



Länsstyrelsen
Västra Götaland

Åtgärdsplan för Gullspångslax

Slutrapport för projekt GRAP,
GullspångRiverActionPlan 2018-2020



Rapportnr: 2021:06

ISSN: 1403-168X

Titel: Åtgärdsplan för Gullspångslax-Slutrapport för projekt GRAP GullspångRiverActionPlan 2018-2020

Rapportansvarig: Nilsson Fredrik

Foto: Laxunge i Gullspångsälven, Fredrik Nilsson, Länsstyrelsen i Västra Götaland

Utgivare: Länsstyrelsen Västra Götaland

Förord

Gullspångslaxen och -öringen ska räddas!

Den storvuxna Gullspångslaxen tillbringar hela livet i sötvatten och motsvarande levnadsmönster finns endast hos ett fåtal laxstammar runt om i världen. Mellan åren 2004 och 2008 genomfördes Projekt Gullspångslaxen och inför projektstarten undertecknades en avsiktsförklaring mellan ett flertal intressenter. Målet var att säkerställa överlevnaden för den vilda laxen och öringen i älven. Många angelägna åtgärder planerades och genomfördes. För att nå projektmålet kombinerades ändrad vattenhushållning med tekniska anläggningar och andra miljöförbättrande åtgärder till en kostnad på totalt 60 Mkr. För att säkerställa den framtida förvaltningen bildades ett naturreservat år 2006.

Det som hittills gjorts för att bevara dessa unika stammar har inte visat sig vara tillräckligt. Ytterligare åtgärder behövs för att säkra bestånden. Insatserna består initialt av att med hjälp av ny kunskap upprätta nya bevarandemål och därefter presentera vilka ytterligare åtgärder som behöver genomföras.

Undertecknade intressenter har genom deltagande i projektet Gullspång River Action Plan (GRAP) samt i anslutning till projektet initierade forskningsprojekt och utredningar, bidragit till det framtida bevarandet av Gullspångslax och öring!



Länsstyrelsen
Västra Götaland



Länsstyrelsen
Örebro län



Gullspångs kommun



Havs
och Vatten
myndigheten



Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	6
Projektbeskrivning	9
Grunden till projekt GRAP	9
Syfte och mål.....	11
Projektstart och organisation	11
Bakgrund	13
Historisk beskrivning av laxvandring och laxfisken	17
Nuvarande förhållanden i Gullspångsälven.....	21
Natura 2000 och naturreservat.....	22
Projekt Gullspångslaxen.....	22
Utredningar och undersökningar	24
Resursövervakning.....	24
Elfiskeundersökningar.....	24
Smoltutvandring och smoltålder	27
Laxens uppväxt i Vänern	28
Lekgropsräkning	31
Smolträkning och smoltutvandring	32
Smolthjul	32
Akustisk telemetri.....	32
Delprojekt 1. Populationsgenetisk utredning	33
Genetisk status och bevarandemål för lax och öring i Gullspångsälven.....	33
Genetic structure of lake salmon and brown trout.....	35
Reproduction of landlocked salmon and brown trout 2014-2019	41
Genetisk status hos odlad linje.....	45
Slutsatser och förslag på genetiska mål för att uppnå Gynnsam bevarandestatus	46
Delprojekt 2. Populationsmodell	48
Ursprungliga och nuvarande uppväxtmiljöer för Gullspångslax och Gullspångsöring	48
Bestandsmodell för lax med effekt av olika åtgärdsförslag	51
Delprojekt 3. Åtgärder och utredningar Vänern-Skagern	55
Hydrauliska effekter av regleringen.....	55
Modellering av hydraulik och habitat i Stora och Lilla Åråsforsen.....	58
Vattentemperaturens inverkan på lax och öringungar i Gullspångsälven	64
Föreslagna kortsiktiga miljöåtgärder.....	68
Biokanal Gullspång.....	68
Utökning av Gullspångsforsens areal	70
Ny fiskväg Gullspång.....	71
Biotoprestaurering i Lilla Åråsforsen	72
Lekgrusutläggning	72
Åtgärder för smoltutvandring.....	73

Åtgärder för uppvandring av lekfisk	74
Förändrad reglering	74
Genomförda biotopåtgärder 2019.....	76
Arbetenas utförande	76
Genomförda åtgärder i Gullspångsforsen	76
Genomförda åtgärder i Lilla Åråsforsen	78
Genomförda åtgärder i Stora Åråsforsen	79
Reparation av fiskväg	80
Slutsatser, projektets måluppfyllelse	81
Referenser	82
Bilaga 1 Lekgropar och elfiskelokaler	84

Sammanfattning

Den vilda Gullspångslaxen har ända sedan älven byggdes ut i början av 1900-talet varit kraftigt decimerad, och är sedan dess helt beroende av de kvarvarande forssträckorna nedströms Skagern för sin lek- och uppväxt. I den nedersta delen av älven ligger Stora och Lilla Åråsforsen som tillsammans med den gamla naturfåran vid Gullspång utgör de enda kvarvarande lek- och uppväxtområdena för älvens unika laxbestånd. Längre tillbaka vandrade laxen förbi Skagern och upp i Letälven. Historisk gräns för laxvandring har med största sannolikhet varit Brattforsen i Svartälven.

Projektet GRAP, GullspångRiverActionPlan, startade under 2018 och har pågått under tre år fram till och med 2020. Länsstyrelsen i Västra Götalands län har varit projektägare. Till projektet kopplades tidigt en styr- och referensgrupp. För varje delprojekt utsågs en delprojektansvarig.

Gullspångsälvens nedre delar, från Gullspångsforsen och ner till och med inre delarna av Åråsviken, är sedan år 2000 ett Natura 2000 område och utgör även naturreservat sedan 2006. Parallellt med projektet har revidering av bevarandeplanen pågått. En viktig del i projektet har varit att ta fram förslag på nya bevarandemål. SLU lämnade rekommendationer 2018 som också utvecklats under 2020. För att uppnå en långsiktigt gynnsam bevarandestatus ur genetiskt perspektiv ($N_e > 500$) krävs uppskattningsvis ett 12.5 ggr större lekbestånd än dagens (mer än 800 lekfiskar årligen). Eftersom populationen under åtskilliga generationer varit mycket liten bör detta långsiktiga bevarandemål uppnås så snart praktiskt möjligt.

Under 2020 har en fördjupad utvärdering av DNA-prover insamlade 2014-2019 gjorts av Luke i Finland (Koljonen, M-L, Koskiniemi, J. 2020). Resultaten visar bland annat att den genetiska diversiteten för Gullspångslax var tydligt lägre än för flera andra atlantlaxpopulationer. Laxpopulationens genomsnittliga genetiska effektiva storlek (N_e) har årligen bara varit cirka 20 (8 i Gullspångsforsen och 12 Åråsforsarna), vilket klart ligger under den lägsta rekommenderade bevarandenivån på $N_e > 50$. För Gullspångsforsen varierade det årliga antalet leklaxar mellan 9 och 18, och den årliga effektiva storleken på subpopulationen varierade mellan 4 och 11. Resultaten för laxen i Åråsforsarna var att antalet lekfiskar varierade årligen mellan 17 och 40.

Analysen har också visat att laxen leker flera gånger under sin livstid. För Gullspångsforsen noterades att 9 individer av 45 (20 %) hade lekt mer än en gång. För Åråsforsarna var samma andel 20,1 %. Andelen flergångslekare hos öring var ännu vanligare än hos laxen och runt 50 % av lekfiskarna (54,2 % för Gullspångsforsen, 49,5 % för Åråsforsarna) hade lekt mer än ett år.

En särskild analys har gjorts av de lekgropsräkningar som görs årligen. Det totala antalet lekgropar från lax varierade starkt mellan åren (6–53). Antalet varierade särskilt i Gullspångsforsen och Stora Åråsforsen. En ökande trend fanns fram till 2018, men antalet sjönk kraftigt 2019. Således verkar antalet laxhonor vara instabilt och mycket fåtaligt. Antalet lekgropar från öring varierade mindre mellan åren (30–80). Antalet varierade mest i Stora Åråsforsen. Baserat på lekgropar är öring dominerande bland lekfiskar. Dessutom tycktes öring föredra Gullspångsforsen, medan lax föredrog Lilla- och Stora Åråsforsen. Mikromiljön hos lekgroparna var

likartad för lax och öring. Laxarnas gropar var bredare och längre än öringens i genomsnitt, men måtten överlappade kraftigt.

Sportfiskarna har på uppdrag av Länsstyrelsen i Örebro karterat och beräknat nuvarande och ursprunglig areal av uppväxtområden för Gullspångslax och Gullspångsöring inom avrinningsområdet. Laxen har ursprungligen haft tillgång till 38,2 hektar uppväxtområden med en laxhabitatklass > 5 i Gullspångsälven, Letälven, Timsälven och Svartälven. I nuläget är 15,6 hektar av den ursprungliga uppväxtarealen indämd.

Habitatkarteringen har sedan använts för att beräkna produktion av smolt och lekfisk av lax för ett antal olika åtgärdsscenarioer, inklusive ursprungliga och nuvarande nivåer. För beräkningarna har en beståndsm modell som beskriver produktion, passageeffektivitet och migrationsförluster tagits fram av Fiskevårdsteknik AB. Modellsimuleringarna visar att över 2 600 lekfiskar ursprungliga vandrade upp i älven varje år, jämför med de ca 50 lekfiskar som vandrar upp i älven idag. Modellen visar även att det är sträckan från Skagern till Vänern som är och har varit det viktigaste området för reproduktion av Gullspångslax. Analysen av de olika åtgärds-scenarierna visar att uppväxtområden som skapas i nära anslutning till Vänern ger störst effekt. Dessa innefattar ”Återställning Gullspång”, som innebär att Gullspångsälven återställs helt, t.ex. genom att intaget och utloppet till kraftverket förläggs till bergtunnlar, ”Ny åfåra från Skagern”, som innebär att en jämn minimi-tappning spills i en ny åfåra som anläggs mellan Vänern och Skagern samt ”Kombination återställning och miljöanpassning”, som innebär att Gullspångsälven och de nedre delarna av Letälven återställs samt att övriga kraftverk i systemet miljöanpassas. Alla scenarier som resulterar i en betydande produktionsökning av lax innebär mycket omfattande åtgärder som sannolikt blir väldigt dyra att genomföra.

Den nuvarande korttidsregleringen innebär att vattenståndet fluktuerar i Årås-forsarna upp till 50 cm mellan minimi-tappning och full drift. Hastigheten på nivåförändringarna är också hög. Gullspångsforsen påverkas inte av korttidsregleringen, men fåran är begränsad arealmässigt och används som spillfåra då och då. Den fiskväg som finns där kan utgöra en flaskhals. För att på kort sikt förbättra situationen behöver alla tänkbara åtgärder som bidrar till en förbättring vidtas.

För att utreda hur en förändrade flöden skulle kunna förbättra laxhabitatet i Årås-forsarna har en avancerad modellering av både hydraulik och habitat genomförts. Arealen av optimala laxfiskhabitat definierades som djup 0,2-0,6 meter i kombination med vattenhastighet 0,2-0,6 m/s. Resultatet visar för båda forsarna att maximal optimal yta fås vid ett flöde på 15 m³/s. Totalt ökar arealen med 2166 m² eller drygt 10 % mot dagens förhållande. Det har även utretts några möjliga åtgärder för att minska effekten av korttidsregleringen. En kombination av att fördubbla längden på divergeringsdammen tillsammans med anläggande av en stenfors skulle innebära att Årås-forsarna inte påverkas av korttidsregleringen utan får en stabil, låg vattenföring hela året.

För att utöka arealen vid Gullspångsforsen finns ett förslag att anlägga en biokanal vid kraftverket. Förslaget har tagits fram och modellerats med en hydraulisk modell. Vid ett flöde på 2,5-3 m³/s och en längd på ca 550 m skapar det en areal på ca 0,85 ha. Ett annat förslag går ut på att restaurera Gullspångsforsen genom att göra den både längre och bredare samt tappa mera vatten här. Arealen skulle därmed kunna utökas till drygt 0,9 ha, mer än dubbla arealen mot idag. En ny, förbättrad fiskväg upp till forsens behöver då anläggas.

Sammanfattningsvis kan konstateras att av projektets tre mål har två uppnåtts och ett delvis uppnåtts.

Mål 1. Fastställa vad som motsvarar gynnsam bevarandestatus för kvarvarande laxpopulation i Gullspångsälven (Delvis uppnått, ej fastställt).

Mål 2. Fastställa vilka åtgärder som bedöms säkerställa gynnsam bevarandestatus för laxpopulationen (uppnått).

Mål 3. Påbörja åtgärder för att stärka Gullspångslaxen (uppnått).

Projektets framdrift har präglats av ett gott samarbete mellan intressenterna, både kraftbolag, kommun, länsstyrelser och vattenvårdsförbund. Det som återstår efter projektet är dock den största utmaningen, att på ett kostnadseffektivt sätt genomföra de nödvändiga åtgärderna för laxens fortlevnad tillsammans med fortsatt tillgång på effektereglering för elsystemet.

Projektbeskrivning

Grunden till projekt GRAP

Den vilda, naturreproducerande Gullspångslaxen har ända sedan älven byggdes ut i början av 1900-talet varit kraftigt decimerad, och är sedan dess helt beroende av de kvarvarande forssträckorna nedströms Skagern för sin lek- och uppväxt. Återstående arealer är fördelade på Stora Årsforsen (4,0 ha), Lilla Årsforsen (1,8 ha) och Gullspångsforsen (0,6 ha) (Sweco 2016). Årsforsarna är kraftigt påverkade av den korttidsreglering som sker. Restaurering av Gullspångsforsen 2003 ledde till avsevärda förbättringar av rekryteringen men arealen är fortsatt mycket begränsad.



Figur 1. Kvarvarande tillgängliga uppväxtområden för lax i Gullspångsälven.

Sammantaget konstaterades för några år sedan att hittills vidtagna åtgärder inte varit tillräckliga. Populationerna av lax och öring har inte uppnått nivåer som är godtagbara varken för kortsiktigt eller långsiktigt bevarande.

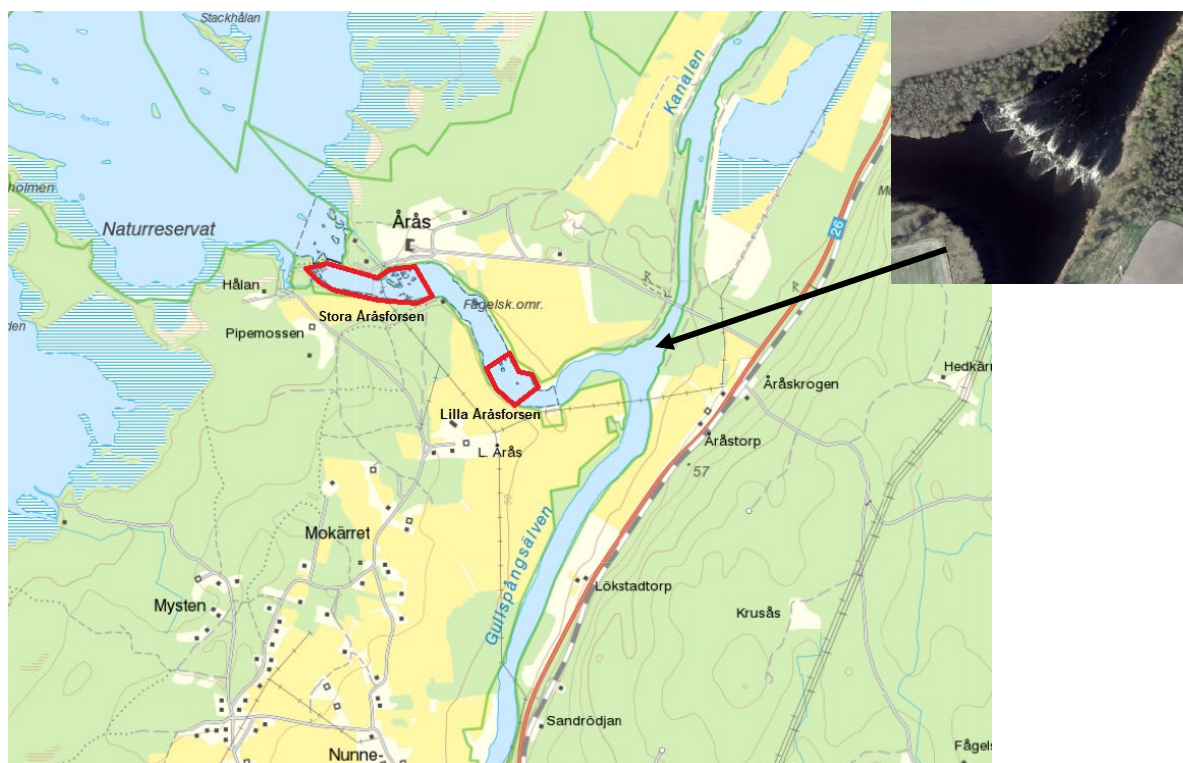
Tre huvudsakliga problem bedömdes (och bedöms fortfarande) reglera laxfiskpopulationerna;

- **Arealen uppväxtområde.** Den tillgängliga arealen av uppväxtområde är för liten för att under rådande vattenhushållning kunna uppnå gynnsam bevarandestatus. Utredningar för att utöka denna areal behöver genomföras.

- **Regleringen.** Genom de studier som gjorts i älven nedströms Gullspångs kraftstation är det sannolikt att regleringen är den främsta orsaken till de låga tätheterna av laxfiskungar i Lilla och Stora Åråsforseen. Även minimitappningens storlek begränsar arealen lämpliga biotoper.
- **Fiskeridödlighet i Vänern.** Vild lax och öring fångas både i yrkes- och sportfiske i Vänern. Även om de återutsätts innebär det en ökad dödlighet. På kort sikt är det avgörande för bevarandet att fiskeridödligheten minskar. Åtgärder behöver därmed vidtas genom fiskereglering. Det kan röra fiskeredskap, tider och utökat fredningsområde.

Utöver nämnda problem finns vissa osäkra förutsättningar. I älvens nedre del finns en vattenavledning (divergeringsdammen) där det mesta vattnet avleds när kraftverket är igång. Dämet innebär ett flertal effekter som kan vara både positiva och negativa;

1. Avledningen av vatten innebär att vattenståndsfluktuationerna i Åråsforseen blir mindre
2. Eftersom dammen avleder det mesta vattnet sker endast begränsad renspolning av botten i Åråsforseen.
3. Utvandrande smolt från Gullspångsforseen följer delvis huvudflödet över divergeringsdammen, vilket innebär en ökad predationsrisk genom längre vandringssväg genom den grumliga Kolstrandsviken.
4. Uppvandrande lekfisk lockas i okänd grad till Kolstrandskanalen, vilket kan innebära fördröjd uppströmsvandring.



Figur 2. Stora och Lilla Åråsforseen samt divergeringsdammen som avleder vatten norrut vid tappning $>9 \text{ m}^3/\text{s}$.

För att jobba vidare med de två första problemen och de osäkerheter som finns skapades projektet GRAP, GullspångRiverActionPlan.

Syfte och mål

Huvudsyftet med GRAP-projektet har varit att göra en fördjupad utredning kring vilka kostnadseffektiva åtgärder som bedöms kunna bevara och stärka den svaga, vildlekande populationen av Gullspångslax, både på kort och lång sikt. Vad som motsvarar ”Gynnsam bevarandestatus” ska identifieras och sedan uppnås.

Projektet har tre viktiga mål;

- fastställa vad som motsvarar gynnsam bevarandestatus för kvarvarande laxpopulation i Gullspångsälven
- fastställa vilka åtgärder som bedöms säkerställa gynnsam bevarandestatus för laxpopulationen
- Påbörja åtgärder för att stärka Gullspångslaxen

Projektstart och organisation

Projektet GRAP, GullspångRiverActionPlan, startade under 2018 och har pågått under tre år fram till och med 2020. Redan i november 2016 ansökte Länsstyrelsen i Västra Götaland om medel från Havs- och vattenmyndighetens 1:11 anslag, utlysning av Särskilda åtgärdsprojekt, ”SÅP”. Ansökan var på 6,15 Mkr. Havs- och vattenmyndigheten (HaV) beviljade i mars året efter 1,5 Mkr (0,5 Mkr per år) för åren 2017-2019. Under 2017 reviderades (bantades) projektplanen utifrån den minskade budgeten. Beslut om egeninsatser togs av Länsstyrelsen i Örebro och Västra Götaland, Gullspångs kommun (150 tkr) och Gullspångsälvens vattenråd (150 tkr). Under slutet av april 2018 ansöktes om EU-stöd för projektet, totalt 4,5 Mkr. Där utgjorde Havs- och vattenmyndighetens bidrag egeninsats jämte övriga egeninsatser som beviljats. Först i december 2018 beslutade Jordbruksverket att avslå ansökan med medelsbrist som skäl.

Under slutet av 2019 begärdes förlängning av projekttiden hos HaV, vilket beviljades till 1 december 2020.

Länsstyrelsen i Västra Götalands län har varit projektägare. Till projektet kopplades tidigt en styr- och arbetsgrupp. För varje delprojekt utsågs en delprojektansvarig.

Under projektet har samverkan skett med andra projekt och verksamheter. För Gullspångsälvens nedre del och naturreservatet finns en förvaltningsgrupp som involverats i vissa delar. Samverkan har också skett med projektet Förvaltningsplan Vänerlax där flera undersökningar och utredningar skett genom samarbete. Länsstyrelsernas arbete med Nationell prövningsplan för moderna miljövillkor inom vattenkraften (NAP) har också samordnats i vissa delar. Det finns även forskningsprojekt där samverkan skett. Karlstad universitet har finansierat vissa undersökningar inom KK-projektet E-flows project. Även Fortum har drivit projekt där viss samverkan skett. Datainsamling såsom elfisken, lekgruppsräkningar och DNA-analyser har skett genom finansiering från HaV:s medel för resursövervakning, Fortum och Gullspångs kommun.

Styrgrupp

Styrgruppen har bestått av följande representanter;

- Havs- och Vattenmyndigheten, Håkan Carlstrand
- Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Jan Gustafsson/Morgan Jentzen
- Länsstyrelsen i Örebro län, Peder Eriksson
- Fortum Sverige AB, Toni Kekkinen
- Gullspångs kommun, Carina Gullberg
- Gullspångsälvens vattenråd Matilda Norberg/Ida Lewin

Arbetsgrupp

Arbetsgruppen har i huvudsak bestått av följande personer;

- Fredrik Nilsson, Länsstyrelsen i Västra Götalands län
- Alexander Segersäll, Daniel Bergdahl, Länsstyrelsen i Örebro län
- Marco Blixt, Fortum Sverige AB
- Claes Kjörk, Fortum Sverige AB
- Robert Skogh, Gullspångs kommun
- Håkan Magnusson, Mariestads kommun
- Ingemar Lindsköld, Mariestads kommun
- Johnny Norrgård, Gammelkroppalax AB
- Kristine Lund-Bjørnås, Karlstad Universitet



Figur 3. Provtagning av DNA i samband med elfisken 2020.

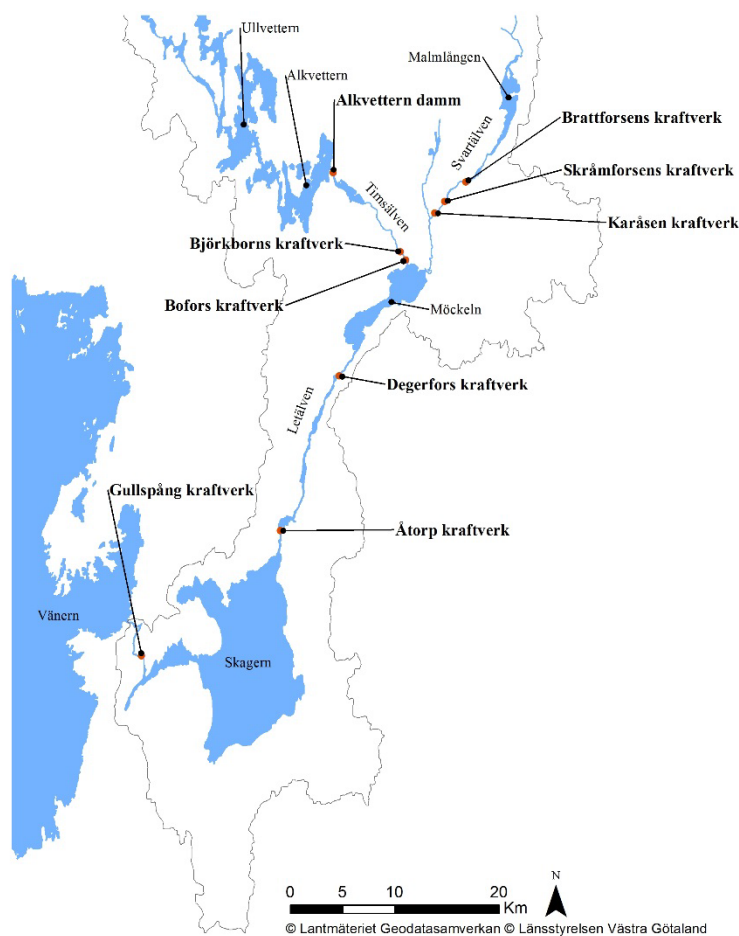
Bakgrund

Gullspångsälven är det näst största tillflödet till Vänern, med ett avrinningsområde på 5040 km² och en medelvattenföring på ca 65 m³/s vid mynningen i Vänern (tab. 1). Nästan 50 % av avrinningsområdet består av skogsmark. Älvens källor finns i Dalarna och Värmlands län, och rinner till stor del inom Örebro län för att slutligen mynna i Västra Götalands län. Inom vattensystemet finns flera större sjöar, varav Skagern är den största med ytan 133 km². Den är därigenom Sveriges 18:e största sjö. Volymmässigt är det den 15:e största sjön. Skagerns största tillflöde är Letälven som rinner från sjön Möckeln. Möckelns huvudsakliga tillflöden är Timsälven och Svartälven. I Timsälven finns lite större sjöar som Ullvettern och Alkvettern (fig 4.).

Tabell 1. Flödesstatistik för Gullspångsälven för perioden 1981-2010 (källa SMHI, vattenweb december 2020).

Flödesnivå	Total vattenföring	Total stations-korrigerad vattenföring	Total naturlig vattenföring
HQ50 Högvattenföring, 50 år	320	331	308
HQ10 Högvattenföring, 10 år	247	274	255
HQ2 Högvattenföring, 2 år	165	209	194
MHQ Medelhögvatten	174	216	200
MQ Medelvattenföring	65,5	64,5	65,4
MLQ Medellågvatten	14,6	6,48	9,89

Nedre delen av älven rinner från sjön Skagern ut i Åråsviken i den nordöstra delen av Vänern. Åråsviken är ett av landets bästa exempel på ändmoräner, små låga höjdsträckningar i östvästlig riktning som inlandsisen lämnade efter sig när den smälte. Den har skapat ett virrvarr av öar med vass och starmader emellan.



Figur 4. De nedre delarna av Gullspångsälvens avrinningsområde med berörda kraftverk/dammanläggningar inom laxens historiska utbredningsområde.

I den nedersta delen av älven ligger Stora och Lilla Åråsforsen som tillsammans med den gamla naturfåran vid Gullspång utgör de enda kvarvarande lek- och uppväxtområdena för älvens unika laxbestånd. Längre tillbaka vandrade laxen förbi Skagern och upp i Letälven. Historisk gräns för laxvandring har med största sannolikhet varit Brattforsen i Svartälven. Både lax- och öringbeståndet är kända för att vara snabbväxande och båda stammarna når under gynnsamma förhållanden vikter över 20 kg. Laxbeståndet lever hela sitt liv i sötvatten och brukar betecknas som landlocked eller landlåst, men är fortfarande samma art (*Salmo salar*) som i Atlanten. Vänerns laxstammar (Gullspångs- och Klarälvs-) har sitt ursprung i den Baltiska stammen av Atlantlax som idag förekommer i Östersjön.

Tabell 2. Förekomst och storlek på landlåsta Atlantlaxpopulationer. Gulmarkerade är de populationer som når över 70cm (tabell från Hutchins et al. 2019).

