

BILAGA 4 – PM SAMLAD REGLERINGSMODELL

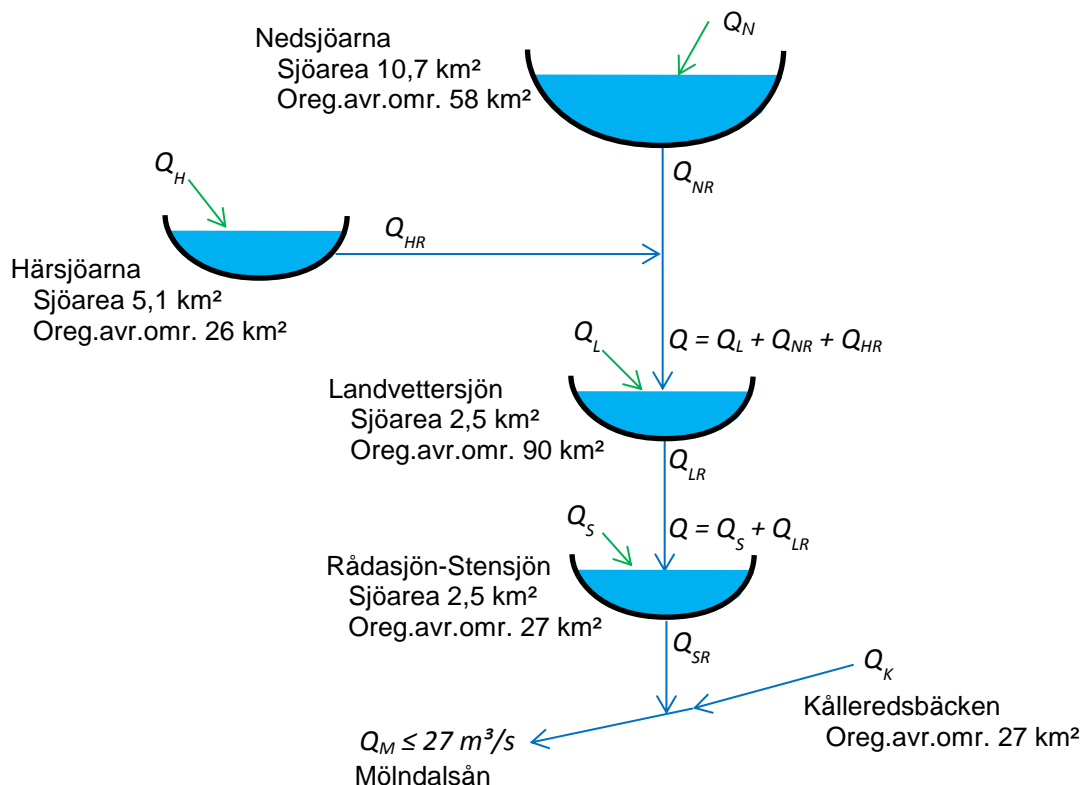
UPPDRAG Stensjö Dämme	UPPDRAGSLEDARE C-G Göransson	DATUM 2014-08-27, rev 2015-04-17
UPPDRAGSNUMMER 1321069000	UPPRÄTTAD AV C-G Göransson och Jonatan Larsson	

Regleringsmodell för automatisk styrning av tappningen från reglerade sjöar i Mölndalsån

Detta PM redovisar ett förslag till en samlad regleringsmodellering av hela Mölndalsån. Regleringen baseras på de on-lineuppgifter om vattenstånd i de reglerade sjöarna och tappningen från desamma som kontinuerligt uppdateras av det nya styr- och reglersystemet. Beräkning av nya data för tappning kan t.ex. göras med 6 h intervall.

Bakgrund

De största sjöarna som samtidigt är reglerade i Mölndalsås-systemet framgår av principskissen nedan.



Sjöarna långt uppe i systemet, Nedsjöarna och Härsjösystemet, har stora sjötytor i förhållande till sina avrinningsområden, ca 20 % vardera. De nedre sjöarna Landvettersjön och Rådasjön - Stensjön har en total sjöarea om 10 km² och ett oregrerat avrinningsområde på nästan 120 km², motsvarande en sjöandel om endast ca 8 %, samt därtill tillrinningen från de reglerade sjöarna Nedsjöarna och Härsjöarna. Obalansen i sjöarnas förmåga att magasinera stora tillflöden, med låg kapacitet i de nedre sjöarna, är orsaken till de talrika översvämningar som inträffat under blöta år med stor tillrinning under främst vinterhalvåret. Förutom de kapacitetshöjande åtgärder som utförts och nu planeras, skulle en samordnad reglering av hela åsystemet vara till stort gagn för att i framtiden minimera risken för skadliga översvämningar.

