

# Färnebofjärdens högvattentoppar



- kan de kapas?





## Förord

Den här rapporten har tagits fram som underlag inom den regionala landskapsstrategin Människor, mygg och natur vid Nedre Dalälven. En regional landskapsstrategi är ett arbetssätt för att bevara och hållbart bruka naturresurser utifrån en helhetssyn på landskapsnivå. Projektet startades våren 2011 på uppdrag av regeringen och har som långsiktigt mål att begränsa massförekomsten av översvämningsmygg på längre sikt, samtidigt som den biologiska mångfalden bevaras. Landskapsstrategin är ett samarbete mellan länsstyrelserna i Gävleborg, Uppsala, Dalarnas och Västmanlands län.

Arbetet syftar till att i samarbete med allmänheten ta fram förslag på vilka åtgärder som skulle kunna användas för att hantera myggproblemet på lång sikt. Detta görs inom ramen för tre delprojekt: Öppna landskap, Strömmande vatten samt Andra myggbegränsningsmetoder. Deltagarnas idéer har formulerats till undersökningar eller forskningsuppdrag eftersom det är angeläget att samla in kunskap om vad som orsakar massförekomsterna av översvämningsmygg och hur man kan förebygga detta. Det akuta myggproblemet hanteras idag med det biologiska bekämpningsmedlet Bti. De långsiktiga lösningarna är något som på sikt kan minska behovet av denna bekämpning.

Syftet med uppdraget som redovisas i denna rapport var att undersöka om olika rensningsåtgärder i utflödet av Färnebofjärden (exempelvis genom att ta bort stora stenar), skulle vara tillräckliga för att öka avrinningen ur fjärden så mycket, att höga flöden i älven inte orsakar översvämnings i de områden där myggen kläcks fram. Författarna ansvarar själva för innehållet i rapporten.

Alla rapporter som tas fram inom strategin och på uppdrag av de berörda länsstyrelserna ingår i underlaget inför den slutrapport som ska överlämnas till regeringen den 1 december 2013. I och med detta avslutas strategins första fas. I slutrapporten kommer länsstyrelserna att presentera en sammanlagd bedömning av vilka åtgärder som beskrivs i underlagen som skulle kunna vara delar av en möjlig långsiktig lösning av myggproblemen vid Nedre Dalälven. Slutrapporten kommer även att innehålla bedömningar av de föreslagna åtgärdernas konsekvenser samt förslag till i vilken form strategiarbetet bör genomföras efter 2013.

Länstyrelsen riktar ett stort tack till deltagarna i arbetsgrupperna, deltagarna i projektets referensgrupp samt alla andra som på olika sätt medverkar arbetet i den regionala landskapsstrategin.

