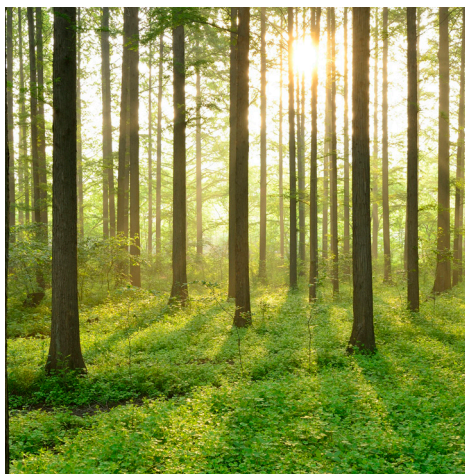


# HYDRAULISK BEDÖMNING AV DEN NATURLIGA DÄMPNINGEN I ÄLVSTRÄCKOR

RAPPORT 2020:701



VATTENKRAFT

VATTENKRAFTENS  
MILJÖFORSKNINGSPROGRAM





# Hydraulisk bedömning av den naturliga dämpningen i älvsträckor

ANDERS ANDERSSON

ISBN 978-91-7673-701-9 | © Energiforsk november 2020

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se



## Förord

**Förståelse av den naturliga inneboende dämpningen av flödesförändringar, till exempel genom korttidsreglering, i ett vattendrag är viktigt för att kunna bedöma vilken inverkan som en korttidsreglering har på älvar.**

I denna rapport har ett verktyg tagits fram och tillämpats på två reglerade älvsträckor. Med verktyget kan den naturliga dämpningen i älvsträckor beskrivas och sedan tillämpas för att minska korttidsregleringens lokala miljöpåverkan samtidigt som produktionsförluster kan minimeras.

Projektet har letts av Anders Andersson vid avdelningen för strömningslära och experimentell mekanik på Luleå tekniska universitet. Det har utförts med stöd från vattenbyggnadshydraulikgruppen på avdelningen för Strömningslära och experimentell mekanik (främst genom adjungerad professor Patrik Andreasson).

Projektet har följts av programmets styrgrupp bestående av Birgitta Adell (Fortum), Erik Sparrevik (Vattenfall), Johan Tielman (Sydkraft Hydropower), Linda Olofsson (Holmen), Susann Handler (Jämtkraft), Jakob Bergengren (Tekniska verken i Linköping), Angela Odelberg (Statkraft), Sandra Åström (Skellefteå kraft) och Olivia Langhamer (Havs- och vattenmyndigheten).

Rapporten har tagits fram inom Vattenkraftens miljöforskningsprogram som verkar för ny kunskap och en ökad kompetens om åtgärder inför beslut om investeringar i vattenkraft. Programmet koordinerats av Energiforsk och finansieras av Vattenfall Vattenkraft, Fortum, Sydkraft Hydropower, Statkraft Sverige, Skellefteå Kraft, Holmen Energi, Jämtkraft, Tekniska Verken i Linköping, Mälarenergi, Sollefteåforsens, Karlstads Energi och Jönköping Energi.

Bertil Wahlund

Februari 2021

Energiforsk

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

## Sammanfattning

**Förändringen i vattennivå och hastighet från en plötslig flödesändring i en älv dämpas ut med ökat nedströms avstånd från förändringen.**

**Omfattningen av denna dämpning är aldrig generell utan beror av till exempel älvens djup, bredd, tvärsnitt, bottenstruktur och initialt flödestillstånd i den undersökta sträckan. Att bestämma omfattningen av denna naturliga dämpning i ett vattendrag är ett viktigt steg i att förstå de hydrauliska förutsättningarna i vattendraget och bör tas i beaktande till exempel när man utvärderar vattendragets tålighet för korttidsreglering samt när man bedömer förutsättningarna för att göra miljöåtgärder i reglerade vattendrag.**

Att bestämma hur mycket naturlig dämpning som finns i ett vattendrag kräver antingen relativt omfattande fältmätningar kopplat till tidsupplöst flödesdata eller hydrauliska simuleringsmodeller och helst en kombination av dessa metoder. Båda angreppssätten är tidskrävande och ställer höga krav på underlag i form av till exempel bottengeometrier och hydrauliska data. Målet med detta projekt är därför att ta fram ett enklare verktyg som relaterar flödesändringar till inverkan på flöde, djup och hastighet längs angränsande vattendrag. Genom att kvantifiera denna dynamik fås en beskrivning av vattendragets egendämpning t ex från förändringar i stationsflöden, vilket sedan kan tillämpas på flertalet miljörelaterade frågor så som påverkan på habitat, strandningsrisk för fisk och hydrauliska förutsättningar för fiskvandring.