Country	Population	Maxage	Maxlen	Lengmat	Agemat	Fecmat	Area	Reference(s)
Canada	Ouananiche Beck, NL	4	13.0	10.2	2.0	33	10 ⁻⁴	Gibson et al. 1996
	Long Beach River, NL	4	14.0		2.0	35	10 ⁻³	Gibson et al. 1996
	Watern Cove River, NL		16.0					D. Fraser, unpublished data
	Bristol Cove River, NL			12.5				Webb et al. 2007
	Five Mile Pond East, NL		17.0		3.0		0.9	Sutterlin and MacLean 1984
	Soldiers Pond, NL	7	16.1	12.7	3.0	42	1.4	Wiseman and Whelan 1974; Bruce 1976
	Thomas Pond, NL	7	30.5				1.0	Wiseman 1971a, 1971b
	Seal Cove River, NL	3	17.6					K. Clarke, unpublished data
	First Pond, NL	4	18.3					Scott and Crossman 1964
	Minchin Pond, NL	6	24.2					Hicks 1994
	Whiteheart Pond, NL		22.4					Scott and Crossman 1964
	Candlestick Pond, NL	7	25.0					Barbour et al. 1979
	Bullrush Pond, NL	5	29.5					Scott and Crossman 1964
	Tors Cove Pond, NL	6	45.1				64.0	Whelan and Wiseman 1977
	Little Gull Lake, NL	11	30.1	23.5	6		3.0	Verspoor and Cole 1989
	West Salmon River, NL		31.0					K. Clarke, unpublished data
	Long Pond (Bay Bulls), NL		33.5					Frost 1940
	North Arm River, NL	4	36.5	20.0				Couturier et al. 1986
	Deer Pond, NL	9	46.0					Scott and Crossman 1964
	Meelpaeg Lake, NL	8	48.0				326.0	K. Clarke, unpublished data; Loughlin et al. 2017
	Lake St. John, NL	8	48.1					Scott and Crossman 1964
	Wings Pond, NL	7	52.3				1.2	Hutchings 1985, 1986
	Gambo Pond, NL	10	53.2				20.7	Leggett 1965; Leggett and Power 1969
	Furriers Pond, NL		37.0					Hutchings and Myers 1985
	Kaegudeck Lake, NL	8	54.6					Scott and Crossman 1964
	Flatwater Pond, NL	6	38.8				7.3	Leggett and Power 1969
	Red Indian Lake, NL	11	70.6					Scott and Crossman 1964
	Paddys Pond, NL	7	28.1				2.1	Wiseman and Whelan 1974
	Big Triangle Pond, NL	9	37.6				0.5	Wiseman and Whelan 1974
	Split Rock Pond, NL	10	48.0				0.5	Wiseman and Whelan 1974
	Fourth Pond, NL	7	25.1					Wiseman and Whelan 1974
	Harveys Pond, NL	7	22.0					Wiseman and Whelan 1974
	Donneys Pond, NL	6	22.4					Wiseman and Whelan 1974
	Snows Pond, NL	9	41.1				5.1	Wiseman and Whelan 1974
	Southwest Pond, NL	5	21.4				1.4	Wiseman and Whelan 1974
	Middle Gull Pond, NL	11	44.9				3.1	Wiseman and Whelan 1974
	Colliers Big Pond, NL	9	41.3				0.6	Wiseman and Whelan 1974
	Goose Pond, NL	9	40.0				1.3	Wiseman and Whelan 1974
	Grand Pond, NL	10	43.5				1.8	Wiseman and Whelan 1974
	Loon and Little Soldiers ponds, NL	5	15.0				0.7	Wiseman and Whelan 1974
	Finnies Pond, NL	7	25.4				1.6	Wiseman and Whelan 1974
	Southern Peak Pond, NL	8	33.6				0.8	Wiseman and Whelan 1974
	Nine Island Pond South, NL	8	24.1				0.8	Wiseman and Whelan 1974
	Five Mile Pond West, NL	7	24.9				0.9	Wiseman and Whelan 1974
	Nine Island Pond, NL	9	56.1				1.6	Wiseman and Whelan 1974
	Tom Waldrons Pond, NL	9	35.6					Wiseman and Whelan 1974
	Topsail Pond, NL	8	25.7					Wiseman and Whelan 1974
	Bay Bulls Big Pond, NL	5	28.4					Wiseman and Whelan 1974
	Harbour Main Pond, NL	7	25.8				2.0	Wiseman and Whelan 1974
	Four Mile Pond, NL	6	25.2				0.4	Wiseman and Whelan 1974
	Peak Pond, NL	11	54.5				0.8	Wiseman and Whelan 1974
	Hodgewater Pond, NL	10	45.8				0.9	Wiseman and Whelan 1974
	Forest Pond, NL	6	26.3					Wiseman and Whelan 1974
	Ocean Pond, NL	8	31.1				3.3	Wiseman and Whelan 1974
	Indian Bay Big Pond, NL			34.0	5			Adams 2007
	Terra Nova Lake, NL	9	48.5					Adams 2007; Andrews 1966
	Victoria Lake, NL	8	34.7				42.5	Pippy 1966
	Long Lake (Exploits River), NL	14	79.0					Pippy 1966
	Lower Churchill River, NL	9	65.0					Ryan 1980
	Lac Aigneau, QC	8	39.8					Power 1958
	Astray Lake, QC	7	56.3					Power 1958
	Lac Saint-Jean, QC	9	68.5	55	4-5	3291	1053	Fortin et al. 2009; Hutchings 2002; Plourde et al. 2013
	Méo River, QC	12	53.0					Leclerc and Power 1980a, 1980b
	Nastapoka, QC	8	44.2					Legendre 1990

USA	West Grand Lake, ME	6	53.6	42.0	3–4	58.0	Havey and Warner 1970; estimated fork length and age from Warner 1962
	Sebago Lake, ME	7	99.0	21.4	4.1	1266 ^a	
Norway	Byglandsfjord	7	30.0	25.2	5	250	Dahl 1927; Barlaup et al. 2009
	River Namsen	6	29.5	15.1	4.5	105	
Sweden	Gullspångsälven, Vänern	9	108.5	85	6.5	5650	Runnström 1940; Ros 1981; L. Greenberg and E. Bergman, unpublished data
	Klarälven, Vänern	9	96	70	6.0	5650	
Finland	Saimaa	10	94.2	72.5	5.5	5584 ^b	Runnström 1940; Ros 1981; L. Greenberg and E. Bergman, unpublished data
Russia	Ladoga	7	69.6			17 700	Seppovaara 1962; J. Piironen, unpublished data

Note: Ages are number of years since hatching in spring, such that a fish aged 2+ is assigned an age of 2.0. Abbreviations: NL, Newfoundland and Labrador; QC, Québec; ME, Maine; Maxage, maximum reported age (years); Maxlen, maximum reported fork length (cm); Lengmat, estimated fork length at 50% maturity (cm); Agemat, estimated age at 50% maturity (years); Fecmat, number of eggs per female at maturity; Area, surface area (km²). If original data were partitioned by sex, data presented here are for females only. Data on surface area (Area; km²) were obtained from publicly available sources.

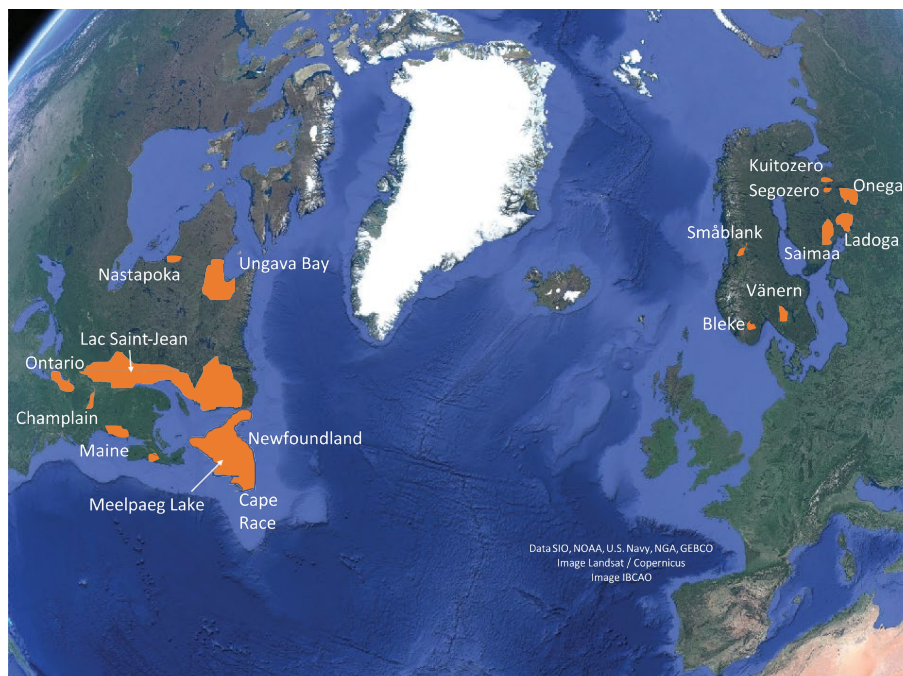
^aBased on 1376 eggs·kg⁻¹; calculated from data provided by J. Pellerin (personal communication, 2018).

^bAverage fecundity for random samples of total number of eggs per female sampled between 1980 and 2005 (number of females = 115).

Icke havsvandrande Atlantiska laxbestånd uppvisar en mycket stor variation vad gäller livshistoria, habitat och samexistens. De finns spridda i östra Nordamerika och norra Europa och deras habitatstorlek varierar från några 100 m sträcka till att sträcka sig över Europas längsta älvar.

Många s.k. landlåsta laxar kan faktiskt vandra ut till havet men väljer att inte göra det. Det är speciellt vanligt på Newfoundland där det finns gott om sjölevande, småvuxna populationer. Andra populationer är dock landlåsta på ett mer konkret sätt då deras vandringsvägar till havet skars av vid landhöjningen som följde vår sista istid (Yesner et al. 1984; Berg 1985; Lumme et al. 2016).

Dagens utbredning av landlåsta populationer av Atlantlax framgår av figur 5. De storväxta populationerna är förknippade med stora sjöar som Lac Saint-Jean, Ladoga, Saimaa, Sebago och Vänern. De till storleken minsta populationerna har oftast inte ens en sjö att vandra till utan lever hela livet i ett vattendrag.



Figur 5. Nuvarande utbredning av naturligt förekommande populationer av landlåst atlantlax. (Karta från Hutchins et al. 2019). Ett flertal av dessa populationer är dock beroende av utsättningar av odlad fisk.

En del är naturligt sjölevande (Newfoundland och Norge) medan andra blivit inlåsta på grund av landhöjningen. Av de storvuxna populationerna kan vi se att många är starkt hotade och någon har ingen vild population kvar (Saimaa).

Av populationerna av landlöst atlantlax är Gullspångslaxen den som är klart mest storvuxen i hela världen.

Historisk beskrivning av laxvandring och laxfiske

Fredrik Nilsson, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Historiskt sett vandrade laxen förbi Skagern, upp till lekområden i Letälven, Svartälven och Timsälven (Degerman, E. 2004). Laxfiske fanns på flera platser längs älven. Gullspångsforsen vid Gullspång, Lideforsen i Letälven och Brattforsen i Svartälven är några av de platser där laxfiske finns nedtecknat och som vi haft tillgång till. Någon särskild utredning och fördjupning i äldre historiska beskrivningar har inte genomförts inom detta projekt. Vi har därmed inte letat i arkiv eller liknade för att hitta information. Man bör dock betänka att redan under 1500- och 1600-talet användes vattnet för att driva kvarnar, sågverk och stångjärnshammare även om fördämningarna inte alltid hindrade fisken helt. Laxvandringen borde därmed ha försämrats under lång tid genom dessa verksamheter.

Vid slutet av 1800-talet finns uppgifter om att laxfisket blivit avsevärt sämre i älvsystemet. Ändå fanns laxfiskena kvar ända in på slutet av 1800-talet och del fångster finns dokumenterade (tab 3-5).

Tabell 3. Fångster i Gullspångs laxfiske (från Ros, 1966)

År	Antal	Vikt	Medelvikt
1878	ca 930	4182	
1879	ca 1310	5899	
1880	2500	10625	4,25
1881	3600	15300	4,25
1882	355	1802	5,08
1893	2826	9072	3,21
1884	266	1352	5,08
1886	256	1258	4,91

Tabell 4. Fångster i Munkfors laxfiske (från Adam Janson, Åtorp 1923)

År	Antal	Vikt	Medelvikt
1885	147	480	3,27
1886	162	514	3,17
1887	107	354	3,31
1888	112	416	3,71
1889	93	346	3,72
1890	168	512	3,05

Tabell 5. Fångster i Lidefors laxfiske (R Lundberg, 1881)

År	Antal	Vikt	Medelvikt
1842	13	50,2	3,86
1844	20	86,3	4,31
1845	3	14	4,68
1846	93	385,1	4,14
1847	36	161,5	4,49
1848	36	165,8	4,6

År	Antal	Vikt	Medelvikt
1849	44	153	3,48
1850	60	229,5	3,83
1851	16	59,5	3,72
1852	20	119	5,95
1853	12	42,5	3,54
1855	20	80,8	4,04
1856	24	88	3,67
1857	36	147,9	4,11
1858	20	125	6,25
1859	113	639,2	5,66
1860	271	1365,1	5,04
1861	60	224,8	3,75
1862	55	190,8	3,47
1863	162	560,2	3,46
1864	341	1487,1	4,36
1865	101	366,4	3,63
1866	192	746,7	3,89
1867	126	586,9	4,66
1868	41	150,9	3,68
1869	69	260,1	3,77
1870	38	148,3	3,9
1871	37	125	3,38
1872	95	383,4	4,04
1873	22	75,7	3,44
1874	73	255,4	3,5
1875	103	374,9	3,64
1876	41	127,1	3,1
1877	53	187,9	3,54
1878	37	118,6	3,2
1879	76	265,2	3,49
1880	8	18,7	2,34
1881	24	89,3	3,72

En sjöundersökning utförd av V Wahlberg 1872 beskriver lax och öring i Letälven-Svartälven (Riksarkivet. Lantbruksstyrelsens fiskeribyrå med föregångare. E I IX : 5.) ***"Blanklax, förekommer endast i nedre delen av Letälven, dit den börjar uppgå i slutet av maj och fortfar att stiga ända till i slutet av oktober. Hur långt laxen nu kommer uppför älven, vet man ej med säkerhet, men ovanför Degerfors lär endast högst sällan någon lax visa sig. Om inga dammar hindrade synes dock laxen utan möda kunna gå omkring 1 mil ovanför sjön Möckeln till Brattforsen. Härstädes lär ock i gamla tider funnits ett kronolaxfiske, varför i årligt arrende erlagts 1 200 kopparmarker. Brattforsen håller visserligen något över 30 fots höjd, men skulle dock, till följd av dess naturbeskaffenhet med ringa kostnad kunna göras tillgänglig för laxen och efter att ha övervunnit detta hinder, skulle man utan svårighet leda honom än vidare uppåt de stora sjöarna Halvarsnoren, Torrvarpen och Elgarne(?). Såsom dammar och fisken för närvarande är byggda i Letälven, är dock mer än underligt, att någon lax kan framkomma så högt som upp till Degerforsen, då icke mindre än fem dammar, som sträcker sig tvärs över vattnet från strand till strand lägga hinder i vägen.***

Den nedersta av dessa, Nya Munkforsdammen är omkring 8 fot hög, med 2 inbyggda laxfisken för uppgångsfisk. I mitten av denna dammbyggnad är dock en helt smal öppning, genom vilken laxen kan passera, så att i dessa fisken görs föga fångst.



Figur 6. Bild från Munkforsdammen omkring 1890. Foto från Degerfors Hembygdsförening.

Strax ovanför träffas den andra dammbyggnaden Gamla Munkforsdammen med två uppgångskar(?) och ett ålfiske eller ?hus. I dessa fisken fångades 1870 100 laxar och 1871 till i början av september 150 laxar. Denna damm, som har ungefär samma höjd, som den förra, måste laxen kasta sig över, för att komma vidare.

Vid de nu nämnda fiskena börjas vanligen ingen fångst förrän i medlet av juni, emedan dessförinnan vattnet vanligen är för högt, så att laxen lättare kan hoppa över.

Längre upp träffas Tyska kvarnens dammbyggnad, även dragen tvärs över älven. Denna är något lägre än de båda förenämnda, men även försedd med ett uppgångskar.

Den fjärde och mest hinderliga dammen, träffas vid Lidetorp, något över ½ mil ovanför Tyska kvarnen. Utom att den tvärs över älven dragna dammen här är omkring 10 fot hög, var vid mitt besök på stället, anbragta spjälgrindar längs dammens översta rand, på det att, om någon lax händelsevis skulle kunna hoppa så högt som själva dammen, den dock icke måtte få passera, utan åter falla ned och efter flera förgäves upprepade försök, slutligen leta sig in i något av de tre uppgångskaren, där är anbragta. I dessa fisken har fiskats betydligt, men nu lär ej fångas mera än 50 à 60 laxar årligen, såvida man får söka tro till de på stället lämnade uppgifterna. De få laxar, som möjligen vid särdeles högt vattenstånd eller under andra tillfälliga omständigheter kunna besegra detta sista hinder, uppfångas slutligen vid Degerfors vars dammbyggnad dock ingalunda är av så svår beskaf-

fenhet, som de förstnämnda. Om, såsom uppgavs, gamla privilegier tillstödja härvarande bruk och inrättningar helt och hållet överbygga kungsådran, torde vara nödigt vid varje damm anbringa en enkel laxtrappa i likhet med vad skett på åtskilliga ställen vid Hallands laxåar.”

”Laxöring finns i strömmen vid Stjernfors nedom Ljusnaren, i sjön Råsvalen även som i flera bäckar, som utfaller i samma sjö, i bäcken mellan Usken och Fåsjön, mellan Älvlången och Vikern, i strömmarna utefter Arbogaån nedom sjön Väringen, i åarna ovanför Toften samt slutligen utefter hela Svart- och Letälvens vattendrag.

Öringens storlek är dock mycket olika i de olika vattendragen, växlande mellan 1 ½ skålpund till 10 skålpund. Den största öringen förefinns utefter Svartälvens vattendrag, där man nedom Brattforsen fångar på höstarna sådana av ända till 20 skålpunds vikt”.

Man kan nog utgå ifrån att det före 1900-talet fanns både storvuxen öring och lax i Letälven-Svartälven. Dessa hade sannolikt både Skagern och Vänern som uppväxtområde, men vilka proportioner går inte att klarlägga. Dock finns flera underlag som pekar på att fisket försämrades efter att Gullspångsälven överbyggts av vandringshinder.

Enligt Nordberg (1984) skrev brukspatronen Strokirk, Lidetorp: *”Laxfisket var fordom mycket gifvande i Letelfven, och sådana fisken äro ännu kvar vid Munkforss och Lideforss, men sedan Gullspångselfven blifvit dämnd för det der inrättade Laxfiske, har detta fiske i Letelfven betydligt aftagit. I nedre delen av elfven vid dess utlopp i Skagern fås dock ännu någon lax på nät, likasom i de vid Munkforss inrättade Laxkar, men så högt som till Lideforssen kommer laxen numera endast vid högt vattenstånd”.*

Nordberg citerar även Fiskeriintendent Swenander som skrev 1912 (Gullspång arkiv 516) att han hade hört av arrendatorn till fisket i Munkfors att det där fångades två typer av ”lax”. *”en mindre och mörkare, som kan anses stationär i Skagern, och en större, blankare, som kan anses komma från Vänern. Den förra är alltid öfvervägande och särskildt har detta varit fallet efter dammbyggnaden vid Gullspång. Så erhöles 1910 fem och 1911 endast två laxar, som af Herr Jansson kunde anses komma från Vänern; före dammbyggnaden vid Gullspång utgjordes ca ¼ af fångsten af Vänerlax, allt enligt Herr Janssons uppgifter”.* Swenander undersökte en fisk av den mörkare typen, och denna var utan tvekan en laxöring”.

Nordberg (1984) beräknar också att smoltproduktionen från Gullspångsälven på 1800-talet skulle varit av storleksordningen 30 000 natursmolt/år.

I Åråsviken utanför Gullspångsälven bedrevs fram till slutet av 1930-talet fiske med laxbås, ett slags bottengarn av bomulls- eller lingarn. Båset sattes ut så att det bildade en rombformad uppsamlingsanordning i vars spetsiga hörn laxen fångades därför att den hade svårt att vända. Fram till 1920-talet var fisket bra, men på 1930-talet olönsamt. Det fanns även fiske med laxmjärdar (laxmälar) i området väster Laksten och i Åråsforsarna. Ännu i början på 1950-talet fanns enstaka laxryssjor utanför Gullspångsälven (Törnqvist 1954).

År 1906 påbörjades byggnationen av Gullspångs kraftstation. Två år senare invigdes det, som då var det största i Sverige med en effekt av 20 MW. Kraftverket

byggdes för att producera el till bland andra Lidköpings Mekaniska Verkstad, där företagets grundare John Hedin var VD. 1907-12-11 meddelades tillstånd av Vadsbo häradsrätt för överbyggande av kungsådran. En fiskväg och ålyngelledare skulle anläggas samt fiskeavgift med 10 000 kronor. 1909-10-21 meddelade Hova tinglags häradsrätt att bolaget årligen skall sätta ut 50 000 yngel av lax eller öring.

Med kraftverket upphörde sannolikt all reproduktion av Vänerlax uppströms Skagern, även om det fanns en laxtrappa vid dammen. 1924 befriade Västerbygdens vattendomstol bolaget från skyldighet att både hålla laxtrappa, tillsläppa vatten i densamma och att årligen utsätta 50 000 yngel av lax eller öring. En årlig fiskeavgift fastställdes till 2400 kronor och en minimitappning på högst 3 m/s som kunde släppas enligt Kungl. Lantbruksstyrelsens bestämmande. 1927 togs ålyngelledarna bort mot en årlig fiskeavgift på 1200 kronor.

1918 gavs tillstånd till bygget av Åtorps kraftverk i Letälven utan skyldighet att hålla laxtrappa, släppa vatten eller på annat sätt ersätta skadan för laxfisken. Redan 1880 hade häradsrätten prövat frågan om rätten att överbygga Letälven vid Munkfors, och konstaterat att det fanns en sådan rätt utan skyldighet till att anlägga fiskpassage. Det förefaller en aning märkligt hur detta beslut fattades, då det trots allt fanns laxvandring vid denna tid. Med Åtorps kraftverk försvann även möjligheten till lek för vandrande laxfisk från Skagern till Letälven.

Nuvarande förhållanden i Gullspångsälven

På platsen för det första kraftverket i Gullspång byggdes ett nytt kraftverk med en effekt av 40 MW i början av 70-talet. Den utnyttjade fallhöjden blir ca 22 meter och normal årsproduktion 97,8 GWh. En stor turbin med slukförmåga på 230 m³/s installerades. Samtidigt vidtogs omfattande rensningar i Lilla Åråsforren och de tre trösklarna mellan kraftverket och Lilla Åråsforren. Sidokanalen ut mot Kolstrandsviken anlades för att minska vattenståndsvariation i Åråsforren och öka avbördningsförmågan. Minimitappningen fastställdes till 6 m³/s. I kraftverket installerades även en rörturbin på 1,1 MW tillsammans den stora turbinen för att utnyttja minimitappningen. Turbinregleringen moderniserades 1994 för att få bättre optimering och säkrare drift. Den nya kraftstationen utnyttjas som ett reglerkraftverk. Det innebär att körning i huvudsak sker, ofta med full effekt, under vardagar och dagtid. Under andra tider måste minimitappningen släppas genom eller förbi stationen.

Enligt bilaga till dom 1991-04-22 finns en reglering av fiskeskadan för Gullspångs kraftverk genom årlig utsättning av 25 000 lax- och öringsmolt. Bilagan utgör en överenskommelse mellan Gullspångs kraft, Kammarkollegiet och Fiskeristyrelsen. Där framgår också att de årliga förpliktelserna om tidigare avgifter ska upphöra efter 1989.

En omprövning skedde 2005 som ett resultat av Projekt Gullspångslaxen (se sid 23). Vänersborgs tingsrätt fastställde 2005-05-03 (Mål 3836-04) en minimitappning på 3 m³/s till Gullspångsforren (vid vattennivån +68,50 m i Skagern) och minimitappningen i älven höjdes därmed till 9 m³/s. Under perioden 20 april – 19 augusti får korttidsreglering inte ske och tappningsändring får endast ske 1 gång per vecka under denna tid. Övriga året får tappningen fritt varieras genom kraftverket. När huvudaggregatet inte är i drift sväljer rörturbinen fortfarande 6 av de 9 m³/s, som utgör nuvarande minimivattenföringen i älven.

Natura 2000 och naturreservat

Gullspångsälvens nedre delar, från Gullspångsforsen och ner till och med inre delarna av Åråsviken, är sedan år 2000 ett Natura 2000 område och utgör även naturreservat sedan 2006. En mindre anslutande del, Gullspångsforsen, tillkom 2001. Området har god vattenkvalitet och hyser en mångformig fisk- och bottenfauna. Älvens stora biologiska värde ligger främst i det unika lax- och öringbeståndet, men andra arter som asp, en nära hotad art, leker också i de nedre delarna (Länsstyrelsen i Västra Götaland, rapport 2016:01).

Naturtyper och arter som måste bevaras i området:

3160 – Naturligt näringsrika sjöar

3210 - Naturliga större vattendrag av fennoskandisk typ

1106 - Lax (i sötvatten)

1163 - Stensimpa

För skötsel och förvaltning inom reservatet finns en förvaltningsgrupp som träffas några gånger per år och diskuterar och planerar aktuella undersökningar och åtgärder. Arbetet samordnas av länsstyrelsen, medan kommunen, Fortum, Sportfiskarna och Fiskevattenägarna deltar. Ytterligare representation från exempelvis forskningen är vanlig. Uppföljningen presenteras varje år i ett uppföljningsdokument där det går att läsa mera.

Arbetet med revidering av bevarandeplanen har påbörjats under GRAP-projektets tidsram. Arbetet kommer att slutföras under 2021.

Projekt Gullspångslaxen

Mellan 2004 och 2008 drevs "Projekt Gullspångslaxen" för att förbättra möjligheterna att bevara det vildlekande beståndet av Gullspångslax i Vänern. År 2003 undertecknade Länsstyrelsen i Värmland och Västra Götaland, Fiskeriverket, Kammarkollegiet, Laxfond Vänern och Fortum en avsiktsförklaring med insatser för att rädda Gullspångslaxen och öringen. Projektet omfattade åtgärder för 58 Mkr där Fortums miljöfond stod för den största delen. Inom ramen för projektet omprövades domen för Gullspångs kraftverk och en minimitappning på 3 m³/s infördes i den torrlagda naturfåran, utöver de 6 m³/s som går genom kraftverket. En fiskväg upp till naturfåran anlades också (fig.7). För att snabba på funktionen av den nyöppnade forsen gjordes även stödutsättning av simfärdiga yngel av odlad ursprung mellan 2004 och 2008. Totalt sattes 13 000 öring- och 14 000 laxyngel. Före utsättningarna 2005, 2006 och 2008 gjordes kort översiktliga elfisken i Gullspångsforsen. Både 2005 och 2006 noterades förekomst av öringyngel. Alltså skedde naturlig lek av öring här hösten 2004 och hösten 2005.



Figur 7. Gullspångsforsen med den fiskväg som anlades inom projekt Gullspångslaxen för att lax och öring ska kunna vandra upp i forsen. Foto: Frida Laursen.

Divergeringsdammen höjdes också för att hela minimitappningen skulle rinna genom Åråsforsarna. Vissa justeringar gjordes även av korttidsregleringen. Årlig uppföljning genom elfisken och lekgropsräkning har inte visat på någon tydligt förbättrad situation i Åråsforsarna, men restaureringen av Gullspångsforsen har haft en positiv effekt.