Landshövding Barbro Holmberg, Gävle januari 2013

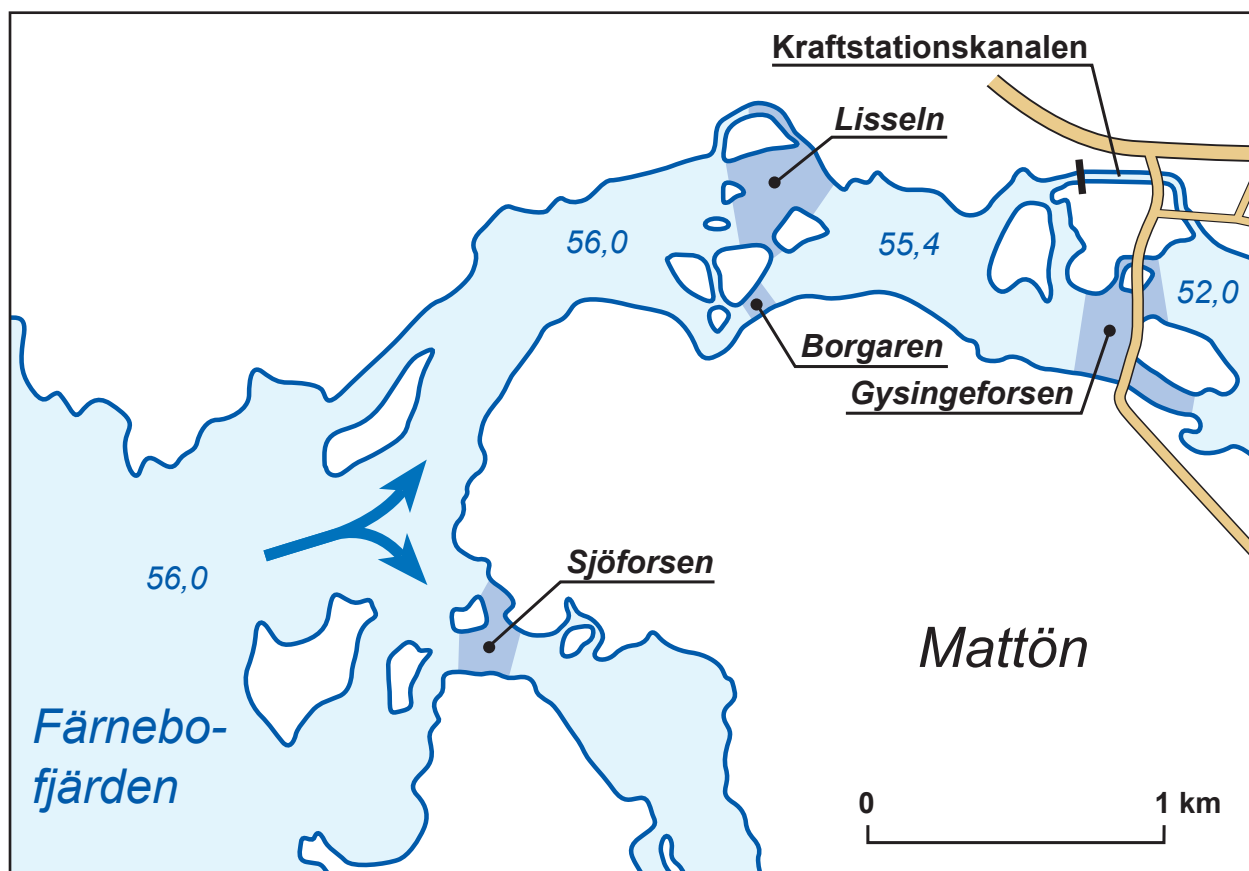


## Uppdraget

Myggproblemet vid Färnebofjärden i nedre Dalälven varierar med vattenståndet i sjön. Enligt förutsättningarna är nivån 55,9 meter avgörande. Om man kunde hålla vattnet under denna nivå skulle inte de områden översvämmas där översvämningsmyggorna kläcks, vilket skulle innebära en påtaglig lindring av myggplågan. Inom ramen för den regionala landskapsstrategin "Människor, mygg och natur vid Nedre Dalälven" har därför arbetsgruppen "Strömmande vatten" tagit fram idéer och förslag till hur avrinningen från Färnebofjärden skulle kunna ökas vid höga flöden i älven, huvudsakligen genom olika former av rensningsåtgärder. Uppdraget har bestått i att översiktligt utvärdera dessa förslag och resonera kring möjligheterna.

## Färnebofjärden

Färnebofjärden är idag en oreglerad del av Dalälven som däms av naturliga trösklar i sjöns två utlopp, forsarna Borgaren och Lisseln i den norra älvgrenen och Sjöforsen i den södra (se karta nedan). Vattenståndet kan därför idag bara påverkas genom att variera tillflödet, med hjälp av kraftverksdammar och regleringsmagasin längre upp i Dalälven. Möjligheterna för sådana åtgärder diskuteras i forumet Samverkansgruppen för myggrelaterad vattenföring, där kraftbolagen och regleringsföretagen medverkar.



Naturligtvis går det att även påverka utflödet genom att helt sonika gräva bort tillräckligt mycket av de trösklar som idag dämmer älven, men då sänks sjöns nivå överlag, vilket inte är acceptabelt. En sänkning av fjärden skulle frilägga ytterligare ytor där myggorna kan lägga ägg. Så förutom att det skulle förändra hydrologin och påverka naturen i och runt fjärden, finns risken för ännu större myggproduktion. Frågan är istället om det går att öka utflödet från sjön vid högvatten utan att samtidigt öka utflödet vid lågvatten.

Här finns två principiellt olika tänkbara lösningar. Den ena går ut på att man vidtar åtgärder som på något sätt påverkar utflödet, men som inte innefattar någon aktiv reglering. Den andra går ut på att just införa en möjlighet att på något sätt aktivt reglera flödet. Vi kan kalla de två alternativen ”passiv reglering” respektive ”aktiv reglering”. Man kan också tänka sig en kombination av de två alternativen. Detta är också en möjlighet som diskuterats i arbetsgruppen.

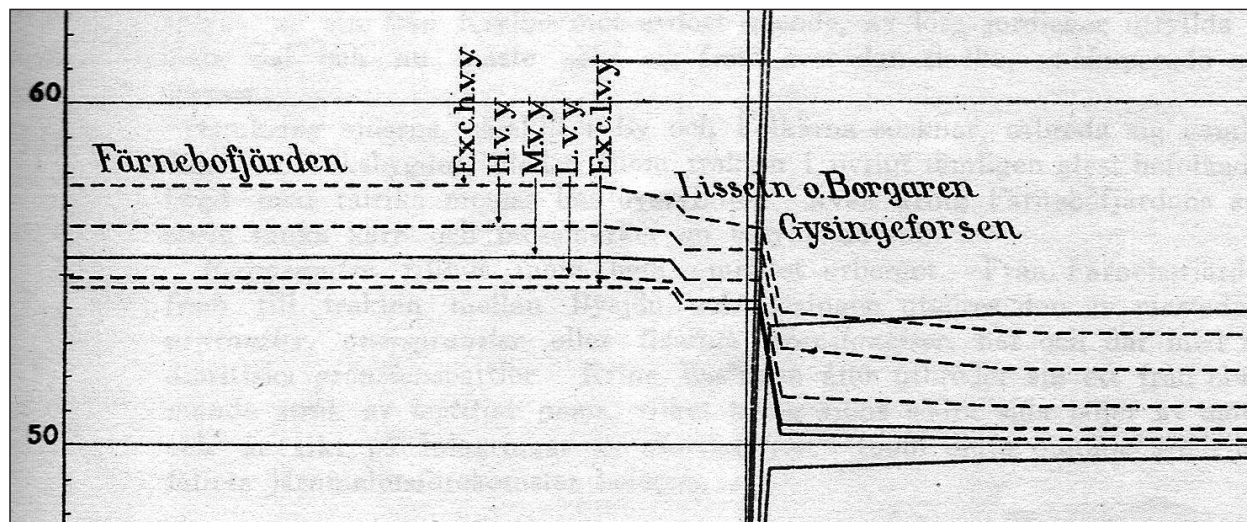


Bild 1. Fallprofil för älvsträckan nedströms Färnebofjärden. Höjder i RH00. Ur ”Förteckning över Sveriges Vattenfall”.