Två förenklade analytiska metoder har använts för att modellera hur en plötslig nolltappning och en plötslig flödesökning påverkar flöde och vattennivå i ett idealiserat vattendrag. För ökad användarvänlighet så har ett webbaserat gränssnitt tagits fram där de nödvändiga variablerna som beskriver den undersökta sträckan matas in och skickas till en lösare som genererar figurer som beskriver flöde och ytnivå efter förändringen. Flertalet variabler har även tagits fram i ett försök att kvantifiera dämpningen, där deras fördelar och nackdelar vägts mot varandra.

Slutligen har verktyget tillämpats på två kända älvsträckor (Stornorrfors torrfåra och Akkats-Letsi i Luleälven) där underlag finns i form av bottengeometri, uppmätta ytnivåer och flödesdata. Eftersom det är svårt att representera ett verkligt flödesfall med den förenklade modellen så är det svårt att göra en kvantitativ validering av resultaten, men modellen verkar beskriva förloppen på ett realistiskt sätt och med rimliga tidsskalor.

## Summary

**The change in water level and velocity from a sudden flow change in a river is dampened with increasing downstream distance from the flow change. The extent of this dampening depends on, for example, the river's depth, width, cross-section, bottom structure and initial flow condition in the investigated section. Determining the extent of this natural dampening in a river is an important step in understanding the hydraulic conditions in the river and should be considered, for example, when estimating the rivers resilience to short-term regulation and when evaluating the possibilities for environmental measures in regulated rivers.**

Determining how much natural dampening is present in a river requires either extensive field measurements linked to time-resolved flow data or hydraulic simulation models and preferably a combination of these methods. Both approaches are time-consuming and place high demands on hydraulic data in the form of, for example, bottom geometries and time-series of flow rates. The goal of this project is therefore to develop a simpler tool that relates flow changes to the impact on flow, depth and velocity along adjacent river stretches. By quantifying this dynamic, a description of the river stretches own dampening is obtained, for example, from changes in station flows, which can then be applied to many environmental issues such as impact on habitat, stranding risk for fish and hydraulic conditions for fish migration.

Two simplified analytical methods have been used to model how a sudden discharge stop and a sudden flow increase affect flow and water level in an idealized river stretch. For increased accessibility, a web-based interface has been developed where the necessary variables describing the investigated river stretch are submitted to a solver who returns figures that describe flow and surface levels after the flow change. Several variables have also been developed in an attempt to quantify the dampening, where their advantages and disadvantages are weighed against each other.

Finally, the tool has been applied to two known river stretches where data are available in the form of bottom geometry, measured surface levels and flow data. Since the simplified models have difficulties representing a real flow case, it is difficult to make a quantitative validation of the results, but the model seems to describe the processes in a realistic way and with reasonable time scales.

## Innehåll

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>METOD</b>	<b>8</b>
2.1	Förenklad Modell av plötslig nolltappning	8
2.2	Förenklad modell av plötslig flödesökning	8
2.3	Verktyg	9
<b>3</b>	<b>RESULTAT</b>	<b>10</b>
3.1	Dämpningsparametrar	11
3.2	Tillämpad sträcka – Stornorrfors torrfåra, Umeälven	12
3.3	Tillämpad sträcka – Akkats till Letsi, Luleälven	14
<b>4</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>16</b>



# 1 INLEDNING

**En av de viktigaste komponenterna för att bedöma vilken inverkan korttidsreglering har på älvar är förståelsen och verktygen för hur ett vattendrag fungerar hydrauliskt. Hydrauliken hos ett vattendrag är dock bara en pusselbit i ett större systemperspektiv och måste anpassas till frågeställningar viktiga för biologi, produktionsanläggning, rekreativvärden, dammsäkerhet, sedimenttransport, erosion m.m. Det är därför viktigt att de hydrauliska verktygen anpassas till dessa.**

Av speciell vikt är de dynamiska effekterna i ett vattendrag påverkat av reglering. Då dessa inte alltid är intuitiva och aldrig är generella behöver betydelsen tydligare belysas och lämpliga verktyg utprovas. Om en korttidsreglerings flödesvariationer generaliseras över en större vattenförekomst utan att den naturliga inneboende dämpningen i vattendraget tas hänsyn till, så kan responsen bli kraftigt missvisande. Denna inneboende tålighet mot flödesförändringar är därför viktig i bedömningen av hur produktionsbegränsningar och krav på spill skall vägas för maximal miljönytta.

