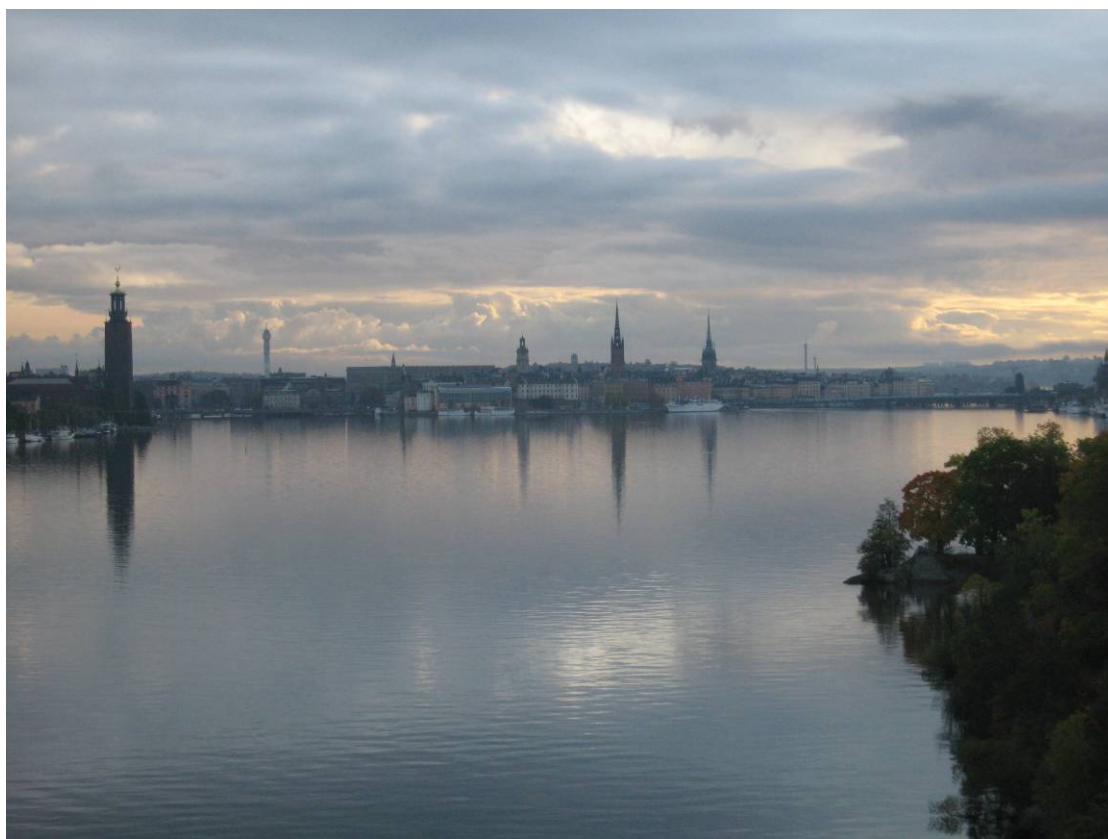


Johan Andréasson, Hanna Gustavsson och Sten Bergström

RAPPORT NR 2011-64

# Projekt Slussen - Förslag till ny reglering av Mälaren



*Pärmbild.*

*Vy över Riddarfjärden i Mälaren fotograferat från Västerbron, oktober 2008.*

**Fotograf:** *Sten Bergström, SMHI.*



RAPPORT NR 2011-64

Författare:

**Johan Andréasson  
Hanna Gustavsson  
Sten Bergström**

Uppdragsgivare:

**Stockholms Stad**

Granskningsdatum:

**2011-12-21**

Granskare:

**Sten Lindell**

Dnr:

**2007/1143/204**

Version:

**2.0**

## Projekt Slussen Förslag till ny reglering av Mälaren

Uppdragstagare

**SMHI  
601 76 Norrköping**

Projektansvarig

**Johan Andréasson  
Tel: 011-495 8609 Fax: 011-495 8001  
E-post: johan.andreasson@smhi.se**

Uppdragsgivare

**Exploateringskontoret, Stockholms Stad  
Box 8189  
104 20 Stockholm**

Kontaktperson

**Mårten Frumerie  
08-508 262 39  
marten.frumerie@expl.stockholm.se**

Distribution

Klassificering

**(x) Affärssekretess**

Nyckelord

**Mälaren, flödesstyrd reglering, rapport nr. 2011-64, Slussen**

Övrigt



# Innehållsförteckning

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>SAMMANFATTNING .....</b>                                  | <b>1</b>  |
| <b>1      BAKGRUND .....</b>                                 | <b>6</b>  |
| 1.1      Höjdsystem .....                                    | 7         |
| 1.2      Grundläggande data om Mälaren .....                 | 8         |
| 1.3      Mälarens vattendom .....                            | 8         |
| 1.4      Historik för framtagande av regleringsstrategi..... | 9         |
| <b>2      UPPDRAGET .....</b>                                | <b>11</b> |
| 2.1      Syften och hänsynstaganden .....                    | 11        |
| 2.2      Arbetsprocessen .....                               | 12        |
| <b>3      METODIK .....</b>                                  | <b>14</b> |
| 3.1      Tappningsmodell för Mälaren.....                    | 14        |
| 3.2      Tappningskapacitet .....                            | 15        |
| 3.3      Tillrinningsserier.....                             | 18        |
| 3.4      Havsvattenstånd .....                               | 19        |
| 3.5      Regleringens känslighet för klimatförändringar..... | 19        |
| 3.5.1      Klimatscenarier .....                             | 20        |
| 3.5.2      Hydrologiska modellberäkningar .....              | 21        |
| 3.5.3      Havsvattenstånd .....                             | 23        |
| <b>4      RESULTAT .....</b>                                 | <b>25</b> |
| 4.1      Nollalternativ .....                                | 25        |
| 4.2      Huvudalternativ.....                                | 26        |
| 4.2.1      Normaldrift.....                                  | 26        |
| 4.2.2      Extrema tillfällen.....                           | 32        |
| 4.3      Klimatscenarier och tillrinningsberäkningar.....    | 36        |
| 4.3.1      Normaldrift.....                                  | 36        |
| 4.3.2      Extrema tillfällen.....                           | 41        |
| <b>5      HYDROLOGISKA PROGNOSE .....</b>                    | <b>43</b> |
| <b>6      DISKUSSION .....</b>                               | <b>45</b> |
| <b>7      SLUTSATSER.....</b>                                | <b>46</b> |

**BILAGA 1 – TAPPNINGSSTRATEGI FÖR HUVUDALTERNATIV**

**BILAGA 2 – TAPPNINGSSTRATEGI FÖR HUVUDALTERNATIV UTAN  
FLÖDESSTYRNING I NORRSTRÖM**

## Sammanfattning

Mälarens första reglering genomfördes i enlighet med en dom från 1941 några år efter invigningen av den nuvarande Slussen och det är Stockholms stad som har tillstånd att reglera sjön. Denna reglering togs i bruk 1943. Regleringsbestämmelserna justerades något i mars 1966. Driften av regleringen sköts av Stockholms Hamnar, men i Södertälje kanal öppnar Sjöfartsverket luckan på uppdrag av Stockholms Hamnar. SMHI är kontrollant av regleringen. Efter de kraftiga tillrinningarna till Mälaren hösten 2000 blev det tydligt att Mälarens avtappningskapacitet är för liten för att kunna garantera säkerheten mot översvämningar i såväl Stockholm som övriga Mälardalen. I samband med ombyggnaden av Slussen planeras därför en ökning av tappningskapaciteten för att minska översvämningsriskerna runt Mälaren. Detta gör det nödvändigt att anpassa regleringen för Mälaren till nya förhållanden.

SMHI har fått i uppdrag av Stockholms stad att utprova och föreslå en ny regleringsstrategi för Mälaren som är anpassad till krav och önskemål från olika samhällssektorer. Den nya regleringen av Mälaren syftar till att:

1. Minska risken för översvämning runt Mälaren  
*Samhällsintressen: Dricksvattenförsörjning, bebyggelse och infrastruktur, sjöfart, jordbruk*
2. Minska risken för låga vattennivåer i Mälaren  
*Samhällsintressen: Dricksvattenförsörjning och sjöfart*
3. Förhindra saltvatteninträngning  
*Samhällsintressen: Dricksvattenförsörjning*

Vid utformningen av den nya regleringen tas särskild hänsyn till värdefulla strandnära naturmiljöer genom att eftersträva årstidsvariationer som gynnar strandnära naturmiljö. Regleringen ska också eftersträva att sänka vattenhastigheterna för att begränsa erosion på botten och anläggningar samt påverkan på sjöfarten uppströms och nedströms Slussen. Utformningen av regleringen eftersträvar vidare, om möjligt, särskild hänsyn till det allmänna fiskeintresset och kulturmiljön genom längre tidsperioder med flöden i Stockholms ström, vid Riksbron, särskilt under vår och höst. Regleringen eftersträvar också tidigare och mer frekvent tappning i Hammarby (kulverten vid Skanstull) för att förbättra vattenmiljön i Årstaviken och Hammarby sjö.

Arbetet med att ta fram en ny reglering för Mälaren har utförts i tre faser.

Den första fasen har redovisats i SMHI rapport 2007-51 (Sanner och Hellström, 2007) och omfattar tester av ett drygt 10-tal olika regleringsstrategier.

I den andra fasen undersöktes möjligheterna att med en dynamisk (årstidsberoende) reglering bättre uppfylla önskemålet om årstidsvariationen i Mälarens vattenstånd. Arbeta under den andra fasen finns sammanställt i SMHI-rapport 2008-20 (Sanner m.fl., 2009).

Inledande arbete under den tredje fasen har presenterats i SMHI-rapport 2010-16 (Andréasson och Gustavsson, 2010). I föreliggande rapport redovisas det slutliga resultatet från den tredje och sista fasen, vilket kommer att ligga till grund för Stockholms stads ansökan om ny vattendom för Mälaren. Förslaget innebär en utökad kapacitet i Söderström till ca 1400 m<sup>3</sup>/s och en ökning av kapaciteten även i Hammarby från dagens 70 m<sup>3</sup>/s till 140 m<sup>3</sup>/s.

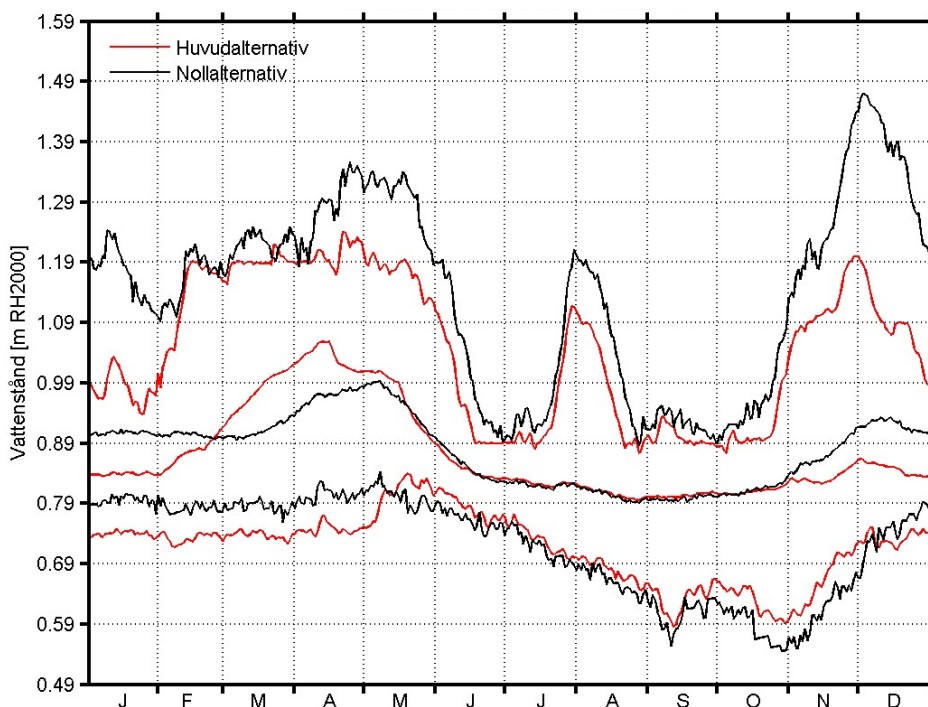
### Dagens reglering och förslag på ny reglering av Mälaren

I rapporten jämförs de förhållanden som skapas av dagens respektive den föreslagna framtida regleringsstrategin. Dessa har fått benämningen *Nollalternativet* (dagens reglering) respektive *Huvudalternativet* (föreslagen framtida reglering).

Arbetet med att ta fram Huvudalternativet har varit en iterativ process med hänsynstagande till olika intressenters önskemål och krav på både vattenståndsvariationer och flöden i olika tappningskanaler. Förslaget är därför en kompromiss mellan olika intressenters önskemål och krav. Ett exempel är avvägningen mellan naturmiljö- och jordbruksintressen beträffande återskapandet av förhöjda vattenstånd under våren.

I förslaget på ny regleringen av Mälaren har en så kallad flödesreglering införts för Söderström och Norrström. Flödesregleringen innebär att luckorna öppnas så mycket som krävs för att avbörda ett önskat flöde, vilket skapar en mjukare reglering och lägre vattenhastigheter. På så sätt kan luckorna kompensera för den motdämning som sker då Saltsjön står högt, vilket gör regleringen mindre känslig för fluktuationer och förändringar i havsvattenståndet.

För att illustrera skillnaderna mellan dagens reglering (Nollalternativet) och den framtida föreslagna regleringen (Huvudalternativet) har beräkningar av vattenstånden gjorts för båda alternativen för perioden 1976-2005. Denna period innehåller såväl ett extremt torrår (1976) som ett år med extrema högvatten (2000). Tillsammans med 100-årstillrinning utgör inträffade tillrinningar under denna period vad som benämns normaldrift. Resultatet av jämförelsen mellan Nollalternativet och Huvudalternativet redovisas som medelvärden, maximivärden och minimivärden för varje dag under året i Figur 1. Observera att dessa beräkningar förutsätter de klimatförhållanden som rådde under perioden 1976-2005.



Figur 1. Mälarens beräknade medel-, min- och maxvattenstånd under förutsättning av regleringsstrategi enligt Nollalternativet (svarta kurvor) respektive Huvudalternativet (röda kurvor). Den analyserade perioden är åren 1976-2005 och innehåller såväl det extremt torra året 1976 som det extremt blöta året 2000.

Figur 1 visar tydligt att Huvudalternativet minskar riskerna för höga vattennivåer i Mälaren. Om denna strategi hade kunnat tillämpas år 2000 hade den högsta nivån sänkts med ca 27 cm. De allra lägsta nivåerna på sommaren hade blivit något högre.



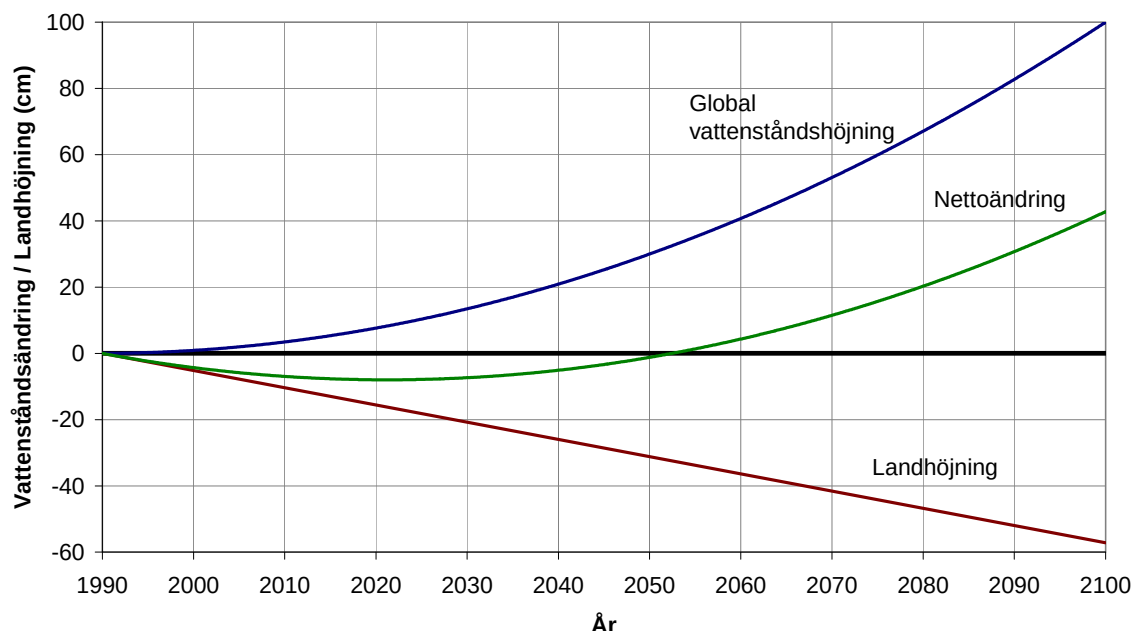
Arbetet med Huvudalternativet leder fram till följande slutsatser där nivåerna är angivna i såväl RH2000 som i Mälarens höjdsystem. Dessa mått skiljs genom ett snedstreck (RH2000/Mälarens höjdsystem):

- En utökad tappningskapacitet i Söderström i kombination med tappning enligt Huvudalternativet minskar kraftigt översvämningsriskerna i Stockholm och längs Mälarens stränder.
- Under normaldrift (1976-2005) samt för 100-årstillrinningen klarar regleringen enligt Huvudalternativet att hålla Mälarens nivåer under 1,29 m/4,60 m. Detta innebär att slussarna i Söderström, Hammarby och Södertälje inte används för avtappning under normaldrift.
- För tillflöden med en återkomsttid upp till 1 000 år klarar reglering enligt Huvudalternativet att hålla Mälarens nivåer under 1,39 m/4,70 m. Detta gäller även vid relativt höga saltsjövattenstånd (0,77 m/4,08 m).
- För de allra mest extrema flödena i Flödesdimensioneringskategori I enligt de svenska riktlinjerna för dammar (Svensk Energi m.fl, 2007) uppnås det övergripande målet att hålla Mälarens nivåer under 1,39 m/4,70 m vid normala saltsjövattenstånd. Vid högre saltsjövattenstånd (0,77 m/4,08 m) överskrids målet med 9 cm.
- Under normaldrift under perioden 1976-2005, med reglering enligt Huvudalternativet, minskar risken för låga vattennivåer i Mälaren. Det betyder att Mälarens nivå understiger 0,69 m/4,00 m mer sällan och under kortare perioder än i Nollalternativet.
- Huvudalternativet förutsätter att samtliga tappningspunkter med förbindelse mellan Mälaren och Saltsjön görs stängningsbara. Genom att stänga samtliga tappningspunkter mellan Mälaren och Saltsjön då Mälarens nivå understiger 0,69 m/4,00 m förhindras saltvatteninträngning och risken för låga vattennivåer minskar. På sikt bör även kulverten i Vetersgatan, vilken inte regleras men ingår indirekt i beräkningen av Mälarens vattenstånd, kunna stängas för att undvika saltvatteninträngning.
- Huvudalternativet ger ökad variation under året av Mälarens vattennivåer jämfört med Nollalternativet. Mellanårsvariationen minskar dock, eftersom de högsta nivåerna har sänkts och de lägsta har höjts.
- Möjligheten att styra flödet i Söderström och Norrström ger ökad kontroll av vilka flöden som tappas genom kanalerna. På så sätt begränsas antalet dagar med höga flöden under normaldrift.

### **Regleringens känslighet för klimatförändringar**

För att studera regleringens känslighet för klimatförändringar har resultat från tolv regionala klimatscenarier som sträcker sig till slutet av 2100 använts. För analys av tappningskapacitetens känslighet för klimatförändringar har ytterligare fyra klimatscenarier använts, vilka sträcker sig till 2050.

Förändringen av tillrinningen till Mälaren har beräknats med den så kallade HBV-modellen, som är den mest använda hydrologiska modellen för denna typ av beräkningar i Sverige. Dessutom har effekten på Mälarens nivåer av havets motdämmande effekt studerats under olika antaganden om framtida havsnivåer. Därvid har den globala havsnivån antagits stiga med en meter från 1990 fram till 2100. På grund av landhöjningen motsvarar detta en nettohöjning av ca 50 cm i Stockholm. Figur 2 visar utvecklingen av den antagna havsnivåförändringen för Stockholm under perioden 1990-2100.



Figur 2. Den globala vattenståndshöjningen, landhöjningen och nettohöjning av Saltsjöns nivå. En landhöjning med 5.2 mm/år har antagits och en höjning av det globala medelvattenståndet med 30 cm år 2050 och 100 cm år 2100. Under dessa antaganden är nettoeffekten  $\pm 0$  år 2050 och drygt +40 cm år 2100.

Beräkningarna av regleringens känslighet för klimatförändringar leder till följande huvudsakliga slutsatser:

- Känslighetsanalysen av klimatförändringarnas effekt visar att regleringen kommer att fungera väl för de beräknade förändringarna i tillrinningsmönster fram till mitten av seklet, om havets nivå i Stockholm är oförändrad eller fortsätter att sjunka på grund av landhöjningen. Detta gäller både Mälarens höga vattenstånd och medelnivåer. Klimatförändringar kan dock komma att leda till ökad risk för låga vattennivåer i Mälaren under sommar och höst.
- På grund av risken för successivt allt lägre nivåer under sommar och höst har den föreslagna regleringen enligt Huvudalternativet en kortare livslängd än den planerade tappningskapaciteten. Regleringen kan därför behöva ses över vid mitten på seklet för att klara att hålla uppe de lägsta vattenstånden i Mälaren.
- I slutet av innevarande sekel klarar en reglering enligt Huvudalternativet att hantera de beräknade tillrinningarna under för perioden 2069-2098 i kombination med ett förhöjt nettohavsvattenstånd på + 30 cm (ca 0,8 m globalt). Om havsvattenståndet i Stockholm stiger till + 50 cm netto (ca 1 m globalt) klarar inte den föreslagna regleringsstrategin att hålla Mälarens vattenstånd under målnivån 1,39 m/4,70 m. Utvärderingen av klimatensemblen för Mälarens maxnivå pekar då på att målnivån 1,39 m/4,70 m överstigs med 3 cm (medianvärde) till 9 cm (75% percentil).
- Om havsnivån stiger mer än ca 30 cm netto (landhöjning borträknat) kan regleringen behöva ses över för att undvika att de högsta vattenstånden överstiger målnivån 1,39/4,70 m. Reglering enligt Huvudalternativet har framtagits för nuvarande klimatvariationer. En justerad reglering för framtida förhöjda havsvattenstånd behöver då fokusera mer på att hålla nere de högsta nivåerna och kommer inte längre kunna tillåta ett lika varierat vattenstånd i Mälaren.
- Om de allra mest extrema flödena i Flödesdimensioneringskategori I, enligt de svenska riktlinjerna för dammar, mot slutet av seklet kombineras med ett förhöjt nettohavsvattenstånd på + 50 cm (ca 1 m globalt) överskrids målnivån 1,39 m/4,70 m med i medeltal 14 cm om den dimensionerande tillrinningen sammanfaller med ett högt saltsjövattnstånd.

- I ovanstående beräkningar har inte hänsyn tagits till tillfälliga vindeffekter på Mälarens vattennivåer. För Stockholms del kan detta i extrema fall röra sig om ca 30 cm. Sannolikheten för att en sådan händelse skall inträffa samtidigt som Mälaren ligger på sina allra mest extrema nivåer är dock mycket lägre än sannolikheten för var och en av dessa händelser individuellt.

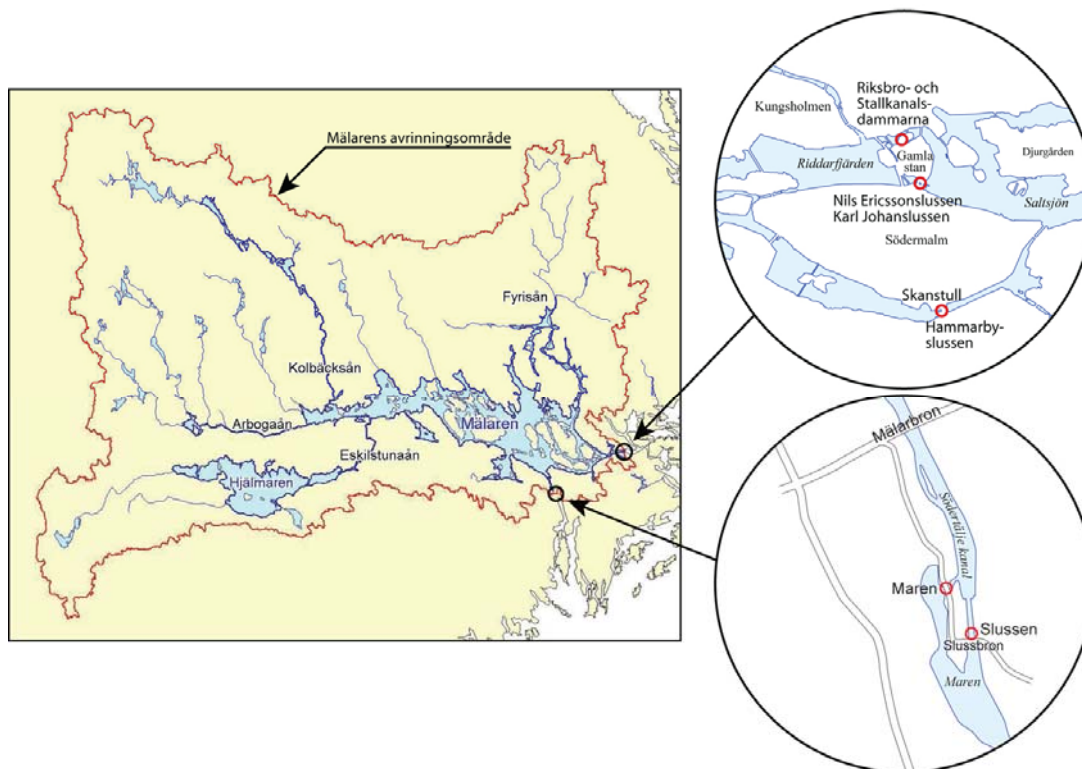
Sammanfattningsvis innebär den befintliga situationen, med begränsad förmåga att avtappa vatten från Mälaren, oacceptabla översvämningsrisker för såväl Stockholm som Mälardalen. Sannolikheten för att Mälaren under den kommande 10-årsperioden drabbas av en händelse liknande den år 2000, eller värre, är i storleksordningen 10%. Situationen riskerar att förvärras i ett framtida förändrat klimat, framförallt på grund av stigande havsnivåer. Den utökade kapaciteten ger goda möjligheter att hantera såväl dagens som framtidens extrema tillrinningar. Det innebär att riskerna för översvämningar i stort sett elimineras i tidsperspektivet 2050-2100.