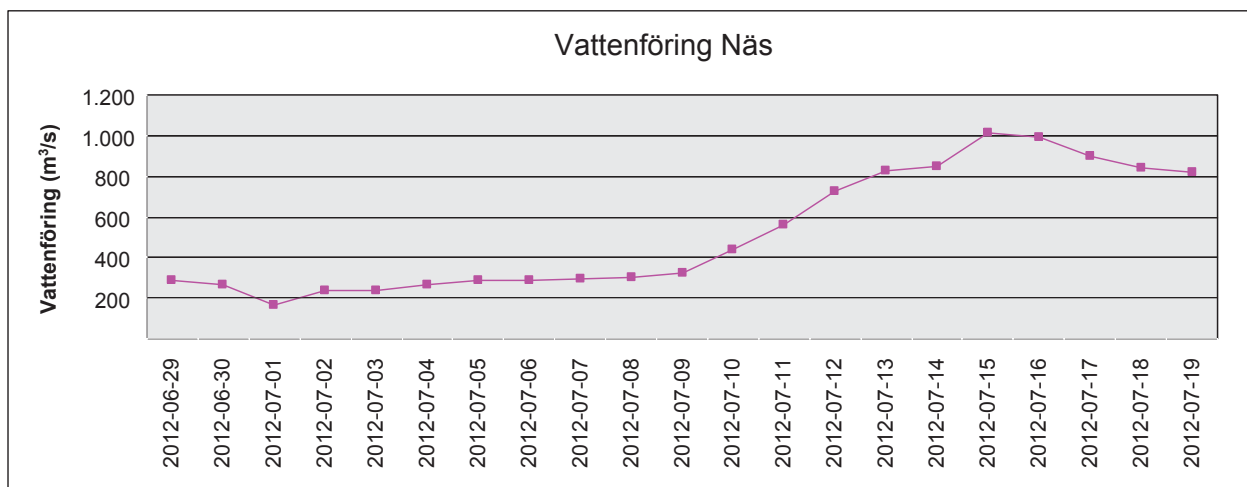
## Passiv reglering

### Beräkning av tvärsnittsförändring

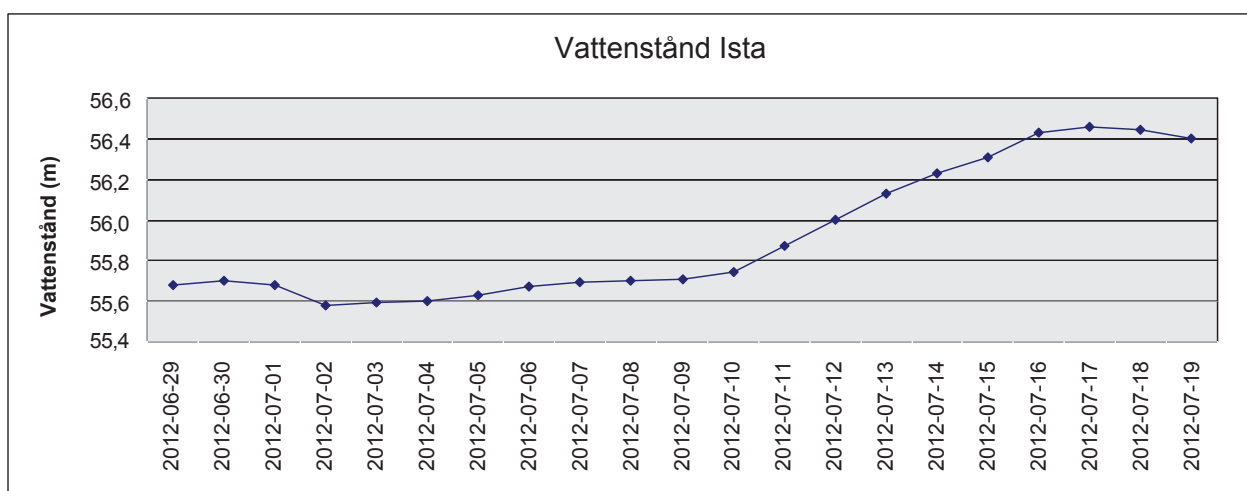
Utan att behöva använda komplicerade hydrodynamiska modeller är det möjligt att utföra beräkningar för att ungefärligt uppskatta hur mycket vattendraget måste förändras för att åstadkomma högre flöden än 500 m<sup>3</sup>/s utan att höja vattenytan i Färnebofjärden. Detta för att se om det över huvud taget finns någon vits med att gå vidare med mer komplicerade modeller vilka också kräver mer detaljerade indata. Observera dock att de beräknade värdena måste ses som ungefärliga; även om de med relativt stor precision visar i vilken riktning och relativ storlek förändringar sker, och att därför detaljerade hydrauliska simuleringar måste utföras om man vill ha säkrare uppskattningar av hur en förändring i vattendraget påverkar vattendjupet.