Omfattningen av den naturliga dämpningen av flödesförändringar i ett vattendrag beror av t.ex. avståndet mellan kraftstationer, älvens lutning, strandlinjernas form och bottenpogografien och är i många fall påtaglig. I den viktiga avvägning mellan förnybar kraftproduktion och lokala miljövärden (eller om man så vill mellan miljövärden för klimat och biologisk mångfald) är detta en potential som behöver belysas och nyttjas bättre. Genom att beskriva den inneboende dämpningen i en given älvsträcka med så enkla parametrar som möjligt fås ett mått på hur känslig sträckan är för korttidsreglering och med hänsyn till detta kan sedan de hydrauliska storheter som är viktiga för t.ex. fiskvandring och bottenfauna utvärderas.

Att utvärdera den naturliga dämpningen i ett vattendrag kräver i dagsläget att utförliga hydrauliska simuleringar av vattendraget utförs eller omfattande fältstudier kombinerat med bra tillgång på flödesdata. Målet med detta projekt är att ta fram ett enklare verktyg som relaterar flödesändringar till inverkan på flöde, djup och hastighet längs angränsande vattendrag, där man med så enkla beskrivningar som möjligt av sträckan och förhållandena i den kan uppskatta dämpningens omfattning på ett trovärdigt sätt.

Med detta verktyg kan således den naturliga inneboende dämpningen i älvsträckor beskrivas och sedan tillämpas för att minska korttidsregleringens lokala miljöpåverkan samtidigt som produktionsförluster minimeras.

## 2 METOD

**Målet var att utveckla ett verktyg som kan ge en snabb och noggrann beskrivning av dämpningen i en älvsträcka utan att ställa samma krav på underlag och beräkningstider som en hydraulisk simuleringsprogramvara (som oftast löser Shallow Water Equations, en förenkling av Navier-Stokes ekvationer för strömmande fluider).**

Det är idag välkänt att det dynamiska förloppet ser olika ut för en flödesökning eller flödesminskning (en flödesökning är typiskt en snabbare process än en flödesänkning) så används här två olika förenklade modeller av flöde i älvar för att beskriva två olika flödesfall, plötslig nolltappning och plötslig flödesökning.

### 2.1 FÖRENKLAD MODELL AV PLÖTSLIG NOLLTAPPNING

Mannings formel beskriver en "kinematic wave equation" (en förenkling av Shallow Water Equations) och är en beprövad metod för att uppskatta hur flödesförhållandena i en älv varierar beroende av geometri och bottenstruktur. Den beskriver flödet  $Q$  som:

$$Q = MAR_H^{2/3} S^{1/2} \quad (1)$$

där  $M$  är Mannings koefficient (hädanefter används den internationella formuleringen  $n=1/M$ ),  $R_H$  är den hydrauliska radien och  $S$  är energilinjens lutning.

För att bestämma hur ytnivåer och flöde vid två efterföljande kraftstationer där det blir plötslig nolltappning i det övre kraftverket, kan man genom att förenkla problemet (anta rektangulärt tvärsnitt) och göra antagandet att vattenytans lutning mellan två kraftstationer är konstant, beräkna  $S$  och sträckans volym  $V$  som:

$$S = \frac{(h_1 - h_2)}{L} \quad (2)$$

$$V = \frac{1}{2}(h_1 + h_2)BL \quad (3)$$

där  $h_1$  och  $h_2$  är ytnivåerna vid kraftverken,  $B$  är älvens bredd och  $L$  är längden på älvsträckan mellan stationerna. Flödet kan då beskrivas både genom volymändringen och Mannings formel:

$$Q = -\frac{\partial V}{\partial t} = -\frac{1}{2}BL \frac{\partial h_1}{\partial t} = -\left(\frac{1}{2}\right)^{5/3} n^{-1} B (h_1 + h_2)^{5/3} S^{1/2} \quad (4)$$

och i fallet där ytnivån  $h_2$  hålls konstant i det nedre kraftverket kan man bestämma en lösning för hur djupet  $h_1$  ändras vid det övre kraftverket och sedan beräkna flödet  $Q$  vid det nedre kraftverket.