# 1 Bakgrund

År 2005 tillsatte regeringen Klimat- och sårbarhetsutredningen, för att kartlägga det svenska samhällets sårbarhet för globala klimatförändringar. I november 2006 kom ett delbetänkande angående översvämningsshot, risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Vänern (SoU, 2006). De klimatscenarier som beräknades för Mälaren visade att både höga och låga vattennivåer kommer att bli vanligare i framtiden, dock inte de allra högsta nivåerna (Bergström m.fl., 2006). Den översiktliga översvämningskarteringen för Mälaren och Stockholms stad visar att det redan i dagens klimat finns en betydande översvämningsrisk kring Mälaren (Räddningsverket, 2001). Med nuvarande vattendom beräknades det dimensionerande tillflödet till Mälaren i flödesdimensionering klass 1 (Svensk Energi, 2007), skapa ett vattenstånd i Mälaren på 2,32 m i RH2000 vilket motsvarar 5,63 m i Mälarens eget höjdsystem. De höga flödena år 2000 orsakade betydande problem runt Mälaren och tydliggjorde därmed behovet av en ökad tappningskapacitet. Speciellt Stockholms tunnelsystem och tunnelbanans säkerhet lyftes fram som ett problem av Klimat och sårbarhetsutredningen (SoU, 2006).

Möjligheten att släppa ut vatten från Mälaren beror på Mälarens vattennivå och luckornas utformning. En annan viktig faktor är skillnaden i nivå mellan Mälarens vattenyta och havsnivån. När skillnaden är liten begränsas möjligheten att släppa ut vatten från Mälaren. När havet är i nivå med Mälarens vattenyta eller högre upphör möjligheterna till utflöde. Avtappning av Mälarens vatten sker vid fyra platser, Norrström (Riksbron och Stallkanalen), Söderström (slussarna Nils-Ericson och Karl-Johan) samt slussarna i Hammarby och Södertälje (Figur 3). I tillägg till dessa finns även kulvertar i Hammarby (Skanstull) och Södertälje (Maren).

Dagens avtappningskapacitet från Mälaren är vid stor vattenståndsskillnad mellan Mälaren och Saltsjön ca 800 m<sup>3</sup>/s. Klimat- och sårbarhetsutredningen föreslog en ökning av avtappningskapaciteten från Mälaren till 1800 m<sup>3</sup>/s (SoU, 2006). Utredningen föreslog att denna ökning sker genom att tappningskapaciteten vid Slussen ökas till ca 1000 m<sup>3</sup>/s och att slussen i Södertälje får en tappningskapacitet på 370 m<sup>3</sup>/s. Klimat- och sårbarhetsutredningen föreslog även att nu gällande vattendom omprövas i samband med ombyggnaden av Slussen i Stockholm.



Figur 3. Mälarens avrinningsområde. Till höger visas var de olika dammarna och slussarna i Stockholm och Södertälje ligger.

Stockholms stad har under flera års tid utrett en ombyggnad av Slussen (se Projekt Slussens hemsida [www.stockholm.se/slussen](http://www.stockholm.se/slussen)). I samband med ombyggnaden avser man att öka tappningskapaciteten för att minska översvämningsriskerna runt Mälaren.

Arbetet med att ta fram en ny reglering för Mälaren har utförts i olika faser. Den första fasen har redovisats i SMHI rapport 2007-51 (Sanner och Hellström, 2007) och omfattar tester av ett drygt 10-tal olika regleringar för att uppnå de olika delmålen.

I den andra fasen undersöktes möjligheterna att med en mer dynamisk reglering (årstidsberoende) bättre uppnå den eftersträvade årstidsvariationen i Mälarens vattenstånd. SMHI:s arbete under den andra fasen finns sammanställt i SMHI-rapport 2008-20 (Sanner m.fl., 2009).

I denna rapport presenteras resultatet från den tredje fasen. Regleringsförslaget som presenteras är Projekt Slussens Huvudalternativ för Mälarens framtida reglering och är en syntes av de erfarenheter som har dragits inom de tre faserna.



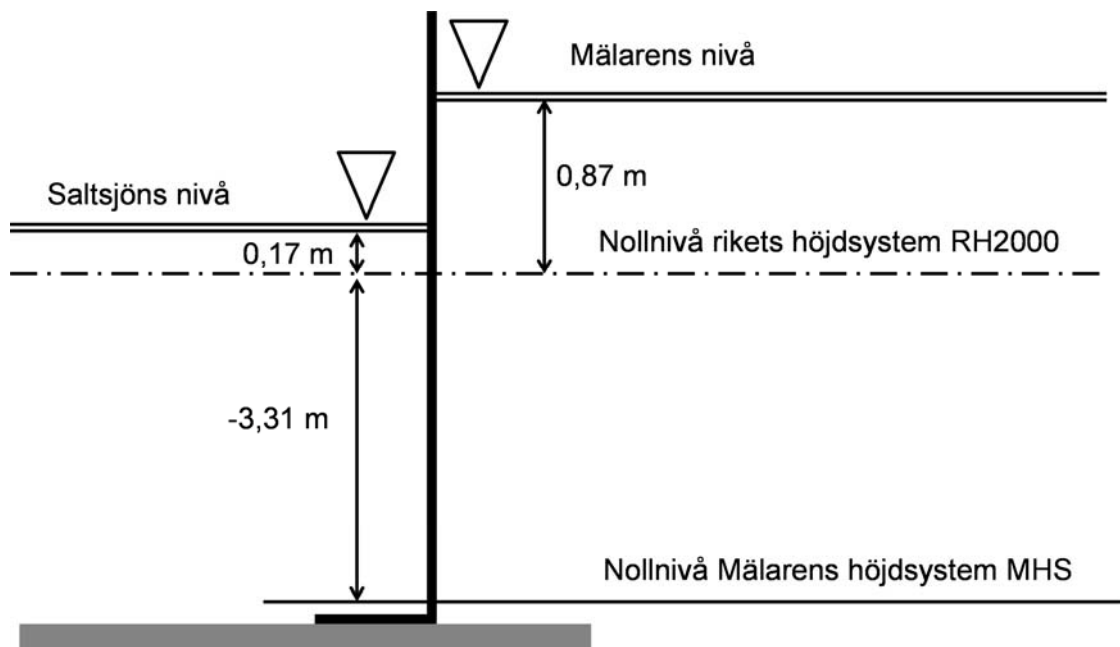
*Invallad jordbruksmark i västra Mälardalen, 2010. Foto: Sten Bergström*

## 1.1 Höjdsystem

I den befintliga vattendomen för Mälaren används ett eget höjdsystem ”Mälarens höjdsystem”, som definieras av nivån på Västra slusströskeln vid Karl Johans Torg. För Mälaren förekommer ytterligare tre olika höjdsystem, Rikets höjdsystem 1900, 1970 och 2000. Förhållandena mellan dessa olika höjdsystem ges av Tabell 1 och Figur 4. I denna rapport används huvudsakligen RH2000 för Stockholm, i vissa fall kompletterat med Mälarens höjdsystem. I text uttrycks detta som exempelvis 1,39 m/4,70 m.

*Tabell 1. Väsentliga vattenstånd för Mälarens reglering uttryckta i fyra olika höjdsystem gällande Stockholm.*

| RH2000 (m) | Mälarens höjdsystem | RH00 (m) | RH70 (m) |
|------------|---------------------|----------|----------|
| 1,39       | 4,70                | 0,86     | 1,22     |
| 1,09       | 4,40                | 0,56     | 0,92     |
| 0,87       | 4,18                | 0,34     | 0,70     |
| 0,69       | 4,00                | 0,16     | 0,52     |
| 0,00       | 3,31                | -0,53    | -0,17    |



Figur 4. Förhållandet mellan Rikets höjdsystem 2000 (RH2000) och Mälarens höjdsystem. Alla mått är angivna i meter.

## 1.2 Grundläggande data om Mälaren

Mälarens avrinningsområde är 22 650 km<sup>2</sup> och sträcker sig från Bergslagen i väst till Norrström i centrala Stockholm (Figur 3 och Tabell 2). Via Mälaren avvattnas större delen av Uppland, Västmanland, Närke samt de södra delarna av Dalarna och de Norra delarna av Södermanland (Ehlert, 1970). De största vattendrag som rinner till Mälaren är Eskilstunaån, Arbogaån, Hedströmmen, Kolbäcksån och Fyrisån.

Tabell 2. Grundläggande data för Mälaren (nivåer i RH2000/Mälarens höjdsystem)

|                                                |                        |
|------------------------------------------------|------------------------|
| Avrinningsområdets areal inkl sjöarea          | 22 650 km <sup>2</sup> |
| Sjöarea                                        | 1 140 km <sup>2</sup>  |
| Volym                                          | 14,3 km <sup>3</sup>   |
| Medeldjup                                      | 12,8 m                 |
| Största djup                                   | 66 m                   |
| Högsta nivå under reglerad tid (december 2000) | 1,42 m/4,73 m          |
| Medelvattenstånd (1976-2005)                   | 0,87 m/4,18 m          |
| Lägsta nivå under reglerad tid (oktober 1976)  | 0,41 m/3,72 m          |

## 1.3 Mälarens vattendom

Mälaren började regleras 1943 baserat på en dom från 1941. Regleringen gav avsedd effekt för att minska höga vattenstånd, men gav för låga vattenstånd i Mälaren. Därför omarbetades domen 1966. Ytterligare justering av vattenhushållningsbestämmelserna har därefter skett genom en vattendom från 1989 (Dom 1989-10-20) (Tabell 3), men den skiljer sig inte nämnvärt från 1966 års dom.

Tabell 3. Mälarens vattendom i korthet. Den i tabellen angivna totala avtappningskapaciteten ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) från Mälaren anges för de olika avtappningsställena vid högvatten i Mälaren, ca 1,39m/4,70 m och med havsvattenståndet 0,17 m/3,48 m.

| Vattenstånd (m) |                     | Åtgärd/tappning                                                                                                          |
|-----------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RH2000          | Mälarens höjdsystem |                                                                                                                          |
| 0,69-0,74       | 4,00 – 4,05         | Tätning                                                                                                                  |
| <0,79           | < 4,10              | Samtliga dammluckor och övriga tappställen i Södertälje och Stockholm stängda (Maren dock alltid öppen)                  |
| 0,79-0,89       | 4,10 – 4,20         | Tappning sker genom Norrström (Riksbron - och Stallkanalsdammarna) för att eftersträva vattenståndet 4,15 m              |
| >0,89           | > 4,20              | Riksbron och Stallkanalen hålls fullt öppna. Totalt ca 370 $\text{m}^3/\text{s}$                                         |
| >0,94           | > 4,25              | Avtappningskanalen vid Karl Johans torg och kulvert vid Skanstull öppna. Totalt ca 510 $\text{m}^3/\text{s}$             |
| >1,19           | > 4,50              | Karl-Johansslussen helt öppen. Totalt ca 650 $\text{m}^3/\text{s}$                                                       |
| >1,29           | > 4,60              | Avtappning vid slussarna i Hammarby och Södertälje (70 + 70 $\text{m}^3/\text{s}$ ). Totalt ca 800 $\text{m}^3/\text{s}$ |

#### 1.4 Historik för framtagande av regleringsstrategi

Arbetet med att ta fram en ny reglering för Mälaren har utförts i olika faser. Det övergripande syftet för den nya regleringen har varit samma för alla faser.

1. Minska risken för översvämning runt Mälaren  
*Samhällsintressen: Dricksvattenförsörjning, bebyggelse och infrastruktur, sjöfart, jordbruk*
2. Minska risken för låga vattennivåer i Mälaren  
*Samhällsintressen: Dricksvattenförsörjning och sjöfart*
3. Förhindra saltvatteninträngning  
*Samhällsintressen: Dricksvattenförsörjning*

Vid utformningen av den nya regleringen tas särskild hänsyn till värdefulla strandnära naturmiljöer genom att eftersträva årstidsvariationer som gynnar strandnära naturmiljö. Regleringen ska också eftersträva att sänka vattenhastigheterna för att begränsa erosion på bottnar och anläggningar samt påverkan på sjöfarten uppströms och nedströms Slussen. Utformningen av regleringen eftersträvar vidare, om möjligt, särskild hänsyn till det allmänna fiskeintresset och kulturmiljön genom längre tidsperioder med flöden i Stockholms ström, vid Riksbron, särskilt under vår och höst. Regleringen eftersträvar också tidigare och mer frekvent tappning i Hammarby (kulverten vid Skanstull) för att förbättra vattenmiljön i Årstaviken och Hammarby sjö.

##### Första fasen

SMHI gjorde i en första fas ett förslag på ny reglering, som var ett underlag till Projekt Slussens samråd hösten 2007. SMHI:s arbete under fas 1 finns sammanställt i SMHI-rapport 2007-51 (Sanner och Hellström, 2007) och omfattar tester av ett drygt 10-tal olika regleringar för att uppnå de olika delmålen. Två olika maximala tappningskapaciteter i Söderström undersöktes, 1000  $\text{m}^3/\text{s}$  och 1300  $\text{m}^3/\text{s}$ , vilket motsvarar 1520  $\text{m}^3/\text{s}$  respektive 1820  $\text{m}^3/\text{s}$  totalt utflöde från Mälaren. En slutsats



från fas 1 var att vid ökad tappningskapacitet påverkar havsvattenståndet det dimensionerande vattenståndet för Mälaren, eftersom vattenståndsskillnaden minskar mellan Mälaren och havet.

För att få klarhet i vilka nuvarande och framtida havsvattenstånd som kan förväntas beställde Projekt Slussen en undersökning av vattenstånden i Saltsjön (Nerheim och Wern, 2008). Med denna utredning som grund gjordes nya beräkningar av Mälarens dimensionerande vattenstånd, där hänsyn togs till havets motdämmande effekt och utveckling som gjorts av den hydrologiska modellen (Andréasson och Gardelin, 2008). Dimensioneringsberäkningarna visade att avtappningskapaciteten för Mälaren behöver vara större än 1300 m<sup>3</sup>/s i Söderström för att säkerställa att vattenståndet inte överstiger nivån 1,39 m/ 4,7 m i Mälarens eget höjdsystem.

### Andra fasen

I fas 2 undersöktes möjligheterna att med en dynamisk, årstidsberoende reglering bättre uppnå den eftersträlvade årstidsvariationen i Mälarens vattenstånd. SMHI:s arbete under fas 2 finns sammanställt i SMHI-rapport 2008-20 (Sanner m.fl., 2009). Det slutliga förslaget kallades fas 2c. En dynamisk reglering kan ta hänsyn till årstider, tillrinning, snö och eventuellt andra faktorer. SMHI valde att endast använda årstid (månad) och vattenstånd i regleringen, för att förenkla det praktiska utförandet men samtidigt åstadkomma de önskade variationerna och tillmötesgå intresset av en mer dynamisk reglering. I fas 2 räknade SMHI med en tappningskapacitet i Söderström på 1500 m<sup>3</sup>/s och en total tappningskapacitet på 2020 m<sup>3</sup>/s. Två alternativa tappningsförslag togs fram; ett *Huvudalternativ* och ett *Naturmiljöalternativ*. Skillnaderna mellan dessa båda alternativ var dock små. Den största skillnaden var att Naturmiljöalternativet gav ett något högre vattenstånd på våren.

Naturmiljöintressen bedömde dock att de framtagna regleringarna inte hade avsedd effekt, utan tvärtom att de höjda lågvattenstånden, minskad mellanårsvariation och även det höjda vårhögvattnet hade flera negativa konsekvenser.

Efter genomförd fas 2c gjordes en kompletterande studie för vad det skulle innebära att flytta en del av den planerade kapaciteten från Söderström till Södertälje (Andréasson, 2009). Dessa förenklade beräkningar förutsatte att tappning utnyttjas i Södertälje från Mälarnivån 1,29 m/4,60 m och att 333 m<sup>3</sup>/s tappades oavsett vattenståndsskillnad mellan Mälaren och havet. Resultaten visade på små skillnader i Mälarens vattenstånd jämfört med att behålla hela kapaciteten i Söderström.

### Tredje fasen

Från konsekvensbedömningarna av regleringsförslagen från fas 2 sammanställdes en reviderad kravspecifikation för arbetet med regleringen i en tredje fas, fas 3 (Norman och Tilly, 2009). Under fas 3 förändrades regleringsstrategin till att förutsätta att luckorna i Söderström reglerades efter det verkliga utflödet (automatluckor), vilket betyder att hänsyn kunde tas till rådande havsvattenstånd. Den regleringsstrategin benämndes vidare som flödesreglering. Med flödesreglering kan havsnivån påverka regleringen på så sätt att luckorna öppnas mer för att kompensera för motdämning.

Även ett utredningsförslag som byggde på att flödet bestämdes av en lucköppningsgrad, s. k. luckreglering utreddes. Arbetet under fas 3 resulterade i att SMHI presenterade regleringsförslaget Fas 3b i SMHI-rapport 2010-16 (Andréasson och Gustavsson, 2010).

Utifrån synpunkter från samråd som hölls hösten 2010 gjordes vidare justeringar av regleringen. Justeringarna presenterades i ett PM "*Mälarens reglering fas 3c*" vilket beskrev två förslag *Fas 3c 1400* och *Fas 3c 1470*. (Andréasson och Gustavsson, 2011)

Det slutliga förslaget för Mälarens framtida regleringsstrategi, som presenteras i denna rapport, bygger på det tidigare presenterade förslaget *Fas 3c 1400*. Förslaget innebär en utökad kapacitet i Söderström till ca 1400 m<sup>3</sup>/s och en utökning av kapaciteten även i Hammarby från dagens 70 m<sup>3</sup>/s till 140 m<sup>3</sup>/s. Förslaget förutsätter att luckorna i både Söderström och Norrström regleras efter det verkliga flödet (automatluckor).





Stallkanalen vid tappning april 2009. Foto: Johan Andréasson.

## 2 Uppdraget

SMHI har fått i uppdrag av Stockholms stad att föreslå en ny regleringsstrategi för Mälaren. I föreliggande rapport presenteras ett nytt regleringsförslag, kallat Huvudalternativ samt reglering enligt dagens förhållande kallat Nollalternativ. I Huvudalternativet räknar SMHI med att den största avtappningsökningen sker i Söderström. I tillägg till detta utökas även tappningskapaciteten i Hammarby från nuvarande ca 70 m<sup>3</sup>/s till 140 m<sup>3</sup>/s.

### 2.1 Syften och hänsynstaganden

Syftet med uppdraget är att ge Projekt Slussen ([www.stockholm.se/slussen](http://www.stockholm.se/slussen)) förslag på en ny regleringsstrategi. Nuvarande vattendom syftar till att hålla Mälarens nivå mellan 0,69 m/4,00 m och 1,39 m/4,70 m, vilket är samma nivåer som eftersträvas i den framtagna regleringsstrategin. Nivåerna nedan beskrivs i RH2000/Mälarens eget höjdsystem. Den framtagna tappningsstrategin utgår från följande syften:

- Minska risken för översvämningar runt Mälaren  
(vattennivån i Mälaren ska inte överstiga 1,39 m/ 4,7 m vid dimensionerande flöde enligt flödesdimensioneringskategori I, FLK1).  
*Samhällsintressen: Dricksvattenförsörjning, bebyggelse och infrastruktur, sjöfart, jordbruk*
- Minska risken för låga vattennivåer i Mälaren  
(vattennivån i Mälaren ska vara över 0,69 m/ 4,0 m).  
*Samhällsintressen: Dricksvattenförsörjning och sjöfart*
- Förhindra saltvatteninträngning  
(vattennivån i Mälaren  $\geq$  vattenståndet i Saltsjön).  
*Samhällsintressen: Dricksvattenförsörjning*

Vid utformningen av den nya regleringen tas särskild hänsyn till värdefulla strandnära naturmiljöer genom att eftersträva årstidsvariationer som gynnar strandnära naturmiljö. Regleringen ska också eftersträva att sänka vattenhastigheterna för att begränsa erosion på botten och anläggningar samt påverkan på sjöfarten uppströms och nedströms Slussen. Utformningen av regleringen eftersträvar vidare, om möjligt, särskild hänsyn till det allmänna fiskeintresset och kulturmiljön genom längre tidsperioder med flöden i Stockholms ström, vid Riksbron, särskilt under vår och höst. Regleringen eftersträvar också tidigare och mer frekvent tappning i Hammarby (kulverten vid Skanstull) för att förbättra vattenmiljön i Årstaviken och Hammarby sjö.

## 2.2 Arbetsprocessen

Arbetet med att ta fram ett förslag för Mälarens framtida reglering har varit en iterativ process. Olika intressen har haft olika önskemål och krav på både vattenståndsvariationer och flödesfördelning mellan olika tappningskanaler.

Önskemål för arbetet med Mälarens nivåvariationer:

- Ett oförändrat medelvattenstånd jämfört med dagens reglering (Nollalternativet)
- Samma förekomst av nivåer mellan 0,69 m/ 4,00 m och 0,84 m/ 4,15 m som för dagens reglering under sommarmånaderna.
- Vattennivån i april ska under 2/3 av åren ligga på 0,99 m/ 4,3 m eller högre, resterande år kan nivån ligga mellan 0,89m/ 4,2 till 0,99 m/ 4,3 m.
- Avsänkning av vårhögvattenståndet görs från 15 maj.
- Perioder med vattennivå  $< 0,69$  m/ 4.0 m ska inte bli längre eller infalla vid fler tillfällen än i nuvarande vattenreglering.

Önskemål avseende flöden ut från Mälaren:

- Perioder med helt stängda luckor ska minimeras. De ska helst inte bli längre än med dagens reglering.
- Eftersträva lägre flöden med längre varaktighet hellre än höga flöden med kortare varaktighet.
- Eftersträva flöden lägre än  $750 \text{ m}^3/\text{s}$  i Söderström (ur erosionssynpunkt).
- Flöde i befintlig fiskvandringssväg i Riskbron ska vara samma som idag ( $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Flöde i ny fiskvandringssväg i Nils-Ericson kanalen ( $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
- Växelvis tappningsökning mellan Norrström och Söderström (för att underlätta för båttrafiken vid Norrström).
- Kulverten i Skanstull ska vara delvis öppen från nivån 0,74 m/4,05 m (vattenomsättningssynpunkt)
- Om möjligt skapa längre perioder med strömmande vatten i Stockholms ström, vid Riksbron, särskilt under vår och höst (estetik- och fiskesynpunkt).



*Riksbron med uppfälld lucka och tappning via fiskluckan. Foto: Johan Andreasson, augusti 2011.*

Det slutliga förslaget rörande Mälarens framtida reglering har utarbetats utifrån ovanstående önskemål och kravspecifikation från olika intressenter. Nedan beskrivs den lucköppningsordning som föreslås, d.v.s. i vilken ordning de olika kanalerna öppnas för avbördning.

