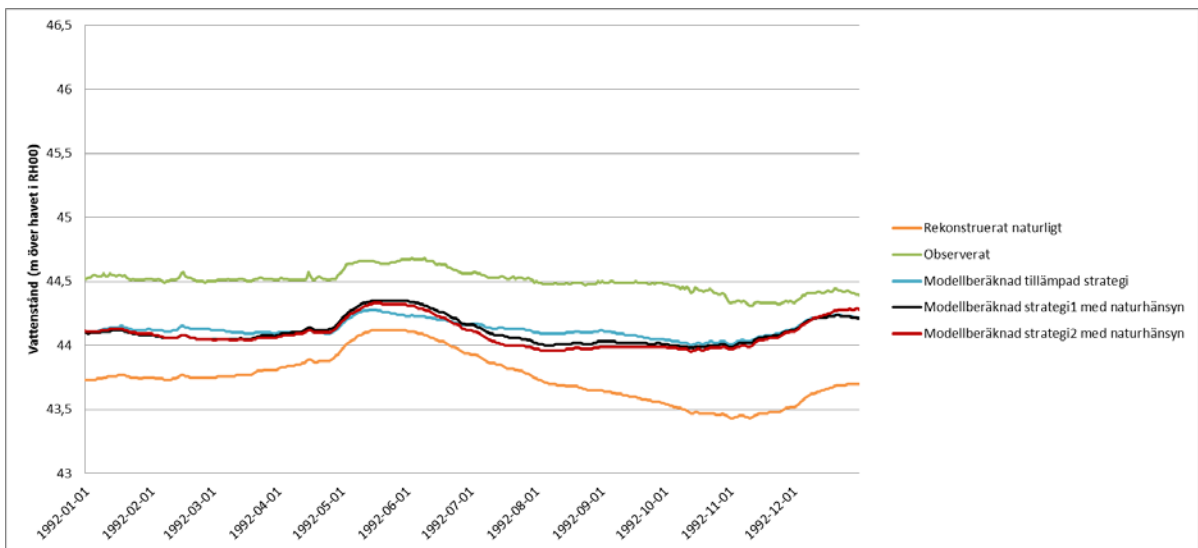
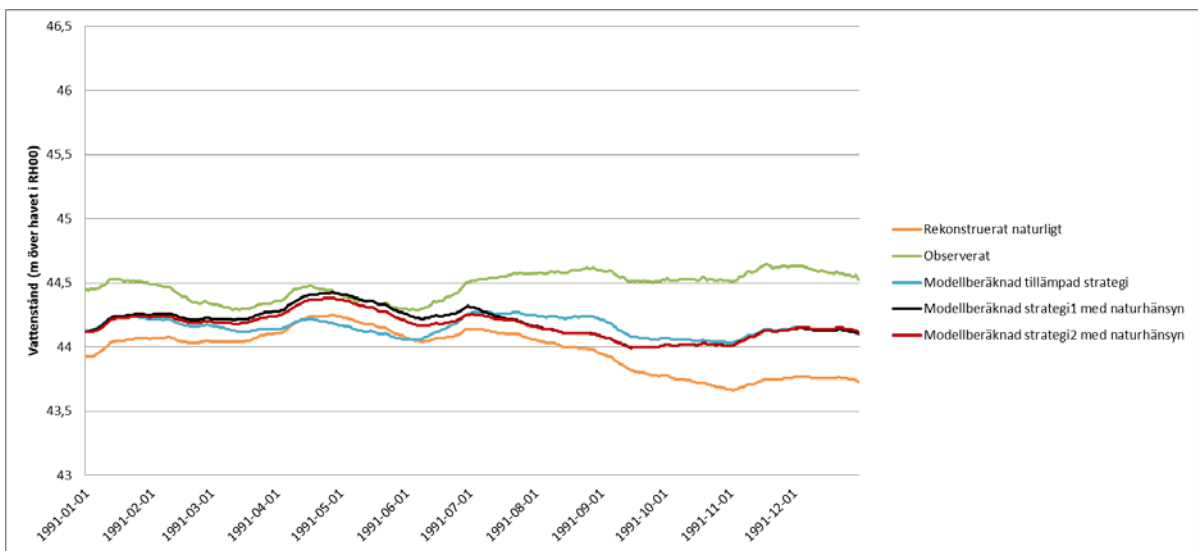
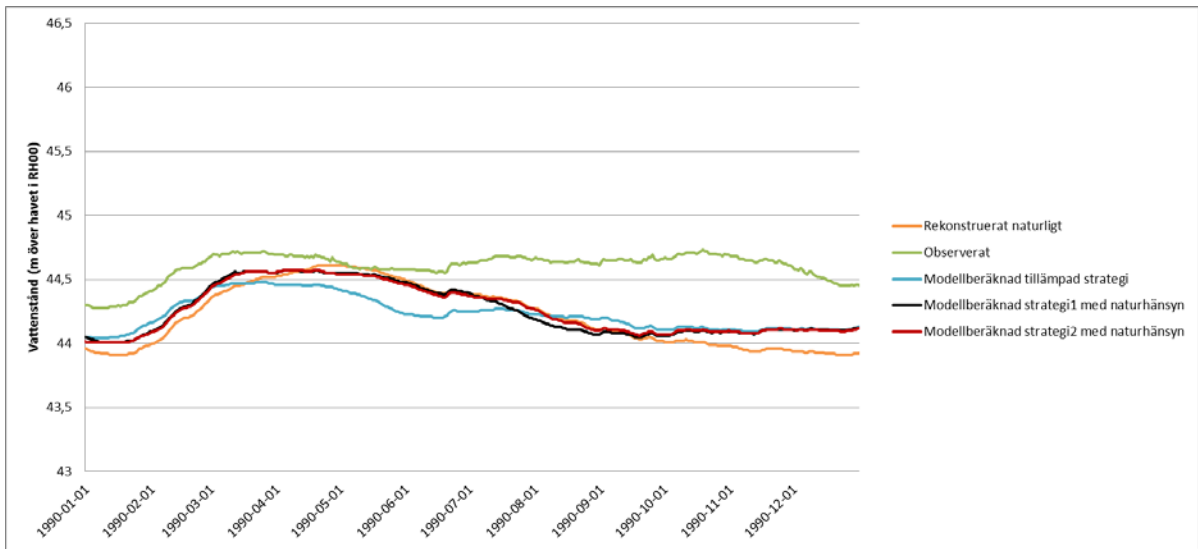