Utredningar och undersökningar

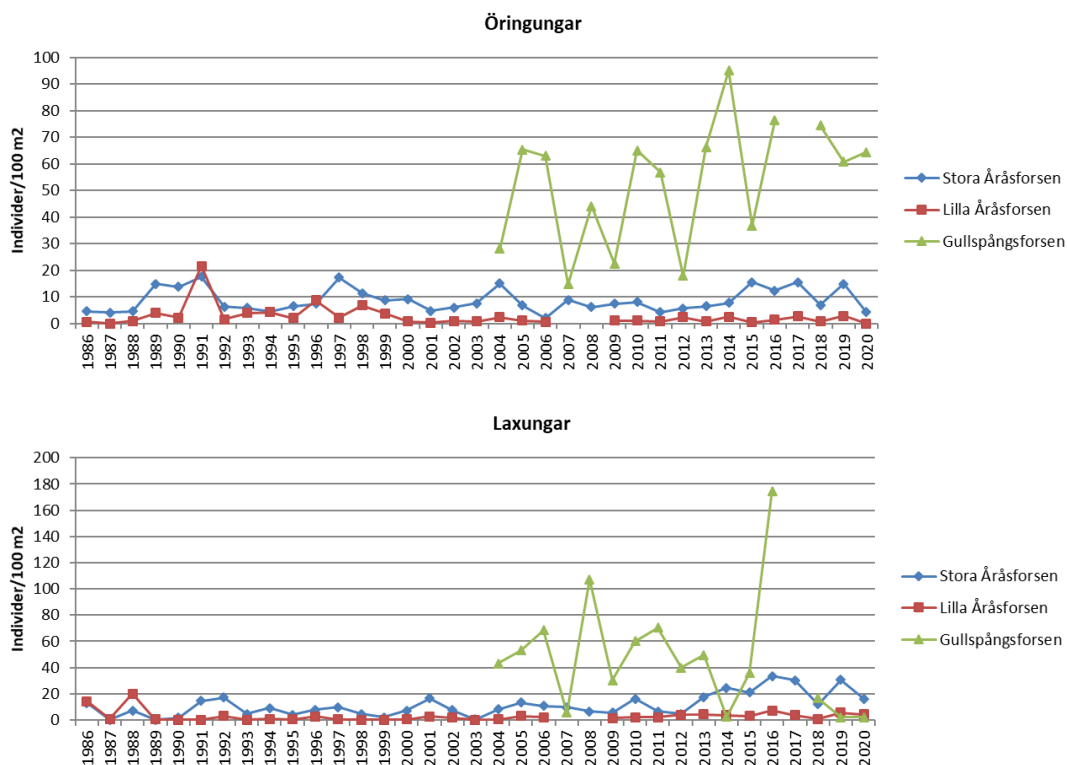
Projektet har lett till att flera externa rapporter har tagits fram. Dessa återfinns som klickbara länkar listade i referenslistan, men presenteras även i huvudrapporten i form av sammanfattningar av de olika delprojektens viktigaste resultat och huvudsakliga slutsatser. Inledningsvis redovisas resultat från resursövervakning (elfisken och lekgruppsräkning) som utgör löpande övervakning och har i egentlig mening inte ingått i projektet. Resultaten är dock viktiga som underlag och bakgrund till projektets undersökningar.

Resursövervakning

Elfiskeundersökningar

Fredrik Nilsson, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

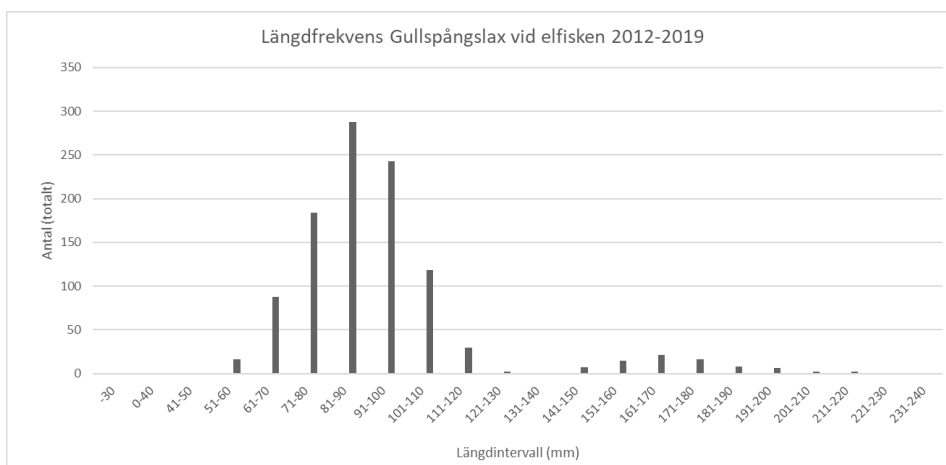
Elfiskeundersökningar har genomförts under lång tid i Gullspångsälven. Elfiskeregistret har data från 1986 för Stora och Lilla Åråsforsen, och från 1989 har minst 5-7 lokaler undersökts årligen i de båda forsarna. 2004 fiskades för första gången Gullspångsforsen. Huvudsakligen har samma lokaler fiskats och fiskas fortfarande. Som metod har standardiserat fiske med elverk och likriktare använts. Från 2015 har flera utfiskningar per fiske gjorts och samma år utökades även antalet lokaler för att bättre representera området. Utförare av elfisken har i huvudsak varit Fiske- riverkets utredningskontor fram till 2011 och därefter genomförts av länsstyrelsens egen personal.



Figur 8 och 9. Tätheter av lax och öringungar vid elfisken i de tre forsarna i Gullspångsälven. Medelvärdena är beräknade från ett urval lokaler som fiskats under lång tid.

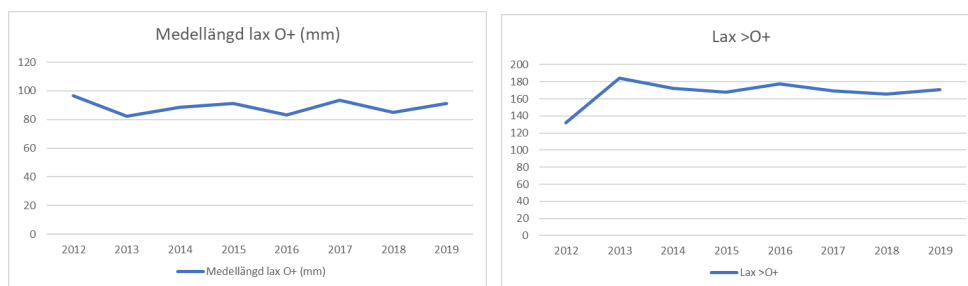
Tätheten av laxfiskungar varierar mellan åren och mellan forsarna, med lägst tätheter i Lilla Åråsforsen och högst i Gullspångsforsen (fig. 8 och 9). Orsaken till variationen beror troligtvis på antalet lekfiskar, olika mortalitet under första sommaren (flödesrelaterat), konkurrens mellan arter, vattentemperatur etc. Vattenflödet i Gullspångsforsen är generellt stabilt och påverkas inte av kraftverkets korttidsreglering, vilket troligtvis är den främsta anledningen till de högre tätheterna här. Dock förekommer spilltappning då och då, se avsnitt om hydrologiska effekter av korttidsregleringen, sid. 55.

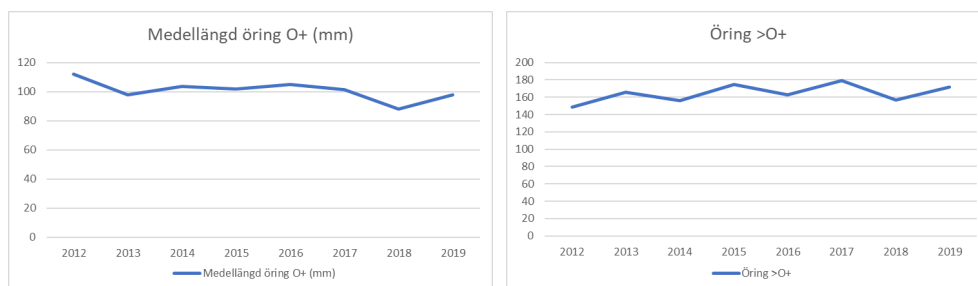
Tätheten av laxungar hade en till synes positiv utveckling i Stora Åråsforsen fram till 2017, medan Gullspångsforsen och Lilla Åråsforsen inte uppvisat samma utveckling. Den stora variationen av laxungar i Gullspångsforsen beror förmodligen på ojämn uppvandring av lekfisk mellan åren.



Figur 10. Längdfrekvens för laxungar fångade vid elfisken i mitten av september 2012-2019.

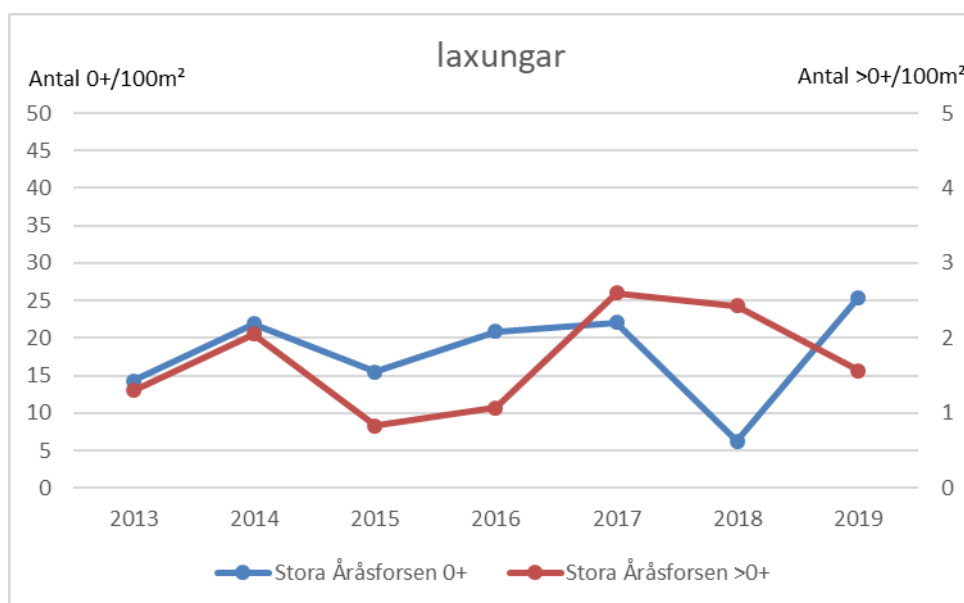
Den snabba tillväxten hos Gullspångslax är välkänd. Redan i september efter första sommaren är medellängden hos årsungar ca 90 mm. För tvåsomriga laxungar är medellängden runt 170 mm. Det finns mycket lite eller inget överlapp mellan årsklasserna (fig. 10). Öringens tillväxt är ännu snabbare, med en medellängd efter första sommaren på ca 100 mm. (fig. 13).





Figur 11-14. Medellängd hos ensomrig (0+) och äldre (>0+) lax och öringungar i Gullspångsälven. Elfisken utförda i mitten av september.

Skillnaden mellan tätheter av ensomriga ungar (0+) och äldre (>0+) är stor, ungefär en faktor 10 (fig. 15).



Figur 15. Tätheter av ensomrig (0+) och äldre (>0+) laxungar i Stora Åråsforfen i Gullspångsälven. Elfisken utförda i mitten av september.

Orsaken till skillnaden mellan åren kan vara att en betydande del av årsungarna vandrar ut som smolt redan som 1-åringar eller att överlevnaden under första vinterhalvåret är låg (se även sid.27 Smoltutvandring och smoltålder).

Förekomsten av hybrider mellan lax och öring har noterats under en längre tid, mest sporadiskt fram till 2015. Efter det har hybrider konstaterats årligen, främst i Gullspångsforfen. Man bör dock betänka att det först efter 2014 har kunnat verifieras genom DNA-analyser. Orsaken till förekomsten kan vara ett begränsat utrymme för lek och en begränsad tillgång på laxhonor. Det visar sig också att hybriderna nästan uteslutande har laxhane som förälder (se även sid. 41). Bristen på laxhonor i Gullspångsforfen styrks också av de låga tätheterna av laxungar här de senaste åren.



Figur 16. Hybrid från elfisken i Gullspångsälven 2016. Foto: Fredrik Nilsson.

Smoltutvandring och smoltålder

Fredrik Nilsson, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Laxungarna från Gullspångsälven stannar sannolikt ett eller två år i älven för att sedan vandra ut i Vänern som smolt. Det råder fortfarande kunskapsbrist om när och vid vilken ålder smolten vandrar ut. Runnström (1940) redovisar att 75,5 % vandrar ut som tvååringar och 23,4 % som treåringar.

Smoltens storlek vid utvandring angavs av Runnström (1940) till 194,2 mm för 2-årig smolt och 211,2 mm för treårig smolt. Medellängden för 1-åriga ungar var då ca 80 mm. Runnström menar att Gullspångslaxen har en lägre utvandringsålder än Klarälvs-laxen, och överensstämmer mer med Mörrumsån och Säveån.

Ros (1981) anger att Gullspångslaxen vandrar ut både som 1 och 2-årig smolt. Medelstorleken för dessa uppges vara 141 respektive 191 mm. Öringen uppges vandra ut som 2-årig smolt.

Den snabba tillväxten hos laxfiskungarna borde innebära att andelen 1-åring smolt är hög, och att den också har ökat på grund av varmare klimat och därmed snabbare tillväxt.

En jämförelse med nyare data från Mörrumsån visar att andelen ettårig smolt i smoltfällan vid Ekeberg är ca 40 %, dock med betydande mellanårsvariation. Andelen äldre laxungar (>0+) vid elfisken är trots den höga andelen ettårig smolt ca 30 %, betydligt högre än i Gullspångsälven.

Om inte andelen 1-åring smolt är betydligt högre i Gullspångsälven än i Mörrumsån indikerar data att överlevnaden från 0+ till >0+ är mycket låg i Gullspångsälven. En låg överlevnad på grund av faktorer i älven bör i sig också kunna driva utvecklingen mot en större andel 1-åring smolt. Tyvärr kan vi inte idag säga i vilken grad faktorerna överlevnad från 0+ till >0+, och andelen 1-åring smolt, som orsakar de låga tätheterna av >0+ i Gullspångsälven.

Om man ändå antar att andelen ettårig smolt i Gullspångsälven är betydande och att storleken (tillväxten) styr andelen ettåriga smolt, och vidare antar att andelen av årsungar som är >100 mm i september som ett mått på potentiella 1-åringa smolt förhåller det sig enligt följande för Gullspångsälven;

Tabell 6. Andel årsungar av lax som är >100 mm vid elfisken i september i Gullspångsälven.

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0,130	0,132	0,161	0,101	0,297	0,056	0,223

Siffrorna och antagandet skulle tyda på en betydande andel 1-årig smolt, men också en stor mellanårsvariation precis som i Mörrumsån. Men även om vi antar att 15 % av årsungarna vandrar ut som smolt är förhållandet mellan årsungar och äldre lågt. Det skulle kunna tyda på en ännu högre andel ettåriga smolt. Fortsatta studier av smoltutvandring i Gullspångsälven är hur som helst mycket viktiga för att skatta den verkliga smoltproduktionen och överlevnaden mellan 0+ och 1+.

Laxens uppväxt i Vänern

Laxen tillbringar ett antal år i Vänern innan den vandrar tillbaka till älven för lek. Ros (1981) anger att tillväxttiden i Vänern är upp till 4-5 år. Runnström (1940) anger en tidsperiod till 2-5 år för sjöfasen. Sannolikt har antalet år i sjön kortats på grund av klimatförändringarna med snabbare tillväxt som följd. Märkningsförsök på odlad Klarälvslox 2015-2018 som satts ut och återfångats i Forshaga visar att de allra flesta återvänder för lek efter två år (Fortum opubl).

Uppehållsplatser för den vilda Gullspångslaxen i Vänern är dåligt känd. Det pågår datainsamling inom projektet "Förvaltningsplan för Vänerlox" för att få reda på mer om laxen och öringens tillväxtområden i Vänern.

Uppvandring av lekfisk till Gullspångsforsen

Fredrik Nilsson, Anna Hagelin, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

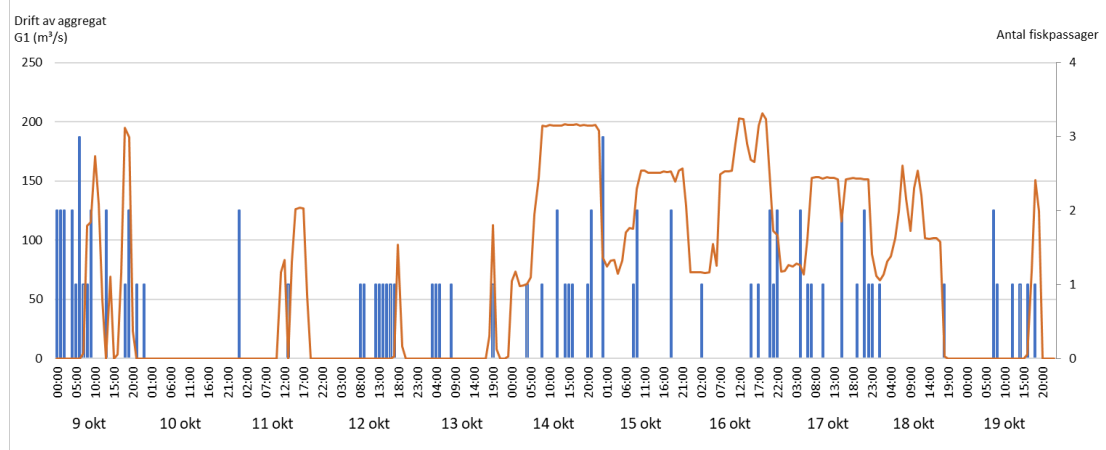
För att utreda hur fiskvägen upp till Gullspångsforsen fungerar och när fisken vandrar upp testades under perioden 8 oktober – 3 december en fiskräknare av ultraljudstyp (Simsonar) omedelbart uppströms fiskvägen. Utrymmet i den aktuella poolen är mycket begränsat och luftblandat vatten tillförs från forsens uppströms, vilket gjorde möjligheterna mycket besvärliga. Bottenprofilen är också ojämn vilket leder till döda vinklar för räknaren. Därför kunde inte det automatiska detektionsfunktionen användas utan räkning av fisk skedde manuellt från inspelningsfilerna. Det gick heller inte att tydligt se fiskens vandringsriktning. De flesta fiskar stannade till och vilade 10-25 minuter vilket sannolikt antydde att passagen skett nerifrån. De fiskar som tydligt vandrade neråt tycktes ha en snabbare passage genom poolen.

Perioden som analyserats är 9/10-19/10. Därefter var nedströmsvandringen dominerande och uppströmsvandringsperioden bedömdes därför passerat sin kulmen.



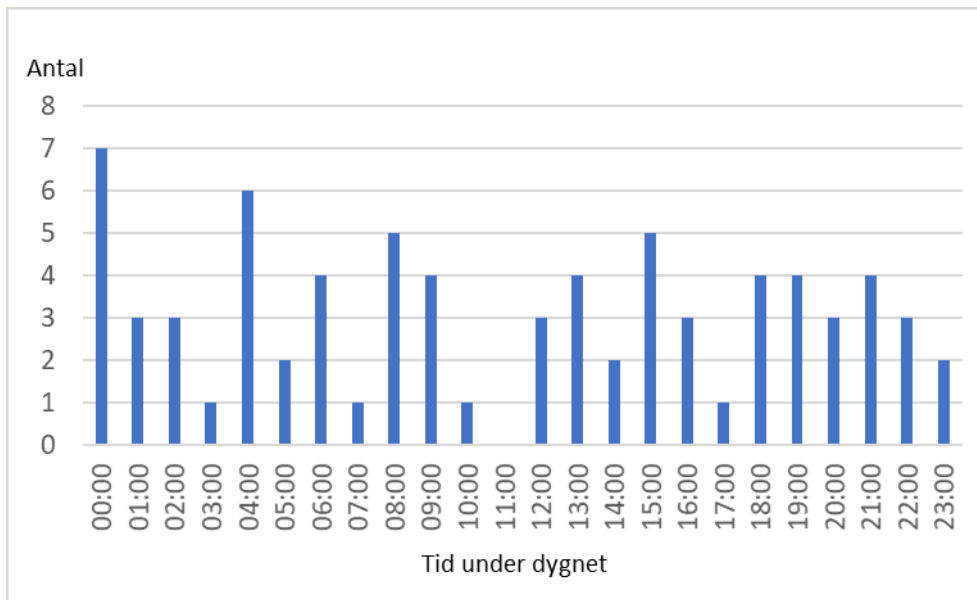
Figur 17. Fiskräknaren som räknade uppvandrande fisk i Gullspångsforsen 2019. Foto: Fredrik Nilsson.

Under perioden höjdes även minimitappningen i Gullspångsforsen från 3 m³/s till 5 m³/s (15/10 kl 08:00 och framåt). Planen var även att köra den stora turbinen enligt ett visst mönster för att kunna följa upp eventuella samband med uppvandringen. Tyvärr var vattentillgången stor och turbinen var igång betydligt mer oregelbundet och oftare än planerat, framförallt efter 13 oktober. 46 (61 %) bedömda uppströmspassager skedde under timmar när G1 var igång. Dock ska betäckas att turbinen var igång 55 % av timmarna under perioden.



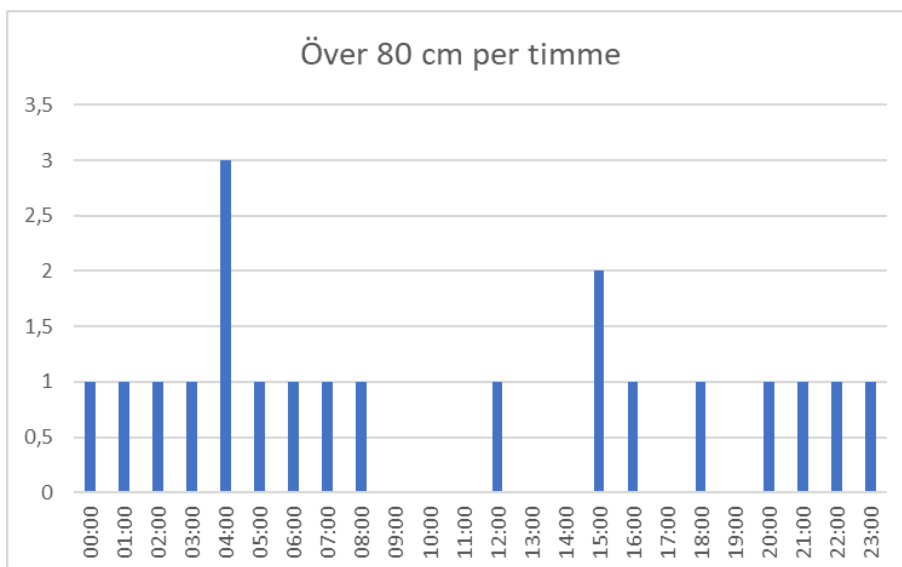
Figur 18. Uppvandrande fisk i Gullspångsforsen 2019 jämfört med drift av stora turbinen (G1).

Uppgången av fisk var ganska jämnt fördelad över dygnet (fig. 19). 47 av 75 (63 %) uppströmpassager skedde under dygnets mörka timmar (07:30-18:00). Det är något förvånande då tekniska fiskvägar ofta utnyttjas dagtid (Washington Department of Fish and Wildlife, 2000a, Johlander, 1999).



Figur 19. Uppvandrande fisk i Gullspångsforsen under dygnets timmar under perioden 9/10 till 20/10.

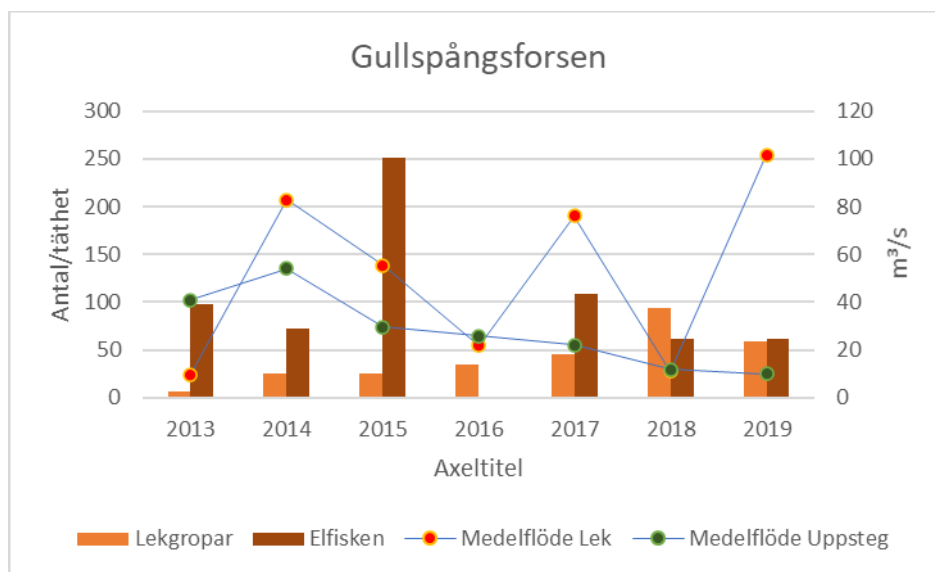
För de större fiskarna var det ännu mer tydligt att passagera främst skedde från skymning till gryning, nästan 80 % (15 av 19 st) av fiskarna över 80 cm passerade under denna tid (fig. 20).



Figur 20. Uppvandrande större fisk (>80 cm) i Gullspångsforsen under dygnets timmar under perioden 9/10 och 20/10.

Ytterligare en studie har gjorts för att undersöka hur tappningen/driften av kraftverket påverkar uppsteget av lekfisk till Gullspångsforsen. Analysen har omfattat flödessituationen i samband med leken för åren 2013-2018. Hypotesen var att ökad tappning i älven bör ge ökat antal lekgropar i Gullspångsforsen. En jämförelse mellan antal lekgropar från lekgropsinventeringen och medelflöde under två perioder under hösten gjordes.

Sammanfattningsvis fanns inget samband mellan flöde och antal lekgropar. Ett problem för analysen kan vara att antalet lekgropar ökar under perioden fram till 2018 och att detta beror på någon annan faktor. Tätheter av laxfiskungar vid elfiske verkar heller inte ha något samband med flöde. Det finns heller inget samband mellan lekgropar och elfiske (se även sid. 44).



Figur 21. Jämförelse mellan antalet lekgropar, tätheter av laxfisk från elfiske, medelflöde i älven vid lek och uppsteg till Gullspångsforsen. Elfiskedata är för året efter det angivna för att förenkla jämförelsen. 2017 gjordes inga elfisken i Gullspångsforsen.

Lekgropsräkning

Jukka Syjänen, LUKE, Finland, Fredrik Nilsson, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

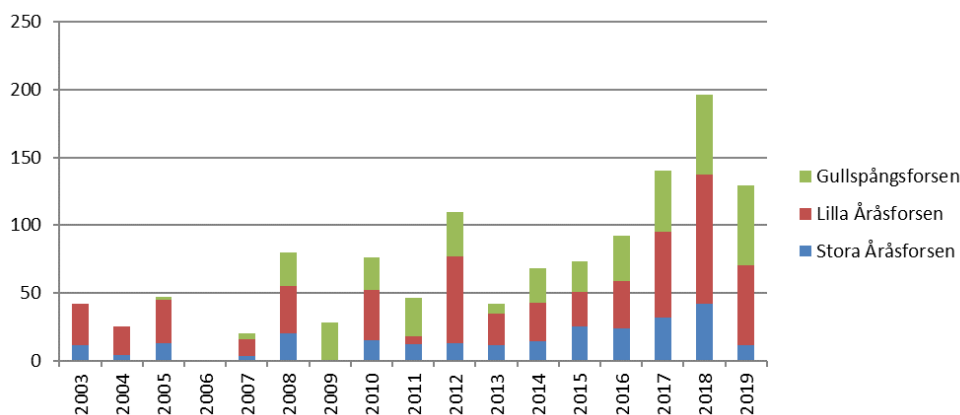
Räkning av lekgropar efter lax och öring görs vid ett tillfälle varje höst i alla tre forsarna. Räkningen har pågått under lång tid och de senaste åren (2014-2019) har det skett med en höjd ambitionsnivå i samarbete med forskare från universitetet i Jyväskylä, Finland. Fortum har till stor del finansierat undersökningarna och analyserna. För att öka kunskapen om arttillhörighet, lekframgång och ynglens spridning har DNA-provtagning från rom och embryon genomförts under denna period.