- Luckorna öppnas i följande ordning:

1. Vid vattenstånd  $> 0,69 \text{ m}/4,0 \text{ m}$ 
  - Fiskluckan i Riksbron öppnas med ett flöde på  $\sim 300 \text{ l/s}$
  - Fiskvandringssvågen genom Nils-Ericson öppnas med  $\sim 1 \text{ m}^3/\text{s}$
  - Kulverten i Maren öppnas.
2. Vid ett vattenstånd  $> 0,74 \text{ m}/4,05 \text{ m}$ 
  - Strömmande vatten (skönhetstappning) i Stallkanalen (omkring  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ )
  - Strömmande vatten (skönhetstappning) i Söderström (omkring  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ )
  - Kulverten i Skanstull öppnas delvis till ett flöde på  $\sim 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .
  - Riksbron öppnas delvis till ett flöde upp till storleksordningen  $37 \text{ m}^3/\text{s}$
3. Vid ett vattenstånd  $> 0,79 \text{ m}/4,10 \text{ m}$  varierar tappningen beroende på årstid (se bilaga 1 för detaljer). Luckorna öppnas enligt:
  - Tappningen ökas stegvis i Norrström (Riksbron och Stallkanalen).
  - Tappning tillkommer i Söderström upp till omkring  $130 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tappning sker i avtappningskanalerna, inte i slusskanalen.
  - Tappning ökas i Söderström enligt avbördningskurva. Tappningen sker i avtappningskanalerna.
  - Tappning tillkommer i Norrström (Riksbron och Stallkanalen) till maximal kapacitet.
4. Vid ett vattenstånd  $> 0,94 \text{ m}/4,25 \text{ m}$ 
  - Kulverten i Skanstull öppnas fullt
5. Vid ett vattenstånd  $> 1,29 \text{ m}/4,60 \text{ m}$ 
  - Slussarna i Hammarby, Södertälje och Söderström öppnas för avbördning



*Karl-Johan slussen, april 2009. Foto: Johan Andréasson.*

## 3 Metodik

### 3.1 Tappningsmodell för Mälaren

Förenklat kan den aktuella vattennivån i Mälaren beskrivas som:

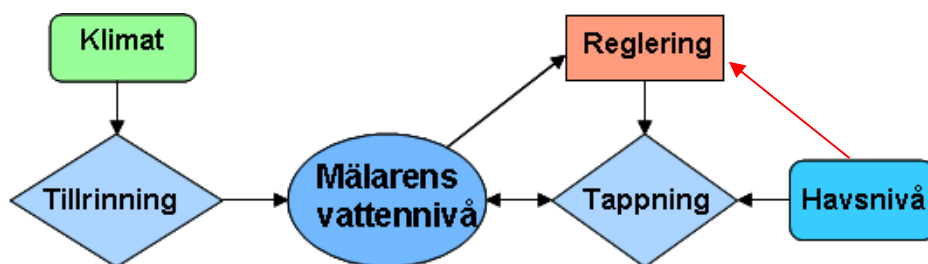
Vattennivån i Mälaren i dag = Tillrinning – Tappning + Vattennivån igår.

För att testa olika framtida regleringsmöjligheter har en beräkningsmodell använts som matematiskt beskriver Mälarens avtappningssystem och Mälarens vattennivåer. Regleringen styrs med så kallad flödesreglering i de nya kanalerna i Söderström och i de befintliga i Norrström (Stallkanalen och Riskbron). Med flödesreglering avses att ett bestämt flöde tappas vid ett givet Mälurvattenstånd oavsett vilken skillnad i vattenstånd som föreligger mellan Mälaren och Saltsjön. Detta förutsätter att det flöde som finns behov av att tappa går att avbörda med helt öppen lucka. Om detta ej går, tappas istället det maxflöde som rådande vattenståndsskillnad tillåter.

Indata till modellen är tillrinning till Mälaren och observerat havsvattenstånd för perioden 1976-2005. Mälarens nivå beräknas genom att det tillrinnande vattnet i modellen magasineras och släpps ut ur Mälaren genom de olika tappningsanordningarna och i enlighet med deras tekniska utformning. Kapaciteten att tappa vatten påverkas också av skillnaden mellan Mälarens vattennivå och havsvattenståndet i Saltsjön. Det beräknade utflödet bestäms av de regleringsrutiner som antas.

Vattennivån i Mälaren bestäms av olika faktorer (tillrinning, tappning, havsnivå och tillämpad reglering) med inbördes beroenden (Figur 5). Regleringsrutinerna kan vara fasta, d.v.s. enbart kopplade till Mälarens vattennivå, eller dynamiska, dvs även beroende av årstid och andra faktorer. Tappningen bestäms av Mälarens vattennivå, gällande reglering, och utskovens utformning. Eftersom vattenståndsskillnaden mellan Mälaren och Saltsjön är låg kan även havsnivån påverka avtappningsförmågan på så sätt att utflödet däms vid höga havsnivåer. Med flödesreglering kan havsnivån påverka regleringen på så sätt att luckorna öppnas mer för att kompensera för motdämning. Tappningen påverkar i sin tur Mälarens vattennivå.

När en beräkningsmodell används för att beskriva verkligheten görs ett antal förenklingar och tolkningar av modellens beskrivning av verkligheten. En sådan förenkling är att Mälarens area inte varierar med varierande vattenstånd i modellen utan har vid beräkningarna antagits vara konstant 1140 km<sup>2</sup>. En annan är att dagens vattendom innehåller friheter i hur stor tappning som sker vid en given Mälarnivå mellan 0,79 m/4,10 m och 0,89 m/4,20 m. I modellen görs ett antagande om tappningens storlek vid alla förekommande nivåer.



Figur 5. Schematisk skiss över tappningsmodellen för Mälaren. Möjligheten att i reglering kompensera för Saltsjöns motdämmande effekt illustreras med den röda pilen.

Varje utskov har beräknats var för sig med de avbördningsformler som beskrivs i SMHI PM för Mälarens tappning och avbördning (Hedin och Samuelsson, 1985, 1989 och 1990) och som även ligger till grund för de beräkningar som Stockholms hamn gör dagligen för tappningen ur Mälaren. Formlerna tar hänsyn till tappningskapacitetens beroende av skillnaden i vattenstånd i Mälaren och i Saltsjön. I beräkningarna har SMHI dock infört ett minskat läckage i formlerna. Detta stämmer bättre med de nya förhållanden som nu gäller efter tätningsarbeten vid Helgeandsholmen och de nya



luckorna vid Riksbron och i Stallkanalen. Alla uttag av vatten från Mälaren som inte finns med i den observerade tappningen ut från Mälaren finns implicit med i beräkningarna eftersom tillrinningen baseras på förändringen i Mälarens vattennivå. Detta gäller t.ex. dricksvattenuttag och kulverten i Vettersgatan (Södertälje) vilken inte har tagits med i beräkningen.

Söderström består av två nya kanaler (A1 och A2) och en ny sluss som ersätter Karl-Johan slussen. Utgående från avbördningskurvor som har tagits fram av Tikab för respektive kanals maxkapacitet vid olika nivåer i Saltsjön och Mälaren, har detta beroende beskrivits matematiskt. Dessa avbördningsekvationer har sedan använts för beräkningar i SMHI:s tappningsmodell. Små avvikelser kan förekomma i beräknad kapacitet beroende på denna översättning till avbördningsekvationer. Dessa skillnader saknar praktisk betydelse.

Den geometri som har använts för dessa kanaler redovisas tillsammans med respektive kanals maxkapacitet vid nivåskillnaden 1,22 m i Tabell 4.

*Tabell 4. Geometri som har använts för beräkningar av flödet i Söderström (Ritningsnummer K1-010-20-2000-109)*

| Kanal    | Bredd | Tröskeldjup (RH2000/ Mälarens eget höjdsystem) |
|----------|-------|------------------------------------------------|
| A1       | 35 m  | -4,27 m/ -0.96 m                               |
| A2       | 33 m  | -4,27 m/ -0.96 m                               |
| Ny sluss | 12 m  | -4,27 m/ -0.96 m                               |

För Riksbron, Stallkanalen, kulverten i Skanstull och de nya kanalerna A1 och A2 finns i regleringen möjlighet att öppna dessa delvis. Alla andra tappningsställen är i regleringen antingen helt öppna eller stängda. För kanalerna A1 och A2 beskrivs denna öppningsgrad med hjälp av en avbördningskurva som vid en given Mälarnivå anger avbördning av ett bestämt flöde. Detta flöde är vanligtvis betydligt lägre än den kapacitet som finns i kanalerna. Detta faktum gör det möjligt att kompensera för förändringar i Saltsjöns nivå så att det önskade flödet nästan alltid avbördas (om det inte överstiger den maximala kapaciteten vid den aktuella vattenståndsskillnaden).

### 3.2 Tappningskapacitet

Hur mycket vatten som tappas från Mälaren bestäms av Mälarens vattennivå, gällande reglering, utskovens utformning och havsnivån. Om alla utskov är helt öppna (Hammarby och Södertälje sluss öppnas ej fullt utan antas då ge konstant 140 m<sup>3</sup>/s respektive 70 m<sup>3</sup>/s vardera), så varierar flödet enbart beroende av vattennivån i Mälaren och havet. Det benämns potentiell tappning, d.v.s. den tappning som maximalt är möjlig att få ut vid en given vattenståndsskillnad. Dessa siffror är beräknade och anges med en exakthet som inte föreligger i verkligheten. I Tabell 5 och Tabell 6 redovisas den potentiella tappningen för den föreslagna nya tappningskapaciteten, vid Söderström respektive totalt, som har använts i denna rapport. Tappningskapaciteten från Mälaren varierar beroende på skillnaden i vattenstånd mellan Mälaren och Saltsjön, varför den behöver anges vid en bestämd vattenståndsskillnad. I Klimat- och sårbarhetsutredningen (SoU, 2007) användes nivåskillnaden 1,22 m mellan Mälaren och Saltsjön (d.v.s. 1,39 m/4,70 m respektive 0,17 m/3,48 m), vilken används även i denna rapport för att kapaciteterna ska vara jämförbara. Den totala potentiella tappningskapaciteten vid Söderström är vid nivåskillnaden 1,22 m ca 1500 m<sup>3</sup>/s. Så stor vattenståndsskillnad som 1,22 m är inte vanligt förekommande och den verkliga kapaciteten är därmed oftast lägre.

Tabell 5. Föreslagen ny tappningskapacitet ( $m^3/s$ ) vid Söderström (A1, A2 och ny sluss) vid olika vattenstånd i Mälaren och i Saltsjön. Vattenstånden är angivna i m i RH2000 och Mälarens höjdsystem (ex. 1,39/4,70) Den siffra som används i texten för att uttrycka tappningen vid Söderström är understruken i tabellen.

| Vst Saltsjön, m<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Vst Mälaren, m (RH2000/Mälarens höjdsystem) |           |           |           |           |           |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                                    | 1,39/4,70                                   | 1,29/4,60 | 1,19/4,50 | 1,09/4,40 | 0,99/4,30 | 0,89/4,20 |
| 1,27/4,58                                          | 638                                         | 198       | -         | -         | -         | -         |
| 1,17/4,48                                          | 842                                         | 616       | 191       | -         | -         | -         |
| 1,07/4,38                                          | 983                                         | 813       | 595       | 183       | -         | -         |
| 0,97/4,28                                          | 1093                                        | 949       | 784       | 574       | 175       | -         |
| 0,87/4,18                                          | 1186                                        | 1053      | 915       | 756       | 553       | 168       |
| 0,77/4,08                                          | 1250                                        | 1143      | 1015      | 881       | 728       | 533       |
| 0,67/3,98                                          | 1304                                        | 1204      | 1101      | 977       | 848       | 701       |
| 0,57/3,88                                          | 1349                                        | 1255      | 1158      | 1059      | 940       | 816       |
| 0,47/3,78                                          | 1383                                        | 1298      | 1207      | 1114      | 1018      | 904       |
| 0,37/3,68                                          | 1407                                        | 1330      | 1247      | 1160      | 1070      | 979       |
| 0,27/3,58                                          | 1424                                        | 1351      | 1277      | 1198      | 1114      | 1028      |
| 0,17/3,48                                          | <u>1432</u>                                 | 1366      | 1297      | 1225      | 1149      | 1069      |
| 0,07/3,38                                          | 1432                                        | 1366      | 1310      | 1244      | 1175      | 1102      |
| -0,03/3,28                                         | 1432                                        | 1366      | 1316      | 1256      | 1192      | 1126      |
| -0,13/3,18                                         | 1432                                        | 1366      | 1318      | 1259      | 1202      | 1141      |

Tabell 6. Föreslagen ny total tappningskapacitet ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) från samtliga utskov vid olika vattenstånd i Mälaren och i Saltsjön. Vattenstånden är angivna i m i RH2000 samt Mälarens höjdsystem (ex. 1,39/4,70) Den siffra som används i texten för att uttrycka tappningen vid Söderström är understruken i tabellen.

| Vst Saltsjön, m<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Vst Mälaren, m (RH2000/Mälarens höjdsystem) |           |           |           |           |           |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                                    | 1,39/4,70                                   | 1,29/4,60 | 1,19/4,50 | 1,09/4,40 | 0,99/4,30 | 0,89/4,20 |
| 1,27/4,58                                          | 872                                         | 293       | -         | -         | -         | -         |
| 1,17/4,48                                          | 1164                                        | 841       | 281       | -         | -         | -         |
| 1,07/4,38                                          | 1372                                        | 1122      | 810       | 270       | -         | -         |
| 0,97/4,28                                          | 1534                                        | 1323      | 1081      | 780       | 259       | -         |
| 0,87/4,18                                          | 1674                                        | 1478      | 1274      | 1041      | 751       | 248       |
| 0,77/4,08                                          | 1782                                        | 1613      | 1423      | 1226      | 1002      | 722       |
| 0,67/3,98                                          | 1875                                        | 1716      | 1553      | 1370      | 1180      | 963       |
| 0,57/3,88                                          | 1926                                        | 1806      | 1652      | 1494      | 1317      | 1134      |
| 0,47/3,78                                          | 1965                                        | 1854      | 1738      | 1589      | 1436      | 1265      |
| 0,37/3,68                                          | 1995                                        | 1891      | 1784      | 1672      | 1528      | 1380      |
| 0,27/3,58                                          | 2015                                        | 1918      | 1818      | 1714      | 1607      | 1467      |
| 0,17/3,48                                          | <u>2022</u>                                 | 1936      | 1842      | 1746      | 1646      | 1543      |
| 0,07/3,38                                          | 2018                                        | 1941      | 1858      | 1768      | 1677      | 1580      |
| -0,03/3,28                                         | 2021                                        | 1935      | 1861      | 1782      | 1696      | 1608      |
| -0,13/3,18                                         | 2019                                        | 1936      | 1854      | 1784      | 1708      | 1626      |

I Tabell 7 anges nuvarande avtappningskapacitet för respektive avtappningspunkt vid fullt öppen lucka och vattenståndet 1,39 m/4,70 m i Mälaren och 0,17 m/3,48 m i Saltsjön (RH2000/Mälarens höjdsystem) så som den har beskrivits i SMHI:s beräkningsmodell för Mälarens reglering (Nollalternativ). Notera att dessa siffror är beräknade och anges med en exakthet som inte föreligger i verkligheten. Motsvarande föreslagen avtappningskapacitet för respektive avtappningspunkt vid fullt öppen lucka och vattenståndet 1,39 m/4,70 m i Mälaren och 0,17 m/3,48 m i Saltsjön (RH2000/Mälarens höjdsystem) redovisas i Tabell 8.

Tabell 7. Nuvarande avtappningskapacitet för respektive avtappningspunkt vid fullt öppen lucka och vattenståndet 1,39 m/4,70 m i Mälaren och 0,17 m/3,48 m i Saltsjön (RH2000/Mälarens höjdsystem). Vid Slussarna i Hammarby och Södertälje begränsas avtappningen till maximalt tillåtet flöde enligt vattendomen.

| Avtappningspunkt     | Maximal tappning           |
|----------------------|----------------------------|
| Riksbron             | 244 m <sup>3</sup> /s      |
| Stallkanalen         | 123 m <sup>3</sup> /s      |
| Nils Ericson kanalen | 126 m <sup>3</sup> /s      |
| Karl-Johan slussen   | 148 m <sup>3</sup> /s      |
| Kulvert Skanstull    | 7 m <sup>3</sup> /s        |
| Hammarby slussen     | 70 m <sup>3</sup> /s       |
| Södertälje slussen   | 70 m <sup>3</sup> /s       |
| Kulvert Maren        | 6 m <sup>3</sup> /s        |
| <b>Totalt</b>        | <b>794 m<sup>3</sup>/s</b> |

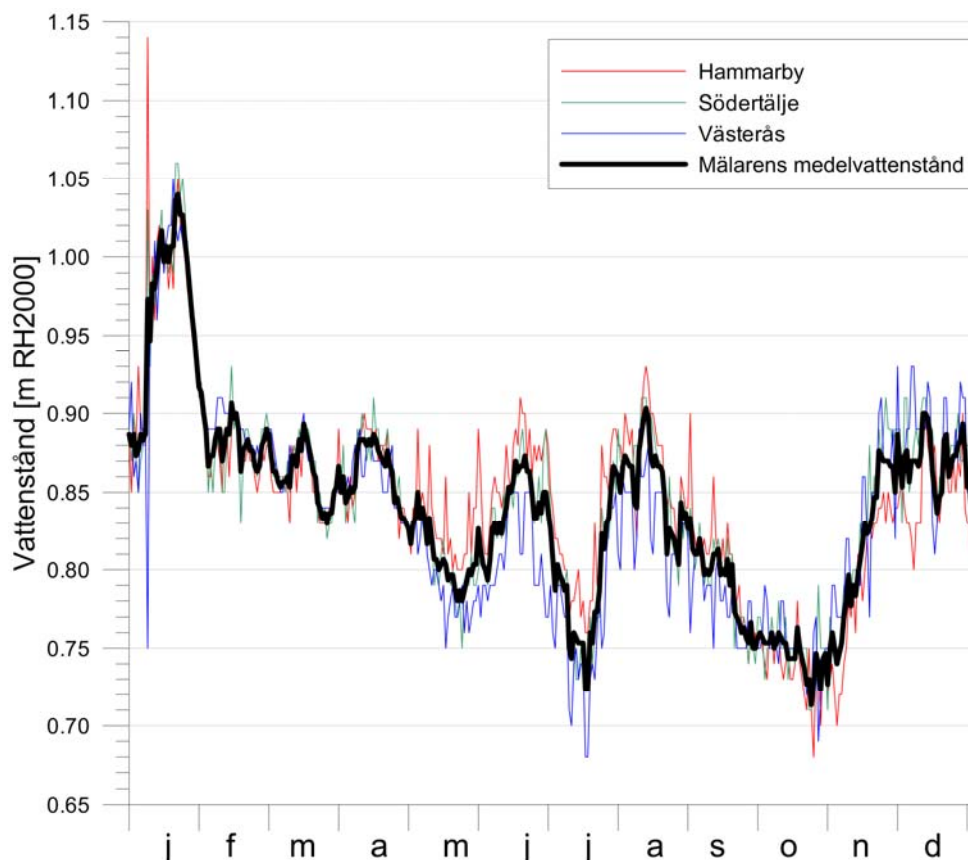
Tabell 8. Föreslagen avtappningskapacitet för respektive avtappningspunkt vid fullt öppen lucka och vattenståndet 1,39 m/4,70 m i Mälaren och 0,17 m/3,48 m i Saltsjön (RH2000/Mälarens höjdsystem). Vid Slussarna i Hammarby och Södertälje begränsas avtappningen till maximalt tillåtet flöde.

| Avtappningspunkt   | Maximal tappning             |
|--------------------|------------------------------|
| Riksbron           | 244 m <sup>3</sup> /s        |
| Stallkanalen       | 123 m <sup>3</sup> /s        |
| A1 + A2            | 1 222 m <sup>3</sup> /s      |
| Ny sluss           | 209 m <sup>3</sup> /s        |
| Kulvert Skanstull  | 7 m <sup>3</sup> /s          |
| Hammarby slussen   | 140 m <sup>3</sup> /s        |
| Södertälje slussen | 70 m <sup>3</sup> /s         |
| Kulvert Maren      | 6 m <sup>3</sup> /s          |
| <b>Totalt</b>      | <b>2 022 m<sup>3</sup>/s</b> |

### 3.3 Tillrinningsserier

Tillrinning kan inte mätas direkt utan den beräknas utgående från uppmätt tappning och observerad vattenståndsförändring. En centimeter räknat över hela Mälarens yta motsvarar en dygnstillrinning på ca 135 m<sup>3</sup>/s. Av denna anledning ger små mätfel i observerat vattenstånd upphov till mycket stora fel i den beräknade tillrinningen. Då Mälarens vattenstånd mäts i endast tre punkter (Västerås, Hammarby och Stockholm), och Mälarens medelvattenstånd beräknas som ett rakt medelvärde av dessa tre stationer, får effekter som exempelvis vindpåverkan stor betydelse. Exempel på variation i vattenstånd mellan stationerna visas i Figur 6. Mälarens medelvattenstånd visas i svart och stationerna Hammarby i rött, Västerås i blått och Södertälje i grönt. Ett fel i Mälarens beräknade medelvattenstånd på 5 cm ger i sin tur ett fel i beräknad tillrinning på  $5 \times 135 \text{ m}^3/\text{s} = 675 \text{ m}^3/\text{s}$ . Utslaget över några dagar tar dessa fel ut varandra, men kan för enstaka dagar ha stor betydelse. Detta betyder att den beräknade tillrinningen på grund av mätfel kan vara överskattad en dag för att nästa dag vara underskattad och ibland t.o.m. negativ.





Figur 6. Vattenståndsobservationer i Mälaren år 2005. Mälarens medelvattenstånd (svart) beräknat utifrån mätstationer i Hammarby (röd), Västerås (blå) och Södertälje (grön). Alla nivåer anges i RH2000. De stora skillnaderna mellan stationerna som ses i januari orsakades av stormen Gudrun den 8 januari.

I de här redovisade beräkningarna har därför en justerad tillrinningsserie använts. Justeringen har gjorts genom att ett matematiskt filter (Savitsky-Galay, se Press, m.fl. 1999) har applicerats på de observerade vattenståndsförändringarna. Filtrets egenskaper är sådant att det tillåter en stor variation, men filtrerar bort en stor del av ”bruset”. Detta ger en något jämnare beräknad tillrinning och illustrerar också vikten av att i framtiden ha en säkrare uppskattning av Mälarens medelvattenstånd, exempelvis genom ett tätare observationsnät.

### 3.4 Havsvattenstånd

För beräkningar gällande dagens klimat för perioden 1976-2005 har observerade havsvattenstånd i Stockholm använts. Havsvattenstånd mäts på Skeppsholmen vid pegel Stockholm (nr. 2069).

I rapporten ”Havsvattenstånd i Saltsjön – nu och i framtiden” (Nerheim och Wern, 2008) beräknas höga havsvattenstånd vid Stockholm för olika varaktigheter och återkomsttider i dagens klimat och i ett framtida klimat.

För att analysera hur havsvattenståndet påverkar utflödet från Mälaren har beräkningar utförts med olika havsvattenstånd och flera dimensioneringar (Andréasson och Gardelin, 2008). Beräkningarna har gjorts för dagens klimat och med havsvattenstånd som är realistiska att anta som medelvärde för Saltsjöns nivå under flera dygn i sträck. Dessa nivåer är alltså inte jämförbara med de nivåer som gäller för kortvarigt extremt höga vattenstånd, som redovisas i t.ex. SMHI-rapport 2011-62 (Nerheim, 2011).

### 3.5 Regleringens känslighet för klimatförändringar

För att studera regleringens känslighet för klimatförändringar har resultat från tolv regionala klimatscenarier som sträcker sig till slutet av 2100 använts. För analys av tappningskapacitetens

känslighet för klimatförändringar har ytterligare fyra klimatscenarier använts, vilka sträcker sig till 2050. Resultaten från simuleringarna utvärderas som en *ensemble*, vilket karakteriseras av att flera möjliga klimatscenarier används och att resultatet bearbetas statistiskt för att identifiera trender som är generella mellan olika scenarier. För att utnyttja fördelarna med ensembleanalys bör det finnas ett visst mått av variation.

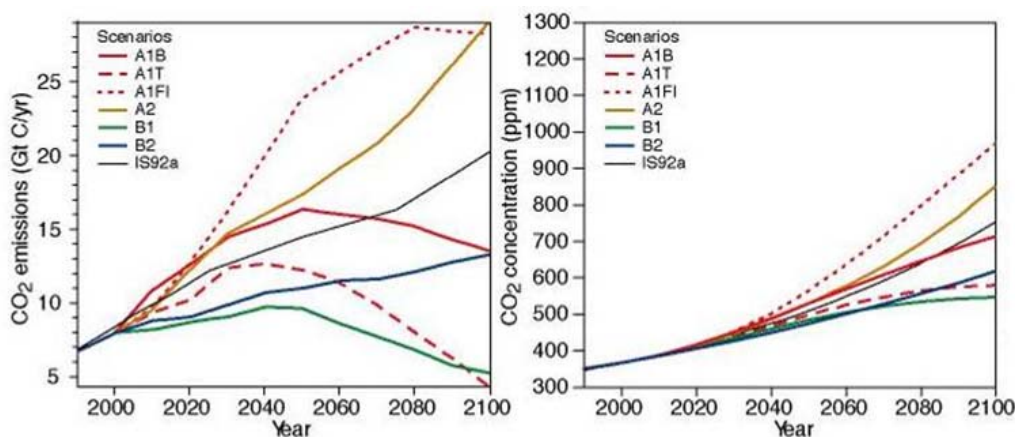
Analysen för tre olika perioder redovisas. Två representerar mitten av seklet, 2021-2050 och 2036-2065 och en slutet på seklet, 2069-2098. Samtliga tidsperioder omfattar 30 år. Då även ett framtida stigande havsvattenstånd kommer att påverka Mälarens framtida reglering används ett högre havsvattenstånd än dagens för analysen 2069-2098 (Avsnitt 3.5.3).

### 3.5.1 Klimatscenarier

Ett klimatscenario är en successiv realisering av ett utsläppsscenario i en global- och en regional klimatmodell. Samma utsläppsscenario kan således ge upphov till olika klimatscenarier beroende på vilka globala och regionala modeller som används.