### 2.2 FÖRENKLAD MODELL AV PLÖTSLIG FLÖDESÖKNING

En analytisk lösning till "diffusion wave equation" (en mer realistisk beskrivning av Shallow Water Equations) kan härledas fram för några specialfall under vissa

antaganden. Ett sådant fall är en plötslig flödesökning. Lösningen för hur flödet ändras som funktion av tid efter flödesökning och nedströms koordinat blir i det fallet:

$$Q(x, t) = Q_0 + \frac{\delta Q}{2} \left( 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{x - Ut}{\sqrt{4D_t t}} \right) + \exp \left( \frac{Ux}{D_t} \right) \left( 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{x + Ut}{\sqrt{4D_t t}} \right) \right) \right) \quad (5)$$

med rand/initialvillkoren

$$Q(0, t) = Q_0 + \delta Q \text{ för } 0 < t < \infty$$

$$Q(x, 0) = Q_0 \text{ för } 0 < x < \infty$$

Dvs. vid en tidpunkt  $t = 0$  ökas flödet på inloppet från  $Q_0$  till  $Q_0 + \delta Q$ . I ekvation 5 beskriver  $x$  avståndet från inloppet och  $U$  diffusionsvågens utbredningshastighet. Diffusionskoefficienten  $D_t$  definieras som

$$D_t = \frac{Q}{2BS_f}$$

Där  $S_f$  är "friction slope", vilket kan antas vara ungefär samma som vattenytans lutning. Om flödesökningen är "liten" i förhållande till startflödet så kan man anta att diffusionskoefficienten är konstant vilket gör det enklare att lösa ekvation 5 numeriskt.

### 2.3 VERKTYG

Ett webbaserat verktyg för att lösa ovanstående ekvationer utvecklades med hjälp av Django, som är ett "high-level Python web framework". Genom ett formulär på en hemsida kan variabelvärden för en idealiserad älvsträcka matas in. Dessa skickas sedan till ett pythonskript som löser ekvationerna för nolltappning eller plötslig flödesökning, ekvation 4 respektive ekvation 5, och skickar tillbaka figurer som beskriver förloppet tillsammans med värdena på intressanta dämpningsparametrar. Genom att testa olika värden på indata kan man få en uppskattning av hur t ex förändringar i kanalbredd eller bottenråhet påverkar dämpningsförloppet.

### 3 RESULTAT

Verktøget öppnas i en webbläsare där de nödvändiga indatavariablerna som beskriver älvsträckan matas in, se figur 1. För de variabler som inte är enkla att bestämma så som bottenråheten genom Mannings tal och bottenlutningen visas förslag med lämpliga värden för olika typer av älvsträckor.

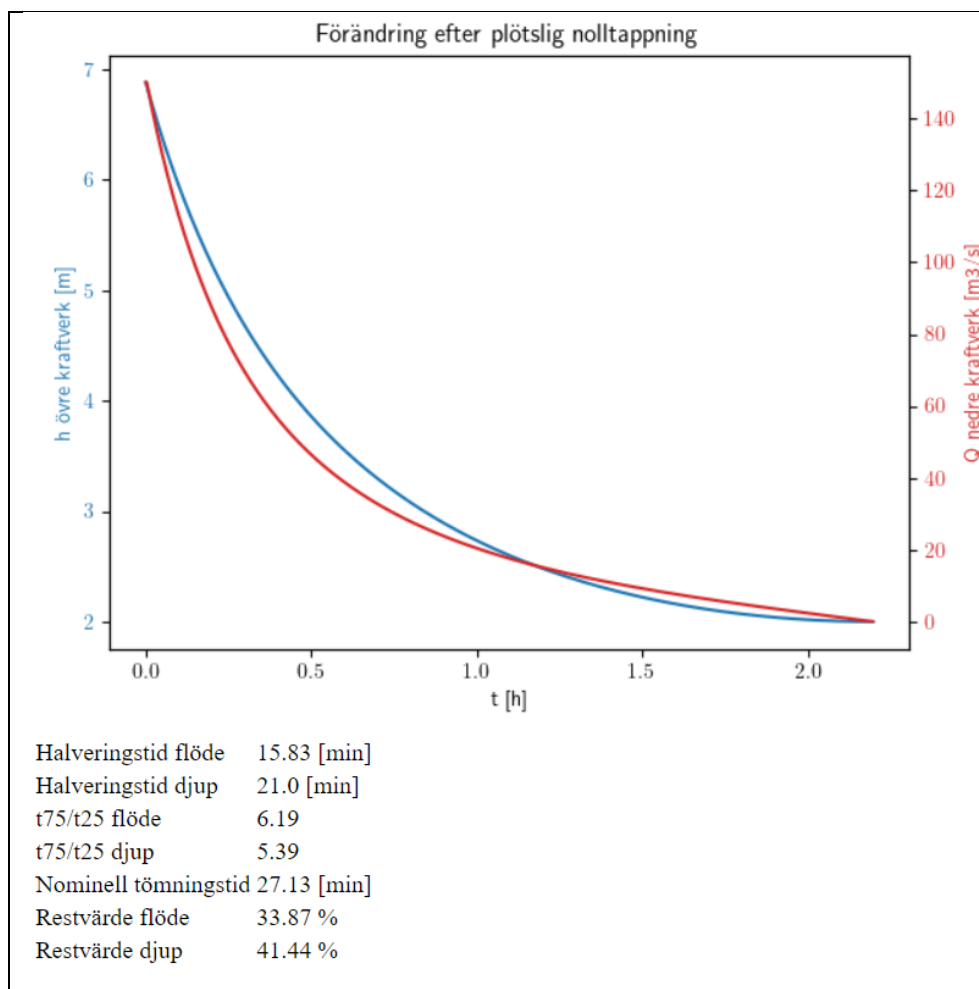
Dämpning för flöde mellan två kraftverk med konstant nivå nedströms och plötslig nolltappning uppströms