### Bilaga 3. Diagram för enskilda år.

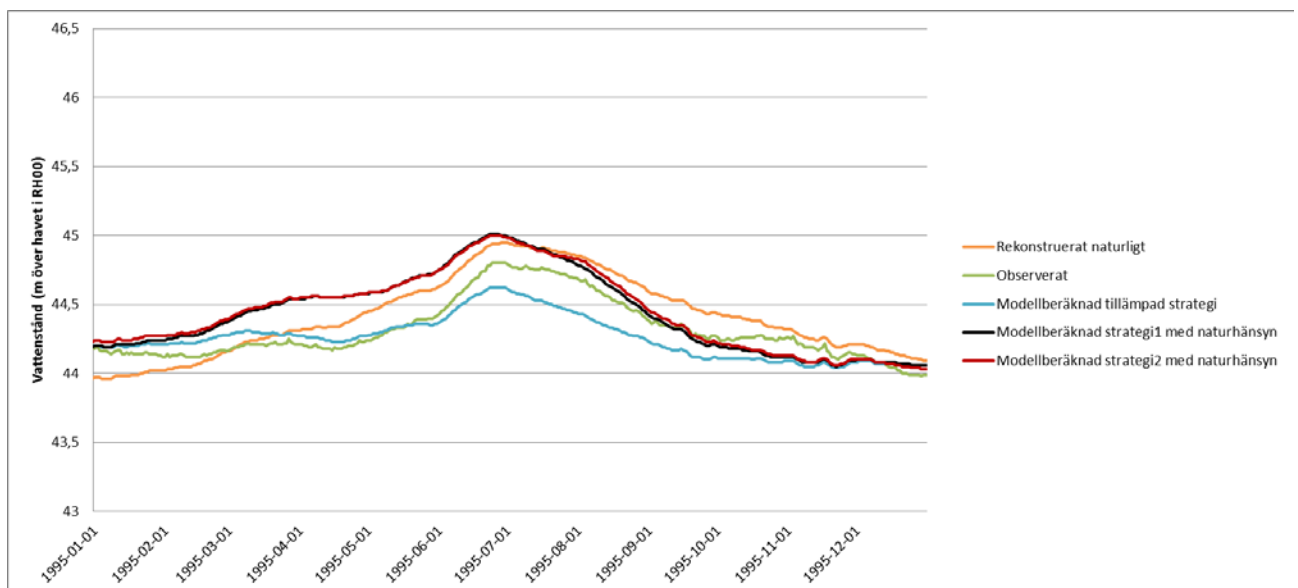