Under flera år användes huvudsakligen sex klimatscenarier för de flesta studier av klimateffekter i Sverige, inklusive av den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen (SoU, 2007). Numera finns det tillgång till ett stort antal regionala klimatscenarier beräknade med nyare globala och regionala klimatmodeller. För Östersjön finns dock inga senare resultat än de som fanns tillgängliga vid tidpunkten för Klimat- och sårbarhetsutredningen. Det europeiska ENSEMBLES-projektet (van der Linden, and Mitchell, 2009) syftade till att utveckla ett system för samordnade beräkningar av klimatförändringar baserat på ett antal europeiska och några utomeuropeiska globala och regionala klimatmodeller. Rossby Centre deltog i ENSEMBLES-samarbetet med den regionala klimatmodellen RCA3

I Figur 7 visas ett antal utsläppsscenario, där A1B, A2 och B1 ingår. Ur figuren framgår bland annat att A1B är ett scenario där koldioxidutsläppen till atmosfären beräknas att kulminera runt år 2050. Koldioxiden i atmosfären fortsätter dock enligt detta scenario att stiga även efter 2050 på grund av systemets tröghet. Ur figuren ses även att skillnaden mellan effekten av olika utsläppsscenario är liten fram till mitten av seklet och ökar därefter.



Figur 7 Antagande om framtida utsläpp av CO<sub>2</sub> (vänster) och resulterande CO<sub>2</sub>-koncentrationer (höger) enligt olika scenarier (modifierad från IPCC, 2001).

Tabell 9 innehåller klimatscenarier från ENSEMBLES-projektet samt några från Rossby Centre vid SMHI. Till största delen har utsläppsscenario A1B (Nakićenović and Swart, 2000) använts, eftersom de flesta modellkörningar inom ENSEMBLES-projektet använt sig av detta, men även A2 och B1 finns representerade.

Den globala klimatmodellen ECHAM5 kommer från Max-Planck-institutet för meteorologi i Tyskland och HadCM3 från Hadley Center i England. Resultat baserade på ECHAM5 finns också från tre simuleringar som har startats från olika initialtillstånd i slutet på 1800-talet, vilka betecknas

ECHAM5(1), ECHAM5(2) respektive ECHAM5(3). ECHAM5(3) är den simulering av de tre som har bäst överensstämmelse med faktisk klimatutveckling i Europa under slutet av 1900-talet och har därför pekats ut som huvudalternativ för ENSEMBLES-projektets beräkningar. Denna modell är därför den vanligaste globala klimatmodell som används i denna rapport.

Även HadCM3 har använts med två olika initialtillstånd, men då har också modellen varit parametriserad med olika klimatkänslighet, som är ett mått på den temperaturökning som kan förväntas om mängden koldioxid i atmosfären fördubblas. En av dessa simuleringar refereras som Q0 och betraktas som mest trolig. Den version som har högre klimatkänslighet, Q16, ligger dock även den inom vad som klimatforskarna betraktar som rimliga gränser. Övriga använda globala klimatmodeller är ARPEGE från CNRM i Frankrike, BCM från METNO i Norge och den nordamerikanska modellen CCSM3.

De klimatscenarier som använts är de som funnits tillgängliga vid genomförandet och som sträcker sig till slutet av seklet, dvs. inget aktivt urval av scenarier har gjorts. Allt eftersom fler klimatscenarier blir tillgängliga kan fler fall med höga respektive låga utsläppsscenarier inkluderas i klimatensemblesimuleringar. På så sätt kan fler tänkbara utvecklingar av klimatet simuleras. En större ensemble ger starkare statistiska mått på hur en framtida utveckling kan se ut. Den idag tillgängliga ensemblen är dock en stor förbättring mot vad som fanns tillgängligt för några år sedan, även om urvalet inte är systematiskt.

*Tabell 9 Sammanställning av använda klimatscenarier. Nationsflaggorna avser instituten som har genomfört den regionala nedskalningen (RCM). Den globala klimatmodellen (GCM) ECHAM5 kommer från Max Planck Institute i Tyskland, ARPEGE från CNRM i Frankrike, HadCM3 från Hadley Centre i England och BCM från METNO i Norge. CCSM3 är en nordamerikansk modell som körts vid SMHI.*

| Nation                                                                              | Institut | Scenario | GCM         | RCM    | Upplösning | Period    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-------------|--------|------------|-----------|
|  | SMHI     | A1B      | ECHAM5(1)   | RCA3   | 50 km      | 1961-2100 |
|  | SMHI     | A1B      | ECHAM5(2)   | RCA3   | 50 km      | 1961-2100 |
|  | SMHI     | A1B      | ECHAM5(3)   | RCA3   | 50 km      | 1961-2100 |
|  | SMHI     | A1B      | ECHAM5(3)   | RCA3   | 25 km      | 1961-2100 |
|  | SMHI     | B1       | ECHAM5(1)   | RCA3   | 50 km      | 1961-2100 |
|  | SMHI     | A1B      | ARPEGE      | RCA3   | 50 km      | 1961-2100 |
|  | SMHI     | A1B      | CCSM3       | RCA3   | 50 km      | 1961-2100 |
|  | KNMI     | A1B      | ECHAM5(3)   | RACMO  | 25 km      | 1961-2100 |
|  | MPI      | A1B      | ECHAM5(3)   | REMO   | 25 km      | 1961-2100 |
|  | HC       | A1B      | HadCM3(Q0)  | HadRM3 | 25 km      | 1961-2100 |
|  | C4I      | A2       | ECHAM5(3)   | RCA3   | 25 km      | 1961-2050 |
|  | DMI      | A1B      | ECHAM5(3)   | HIRHAM | 25 km      | 1961-2100 |
|  | CNRM     | A1B      | ARPEGE      | Aladin | 25 km      | 1961-2050 |
|  | C4I      | A1B      | HadCM3(Q16) | RCA3   | 25 km      | 1961-2100 |
|  | METNO    | A1B      | BCM         | HIRHAM | 25 km      | 1961-2050 |
|  | METNO    | A1B      | HadCM3(Q0)  | HIRHAM | 25 km      | 1961-2050 |

### 3.5.2 Hydrologiska modellberäkningar

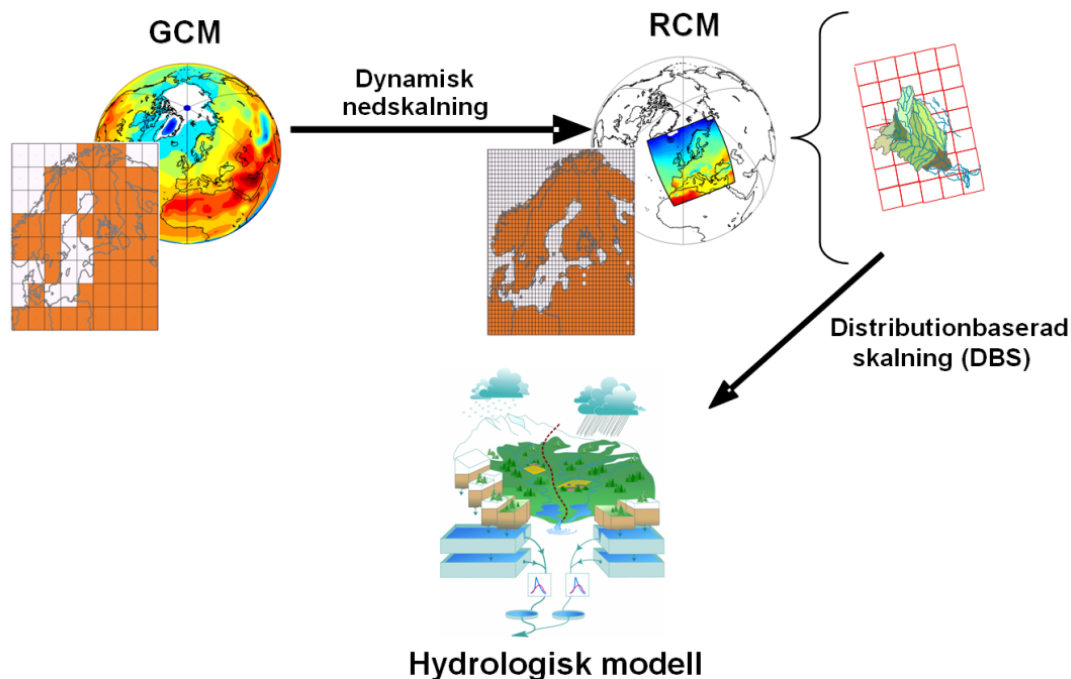
Den hydrologiska modell som använts är för att beräkna framtida tillrinningar till Mälaren utgående från klimatscenarier är HBV-modellen, som utvecklats vid SMHI sedan början av 70-talet (Bergström, 1995, Lindström, 1997). Även efter 1996 har ett antal förbättringar skett. Modellen är begreppsmässig,

d.v.s. den bygger på förenklad fysikalisk beskrivning och kalibreras till specifika vattendrag. Den har en enkel struktur och är i grunden uppbyggd av tre huvudmoduler, en för beräkning av snöns ackumulation och avsmältning, en för beräkning av markfuktighet och en tredje för beräkning av vattnets vägar och hur vattenflöden svarar på yttre förändringar.

För att omsätta klimatmodellers resultat till hydrologiska effekter krävs en bearbetning av resultat mellan klimatmodellen och den hydrologiska modellen. Anledningen är att klimatmodellerna hittills inte har klarat att beskriva det nutida ”vädret” tillräckligt väl för att resultera i en trovärdig hydrologisk respons, om inga justeringar av modellerade drivdata har gjorts.

Det klimat som beskrivs av en klimatmodell kan inte förväntas vara i fas med det verkliga klimatet på kort tidsskala, ett fenomen som benämns naturlig variabilitet. Dock ska en välfungerande klimatmodell beskriva medelvärden och variabilitet med tillräckligt precision, t ex korrekt antal kalla och varma vintrar under en trettioårsperiod. Dessa vintrar kan infalla i en annan sekvens än i det observerade klimatet.

Under senare år har en ny metod utvecklats som på ett mer direkt sätt använder resultaten från klimatmodellen i de hydrologiska modellberäkningarna, den så kallade DBS-metoden (Yang m.fl., 2010). DBS-metoden bibehåller den variabilitet, och även de förändringar i variabilitet, som ges av klimatmodellen. Figur 8 visar hur dataflödet ser ut mellan klimatmodeller på olika skalor och hur indata levereras till en hydrologisk modell där det är möjligt att studera effekter på vattenföring, magasineringen etc.



Figur 8 Illustration av dataflödet mellan global- och regional modell samt nedskalning till hydrologisk modell

### 3.5.3 Havsvattenstånd

Frågan om framtidens havsnivåer har blivit alltmer aktuell under de år som gått sedan IPCC presenterade sin fjärde Assessment Report (AR4) i januari 2007 (IPCC, 2007) och som utgick från den då tillgängliga klimatforskningen. AR4 angav 18-59 cm som ett intervall för höjningen av havsnivån, med regionala variationer. Sedan dess har flera vetenskapliga artiklar publicerats som betonar risken för att isavsmältningen kan komma att ske snabbare och att världshavet kan komma att stiga mer än vad som tidigare antagits. SMHI:s bedömning av utvecklingen av havets nivå grundar sig på ett flertal internationella vetenskapliga sammanställningar och bedömningar, inklusive den holländska Deltakommitténs. Bedömningar från England, USA, Vietnam har vägts in liksom Norska bedömningar från Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. Samtliga dessa källor anger att IPCCs slutsatser från 2007 troligen ligger för lågt.

Frågan om den framtida utvecklingen av havets nivåer är svårbedömd och omdiskuterad. Framförallt är det bedömningar av den framtida isavsmältningen från de stora landisarna som skapar osäkerhet. Detta är en fråga som berör de flesta stora städerna i världen. Den har exempelvis diskuterats för New York City av New York City Panel on Climate Change (2009).

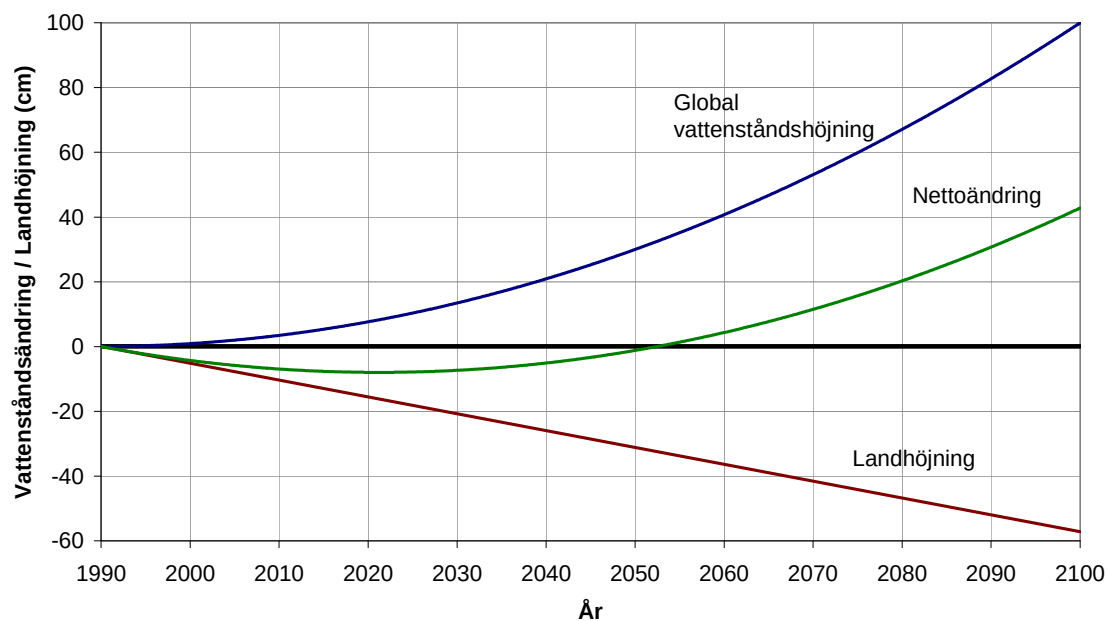
Våren 2011 levererade en arbetsgrupp inom det Arktiska rådets en kunskapssammanställning rörande snö, vatten, is och permafrost i Arktis (AMAP, 2011). Rapporten föreligger i skrivande stund bara i form av en s.k. Executive Summary, men den fick en del uppmärksamhet i media. AMAPs sammanställning anger nivåer som är högre än de som kommit från SMHI:s övriga källor. Detta formuleras på följande sätt av AMAP i Executive Summary: "In the future, global sea level is projected to rise by 0.9-1.6 m by 2100 and Arctic ice loss will make a substantial contribution to this." Denna slutsats bygger dels på en semi-empirisk metod (Vermeer och Rahmstorf, 2009), som är omdiskuterad i vetenskapliga sammanhang (IPCC, 2010), och dels på en grov uppskattning av den övre gränsen för hur stor volym is som kan transporteras från land till hav under 100 år (Pfeffer m.fl., 2008). Pfeffer m.fl. anger denna övre gräns för havsytans stigning till år 2100 till 2 m men påpekar samtidigt att en mer trolig nivåhöjning är omkring 0,8 m.

AMAPs rapport ändrar för närvarande inte SMHI:s sammanfattande bedömning vad gäller stigande havsnivåer under det närmaste seklet. Men vi arbetar kontinuerligt med att analysera nya forskningsresultat och internationella bedömningar för att successivt ta med dessa och förbättra våra beslutsunderlag. Ytterligare vägledning vid bedömningen av framtidens havsnivåer kan väntas när IPCCs femte Assessment Report (AR5) levererar sin delrapport från WG I, The Physical Science Basis, i september 2013. Då kommer nästa auktoritativa vetenskapliga bedömning av havets globala framtida nivåförändring att vara tillgänglig.

Mot ovanstående bakgrund bedömer SMHI för närvarande att det är rimligt att anta att en övre gräns för havsvattenytans stigning är ungefär en meter under perioden 1990-2100, sett som ett globalt medelvärde. Siffran ska korrigeras för landhöjning och andra lokala effekter.

Frågan om framtida havsvattenstånd och dimensionerande nivåer för Projekt Slussen har belysts i SMHI-rapport 2011-62 (Nerheim, 2011). Vid beräkning av Mälarens nivåer under ett helt flödesförlopp är det medelvattenståndet under flera dagar i sträck som är avgörande för Mälarens avbördningsförmåga (Andréasson och Gardelin, 2008). Dessa nivåer är alltså inte jämförbara med de nivåer som gäller för kortvarigt extremt höga vattenstånd, som redovisas i t.ex. SMHI-rapport 2011-62 (Nerheim, 2011).

Utvecklingen av det lokala vattenståndet i Stockholm beror dels på vad som händer med den globala havsnivåhöjningen, men också på den lokala landhöjningen. Hur dessa båda effekter samverkar illustreras i Figur 9, utgående från en global havsnivåhöjning på 1 m mellan 1990 och 2100. Fram till 2050 är ett rimligt antagande att landhöjningen i Stockholm är av samma storleksordning som de havsnivåhöjningar som kan förväntas.



Figur 9. Den globala vattenståndshöjningen, landhöjningen och nettohöjning av Saltsjöns nivå. En landhöjning med 5.2 mm/år har antagits och en höjning av det globala medelvattenståndet med 30 cm år 2050 och 100 cm år 2100. Under dessa antaganden är nettoeffekten  $\pm 0$  år 2050 och drygt +40 cm år 2100.



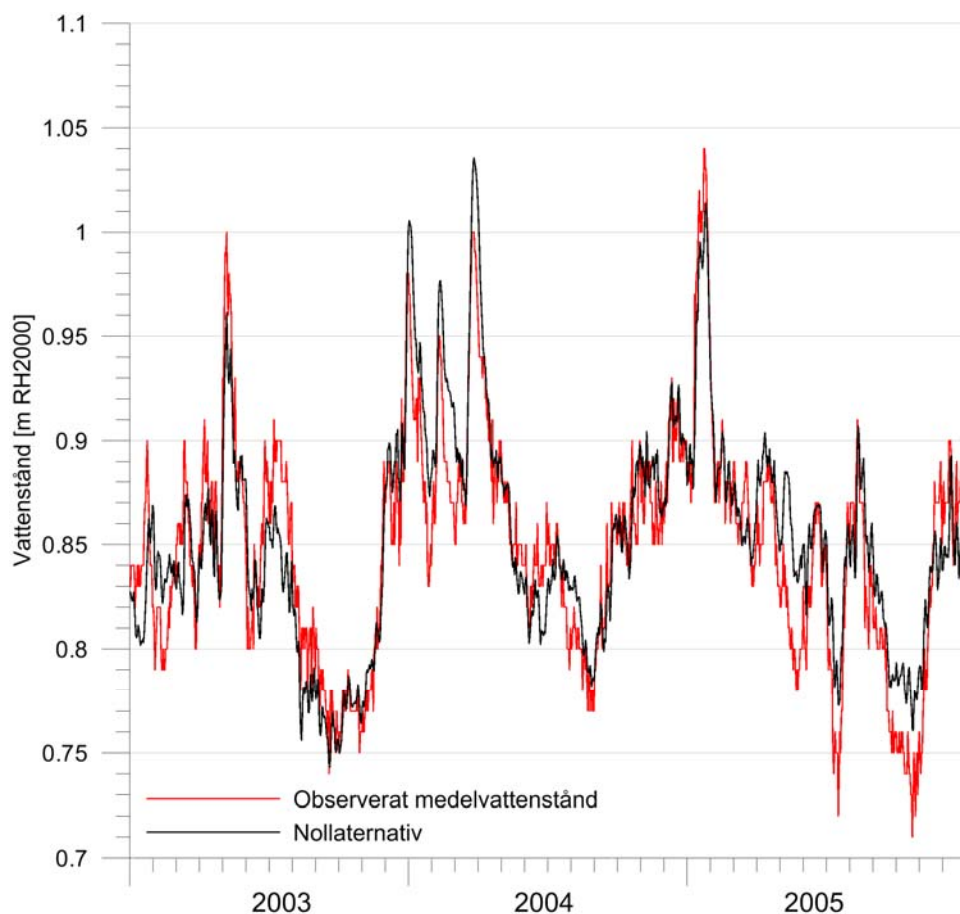
## 4 Resultat

### 4.1 Nollalternativ

Dagens reglering (Nollalternativ) beskrivs med en tappningsmodell för Mälaren. Att använda denna som utgångspunkt för utformning av alternativa regleringar motiveras främst av följande:

1. Under åren 1976-2005, vilka används för framtagning av regleringsalternativ, har flera förändringar av den fysiska miljön och andra förutsättningar gjorts som påverkar Mälarens nivåer. Det är till exempel tätningar av luckor, införande av skönhetsflöden, förhandstappningar etc. För att på ett korrekt sätt kunna jämföra effekten av förändringar i framtagna regleringsalternativ behöver beskrivningen av nuläget vara konsekvent. Genom att modellera även dagens reglering, så som den är idag, med historiska data fås en konsekvent nulägesbeskrivning.
2. Ingen modell av verkligheten är perfekt. Genom att jämföra modellresultat för dagens reglering (Nollalternativ) med modellresultat för föreslaget regleringsalternativ fås en mer rättvisande jämförelse mellan alternativen.

I Figur 10 visas en jämförelse mellan observerat vattenstånd i Mälaren och modellerat enligt Nollalternativets reglering för perioden 2003-2005. Överensstämmelsen mellan modellberäknat och observerat vattenstånd är för det mesta god. Skillnaderna ligger inom någon centimeter. Det kan finnas flera möjliga orsaker till skillnaderna. Exempelvis är vattendomen svår att beskriva i en modell mellan vattenstånden 0,79 m/ 4,10 m -0,89 m/ 4,20 m. Den enda regel för tappning som i detta intervall ges av domen är att nivån 0,84 m/ 4,15 m ska eftersträvas genom tappning vid Riksbron och Stallkanalen. Det finns också osäkerheter i uppmätt vattenstånd.



Figur 10. Jämförelse av observerat vattenstånd i Mälaren med beräknat enligt Nollalternativets reglering för perioden 2003-2005.

## 4.2 Huvudalternativ

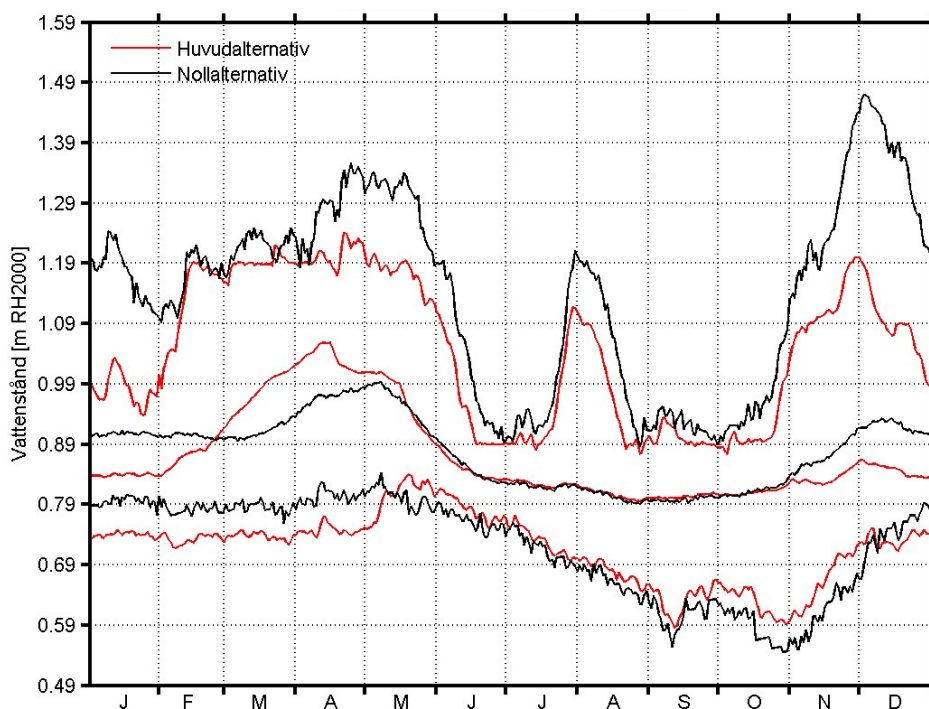
I följande stycke redovisas resultat för det slutgiltiga förslaget av Mälarens framtida reglering under normaldrift samt för extrema tillfällen. Med normaldrift avses alla förekommande händelser inom perioden 1976-2005. Alla nivåer redovisas i RH2000/ Mälarens eget höjdsystem.

### 4.2.1 Normaldrift

Med normaldrift avses drift av regleringen under de tillrinningsförhållanden som var under perioden 1976-2005. I tillägg till detta betraktas också 100-årstillrinningen som en normaldriftshändelse. Denna beskrivs dock tillsammans med övriga statistiska extremflöden i kapitel 4.2.2.

Beskrivning av hur regleringen sköts, dvs. när, hur mycket och i vilken ordning de olika luckorna används för avbördning redovisas i bilaga 1.