Mer information om metodik och resultat från den fördjupade räkningen finns under "Reproduction of landlocked salmon and brown trout 2014-2019" (s. 42).

Mer om resultaten från DNA-analyserna finns under kapitlet "Genetic structure of lake salmon and brown trout" (s. 36).

Resultaten visar en ökande trend när det gäller antalet lekgropar under perioden 2005 till 2019 (fig. 22). Medel för hela perioden 2003-2019 är 76 gropar medan

snittet de senaste fem åren är 126. Flest lekgropar är det vanligtvis i Lilla Åråsfor- sen, som också har de största ytorna av leksubstrat.



Figur 22. Antal lekgropar av laxfisk i de tre forsområdena i Gullspångsälven 2003 till 2019.

Bilaga 1 innehåller flygbilder med lekgropar för 2016-2019 markerade för de tre lekområdena. Där framgår också hur lekgroparna förhåller sig till elfiskelokalerna.

Smolträkning och smoltutvandring

Fredrik Nilsson, Anna Hagelin, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Smolthjul

Inom projekt GRAP har utökade studier gjorts för att få bättre kunskap kring smoltutvandringen. Under våren 2020 genomfördes en test med ett smolthjul (smoltfälla) i utloppskanalen från kraftverket nedströms Gullspångsforsen. Under perioden 2020-04-01 till 2020-04-30 fanns hjulet på plats. Tyvärr uppdagades att hjulet inte fiskade när turbinen var avstängd. Vattenhastigheten var för låg för att hjulet skulle rotera. När turbinen var igång roterade hjulet med ca 1,7 varv/minut vilket bör vara tillräckligt för att fånga fisk. Fångsten bestod av benlöja, gärs, braxen, lake, abborre, mört och en årsunge av öring. Dessutom fångade fyra paddor och en huggorm. Ingen smolt fångades.

Akustisk telemetri

För att kvantifiera smoltöverlevnaden vid utvandring från Gullspångsforsen, samt identifiera flaskhalsar för överlevnad, genomfördes en telemetriundersökning våren 2020. För att detektera smoltens vandring placerades 13 akustiska mottagare (VR2W-180 kHz) över området.

Totalt märktes 50 odlade öringssmolt av Gullspångsstam, med akustiska sändare (V5 180 kHz) vid Gammelkroppa fiskodling i Filipstad. Vi använde oss av öring då de odlade öringarna har en genetik som är relativt lik de vilda. Samtliga fiskar bedömdes vara i god fysisk kondition vid märkningen. Efter märkning hölls fiskarna vid odlingen fram till utsättning.

Den första gruppen (25 st) märktes den 25 april och sattes ut 27 april strax nedströms utloppskanalen ca 100 meter nedströms kraftverket. Då var flödet 110 m³ under två dygn, varefter kraftverket stoppades och flödet därefter utgjordes av minitappning (9 m³/s). För att jämföra vägval vid olika flöden sattes också 25 smolt vid ett senare tillfälle (1 juni) då kraftverket var avstängt redan vid utsättningen.

Eftersom vattentillgången inte möjliggjorde en längre körning av kraftverket vid första tillfället sattes båda grupperna i praktiken ut vid lågflöden. Första gruppen hade visserligen två dygn av hörde flöden men endast 3 fiskar vandrade ut inom detta tidsfönster. Ingen av dessa hann ner till mynningen innan flödet drogs ner.

Av de smolt som sattes ut i första gruppen, tog sig 67 % vidare till divergeringsdammen. Utav de smolten tog sig 50 % ner till mynningen vid Pipan och vidare därifrån nådde 60 % ön Siggen. Alla individer som nått Siggen tog sig hela vägen ut förbi Veteskär som är Åråsvikens allra yttersta ö. De största förlusterna hade vi alltså mellan divergeringsdammen och mynningen, endast 3 individer lämnade utsättningsplatsen under denna tid (Fig. 2). I snitt vandrade de ut 5,5 dagar efter utsättning (0,5 -15).

Av de smolt som sattes ut i andra gruppen, tog sig endast 33 % vidare till divergeringsdammen. Utav de smolten tog sig 25 % ner till mynningen och vidare därifrån nådde alla smolt hela vägen ut förbi Veteskär. Även i denna grupp hade vi de största förlusterna mellan divergeringsdammen och mynningen.

Utifrån resultaten i denna studie kan vi ana att det är ett högt predationstryck i de övre delarna av älven vid lågflöden. Den plats vi använde som utsättningsplats är också en utsatt plats för vild smolt som vandrar ner från Gullspångsforsen. Även de hamnar i det mycket långsamma vattnet nedströms fisktrappan där rovfisk trivs. Det förändrade flödet från forsen och trappan kan även förvirra fisken en del vilket gör att de stannar upp och blir då lätta byten. Ett lägre flöde gör det också lättare för rovfisk att gå ut i strömmarna och jaga. I ett "normaltillstånd" har man en vårflood med kallt vatten som, förutom att hjälpa smolten röra sig nedströms, effektivt trycker undan predatorer. För att en smoltutvandring ska bli så lyckad som möjligt behövs därför ett högre flöde som pågår under hela vandringsperioden.

För att vi ska kunna dra några slutsatser kring utvandringsöverlevnad och vägval behöver studien upprepas, vilket är planerat till 2021.

Delprojekt 1. Populationsgenetisk utredning

Genetisk status och bevarandemål för lax och öring i Gullspångsälven

Stefan Palm, Johan Dannewitz SLU, sammanfattning Fredrik Nilsson

På uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götalands län analyserade SLU Aqua under 2018 några specifika frågor kring Gullspångslaxens och öringens status. Frågorna berörde eventuella förändringar utifrån nyare data, uppdatering av rekommendationer, förslag på populationsgenetiska mål och möjligheten att använda odlat material i bevarandearbetet. Följande resultat och slutsatser utgör en sammanfattning av rubricerad rapport (SLU, utlåtande 2018-10-31).

Som tidigare konstaterats är stammarna av lax och öring, trots varierande inblandning av Klarälvs-gener, genetiskt distinkta och skyddsvärda (Palm m.fl. 2012). Nya data från senare år (2015-2017) förändrar inte denna slutsats,

Mängden genetisk variation i bestånden (förväntad heterozygositet, allelic richness) har under senare år varit av samma storleksordning som tidigare (Figur 2).

Identifierade hel- och halvsyskon förekommer i första hand i samma lekområde (fors). Detta tyder på att den vuxna fisken (under samma år) leker antingen i Årås-forsarna eller i Gullspångsforsen. Ett flertal syskongrupper av både lax och öring fanns dock representerade i både Lilla och Stora Åråsforsen, vilket tyder på att lek-fisken rör sig mellan dessa båda närliggande delområden och/eller att ungar födda i Lilla Åråsforsen i hög grad ”driftar” nedströms till Stora Åråsforsen. I vissa fall (främst för öring) förekommer även halvsyskon födda olika år, vilket indikerar förekomst av flergångslek. Även halvsyskon födda olika år kommer övervägande från antingen Årås-forsarna eller Gullspångsforsen. Detta tyder på att laxen (men också öringen) i hög grad återvänder till det delområde inom Gullspångsälven som de föddes i. Förekomst av ett sådant lokalt ”homing-beteende” indikeras också av delvis olika andelar av ”klarälvs-gener” skattade för laxungar från båda lekområdena (se nedan).

Skattningar av det genetiskt effektiva antalet föräldrar (N_B) till analyserade års-ungar av lax och öring från Årås-forsarna och Gullspångsforsen, baserade på ”linkage disequilibrium”, presenteras i Figur 3. Analyserna är genomförda med samma antal gemensamma genetiska markörer (8 resp. 9; Tabell 1a och 1b) för samtliga år, vilket gör resultaten jämförbara över tid. Resultaten visar att de lokala genetiskt effektiva populationsstorlekarna har förblivit mycket låga (ca 10 effektiva föräldrar per år och delområde för respektive art). Baserat på teoretiska studier av Waples m.fl. (2013, 2014) väntas detta resultat för öring (och sannolikt även lax) motsvara en genetisk effektiv populationsstorlek per generation (N_E ; den storhet som i första hand styr mängden genetisk drift och inavel) som är knappt dubbelt så hög ($N_E \approx 20$ per generation och delområde). Den genetiskt effektiva populationsstorleken för hela Gullspångsälven (Årås-forsarna + Gullspångsforsen) beror av flera faktorer, inklusive graden av genutbyte mellan de båda delområdena (Wang & Caballero 1999), och är därför svår att uppskatta. Vi bedömer ändå att totala N_E kan uppgå till någonstans mellan 20 och 40 för respektive art. Tidigare slutsatser om att bestånden är genetiskt och demografiskt sårbara kvarstår således (Palm m.fl. 2012); fler lekfishar (som lyckas med reproduktionen) behövs för att reducera risk för utdöende, minskad lokal anpassning, förlust av genetisk variation, ökad inavel, samt genetisk känslighet för ”felvandring” av odlad fisk.

SLU har även uppdaterat tidigare givna rekommendationer som berör Gullspångsälven:

- **Sätt inte ut mer odlad fisk i Gullspångsälven.** Resultatet av tidigare utsättningar i Gullspångsforsen 2004-2008 har inneburit att det odlade materialet har gett avtryck genom att andelen Klarälvs-gener har ökat för lax medan öringen visat omvänd påverkan.
- **Sätt endast ut lax och öring av lokalt ursprung i Klarälven.** Detta berör indirekt Gullspångsälven, om utsättning och avelsfiske efter odlad Gullspångslax och öring sker någon annanstans runt Väner-n.
- **Se över smoltutsättningarna i Väner-n.** Framförallt utgör direktut-sättningar av lax i Väner-n en risk för felvandring till älven.

- **Använd genetiska verktyg i förvaltningen.** Här konstateras att man redan tillämpat den tidigare rekommendationen genom genetiska undersökningar i Gullspångsälven. Rekommendationen kvarstår.

SLU föreslår följande bevarandegenetiska mål i syfte att dessa ska generera ”gynn-sam bevarandestatus”;

- **Mål 1. Den genetiskt effektiva populationsstorleken per generation och art bör kortsiktigt (kommande år) inte understiga 50.** Syftet med detta kortsiktiga mål ($NE \geq 50$) är att reducera akut problematik och risker förknippade med förlust av genetisk variation, ökad inavel, minskad lokal anpassning samt känslighet för oönskad genetisk påverkan via ”felvandring” av odlad lax och öring. Ur ett mer långsiktigt perspektiv bör NE-målet höjas ytterligare.
- **Mål 2. Andelen ”klarälvsgener” hos vildfödd lax och öring i Gullspångsälven ska inte öka ytterligare.** Genetisk påverkan via utsättning eller felvandring av odlad fisk på högre nivå än ”naturlig bakgrundsnivå” riskerar att förändra stammarnas egenskaper samt överlevnadsförmåga

Att flytta kompensationsutsättningarna från Klarälven till Gullspångsälven skulle innebära uppenbara risker för den vilda populationen. Eftersom de potentiella nackdelarna är betydligt fler än fördelarna avråder SLU från att flytta dagens kompensationsodling från Klarälven till Gullspångsälven.

Genetic structure of lake salmon and brown trout

Marja-Liisa Koljonen, Luke, Finland, Jarmo Koskiniemi, University of Helsinki (översättning Fredrik Nilsson, Länsstyrelsen i Västra Götalands län)

Under 2020 har en fördjupad utvärdering av DNA-prover insamlade 2014-2019 gjorts av Luke i Finland (Koljonen, M-L, Koskiniemi, J. 2020). Resultaten visar bland annat att den genetiska diversiteten för Gullspångslax var tydligt lägre än för flera andra atlantlaxpopulationer. Allel rikedom (allelic richness) var 63 % av Torneälvens och mindre än hälften (49,7 %) av den stora ryska floden Kola. Således har den sjunkit något från sin ursprungliga nivå redan innan den isolerades i Vänern. Det bildar emellertid en unik evolutionär gren i det skandinaviska fylogenetiska laxträdet.

Analysens slutsatser är att laxpopulationen i Gullspångsforsen är liten. För närvarande leker endast cirka 45 laxar årligen i Gullspångsälven. Laxbeståndets storlek var över dubbelt så stort i Årårsforsarna som i Gullspångsforsen.

Laxpopulationens genomsnittliga genetiskt effektiva storlek (N_e) har årligen bara varit cirka 20 (8 i Gullspångsforsen och 12 Årårsforsarna), vilket klart ligger under den lägsta rekommenderade nivån på $N_e > 50$ (Frankel och Soule, 1981; Meffe, 1986) (tab. 7). Släktskapet mellan laxindivider (relatedness) har också varit ganska högt (12,5 %).

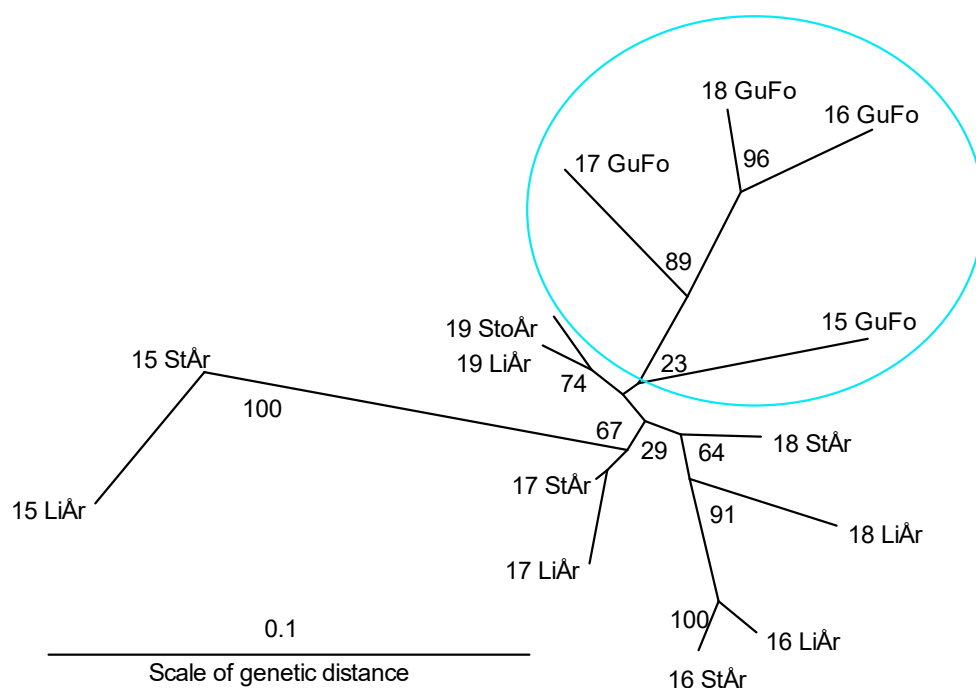
För Gullspångsforsen varierade det årliga antalet leklaxar mellan 9 och 18, och den årliga effektiva storleken på subpopulationen varierade mellan 4 och 11 (tab. 7). Dessa siffror är klart under den rekommenderade effektiva populationsstorleken på 50 för ett kortsiktigt bevarande och upprätthållande av en populations genetiska diversitet. Den effektiva populationsstorleken för alla år var bara 20 (12-38), och detta är dessutom en överskattning då alla årsklasser inte bidrar likartat till rekryteringen.

Tabell 7. Familjestruktur hos lax från Gullspångsforsen och Åråsforsarna i Gullspångsälven samt medelvärden för de undersökta åren, beräkningar från poolad data 2015-2018 för Gullspångsforsen och 2015-2019 för Åråsforsarna. Antal prover (Offsp.), Antal familjer (N-Family, = lekande par), antal enskilda föräldrar (Breeders) för varje kön separat och tillsammans (N Breed), och maximala antalet syskon i de observerade familjerna (Max Sib) visas. Därtill visas skattningen av genetiskt effektiv populationsstorlek på den provtagna populationen med 95% konfidensintervall. Även kvoten mellan Ne och N Breed (Ne/Nb) och medelvärdet av den parvis relationen av alla individer i proverna (Related. %) visas. Utdrag ur Koljonen, M-L, Koskiniemi, J. 2020.

		Breeding pairs	Parents		Family size				
Recommended		> 50	> 100	> 100		> 50		> 0,5	< 3,0
Gullspångsforsen	Ofsp.	Family	Breeders	N Breed	Max Sib	Ne	Ne 95%	Ne/Nb	Relatedness %
2018	17	13	8+6	14	3	11	6-27	0.8	9.8
2017	11	8	4+5	9	3	8	4-24	0.9	13.3
2016	46	11	8+3	11	12	4	2-12	0.4	15.6
2015	56	21	13+5	18	11	9	4-24	0.5	11.9
Mean/year		13,3		13,0	7,25	8,0		0.6	12.7
2015-2018	130	55	19+26	45	11	20	12-38	0.4	7.2
Åråsforsen	Ofsp.	Family	Breeders	Breed	Max Sib	Ne	Ne 95%	Ne/Nb	Relatedness %
2019	89	44	19+19	38	12	18	10-34	0.5	8.9
2018	54	31	18+13	31	5	18	10-34	0.6	10.4
2017	129	49	14+26	40	17	11	6-26	0.3	10.4
2016	150	35	16+17	33	21	9	4-23	0.3	14.0
2015	100	18	9+8	17	36	5	4-20	0.3	25.5
Mean/year		35,4		31,8	18,2	12,2		0.4	13.8
2015-2019	502	147	57+63	120	38	30	19-49	0.3	6.85
Gullsp.+Åråsf.	632	206	81+86	167	38	43	30-67	0.3	6.22

Resultaten för laxen i Åråsforsarna var att antalet lekfiskar varierade årligen mellan 17 till 40 (tab. 7). Det motsvarar ett intervall av årliga effektiva populationsstorlekar från 5 till 18. Den effektiva storleken vid en sammanslagen population var 30 (19-49). Dessa siffror ligger också under det rekommenderade minimumet av Ne över 50. Över 100 lekfiskar var endast möjligt att nå genom att slå samman alla årsklasserna och båda laxpopulationerna i Gullspångsforsen och Åråsforsarna. Även med denna samlade data förblir den totala effektiva storleken under 50, med ett värde på 43 (30-67) (tab. 7). Antalet enskilda leklaxar under alla år var över dubbelt så många i Åråsforsarna (120) som i Gullspångsforsen (45).

Laxprover från Lilla och Stora Åråsforsen var i de flesta fall mycket lika och inga statistiskt signifikanta skillnader observerades mellan prover från samma år mellan forsarna. Detta kan också åskådliggöras i ett släktskapsträd, dendrogram (fig. 22).



Figur 22. Genetiska avstånd mellan laxprover från Gullspångsälven ritade som ett rotlöst dendrogram. GuFo = Gullspångsforsen, LiÅr = Lilla Årsforsen, StoÅr = Stora Årsforsen. Provtagningsår anges också. Grenen med prover från Gullspångsforsen är markerad med en blå ring. Utdrag ur Koljonen, M-L, Koskiniemi, J. 2020.

Även förekomsten av flergångslekare har undersökts. Här har bara ensamrig parr (0+) analyserats. Upprepad lek observerades både påföljande år och med ett eller två års uppehåll, men ett års uppehåll dominerar (tab. 8 och 9). För Gullspångsforsen noterades att 9 individer av 45 (20 %) hade lekt mer än en gång. För Årsforsarna var samma andel 20,1 % (24/117). Föräldrarnas kön är endast ett antaget kön eftersom det inte fanns några verkliga data på kön. I Årsforsarna hade många av föräldrarna lekt i båda forsarna. Även detta visar på att laxarna i dessa forsar utgör en gemensam genpool (tab. 9).

Sammantaget hade bara 7 laxar lekt i både Gullspångsforsen och Årsforsarna, i sex fall var det olika år. Det verkar ha varit en tendens att dessa individer först lekt i Gullspångsforsen och andra tillfället i Stora eller Lilla Årsforsen.

Tabell 8. Antalet återlekande individer av lax i Gullspångsforsen, analyserat från DNA sampling av parr 2014-2019. Utdrag ur Koljonen, M-L, Koskiniemi, J. 2020.

N	Parent ID	Offspring year	N years
1	Male 3	2015, 2018	2
2	Female 4	2015, 2017	2
3	Male 10	2016, 2017	2
4	Female 12	2015, 2018	2
5	Female 17	2016, 2018	2

N	Parent ID	Offspring year	N years
6	Male 7	2016, 2018	2
7	Male 9	2016, 2018	2
8	Female 19	2016, 2018	2
9	Female 21	2016, 2018	2
9			18

Tabell 9. Antalet återlekande individer av lax i Stora och Lilla Åråsorsen, analyserat från DNA sampling av parr 2014-2019. Utdrag ur Koljonen, M-L, Koskiniemi, J. 2020.

	Sex	Rapid	N Year
1	Male1	2015 Stora Å., 2015 Lilla Å., 2017 Stora Å.	2
2	Male2	2015 Lilla Å., 2015 Lilla Å., 2017 Lilla Å. Lilla Å., 2017 Stora Å., 2019 Lilla Å., 2019 Stora Å.	3
3	Male4	2015 Stora Å., 2017 Stora Å., 2018 Stora Å.	3
4	Male5	2015 Stora Å., 2019 Stora Å.	2
5	Male7	2016 Lilla Å., 2016 Stora Å., 2018 Lilla Å., 2018 Stora Å.	2
6	Male10	2016 Lilla Å., 2016 Stora Å., 2018 Lilla Å., 2018 Stora Å.	2
7	Male11	2016 Lilla Å., 2016 Stora Å., 2018 Stora Å.	2
8	Male15	2016 Lilla Å., 2016 Stora Å., 2018 Stora Å.	2
9	Male16	2016 Stora Å., 2017 Stora Å.	2
10	Male20	2017 Lilla Å., 2017 Stora Å., 2018 Stora Å., 2019 Lilla Å., 2019 Stora Å.	3
11	Male21	2017 Stora Å., 2019 Lilla Å.	2
12	Male26	2017 Lilla Å., 2017 Stora Å., 2019 Lilla Å., 2019 Stora Å.	2
13	Male27	2017 Lilla Å., 2017 Stora Å., 2019 Lilla Å., 2019 Stora Å.	2
14	Male29	2017 Stora Å., 2019 Lilla Å., 2019 Stora Å.	2
15	Male30	2017 Lilla Å., 2017 Stora Å., 2019 Lilla Å.	2
16	Male34	2017 Stora Å., 2019 Lilla Å., 2019 Stora Å.	2
17	Male43	2018 Lilla Å., 2019 Stora Å.	2
18	Fem10	2015 Stora Å., 2018 Stora Å.	2
19	Fem12	2016 Lilla Å., 2016 Stora Å., 2017 Stora Å.	2
20	Fem23	2017 Stora Å., 2019 Stora Å.	2
21	Fem30	2017 Stora Å., 2019 Lilla Å., 2019 Stora Å.	2
22	Fem34	2018 Lilla Å., 2019 Lilla Å.	2
23	Fem7	2015 Stora Å., 2017 Lilla Å., 2018 Stora Å., 2019 Stora Å.	4
24	Fem8	2015 Stora Å., 2019 Stora Å.	2
			53

Även den begränsade blandningen av lekande individer mellan de båda forsområdena, 4,2 % (7 av 168), stöder resultatet av en tydlig isolering mellan de båda områdena. Nivån är potentiellt tillräckligt för att bibehålla samma alleler i dessa två populationer.

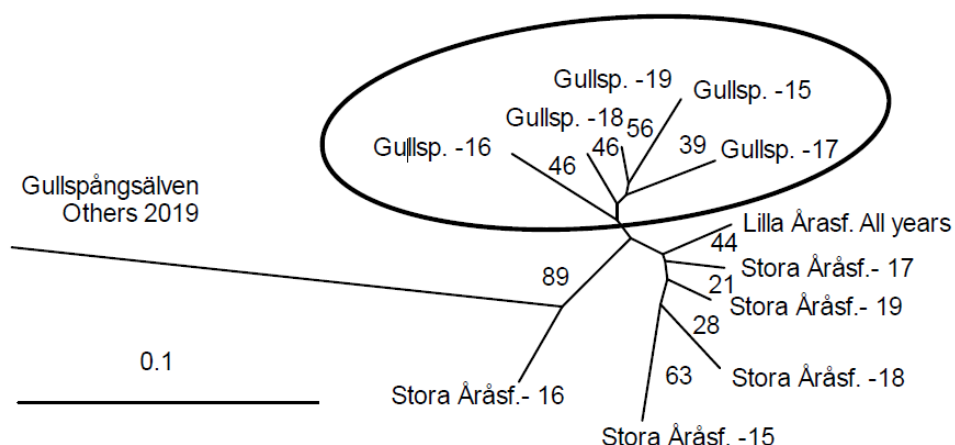
De två subpopulationerna i Gullspångsforsen och Åråsorsarna representerar det återstående sista genetiska materialet av naturlig Gullspångslax, och åtgärder bör vidtas för att poola dem (öka det genetiska utbytet mellan dem) då det kan rädda mer genetisk diversitet än att hålla dem separat i den nuvarande situationen.

Den genetiska diversiteten hos Gullspångsöring var markant högre för öring än för lax. Bestandsstorleken var också större än för laxen. Det genomsnittliga medelvärdet för antalet årliga lekfiskar var jämnt fördelade mellan Gullspångsforsen och Åråsorsarna (27 + 27), se tab. 10. Den genetiskt effektiva populationsstorleken (N_e) var 41 (22 för Gullspångsforsen och 19 för Åråsorsarna).

Tabell 10. Familjestruktur hos öring från Gullspångsforsen och Åråsorsarna i Gullspångsälven samt medelvärden för de undersökta åren, beräkningar från poolad data 2015-2018 för Gullspångsforsen och 2015-2019 för Åråsorsarna. Antal prover (N Offsp.), Antal familjer (N-Family, = lekande par), antal enskilda föräldrar (Breeders) för varje kön separat och tillsammans (N Breed), och maximala antalet syskon i de observerade familjerna (Max Sib) visas. Därtill visas skattningen av genetiskt effektiv populationsstorlek på den provtagna populationen med 95% konfidensintervall. Även kvoten mellan N_e och N Breed (N_e/N_b) och medelvärdet av den parvis relationen av alla individer i proverna (Related. %) visas. Utdrag ur Koljonen, M-L, Koskiniemi, J. 2020.