Initiellt flöde [m<sup>3</sup>/s]:   
 Kanalbredd [m]:   
 Längd [m]:   
 Mannings tal n:   
 Nedströms vattennivå [m]:

Typ av botten	Mannings tal n
Betong	0.011-0.015
Naturlig botten (jämn)	0.02-0.035
Naturlig botten (ojämn)	0.04-0.06

Figur 1. Webformulär för fallet med plötslig nolltappning.

Beroende på vilket av fallen som undersöks så skickas det inmatade värdena till olika pythonscript som löser ekvation 4 eller ekvation 5. Skripten genererar figurer som visar flöde och/eller djup som funktion av tid samt beräknar olika parametrar som kan vara intressanta för att beskriva dämpningen i sträckan, se figur 2.



Figur 2. Resultat av beräkning: figur och beräknade dämpningsparametrar

### 3.1 DÄMPNINGSPARAMETRAR

Ett av de enklaste måtten på dämpning är halveringstiden för flöde eller djup. Eftersom förloppen inte är linjära så kan halveringstiden dock ge en missvisande bild och den har även nackdelen att den inte är ett generellt resultat eftersom den är beroende på de just i detta fall aktuella förhållandena, vilket gör det svårt att jämföra två olika sträckor mot varandra.

En mer tydlig och dimensionslös beskrivning av hur utdragen processen är, kan man illustrera med tidskvoten  $t_{75\%}/t_{25\%}$ , d.v.s. en kvot mellan tiden vid 75% till tiden vid 25% förändring. För fallet i figur 2 är denna tidskvot 6,2 för flödet och 5,4 för hastigheten. En jämförelse är tidskvoten för om flödet före nolltappningen fortsatte oförändrad i station 2. Tidskvoten skulle då bli 3, d.v.s. vårt fall kan sägas vara ungefär "dubbelt så dämpat" mot detta idealiserade fall.

För detta idealiserade fall kan man benämna en nominell tömningstid, d.v.s. skillnad i volym i kanalen för de två jämviktstillstånden ( $150 \text{ m}^3/\text{s}$  respektive  $0 \text{ m}^3/\text{s}$ ) dividerat med flödesändringen. Den uttrycker alltså hur länge det skulle ta att tömma kanalen med det flöde som var innan nolltappningen inträffade. För vårt fall i figur 2 är den nominella tömningstiden ca 27 min. Dämpningen i

vattendraget kan då beskrivas som restvärdet som återstår efter den nominella tömningstiden. I vårt fall är restvärdet för flödet 34% och för nivåändringen 41%.

### 3.2 TILLÄMPAD STRÄCKA – STORNORRFORS TORRFÅRA, UMEÄLVEN

Modellen testas på två kända sträckor varav den första är torrfåran i Stornorrfor i Umeälven. Torrfåran är drygt 8 km lång och har en tämligen varierad geometri med både naturliga och konstruerade avvikelser. De flesta av dessa är dock belägna längst uppströms eller nedströms i torrfåran och i mitten finns det en 5 km lång, relativt rak delsträcka där tvärsnittet inte varierar särskilt mycket som därmed lämpar sig för att testa modellen på. Ett av de typiska flödesfallen som förekommer i torrfåran är en flödesökning från 21 m<sup>3</sup>/s till 50 m<sup>3</sup>/s som här undersöks där kanalbredden, bottenlutningen och bottenråheten uppskattas från kartmaterial och tidigare modelleringsstudier, se figur 3.