I samband med utredningar som genomförts som underlag till en ny miljödom för kapacitetshöjande åtgärder i Stensjön-Rådasjön-området har en regleringsmodell för Stensjö dämme utarbetats. Denna visar att det är fullt möjligt att reglera dessa båda sjöar helt automatiskt om så önskas, och samtidigt uppfylla önskemål om fortsatta överdämningar under växtperioden/sommarhalvåret, liksom att hålla nere högvattenstånd under höglödesperioder under vinterhalvåret. Detta under förutsättning av uppströms liggande sjöar regleras på ett likartat sätt som hittills.

Härryda kommun avser att ta råvatten ur Nedsjöarna med 0,075 m³/s, med möjlighet att på lång sikt öka uttaget till 0,15 m³/s. Av den anledningen har en regleringsmodell för Nedsjö dämme utvecklats som innebär att regleringen styrs av börvärden för vattenstånd och flöde som varierar under året. Börvärdena för vattenstånd innebär att vatten sparas på senvintern för att hålla en relativt hög nivå under sommaren, högre än med nuvarande reglering. Avsänkning sker sedan under sommaren och den lägsta nivån anpassas till romläggningsperioden, varefter nivån tillåts höjas igen om än med marginal för att sjön ska kunna magasinera stora tillflöden med minimitappning om så behövs. Principerna för önskade vattenståndsnivåer under året följer i stort det som idag finns i Kvarnbyns regleringsriktlinjer, dock ökas vattenståndet sommartid ytterligare något.

Under arbetet med ansökan till mark- och miljödomstolen om tillstånd för råvattenuttag har effekterna av regleringen på vattenståndet i Nedsjöarna och flödet ut till Mölndalsån diskuteras med berörda parter/intressenter och fackfolk som biologer och fiskesakkunniga. Baserat på synpunkter från dessa samråd har regleringsberäkningar utförts för två något olika börvärdeskurvor för vattenstånd under året. Dessa kan sägas utgöra övre och undre gränser för reglering med börvärdeskurvor och slutligt val kommer att ske i samråd med berörda parter.

Resultaten från de båda regleringsmodellerna är mycket tillfredsställande. Regleringen sker med olika utgångspunkter för magasinering, reducerad tappning vid stor tillrinning (Nedsjöarna), liksom med olika sätt att styra vattenståndet under perioder med önskad överdämning respektive ökad tappning för att erhålla låga vattenstånd som startvärde vid kraftiga dygnsregn (Rådasjön-Stensjön).

2 (9)

BILAGA 4 – PM SAMLAD
REGLERINGSMODELL
2014-08-27, REV 2015-04-17

Principer för en samlad reglering

Hela syftet med en samordnad reglering är dels att så optimalt som möjligt reglera varje enskild sjö för att så långt möjligt uppfylla vattenförsörjning, minska översvämningsrisker, möta önskemålen från olika intressen, friluftsliv, ekologi inklusive fiske med mera, samt dels motsvarande för åsystemet som helhet.

Rådasjön utgör 80% av Stensjön – Rådasjöns magasineringsförmåga. Rådasjön har därtill stora våtmarker belägna över dämningensgränsen som genom de överdämningar som inträffar relativt frekvent har medfört att det uppkommit ett ekosystem som anpassat sig till dessa överdämningar. Avsikten är därför att de ekosystemskapande överdämningarna under vegetationsperioden ska bibehållas även i framtiden. Vintertid är även syftet att under perioder med förhållandevis stor tillrinning låta Rådasjön stiga upp till dämningensgränsen på samma sätt som den har gjort under tidigare år. Sammantaget innebär regleringen av Rådasjön, med oförändrat antal överdämningar under vegetationsperioden och högt vattenstånd under flödesperioder under vinterhalvåret, att marginalen mot framtida översvämningsrisker minskar relativt om sjön istället på ett från ekologisynpunkt frikopplat sätt hölls på lägre nivåer under höglödesperioder.