### Förhållandet mellan vattenstånd och vattenföring

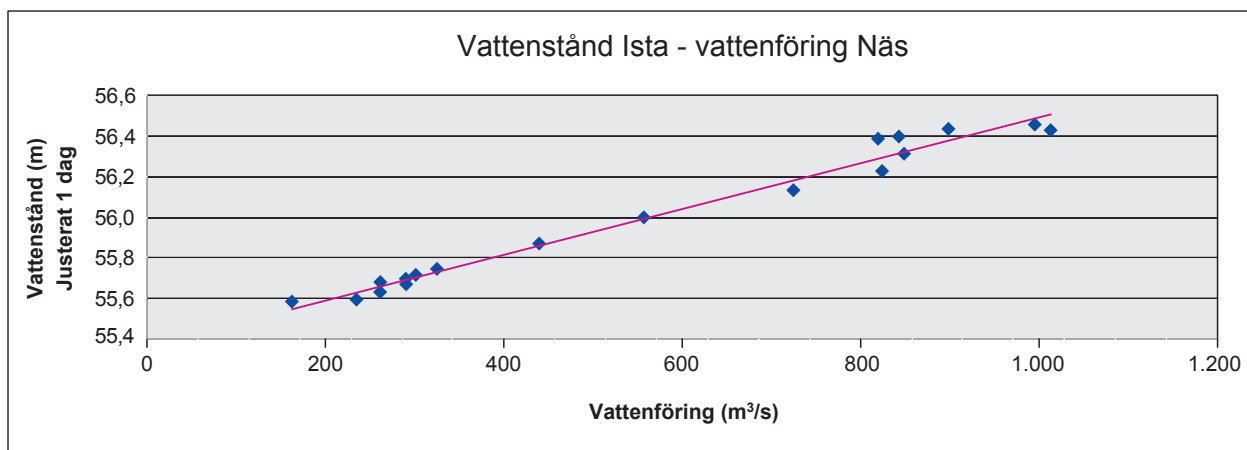
För Dalälven finns vissa data att tillgå via Vattenregleringsföretagens hemsida. Vattenföringen i uppströmsliggande Näs har under början av juli 2012 varierat enligt Figur 1, och vattenståndet i den nedströmsliggande Färnebofjärden har under samma period varierat enligt Fig 2. Den undersökta perioden har fördelen att den täcker de flöden som är av intresse för denna studie. Genom att plotta vattenståndet vid Ista, fördröjt med en dag (vilket gav en bättre korrelationskoefficient,  $r^2=0,98$ , än ingen fördröjning alls,  $r^2=0,92$ , respektive fördröjd med två dagar,  $r^2=0,97$ ), mot vattenföringen i Näs syns ett tydligt samband mellan dessa (Fig 3).



Figur 1. Vattenföringen i Näs under början av juli 2012.



Figur 2. Vattenståndet i Färnebofjärden vid Ista under samma period.



Figur 3. Vattenståndet (justerat med en dag) som en funktion av vattenföringen för samma period.

För den undersökta perioden varierade vattenståndet (h) med vattenföringen (Q) enligt

$$h = 0,00113 \times Q + 55,36 \quad (r^2 = 0,98)$$

och för några specifika vattenföringar enligt Tabell 1

Tabell 1. Exempel på relationen vattenföring, vattennivå och djup.

Vattenföring (m <sup>3</sup> /s)	Vattennivå vid Ista (m.ö.h)	Uppskattat djup vid Lisseln/Borgaren (m)
300	55,70	0,94
500	55,93	1,17
700	56,15	1,40
900	56,38	1,62

### Uppskattning av Dalälvens friktionskoefficient

Vattennivån för ett specifikt flöde beror bland annat av två faktorer – vattendragets lutning och underlagets råhet (eller friktion). Vid en ökad lutning ökar vattenhastigheten vilket innebär att motsvarande vattenföring kommer att passera en tvärsektion med en mindre tvärsnittsarea än om lutningen är mindre. Detta resulterar huvudsakligen i ett minskat djup, även om bredden också påverkas marginellt. Motsvarande sker också om underlagets råhet minskas, t.ex. genom att stora block tas bort eller att tät vegetation rensas bort. Därmed minskas friktionen mellan vattnet och underlaget vilket leder till att vattenhastigheten ökar och därefter att djupet minskar.

Ett naturligt vattendrags flöde (Q) kan beskrivas av dess bredd (b), dess djup (d) och dess hastighet (v)

$$Q = b \times d \times v$$

Dessa samvarierar så att om t.ex. djupet minskar, måste antingen hastigheten och/eller bredden öka för att behålla samma flöde. Eftersom det finns flera obekanta i ekvationen måste ytterligare en ekvation användas, i detta fall Mannings ekvation. Denna lyder

$$v = (r^{2/3} \times S^{1/2}) / n$$

där r är den så kallade hydrauliska radien (vilket är ungefär samma sak som djupet), S är lutningen och n är Mannings friktionskoefficient. För att kunna uppskatta Mannings n gjordes två uppskattningar. Den första bygger på Bray (1973), vars ekvationer för vattendrag med grovt bottenmaterial lyder

$$d = 0,266 \times Q^{0,333}$$

$$b = 4,75 \times Q^{0,527}$$

Genom att använda vattenföringen 880 m<sup>3</sup>/s, vilket både är medelvärdet för årsmax för Dalälven (SMHI, 2010) och dessutom nästan samma flöde som denna studie har i uppdrag att undersöka, erhålls djupet 2,54 m och bredden 169 m. Dessa djup och bredder insatt i Mannings ekvation tillsammans med en vattendragslutning på 0.002083 m/m (uppskattat från ritning över forsarna Lisseln och Borgaren i ”Förteckning över Sveriges Vattenfall, nr 53” ger en friktionskoefficient på 0,042. Ett andra sätt att uppskatta friktionskoefficienten gjordes genom att uppskatta Dalälvens samlade bredd (samtliga grenar), ca 320 m, från flygfoton tillsammans med att uppskatta djupet, från ritningen över Lisseln och Borgaren, ca 1,6 m. Dessa bredd- och djupvärden resulterar i ett Mannings n lika med 0,036. Eftersom båda dessa metoder är behäftade med relativt stor osäkerhet användes värdet 0,04 för att beskriva den naturliga friktionen i forsarna Lisseln och Borgaren.



## **Passiv reglering genom rensning**

Genom att rensa älvfårorna från uppstickande block, träd och andra hinder skulle högvattenflödet kunna ökas utan att lågvattenflödet påverkas. Resultatet blir alltså en jämnare tröskel, en lägre friktion för det strömmande vattnet, och ett lägre Mannings n.

Enligt uppdragsbeskrivningen är det önskvärt att vattenståndet inte överstiger 55,9 m och att vattenföringar på 300, 500, 700 respektive 900 m<sup>3</sup>/s helst inte ska kunna överstiga denna nivå. Nivån 55,9 m motsvaras enligt Figur 3 av en vattenföring på 475 m<sup>3</sup>/s, vilket innebär att flöden på 300 m<sup>3</sup>/s är helt ofarliga. Även flöden på 500 m<sup>3</sup>/s kan vi tillsvidare lämna därefter eftersom skillnaden mellan 500 och 475 m<sup>3</sup>/s får anses ligga inom felmarginalen vid en så översiktlig studie som denna.