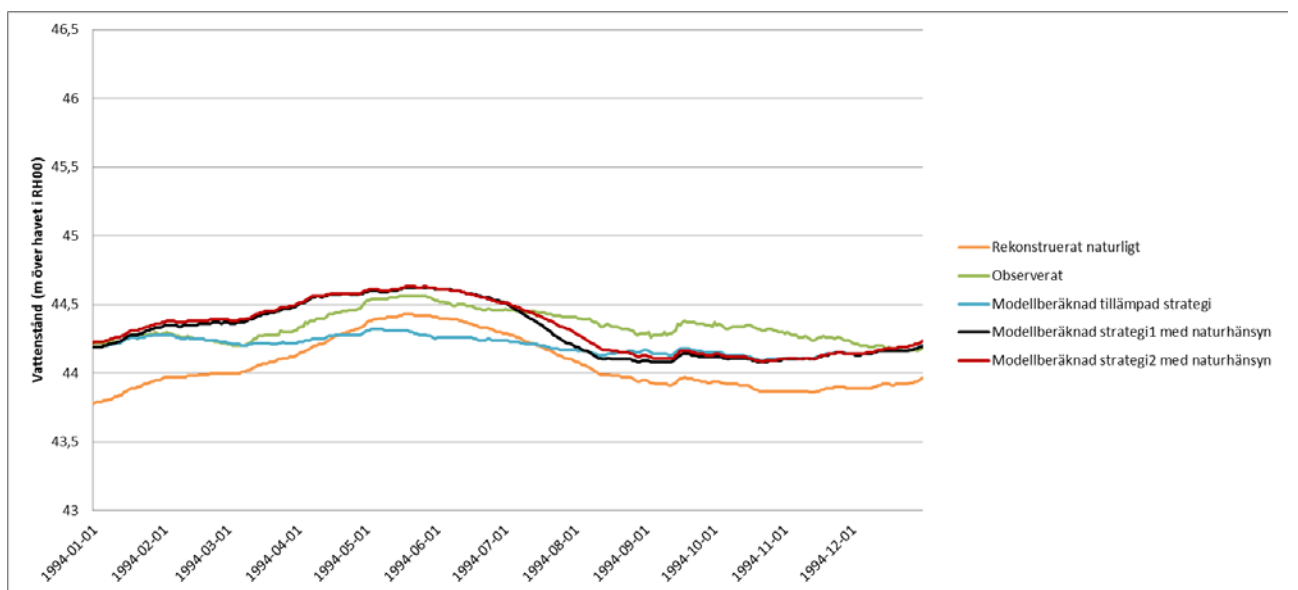
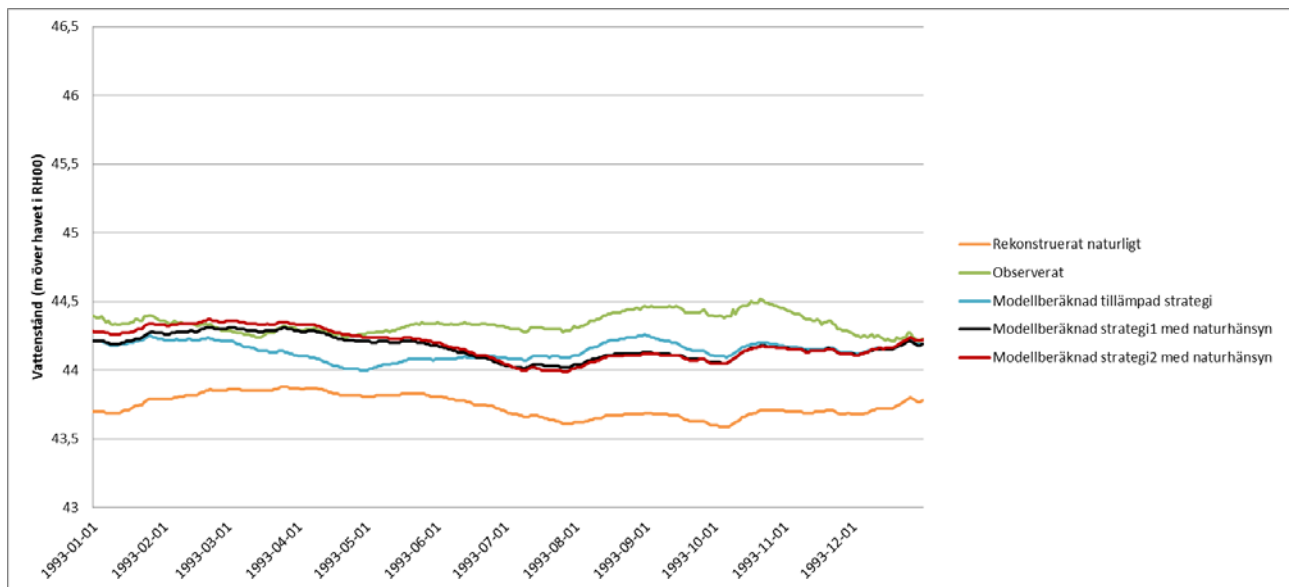




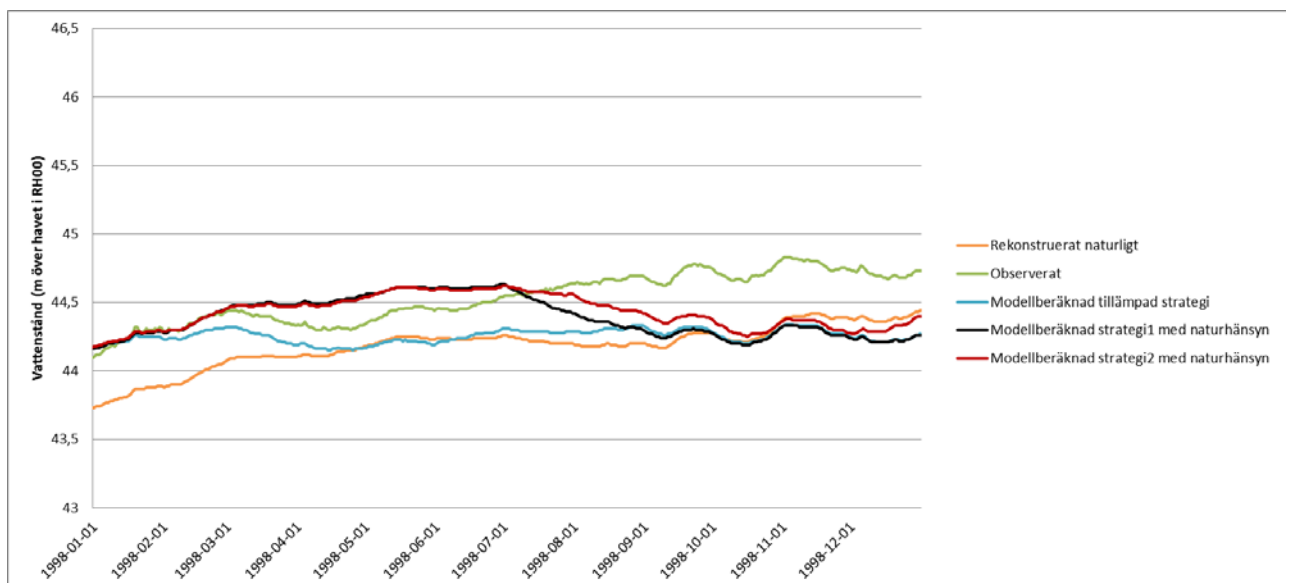