Lösningen för att minska risken för översvämningsrisker under höglödesperioder och samtidigt ha goda marginaler för råvattenförsörjningen under torrperioder med ett eventuellt uppkommande behov från Göteborg Kretslopp och Vatten att ta råvatten från Rådasjön, är att helt samordna regleringen av Landvettersjön med Rådasjön - Stensjön så att dessa fungerar som ett samlat regleringsmagasin för den nedre delen av Mölndalsån. De har vardera en area av 2,5 km² och efter ombyggnad en likartad stor tappningskapacitet. Även tåligheten mot överdämningar/översvämningsrisker (vattenstånd över dämningensgränsen) är relativt likartad i dessa sjöar.

Grundprinciperna för regleringen av Landvettersjön blir följande:

- Vid låg nivå i Rådasjön under en torrperiod med risk för brist på vatten om Göteborg Kretslopp och Vatten plötsligt behöver ta råvatten hålls Landvettersjön inom övre delen av dess regleringsintervall (0,41 m).
- När Rådasjön stiger upp mot dämningensgränsen och över densamma under vegetationsperioden sänks Landvettersjön mot sänkningsgränsen
- Vid större överdämningar av Rådasjön ökas magasineringen i Landvettersjön genom att vattenståndet får stiga till ungefär samma nivå relativt dämningensgränsen som i Rådasjön
- Avsänkningen av Landvettersjön efter ett höglöde kan med fördel ske snabbare än i Rådasjön, eftersom Landvettersjön reagerar snabbare på höglöden till följd av sitt stora egna, oreglerade avrinningsområde.

Grundprinciperna för regleringen av Nedsjöarna blir följande:

- Sjöarna regleras med hjälp av den reglermodell som redan framtagits. Regleringen baseras på börkurvor för vattenstånd och tappning som varierar under året för att ge en för olika intressen så optimal avvägning som möjligt.
- I den ordinarie regleringen av Nedsjöarna är inbakat en väl anpassad marginal mot överdämning av sjöarna, vilket medför att tappningen under ett kraftigt högflöde inom hela åsystemet kan sänkas till minimitappning.
- När tillrinningen till Rådasjön blivit så stor att sjön stiger oroväckande mycket och det kan finnas risk för översvämningar upp- och/eller nedströms om sjön, eller vid prognos från SMHI om kraftigt ökande flöden i åsystemet, reduceras tappningen från Nedsjöarna av vattenstånd och tillflöde till Rådasjön eller manuellt till följd av SMHI-prognosen.

Grundprinciperna för regleringen av Härsjöarna blir följande:

- Liksom för Nedsjöarna utarbetas börkurvor för vattenstånd och tappning som varierar under året efter sammanvägning av olika intressen.
- Liksom för Nedsjöarna sparas en marginal mot överdämning, vilket medför att tappningen kan reduceras och vid behov sänkas till minimitappning vid risk för översvämning i åsystemet nedströms till följd av aktuell flödessituation eller till följd av prognos från SMHI om ett kommande högflöde.

Högflöden i Kålleredsbäcken (Balltorpsbäcken räknas som ett tillflöde):

- Det saknas i praktiken varje form av möjlighet att på ett effektivt sätt fördröja flödet från Kålleredsbäcken. För att undvika översvämning i nedre Mölndalsån vid högflöde kan flödet från Stensjö dämme behöva strypas under tiden som Kålleredsbäcken flödar för fullt. Hur flödestoppen ser ut har ingen praktisk betydelse, utan istället den totala volymen som behöver magasineras i Rådasjön-Stensjön, och eventuellt Landvettersjön under högflödesdygnet.
- Kålleredsbäckens flöde utgör endast indirekt grund för styrning av åsystemet på så sätt att om vattenståndet i Mölndalsån i höjd med Mölndals centrum stiger över en viss kritisk nivå stryps flödet från Stensjön så att denna nivå inte överskrids. Det flöde i ån vid vilken denna kritiska nivå uppnås har beräknats till ca 27 m³/s.