Vid flöden på 700 respektive 900 m<sup>3</sup>/s måste dock ytterligare ca 225 respektive 425 m<sup>3</sup>/s släppas fram. En beräkning av vad effekten av en rensning skulle kunna bli kan fås genom att Mannings n minskas till 0,024 (se <http://wwwrcamnl.wr.usgs.gov/sws/fieldmethods/Indirects/nvalues/0024.htm>) för hela Dalälvens bredd. Detta skulle dock bara innebära en ökning av vattenföringen med 275 m<sup>3</sup>/s, till ungefär 750 m<sup>3</sup>/s. Vid högre flöden än så skulle fortfarande 55,9-metersnivån överskridas.

Åtgärden skulle naturligtvis även medföra en genomgripande förändring av forsarnas karaktär och utseende och eftersom vattenhastigheten ökar från 1,25 till drygt 2 m/s kan även stenar större än 10 cm eroderas (enligt Sundborgs, 1956, erosionsdiagram) vilket även skulle innebära en risk för att bottenmaterialet eroderas. Härigenom riskeras då att forsarna blir instabila genom att bottenmaterial kan transporteras längre nedströms.

Skulle en rensning genomföras över hela Dalälvens bredd blir effekten dessutom att normala lågvattennivåer kommer att bli ännu lägre, vilket kan leda till att högvatten som tidigare har legat under 55,9 m.ö.h. då plötsligt kommer att fungera som tidigare översvämningar varmed nya översvämningssområden skapas på en lägre nivå närmare älven. Resultatet på sikt blir då bara att myggläckningsområdena förskjuts, och att problemet återuppstår.

## **Aktiv reglering**

### **En ny djup fåra**

Det är naturligtvis inte svårt att öka högvattenföringen med 425 m<sup>3</sup>/s genom att gräva en fåra som klarar denna vattenföring. En sådan ny fåra av samma friktionskaraktär som resten av Dalälven skulle då behöva vara av storleksordningen 80 m bred och 2,5 m djup. Alternativt skulle en helt ny, men gjuten kanal, kunna konstrueras vid sidan av Dalälven. Med en friktionskoefficient på 0,015 skulle en sådan behöva vara ca 20 m bred för ett djup på 2,5 m.

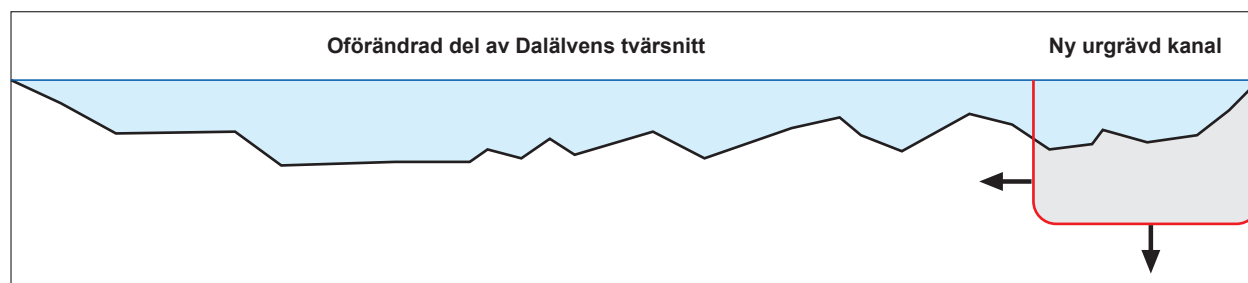
För att inte tömma Färnebofjärden vid låg vattenföring skulle en sådan fåra/kanal behöva förses med någon form av regleringsmöjlighet, t.ex. i form av dammluckor. Detta är idén bakom ett förslag från arbetsgruppen, där den befintliga kraftstationskanalen nere i Gysinge skulle utnyttjas. Utnyttjar man den måste man dock först se till att flödet genom forsarna Borgaren och Lisslen ökas, eftersom dessa ligger uppströms Gysinge och bromsar vattnet. En sådan åtgärd finns visserligen med i förslaget, men som framgår ovan räcker det inte att bara rensa forsarna. Man måste gräva en fåra/kanal förbi dem, och reglera vattenflödet redan här. Gör man det så är behovet att leda vattnet vidare genom kraftstationskanalen inte längre lika uppenbart.

Det vore förstås önskvärt att slippa stora och dyra ombyggnationer i den känsliga miljön vid Gysinge bruk, vilka måste till om kraftstationskanalen ska få en ny funktion som ”bypass”-led för högvattenflöden. Skulle då tillskapandet av en ny fåra förbi Lisseln/Borgaren, med regleringsmöjligheter, vara tillräckligt för att nå målet?