**Beräkning av en plötslig flödesökning vid kraftverks påverkan vid olika avstånd nedströms**

Initiellt flöde [m<sup>3</sup>/s]:   
 Flödesökning [m<sup>3</sup>/s]:   
 Kanalbredd [m]:   
 Mannings tal n:   
 Bottenlutning S [m/m]:   
 Kanallängd [m]:

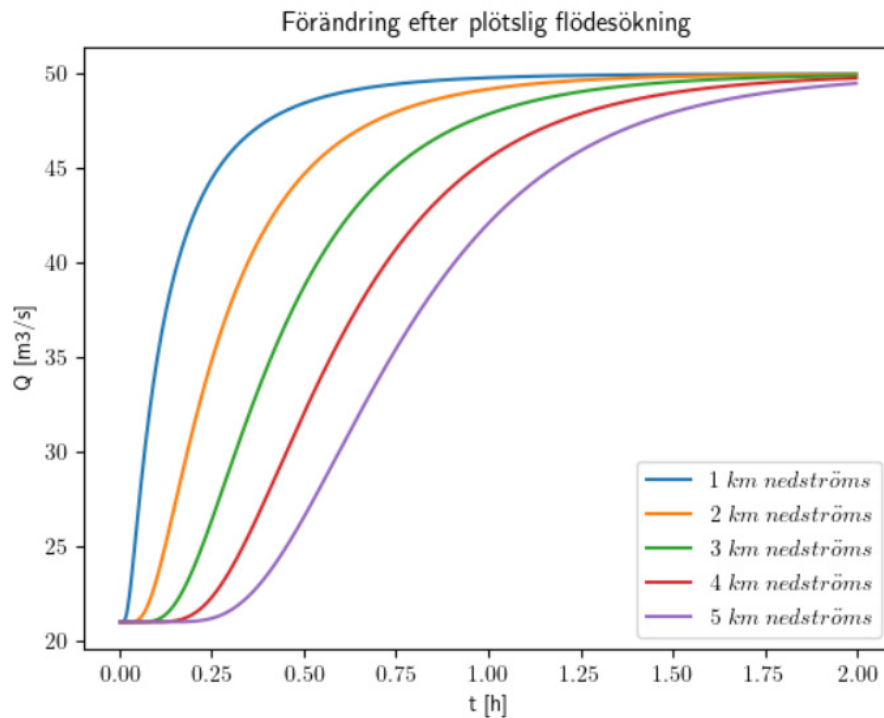
Typ av botten	Mannings tal n
Betong	0.011-0.015
Naturlig botten (jämn)	0.02-0.035
Naturlig botten (ojämn)	0.04-0.06

Typ av sträcka	Ungefärlig lutning
Låg lutning	0.001-0.004
Brant lutning	0.005-0.01

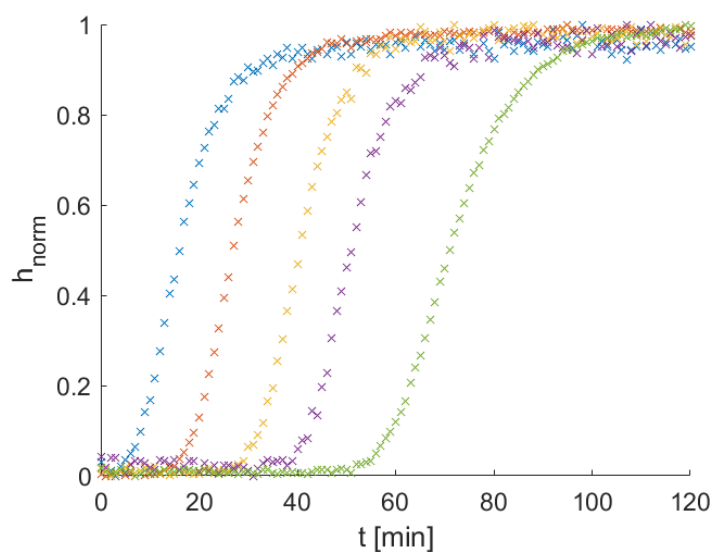
Figur. 3. Uppskattade värden för delsträckan i Stornorrfor torrfåra

Resultatet av modelleringen blir en figur som visar hur flödet (även ytnivån påverkan kommer att implementeras) ändras som funktion av tiden efter flödesändringen för några olika positioner nedströms, se figur 4.