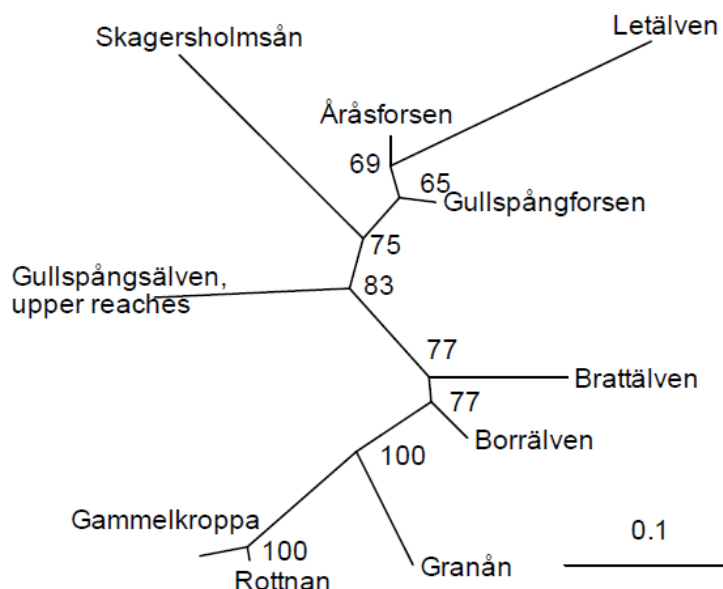
Brown trout			Parents		Family size				
Recommends		> 50	> 100	> 100		> 50		> 0.5	< 3.0
	N Offsp.	N Family	N Breeders	N Breed	Max Sib	N_e	N_e CI 95%	N_e/N_b	Related. %
Gullsp. 2019	50	34	19+19	38	6	32	20-54	0,8	5,7
Gullsp. 2018	35	29	14+16	30	3	27	16-48	0,9	6,2
Gullsp. 2017	22	22	11+10	21	1	20	11-39	1,0	5,7
Gullsp. 2016	33	20	10+11	21	8	14	7-30	0,7	8,7
Gullsp. 2015	40	26	11+13	26	9	17	9-34	0,7	8,0
Mean/ year	36	26,2		27,2	5,4	22,0		0,8	6,9
Gullspångf- 15-19	180	138	56+60	116	9	79	59-109	0,7	4,9
Årås. 2019	44	36	15+18	33	7	24	15-43	0,7	7,1
Årås. 2018	22	22	11+11	22	1	21	11-42	1,0	6,2
Årås. 2017	62	40	14+20	34	4	24	14-42	0,7	7,8
Årås. 2016	47	36	13+16	29	4	18	10-35	0,6	8,7
Årås. 2015	27	17	6+10	16	7	10	5-23	0,6	11,9
Mean/ year	40,4	30,2		26,8	4,6	19,4		0,7	8,3
Årås. 15-19	202	154	53+56	109	7	68	48-96	0,6	5,3
Gullsp. + Årås. 2015-2019	382	285	109+116	225	9	137	109-175	0,6	4,8
Gullspälv Local	40	18	11+10	21	7	16	9-34	0,8	9,2

Andelen flergångslekare hos öring var mycket vanligare än hos laxen och runt 50 % av lekfiskarna (54,2 % för Gullspångsforsen, 49,5 % för Åråsorsarna) hade lekt mer än ett år, vilket också ökar den genetiskt effektiva populationen totalt sett. Det genomsnittliga släktskapet mellan avkomman var också något mindre för öring (6,9 %, 8,3 %) än för lax, även om det fortfarande var mer än rekommenderad nivå under 3 %.



Figur 23. Genetiska avstånd mellan öringprover från Gullspångsälven ritade som ett rotlöst dendrogram. GuFo = Gullspångforsen, LiÅr = Lilla Årأسforsen, StoÅr = Stora Årأسforsen. Provtagningsår anges också. Grenen med prover från Gullspångforsen är markerad med en ellips. Utdrag ur Koljonen, M-L, Koskiniemi, J. 2020.

Den genetiska skillnaden för öring mellan Gullspångsforsen och Årأسforsarna var signifikant (fig. 23). Samtidigt skiljde sig den poolade datan för Lilla Årأسforsen inte från årliga prover från Stora Årأسforsen, vilket indikerar att Årأسforsarna är en genpool.



Figur 24. Släktskapsträd (Neighbour-Joining tree) med genetiskt avstånd (D_A) i de olika öringpopulationerna inom Vänerns tillrinningsområde. Som stöd för varje knutpunkt visas procenten från 1000 körningar (bootstrap runs).

Som jämförelse har ett antal ytterligare prover från närliggande öringpopulationer analyserats (fig. 24). Prov från Letälven grupperar sig med Årأسforsarna vilket tyder på att det är odlad Gullspångsöring från utsättningar i Skagern som lekt där.

Rottnan och Gammelkroppa grupperar sig, vilket är väntat då Gammelkroppa är en avelslinje från Rottnan.

Även hybridisering mellan lax och öring har undersökts. Av totalt 1621 prover av parr, aleviner och rom har 78 (4,8 %) genetiskt identifierats som hybrider. En detaljerad titt på de tre forsarna visar att hybridisering sker främst i Gullspångsforsen, där 66 av hybriderna hittades. Nästan alla Gullspångsfors-hybrider (60) identifierades i proverna från parr. Hälften av dessa (30) var från parr 2018 och andelen hybrider i parr-prover 2018 var 36,6 %. Det fanns 15 hybrider (12,7 %) bland 2015 års parr. Andelen hybrider var också ganska hög (över 10 %) bland prover 2019 och 2017.

Föräldrarna till hybriderna identifierades i tre uppsättningar prover (parr från 2019 och 2018, och ägg från 2019 (samplade 2020)). Två av de analyserade hybriderna hade laxhona som förälder och alla andra (36) öringhona som förälder. Således lyckades laxhannar leka med öringhona oftare än tvärtom.

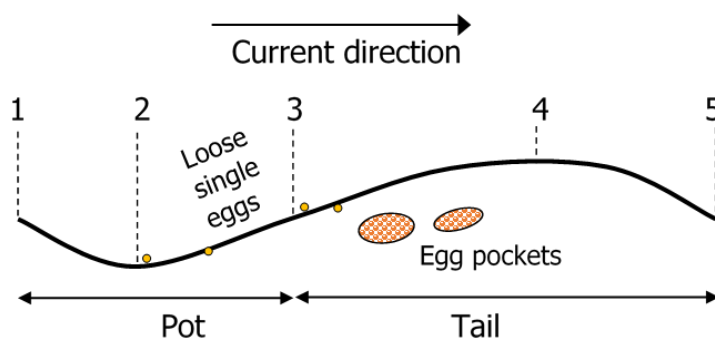
En hybrid uppvisar tecken på backcrossing, dvs att en hybrid lekt med en lax. Att det verkligen förekommit har dock inte kunnat verifieras.

Reproduction of landlocked salmon and brown trout 2014-2019

Jukka Syrjänen, LUKE, Finland, Johnny Norrgård, Gammelkroppalax AB, översättning Fredrik Nilsson

Lekgropsräkning genom vadning och embryoprovtagning och analys verkar vara praktiska metoder för att uppskatta lekbestånden av lax och öring i Gullspångsälven. Andra metoder för att räkna lekfisk, som videor, ekolod, sonar eller fällor, behöver lång driftsperiod, är dyra, fungerar inte nödvändigtvis bra i en mycket reglerad älv, kan inte pålitligt identifiera de två arterna eller könen och ger ingen information om exakta lekplatser. Dessutom är provtagning av alevin de enda metoderna för att observera antalet levande och döda embryon och obefruktade ägg på våren. Lekgropsräkning behöver emellertid en fältgrupp med flera personer, inklusive några erfarna inventerare, och flera fältdagar behövs i stora forsområden med många lekgröpar som är fallet i Gullspångsälven.

Denna studie grundar sig på lekgropsräkning under november och december 2014-2019. Metoden som använts finns beskriven i Syrjänen et al. 2014. Mätningar av substrat, vattendjup och vattenhastighet gjordes i flera punkter av varje lekgröpar (fig. 25).



Figur 25. Sidoprofil och mätpunkter för lekgropar (från Syrjänen, J and Norrgård, J, 2020).

Vid räkning av lekgropar är det viktigt att verifiera lekgroparna genom att öppna dem så att vissa romkorn syns. Detta tar tid och ansträngning, men det är det enda sättet att utesluta att lekgroparna inte är "falska", så kallade pseudo gropar.

Både höstprovtagningen och vårprovtagningen av embryon har fördelar. Höstprovtagning behöver bara ett inventeringstillfälle och proverna tas från varje verifierad lekgrop. Å andra sidan är embryona/romen unga och små, och därmed är mängden DNA-molekyler liten och svårare att analysera. Höstprover inkluderar också obefruktade ägg, eftersom de är nästan omöjliga att skilja från befruktade ägg med mycket små embryon, även med mikroskop. Således körs de obefruktade äggen också genom DNA-analyserna, vilket ger oidentifierade resultat, extra ansträngning och högre kostnader.

Vid vårprovtagning är embryona stora, och DNA-analyserna går smidigt och identifikationen på art är nästan 100 % träffsäkerhet. Obefruktade ägg kan identifieras och räknas i fält, och de behöver inte skickas för DNA-analys. Metoden inkluderar dock två fältbesök. En anmärkningsvärd andel lekgropar var till synes tomma på våren.

Det totala antalet lekgropar från lax varierade starkt mellan åren (6–53), tab 11. Antalet varierade särskilt i Gullspångsforsen och Stora Årsforsen. En ökande trend fanns fram till 2018, men antalet sjönk kraftigt 2019. Således verkar antalet laxhonor vara instabilt och mycket få. Antalet lekgropar från öring varierade mindre, motsvarande variation mellan åren var 30–80. Antalet varierade mest i Stora Årsforsen. Baserat på lekgropar domineras lekfisken av öring. Dessutom tycktes öring föredra Gullspångsforsen, medan lax föredrog Lilla- och Stora Årsforsen. Lekgropar från hybrider hittades under fyra studieår, men antalet hybridgropar kan vara högre. Detta beror på att sannolikheten för befruktning kan vara lägre vid lek mellan arter än lek inom en art, och därutöver kan dödligheten hos hybridembryon också vara högre än för lax- eller öringembryon. Artbestämning kunde inte göras från obefruktade ägg eller döda embryon.

Tabell 11. Antal observerade lekgröpar i tre forsar i Gullspångsälven 2014-2019. Unident= oidentifierad art, No samples=inga levande ägg eller yngel funna eller prov har inte tagits, Waded=andel (%) av arean som inventerats. GF=Gullspångsforsen, LÅ=Lilla Åråsforsen, SÅ=Stora Åråsforsen. (utdrag ur Syrjänen, J and Norrgård, J, 2020).

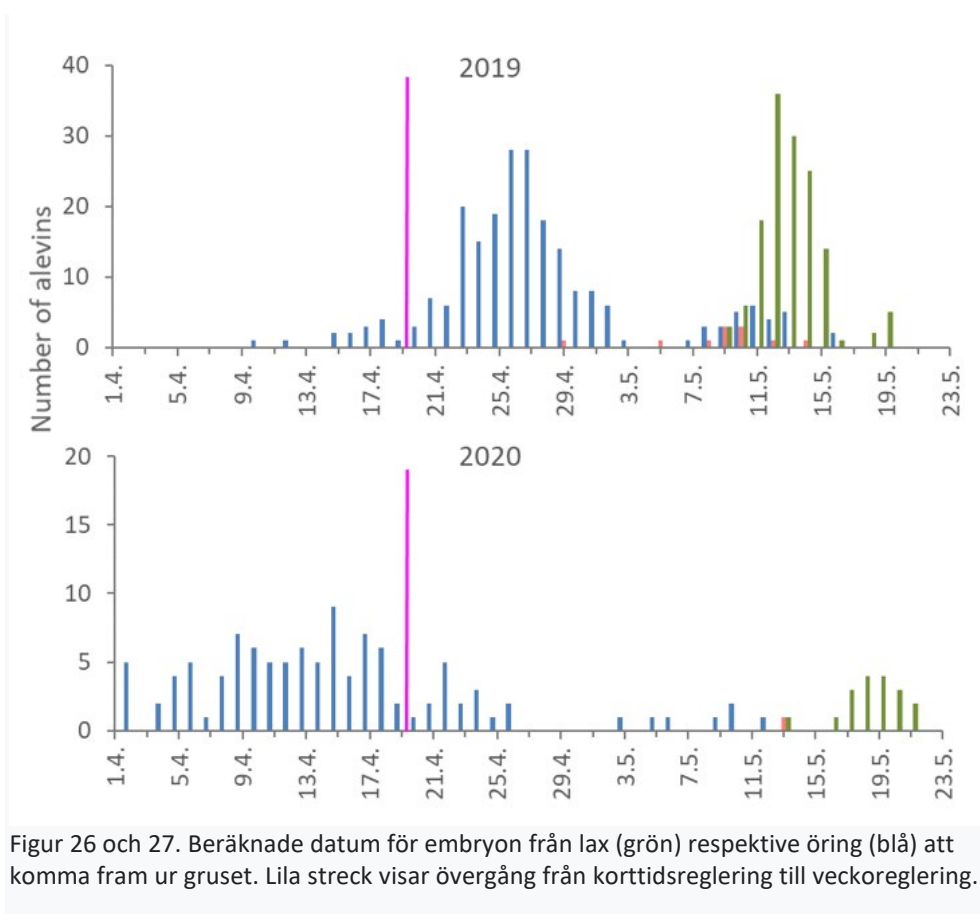
Year	Site	Salmon	Trout	Hybrid	Unident.	No sample	Total	Waded
2014	GF	2	13	0	2	8	25	100
	LÅ	3	10	1	7	8	29	100
	SÅ	1	7	0	6	0	14	100
	Total	6	30	1	15	16	68	
2015	GF	4	17	0	1	0	22	100
	LÅ	7	12	0	7	0	26	100
	SÅ	8	1	0	4	0	13	100
	Total	19	30	0	12	0	61	
2016	GF	5	22	0	6	0	33	100
	LÅ	12	13	0	9	2	36	100
	SÅ	12	8	0	6	0	26	100
	Total	29	43	0	21	2	95	
2017	GF	13	20	3	9	0	45	100
	LÅ	13	22	0	6	0	41	70
	SÅ	16	11	1	4	1	33	100
	Total	42	53	4	19	1	119	
2018	GF	0	25	2	0	33	60	100
	LÅ	35	33	3	1	22	94	100
	SÅ	18	22	0	0	2	42	100
	Total	53	80	5	1	57	196	
2019	GF	1	24	1	0	33	59	100
	LÅ	12	29	0	0	18	59	100
	SÅ	0	8	0	0	3	11	100
	Total	13	61	1	0	54	129	

Mikromiljön hos lekgröparna var likartad för lax och öring. Laxarnas gröpar var bredare och längre än öringens i genomsnitt, men måtten överlappade kraftigt. Några av de minsta öringgröparna kan vara gjorda av stationära honor. Således bör livsmiljön för embryon av lax och öring vara likartad. Laxgröpar var belägna i lite mer öppna områden än öringgröpar, men ändå berörde nästan hälften av laxgröparna en större sten, en trädstam eller älvstranden. Det fanns varken några signifikanta skillnader i vattendjupvariablerna eller de aktuella hastighetsvariablerna mellan de två arterna. Medelvattendjup i gröparna var 48–62 cm och genomsnittlig vattenhastighet i botten var 0,21–0,27 m/s. För framtida restaureringsprojekt är det viktigt att använda rätt partikelstorlek när man skapar konstgjorda grusbäddar och placera bäddarna i snabb vattenhastighet bredvid stenblock. De små skillnaderna

mellan arterna är av mindre betydelse, men för lax skulle lekgruset kunna placeras längre bort från stränderna.

Ett försök gjordes att beräkna överlevnad från ägg till parr (0+). Den totala mängden rom beräknades och jämfördes med den totala beräknade mängden parr utifrån elfiskedata i året efter. Resultatet visade att överlevnaden varierade starkt mellan studieåren och platserna. Det fanns heller inte någon signifikant korrelation mellan ägg- och parrtätheter. Men resultaten kan återspegla den verkliga fluktuationen i överlevnad mellan år, men skälen till detta är spekulativa. Överlevnaden av embryon kan variera från år till år av flera skäl, exempelvis korttidsreglering eller predation kan orsaka dödlighet vid ynglens uppkomst ur gruset och hög vattentemperatur kan orsaka dödlighet för parr på sommaren. I Gullspångsforsen och Stora Årsåsforsen var överlevnaden generellt hög enligt beräkningarna. Men igen producerar metoderna stora osäkerheter i uppskattningarna.

Tidpunkten för de kläckta ynglen att kravla ur gruset (uppkomst) skilde sig tydligt mellan lax och öring (fig. 26 och 27). Öringynglen kom upp efter korttidsregleringsperioden 2019 men under densamma 2020. Korttidsregleringen påverkar dock inte öring i Gullspångsforsen.



Figur 26 och 27. Beräknade datum för embryon från lax (grön) respektive öring (blå) att komma fram ur gruset. Lila streck visar övergång från korttidsreglering till veckoreglering.

Laxynglens uppkomst ur gruset bör inte påverkas av korttidsregleringen under de två studieåren. Tiden för öringens uppkomst var förvånansvärt lång, mer än en månad. Hybridernas yngel hamnade mellan topparna på öring och lax. Tidpunkten och längden på perioden då ynglen kommer upp ur gruset kan dock variera mycket mellan åren, beroende på tidpunkten för lek och vattentemperaturen från lek till våren.

Överlevnaden av embryon från lek till våren var liten i Gullspångsforsen, måttlig i Lilla Åråsforsen och måttlig till hög i Stora Åråsforsen under de två åren där detta kunde testas. Orsakerna till den höga dödligheten i Gullspångsforsen är spekulativa. Vattenkvaliteten är god enligt de mätningar som finns och risken för sedimentation bedöms liten. Därför kan hybridisering vara den mest rimliga faktorn för embryodödligheten, men det kan också finnas andra orsaker. Antalet identifierade hybridgropar var dock högst i Gullspångsforsen och andelen okläckta ägg var högst i densamma våren 2020. Hybridisering kan leda till högre dödlighet i embryoutvecklingen.

Slutligen verkar tätheten av parr (0+) variera starkt mellan lokaler och år, och korrelerar heller inte med den beräknade tätheten av rom. För att bättre förstå vilka faktorer som påverkar mortaliteten bör fortsatt uppföljning av lekfisk/lekgröpar, kläckning av aleviner och elfisken på hösten göras.

Genetisk status hos odlad linje

Analys och utvärdering av odlad material har inte gjorts på senare tid. 2012 presenterade SLU en populationsgenetisk kartläggning av Vänerlax (Aqua reports 2012:4). Där noteras att skillnaderna mellan vildfödda laxungar från Åråsforsarna och odlade Gullspångslaxar från 2000-talet överlag var signifikanta. Endast omkring 70 % av generna hos dagens odlade och vildfödda Gullspångslax bedöms vara "ursprungliga" vilket motsvarar ett genomsnittligt genflöde från Klarälvslax av 6–9 % per generation. Fortsatt presenteras att under senare år (2009-2010), tenderar den vildfödda laxen i Åråsforsarna att likna dagens odlade stam genetiskt sett. Enligt författarna beror detta sannolikt på att den lax som sattes ut som yngel 2004-2008 i den nyrestaureerade Gullspångsforsen senare återvänt för lek, och då även reproducerat sig i Åråsforsarna.

För Gullspångsöringen redovisades i samma rapport en delvis annorlunda bild; "Senare års odlade Gullspångsöring tycks vara jämförelsevis genetiskt ursprunglig (1-A = 87–98 %) medan motsvarande skattningar för vildfödd Gullspångsöring är mer variabla. I likhet med laxen finns tecken på att den tidigare utsatta odlade öringen återvänt och reproducerat sig i både Gullspångsforsen och Åråsforsarna. Däremot tyder denna studie på att individerna med högst andel ursprungliga gener (80–90 %) är födda i odling eller i det vilda under senare år (2009-2010), medan motsvarande andel är lägre (50–70 %) hos vildfödda öringar från elfisken i Åråsforsarna och Gullspångsforsen 2005. Till skillnad mot för G-lax tycks det således som att beslutet att sätta ut odlad öring i Gullspångsforsen 2004-2008 kan ha resulterat i en ökad andel ursprungliga gener".

Det planeras för nya provtagningar av de odlade linjerna i samband med den nya avelsstrategin för kompensationsodlingen för Klarälven-Gullspångsälven. Fortum ansvarar för provtagningarna.

Slutsatser och förslag på genetiska mål för att uppnå Gynnsam bevarandestatus

Under lång tid har populationen av lax i Gullspångsälven utgjort en spillra av sin historiska storlek. Det råder ingen tvekan om att mängden lax behöver öka påtagligt för att uppnå mer gynnsam bevarandestatus. Exempelvis har studier av DNA-variation visat att det genetiskt effektiva antalet föräldrar *per år* (N_b) idag endast är ca 10 (eller lägre) i Åråsorsarna respektive Gullspångsforsen. Detta motsvarar uppskattningsvis en genetiskt effektiv populationsstorlek *per generation* (N_e) för hela älven om högst 40 individer, vilket understiger internationellt vedertagna riktlinjer för genetiskt korttidsbevarande ($N_e > 50$, senare studier indikerar snarare $N_e > 100$) vilka syftar till att reducera inavelsrelaterade problem (t.ex. sänkt överlevnad och reproduktion). För att bibehålla tillräckligt med ärftlig variation så att evolutionär anpassning i en föränderlig miljö ska vara möjlig även på längre sikt (s.k. evolutionär potential) krävs dock en betydligt större effektiv populationsstorlek ($N_e > 500$, vissa studier anger ännu högre målnivåer).

Tabell 12 redovisar beräknade totala (N_t) samt genetiskt effektiva (N_b) antal lekfiskar *per år* (båda lekområdena sammantagna) som behövs för att uppfylla ovan nämnda genetiska målnivåer i termer av minsta effektiva populationsstorlekar per generation (N_e) vid bevarande på kort ($N_e > 50-100$) respektive längre sikt ($N_e > 500$). Första raden redovisar dagens situation, där $N_b=20$ är baserat på empiriska resultat för lax från Gullspångsälven. Övriga värden är beräknade enligt litteraturuppgifter om hur N_e , N_b och N_t förhåller sig inbördes i laxfiskpopulationer med liknande livshistoria, samt antaget att populationen i Gullspångsälven är reproduktivt isolerad (Palm & Dannewitz 2018 med referenser; Stefan Palm, SLU Aqua, pers. komm.).

N_e (per generation)	N_b (per år)	N_t (per år)
40	20*	67
50	25	83
100	50	167
500	250	833

* empirisk skattning, övriga värden baseras på litteraturuppgifter

För att uppnå en långsiktigt gynnsam bevarandestatus ur genetiskt perspektiv ($N_e > 500$) krävs uppskattningsvis ett 12.5 ggr större lekbestånd än dagens (mer än 800 lekfiskar årligen). Eftersom populationen under åtskilliga generationer varit mycket liten bör detta långsiktiga bevarandemål uppnås så snart praktiskt möjligt. Ett ökat antal vuxna laxar som bidrar med avkomma reducerar även Gullspångslaxens sårbarhet för oönskad genetisk påverkan via eventuellt felvandrad odlad lax, utsatt i sjön eller andra vattendrag kring Vänern. Det förväntas också minska betydelsen av demografiska slumpprocesser vilka kan medföra ökad utdöenderisk i numerärt små populationer.

Det finns dock några aspekter och frågor att beakta, som man behöver vara medveten om i samband med att mål för att bevara Gullspångslaxen fastställs:

- Bevarandemål kan vara formulerade både i genetiska och demografiska termer. För genbevarande är det i regel N_e (per generation) som står i fokus, men om man känner till hur N_e relaterar till N_b (per år) kan man ändå i praktiken bedriva övervakning av N_b . Vad gäller demografiska mål (t.ex. ett lekbeståndsmål formulerad som ett lägsta antal lekfiskar) kan N_b också vara användbart, om man vet hur N_b relaterar till N_{tot} (eller totala antalet honor/ägg). Vilket bevarandemål - ett demografiskt eller genetiskt baserat - som i praktiken bör vara styrande beror på vilket av dessa som är högst (i termer av totalt antal lekfiskar per år). För att fastställa ett demografiskt mål för laxen i Gullspångsälven bör en sårbarhetsanalys (s.k. PVA, baserad på datorsimuleringar) genomföras, vilken belyser utdöendefrisker och förväntad populationsdynamik givet olika tidsramar och förutsättningar (tillgängligt lekhabitat, fiskedödighet, etc.). Vid en sådan analys bör hänsyn även tas till förekomst av "genetiska funktionsnedsättningar" kopplade till inavel, s.k. inaveldepression.
- En viktig förutsättning vid genetisk övervakning är att det vävnadsmaterial som insamlas för DNA-analys är representativt för hela den årsklass och "population" man avser att studera. Bedömningen är att de prover som hittills tagits uppfyller detta kriterium då samtliga forsar, elfiskelokaler och sidor av älven varit representerade. En relaterad fråga är hur N_b -skattningar för de båda lekområdena, Årsforsarna och Gullspångsforsen, ska kombineras statistiskt så att dessa representerar hela älvens population. Genetiska resultat tyder på att olika fiskar leker i Års- och Gullspångsforsen vilket återspeglas i två "delpopulationer" som idag uppvisar en mindre grad av genetisk differentiering, trots att ett relativt omfattande genflöde mellan lekområdena sannolikt förekommer.

Sammanfattningsvis är slutsatsen att genetisk övervakning, via DNA-analyser av stirr och skattningar av N_b , bör genomföras även fortsatt för uppföljning av ett genetiskt bevarandemål i termer av N_e och N_b enligt ovan. Antagligen behövs dock inte årliga DNA-analyser; sådana kan genomföras med några års mellanrum (t.ex. vart tredje år). Vidare bör ett lekbeståndsmål användas parallellt för att så snabbt som möjligt uppnå en populationsstorlek (N_{tot}) som minimerar risken för ytterligare försämring av populationens genetiska status. I avvaktan på en demografisk sårbarhetsanalys (och ev. andra nya rön) bör lekbeståndsmålet sättas till >800 individer per år. Ett övervakningsprogram för detta mål bör upprättas. Vidare rekommenderas fortsatt arbete med de teoretiska och empiriska frågor som nämns ovan, parallellt med fortsatt övervakning.

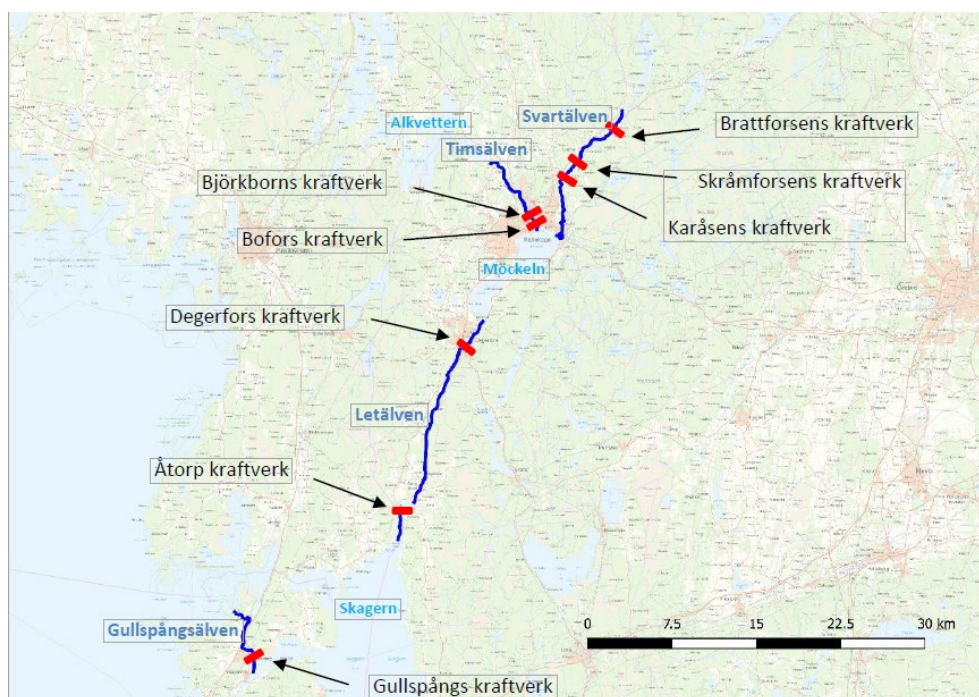
Delprojekt 2. Populationsmodell

Ursprungliga och nuvarande uppväxtmiljöer för Gullspångslax och Gullspångsöring

Jonathan Bark, m.fl. 2018

Sportfiskarna har på uppdrag av Länsstyrelsen i Örebro beräknat nuvarande och ursprunglig areal av uppväxtområden för Gullspångslax och Gullspångsöring inom avrinningsområdet. Resultaten har presenterats i en rapport (Bark, J. m.fl. 2018). Resultaten som presenteras i den här rapporten utgör grunden för beräkning av avrinningsområdets potentiella produktion av Gullspångslax och Gullspångsöring.

Sportfiskarna har karterat laxhabitat vid alla tillgängliga strömsträckor i Gullspångsälven, Letälven, Timsälven (upp till Alkvettern) och Svartälven (till och med Brattforsen). Mindre vattendrag och biflöden som kan vara lekområde för öring är inte med i karteringen. Laxhabitatkarteringarna i fält genomfördes från slutet av augusti till början av oktober 2018. Det var väldigt låg vattenföring vid inventeringarna vilket påverkar resultatet då vattendragen ser olika ut vid olika vattenflöden. Norconsult har ekolodat och modellerat ursprungliga uppväxtmiljöer som blivit indämda vid de åtta vattenkraftverken inom undersökningsområdet. Två av ekolodningarna har genomförts av Länsstyrelsen i Västra Götalands län. En tvådimensionell modell har byggts upp i programvarorna MIKE 21 Flow Model FM (för Svartälven och Timsälven) samt Civil3D och HEC-RAS (Gullspångsälven och Letälven).