### Uppdelning av vattendraget

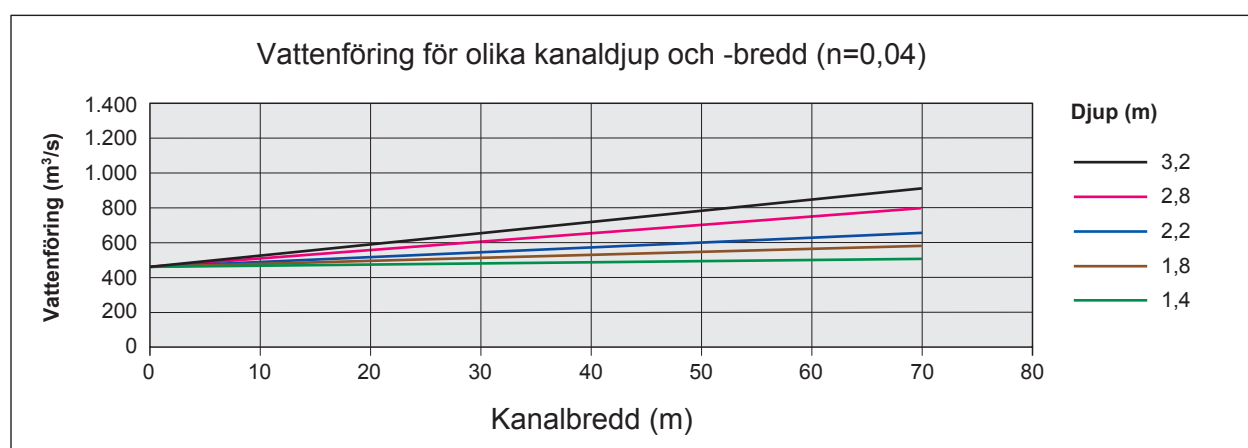
För att slippa bygga en helt ny fåra bredvid de nuvarande forsarna så skulle man kunna utnyttja en del av den befintliga. Den skulle förslagsvis kunna följa den norra stranden av den norra forsén (Lisseln), och förses med dammluckor vid inloppet.

För att kunna simulera effekten av en sådan åtgärd delades vattendraget upp i två delar. En del som är opåverkad, där Mannings  $n$ , dvs. friktionskoefficienten, antas vara 0,04, och en andra del som grävs ut till önskat djup för att möjliggöra ett större flöde (Figur 4). Vattenytan på både den oförändrade delen och den urgrävda kanalen antas alltid nå upp till nivån 55,9 m. I beräkningarna kan vattenföringen därefter varieras genom att ändra djupet för den urgrävda kanalen (vertikal pil) samt genom att variera var gränsen går mellan kanalen och det opåverkade vattendraget (horisontell pil). Den totala bredden på älvfåran förblir därmed oförändrad.



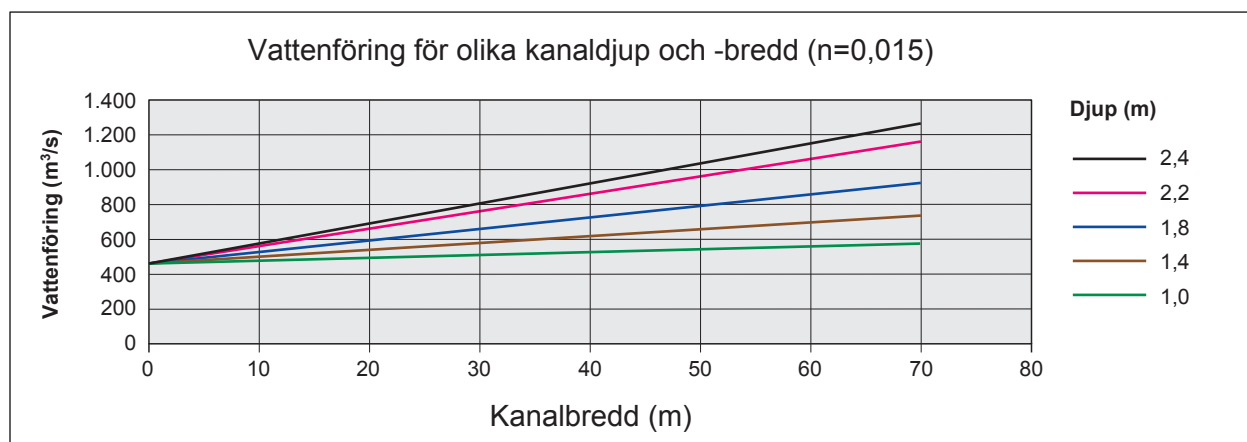
Figur 4. Schematisk skiss över hur Dalälvens tvärsnitt har delats in för beräkningar av bredd och djup.

Två olika scenarier har beräknats. Det första där en del av Dalälvens tvärsnitt grävs ut och där bottenmaterialet är oförändrat varmed också Mannings friktionskoefficient är oförändrad i de bägge delarna av tvärsnittet (Figur 5). Här ska det också poängteras att forsarna Lisseln och Borgaren har en liten fallhöjd, mindre än en meter. Vid djupare utgrävning än ned till 54 m.ö.h. (1,9 m djup) kommer bottenivån att understiga nivån i området mellan Lisseln/ Borgaren och den nedströms liggande Gysingeforsens tröskel.



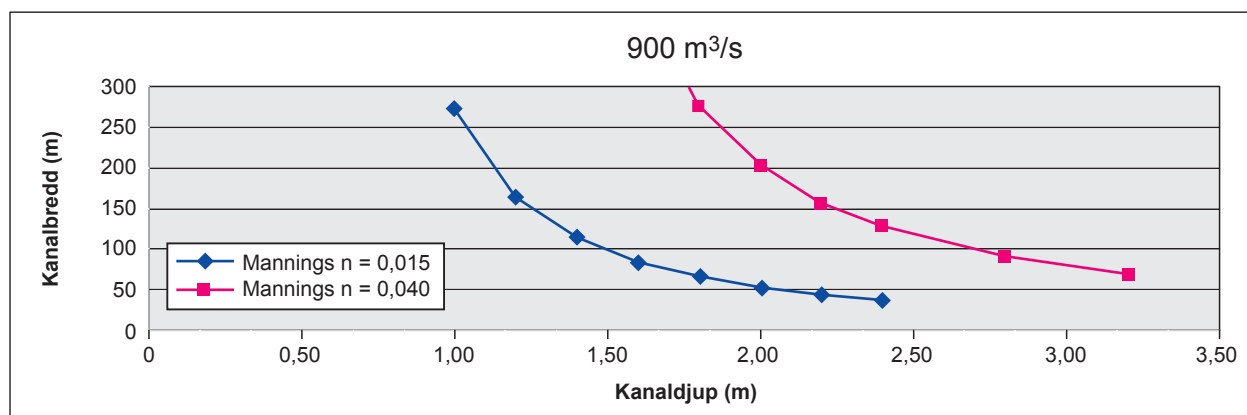
Figur 5. Vattenföringar för olika bredd och djup för en urgrävd kanal i en del av älvens tvärsnitt när Mannings  $n=0,04$ .