Hur Mälarens beräknade vattennivåer varierar under perioden 1976-2005 visas i Figur 11. Förutom medelvattenstånd redovisas även en jämförelse av hur min- och maxnivåer i Mälaren varierar över året med reglering enligt Huvudalternativet respektive Nollalternativet för perioden 1976-2005. Då tappningskapaciteten i Mälaren utökas ryms en kontrollerad vattenståndsvariation under året utan att översvämningsriskerna ökar. Ett mål för arbetet har varit att låta nivåerna variera mer med tillrinningsmönstret. Jämfört med dagens reglering av Mälaren tillåts därför Huvudalternativets vattenstånd under våren att stiga ytterligare än vad som är möjligt idag. Den utökade tappningskapaciteten förhindrar att Mälaren vid en kraftig tillrinning stiger över 1,29 m/ 4,60 m. De högsta vattenstånden har sänkts jämfört med Nollalternativet och varaktigheterna för höga vattenståndsnivåer har sänkts. Notera i figuren att högsta nivån i Nollalternativet i december 2000, 1,47 m/4,78 m enligt Huvudalternativet skulle resulterat i nivåer nästan 3 dm lägre (27 cm). Vårflodens avsänkning följer den avsänkning som finns i Nollalternativet. Vattenstånden under sommarmånaderna ligger mycket nära de vattenstånd som ges av Nollalternativet.



Figur 11. Mälarens beräknade medel-, min- och maxvattenstånd under förutsättning av regleringsstrategi enligt Nollalternativet (svarta kurvor) respektive Huvudalternativet (röda kurvor). Den analyserade perioden är åren 1976-2005 och innehåller såväl det extremt torra året 1976 som det extremt blöta året 2000.



För reglering under normaldrift sänks Mälarens medelvattenstånd något jämfört med dagens reglering enligt Nollalternativet (1 cm) liksom det högsta vattenståndet (23 cm) till 1,24 m/4,55 m. Den högsta nivån under perioden inträffar i Huvudalternativet på våren till skillnad för Nollalternativet då den inträffar på hösten. De lägsta nivåerna har höjts med 4 cm jämfört med Nollalternativet och ligger i Huvudalternativet på 0,59 m/3,90 m. Mer statistik över medel-, hög- och lågvattenstånd, medel-, hög- och lågvattenföring och antal dagar per år då Saltsjöns vattenstånd (Ws) är högre än Mälarens vattenstånd (Wm) för Huvudalternativ jämfört med Nollalternativet presenteras i Tabell 10.

Önskemålet om samma förekomst av nivåer mellan 0,69 m/4,00 m och 0,84 m/ 4,15 m som för dagens reglering under sommarmånaderna leder till att regleringen under torra somrar inte klarar att ligga över 0,69 m/ 4,00 m under hela året. Den lägsta tillåtna nivån är enligt dagens vattendom 4,0 m enligt Mälarens höjdsystem. Av denna anledning innefattas även nivån 0,65 m/ 3,96 m i statistiken. Nivåer under 0,69 m/ 4,00 m inträffar 5 av de 30 åren med en längsta varaktighet på 96 dygn. Detta är förbättring jämfört med Nollalternativets 6 år av 30 och en längsta varaktighet på 112 dygn (Tabell 11). Nivåer under 0,65m/ 3,96 m inträffar 2 av de 30 åren med en längsta varaktighet på 29 dygn jämfört med Nollalternativets 88 dygn och 3 år (Tabell 12).

*Tabell 10. Statistik för Nollalternativet jämfört med Huvudalternativet över medel-, hög- och lågvattenstånd, medel-, hög- och lågvattenföring och antal dagar per år då Saltsjöns vattenstånd (Ws) är högre än Mälarens vattenstånd (Wm). Statistiken avser perioden 1976-2005. Vattenstånd är angivna i m enligt RH2000/Mälarens höjdsystem och vattenföringar är angivna i m<sup>3</sup>/s.*

|                                          | Nollalternativ | Huvudalternativ |
|------------------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>Högsta årsmedelvattenstånd</b>        | 0,96/4,27      | 0,93/4,24       |
| <b>Högsta Högvattenstånd</b>             | 1,47/4,78      | 1,24/4,55       |
| <b>Medelhögvattenstånd</b>               | 1,14/4,45      | 1,12/4,43       |
| <b>Medelvattenstånd</b>                  | 0,88/4,19      | 0,87/4,18       |
| <b>Medellågvattenstånd</b>               | 0,73/4,04      | 0,74/4,05       |
| <b>Lägsta lågvattenstånd</b>             | 0,55/3,86      | 0,59/3,90       |
| <b>Antal dagar per år med Ws &gt; Wm</b> | 0,1            | 0,5             |
| <b>Medelvattenföring</b>                 | 163            | 163             |
| <b>Högsta årsmedelvattenföring</b>       | 258            | 263             |
| <b>Högsta dygnsvattenföring</b>          | -              | -               |
| <b>Lägsta årsmedelvattenföring</b>       | 51             | 53              |
| <b>Medelhögvattenföring</b>              | 501            | 613             |
| <b>Medellågvattenföring</b>              | 11             | 13              |
| <b>Lägsta lågvattenföring</b>            | 0              | 0               |

Tabell 11. Statistik för nivåer under 0,69 m/4,00 m för Nollalternativ och Huvudalternativ. Statistiken avser perioden 1976-2005

| Under 0,69 m/4,00 m     | Nollalternativ | Huvudalternativ |
|-------------------------|----------------|-----------------|
| Antal dagar per år      | 8,4            | 5,9             |
| Antal år                | 6              | 5               |
| Antal tillfällen per år | 0,7            | 0,3             |
| Längsta period (dagar)  | 112            | 96              |

Tabell 12. Statistik för nivåer under 0.65 m/3.96 m för Nollalternativ och Huvudalternativ. Statistiken avser perioden 1976-2005.

| Under 0,65 m /3,96 m    | Nollalternativ | Huvudalternativ |
|-------------------------|----------------|-----------------|
| Antal dagar per år      | 4,5            | 2,5             |
| Antal år                | 3              | 2               |
| Antal tillfällen per år | 0,2            | 0,2             |
| Längsta period          | 88             | 29              |

Önskemålet om att eftersträva flöden lägre än 750 m<sup>3</sup>/s i Söderström uppnås under den beräknade perioden 1976-2005, då den maximala tappningen genom Söderström för tappning enligt Huvudalternativet är som mest 745 m<sup>3</sup>/s. I normaldrift inräknas även 100-årstillrinningen. Vid detta tillfälle uppgår tappningen genom Söderström till som mest drygt 900 m<sup>3</sup>/s. Tappningen överstiger då 750 m<sup>3</sup>/s under 11-12 dagar (se Tabell 19). Att tappningen under normaldrift överstiger 700 m<sup>3</sup>/s är dock ovanligt och sker endast vid två tillfällen under perioden 1976-2005. Tappningen i Söderström överstiger 500 m<sup>3</sup>/s under 5 av 30 år och den längsta sammansatta perioden, under hösten 2000, varar i 17 dygn. Ytterligare statistik av tappningsfrekvenser i Söderström visas i Tabell 13. I Figur 12 visas storleken på tappning via Stockholm (Norrström, Söderström och Hammarby) för varje månad på året under perioden 1976-2005 för Huvudalternativet och Nollalternativet.

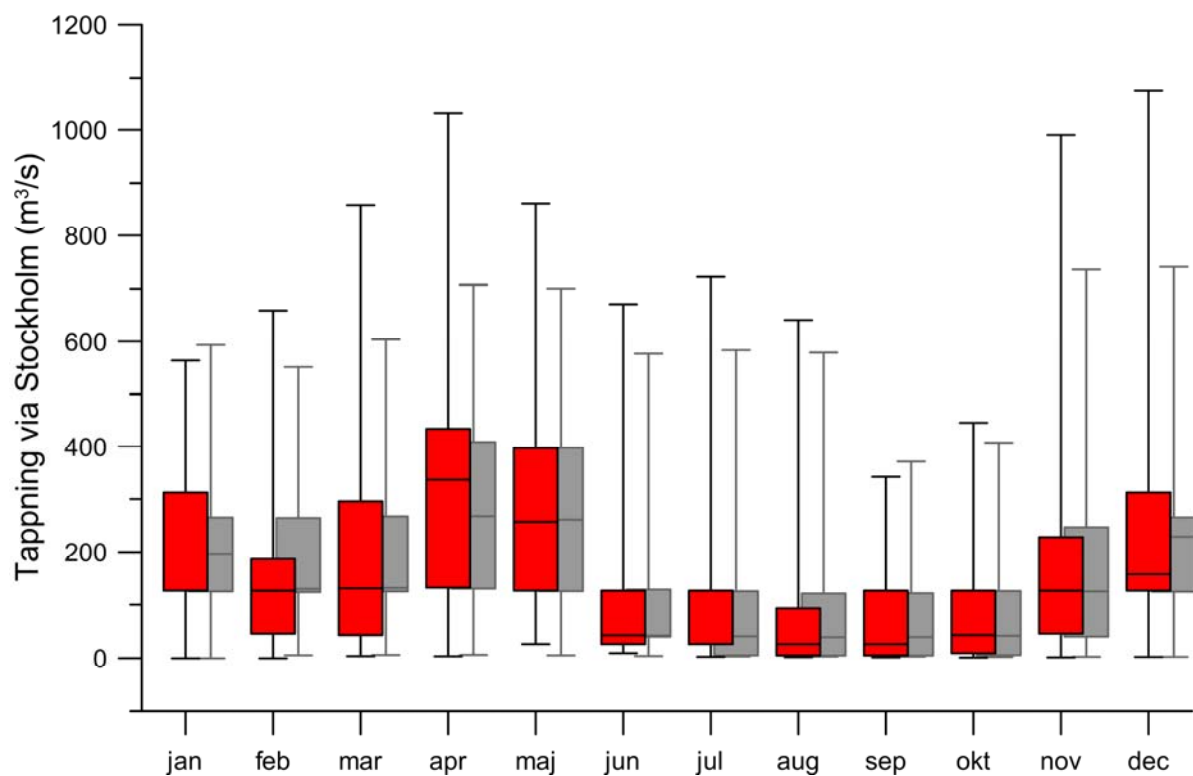
I Nollalternativet används slussarna i Hammarby och Södertälje för att tappa vatten i genomsnitt 3 dygn per år, men i Huvudalternativet behöver slussarna aldrig användas för tappning under normaldrift (Tabell 16). Inte heller den nya slussen, som öppnas samtidigt som slussarna i Hammarby och Södertälje används under normaldrift.

Önskemålet om att skapa längre perioder med strömmande vatten i Stockholms ström uppnås genom att tappningen under torrare perioder begränsas till ca 20 m<sup>3</sup>/s. Detta ses i Tabell 14 som tillfällen då tappningen varit > 15 m<sup>3</sup>/s, då Huvudalternativet uppnår detta under 318 dagar per år jämfört med 308 för Nollalternativet.

Önskemålet om färre dagar med helt stängda luckor (fiskvandringssvågar borträknat) uppfylls, då det i Huvudalternativet förekommer under 21 år av 30. Perioder med helt stängda luckor inträffar under 27 år av 30 i Nollalternativet. Den längsta sammansatta perioden minskar med ungefär en månad (Tabell 15).

Tabell 13. Frekvens då tappningen vid Söderström överskrider värdena 1300, 1000, 750, 500, 290, 250, 200, 150, 100, 50 respektive 0 m<sup>3</sup>/s. Statistiken avser perioden 1976-2005.

| Tappning Söderström större än | 1300 | 1000 | 750 | 500 | 290 | 250  | 200  | 150  | 100  | 50    | 0     | = 0 |
|-------------------------------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------|-------|-----|
| Nollalternativ                |      |      |     |     |     |      |      |      |      |       |       |     |
| Antal dagar per år            | -    | -    | -   | -   | -   | 6,5  | 9    | 10   | 39   | 63    | 63    | 302 |
| Antal år                      | -    | -    | -   | -   | -   | 9,0  | 12   | 12   | 27   | 29    | 29    | 30  |
| Antal tillfällen/år           | -    | -    | -   | -   | -   | 0,6  | 1    | 1    | 2    | 4     | 4     | 3   |
| Längsta period                | -    | -    | -   | -   | -   | 44   | 49   | 49   | 112  | 127   | 127   | 614 |
| Huvudalternativ               |      |      |     |     |     |      |      |      |      |       |       |     |
| Antal dagar per år            | 0    | 0    | 0   | 1,3 | 8,3 | 11,1 | 14,8 | 35,1 | 84,9 | 114,2 | 359,3 | 5,9 |
| Antal år                      | 0    | 0    | 0   | 5   | 17  | 18   | 20   | 29   | 30   | 30    | 30    | 9   |
| Antal tillfällen/år           | 0    | 0    | 0   | 0,2 | 0,9 | 1,2  | 1,3  | 2,2  | 7,1  | 7,7   | 0,3   | 0,5 |
| Längsta period                | 0    | 0    | 0   | 17  | 48  | 53   | 75   | 88   | 96   | 101   | 2964  | 90  |



Figur 12. Tappning via Stockholm för varje månad under perioden 1976-2005 för Huvudalternativet (röda boxar) och Nollalternativet (grå boxar). Boxarna visar spridning mellan 25 percentil och 75 percentil (50 % av alla dagar) och strecken visar spridning mellan max och min. Medianvärdet är markerat som ett streck i varje box.

Tabell 14. Antal dagar per år för olika tappningar vid Riksbron. Statistiken avser perioden 1976-2005.

| <b>Tappning Riksbron</b>      |                            |                           |                           |                           |                           |                          |
|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>Dagar per år större än</b> | <b>100 m<sup>3</sup>/s</b> | <b>50 m<sup>3</sup>/s</b> | <b>33 m<sup>3</sup>/s</b> | <b>15 m<sup>3</sup>/s</b> | <b>10 m<sup>3</sup>/s</b> | <b>2 m<sup>3</sup>/s</b> |
| <b>Huvudalternativ</b>        | 102                        | 215                       | 269                       | 318                       | 320                       | 363                      |
| <b>Nollalternativ</b>         | 119                        | 120                       | 307                       | 308                       | 308                       | 365                      |

Tabell 15. Statistik över tillfällena med helt stängda luckor för Nollalternativ och Huvudalternativ. Ej påverkbara tappningar (läckage eller Maren) och fiskvandringar är inte medräknade. Statistiken avser perioden 1976-2005.

| <b>Helt stängda luckor</b>      | <b>Nollalternativ</b> | <b>Huvudalternativ</b> |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>Antal dagar per år</b>       | 57                    | 37                     |
| <b>Antal år</b>                 | 27                    | 21                     |
| <b>Antal tillfällen/år &gt;</b> | 4                     | 3                      |
| <b>Längsta period</b>           | 185                   | 154                    |

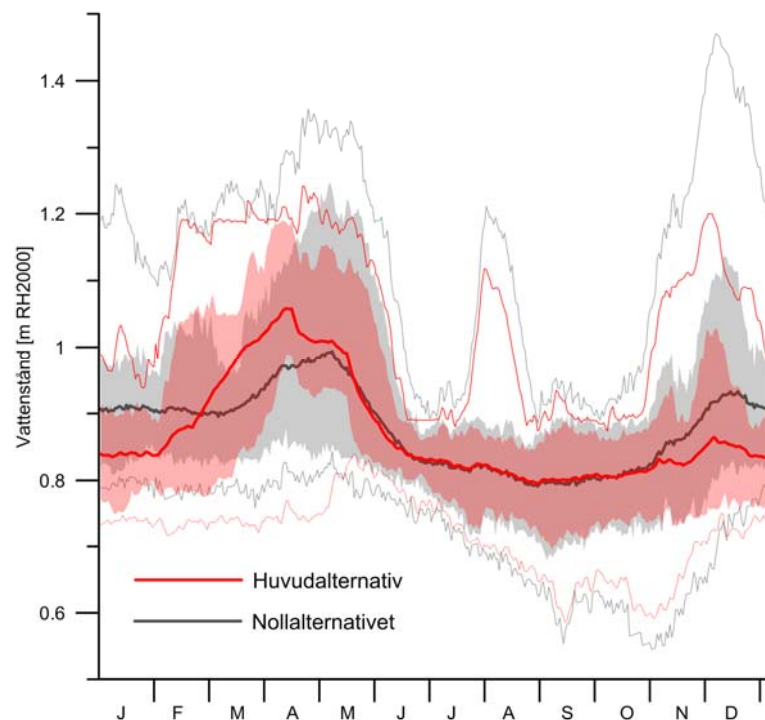
Tabell 16. Frekvens av öppna och stängda luckor vid slussarna i Hammarby, Södertälje och Stockholm. Statistiken avser perioden 1976-2005.

|                                  | <b>Nollalternativ</b> |                   |                   | <b>Huvudalternativ</b>  |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| <b>Sluss:</b>                    | <b>Hammarby</b>       | <b>Södertälje</b> | <b>Karl-Johan</b> | <b>Samtliga slussar</b> |
| <b>Öppet Antal dagar per år</b>  | 3                     | 3                 | 9,5               | 0                       |
| <b>Stängt Antal dagar per år</b> | 362                   | 362               | 355,5             | 365                     |
| <b>Öppet Antal år</b>            | 5                     | 5                 | 12                | 0                       |
| <b>Öppet Antal tillfällen</b>    | 9                     | 9                 | 40                | 0                       |
| <b>Öppet längsta period</b>      | 33                    | 33                | 48                | 0                       |

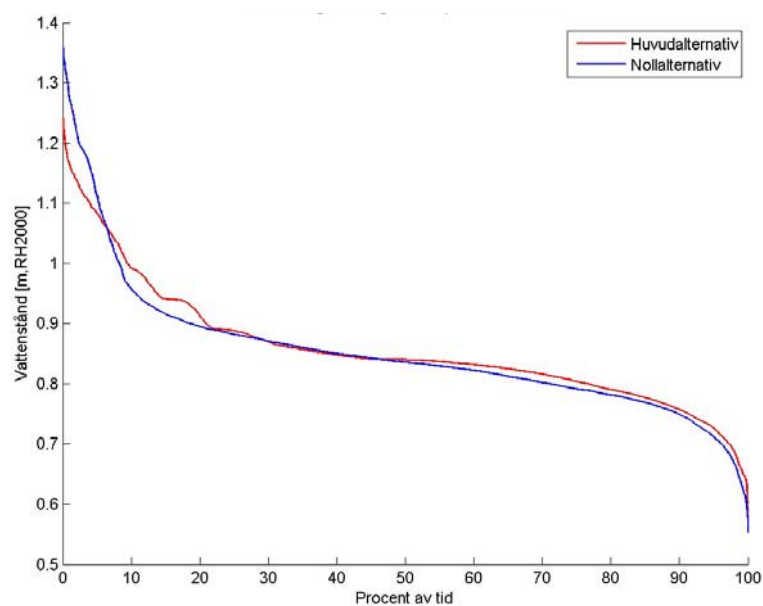
Jämförelse av variationer i vattenstånd inom åren mellan Huvudalternativet och Nollalternativet visas i Figur 13. I figuren visas Mälarens vattenstånd med reglering enligt Huvudalternativ redovisat som medelvärde, max och min för varje dag på året under perioden 1976-2005 jämfört med reglering enligt Nollalternativet. Som komplement redovisas även spridningen mellan de mest förekommande variationerna i form av 10:e och 90:e percentil.

Utfall för Huvudalternativet och Nollalternativet avseende hur stor andel av åren då vattennivån är högre respektive lägre än givna nivåer och hur stor andel av åren variationen är större än givna intervall redovisas i Tabell 17. Statistiken avser perioden 1976-2005.

Varaktigheter för översvämning av Mälarens strandnära områden för växtsäsong för åren 1976-2005, enligt Huvudalternativet och Nollalternativet visas i Figur 14 (även kallat dräkningsvaraktighet). Diagrammet illustrerar hur stor andel av växtsäsongen en viss nivå längs Mälarens stränder befinner sig under Mälarens vattenyta.



Figur 13. Mälarens vattenstånd med reglering enligt Huvudalternativ redovisat som medelvärde, max och min för varje dag på året under perioden 1976-2005 (röda kurvor). Det röda fältet representerar spridning mellan 10:e till 90:e percentil. Som jämförelse redovisas motsvarande vattenstånd för reglering enligt Nollalternativet (grå kurvor och fält).



Figur 14. Varaktigheter för översvämning av Mälarens strandnära områden från 18 april till 15 oktober för åren 1976-2005, enligt de båda regleringsalternativen, Huvudalternativ och Nollalternativ.

Tabell 17. Utfall för Nollalternativet och Huvudalternativ avseende hur stor andel av åren då vattennivån är högre respektive lägre än vissa nivåer och hur stor andel av åren variationen är större än givna intervall. Statistiken avser perioden 1976-2005.

| Andel av åren med:            | Nollalternativ | Huvudalternativ |
|-------------------------------|----------------|-----------------|
| nivåer > 4,55 m               | 0,27           | 0,03            |
| nivåer > 4,50 m               | 0,40           | 0,33            |
| nivåer > 4,45 m               | 0,47           | 0,43            |
| nivåer > 4,40 m               | 0,57           | 0,67            |
| nivåer > 4,30 m               | 0,83           | 0,97            |
| nivåer < 4,10 m               | 0,90           | 0,87            |
| nivåer < 4,00 m               | 0,20           | 0,17            |
| nivåer < 3,96 m               | 0,10           | 0,07            |
| nivåer < 3,90 m               | 0,07           | 0,03            |
| vattenståndsvariation > 50 cm | 0,33           | 0,07            |
| vattenståndsvariation > 48 cm | 0,37           | 0,07            |
| vattenståndsvariation > 44 cm | 0,43           | 0,33            |
| vattenståndsvariation > 40 cm | 0,27           | 0,33            |
| vattenståndsvariation > 35 cm | 0,40           | 0,33            |
| vattenståndsvariation > 30 cm | 0,47           | 0,43            |

#### 4.2.2 Extrema tillfällen

Extrema tillfällen har i arbetet ansetts vara händelser orsakat av tillrinningar (flöden till Mälaren) med återkomsttider på ca 1 000 år, ca 10 000 år, samt det dimensionerande flödet enligt Flödeskommitténs riktlinjer (Svensk Energi, 2007). I analysen av extrema tillfällen har, utöver dessa flöden, även 100-årsflödet analyserats, men det betraktas inte som ett riskflöde. De använda flödenas ursprung anges nedan:

- 100-årsflödet omskalat från flödet år 2000 enligt SMHI-rapport 2008-20, bilaga 3 (Sanner m.fl., 2009).
- 1 000-årsflödet omskalat från flödet år 2000 enligt SMHI-rapport 2008-20, bilaga 3 (Sanner m.fl., 2009).
- 10 000-årsflödet omskalat från flödet år 2000 enligt SMHI-rapport 2008-20, bilaga 3 (Sanner m.fl., 2009).
- Dimensionerande flöde enligt Flödeskommitténs riktlinjer för flödesdimensioneringskategori I, enligt SMHI-rapport 2008-19 (Andréasson och Gardelin, 2008).

De angivna återkomsttiderna avser en ungefärlig storleksordning på den beräknade tillrinningen till Mälaren.

Avbördningskapaciteten från Mälaren är starkt beroende på nivåskillnaden mellan Mälaren och Saltsjön (se t.ex. Tabell 6). Av denna anledning har tidigare dimensioneringsberäkningar för Mälaren gjorts med motdämmande vattenstånd i Saltsjön, som är realistiska att anta som medelvärde för Saltsjöns nivå under flera dygn i sträck (Andréasson och Gardelin, 2008). Dessa nivåer är alltså inte

jämförbara med de nivåer som gäller för kortvarigt extremt höga vattenstånd, som redovisas i t.ex. SMHI-rapport 2011-62 (Nerheim, 2011). Till exempel är nivån 0,77 m/4,08 m för Saltsjön en ungefärlig 100-årshändelse under dagens klimat om den varar 6-14 dygn under perioden mars-maj, men skulle vara en ungefärlig 2-årshändelse om den inträffade under 1 dygn någon gång under året. De högsta nivåerna är dock kortvariga (storleksordning ca 6 timmar, enligt Lindberg och Åström, 2010). Kortvariga höga nivåer har mindre betydelse för avbördningen från Mälaren under en flödeshändelse. Där är det istället medelvattenståndet under längre perioder som är av störst betydelse för vilken kapacitet som uppnås, eftersom en höglödessituation i Mälaren sträcker sig över flera dygn. För att förenkla beräkningarna används därför ett konstant motdämmande vattenstånd i Saltsjön. Nivåer i Saltsjön upp till 0,77 m/4,08 m har bedömts vara rimliga att beakta vid dimensioneringsberäkningar för Mälaren under nuvarande klimat (Andréasson och Gardelin, 2008).

I Tabell 18 redovisas resulterande vattenstånd i Mälaren för de olika statistiska flödeshändelserna, kombinerat med två olika motdämmande konstanta vattenstånd i Saltsjön (0,27 m/3,58 m respektive 0,77 m/4,08 m). De angivna återkomsttiderna avser storleksordningen på den beräknade tillrinningen. Återkomsttiden för vattenståndet i Mälaren då tillrinningarna samtidigt kombineras med ett högt vattenstånd i Saltsjön (0,77 m/4,08 m) är dock längre än så. För Nollalternativet hamnar samtliga beräknade vattenstånd över nivån 1,39 m/4,70 m, som är den eftersträlvade högsta nivån.