Figur 4. Förändring efter plötslig flödesökning för Stornorrfors torråra

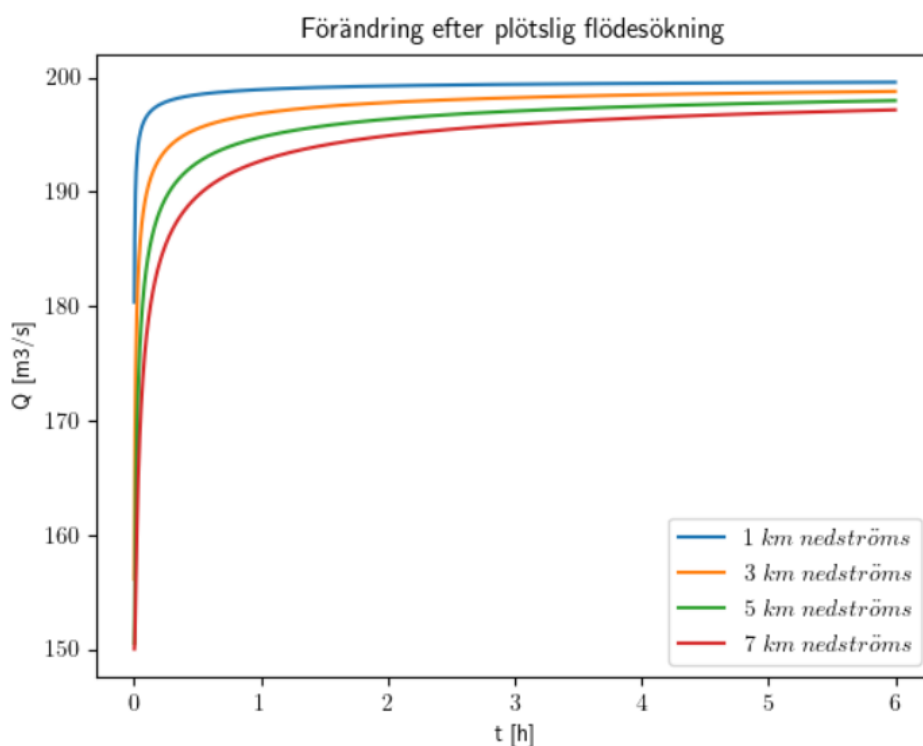
Eftersom den här flödesökningen är frekvent förekommande i torråran kan den därför jämföras med uppmätta ytnivåer. I det verkliga fallet sker flödesökningen vid kraftverksdammen och inte vid början av den mer uniforma delen av fåran där modellen börjar och de utplacerade nivåmätarna ligger ej på samma nedströms avstånd som i modellen, vilket gör det svårt att göra kvantitativa jämförelser, men kvalitativt så ser förloppen lika ut samt har liknande tidsskalor, se figur 5.



Figur 5. Uppmätta normerade ytvariationer vid motsvande flödesökning för nivåmätare vid olika nedströmspositioner i Stornorrfors torråra

### 3.3 TILLÄMPAD STRÄCKA – AKKATS TILL LETSI, LULEÄLVEN

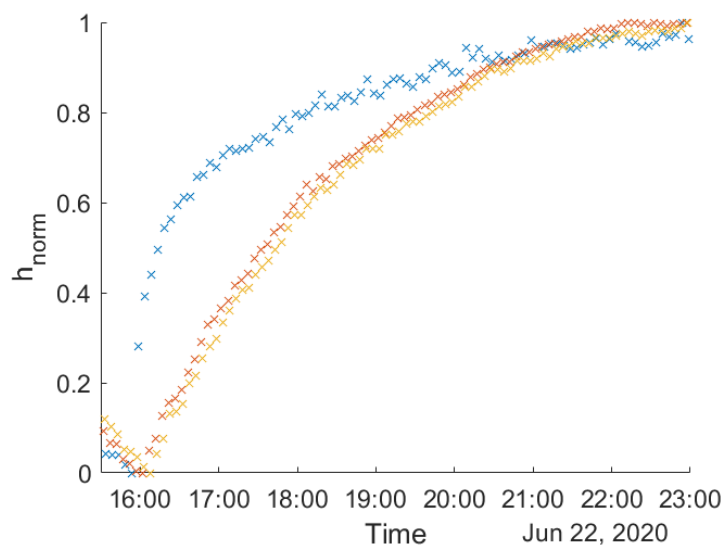
Enligt tidigare hydrauliska simuleringar så styrs vattenytans nivå i sträckan mellan Akkats och Letsi kraftverk till ungefär halva sträckan av vilken ytnivå som hålls i reservoaren vid Letsi damm. Uppströms den punkten där ytans nivå börjar variera finns en sträcka på drygt 7 km som passar för utvärdering av beräkningsverktyget. Bredden varierar en del från drygt 200m på de smalaste ställena till drygt 600 m på de bredaste och antas här som 400 m. Lutningen uppskattas som lutningen av vattenytan, även den från en tidigare hydraulisk modell och är betydligt lägre än för torråran i Stornorrfors (ungefär 0,1 m höjdskillnad över hela sträckan) och botten antas vara slätare ( $n = 0,03$ ). Figur 6 visar flödesförändringen vid några nedströmspositioner när flödet plötsligt ökar från 150 m<sup>3</sup>/s till 200 m<sup>3</sup>/s i sträckan.