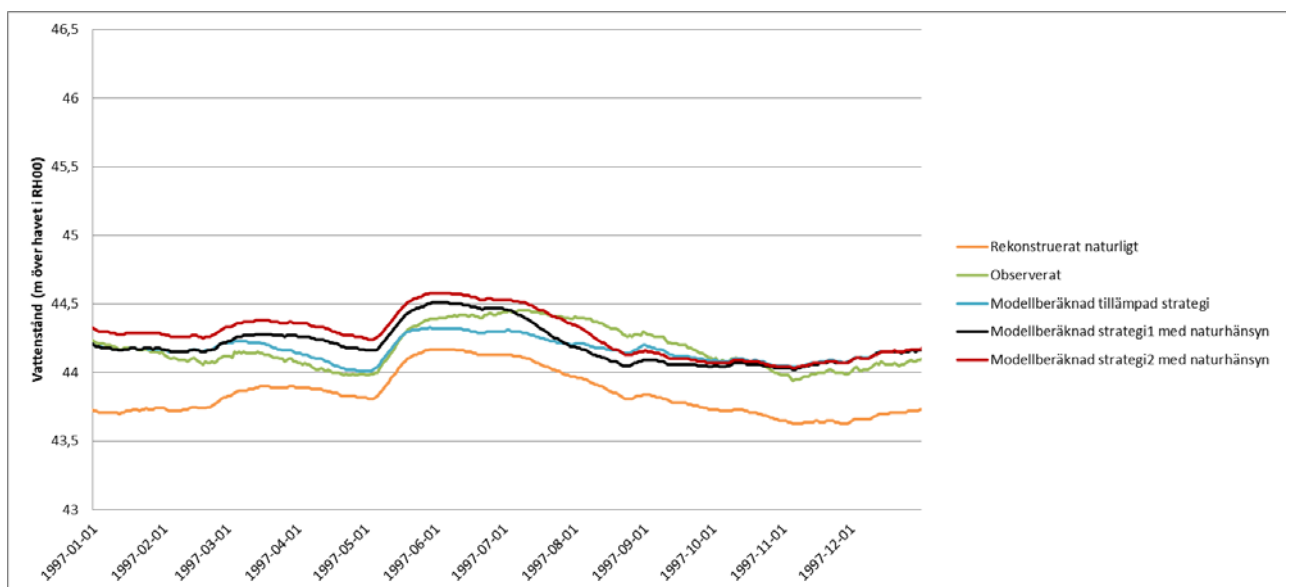
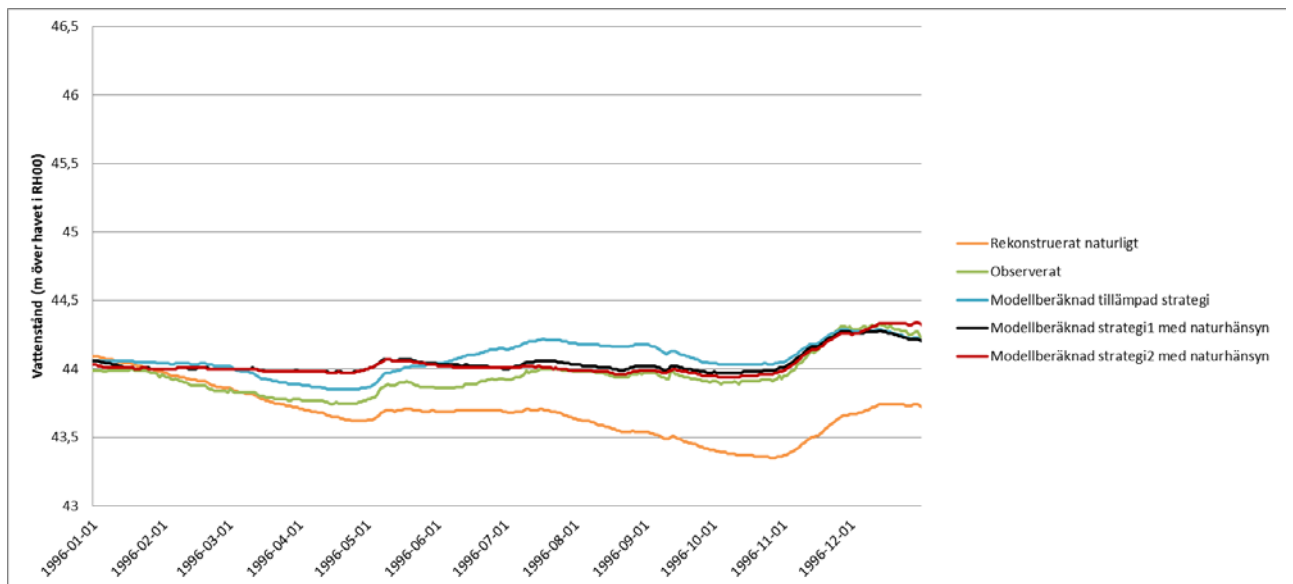