Osäkerheten i nivåberäkningarna blir mycket stora då nivåerna överstiger 1,7 m/5,0 m (för Nollalternativet). Anledningen till detta är att det i modellen inte varit möjligt att ta hänsyn till, eller bestämma, vilka vägar vattnet tar vid dessa höga översvämningarnivåer. I tabell 16 anges därför att nivåerna hamnar över 2,7 m/6,0 m, men inte de exakta beräknade nivåerna. Nivåerna beräknade med dimensionerande flöde och 10 000 års flöde är dock större än nivån beräknad med 1 000-årsflödet, vilket inte framgår av tabellen. För Nollalternativet resulterar 1 000-årsflödet i nivån 2,88 m/6,19 m om Saltsjön samtidigt skulle stå högt (0,77 m/4,08 m). Det dimensionerande flödet resulterar i nivåer som ligger 16 cm högre. Osäkerheten i dessa nivåer är större än för beräknade nivåer som ligger närmre upplevda vattenstånd, där vattenytans utbredning är mer känd.

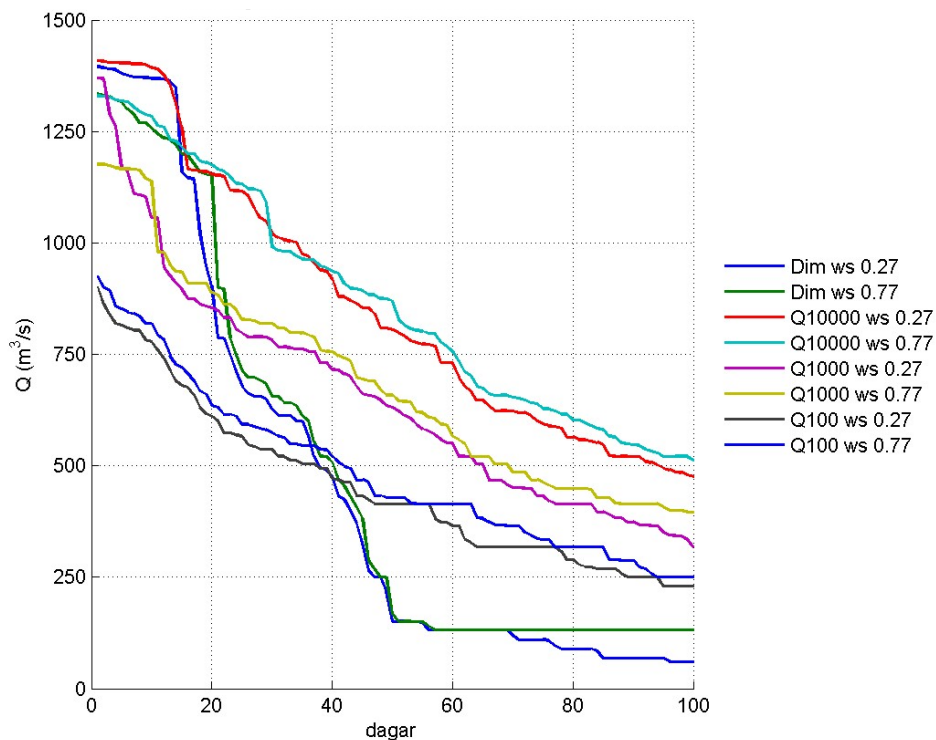
Huvudalternativet kan hantera samtliga flöden utan att överskrida den eftersträlvade maxnivån utom när det dimensionerande flödet och 10 000-årsflödet samtidigt kombineras med högt vattenstånd i Saltsjön. För dessa kombinationer överskrider den eftersträlvade maxnivån med 9 respektive 8 cm.

**Tabell 18.** Statistik över Mälarens högsta vattenstånd vid extrema statistiska flöden samt 100-årsflöde för Nollalternativ och Huvudalternativ. Resultaten har beräknats med statistiskt Saltsjövattenstånd på nivåerna 0,27 m / 3,58 m respektive 0,77 m / 4,08 m. Flöden med en angiven återkomsttid har skalats upp från tillrinningen år 2000 (Andréasson och Hellström, 2008). FLK 1 avser dimensionerande flöde enligt Flödeskommitténs riktlinjer. Alla nivåer anges i m i RH2000/Mälarens höjdsystem.

|                     | Nollalternativ |            | Huvudalternativ |           |
|---------------------|----------------|------------|-----------------|-----------|
| Saltsjönivå         | 0,27/3,58      | 0,77/4,08  | 0,27/3,58       | 0,77/4,08 |
| Q <sub>100</sub>    | 1,77/5,08      | 1,86/ 5,17 | 1,27/4,58       | 1,28/4,59 |
| Q <sub>1000</sub>   | >2,7/ >6,0     | >2,7/ >6,0 | 1,31/4,62       | 1,33/4,64 |
| Q <sub>10 000</sub> | >2,7/ >6,0     | >2,7/ >6,0 | 1,38/4,69       | 1,47/4,78 |
| FLK1                | >2,7/ >6,0     | >2,7/ >6,0 | 1,36/4,67       | 1,48/4,79 |

I Figur 15 redovisas för Huvudalternativet varaktighetskurvor för extremflöden och 100-årsflödet genom Söderström. De extrema flödessituationerna motsvarar samma händelser som redovisas i Tabell 18 där de angivna återkomsttiderna avser storleksordningen på den beräknade tillrinningen. De olika statistiska flödeshändelserna har kombinerats med två olika motdämmande konstanta vattenstånd i Saltsjön (0,27 m/3,58 m respektive 0,77 m/4,08 m). Maxtappningar och varaktigheter för tappningar genom Söderström vid dessa tillfällen redovisas i Tabell 19.

Motsvarande varaktigheter för beräknade vattenstånd visas i Figur 16. Tabell 20 visar hur många dagar under en extrem flödesperiod som Mälarens nivå överstiger 1,29 m / 4,60 m, vilket motsvarar antalet dagar som slussarna i Hammarby och Södertälje används för avtappning. För Huvudalternativet inkluderas även den nya slussen i Söderström. Karl-Johan slussen öppnas i Nollalternativet vid nivån 1,19 m/ 4,50 m vilket betyder att varaktigheterna för tappning genom Karl-Johan slussen är större än de angivna antalet dagar som redovisas i tabellen. Den beräknade 1 000-årstillrinningen har ett mer utdraget flödesförlopp än den dimensionerande tillrinningen (FLK1). Det gör att tillrinningen under en längre tid överstiger dagens tappningskapacitet vilket är förklaringen till att varaktigheterna för höga vattenstånd i Nollalternativet blir längre för 1 000-årstillrinningen än för den dimensionerande tillrinningen.

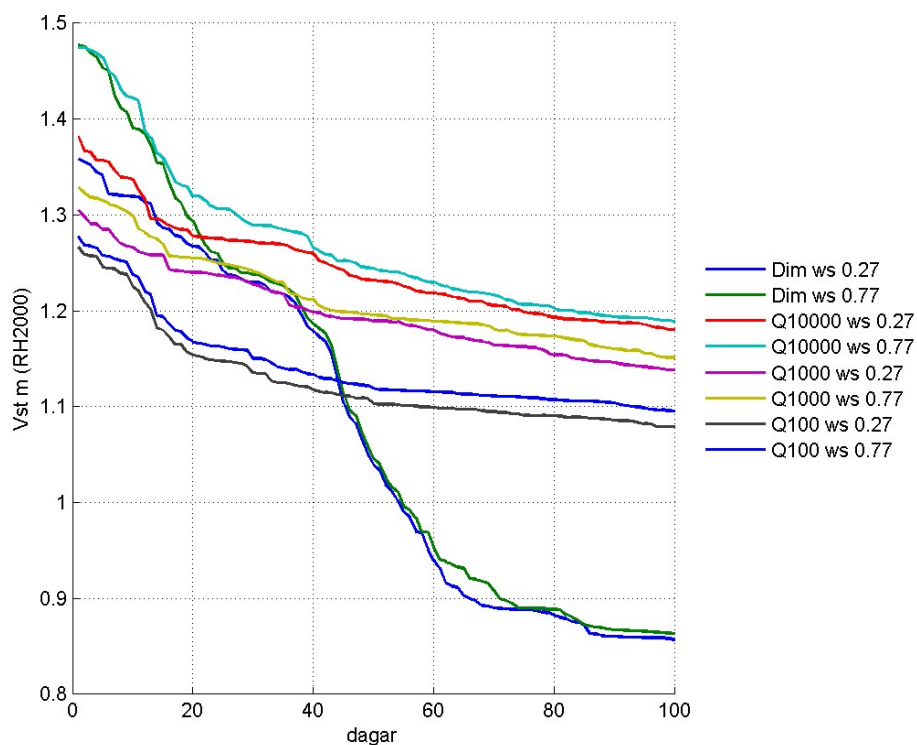


Figur 15. Varaktighetskurvor för tappning i Söderström enligt Huvudalternativ för olika extrema flöden kombinerat med två olika statiska vattenstånd i Saltsjön (ws 0,27 m och 0,77 m, RH2000).



Tabell 19. Statistik över maxtappning och varaktigheter i Söderström vid extrema statistiska flöden samt 100-årsflöde för Huvudalternativ. Resultaten har beräknats med statistiskt Saltsjövattenstånd på nivåerna 0,27 m / 3,58 m respektive 0,77 m / 4,08 m. Flöden med en angiven återkomsttid har skalats upp från tillrinningen år 2000 (Andréasson och Hellström, 2008). FLK 1 avser dimensionerande flöde enligt Flödeskommitténs riktlinjer.

|                    | Saltsjönivå<br>(m) | Maxtappning<br>(m <sup>3</sup> /s) | Varaktighet (dagar)                   |                                       |                                      |
|--------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|                    |                    |                                    | Q större än<br>1300 m <sup>3</sup> /s | Q större än<br>1000 m <sup>3</sup> /s | Q större än<br>750 m <sup>3</sup> /s |
| Q <sub>100</sub>   | 0,27/3,58          | 901                                | 0                                     | 0                                     | 11                                   |
| Q <sub>100</sub>   | 0,77/4,08          | 926                                | 0                                     | 0                                     | 12                                   |
| Q <sub>1000</sub>  | 0,27/3,58          | 1369                               | 2                                     | 11                                    | 37                                   |
| Q <sub>1000</sub>  | 0,77/4,08          | 1176                               | 0                                     | 10                                    | 40                                   |
| Q <sub>10000</sub> | 0,27/3,58          | 1409                               | 14                                    | 34                                    | 57                                   |
| Q <sub>10000</sub> | 0,77/4,08          | 1330                               | 7                                     | 29                                    | 60                                   |
| FLK1               | 0,27/3,58          | 1395                               | 14                                    | 18                                    | 22                                   |
| FLK1               | 0,77/4,08          | 1334                               | 5                                     | 20                                    | 23                                   |



Figur 16. Varaktighetskurvor för vattenstånd i Mälaren enligt Huvudalternativ för olika extrema flöden kombinerat med två olika statistiska vattenstånd i Saltsjön (ws 0,27 m och 0,77 m, RH2000).

Tabell 20. Statistik över antalet dagar under en extrem flödeshändelse då Slussarna i Hammarby, Södertälje används för avtappning för Nollalternativ och för Huvudalternativet även den nya slussen i Söderström. Resultaten har beräknats med statistiskt Saltsjövattnestånd på nivåerna 0,27 m / 3,58 m respektive 0,77 m / 4,08 m (RH2000/Mälarens höjdsystem). Flöden med en angiven återkomsttid har skalats upp från tillrinningen år 2000 (Andréasson och Hellström, 2008). FLK 1 avser dimensionerande flöde enligt Flödeskommitténs riktlinjer. Alla nivåer anges i m i RH2000/ Mälarens höjdsystem.

|                   | Nollalternativ |           | Huvudalternativ |           |
|-------------------|----------------|-----------|-----------------|-----------|
| Saltsjönivå       | 0,27/3,58      | 0,77/4,08 | 0,27/3,58       | 0,77/4,08 |
| Q <sub>100</sub>  | 65             | 76        | 0               | 0         |
| Q <sub>1000</sub> | 131            | 156       | 4               | 10        |
| FLK1              | 73             | 77        | 14              | 20        |

### 4.3 Klimatscenarier och tillrinningsberäkningar

I det följande kapitlet redovisas känslighetsanalys av Huvudalternativet för framtida förändrat klimat avseende normaldrift och extrema tillfällen. Motsvarande känslighetsanalys för Nollalternativet har inte tagits fram, då den redan under dagens förhållanden saknar tillräcklig kapacitet.

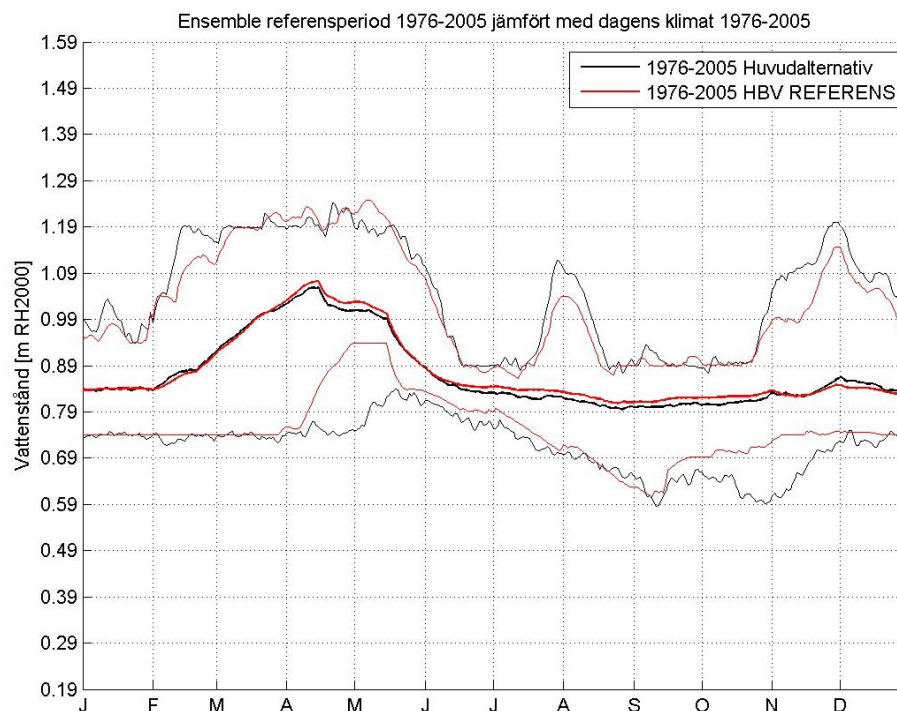
#### 4.3.1 Normaldrift

Beräkningar för normaldriftsförhållanden i ett framtida klimat har genomförts för de 12 scenarier som finns beskrivna överst i Tabell 9 och som sträcker sig fram till slutet på seklet. Beräknad tillrinning till Mälaren har tagits fram med HBV modellen som har drivits med temperatur och nederbördsserier från klimatscenerierna. Regleringen har utarbetats baserat på observerad tillrinning, vilken inte är helt jämförbar med tillrinning som beräknas med en hydrologisk modell eftersom modellresultat i regel inte överensstämmer perfekt med observationer.

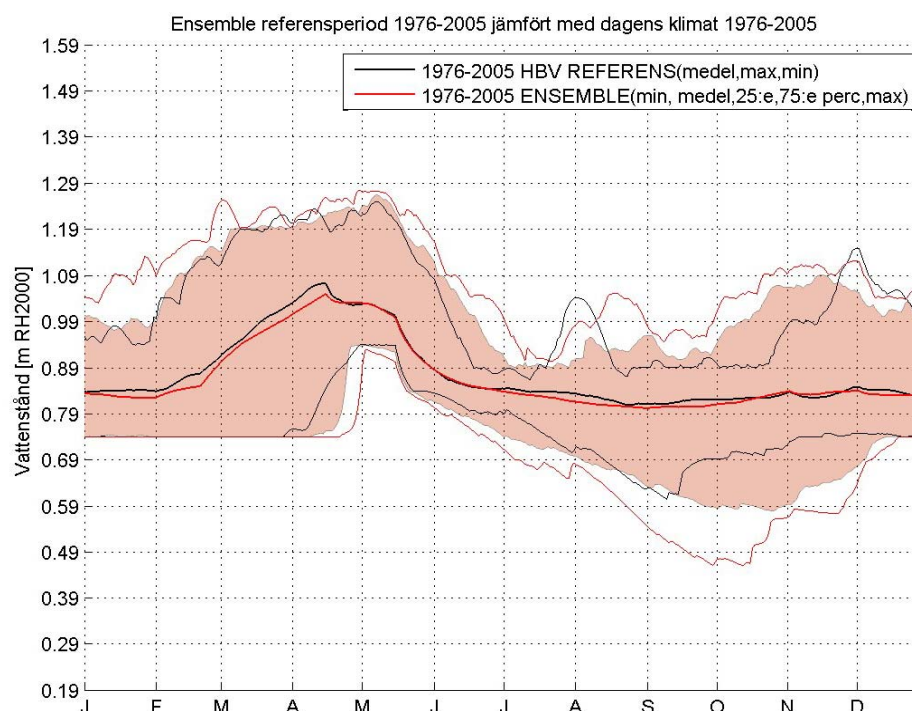
#### Dagens nivåer i Saltsjön

I Figur 17 visas därför en jämförelse mellan Mälarens beräknade vattenstånd 1976-2005 så som det beskrivs med observerad tillrinning respektive HBV beräknad tillrinning. Överensstämmelsen är överlag god och modellen förmår beskriva såväl de högsta som de lägsta vattenstånden väl.

I Figur 18 visas Mälarens beräknade min-, max- och medelvattenstånd 1976-2005 från HBV beräknad tillrinning, baserat på observerad nederbörd och temperatur. Denna beräkning jämförs med beräkningar baserade på de 12 klimatscenerierna för samma period (se Tabell 9). I diagrammet visas att de lägsta vattenstånden beskrivs väl om 25:e percentilen av samtliga klimatsceneriers lägsta värden används. Motsvarande överensstämmelse fås för de högsta vattenstånden om 75:e percentilen av samtliga klimatsceneriers högsta värden används.

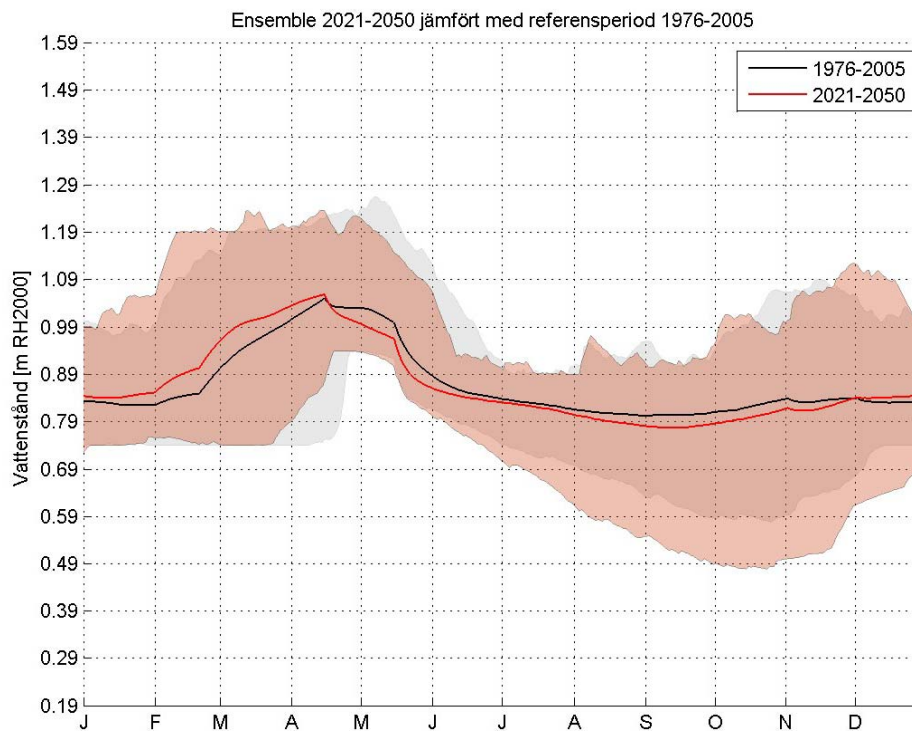


Figur 17. Beräknat vattenstånd i Mälaren 1976-2005 baserat på HBV-beräknad tillrinning (röda linjer) och beräknat vattenstånd baserat på observerad tillrinning (svarta linjer). Förutom medelvärden så visas varje dags maximala och minsta beräknade vattenstånd.

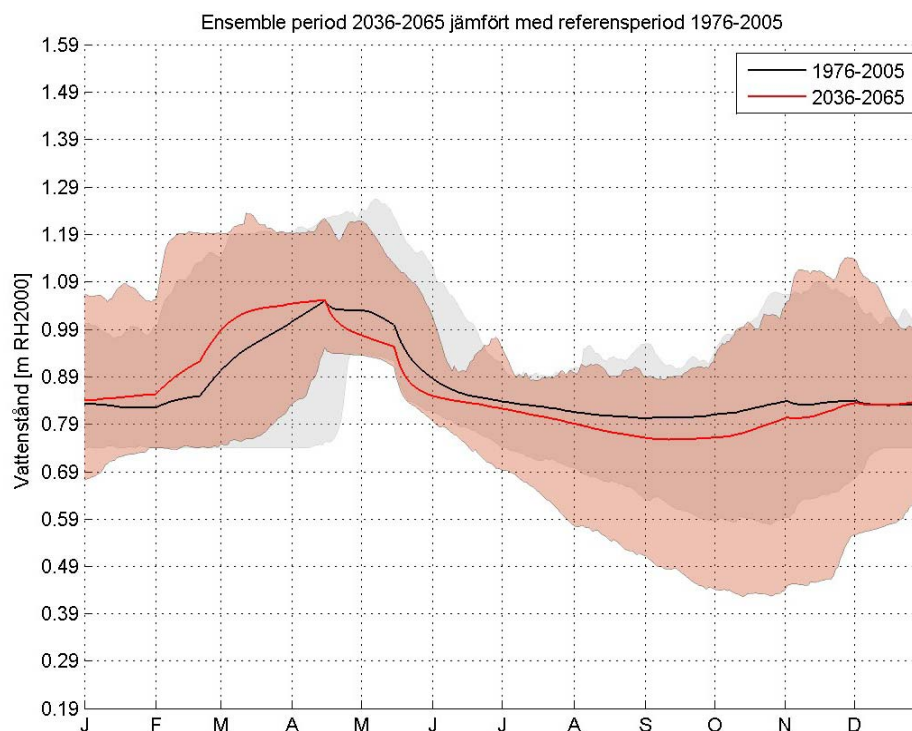


Figur 18. Beräknat vattenstånd i Mälaren 1976-2005 baserat på HBV-beräknad tillrinning (svarta linjer) och beräknat vattenstånd baserat på tillrinning från en ensemble om 12 klimatscenarier (röda linjer). Förutom medelvärden så visas varje dags maximala och minsta beräknade vattenstånd och för de 12 klimatscenarierna även 25:e percentilen av varje dags minsta vattenstånd respektive 75:e percentilen av varje dags största vattenstånd (rosa fält).

I Figur 19 jämförs beräkningar baserat på de 12 klimatscenarierna för perioden 2021-2050 med klimatsceniernas representation av perioden 1976-2005. I Figur 20 visas motsvarande jämförelse för perioden 2036-2065. För alla beräkningar har Saltsjöns nivå antagits variera kring samma medelvattenstånd som 1976-2005. Båda framtidsperioderna visar att de högsta nivåerna kan hanteras likvärdigt med simuleringen för dagens klimat. Vad det gäller de lägsta vattenstånden så visar beräkningarna att dessa successivt kan komma att bli lägre, med storleksordningen 1 till 1,5 dm framemot mitten på seklet.



Figur 19. Beräknat vattenstånd från en ensemble om 12 klimatscenarier för perioden 1976-2005 (svart linje) och för den framtida perioden 2021-2050 (röd linje). Förutom medelvärden så visas 25:e percentilen av varje dags minsta vattenstånd respektive 75:e percentilen av varje dags största vattenstånd för de 12 klimatscenarierna (grått respektive rosa fält).

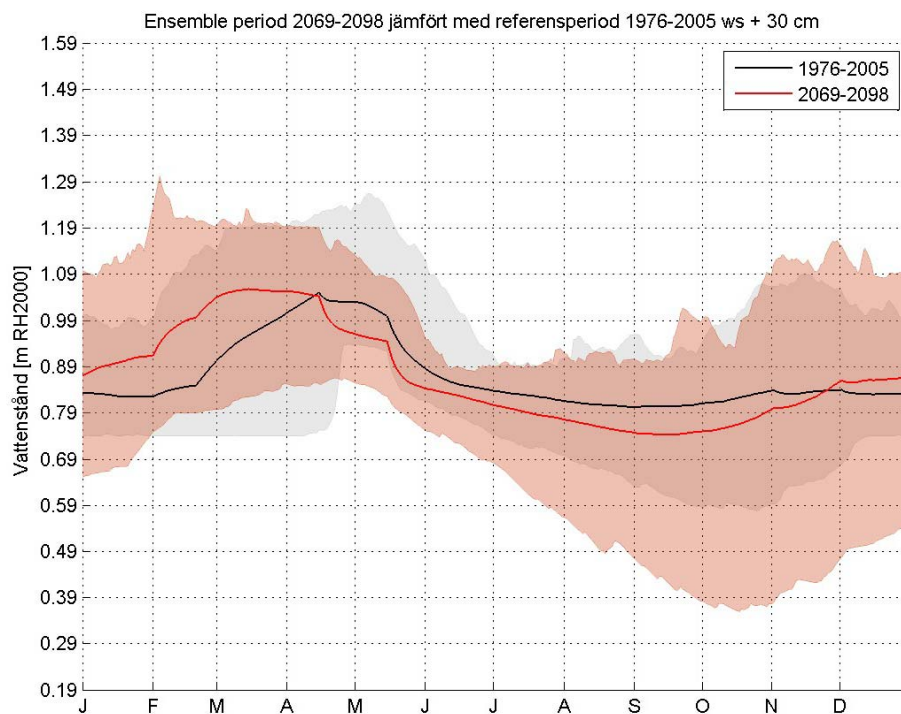


Figur 20. Beräknat vattenstånd från en ensemble om 12 klimatscenarier för perioden 1976-2005 (svart linje) och för den framtida perioden 2036-2065 (röd linje). Förutom medelvärden så visas 25:e percentilen av varje dags minsta vattenstånd respektive 75:e percentilen av varje dags största vattenstånd för de 12 klimatscenierna (grått respektive rosa fält).