Figur 28. Sträckorna som ingår i uppdraget (blåmarkerade). Totalt finns åtta kraftverk inom undersökningsområdet (röda streck).

Utifrån dessa undersökningar har sträckornas laxhabitatklass och Trout Habitat Score (THS) beräknats som är index framtagna för att beräkna en vattendragssträckas potential som uppväxtområde för lax (laxhabitatklass) respektive öring

(THS). Laxhabitatkartering är en enkel och robust metod utvecklad av SLU Sötvattenslaboratoriet (Degerman, Tamario & Spjut, 2018) för att inventera uppväxtområden för lax.

Laxhabitatklass baseras på fyra faktorer som klassas i en tregradig skala (0-2). De fyra faktorerna är vattenhastighet (lugnt = 0, forsande = 1, strömmande = 2), botten substrat (sand eller finare = 0, grus = 1, sten och block = 2), vattendjup (> 40 cm = 0, 30-40 cm = 1, < 30 cm = 2) och vattendragsbredd (< 6 meter = 0, 6-12 meter = 1, > 12 meter = 2). En sträcka kan således erhålla en laxhabitatklass mellan noll (minimalt) och åtta (maximalt). I den här rapporten har vi framför allt valt att presentera uppväxtområden med en laxhabitatklass > 5.

Gullspångslax och Gullspångsöring har ursprungligen haft tillgång till 38,2 hektar uppväxtområden med en laxhabitatklass > 5 i Gullspångsälven, Letälven, Timsälven och Svartälven (tabell 13 och 14). I nuläget är 15,6 hektar av den ursprungliga uppväxtarealen indämd. Det finns 10,6 hektar strömsträckor uppströms Skagern, varav 9,0 hektar i spillfåror vid de sju kraftverken. Genom studier av historiska kartor och gamla bilder har vi uppskattat att 7,0 hektar strömsträckor har försvunnit genom att sidofåror stängts av, att man har smalnats av vattendraget runt kraftverken eller att de blivit kulverterade (exempelvis i Degerfors där man byggt industrier över spillfåran). Gullspångslax och Gullspångsöring har i nuläget tillgång till 5,0 hektar strömsträckor i Gullspångsälven nedströms första vandringshindret (Gullspångs kraftverk).

Tabell 13. Uppväxtarealer för lax och öring med olika habitatklasser för alla delområden. Kolumnen till höger visar uppväxtarealen med en laxhabitatklass > 5 för varje delområde. Utdrag ur Bark, J. m.fl., 2018.

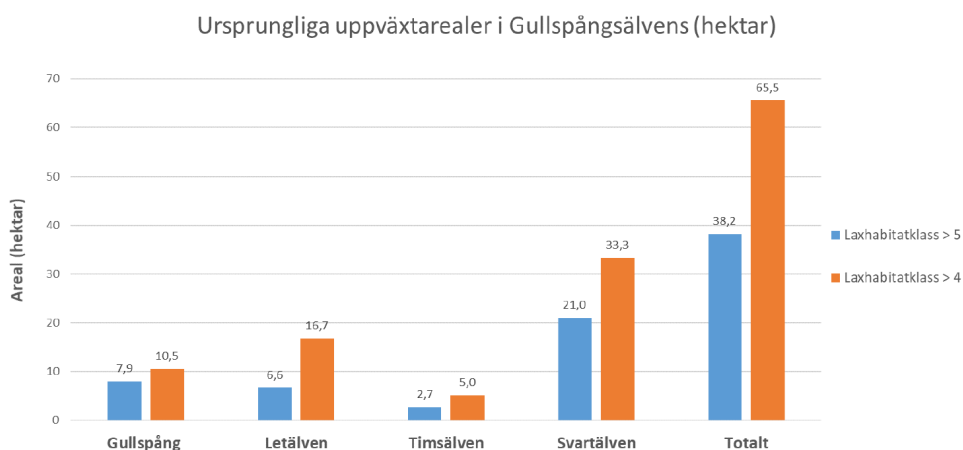
Delområden	Laxhabitatklass								
	1	2	3	4	5	6	7	8	≥ 5
Gullspångsälven, strömsträckor/spillfåra				0,64	0	0,53	4,16	0,35	5,04
Gullspångsälven, indämt		6,30	2,16	1,90	0,48	0,24	0,06		0,78
Letälven 1 – Åtorp, spillfåra							1,20		1,20
Letälven 1 – Åtorp, indämt	0,003	90,58	6,02	8,71	1,61	0,28	0,006		1,90
Letälven 2 – Degerfors, indämt		18,14	0,59	1,33	0,10	0,005			0,11
Timsälven 1 – Bofors, spillfåra (modellerad)				0,006	0,10	0,18	0,14	0,08	0,49
Timsälven 1 – Bofors, indämt		0,81	0,50	1,69	0,73	0,33	0,13	0,03	1,22
Timsälven 2 – Björkbom, spillfåra							0,74		0,74
Timsälven 2 – Björkbom, indämt		3,71	1,59	0,76	0,17	0,04	0,01	0,004	0,22
Svartälven 1 – Karåsen, strömsträcka nedströms kraftverket						1,56			1,56
Svartälven 1 – Karåsen, spillfåra			0,08			0,34	1,95	1,23	3,52
Svartälven 1 – Karåsen, indämt		0,84	1,09	0,77	0,41	0,18	0,03	0,001	0,62
Svartälven 2 – Skråmforsen, spillfåra					0,18	0,13	0,32		0,63
Svartälven 2 – Skråmforsen, indämt		3,45	3,25	2,16	0,85	0,40	0,26		1,52
Svartälven 3 – Brattforsen, spillfåra		0,0003	0,15	0,30	0,33	2,16			2,49
Svartälven 3 – Brattforsen, indämt			8,82	9,07	7,19	1,17	0,68	0,09	9,20
Totalt	0,003	123,8	24,3	27,3	12,2	7,5	9,7	1,8	31,2

Tabell 14. Försvunna sträckor och deras ursprungliga areal. Utdrag ur Bark, J. m.fl., 2018.

Delområden	Sträcka	Areal (hektar)
Gullspångsälven	Nedströms järnvägen, indämd/ersatt med utloppskanal	1,26
Gullspångsälven	Överbyggd sträcka vid kraftverket	0,86
Letälven 1 – Åtorp	Utloppskanal Åtorps kraftverk	0,67
Letälven 1 – Åtorp	Nedströms kraftverksdammen (ej karterad)	0,48
Letälven 1 – Åtorp	Avsmalnad fåra (karterad sträcka)	0,68
Letälven 1 – Åtorp	Sidofåra i indämd sträcka ("Westanbäck")	0,14
Letälven 2 – Degerfors	Överbyggd sträcka	1,47
Svartälven 1 – Karåsen	Avstängd sidofåra	0,20
Svartälven 3 – Brattforsen	Överbyggd fåra	1,25
Totalt		7,0

Ursprungligen har det, för Gullspångslax och Gullspångsöring, funnits 7,9 hektar uppväxtområden i Gullspångsälven, 6,6 hektar i Letälven, 2,7 hektar i Timsälven och 21,0 hektar i Svartälven med en laxhabitatklass > 5.

Inkluderar man sträckor med en laxhabitatklass > 4 så tillkommer ytterligare 27,3 hektar och den ursprungliga uppväxtarealen för Gullspångslax och Gullspångsöring uppgår då till 65,5 hektar i de undersökta vattendragen (fig. 28). Det är främst i de indämda sträckorna, exempelvis 8,7 hektar vid Åtorps kraftverk och 9,1 hektar vid Brattforsens kraftverk, som ytterligare uppväxtmiljöer tillkommer.



Figur 28. Ursprungliga uppväxtarealer (hektar) för Gullspångslax och Gullspångsöring med en laxhabitatklass ≥ 5 och ≥ 4 i de fyra vattendragen, enligt beräkningar i denna rapport.

Trout Habitat Score beräknas på liknande sätt som laxhabitatklasserna men med sex faktorer istället för fyra (maximal poäng är således 12) och lite annorlunda klassning (vattendragsbredden ska vara så liten som möjligt för att gynna öring). De två extra faktorerna är lutning och beskuggning.

Sportfiskarna har valt att sätta gränsen vid THS > 6 för att en sträcka ska anses utgöra bra öringhabitat. Eftersom vi enbart har karterat huvudfårorna som är breda (>

10 meter) med dålig beskuggning så visar delsträckorna generellt på låga THS-poäng. Ursprungligen har det funnits 18,6 hektar uppväxtområden med THS > 6 i Gullspångsälven, Letälven, Timsälven och Svartälven. Ofta finner man de bra öringhabitaten utmed strandkanten av stora vattendrag och THS är generellt högre där (bättre beskuggning, mindre vattendjup och lägre strömhastighet). Som ett komplement har THS även beräknats för de fem metrarna närmast strandkanten (arealen beräknas på en vattendragsbredd om 10 meter, alltså fem meter på varje sida). Det finns 6,5 hektar uppväxtområden med THS > 6 utmed strandkanten i det undersökta området.

Bestandsmodell för lax med effekt av olika åtgärdsförslag

Fiskevårdsteknik AB, Mats Hebrand och Erik Bergman. 2020

I syfte att beräkna ursprunglig, nuvarande och möjlig framtida produktion av smolt och lekfisk av lax i Gullspångsälven har en bestandsmodell tagits fram av Fiskevårdsteknik AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Örebro.

I modellen simuleras Gullspångslaxens livscykel i stadierna uppväxt i vattendraget, utvandring som smolt, tillväxt i Vätern, uppvandring som lekfisk, återutvandring efter lek och eventuell återuppvandring för ytterligare lek.

I modellen delas vattendraget in i delsträckor med enhetliga egenskaper.

Bedömd smoltproduktion beräknas för varje enskild delsträcka i ån som funktion av sträckans lämplighet som laxhabitat.

I alla stadier och för alla delsträckor har laxens möjlighet för migration och överlevnad beräknats med faktorer som beskriver passage-effektivitet och migrationsmortalitet.

Underlaget till sträckindelningen av vattendraget utgörs av fältinventeringar av befintliga strömsträckor, simuleringar i ekolodade indämda sträckor samt skrivbordsbedömningar av försvunna strömsträckor (Bark et al. 2019). Sträckornas lämplighet som laxhabitat har klassificerats med hjälp av metodiken för laxhabitatkartering framtagen av SLU (Degerman & Spjut 2019).

Övriga styrparametrar i form av smoltproduktion (tab. 15 och 16), migrationsmortalitet (tab. 17) och överlevnad i Vätern har ansatts utifrån den data som finns tillgänglig. I många fall har det dock funnits få, eller spretande, uppgifter att tillgå. I de fallen har parametrarna fått uppskattas. Som stöd i uppskattningen har modellen kalibrerats med hjälp av uppgifter om nuvarande och tidigare mängder lekfiskar som vandrat upp i älven.

Tabell 15. Täthet av laxungar (>0+) och produktion av laxsmolt per 100 m² som funktion av laxhabitatklass under nuvarande **korttidsreglerade förhållanden**.

Laxhabitatklass	Produktion av laxsmolt (n/100 m ²)	
	Korttidsreglerade sträckor	Ej korttidsreglerade sträckor
5	0,22	1,37
6	0,23	1,43
7	0,24	1,52
8	0,30	1,90

Tabell 16. Täthet av laxungar (>0+) och produktion av laxsmolt per 100 m² som funktion av laxhabitatklass under antagna **naturliga förhållanden**. Gråmarkerade fält har inte använts i modellen.

Laxhabitatklass	Produktion av laxsmolt (n/100 m ²)	
	Korttidsreglerade sträckor	Ej korttidsreglerade sträckor
5	12,63	3,79
6	14,15	4,25
7	15,44	4,63
8	16,55	4,97

Migrationsmortaliteten för nedvandrande smolt bedöms vara den parameter som har störst osäkerhet och störst påverkan på resultatet. Detta beror på att migrationsmortaliteten påverkar de olika scenarierna mycket olika. En hög migrationsmortalitet minskar betydelsen av uppväxtområden belägna långt uppströms i systemet och vice versa med en låg migrationsmortalitet. En känslighetsanalys ingår i rapporten där olika värden belyses.

Tabell 17. Förväntad smoltförlust vid utvandring till Vätern per km vandrad sträcka i respektive habitat.

Habitattyp	Dödlighet (% per km)
Vattendrag, stort	1,0
Vattendrag, mellanstort	2,5
Vattendrag, litet	5,0
Sjö, stor	7,5
Sjö, mellanstor	10,0
Sjö, liten	15,0

Styrvärdena för smoltproduktion och överlevnaden i Vätern har också behövt antas på ett sätt som innebär osäkerheter. Dock innebär förändringar av dessa värden att alla scenarier påverkas på ungefär samma sätt, vilket gör att värderingen av de olika åtgärderna inte påverkas i samma utsträckning.

I modellen har nuvarande och ursprungliga förhållanden samt 10 potentiella framtida förhållanden simulerats. Resultaten för de olika scenarierna redovisas i tabell 18 samt figur 28 och 29.

Tabell 18. Simulerade antal utvandrande smolt samt uppvandrande lekfisk för alla modellerade scenarier.

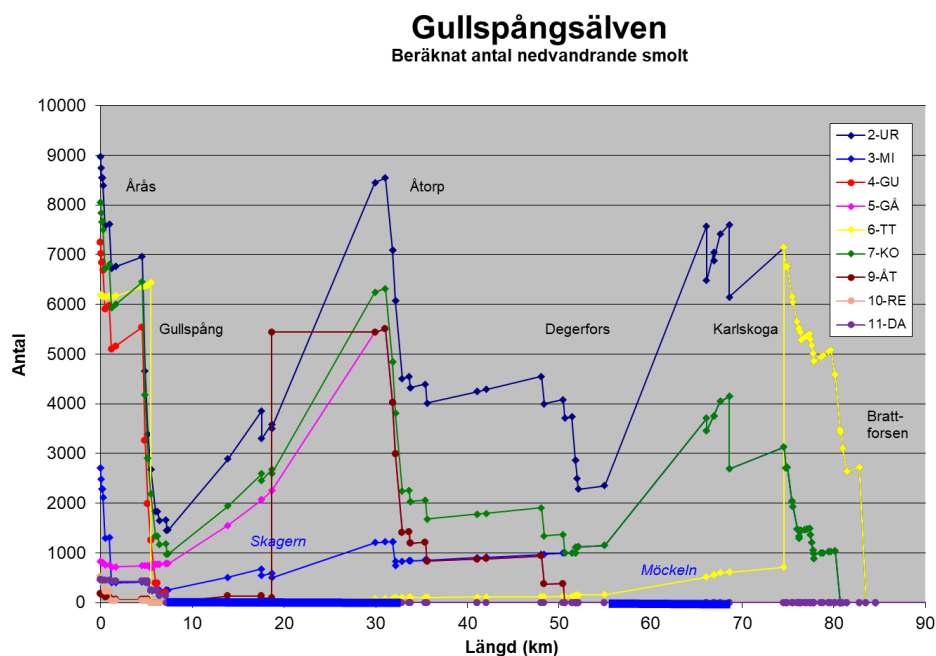
Scenario	Utvandrande smolt	Uppvandrande smolt
Nuvarande	181	37
Ursprungligt	8964	2632
Miljöanpassning	2709	550
Återställning Gullspång	7242	1547
Fiskväg Gullspång och återställning Åtorp	825	157
Trap and Transport	6186	1158
Komb. Återställning & miljöanpassning	8054	1711
Ny åfåra från Skagern	4966 (+121)*	1020 (+25)*
Återställning Åtorp (Skagernbestånd)	5441 (+181)**	1118 (+37)**

Scenario	Utvandrande smolt	Uppvandrande smolt
Anpassad reglering Gullspång	2500	512
Ny damm Gullspång	2002	457
Lekkanal Gullspång	570	114

* Avser ett nytt bestånd av Gullspångslax som etableras i den nya åfåran. Siffror inom parentes avser beståndet av Gullspångslax i Gullspångsälvens huvudfåra.

** Avser ett nytt bestånd av Gullspångslax som etableras i Skagern. Siffror inom parentes avser beståndet av Gullspångslax i Gullspångsälvens huvudfåra

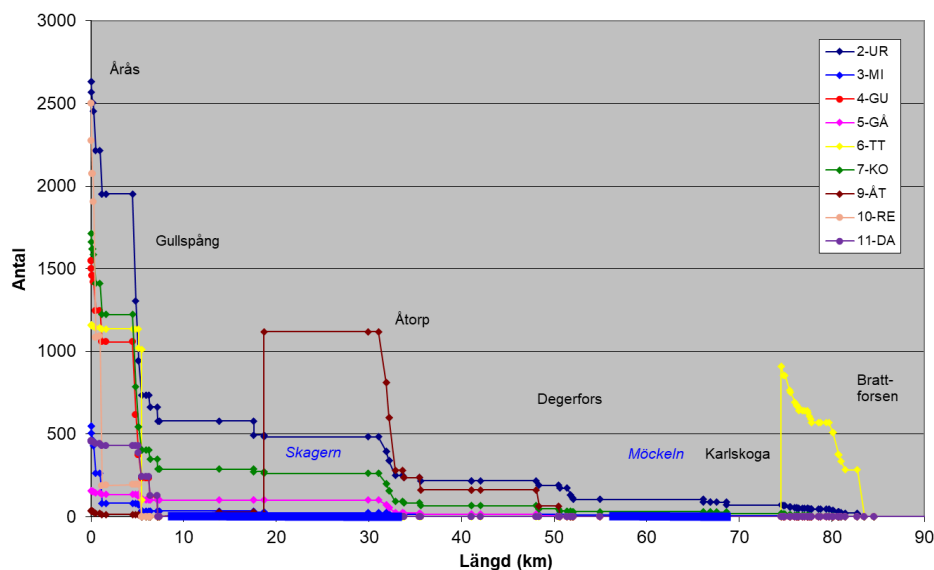
Modellsimuleringarna visar att Gullspångslaxen är starkt hotad i dagsläget och att mindre än 50 lekfiskar årligen vandrar upp i älven, jämfört med över 2 600 fiskar i ursprungliga förhållanden. Modellen visar även att det är sträckan från Skagern till Väneren som är och har varit det viktigaste området för reproduktion av Gullspångslax.



Figur 29. Beräknat antal nedvandrande smolt (ackumulerat) längs vattendragets huvudfåra (Gullspångsälven, Letälven, Svartälven).

Gullspångsälven

Beräknat antal uppvandrande lekfiskar



Figur 30. Beräknat antal uppvandrande lekfiskar längs vattendragets huvudfåra (Gullspångsälven, Letälven, Svartälven).

Av de framtida scenarierna är det de scenarier som innebär att uppväxtområden skapas i nära anslutning till tillväxtområden (Vänern) som ger störst effekt. Dessa innefattar "Återställning Gullspång", som innebär att Gullspångsälven återställs helt, t.ex. genom att intaget och utloppet till Gullspångsälven förläggs till bergtunnlar, "Ny åfåra från Skagern", som innebär att en jämn minimitappning spills i en ny åfåra som anläggs mellan Vänern och Skagern samt "Kombination återställning och miljöanpassning", som innebär att Gullspångsälven och de nedre delarna av Letälven återställs samt att övriga kraftverk i systemet miljöanpassas. Ovan nämnda scenarier innebär dock mycket omfattande åtgärder.

Även scenariot "Trap and Transport", som innebär att fisk fångas för transport upp resp. ned mellan Gullspång och den återställda Svartälven ger god effekt då förlusterna för den nedvandrande fisken minimeras. Åtgärden kan å andra sidan medföra oönskade selektiva effekter.

Scenariot "Återställning Åtorp", vilket innebär att de nedre delarna av Letälven återställs genom utrivning av Åtorp kraftverk, ger goda resultat genom att stora uppväxtarealer tillgängliggörs i nära anslutning till tillväxthabitatet Skagern där ett lokalt bestånd av Gullspångslax kan etableras. Åtgärder ger emellertid ingen effekt alls i själva Gullspångsälven.

Scenarierna "Anpassad reglering Gullspång", vilket innebär att korttidsregleringen i Gullspångsälven upphör, samt "Ny damm Gullspång", vilket innebär att sträckan mellan Skagern och Gullspångsdammen återställs, är scenarier som ger goda resultat och som fortsatt medger drift av alla kraftverk.

Scenariot ”Fiskväg Gullspång och Återställning Åtorp”, vilket innebär att en fiskväg anläggs vid Gullspångsdammen, att Åtorps kraftverks rivs ut samt att de nedre delarna av Letälven återställs, ger endast en marginell förbättring i förhållande till övriga scenarier trots att det innebär omfattande åtgärder.

Resultatet av scenariot där alla kraftverk miljöanpassas genom att det anläggs väl fungerande fiskvägar samt att korttidsregleringen upphör ger förvisso en relativt stor förbättring jämfört med i dagsläget. Dock är resultatet svagt i förhållande till omfattningen av de åtgärder som scenariot innebär. Den stora vinsten kommer från att korttidsregleringen i Gullspångsälven upphör då smoltproduktionen uppströms Gullspångsdammen endast står för ca en tiondel av det totala återvändande leksteg i scenariot.

Detta visar på att det inte räcker med att anlägga fiskvägar för att rädda Gullspångslaxen, man måste även återskapa lämpliga habitat eller upphöra med den skadliga korttidsregleringen för att förhoppningsvis kunna få en högre smoltproduktion på befintliga uppväxtområden.

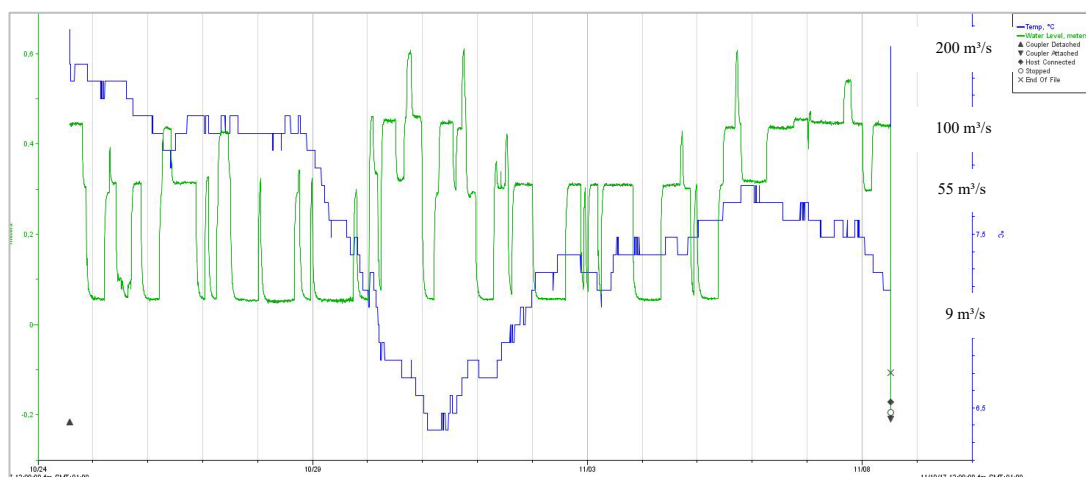
Delprojekt 3. Åtgärder och utredningar Vänern-Skagern

Hydrauliska effekter av regleringen

Fredrik Nilsson, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Korttidsregleringens direkta, mätbara effekter är svåra att mäta. De snabba vattenståndsförändringarna bidrar till svårigheten. Ett sätt att kvantifiera problemen är att beskriva arealen av torrlagda ytor där fiskyngel kan strandas vid snabba sänkningar av vattenståndet. Vattenståndsförändringarna vid start/stopp i kraftverket är störst i Lilla Åråsforseen. Enligt den hydrauliska modellen (sid.58) torrläggs nästan 20 % av ytan från full kraftverksdrift till minimitappning, medan det i Stora Åråsforseen är mindre än 10 % av ytan som temporärt torrläggs.

Hastigheten av vattenståndsförändringar är en annan viktig parameter. För att minska risken för strandning bör sänkingshastigheten, enligt norska studier, begränsas till 10-15 cm per timme (Renöfält och Ahonen 2013 med referenser). För att undersöka hastigheten och amplituden av regleringseffekterna placerades en nivålogger på tröskeln till Lilla Åråsforseen 2017-10-24 och 15 dagar framåt. Resultaten visar tydligt tre olika effektlägen förutom minimitappningen (fig. 31). Efter jämförelse med driftdata motsvarar de tre lägena ca 55, 120 och 200 m³/s genom kraftverket. Vattenståndsfluktuationen är mer än 50 cm mellan minimitappning och 200 m³/s och hastigheten på nivåförändringen är hög. Vid start av kraftverket stiger vattennivån med ca 20-25 cm första halvtimmen. Vid stängning sjunker nivå lika snabbt i början och långsammare framförallt i slutet av sänkningen. Den högsta hastigheten på nivåförändringen är ca 12 cm på 5 min vilket motsvarar nästan 1,5 m/h. Dock ska betänkas att merparten av vattnet divergeras bort via kolstrandskanalen och amplituden skulle varit ännu högre om allt vatten gått genom Åråsforsearna.



Figur 31. Nivåförändringar (grön) och vattentemperatur (blå) vid tröskeln till Lilla Åråsfor- sen 2017-10-24 till 2017-11-07. Motsvarande tappning i kraftverk till höger i figur.

Hittills har ingen laxfisk noterats strandad längs älven. Däremot finns flera obser- vationer av andra arter som strandat av regleringseffekterna. I början av april 2020 noterades en större mängd mörtar som strandat i vassen strax nedströms utloppska- nalen från kraftverket (F Nilsson, opubl.). Från Stora Åråsfor- sen finns uppgifter om en strandad gädda (E. Degerman muntl.).

Gullspångsforsen påverkas inte på samma sätt som Åråsfor- sarna av korttidsregle- ringen. Här råder en minimitappning på ca 3 m³/s, men fåran utgör även vattenväg för eventuellt spillvatten. Eftersom sjön Skagern utgör ett stort regleringsmagasin används forsen sällan för spill. Det vanligaste är att hela älvens minimitappning (9 m³/s) leds via forsen under planerade stopp på turbinen. Mer sällan tappas större mängder vatten (tab. 19).

Tabell 19. Planerade eller oplanerade tappningar i Gullspångsforsen över 5 m³/s angivet som dygnsmedel under åren 2010-2020. Data från Fortum.

År	Datum	Tappning (m³/s)	Kommentar
2011	Januari, 4 dygn	9	Planerat arbete
2011	14 okt-25 nov	9-11	Planerat arbete, något förlängt
2011	12 dec-31 dec	<125	Oplanerat stopp för reparation
2012	1 jan-15 jan	<195	Samma som ovan, ökad nederbörd gav ökad tappning
2012	4 aug-13 aug	9	Oplanerat stopp
2012	26 aug-21 sept	<21	Oplanerade driftproblem, varierande tappning
2013	20 sept-28 okt	9	Planerat stopp
2015	22 maj-28 maj	9	Planerat stopp

År	Datum	Tappning (m ³ /s)	Kommentar
2016	6 feb-7 feb	9	Oplanerat stopp driftproblem
2017	2 maj-9 okt	9	Planerat stopp som blev förlängt
2017	4 dec-5 dec	9	Oplanerat stopp
2018	16 maj-25 maj	9	Oplanerat stopp
2019	21 maj-7 juni	9	Planerat stopp
2019	10 juni-17 juni	<55	Oplanerat stopp, 55 m ³ /s under 2 dygn
2019	30 aug-4 okt	9-15	Planerat stopp för reparation
2020	23 sept-2 okt	9	Planerat stopp

Spillet som skedde under december 2011 och januari 2012 innebar omfattande påverkan på Gullspångsforsens fysiska struktur. Det mesta av lekgruset spolades bort och stora förändringar av block och sten skedde. Ett antal större block rullade även ner och slog sönder delar av fiskvägen i forsens nedre del. Den biologiska effekten är inte lika tydlig, men tätheten av öringungar var relativt låg under 2012.