Grundprinciperna för regleringen av Rådasjön (inkl. Stensjön) blir följande:

- Under vegetationsperiod eftersträvas likartade vattenståndsvariationer som under tidigare år upp till en överdämning motsvarande DG+0,25 m. Regleringen baseras på medelvärdesbildning av tidigare års samband mellan vattenstånd och tappning upp till ungefär dämningensgränsen. Däröver justeras tappningsställaren för den ökade tillrinningen från Landvettersjön som dess nedjusterade vattenstånd relativt tidigare förhållanden innebär till följd av nu föreslagen samlad reglering av hela åsystemet.
- Under vinterhalvåret eftersträvas likartade vattenståndsvariationer som under tidigare år upp till dämningensgränsen. Regleringen baseras, liksom under vegetationsperioden, på medelvärdesbildning av tidigare års samband mellan vattenstånd och tappning upp till ca DG-0,2 m, där justering för ökad tappning från Landvettersjön erfordras.
- Vid mycket stor tillrinning, eller prognos från SMHI om ett i tiden närliggande mycket stort tillflöde till ån, ändras regleringen så att Rådasjön och Stensjön förtappas på i stort sett så mycket vatten som den förbättrade tappningskapaciteten medger.

Rådasjön – regleringens hjärta

Av ovanstående framgår att de övre sjöarna, Nedsjöarna och Här sjöarna, normalt regleras för att ge optimala lokala förhållanden, inklusive flöde i åarna nedströms respektive sjö. Vid höglöde eller risk för höglöde överstyrs de dock av förhållandena i Rådasjön. Regleringen av Landvettersjön styrs praktiskt taget helt av förhållandena i Rådasjön och slutligen kan det vid höglöde i Kålleredsbäcken behövas en strypning av flödet från Rådasjön, dämnet i Stensjön, för att det inte ska bli översvämningar i Mölndal och Göteborg.

Hur datorprogrammet som styr regleringsmodellen lämpligen utformas framgår av nedan redovisad systemskiss.

Justeringar/kompletteringar till fullständig regleringsmodell

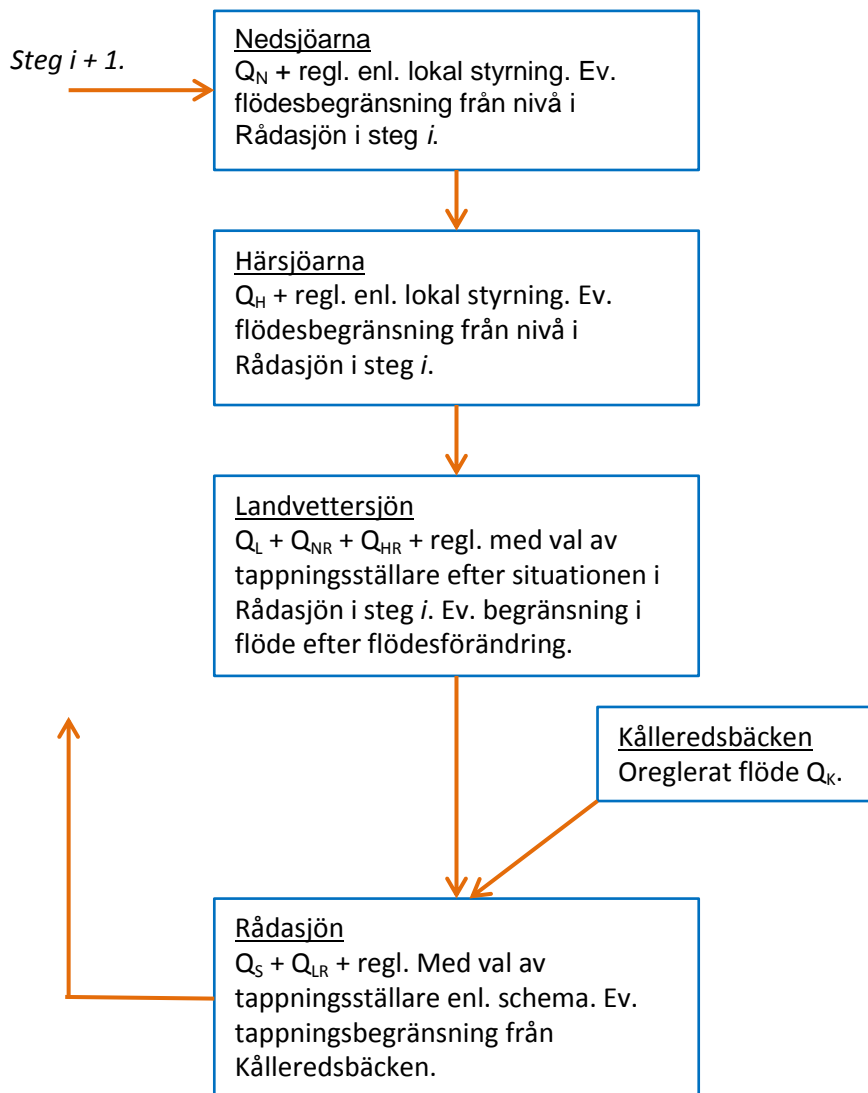
De åtgärder som behövs för att bygga upp en modell för en samlad reglering av hela Mölndalsåsystemet baserad på de delmodeller som finns idag är följande:

- | | |
|-----------------|---|
| Nedsjöarna: | Befintlig begränsning i tappning vid längre tids flöde, 5d(4d)-medelvärde, ersätts med överstyrning från vattenstånd i och tillflöde till Rådasjön. |
| Här sjöarna: | Byggs upp på liknande sätt som för Nedsjöarna med börvärde som varierar under året (troligen, kräver diskussioner med biologor, fiskefolk och inspektion av fastigheter/bryggor) med hänsyn till tidigare reglering. Denna del kan emellertid i ett första skede behandlas på samma sätt som Nedsjöarna enbart proportionerad efter avrinningsområdets storlek. |
| Landvettersjön: | Tappningen kommer att bestämmas av villkoret att vattenståndet ska följa en av tre tappningsställare kopplat till vattenstånd (och ev. tillrinning alt. |

tappning från Stensjön) i Rådasjön. Uppdelning på samma sätt som i Rådasjön med ett samband mellan vattenstånden i sjöarna under vegetationsperioden och ett under vinterperioden. Vid mycket stor tillrinning sker tappning efter en höglödesmodul på likartat sätt som för Rådasjön. Därtill kan det behövas en begränsning av dels flödet, maxflöde respektive minflöde ($0,4 \text{ m}^3/\text{s}$), samt dels av flödesändringshastigheten i tappningen från Landvettersjön.

- Rådasjön: I stort enligt framtagen modell, men med justeringar av tappningsställare för ökat flöde från Landvettersjön vid stora flöden.
- Kålleredsbäcken: Styrning sker på nivå vid Stadshuset i Mölndal. I en simuleringsmodell antas tillrinningen från Kålleredsbäcken vara densamma räknat per km^2 som för övriga avrinningsområden. Beräkning av max. tappning från Stensjön = $27 \text{ m}^3/\text{s}$ minus flödet från Kålleredsbäcken, Q_K .

Principskiss av beräkningsgång



Erforderliga data från styrsystemet - driftskedet

För styrningen av systemet krävs att tillrinningen är känd. Varje beräkningsomgång startar därför med beräkning av tillrinningen till varje reglerad sjö genom att tappningen och nivåvariationen (och därmed uppfyllning resp. avtappning under senaste tidssteget) beräknas. Tidssteget för beräkning av den magasinering som vattenståndsändringen i Nedsjöarna motsvarar kan behöva förlängas till 1 dygn till följd av den stora vattenarean och korresponderande långsamma vattenståndsförändringen (mätnoggrannheten styr möjligt tidssteg). För de nedre sjöarna bör en uppdelning ske i vad som är tappning från uppströms liggande sjöar och vad som är tillrinning från det egna avrinningsområdet. Det senare värdet kan som en kontroll jämföras med motsvarande värde för de andra reglerade sjöarna om avvikelser är stora (gäller främst vid stora nederbörds mängder av typen klassiska översvämningsregn som erfarenhetsmässigt gett en ungefär jämn fördelning över hela Mölndalsåns avrinningsområde).