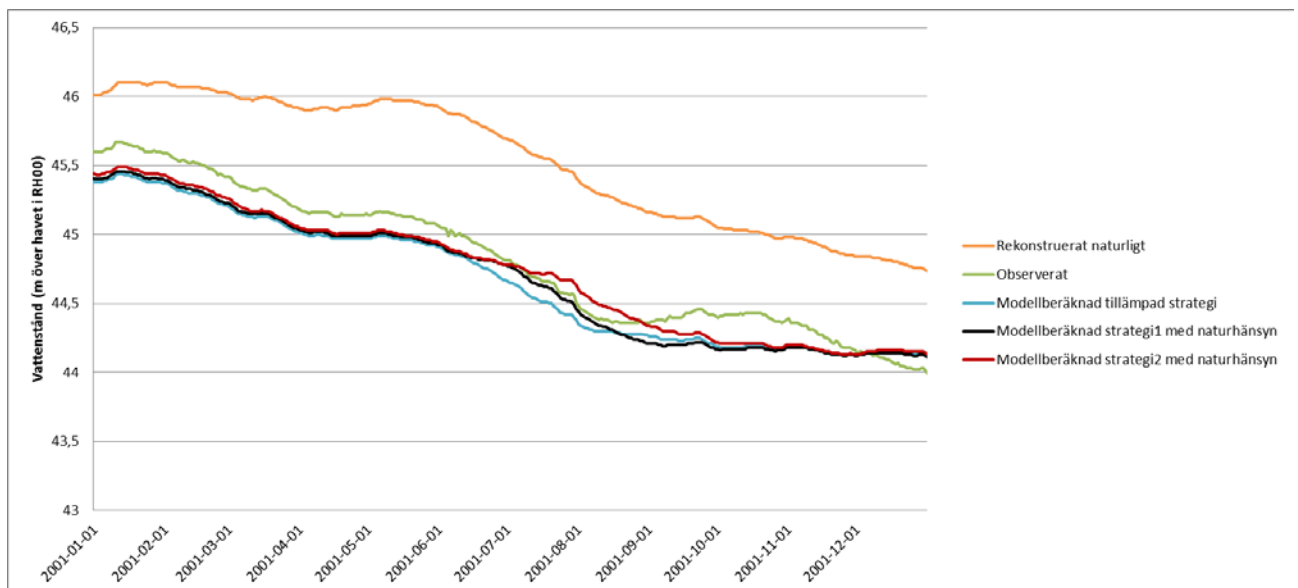
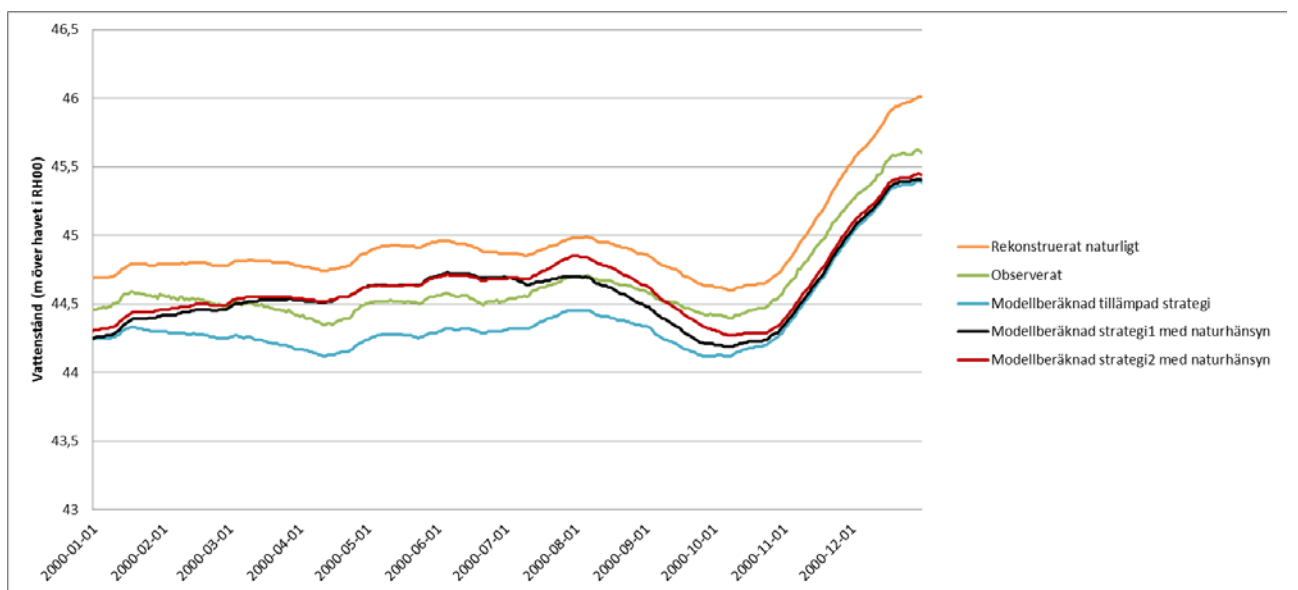
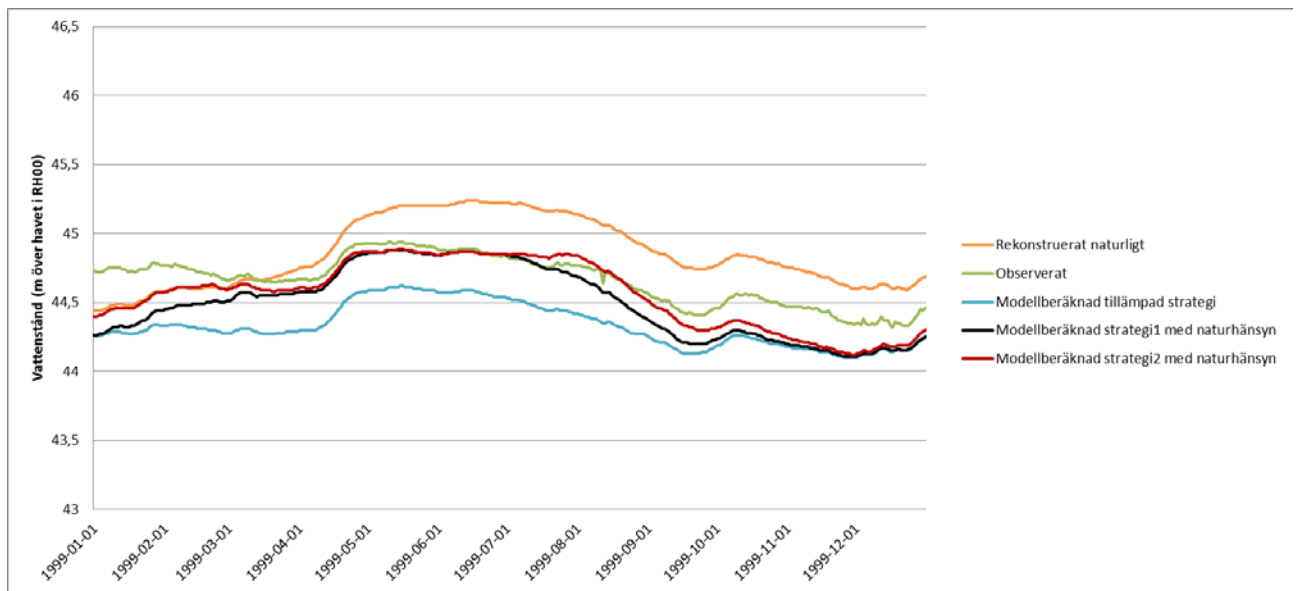