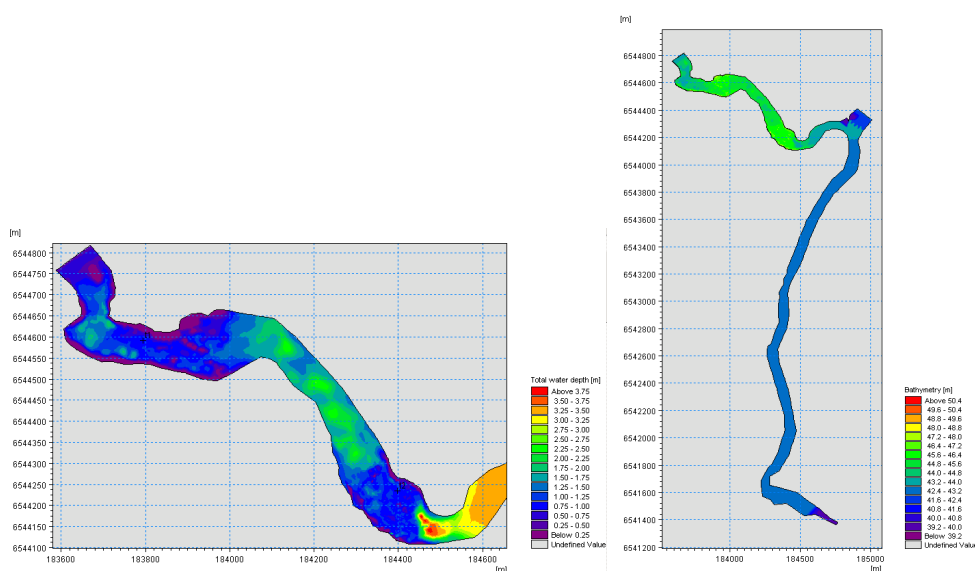


Figur 32. Gullspångsforsen vid spilltappning den 10 januari 2012. Foto: Bo Jernberg.

Modellering av hydraulik och habitat i Stora och Lilla Åråsforsen

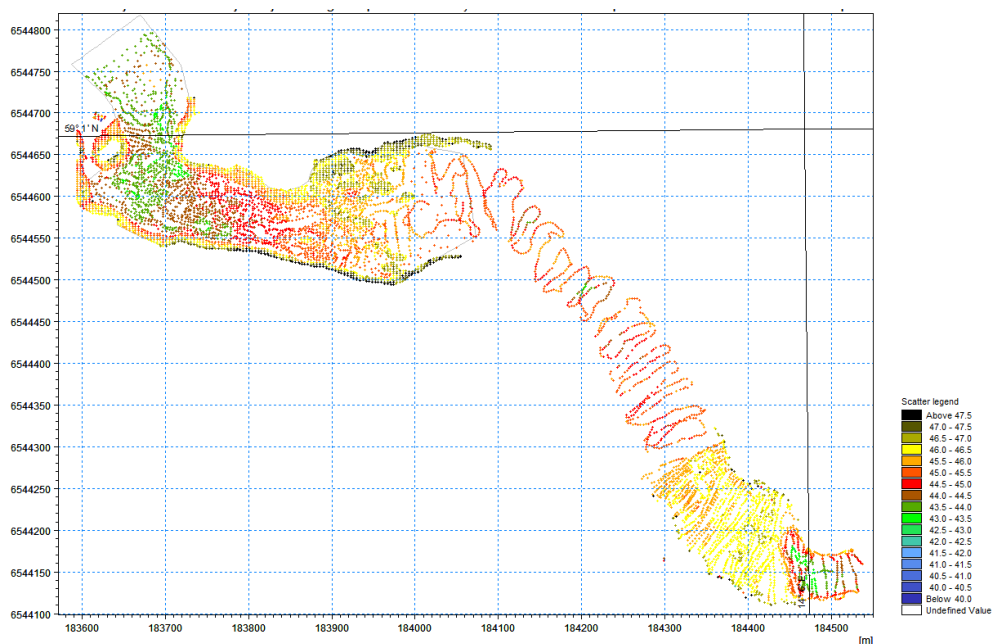
Markku Lahti och Marco Blixt, Fortum Sverige AB

Med syftet att försöka utreda hur en förändrad flödesregim skulle kunna se ut för att medge bättre förutsättningar för Gullspångslaxens livscykel i Åråsforsarna har en avancerad modellering av både hydraulik och habitat genomförts. De stora variationerna i flödet under höst till vår, då korttidsreglering sker i kraftverket i Gullspång, resulterar i plötsliga variationer i flödet mellan 230 och 9 m³/s, har med stor sannolikhet en negativ påverkan för uppväxande lax- och öringungar i Åråsforsarna. Trots att divergeringsdammen avleder huvuddelen av vattnet vid full drift (230 m³/s) till den grävda Kolstrandskanalen så passerar ändå upp till 60-65 m³/s av flödet genom Åråsforsarna. Minimitappningen ligger på 9 m³/s. Frågeställningen för modelleringarna handlar om vilka åtgärder som kan vara mest effektiva för att dels minska variationen i flödet och dels minimera de kraftiga variationer i vattenstånd som uppkommer på kort tid i forsarna under den tid som korttidsreglering förekommer.



Figur 33 och 34. Inmätta och modellerade delar av Gullspångsälven nedströms Gullspångs vattenkraftverk.

En omfattande inmätning av detaljerad höjddata (batymetri) har genomförts av Stora och Lilla Åråsforsen under framför allt år 2019 och 2020 (fig 33 och 34). Även älvsträckan uppströms Åråsforsarna upp till Gullspångs vattenkraftverk har karterats men med lägre upplösning. På uppdrag av Fortum Sverige AB har Sweco haft huvudansvaret för inmätningarna. Vid fältarbeten har även personal från Gullspångs kommun, Karlstad universitet och Länsstyrelsen i Västra Götaland medverkat. Batymetridata med GNSS-mottagare på stav har kompletterats med laserkarteringsdata för torra områden. Några punkter har lagts till med hjälp av flygbilder.



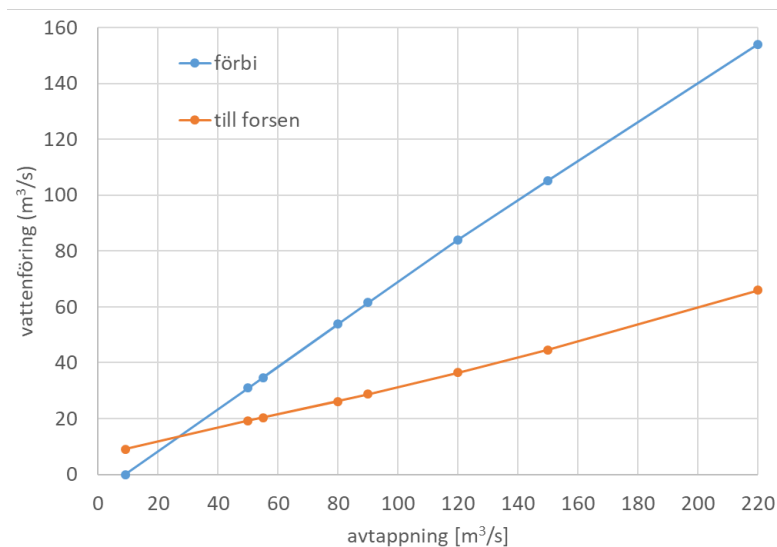
Figur 34. Batymetridata för Stora och Lilla Årsforsen.

Kalibrering har skett genom vattenståndsobservationer vid olika vattenföringar, tryckgivardata vid minimitappning ($8,5 \text{ m}^3/\text{s}$) från flera platser samt data från Karlstad universitet utan höjd från några punkter.

En annan viktig förutsättning var vattenflödet över divergeringsdammen /Kolstrandskanalen och genom Årsforsarna vid olika driftförhållanden. Samma beräkningar som när nu gällande vattendom fastställdes år 2005, har använts i modelleringen (tab. 20, fig. 36).

Tabell 20. Fördelning av flöde vid divergeringsdammen, baserad på dom 2005-05-03.

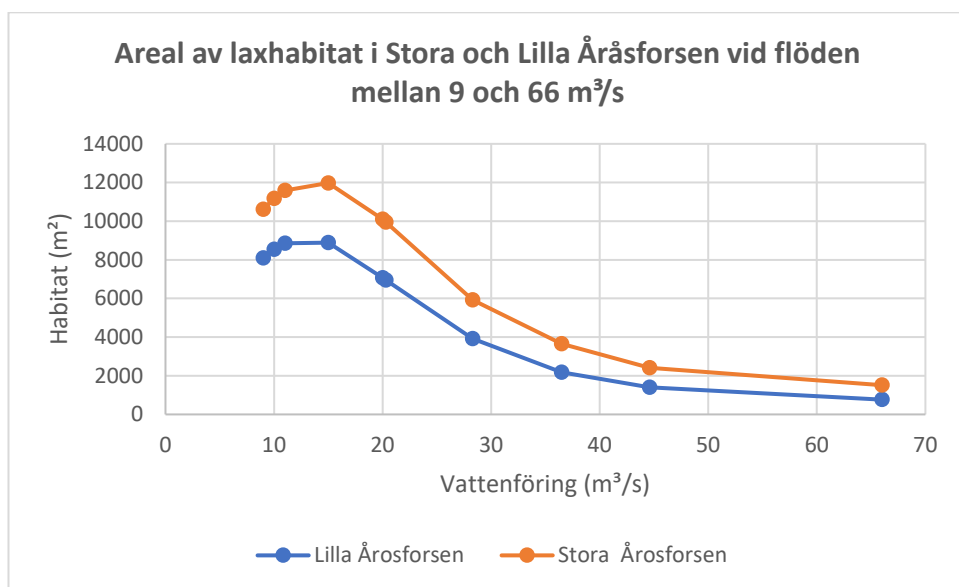
Tappning (m^3/s)	Över Divergeringsdammen (m^3/s)	Till Årsforsarna (m^3/s)	Divergeringsdamm RH00 + m
9	0	9	46,28
50	30,9	19,2	46,47
55	34,6	20,3	46,48
80	53,8	26,2	46,55
90	61,5	28,7	46,57
120	84,0	36,5	46,64
150	105,3	44,6	46,70
220	154	66,0	46,82



Figur 36. Fördelning av flöden vid divergeringsdammen baserad på vattendom daterad 2005-05-03.

Resultat av flödessimuleringar i Åråsforsarna

Resultatet visar bland annat hur olika tappningar i kraftverket, från minimitappning till full drift ($220 \text{ m}^3/\text{s}$) förändrar djup- och vattenhastigheter i Åråsforsarna. Flödet som passerar Åråsforsarna varierar mellan 9 och $66 \text{ m}^3/\text{s}$ på grund av divergeringen. För att beräkna arealen av optimala laxfiskhabitat gjordes en särskild analys av arealutbredningen vid djup 0,2-0,6 meter i kombination med vattenhastighet 0,2-0,6 m/s som då antogs vara optimala som uppväxthabitat för årsungar. Resultatet visar för båda forsarna att maximal optimal yta fås vid ett flöde på $15 \text{ m}^3/\text{s}$ i forsarna. Skillnaderna från dagens nivå är inte så stora, totalt ökar arealen med 2166 m^2 eller drygt 10 % (figur 37, tabell 21 och 22).



Figur 37. Modellerat lämpligt laxfiskhabitat (djup och vattenhastighet på 0,2-0,6 m alt m/s) i m^2 i Stora och Lilla Åråsforsen vid flöden mellan 9 och $66 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ur modellen går även att få fram graden av torrläggning på grund av korttidsregleringen.

Tabell 21. Klassificering av vattendjup och vattenhastighet samt lämplig yta (djup och vattenhastighet mellan 0.2 och 0.6 (m och m/s)) i Lilla Åråsforseen.

Flöde (m ³ /s)	vattendjup (m)			vattenhastighet (m/s)			lämplig yta (m ²)
	0...0.2	0.2...0.6	0.6...	0...0.2	0.2...0.6	0.6....	
9	2134	12695	8469	13286	9931	80	8088
10	1899	12596	8930	12459	10860	106	8540
11	1703	12558	9280	11743	11665	133	8852
15	1404	11530	11094	9606	14146	276	8888
20	1100	9106	14194	7101	16746	552	7073
20.3	1092	8981	14341	7014	16798	603	6952
28.3	912	5824	18102	4140	18593	2105	3927
36.5	969	4020	20282	3367	17493	4411	2180
44.6	1005	3301	21334	3094	14760	7786	1399
66	1290	2458	22872	2813	10054	13753	765

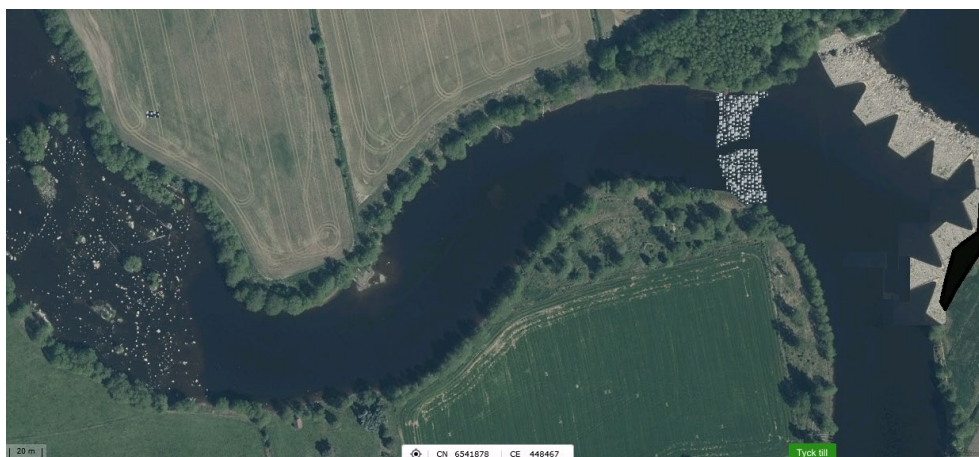
Tabell 22. Klassificering av vattendjup och vattenhastighet samt lämplig yta (djup och vattenhastighet mellan 0.2 och 0.6 (m och m/s)) i Stora Åråsforseen.

flöde (m ³ /s)	vattendjup (m)			vattenhastighet (m/s)			lämplig yta (m ²)
	0...0.2	0.2...0.6	0.6...	0...0.2	0.2...0.6	0.6....	
9	3033	21051	18941	26522	16468	36	10609
10	2866	20488	19896	24920	18269	61	11176
11	2628	20142	20624	23423	19846	125	11595
15	2101	18043	23668	18030	24922	861	11975
20	1819	15038	27408	13712	27641	2912	10101
20.3	1769	14904	27616	13509	27723	3056	9946
28.3	1644	10685	32632	9943	27122	7896	5925
36.5	1679	7865	35909	7681	25109	12662	3648
44.6	1611	6031	38260	5878	23176	16848	2404
66	1658	4214	41365	4750	19531	22955	1513

Resultat av simulering av möjliga tekniska åtgärder för att förbättra förutsättningarna för laxfisk i Åråsforsearna

För att utreda möjliga åtgärder för att förbättra de hydrauliska förutsättningarna för laxfisk i Åråsforsearna har även ett flertal olika scenarios rörande dessa möjligheter modellerats. Tre olika scenarios har studerat effekterna av att mildra dagens korttidsreglering med tre olika begränsningar i tid (10, 30 respektive 60 min). Två scenarios har studerat följderna av att utöka den nuvarande divergeringsdammens längd med antingen sin dubbla eller fyrdubbla längd. Ett antal olika scenarios på att

anlägga en s k ”stenfors” uppe vid området där den nedre delen av älven möter divergensdammen har också studerats. Slutligen har en kombination av åtgärder vid divergensdammen och anläggande av en stenfors modellerats.



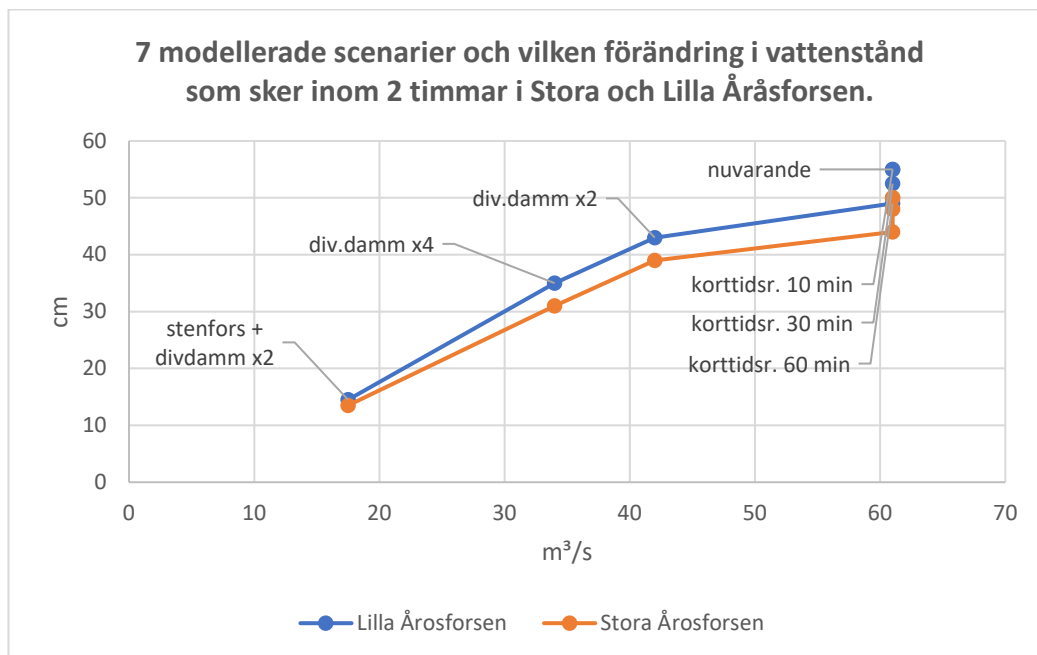
Figur 38. Illustration av hur en tänkt förlängning av divergeringsdammen i kombination av en anlagd stenfors skulle kunna se ut.

Sammanfattningsvis kan konstateras att en kombination av att fördubbla längden på divergeringsdammen med anläggande av en stenfors skulle kunna möjliggöra ett laxhabitat som i princip inte skulle påverkas av korttidsregleringens negativa effekter (för illustration, se figur 38).

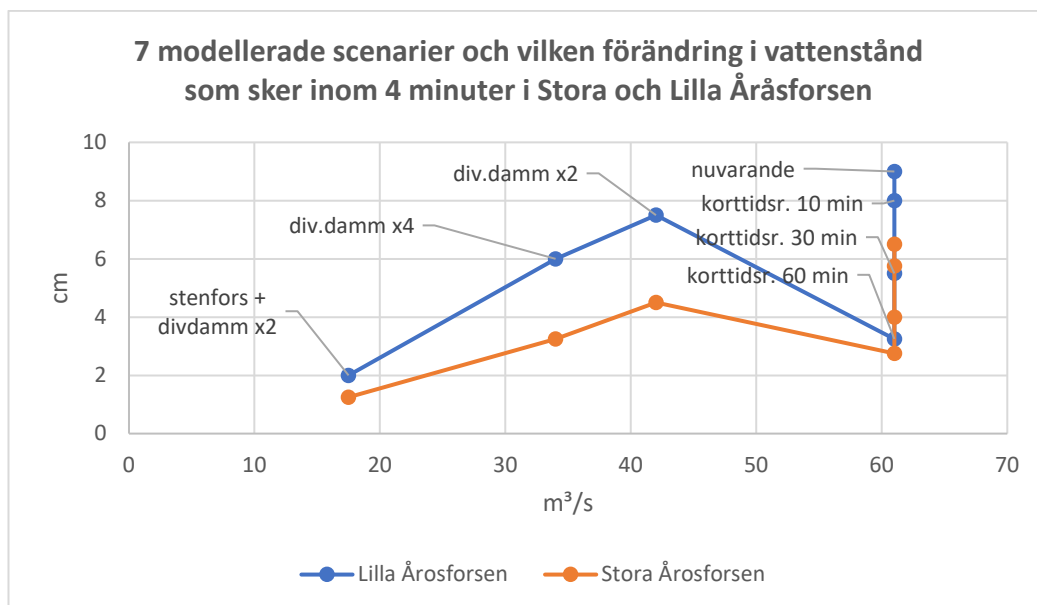
Tabell 23. Tabellen visar 7 olika modellerade scenarion och deras inverkan på vattenflödet i Åråsfor-sarna under full kraftverksdrift samt vattenståndsvariationen under 4 minuter respektive 2 timmar

Scenario (4 min)	m ³ /s	Lilla Åråsfor-sen (cm)	Stora Åråsfor-sen (cm)
nuvarande	61	9	6,5
korttidsr. 10 min	61	8	5,75
korttidsr. 30 min	61	5,5	4
korttidsr. 60 min	61	3,25	2,75
div.damm x2	42	7,5	4,5
div.damm x4	34	6	3,25
stenfors + divdamm x2	17,5	2	1,25

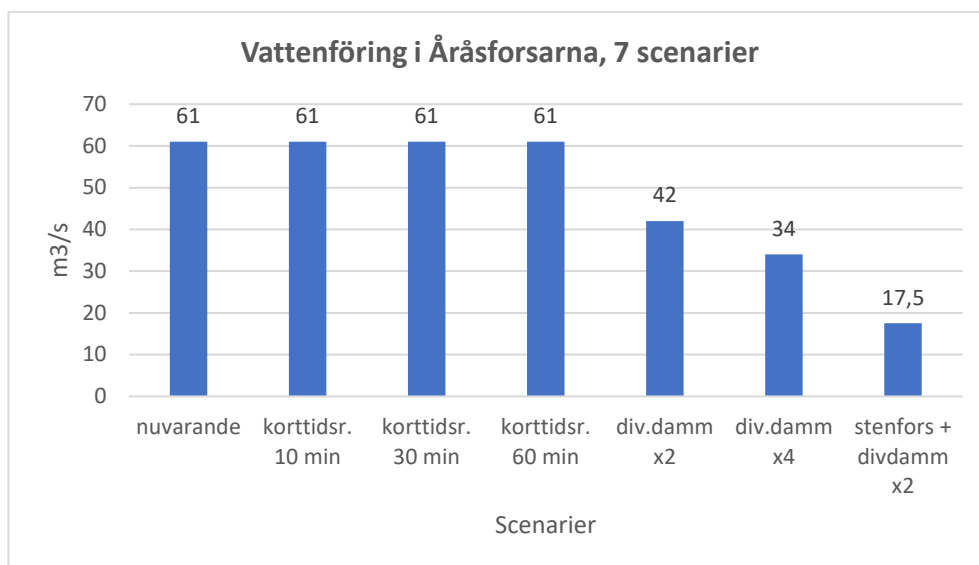
Scenario (2 timmar)	m ³ /s	Lilla Åråsfor-sen (cm)	Stora Åråsfor-sen (cm)
nuvarande	61	55	50
korttidsr. 10 min	61	55	50
korttidsr. 30 min	61	52,5	48
korttidsr. 60 min	61	49	44
div.damm x2	42	43	39
div.damm x4	34	35	31
stenfors + divdamm x2	17,5	14,5	13,5



Figur 38. Modellerade vattenståndsvariationer inom 2 timmar i forsarna under 7 olika scenarier.



Figur 39. Modellerade vattenståndsvariationer inom 4 minuter i Stora respektive Lilla Årsforsen vid 7 olika scenarier.



Figur 40. Vattenflöden vid olika scenarier. Diagrammet visar hur stor del av vattenföringen (m^3/s) som rinner i Åråsorsarna vid $205 \text{ m}^3/\text{s}$ körning vid Gullspångs vattenkraftverk vid 7 modellerade scenarier. Minimivattenföringen är som lägst $8,5 \text{ m}^3/\text{s}$ i forsarna.

Vattentemperaturens inverkan på lax och öringungar i Gullspångsälven

Pär Blomqvist, Fredrik Nilsson, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

För att bedöma hur höga vattentemperaturer kan påverka förutsättningarna för lax- och öringungar i Gullspångsälven har en kortare analys av förhållandet mellan flöde, lufttemperatur och vattentemperatur i Gullspångsälven samt Stora Åråsorsen gjorts.

En övergång mot ett varmare klimat innebär även ökande vattentemperaturer vilket kommer påverka de akvatiska systemen. Exempelvis är vattentemperatur en betydande faktor när det gäller laxartade fiskars reproduktion, kläckning och överlevnad (ex. Elliott och Elliott 2010, Jonsson och Jonsson 2009, tab. 24).

Tabell 24. Övre och undre temperaturspann inom vilka de olika livsstadierna hos lax och öring generellt kan överleva. Incipient innebär att fiskarna kan tolerera temperaturerna en kortare period. Ultimate innebär temperaturer där fiskarna dör redan efter en kortare stund. Tabellen är hämtad från Elliott och Elliott 2010.

	<i>Salmo salar</i>		<i>Salmo trutta</i>		<i>Salvelinus alpinus</i>	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
Eggs	0	16	0	13	0	8
Alevins						
Incipient	0–2	23–24	0–1	20–22	0–0.3	19–21
Ultimate	0–1	24–25	0	22–24	0–0.2	23–27
Parr + smolt						
Incipient	0–2	22–28	0–0.7	22–25	0–1	22–23
Ultimate	–0.8	30–33	–0.8	26–30	–1.0	26–27
Feeding	0–7	22–28	0.4–4	19–26	0.2	21–22

Metodik

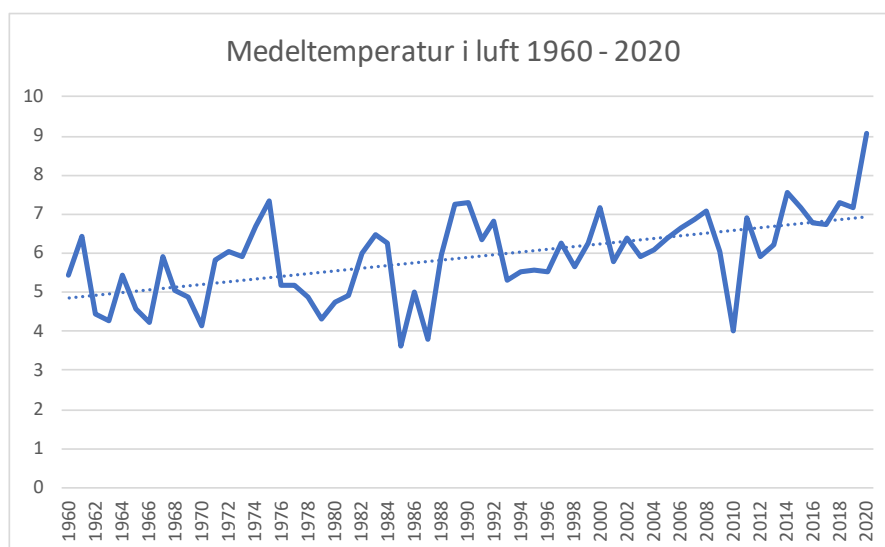
Data för vattentemperatur erhöles från Hobo temp loggers som varit utplacerade i Gullspångsforsen respektive Stora Årsforsen under 2020 (Syrjänen & Norrgård unpublished).

Flödesdata (driftsdata) tillhandahölls av Fortum medan lufttemperaturdata hämtades från SMHI:s väderstation Åtorp. Väderstationen är belägen drygt 20 km från Gullspångsforsen (stationsnummer 94050, lat. 59.096, long. 14.3678).

Årsmedeltemperaturen är beräknad från 1960 till och med oktober 2020. Luft och vattentemperaturen för 2020 är beräknad som ett dygnsmedel.