I modellen kan även prognoser från SMHI bakas in. Dessa används normalt inte av programmet, dvs. vid låga, normala och troligen även halvhöga flöden. Fördelen med prognoser om stor regnmängd under perioder då det redan finns en relativt stor naturmarkstillrinning är att sådana medger möjlighet att sänka tappningen från Nedsjöarna och Hårsjöarna till mintappning redan på prognosen, t.ex. 2 dagar före det kraftiga regnet. På samma sätt kan prognosen användas för beslut om förtappning, dvs. ökad tappning ur Landvettersjön och Rådasjön-Stensjön och på bästa sätt förbereda Mölndalsåssystemet för ett ev. högflöde. Enkla handberäknade simuleringar på 2006 års översvämning visar att det skulle medfört väsentligt bättre förhållanden längs ån om Nedsjöarna stängts 2 dygn innan regnet och behållits stängd under flera dagar istället för att vara i storlekordningen 4 m³/s under hela översvämningsperioden.

Förutsättningar för beräkningar av ett samlat regleringssystem baserat på historiska data - planeringsskedet

Ett relativt stort arbete har utförts för att justera upp databaser för Nedsjöarna och Stensjön. Därtill har vattenstånd i och utflöde ur Rådasjön och beräknats baserat på motsvarande data för Stensjön tillsammans med kalibrerade förluster genom Ställoppet.

Registreringarna för Landvettersjön har tyvärr stora dataluckor. Därtill mättes vattenståndet tidigare nere vid dämnet, vilket innebär att de faktiska nivåerna i Landvettersjön i princip behöver beräknas åtminstone för varje större flöde. Detta skulle innebära en stor arbetsinsats, men ändå resultera i relativt osäkra data.

Erfarenheterna vid de långa nederbördsrika regn som historiskt gett översvämningar är att nederbörden är relativt jämnt fördelat över åns hela avrinningsområde. Regleringsberäkningar/simuleringar av effekterna av framtida reglering är av mest värde för höga flöden. För Nedsjöarna har konstaterats att den simulering av den närliggande sjön, Tvärsjön, som används av SMHI, ger bra överensstämmelse med uppmätta förhållanden för en omkalibrerad tappning från Nedsjöarna. För att få en lång period för simulering kan därför data

8 (9)

BILAGA 4 – PM SAMLAD
REGLERINGSMODELL
2014-08-27, REV 2015-04-17

från SMHIs simulering för Nedsjöarna användas för hela Mölndalsåsystemet, liksom de data som hittills erhållits från det nya övervakningssystemet med eller utan extra korrigeringar för avdunstning.

De av SMHI framtagna tillrinningsdata för Nedsjöarna inkluderar även nederbörd över sjöarna och avdunstning i desamma. Härsjösystemet har ungefär lika stor sjöprocent som Nedsjöarna och gränsar därtill till Tvärsjöns avrinningsområde. De tillrinningsdata som framtagits för Nedsjöarna kan därför efter proportionering på avrinningsområdenas storlek användas utan övrig korrigering även för Härsjösystemet.

De nedre sjöarna har betydligt mindre sjöprocent än Nedsjöarna. Under vinterhalvåret är dock avdunstningen högst begränsad, varför en möjlighet är att använda Nedsjödata även för de mindre sjöarna. En förbättring av databasen för de mindre sjöarna vore att ta hänsyn till den mindre avdunstningen under främst sommarhalvåret genom att SMHI gör en sådan beräkning där hänsyn även tas till årsmedelnederbördens fördelning inom respektive sjös avrinningsområde. Detta kan ge en något mindre tillrinning till de nedre sjöarna, men ändock sannolikt inte vara av någon avgörande betydelse för de riktigt stora flödena som tidigare orsakat översvämningar. Sommarhalvåret är generellt mycket svårare att modellera, eftersom nederbörden under sommaren är mycket mer lokal, ofta skurar, än under vinterhalvåret.

För en modellering med huvudinriktning att styra förhållandena under höglödesperioder kan tillrinningsdata för övriga sjöars egna avrinningsområden erhållas enligt:

$$Q_N = \text{enl databas}$$

$$Q_H = \frac{26}{58} * Q_N$$

$$Q_K = \frac{27}{58} * Q_N$$

$$Q_S = \frac{27}{58} * Q_N$$

$$Q_L = \frac{90}{58} * Q_N$$

Ovanstående underlag med proportionering av tillflöden från egna avrinningsområden används för uppbyggnaden av den samlade modellen. När en stabil och väl fungerande reglering uppnåtts kan det vara aktuellt med en förfining av modellen enligt beskrivningen ovan.