Figur 6. Förändring efter plötslig flödesökning för Akkats-Letsi

Även för denna sträcka finns uppmätta ytnivåer vid några enstaka positioner. Då flödesändringen sker högre uppströms än modellen börjar samt att den exakta storleken och varaktigheten av flödesökningen inte är känd går det dock inte heller här att göra direkta jämförelser. De normerade uppmätta nivåerna i sträckan för en ej definierad flödesökning är presenterade i figur 7.





**Figur 7. Uppmätta normalade ytvariationer vid en okänd flödesökning för nivåätare vid olika nedströmspositioner**

Det uppmätta förloppet är betydligt mer dämpat än det modellerade fallet, dvs kurvorna är betydligt flackare vilket beskriver en mer utdragen process. De blå markeringarna visar ytnivån nära sträckans inlopp liknar snarare förloppet som sker i de mest nedströms belägna positionerna i figur 6. Detta kan delvis förklaras med att förloppet ej är känt, dvs varken initialt flöde, slutligt flöde eller tiden flödesökningen tog. Det är även rimligt att anta att en del av flödesökningen redan dämpats ut innan den kommit fram till modellens inlopp.

## 4 DISKUSSION

**Det framtagna verktyget ger ett snabbt och detaljerat svar på hur dämpningsprocessen ser ut både för fallet med nolltappning och flödesökning och kan vara användbart för att utvärdera olika älvsträckors naturliga dämpning. Kravet på indata är fortfarande relativt högt och det kan vara svårt att bestämma lämpliga värden utan bra kännedom om sträckan eller tidigare utförda hydrauliska modelleringar. Att tolka resultaten kräver också en viss förståelse om hydrauliska parametrar.**

De två sträckorna där verktyget tillämpats har väldigt olika hydrauliska förutsättningar. Där torrfåran är brant, relativt smal och med stor bottenråhet i förhållande till djupet så har sträckan i Luleälven nästan sjölika förhållanden, vilket är intressant för att se hur modellen klarar olika typer av älvsträckor. Detaljerade flödesdata saknas tyvärr för Akkats-Letsi för perioden där ytnivåerna mättes upp, så hur den egentliga flödesökningen såg ut är tämligen osäkert. Troligen bidrar skillnaderna i förloppet, dämpningen som redan skett innan sträckan börjar och den förenklade geometrin tillsammans till skillnaderna mellan figur 6 och figur 7.

I projektet ingick även att utvärdera olika parametrar som beskriver dämpningen i en älvsträcka. Fördelar och nackdelar med olika parametrar har presenterats, men det är svårt att dra slutsatser om vilken kombination av parametrar som bäst beskriver dämpningsförloppet. Här skulle en mer tillämpad problemställning vara intressant att undersöka i framtiden.

Modellen för plötslig nolltappning är en markant förenkling av verkligheten och eftersom resultaten bara fås vid sträckans inlopp och utlopp är den också av begränsad nytta. Ett av de mer intressanta områdena för utveckling av verktyget är därför att hitta en bättre modell för generella flödessänkningar. Det hade även varit intressant att expandera valet av tvärsnittsform för att bättre beskriva älvens geometri. Även gränssnittet har stor potential för utveckling, det hade t ex varit användbart att lägga in möjligheten att jämföra två eller fler fall med varandra. En annan intressant möjlighet är att lägga in funktioner för att direkt utvärdera levnadsförhållanden för fisk eller bottenlevande organismer. Exempelvis så skulle man kunna implementera hur snabb förändringen i ytnivå blir i kända habitatområden och utifrån detta utvärdera vilken strandningsrisk det betyder för fisk.

## Sökord

Naturlig dämpning, hydraulik, ekohydraulik, korttidsreglering



# HYDRAULISK BEDÖMNING AV DEN NATURLIGA DÄMPNINGEN I ÄLVSTRÄCKOR

En viktig del i att förstå hur ett vattendrag reagerar på flödesförändringar, till exempel en korttidsreglering, är att känna till den naturliga inneboende dämpningen i vattendraget.

Här har ett verktyg tagits fram som beskriver den naturliga dämpningen i en älvsträcka. Modellen beskriver både plötsliga flödesökningar och nolltappning. Den har använts på de två reglerade älvsträckorna Stornorrfors torråra och Akkats-Letsi i Luleälven och verkar beskriva förloppen på ett realistiskt sätt och med rimliga tidsskalor.

Resultaten kommer att kunna tillämpa för att minska den lokala miljöpåverkan av korttidsreglering samtidigt som produktionsförlusterna minimeras.

## Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se)