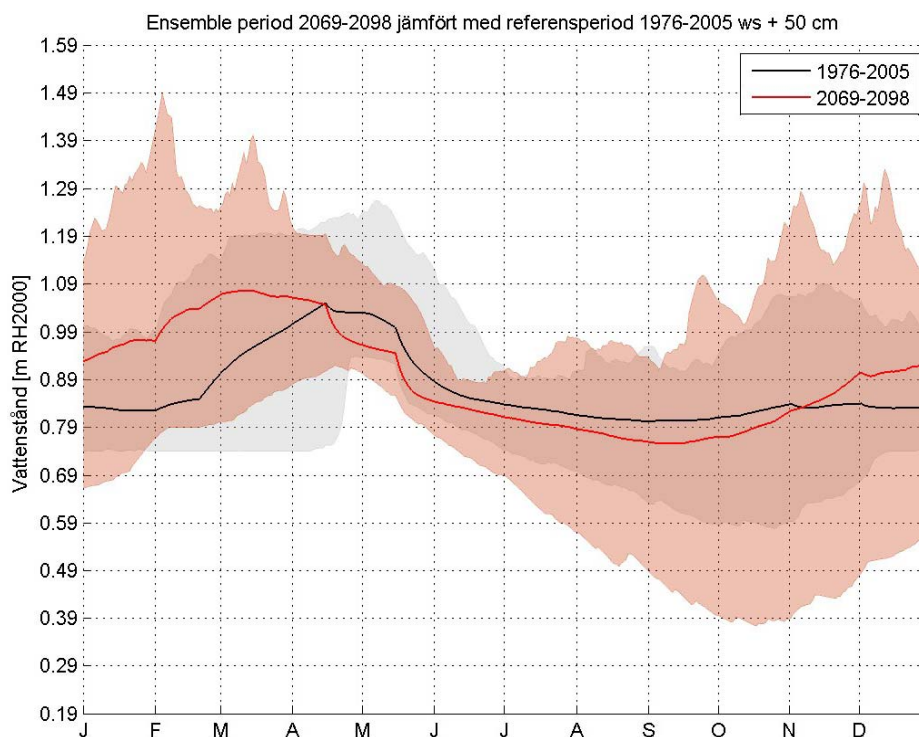
### **Förhöjda nivåer i Saltsjön**

För beräkningarna gällande slutet på det innevarande seklet (2069-2098) har två olika nettohavsnivåhöjningar använts för beräkningarna, +30 cm respektive +50 cm. Stockholms landhöjning är under motsvarande tid drygt 50 cm (0,52 cm/år). Den använda nettohöjningen motsvarar med detta inräknat en global vattenståndshöjning om ca 80 respektive 100 cm. I beräkningarna har havsnivåhöjningen betraktats som en höjning av medelvattenståndet, dvs samma höjning har använts för alla vattenståndsobservationer i beräkningen. I Figur 21 visas en jämförelse av beräkningarna för perioden 2069-2098 mot 1976-2005 med förhöjt netto-havsvattenstånd på + 30 cm. Motsvarande jämförelse med förhöjt nettohavsvattenstånd på + 50 cm visas i Figur 22. Båda beräkningarna visar att de lägsta vattenstånden fortsätter att bli lägre jämfört med dagens klimat, ca 2 dm jämfört med 1976-2005. Detta orsakas dels av minskad tillrinning under sommarhalvåret men också av ökad avdunstning till följd av det varmare klimatet. De högsta vattenstånden kan hanteras likvärdigt med perioden 1976-2005 för ett förhöjt nettohavsvattenstånd på + 30 cm (vänstra diagrammet). När havsvattenståndet stiger till + 50 cm netto klarar inte den föreslagna regleringsstrategin att hålla Mälarens vattenstånd under 1,39 m/4,70 m. Klimatensemblens medianvärde för Mälarens maxnivå blir då 1,42 m/ 4,73 m och 75% percentilen ger maxnivån 1,48 m/4,79 m.





Figur 21. Beräknat vattenstånd från en ensemble om 12 klimatscenarier för perioden 1976-2005 (svart linje) och för den framtida perioden 2069-2098 (röd linje). För den senare perioden har Saltsjöns nivå höjts med 30 cm. Förutom medelvärden så visas 25:e percentilen av varje dags minsta vattenstånd respektive 75:e percentilen av varje dags största vattenstånd för de 12 klimatscenarierna (grått respektive rosa fält).



Figur 22. Beräknat vattenstånd från en ensemble om 12 klimatscenarier för perioden 1976-2005 (svart linje) och för den framtida perioden 2069-2098 (röd linje). För den senare perioden har Saltsjöns nivå höjts med 50 cm. Förutom medelvärden så visas 25:e percentilen av varje dags minsta vattenstånd respektive 75:e percentilen av varje dags största vattenstånd för de 12 klimatscenarierna (grått respektive rosa fält).

I Tabell 21 redovisas statistik över tillfällena då Saltsjöns nivå står över Mälarens för dagens klimat enligt Huvudalternativet och för olika antaganden om framtida förhållanden (klimatscenarioberäkningar och förhöjd nivå i Saltsjön). Beräkningarna visar att frekvensen av sådana händelser kommer vara ungefär som idag, men varaktigheterna kan bli något längre i framtiden.

*Tabell 21. Statistik för Huvudalternativet över tillfällena med Saltsjöns vattenstånd högre än Mälarens baserat på beräkningar med observerad tillrinning, samt modellerad för dagens klimat och för framtida klimat enligt de 12 klimatscenarioerna som sträcker sig till slutet på seklet. För perioden 2069-2098 har statistik beräknats för förhöjd nettonivå i Saltsjön (ws) med +30 cm och + 50 cm. För beräkningar med de 12 klimatscenarioerna redovisas median och inom parentes spridning mellan 25:e och 75:e percentil.*

| Drivdata för beräkning              | dagar per år  | längsta perioden |
|-------------------------------------|---------------|------------------|
| Observerad tillrinning 1976-2005    | 0,5           | 2                |
| Modellerad tillrinning 1976-2005    | 0,3           | 1                |
| Klimatensemble 1976-2005            | 0,9 (0,8-1,1) | 4 (4-6)          |
| Klimatensemble 2021-2050            | 0,9 (0,7-1,0) | 3,5 (2-8)        |
| Klimatensemble 2036-2065            | 1,1 (0,9-1,6) | 7 (4-9)          |
| Klimatensemble 2069-2098 + ws 30 cm | 0,6 (0,3-0,9) | 6 (1-10)         |
| Klimatensemble 2069-2098 + ws 50 cm | 0,5 (0,1-0,6) | 5,5 (0-10)       |

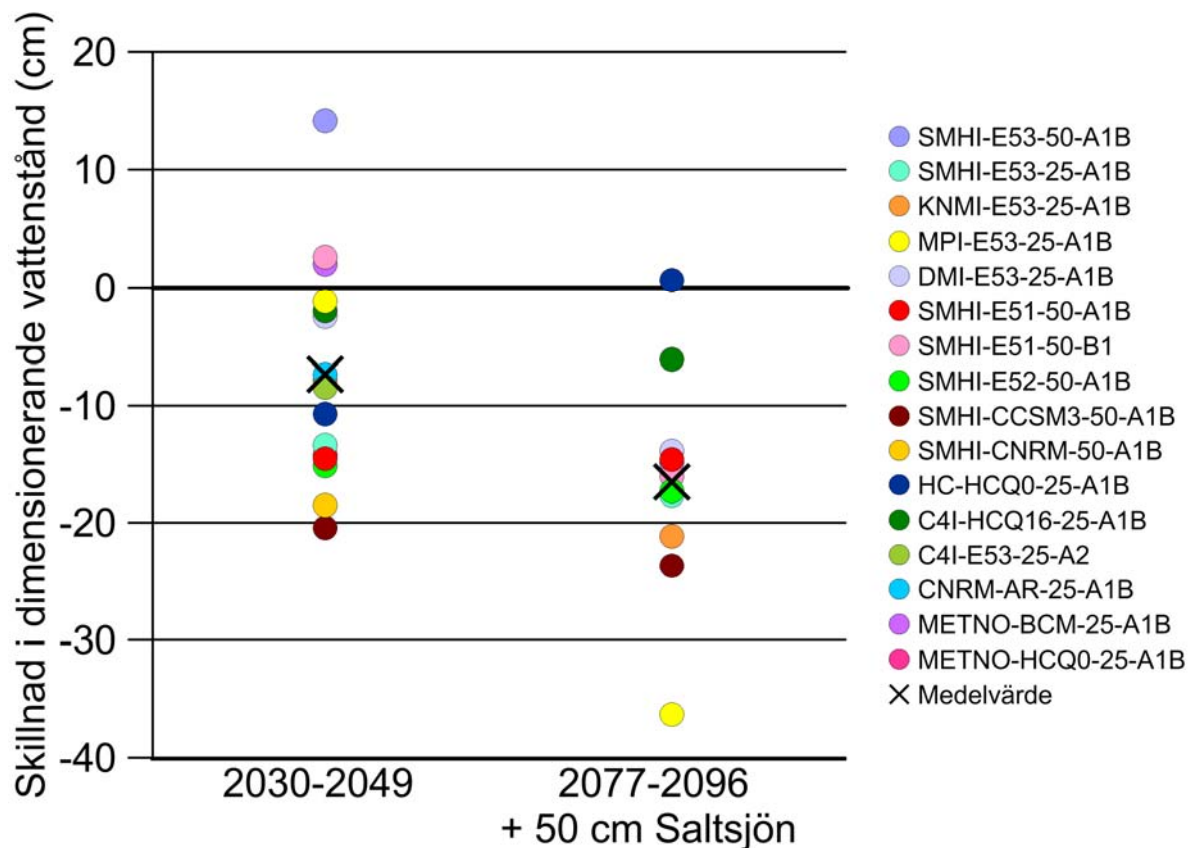
#### 4.3.2 Extrema tillfällen

Beräkning av dimensionerande nivåer för Mälaren utgår från gällande riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöde för flödesdimensioneringskategori I (Svensk Energi m.fl., 2007). Den använda metodiken för beräkning av dimensionerande flöden och vattenstånd för framtida klimat har tagits fram inom ett Elforsk finansierat projekt (Andréasson m.fl., 2011). Resultaten har tidigare rapporterats till Stockholms Länsstyrelse (Stensen, m.fl., 2010).

Beräkningar har gjorts enligt 16 klimatscenarier för perioden 2030-2049 och enligt 12 klimatscenarier för perioden 2077-2096 (se Tabell 9). Dessa beräkningar har jämförts med respektive scenarios beräkning för den historiska perioden 1971-1990. Varje beräkning innehåller ett antagande om rådande vattenstånd i Saltsjön under flödeshändelsen. För perioden 1971-1990 och 2030-2049 har beräkningar gjorts för två nivåer i Saltsjön, 0,27 m/3,58 m (normal nivå) samt 0,77 m/4,08 m (hög nivå). För beräkningarna för perioden i slutet på seklet (2077-2096) har motsvarande beräkningar gjorts med ett förhöjt vattenstånd om + 50 cm.

#### Normal nivå i Saltsjön

I Figur 23 redovisas skillnaden i dimensionerande vattenstånd för perioden 2030-2049 jämfört med 1971-1990 under normala nivåer i Saltsjön (0,27 m, RH2000). För perioden 2077-2096 har Saltsjöns nivå antagits vara 50 cm högre (0,77 m, RH2000). Spridningen i beräkningarna är stor, men medelvärdet pekar för båda de framtida perioderna mot lägre dimensionerande nivåer under normala havsvattenstånd jämfört med dagens dimensionerande nivå (jämför FLK 1 i Tabell 18).

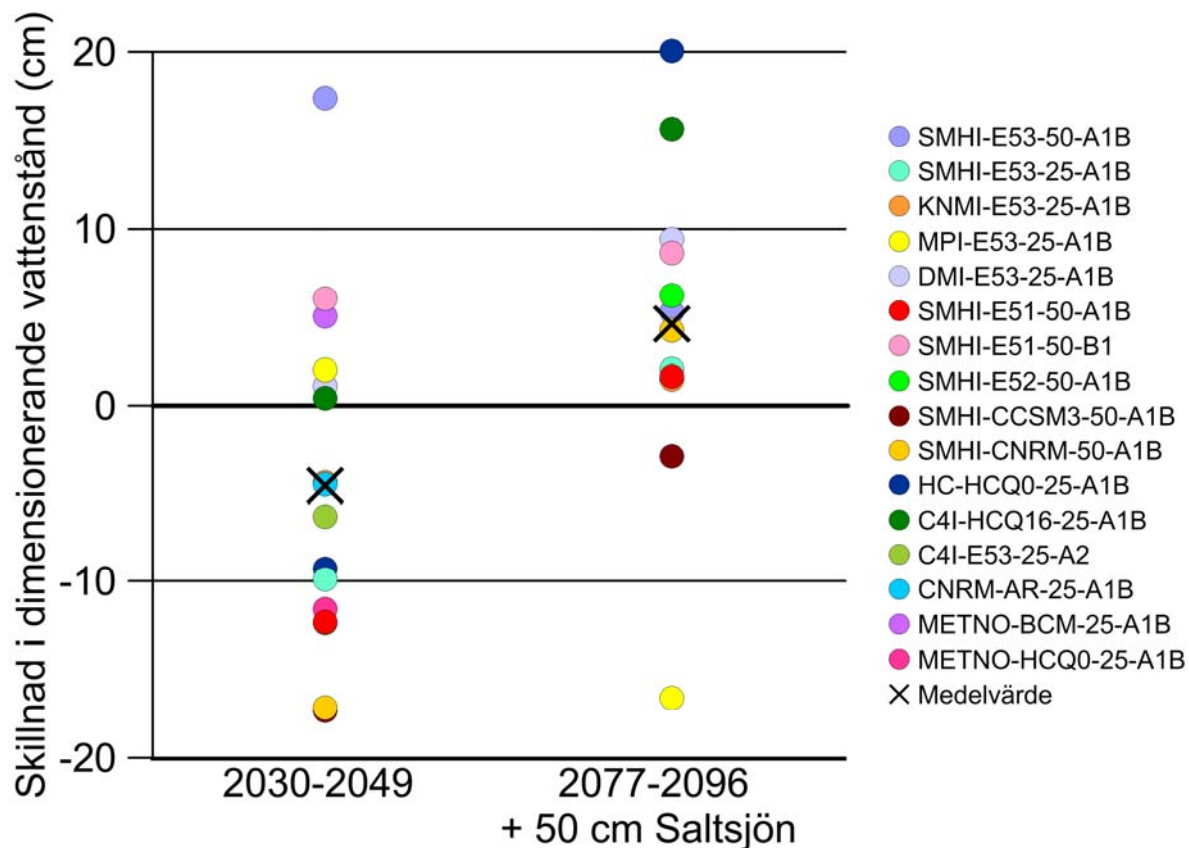


Figur 23. Beräknad framtida förändring av dimensionerande vattenstånd i Mälaren enligt 16 klimatscenarier för 2030-2049 och enligt 12 klimatscenarier för 2077-2096. Beräkningarna jämförs mot dimensioneringsberäkningar för perioden 1971-1990. Saltsjöns nivå har varit 0,27 m (RH2000) för perioderna 1971-1990 och 2030-2049 och 0,77 m (RH2000) för perioden 2077-2096.

### Hög nivå i Saltsjön

I Figur 24 redovisas skillnaden i dimensionerande vattenstånd för perioden 2030-2049 jämfört med 1971-1990 under höga nivåer i Saltsjön (0,77 m, RH2000). För perioden 2077-2096 har Saltsjöns nivå antagits vara 50 cm högre (1,27 m, RH2000). För perioden 2030-2049 pekar medelvärdet av beräkningarna mot lägre dimensionerande nivåer, men spridningen är stor. För perioden i slutet på seklet (2077-2096) pekar medelvärdet av beräkningarna mot en ökning av de dimensionerande nivåerna när Saltsjön står högt. Den genomsnittliga ökningen är liten (+5 cm), men spridningen mellan beräkningarna är stor. Den största ökningen är + 20 cm.





Figur 24. Beräknad framtida förändring av dimensionerande vattenstånd i Mälaren enligt 16 klimatscenarier för 2030-2049 och enligt 12 klimatscenarier för 2077-2096. Beräkningarna jämförs mot dimensioneringsberäkningar för perioden 1971-1990. Saltsjöns nivå har varit 0,77 m (RH2000) för perioderna 1971-1990 och 2030-2049 och 1,27 m (RH2000) för perioden 2077-2096.

## 5 Hydrologiska prognoser

Det finns två typer av hydrologiska prognoser, dels korta upp till 10 dygn som grundas på en meteorologisk nederbörds- och temperaturprognos och dels långa upp till 6 månader som baseras på en statistisk analys.

Korta hydrologiska prognoser kan med några dagars framförhållning ge information om kommande tillrinningar och flöden. Förenklat kan de beskrivas som hydrologiska modellberäkningar som utgår från meteorologiska prognoser. Prognoslängden avgörs av den meteorologiska prognosens tillförlitlighet, som längst kan man idag räkna med bra prognoser upp till 5 dygn, men det går att få en uppskattning av kommande tillrinning upp till 10 dygn. Förutom den meteorologiska prognosen över förväntad nederbörd och temperatur så inbegriper de även det aktuella hydrologiska tillståndet i avrinningsområdet, vilket beror på tidigare väderhändelser (exempelvis markfuktighet, snömagasin och nivåer i sjöar och magasin). SMHI:s hydrologiska Prognos och varningstjänst använder denna typ av prognoser för att varna allmänheten och för att informera räddningstjänsten så att det finns beredskap för ökade flöden och de problem detta kan medföra. Vattenkraftsproducenter använder dem för att planera produktion och drift av vattenkraftsanläggningar och vattenkraftssystem (flera anläggningar längs samma vattendrag) samt för att göra bedömningar av förväntad prisutveckling på elmarknaden. För den långsiktiga planeringen av vattenkraftsproduktionen och bedömning av förväntad tillrinning till stora vattenkraftsmagasin använder vattenkraftsproducenterna långa hydrologiska prognoser. Dessa prognosberäkningar utgår från rådande tillstånd i området, såsom markfuktighet och snömagasin, och gör en statistisk analys av möjlig tillrinnings- eller vattenståndsutveckling under prognosperioden. Denna typ av prognoser används även för bedömning av förväntad vattenståndsutveckling i Vänern.

För Mälaren används hydrologiska prognoser som verktyg för att göra bedömning av om det är aktuellt att förhandstappa Mälaren inför en förväntad stor vårflod. Förhandstappning kan tillåtas av kontrollanten av Mälarens vattendom (SMHI) om Mälaren riskerar att stiga högre än vad som är önskvärt (se nuvarande vattendom för ytterligare detaljer). Senast detta beviljades var inför snösmältningen våren 2010.

Det i denna rapport redovisade regleringsförslaget inkluderar inte hydrologiska prognoser som en del av regleringen. Den planerade tappningskapaciteten är tillräckligt stor för att Mälaren ska kunna regleras på ett säkert sätt utan att förhandsinformation om kommande tillrinningar behöver vägas in.

Ett av de övergripande målen med det presenterade regleringsförslaget är att det ska skapa vattenståndsvariationer som gynnar den strandnära naturmiljön. Med detta avses att både låga och höga vattenstånd ska tillåtas förekomma. Med den föreslagna tappningskapaciteten kan Mälaren hållas på en säker nivå samtidigt som det är önskvärt att höga tillrinningar också tillåts ge ett förhållandevis högt vattenstånd i Mälaren.

Hydrologiska prognoser för Mälaren kan motiveras av följande anledningar:

#### **Innan utbyggd kapacitet**

- Ökade möjligheter för säkrare drift av vattenregleringen fram till att den nya tappningskapaciteten är klar och har vunnit laga kraft.
- Säkrare drift av vattenregleringen under byggtiden.

#### **Efter utbyggd kapacitet**

- Optimera de högsta flödena genom Söderström vid högvattensituationer. Med detta avses att samma vattenstånd som ges av den föreslagna regleringen uppnås genom att tappa ett något lägre flöde under längre tid.
- Säkrare drift då tappningskanaler behöver tas ur drift vid exempelvis underhållsarbeten.
- Med dagens havsnivå är kortvariga höga saltsjövattenstånd inget stort problem, men i ett längre framtidsperspektiv kan havets nivå bli högre än vad den är idag. En prognoskomponent skulle då kunna vara ett hjälpmedel för att hålla nere översvämningsriskerna när marginalerna mellan Mälarens vattenstånd och Saltsjöns minskar. Detta förutsätter att prognoserna även inkluderar prognoser över Saltsjöns nivåvariation.

Hydrologiska prognoser är dock inte ett alternativ till utökad tappningskapacitet då de inte kan garantera den framförhållning som är nödvändig för att minimera översvämningsriskerna.

## 6 Diskussion

Arbetet med att ta fram ett förslag på Mälarens framtida reglering har varit en iterativ process. Olika intressen har haft olika önskemål och krav på både vattenståndsvariationer och flödesfördelning mellan olika tappningskanaler. Det i denna rapport presenterade förslaget är en kompromiss mellan olika intressenters önskemål och krav. Ett exempel på ett sådant krav och en kompromiss mellan naturmiljö- och jordbruksintressen är det återskapade förhöjda vårvattenståndet.

Samtliga uppställda mål för regleringen har uppfyllts under normaldrift. Önskemålet om fler dagar med strömmande vatten vid Riksbron uppfylls genom att tappningen vid torrare perioder begränsas till ca 20 m<sup>3</sup>/s.

Den flödesreglering som har införts i den föreslagna regleringen innebär en stor fördel vad det gäller att få en mjuk reglering med jämnare flödesändringar i Söderström och Norrström. En annan fördel med flödesreglering är att tappningsstrategin blir mindre känslig mot fluktuationer och förändringar av havsvattenståndet.

Den stora kapaciteten och det faktum att regleringen styrs av Mälarens medelvattenstånd ställer större krav på en korrekt mätning än vad som idag erhålls när mätningar av Mälarens medelvattenstånd baseras på enbart tre mätpunkter (varav två i östra Mälaren). Det är därför viktigt att denna fråga ses över i samband med planering av hur regleringen ska skötas. För att flödesstyra regleringen krävs också ett lokalt mätsystem för hur stort flöde som tappas via Söderström och Norrström.

I den framtagna regleringsstrategin ingår inte hydrologiska prognoser som en del av regleringen. Den planerade tappningskapaciteten är tillräckligt stor för att Mälaren ska kunna regleras på ett säkert sätt utan att förhandsinformation om kommande tillrinningar behöver vägas in. Hydrologiska prognoser skulle dock kunna vara ett värdefullt hjälpmedel för en säkrare drift av vattenregleringen under byggtiden, då kapaciteten inte är tillräcklig. I ett längre framtidsperspektiv kan havets nivå bli högre än vad den är idag. En prognoskomponent skulle då kunna vara ett hjälpmedel för att hålla nere översvämningsriskerna när marginalerna mellan Mälarens vattenstånd och Saltsjöns minskar. Detta förutsätter att prognoserna även inkluderar prognoser över Saltsjöns nivåvariation.

De klimatanalyser som har genomförts inom projektet kan betraktas som en känslighetsanalys av hur framtida klimat kan komma att påverka regleringen och den planerade kapacitetens livslängd. Känslighetsanalysen har inte gjorts avseende den nuvarande utformningen (Nollalternativet). Det har konstaterats att den befintliga kapaciteten är otillräcklig redan under dagens klimat och Nollalternativet har inga marginaler för höjt havsvattenstånd och ytterligare begränsning av tappningskapaciteten. Osäkerheterna i denna typ av framtidsberäkningar är stora. Särskilt känsligt för en så stor sjö som Mälaren är beskrivningen av framtida avdunstning. Det empiriska samband som används för att beskriva avdunstningen i modellen överskattar troligen den framtida avdunstningen i ett varmare klimat.

Känslighetsanalysen visar att den föreslagna regleringen kommer att fungera på avsett sätt, men regleringens livslängd är kortare än den planerade kapacitetens livslängd, framförallt avseende låga vattenstånd. Orsaken till detta är främst förändringar i tillrinningsmönstret och ökad avdunstning. För att undvika att lågvattenstånden blir för låga kommer delar av regleringen i framtiden att behöva ses över. Det är inte lämpligt att genomföra en sådan justering redan idag, utan den bör göras när behovet uppstår i framtiden. Detta förhållningssätt motiveras också av att osäkerheterna i bedömningen av framtida lågvattenstånd är särskilt stora. Justeringar av regleringen har även historiskt sett gjorts ca vart 20:e år.