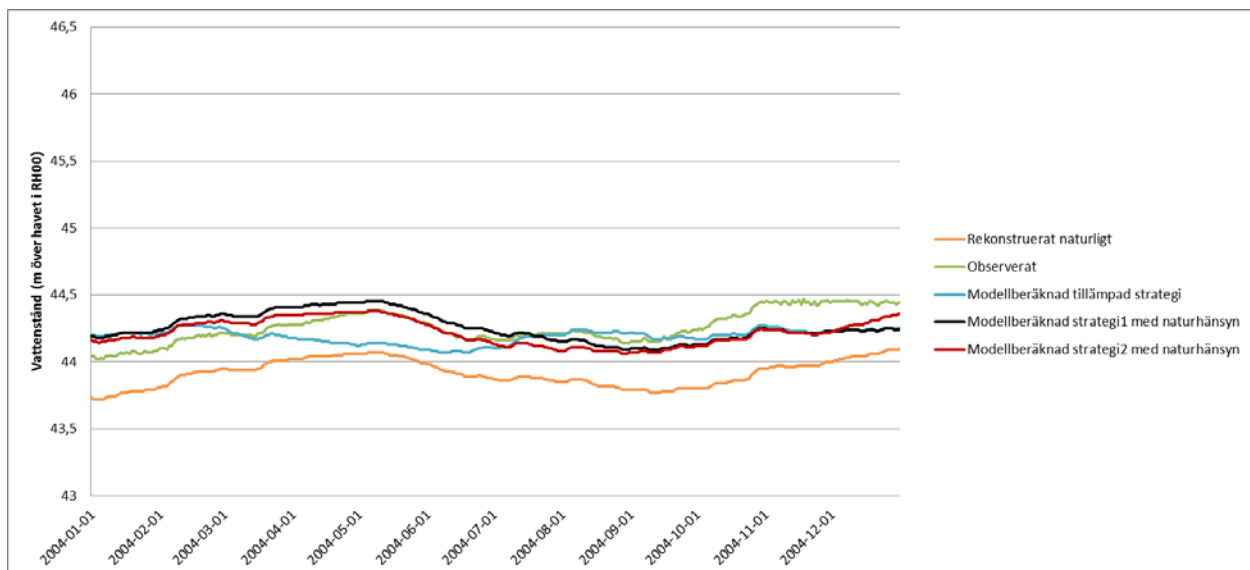
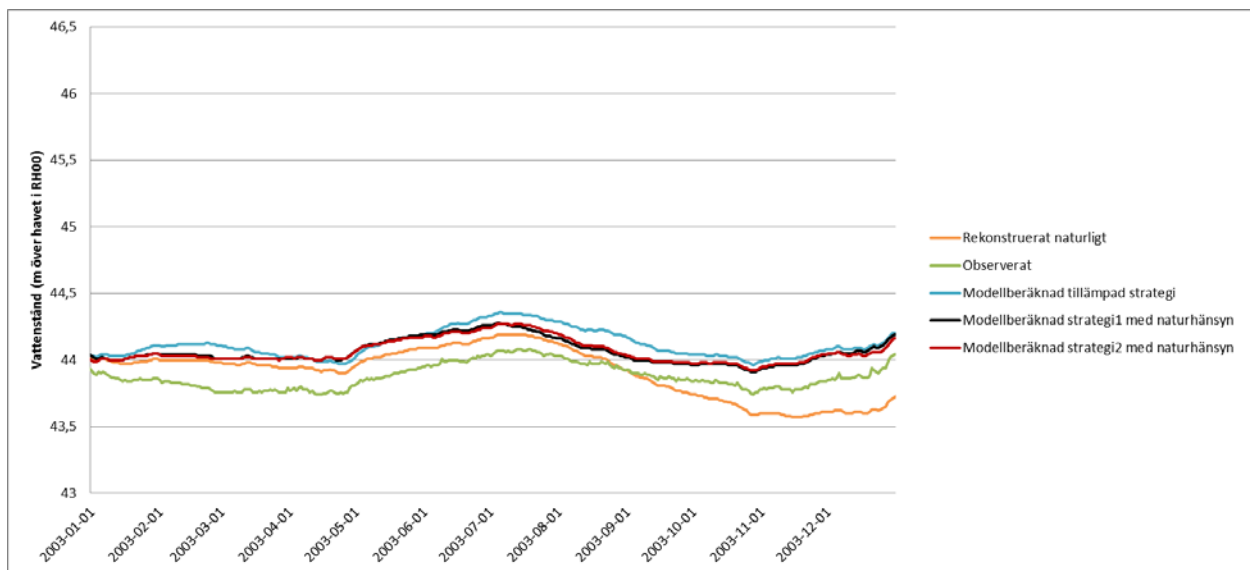
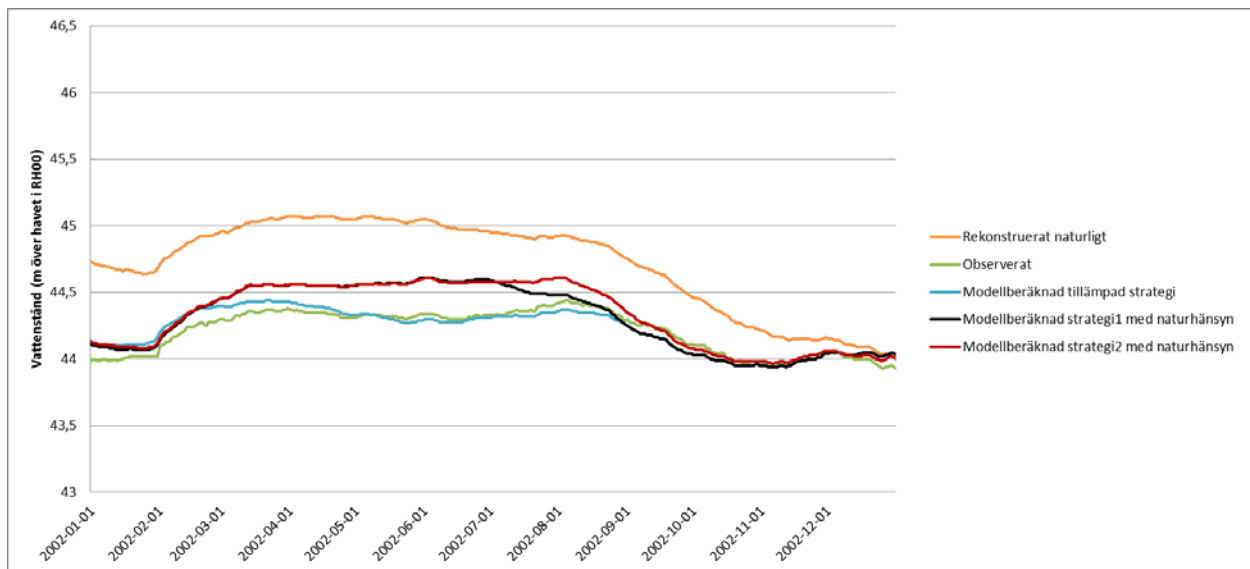