Det andra scenariot (Figur 6.) innehåller en gjuten kanal med liten friktion (Mannings  $n=0,015$ ). Detta medger högre vattenhastigheter och därmed mindre djup för motsvarande vattenföringar som i Figur 5.

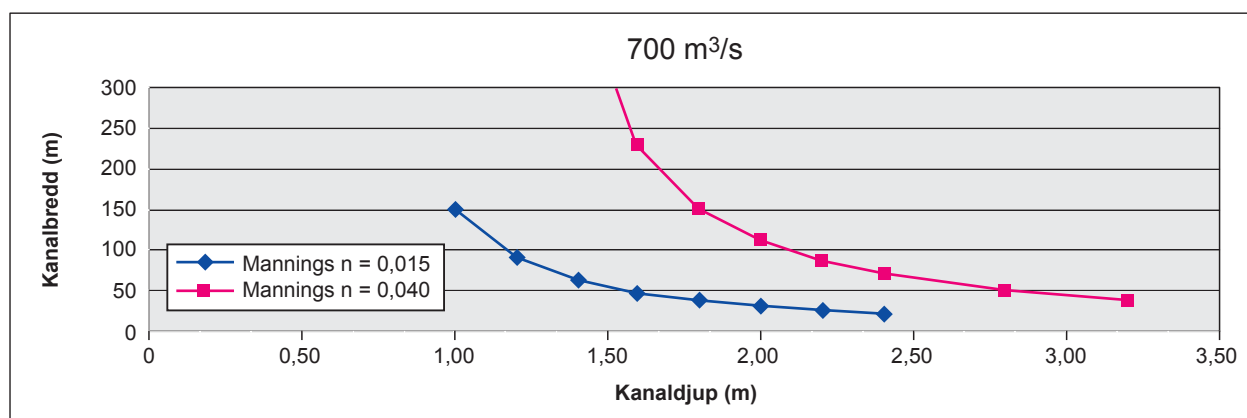


Figur 6. Vattenföringar för olika bredd och djup för en urgrävd kanal i en del av älvens tvärsnitt när Mannings  $n=0,015$ .

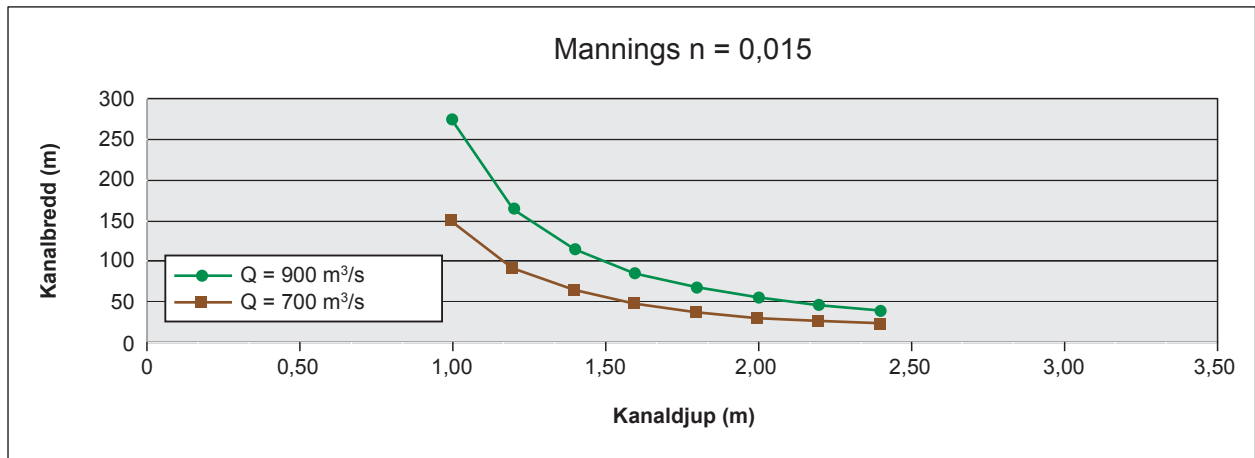
En jämförelse mellan de två scenarierna ses i Figur 7. Där har vattenföringen  $900 \text{ m}^3/\text{s}$  använts för att se vilken kombination av kanalbredd och djup som behövs för att uppnå detta flöde. Det framgår tydligt att en gjuten kanal gör att en betydligt mindre bredd och djup behöver användas. Figur 8 visar motsvarande för  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  och Figur 9 visar hur mycket bredare eller djupare en kanal behöver vara för att klara  $900 \text{ m}^3/\text{s}$  jämfört med  $700 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Figur 7. Kombinationer av kanalbredd och kanaldjup för att kunna erhålla  $900 \text{ m}^3/\text{s}$ . De två kurvorna visar två fall; med friktion som återspeglar dagens situation ( $n=0,040$ ) respektive friktion i en gjuten kanal ( $n=0,015$ ).



Figur 8. Kombinationer av kanalbredd och kanaldjup för att på motsvarande sätt kunna erhålla  $700 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Figur 9. Kombinationer av kanalbredd och kanaldjup för att kunna erhålla 900 m<sup>3</sup>/s respektive 700 m<sup>3</sup>/s. Bägge kurvorna bygger på friktion i en gjuten kanal (n=0,015).