Den planerade kapacitetens livslängd styrs helt av vilken bedömning om framtida havsvattenstånd som görs. Med den kapacitet som kommer att finnas efter utbyggnad och med dagens havsvattenstånd finns marginaler som tillåter att Mälarens vattenstånd varierar mot både höga och låga vattenstånd. Om denna marginal minskar är det inte säkert att regleringsstrategin då längre kan tillåta ett så varierat vattenstånd i Mälaren, utan att översvämningsriskerna samtidigt ökar. I tidsperspektivet bortom 2100 är det inte omöjligt att man måste utreda andra tekniska lösningar. Detta har belysts av berörda

Inga i rapporten redovisade värden inkluderar vinduppstuvning av Mälarens vattenyta.

Vinduppstuvning beror på sjöns geometri, vattendjup m.m. och dess storlek varierar mellan olika platser. För Mälaren har den största vinduppstuvningseffekten beräknats för Stockholm till ca 3 dm vid västlig vind (Gyllenram, m.fl., 2011). Vinduppstuvning är att betrakta som en momentan effekt som ska läggas ovanpå beräknade medelvattenstånd. Det går alltså inte att med större utskov gardera sig för denna effekt, utan frågan måste istället ses ur ett riskperspektiv. Det är inte en enkel sak att bedöma vilka händelser som är realistiska att kombinera. Sannolikheten för att en västlig storm ska inträffa samtidigt som ett dimensionerande flöde inträffar vid samtidigt högt vattenstånd i havet är dock mycket lägre än sannolikheten för var och en av dessa händelser individuellt.

## 7 Slutsatser

Arbetet med Huvudalternativet leder fram till följande slutsatser där nivåerna är angivna i såväl RH2000 som i Mälarens höjdsystem. Dessa mått skiljs genom ett snedstreck (RH2000/Mälarens höjdsystem):

- En utökad tappningskapacitet i Söderström i kombination med tappning enligt Huvudalternativet minskar kraftigt översvämningsriskerna i Stockholm och längs Mälarens stränder.
- Under normaldrift (1976-2005) samt för 100-årstillrinningen klarar regleringen enligt Huvudalternativet att hålla Mälarens nivåer under 1,29 m/4,60 m. Detta innebär att slussarna i Söderström, Hammarby och Södertälje inte används för avbördning under normaldrift.
- För tillflöden med en återkomsttid upp till 1 000 år klarar reglering enligt Huvudalternativet att hålla Mälarens nivåer under 1,39 m/4,70 m. Detta gäller även vid relativt höga saltsjövattenstånd (0,77 m/4,08 m).
- För de allra mest extrema flödena i Flödesdimensioneringskategori I enligt de svenska riktlinjerna för dammar (Svensk Energi m.fl., 2007) uppnås det övergripande målet att hålla Mälarens nivåer under 1,39 m/4,70 m vid normala saltsjövattenstånd. Vid högre saltsjövattenstånd (0,77 m/4,08 m) överskrids målet med 9 cm.
- Under normaldrift under perioden 1976-2005, med reglering enligt Huvudalternativet, minskar risken för låga vattennivåer i Mälaren. Det betyder att Mälarens nivå understiger 0,69 m/4,00 m mer sällan och under kortare perioder än i Nollalternativet.
- Huvudalternativet förutsätter att samtliga tappningspunkter med förbindelse mellan Mälaren och Saltsjön görs stängningsbara. Genom att stänga samtliga tappningspunkter mellan Mälaren och Saltsjön då Mälarens nivå understiger 0,69 m/4,00 m förhindras saltvatteninträngning och risken för låga vattennivåer minskar. På sikt bör även kulverten i Vettersgatan, vilken inte regleras men ingår indirekt i beräkningen av Mälarens vattenstånd, kunna stängas för att undvika saltvatteninträngning.
- Huvudalternativet ger ökad variation under året av Mälarens vattennivåer jämfört med Nollalternativet. Mellanårsvariationen minskar dock, eftersom de högsta nivåerna har sänkts och de lägsta har höjts.
- Möjligheten att styra flödet i Söderström och Norrström ger ökad kontroll av vilka flöden som tappas genom kanalerna. På så sätt begränsas antalet dagar med höga flöden under normaldrift.

Beräkningarna av regleringens känslighet för klimatförändringar leder till följande huvudsakliga slutsatser:

- Känslighetsanalysen av klimatförändringarnas effekt visar att regleringen kommer att fungera väl för de beräknade förändringarna i tillrinningsmönster fram till mitten av seklet, om havets nivå i Stockholm är oförändrad eller fortsätter att sjunka på grund av landhöjningen. Detta gäller både Mälarens höga vattenstånd och medelnivåer. Klimatförändringar kan dock komma att leda till ökad risk för låga vattennivåer i Mälaren under sommar och höst.
- På grund av risken för successivt allt lägre nivåer under sommar och höst har den föreslagna regleringen enligt Huvudalternativet en kortare livslängd än den planerade tappningskapaciteten. Regleringen kan därför behöva ses över vid mitten på seklet för att klara att hålla uppe de lägsta vattenstånden i Mälaren
- I slutet av innevarande sekel klarar en reglering enligt Huvudalternativet att hantera de beräknade tillrinningarna under för perioden 2069-2098 i kombination med ett förhöjt nettohavsvattenstånd på + 30 cm (ca 0,8 m globalt). Om havsvattenståndet i Stockholm stiger till + 50 cm netto (ca 1 m globalt) klarar inte den föreslagna regleringsstrategin att hålla Mälarens vattenstånd under målnivån 1,39 m/4,70 m. Utvärderingen av klimatensemblen för Mälarens maxnivå pekar då på att målnivån 1,39 m/4,70 m överstigs med 3 cm (medianvärde) till 9 cm (75% percentil).
- Om havsnivån stiger mer än ca 30 cm netto (landhöjning borträknat) kan regleringen behöva ses över för att undvika att de högsta vattenstånden överstiger målnivån 1,39/4,70 m. Reglering enligt Huvudalternativet har framtagits för nuvarande klimatvariationer. En justerad reglering för framtida förhöjda havsvattenstånd behöver då fokusera mer på att hålla nere de högsta nivåerna och kommer inte längre kunna tillåta ett lika varierat vattenstånd i Mälaren.
- Om de allra mest extrema flödena i Flödesdimensioneringskategori I, enligt de svenska riktlinjerna för dammar, mot slutet av seklet kombineras med ett förhöjt nettohavsvattenstånd på + 50 cm (ca 1 m globalt) överskrids målnivån 1,39 m/4,70 m med i medeltal 14 cm om den dimensionerande tillrinningen sammanfaller med ett högt saltsjövattenstånd.
- I ovanstående beräkningar har inte hänsyn tagits till tillfälliga vindeffekter på Mälarens vattennivåer. För Stockholms del kan detta i extrema fall röra sig om ca 30 cm. Sannolikheten för att en sådan händelse skall inträffa samtidigt som Mälaren ligger på sina allra mest extrema nivåer är dock mycket lägre än sannolikheten för var och en av dessa händelser individuellt.

Sammanfattningsvis innebär den befintliga situationen, med begränsad förmåga att avtappa vatten från Mälaren, oacceptabla översvämningsrisker för såväl Stockholm som Mälardalen. Sannolikheten för att Mälaren under den kommande 10-årsperioden drabbas av en händelse liknande den år 2000, eller värre, är i storleksordningen 10%. Situationen riskerar att förvärras i ett framtida förändrat klimat, framförallt på grund av stigande havsnivåer. Den utökade kapaciteten ger goda möjligheter att hantera såväl dagens som framtidens extrema tillrinningar. Det innebär att riskerna för översvämnningar i stort sett elimineras i tidsperspektivet 2050-2100.

## 8 Referenser

- AMAP, 2011. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) 2011. Arctic. Monitoring and Assessment Programme (AMAP) Executive Summary, Oslo.
- Andréasson, J. och Gardelin, M., 2008. Dimensioneringsberäkning för Mälaren – delrapport inom projekt Slussen. SMHI Rapport Nr 2008-19.
- Andréasson, J. och Gustavsson, H., 2010. Förslag på Mälarens framtida reglering- slutrapport fas3. SMHI-rapport 2010-16.
- Andréasson, J. och Gustavsson, H., 2011. Mälarens reglering Fas 3c. SMHI-PM 2011-06-28.
- Andréasson, J. och Hellström, S.-S., 2008. Tappningsanalys för Mälaren utgående från flödet år 2000 omskalat till olika återkomsttider. SMHI-PM 2008-10-22.
- Andréasson, J., 2009. Huvudalternativ – justerat förslag baserad på ökad avtappningskapacitet i Södertälje och Stockholm SMHI-PM 2009-05-22.
- Andréasson, J., Bergström, S., Gardelin, M., German, J., Gustavsson, H., Hallberg, K. och Rosberg, J., 2011. Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring – Metodutveckling och scenarier. Elforsk rapport 11:25.
- Bergström, S., 1995. The HBV model. In: Singh VP (ed) Computer Models of Watershed Hydrology. Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado, 443-476.
- Bergström, S., Andréasson, J. och Hellström, S.-S., 2006. Nivåer och flöden i Vänerns och Mälarens vattensystem –Hydrologiskt underlag till Klimat och sårbarhetsutredningen, SMHI Reports Hydrology, RH20, Norrköping.
- Ehlert, K., 1970. Mälarens hydrologi och inverkan på denna av alternativa vattenavledningar från Mälaren. SMHI Serie hydrologi: Nr 8.
- Gyllenram, W., Hallberg, K. och Åström, S., 2011. Modellering av vinduppstuvning i Mälaren. SMHI-rapport 2011-50.
- Hedin, Samuelsson, 61 Mälaren avbördningsformler för utskoven i Mälaren, 1985-02-14, 1989-09-04 och 61 Mälaren. Beräkning av tappning 1990-03-06. SMHI-PM.
- IPCC 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Nougier, M., van der Linden, P.J. Dai, X., Maskel, K. and Johnsen, C.A.(eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.
- IPCC 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- IPCC, 2010: Workshop Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Workshop on Sea Level Rise and Ice Sheet Instabilities [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. Allen, and P.M. Midgley (eds.)]. IPCC Working Group I Technical Support Unit, University of Bern, Bern, Switzerland, pp. 227.
- Lindberg, A och Åström, S., 2010. Havsvattenståndsberäkningar Slussen. SMHI-rapport 2010-01.
- Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. and Bergström, S., 1997. Development and test of the distributed HBV-96 model. Journal of Hydrology, 201, 272-288.

- Länsstyrelsen i Stockholms län, 2011. Mälaren om 100 år – förstudie om dricksvattentäkten Mälaren i framtiden. Rapportnummer 2011:26, ISBN 978-91-7281-448-6.
- Nakićenović, N. & Swart, R. (ed.), 2000. Special report on emission scenarios. A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 612 pp.
- Nerheim, S. och Wern, L., 2008. Havsvattenstånd i Saltsjön – nu och i framtiden. SMHI Rapport Nr 2008-18.
- Nerheim, S., 2011. Havsnivåer i Stockholm 2011-2110: En sammanställning. SMHI-rapport 2011-62.
- New York City Panel on Climate Change (2009) Climate Risk Information. Release version, February 17.
- Norman, Å. och Tilly, L., 2009. Reglering fas 3 2009-10-19. Tyréns-PM.
- Pfeffer, W.T., J.T. Harper and S. O'Neel, 2008. Kinematic constraints on glacier contributions to 21st-century sea-level rise. *Science*, 321:1340-1343.
- Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T. & Flannery, B.P., 1999. Numerical recipes in Fortran 77: The art of scientific computing, 933 pp.
- Räddningsverket, 2001. Översiktlig översvänningskartering för Mälaren. Rapport 22, 2001-10-23.
- Sanner, H. och Hellström, S-S., 2007. Förslag på ny reglering av Mälaren fas 1. SMHI Rapport Nr 2007-51.
- Sanner, H., Hellström, S-S, Andréasson, J. och Persson, G., 2009. Förslag till ny dynamisk reglering av Mälaren. SMHI-rapport 2008-20.
- SoU 2006. Översvänningshot. Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Vänern. Delbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen, SoU 2006:94. Stockholm.
- SoU 2007. Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av Klimat och sårbarhetsutredningen. SoU 2007:60, Stockholm.
- Stensen, B., Andréasson, J., Bergström, S., Dahné, J., Eklund, D., German, J., Gustavsson, H., Hallberg, K., Martinsson, S., Nerheim S. och Wern, L., 2010. Regional klimatsammanställning - Stockholms län. SMHI-rapport 2010-78.
- Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin., 2007. Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar – Nyutgåva 2007.
- van der Linden P., och J.F.B. Mitchell (eds.), 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160pp.
- Vermeer, M and S. Rahmstorf. 2009. Global Sea Level Linked to Global Temperature. Proceedings of the National Academy of Sciences.  
<http://www.pnas.org/content/early/2009/12/04/0907765106.full.pdf+html>
- Yang W., Andréasson J., Graham L.P., Olsson J., Rosberg J. and Wetterhall F., 2010. Distribution based scaling to improve usability of RCM projections for hydrological climate change impacts studies. *Hydrology Research*, 41.3-4, 211-229.





## Bilaga 1 - Tappningsstrategi för Huvudalternativ

I tabell 9 presenteras avbördningskurvan för A1 och A2 som i tabell 1-8 beskrivs som kurva. Alla flöden anges i m<sup>3</sup>/s och nivåer i meter (RH2000/Mälarens höjdsystem).

Fiskvandringssvågen i Nils Ericsons kanal är öppen med ett flöde på 1 m<sup>3</sup>/s när Mälarens nivå står över 0,69 m/4,0 m (RH2000/Mälarens höjdsystem). Detsamma gäller kulverten i Maren. Samtliga tappningspunkter är stängda då Mälarens vattennivå ligger lägre än 0,69 m/4,0 m (RH2000/Mälarens höjdsystem).

I tabellerna anges följande:

|          |                                                                             |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| +        | anger att luckan är fullt öppen                                             |
| -        | anger att luckan är stängd                                                  |
| fisk     | endast fisklucka öppen i Riksbron (0,3 m <sup>3</sup> /s)                   |
| 0,4S     | Strömmande vatten (skönhetstappning) i Stallkanalen (0,4 m <sup>3</sup> /s) |
| 20R, 37R | 20 m <sup>3</sup> /s respektive 37 m <sup>3</sup> /s genom Riksbron         |
| siffror  | flöde i m <sup>3</sup> /s                                                   |

Tabell 1. 1 december - 31 januari

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | 120        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | 180        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | 180        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | 210        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | 240        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | 240        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | 240        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | 300        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | 330        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 2. 1 februari-19 februari

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | 120        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | 180        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | 180        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | 210        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | 240        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | 240        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | 240        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | 300        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | 330        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 3. 20 februari - 14 april

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | 120        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | 240        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | 300        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | 330        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 4. 15 april-14 maj

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | 120        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | 240        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | 240        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | 300        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | 330        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 5. 15 maj – 30 juni

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | 0,4S +fisk | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | 0,4S + 20R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | 120        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | 120        | 60                  | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | 210        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | 240        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | 240        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | 240        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | 300        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | 330        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 6. 1 juli – 30 september

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | 0,4S + 20R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | 120        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | 120        | 60                  | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | 210        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | 240        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | 240        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | 240        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | 300        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | 330        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 7. 1 oktober – 31 oktober

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | fisk       | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | 120        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | 120        | 60                  | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | 210        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | 240        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | 240        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | 240        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | 300        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | 330        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 8. 1 november– 30 november

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | 120        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | 180        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | 120        | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | 210        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | 240        | 130                 | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | 240        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | 240        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | 300        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | 330        | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 9. Tappningen från A1 och A2 i m<sup>3</sup>/s enligt avbördningskurva vid olika nivåer i Mälarens vattenstånd enligt huvudalternativet för olika delar av året,

| Mälarens nivå i meter<br>(RH2000Mälarens höjdsystem) | 1/12 - 31/1 | 1/2-14/4 | 15/4 -30/5 | 1/6-30/11 |
|------------------------------------------------------|-------------|----------|------------|-----------|
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 150         | -        | -          | -         |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | 228         | -        | -          | -         |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | 317         | -        | 150        | 150       |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | 414         | -        | 150        | 250       |
| 1,09/4,40 – 1,10/4,41                                | 520         | -        | 165        | 365       |
| 1,11/4,42 – 1,11/4,42                                | 565         | -        | 221        | 415       |
| 1,12/4,43 – 1,12/4,43                                | 588         | -        | 251        | 440       |
| 1,13/4,44 – 1,13/4,44                                | 611         | -        | 282        | 467       |
| 1,14/4,45 – 1,14/4,45                                | 634         | -        | 315        | 493       |
| 1,15/4,46 – 1,15/4,46                                | 658         | -        | 348        | 521       |
| 1,16/4,47 – 1,16/4,47                                | 682         | -        | 383        | 548       |
| 1,17/4,48 – 1,17/4,48                                | 706         | -        | 419        | 577       |
| 1,18/4,49 – 1,18/4,49                                | 730         | -        | 456        | 605       |
| 1,19/4,50 – 1,19/4,50                                | 755         | 449      | 493        | 634       |
| 1,20/4,51 – 1,20/4,51                                | 780         | 484      | 532        | 664       |
| 1,21/4,52 – 1,21/4,52                                | 805         | 520      | 572        | 694       |
| 1,22/4,53 – 1,22/4,53                                | 831         | 557      | 613        | 725       |
| 1,23/4,54 – 1,23/4,54                                | 857         | 595      | 654        | 755       |
| 1,24/4,55 – 1,24/4,55                                | 883         | 634      | 697        | 787       |
| 1,25/4,56 – 1,25/4,56                                | 909         | 673      | 741        | 819       |
| 1,26/4,57 – 1,26/4,57                                | 936         | 713      | 785        | 851       |
| 1,27/4,58 –                                          | 1200        | 1200     | 1200       | 1200      |

## Bilaga 2 - Tappningsstrategi för Huvudalternativ utan flödesstyrning i Norrström

Fram till dess att tekniska förutsättningar finns för att tillämpa flödesstyrning även i Norrström behövs en strategi för lucköppning i Stallkanalen och Riksbron. Utgångspunkt för denna strategi är att skillnaden i tappning via Norrström, som erhålls mellan att tillämpa den flödesstyrning som redovisas i bilaga 1 och att öppna luckorna manuellt, kompenseras genom ändrad tappning i Söderström. Strategin innebär att flödet vanligen blir större genom Norrström och att kompensering görs genom att minska tappningen genom Söderström. Undantaget är månaderna december och januari då tappningen vid låga vattenstånd i Mälaren ökar genom Söderström. De berörda tappningarna i Söderström, som påverkas uppåt, är dock lägre än 237 m<sup>3</sup>/s. Tappningsstrategin utan flödesstyrning ger på så sätt inte upphov till några synbara skillnader i Mälarens resulterande vattenstånd jämfört med tappningsstrategin med flödesstyrning även i Norrström. Tappningen genom Norrström saknar dock mycket av de fördelar som flödesstyrningen ger avseende minskat nyttjande av maxtappning jämfört med nuvarande situation. Förekomsten av strömmande vatten i Riksbron är samma som för Huvudalternativet med Flödesreglering.

I tabell 9 presenteras avbördningskurvan för A1 och A2 som i tabell 1-8 beskrivs som kurva. Alla flöden anges i m<sup>3</sup>/s och nivåer i meter (RH2000/Mälarens höjdsystem).

Fiskvandringssvågen i Nils Ericsons kanal är öppen med ett flöde på 1 m<sup>3</sup>/s när Mälarens nivå står över 0,69 m/4,0 m (RH2000/Mälarens höjdsystem). Detsamma gäller kulverten i Maren. Samtliga tappningspunkter är stängda då Mälarens vattennivå ligger lägre än 0,69 m/4,0 m (RH2000/Mälarens höjdsystem).

I tabellerna anges följande:

|          |                                                                             |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| +        | anger att luckan är fullt öppen                                             |
| -        | anger att luckan är stängd                                                  |
| fisk     | endast fisklucka öppen i Riksbron (0,3 m <sup>3</sup> /s)                   |
| 0,4S     | Strömmande vatten (skönhetstappning) i Stallkanalen (0,4 m <sup>3</sup> /s) |
| S        | Stallkanalen fullt öppen                                                    |
| 20R, 37R | 20 m <sup>3</sup> /s respektive 37 m <sup>3</sup> /s genom Riksbron         |
| siffror  | flöde i m <sup>3</sup> /s                                                   |

Tabell 1. 1 december - 31 januari

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | S + 37R    | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | S + 37R    | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | S + 37R    | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | S + 37R    | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 2. 1 februari-19 februari

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | S + 37R    | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | S + 37R    | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | S + 37R    | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | S + 37R    | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | +          | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | +          | 4                   | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |



Tabell 3. 20 februari- 14 april

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | S + 37R    | 4                   | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 4. 15 april-14 maj

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | S + 37R    | 124                 | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 5. 15 maj – 30 juni

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström   | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|-------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk        | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | 0,4S + fisk | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | 0,4S + 20R  | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | S + 37R     | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | S + 37R     | 62                  | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | +           | 79                  | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | +           | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | +           | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | +           | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | +           | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | +           | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +           | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +           | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +           | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 6. 1 juli – 30 september

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | 0,4S + 20R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | S + 37R    | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | S + 37R    | 62                  | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | +          | 79                  | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 7. 1 oktober– 31 oktober

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | fisk       | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | S + 37R    | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | S + 37R    | 62                  | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | +          | 79                  | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 8. 1 november – 30 november

| Mälarens nivå (m)<br>(RH2000/Mälarens<br>höjdsystem) | Skanstull<br>(kulvert) | Norrström  | Söderström<br>A1/A2 | Söderström<br>Ny sluss | Hammarby | Södertälje |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------|------------|
| 0,69/4,00 – 0,73/4,04                                | -                      | fisk       | -                   | -                      | -        | -          |
| 0,74/4,05 – 0,78/4,09                                | 1,5                    | 0,4S + 37R | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,79/4,10 – 0,83/4,14                                | 1,5                    | S + 37R    | 4                   | -                      | -        | -          |
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                | 1,5                    | S + 37R    | 66                  | -                      | -        | -          |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                | 1,5                    | S + 37R    | 192                 | -                      | -        | -          |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                | 1,5                    | S + 37R    | 217                 | -                      | -        | -          |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,09/4,40 – 1,13/4,44                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,14/4,45 – 1,18/4,49                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,19/4,50 – 1,26/4,57                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,27/4,58 – 1,28/4,59                                | +                      | +          | Kurva               | -                      | -        | -          |
| 1,29/4,60 -                                          | +                      | +          | Kurva               | +                      | 140      | 70         |

Tabell 9. Tappningen från A1 och A2 i m<sup>3</sup>/s enligt avbördningskurva vid olika nivåer i Mälarens vattenstånd enligt huvudalternativet för olika delar av året.

| Mälarens nivå i meter<br>(RH2000/Mälarens höjdsystem) | 1/12 - 31/1 | 1/2-14/4 | 15/4 -30/5 | 1/6-30/11 |
|-------------------------------------------------------|-------------|----------|------------|-----------|
| 0,84/4,15 – 0,85/4,16                                 | 192         | -        | -          | -         |
| 0,86/4,17 – 0,88/4,19                                 | 192         | -        | -          | -         |
| 0,89/4,20 – 0,93/4,24                                 | 237         | -        | -          | -         |
| 0,94/4,25 – 0,98/4,29                                 | 199         | -        | 101        | 101       |
| 0,99/4,30 – 1,03/4,34                                 | 279         | -        | 112        | 112       |
| 1,04/4,35 – 1,08/4,39                                 | 365         | 81       | 101        | 201       |
| 1,09/4,40 – 1,10/4,41                                 | 521         | 131      | 166        | 366       |
| 1,11/4,42 – 1,11/4,42                                 | 566         | 131      | 222        | 416       |
| 1,12/4,43 – 1,12/4,43                                 | 589         | 131      | 252        | 441       |
| 1,13/4,44 – 1,13/4,44                                 | 612         | 131      | 283        | 468       |
| 1,14/4,45 – 1,14/4,45                                 | 653         | 149      | 334        | 512       |
| 1,15/4,46 – 1,15/4,46                                 | 677         | 149      | 367        | 540       |
| 1,16/4,47 – 1,16/4,47                                 | 701         | 149      | 402        | 567       |
| 1,17/4,48 – 1,17/4,48                                 | 725         | 149      | 438        | 596       |
| 1,18/4,49 – 1,18/4,49                                 | 749         | 149      | 475        | 624       |
| 1,19/4,50 – 1,19/4,50                                 | 755         | 449      | 493        | 634       |
| 1,20/4,51 – 1,20/4,51                                 | 780         | 484      | 532        | 664       |
| 1,21/4,52 – 1,21/4,52                                 | 805         | 520      | 572        | 694       |
| 1,22/4,53 – 1,22/4,53                                 | 831         | 557      | 613        | 725       |
| 1,23/4,54 – 1,23/4,54                                 | 857         | 595      | 654        | 755       |
| 1,24/4,55 – 1,24/4,55                                 | 883         | 634      | 697        | 787       |
| 1,25/4,56 – 1,25/4,56                                 | 909         | 673      | 741        | 819       |
| 1,26/4,57 – 1,26/4,57                                 | 936         | 713      | 785        | 851       |
| 1,27/4,58 –                                           | 1200        | 1200     | 1200       | 1200      |





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