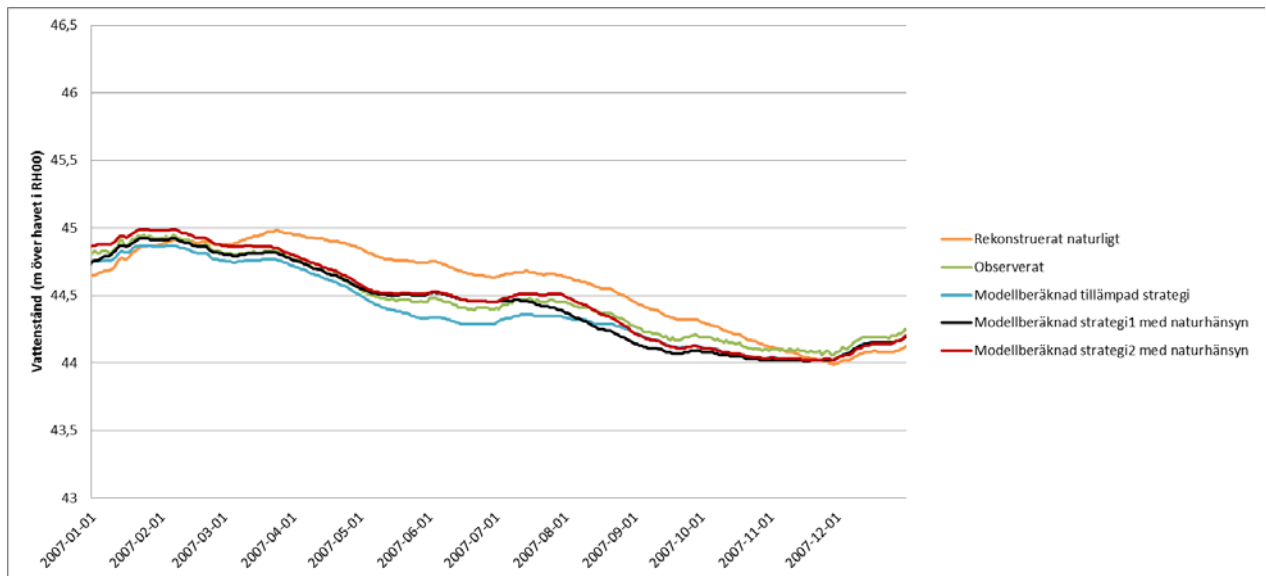
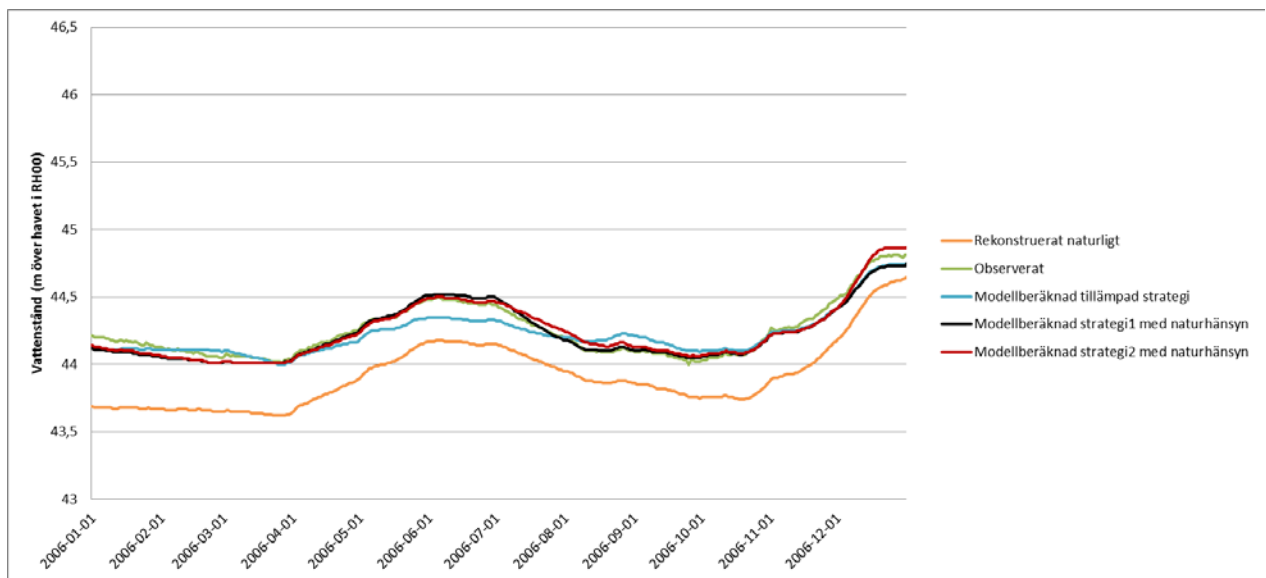