Om alltså exempelvis ca 40 meter av älvfåran vid Lisseln tas i anspråk för en 2,5 meter djup gjuten kanal så skulle vattennivån i Färnebofjärden kunna hållas under 55,9 meter även vid en vattenföring på 900 m<sup>3</sup>/s, eller 20 meter av älvfåran för en vattenföring på 700 m<sup>3</sup>/s, och detta utan att några ingrepp behöver göras i den känsligare miljön vid Gysinge bruk.

### Reglering av kanalen

För att å andra sidan undvika att vattennivån i Färnebofjärden sjunker för lågt vid låg vattenföring i älven måste flödet genom kanalen kunna regleras. Det görs lämpligen med någonslags luckor vid inloppet till kanalen. Denna ”regleringsdamm” kan antingen göras så diskret och osynlig som möjlig, men den kan också göras fullt synlig och utformad även för andra ändamål. Exempelvis skulle den kunna byggas över med en plattform för besökare, som härigenom skulle kunna få närkontakt med älven och det strömmande vattnet intill. En annan variant skulle kunna vara att utforma kanalen som en ”riktig” kanal med en sluss, där båda slussportarna kan ställas upp samtidigt vid högvatten.

Vattnet i kanalen kommer vid lågvattenföring och stängda luckor att stå lägre än det strömmande vattnet i forsén intill, men eftersom fallhöjden alltid är mindre än en meter så kommer kanalkanten inte att behöva bli särskilt hög och dominerande. Den skulle dessutom kunna ”kläs” i sin övervattensdel med stenar mellan vilka vatten från forsén kan strila ner i kanalen, och på så vis göra den mindre skarp och iögonfallande.

### Förebyggande reglering

En kanal med dimensioner enligt ovan kan alltså säkra ett vattenstånd på 55,9 meter i Färnebofjärden vid ett flöde av 900 m<sup>3</sup>/s. Men möjligheten öppnas också att tillfälligt klara ännu högre flöden, utan att gå över 55,9-metersnivån. Redan när prognoserna visar att ökande flöden är att vänta kan luckorna öppnas för att skapa utrymme för de ökade volymerna.

Färnebofjärden har en areal på drygt 44 km<sup>2</sup>. Om man vet att mer vatten är på väg kan man genom att sänka Färnebofjärdens vattennivå till 54,3 m (dvs. ungefär så mycket som forsén tillåter) klara av ett inflöde till Färnebofjärden på ytterligare ca 200 m<sup>3</sup>/s under fyra dygn, samtidigt som bara 900 m<sup>3</sup>/s släpps nedströms, innan vattennivån på 55,9 m nås.

### **Åtgärder i Gysinge**

Det går naturligtvis att öka flödet ytterligare från Färnebofjärden genom att förlänga den föreslagna kanalen förbi Lisseln/Borgaren fram till Gysinge bruk och vidare genom bruket via den befintliga kraftstationskanalen, som då skulle behöva byggas om och fördjupas. Detta är dock ett betydligt större, dyrare och känsligare projekt än en kanal bara förbi Lisseln/Borgaren (som krävs i alla fall). Skulle en kanal förbi Lisseln/Borgaren byggas enligt ovan så finns det dessutom möjligheter att i framtiden skarva på med en fortsättning förbi Gysinge, om man vill öka kapaciteten.

### **Sammanfattning**

- Enbart rensningsåtgärder gör det inte möjligt att hålla en vattennivå i Färnebofjärden på max 55,9 m.ö.h. vid flöden upp till 900 m<sup>3</sup>/s, utan att för den skull riskera att sänka lågvattennivån jämfört med idag.
- Istället krävs en aktiv reglering av Färnebofjärdens nivå. För denna reglering är det dock tillräckligt att vidta åtgärder i kanten av en av älvfåror, eller t.o.m. helt vid sidan av älven.
- En tänkbar lösning är att gräva ut en kanal i kanten av Lisseln, genom vilken flödet kan regleras med luckor.
- Med en sådan lösning kan man klara det uppsatta målet utan att några åtgärder alls behöver vidtas vid Gysinge bruk, åtgärder som inte bara riskerar den känsliga miljön där, utan som även skulle kunna bli mycket kostsamma.
- Åtgärder i Gysinge bruk skulle emellertid kunna öka kapaciteten i kanalen förbi Lisseln/Borgaren, om man i framtiden vill göra det möjligt att tappa mer vatten ur Färnebofjärden.
- Med viss förebyggande tappning förbi Lisseln/Borgaren skulle nivån 55,9 kunna klaras även vid kortvariga flödestoppar på över 900 m<sup>3</sup>/s.

### **Avslutande kommentar**

Eftersom det i dagsläget är mycket oklart hur mycket vatten som respektive gren av Dalälven transporterar, vilket i sin tur kan påverka, både positivt och negativt beräkningarna i denna rapport, hur stor en kanal måste vara för att kunna åstadkomma önskat flöde måste detaljerade hydrauliska beräkningar genomföras innan beslut tas om genomförande av åtgärder av forsarna kring Gysinge. Detta förutsätter dock att bland annat djupmätningar i Dalälvens olika grenar vid Färnebofjärdens utlopp utförs.

## Referenser

Bray, D.I. (1973) Regime relations for Alberta gravel-bed rivers, in: *Fluvial Processes and Sedimentation*, Proceedings of Hydrology Symposium May 8 and 9, 1973, Alberta, Edmonton, National Research Council of Canada.

Kungl. Vattenfallsstyrelsen (1921) Förteckning över Sveriges Vattenfall, nr 53 Dalälven.

SMHI (2010) Sveriges vattendrag. Faktablad nr 44 – 2010.

Sundborg, Å. (1956) The River Klarälven: A Study of Fluvial Processes. *Geografiska Annaler* Vol. 38, No. 3, pp. 238-316.