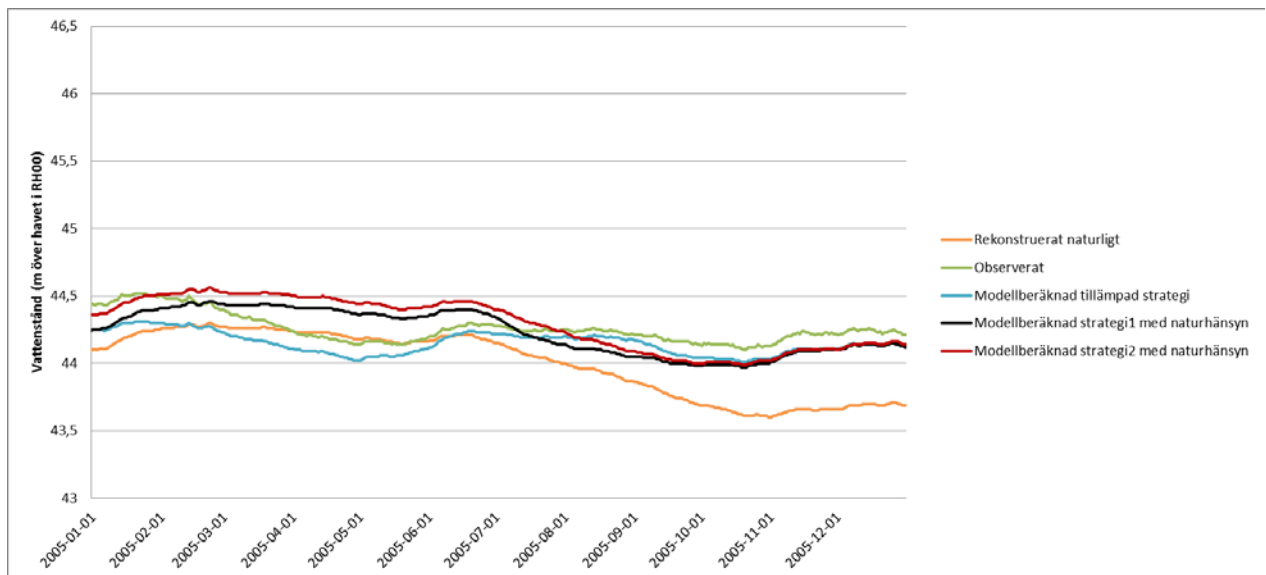












## Bilaga 4. Spridning i vattenstånd vid olika tappningsförhållande