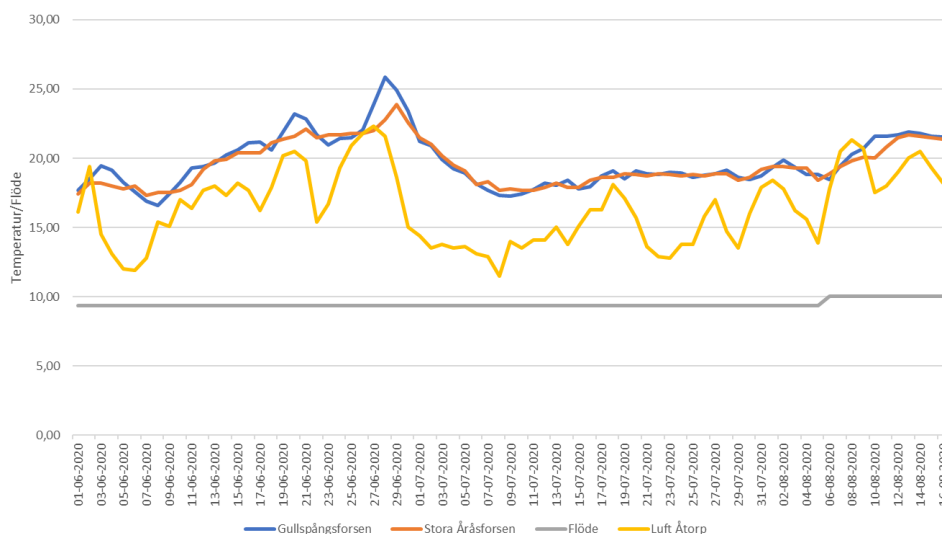
Resultat

Årsmedeltemperaturen vid Åtorp väderstation visar en ökning under perioden 1960–2020 (fig. 41).



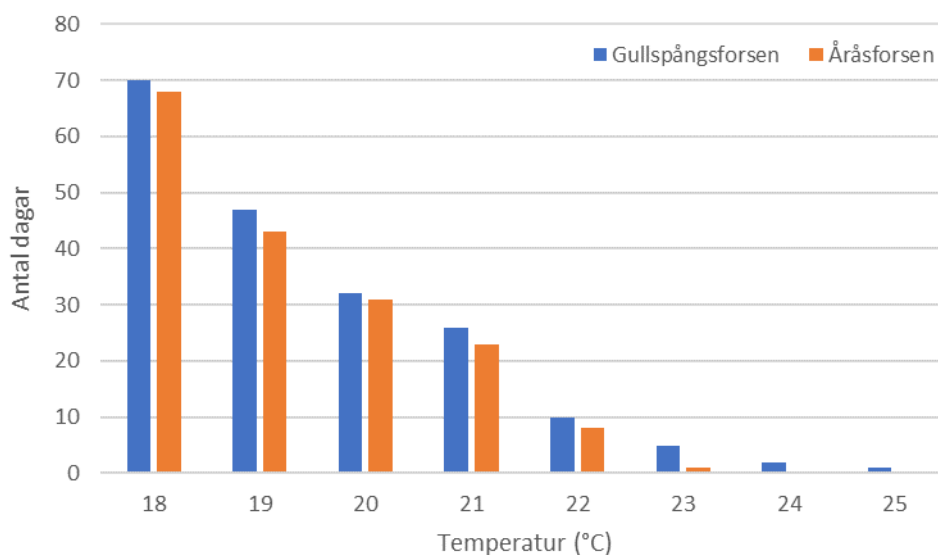
Figur 41. Årsmedeltemperatur vid SMHI:s väderstation vid Åtorp. Temperaturen visas på y-axeln och året på x-axeln. Den blå heldragna linjen visar temperaturkurvan medan den prickade linjen visar trenden.

Vad det gäller sambandet mellan luft- och vattentemperatur kan ett grovt samband uttydas även om lufttemperaturen varierar mer. Särskilt vid höga lufttemperaturer följer vattentemperaturen lufttemperaturen med en viss eftersläpning i tid. Dygnsmedeltemperaturen i luft är dock lägre än de högsta temperaturerna i vatten. Vid en jämförelse mellan forsarna tycks det som att temperaturen i Gullspångsforsen ökade mer än temperaturen i Årsforsen i samband med toppar i lufttemperatur. Flödet i älven var sommaren 2020 i princip konstant på minimitappning (ca 9 m³/s) fram till 16 augusti (figur 42).



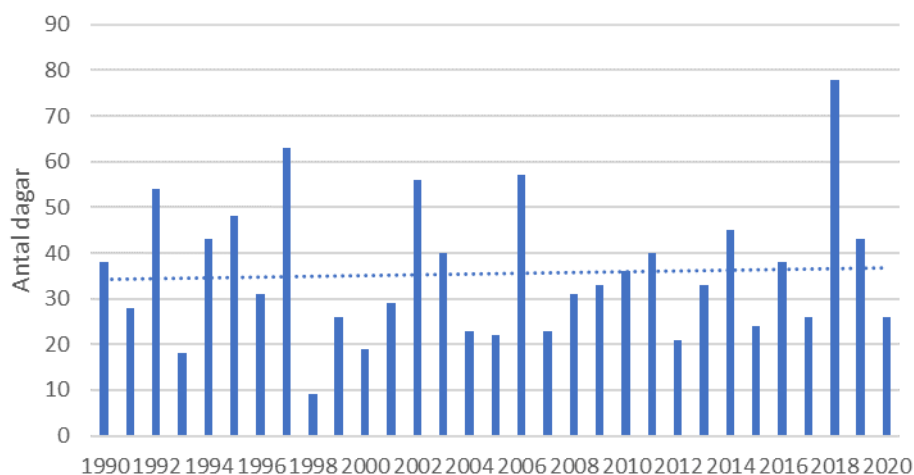
Figur 42. Flöde (m³/s) samt luft och vattentemperatur (°C) för Gullspångsälven under tiden 1 juni till 16 augusti 2020. Lufttemperaturen är angiven som dygnsmedel vid mätstationen Åtorp.

En jämförelse mellan antalet dagar lika med eller över 18 grader i Gullspångsforsen respektive Stora Åråsforsen 2020 visar på ett större antal dagar för samtliga givna temperaturer i Gullspångsforsen jämfört med Åråsforsen (fig. 43). Speciellt gäller det de högsta vattentemperaturerna. Över 23 grader var det fem dagar i Gullspångsforsen men bara en dag i Stora Åråsforsen 2020. Maxtemperaturen i Gullspångsforsen var 25,8°C och i Stora Åråsforsen 23,9°C. Vid låga temperaturer skiljer sig inte de båda forsarna åt. Skillnaden under december-februari 2019/2020 var mindre än 0,025°C i medel.



Figur 43. Antal dagar med temperaturer över 18-25 grader i Gullspångsforsen respektive Stora Åråsforsen 2020.

2020 var inget extremt år avseende temperaturer under sommaren. En jämförelse av antalet dagar med dagsmedeltemperaturer över 22 grader i luft vid Åtorp visar att variationen är stor mellan år (fig. 44). 2018 var en mycket varm sommar, och jämfört med 2020 var det mer än tre gånger så många dagar över 22 grader. Sannolikt var även antalet dagar med höga vattentemperaturer också flera gånger fler.



Figur 44. Antal dagar med lufttemperaturer över 22 grader vid mätstationen vid Åtorp.

Slutsats

Årsmedeltemperaturen i området har ökat sedan 1960 vilket är samstämmigt med rapporterna om en globalt ökande temperatur. En konsekvens av ökande lufttemperatur blir oundvikligen även en ökande vattentemperatur. I Gullspångsälven tycks temperaturen sommartid generellt vara något högre i Gullspångsforsen än i Åråsforsen (fig. 43). Dessutom verkar Gullspångsforsen svara tydligare på snabba förändringar i lufttemperatur än vad Stora Åråsforsen gör (fig. 42). Anledningen är med stor sannolikhet att vattnet i sjön Skagern (och Lill-Skagern) värms upp och en ytnära skiktning sker av vattnet ner till kraftverket. Tappning till Gullspångsforsen sker av ytvatten genom en spetlucka medan intaget till kraftverket sker flera meter under ytan. Ett varmare klimat med fler extremhändelser i form av värmeböljor kan komma att förstärka denna mekanism. Effekten på Gullspångsforsens lax- och öringungar är att de periodvis utsätts för temperaturer som ligger inom det övre temperaturspann där mortaliteten börjar (figur 42 och 43, tabell 24. Problemet är störst i Gullspångsforsen, åtminstone med stöd av 2020 års data. Vissa år med långa värmeböljor, exempelvis 2018, kan temperaturerna under lång tid befinna sig inom ett ogynnsamt temperaturspann.

För att minska antalet dagar med höga temperaturer och sänka maxtemperaturen i Gullspångsforsen bör det utredas vidare hur vattnet kan tappas för att eliminera skillnaderna i vattentemperatur mellan turbinvattnet och forsens. Ett djupare förlagt utskov istället för tappning via dagens ytutskov kan vara en lösning. Mindre luftning av vattnet en annan. Det är även lämpligt att fortsätta med temperaturmätningarna i både Gullspångsforsen och Stora Åråsforsen.

Föreslagna kortsiktiga miljöåtgärder

De genetiska utredningarna (SLU, 2018 och Koljonen, 2020) visar båda på den akuta situationen för framförallt Gullspångslaxen. Det finns dessutom tecken på att rekryteringen av lax i Gullspångsforsen är ostabil och de senaste åren har en kraftig minskning noterats. Faktorer som bidrar till att öka diversifieringen av sub-populationerna i Gullspångsforsen och Årsforsarna måste motverkas.

För att på kort sikt (kommande år) uppnå de kortsiktiga målen behöver alla tänkbara åtgärder som bidrar till en förbättring vidtas. Det gäller såväl ökad areal av uppväxtområde, ökad tappning av vatten i Gullspångsforsen, ökad minimi tappning i älven samt en skärpt fredning utanför mynningen. Detta kapitel behandlar tänkbara kortsiktiga åtgärder som är möjliga att genomföra i älven.

För att långsiktigt trygga populationen behöver dess numerär mer än tiodubblas vilket kräver mer långtgående åtgärder. Exakt vilka åtgärder som ska genomföras får utredas vidare de närmaste åren.

Biokanal Gullspång

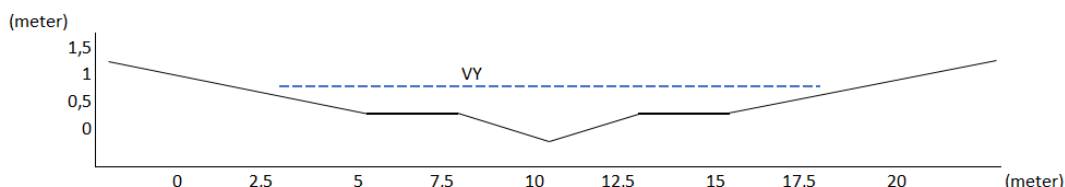
Sweco har tidigare på uppdrag av Fortum utrett och föreslagit anläggande av en biokanal vid Gullspångs kraftstation som en möjlig åtgärd för att på kort sikt förbättra reproduktionsframgången för lax och öring (Sweco, Rapport 1331467). Den föreslagna lekkanalen var ca 690 m lång och dimensionerades för ett flöde mellan ca 0,9-3 m³/s. Arealen uppgavs till 0,60 ha, varav 0,48 ha avsåg den del som har en biologisk funktion. Utredningen föreslog att biokanalen anläggs bredvid nuvarande naturfåra och mynnar i dess nedre del. Kanalen skulle kunna optimeras för att tillgängliggöra så stor areal lek- och uppväxtområden som möjligt. Den övre delen skulle enligt förslaget kunna byggas vidare och utgöra en fiskväg förbi anläggningen.

Inom GRAP har länsstyrelsen arbetat vidare med förslaget och gjort vissa justeringar av det ursprungliga förslaget. Det har utmynnat i två grova förslag på utformning och dimensionering av biokanalen, kallade alternativ 1 och alternativ 2. De ska ses som förslag som kan modifieras avseende sträckning. Däremot ska de i möjligaste mån uppfylla grundkrav avseende lutning, tvärsnitt och flöde enligt nedan.

Alternativ 1.

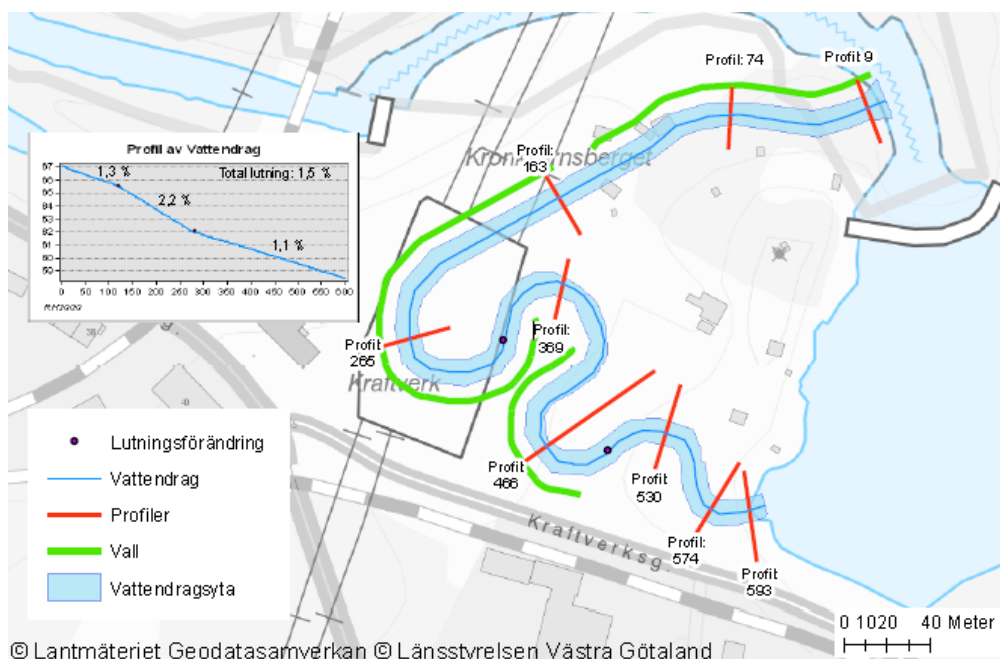
Dimensionerat flöde: 2,5-3 m³/s. Längd ca 550 m, areal ca 0,85 ha.

Lutning 1,5-2,5 % längs hela sträckningen, undantaget tre 10 meter långa sektioner med mycket låg lutning (<0,5 %). En av dessas sektioner ska vara belägen längst upp i kanalen.



Figur 45. Antal dagar med lufttemperaturer över 22 grader vid mätstationen vid Åtorp.

Utformningen av biokanalen ska optimeras för att skapa en så stor areal av ström-vattenhabitat som möjligt. Figur 46 ger en idé av hur en sådan sträckning skulle kunna se ut. Förutsättningen ska vara att minst 2,5 m³ ska avbördas genom denna vattenväg. Ytterligare förutsättning ska vara att ställverket flyttas och att den ytan blir tillgänglig.

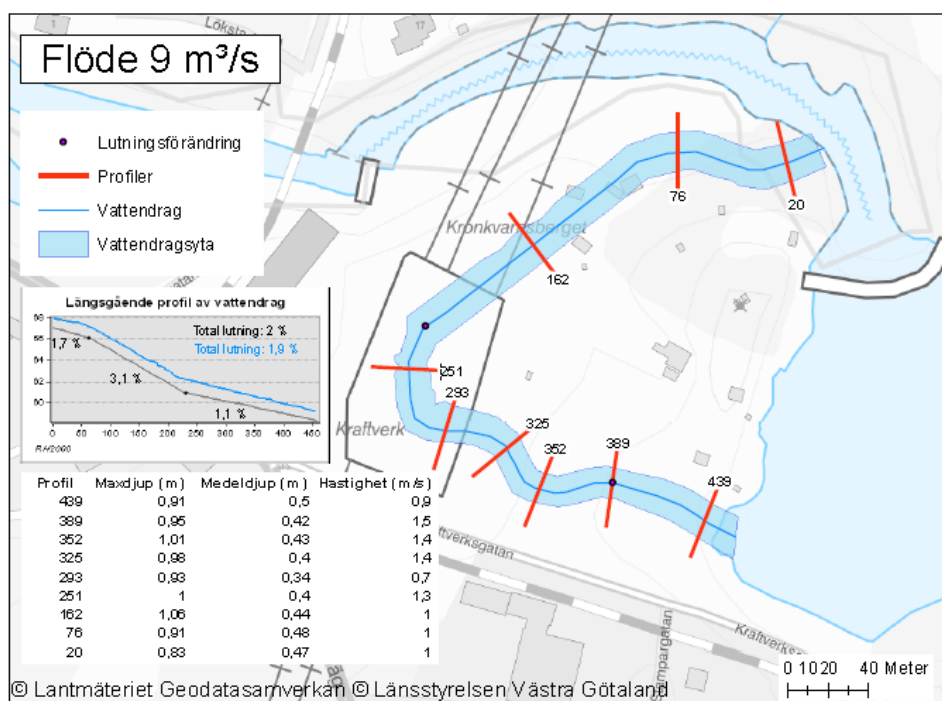


Figur 46. Översiktlig skiss på biokanal, alternativ 1, med dimensionerande flöde på 2,5-3 m³/s. Modellering av tappning har skett med HEC-RAS 5.0.3 (1D).

Alternativ 2.

Dimensionerat flöde: 8-9 m³/s. Längd ca 450 m, areal ca 1,1 ha.

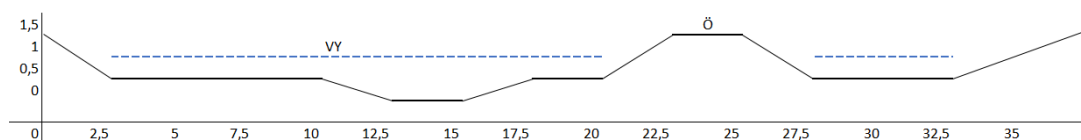
Lutning 1,5-3,0 % längs hela sträckningen, undantaget tre 10 meter långa sektioner med mycket låg lutning (< 0,5 %). En av dessas sektioner ska vara belägen längst upp i kanalen.

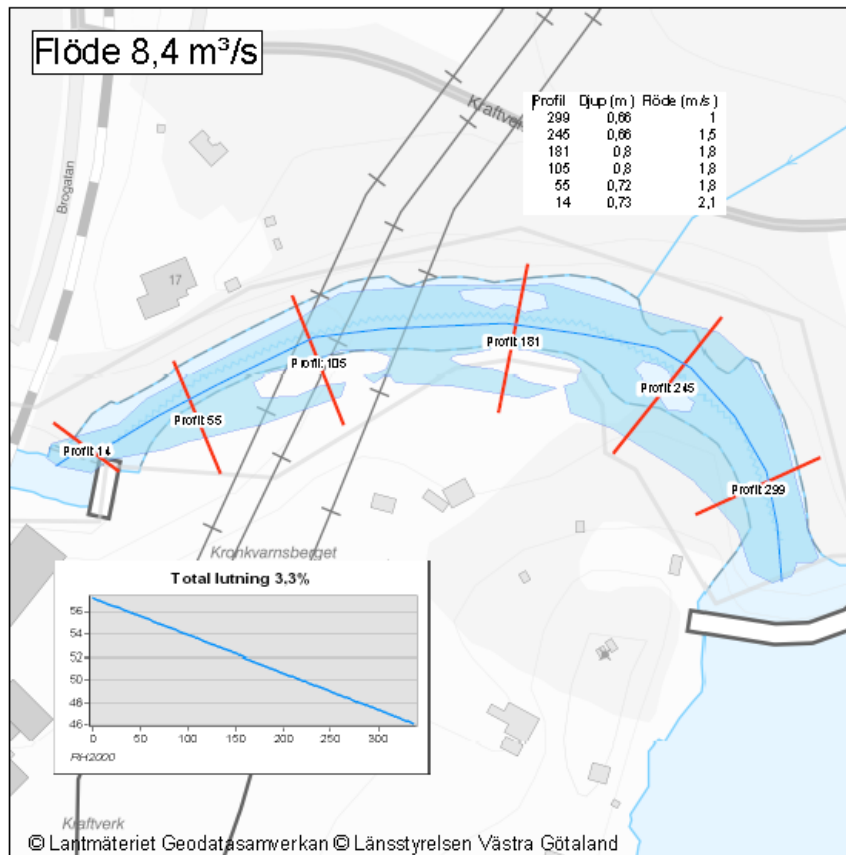


Figur 47. Översiktlig skiss på biokanal, alternativ 2 för utredning 2019. Modellering av tappning har skett med HEC-RAS 5.0.3 (1D).

Utökning av Gullspångsforsens areal

Ursprungligen var Gullspångsforsen både längre och bredare. Delar av forsen är utfyllda med bergkross. Det kan finnas möjlighet att utvidga arealen genom att schakta undan stenmaterial och bredda den nuvarande forsen. Nedanstående förslag ska ses som en grov idé. Tvärsnittsprofilen görs flack med en vandringsfåra med >1 meters djup. Några långsträckta öar bör anläggas och vegetation bör etableras på dessa. Mängden vatten för att tillgodose en vattentäckt areal bör beräknas. Vid en högre minimitappning i forsen kommer fiskvägen att bli en flaskhals och åtgärder måste ske för att minska trycket genom denna. Bäst är att anlägga en större fiskväg. Genom en ökad tvärsnittsarea i forsens alla delar minskar även risken för att stenmaterial från forsen spolas bort vid stora spilltappningar. Den totala arealen med nedanstående utformning är 0,92 ha, men kan sannolikt göras något större med noggrann planering och något ökad vattenföring. Det ska jämföras med dagens ca 0,4 ha.





Figur 48 och 49. Modellerad av en förändrad tappning och struktur i Gullspångsforsen. Modellerad med HEC-RAS 5.0.3 (1D).

Ny fiskväg Gullspång

Den nuvarande fiskvägen av bassängtyp är dimensionerad för nuvarande minimi-tappning (Terra-Limnogruppen, muntl.). Vid högre flöde råder osäkerheter kring passagemöjligheten. Även den extra tappning (2 m³/s) som kan begäras enligt dom, kan begränsa fiskens möjlighet till passage. Ytterligare ett möjligt problem är att fisken tvingas att hoppa mellan bassängerna, vilket kan selektera bort vissa lekvandrande individer. Små fiskar kan ha problem att rent fysiskt hoppa tillräckligt högt, men det kan också finnas en ovilja från större, lekmogna laxhonor att hoppa nära in på leken. Observation av lekfisk i forsén tyder på att laxen stiger sent, vilket innebär att i stort sett alla laxar ska forcera trappan nära in på leken.

En ökad minimi-tappning i Gullspångsforsén måste, för att uppnå bästa funktion, kombineras med en ny fiskväg som är dimensionerad för ett högre flöde. Troligen är det inte praktiskt möjligt att konstruera en fiskväg som kan svälja hela minimi-tappningen, utan en viss andel av vattnet får ledas vid sidan om fiskvägen och utnyttjas som lockvatten. För att få en uppfattning om dimensionen på en sådan fiskväg har länsstyrelsen tagit fram ett översiktligt förslag på en dubbelslitsränna. Enligt förslaget skulle en sådan fiskväg kunna avbörda bortåt 4 m³/s. Den blir 60 meter lång, har 12 bassänger och är ca 8 meter bred. Varje slits har en öppning på 0,6

meter. Beräkningarna är i huvudsak gjorda enligt Kamula, 2001. Det krävs även ett djup på 1,7 meter för det beräknade flödet.



Figur 50. Översiktlig sträckning av ny fiskväg till Gullspångsforsen.

Biotoprestaurering i Lilla Åråsforsen

Lilla Åråsforsen är efter restaureringsarbetena på 1990-talet en flack, relativt homogen strömsträcka som vid minimitappning har för låg vattenhastighet för att utgöra optimal uppväxtmiljö. De många lekgrupparna på nacken antyder att området favoriseras av fisken vid lek, men det är oklart om det gäller vid minimitappning eller vid kraftverksdrift. För att optimera forsen som uppväxtområde bör Fortums hydrauliska modell eller motsvarande användas för att laborera med ändrade strukturer, vattennivåer och vattenhastigheter. En möjlig åtgärd för att öka vattenhastigheten och därmed förbättrade förutsättningar är att höja tröskeln på forsen genom tillförsel av block och sten. Det kräver i så fall även ombyggnad av divergeringsdammen samt att tillstånd söks för åtgärden. Vilka åtgärder som bör göras styrs också av minimitappningens storlek. Därför bör omfattande restaureringar av Lilla Åråsforsen genomföras efter omprövningen av Gullspångs kraftverk 2023. Eventuellt kan några försöksytor med habitatförbättringar genomföras.

Lekgrusutläggning

Stora och Lilla Åråsforsen har tillförts lekgrus utifrån i flera omgångar sedan 1990-talet. Gullspångsforsen har tillförts grus 2003, 2009, 2011, 2012, 2014, 2018 och 2019. Från början var gruset inte siktat vilket sannolikt bidragit till att lagret av lämpligt substrat i Lilla Åråsforsen är ytligt med finsediment under (Sweco, 2015). Vidare saknas på vissa platser armering av gruset, vilket innebär att det lätt flyttar på sig vid högre flöden. Det har även noterats att vissa grusbäddar saknar tillräckligt stöd i nedströmsänden vilket också leder till att gruset drar iväg nedströms i oönskad takt och omfattning. En noggrannare planering av lekgrusbäddarna kan innebära att kompletteringen inte behöver göras lika ofta. De grusbäddar som är för grundna i Lilla Åråsforsen bör mekaniskt bearbetas och/eller rensas och läggas tillbaka med eventuell komplettering av nytt grus. Arbetet bör samordnas med biotoprestaureringar, se föregående kapitel.

Lekgrusutläggningen i Gullspångsforsen behöver genomföras oftare än i Åråsfor-sarna, då lutningen är större här och de spilltappningar som görs lättare förflyttar materialet. Här är det därför ännu viktigare att lekbäddarna har tillräckligt stöd för att hålla.

En grov bedömning utifrån erfarenheterna från Gullspångsälven är att lekgrus bör kompletteras var tredje till femte år i Gullspångsforsen och var åttonde till tionde år i Åråsfor-sarna. Lämpliga fraktioner är siktad sten i fraktioner 8-32 mm 20 %, (eventuellt skulle 16-32 ge samma effekt men ge en bättre syresättning under vin-tern. 32-128 mm 65-70 % och med inslag av sten <150 mm 10 -15 %. (bedöm-ningen är att den minsta fraktionen hjälper till att ”kitta ihop” lekgruset så det blir mindre erosionskänsligt men inte hindrar grävningen från lekfiskarna.

Åtgärder för smoltutvandring

Smolten från Gullspångsälven har en relativt kort sträcka att vandra ut till fritt vat-ten i Väneren. De smolt som produceras i Lilla och Stora Åråsfor-sen har ingen egentlig sträcka i älven att vandra. Genom Åråsviken, som är grund och vegetat-ionsrik, måste smolten vandra en sträcka på ca 4 km. Mortaliteten bedöms vara högre än för lugnflytande älvsträckor. Tidigare studier på överlevnad hos vildsmolt genom fjärdmiljö i nedre Dalälven (Hagelin et al 2016) med likartade, relativt höga tätheter av gädda och gös visade på 68 % överlevnad genom 12 km fjärd. Den ku-mulativa överlevnaden beräknades enligt den 12:e roten ur 0,68 ($=0,68^{(1/12)}$) vil-ket ger en överlevnad på 96,84 % per km. Genom Åråsvikens 4 km blir den kumu-lativa överlevnaden under likartade förhållanden 88 %.

Smolten som vandrar ut från Gullspångsforsen har en längre sträcka att vandra. 4 km lugnflytande sträcka tillkommer om de väljer den naturliga åfåran. Om mortali-teten skattas till 1 % per km på denna sträcka blir den totala ackumulerade mortali-teten ut till Väneren 15,5 %, inkluderat Åråsviken. Om smolten hamnar i Kolstrandskanalen blir sträckan 5,05 km lugnflytande åfåra och ytterligare 8,6 km genom sjöförhållanden i Kolstrandsviken och Åråsviken. Kolstrandsviken är mycket grund, endast ca 1-1,5 meter djup över hela sträckan mellan in- och utlopp. Med ovan angivna siffror blir den totala ackumulerade mortaliteten för smolt som vandrar ut via Kolstrandskanalen drygt 26 %.

Det finns dock sannolikt andra faktorer som påverkar överlevnaden, exempelvis flöden och regleringseffekter. Korttidsregleringen i Gullspång innebär att tapp-ningen kan varieras mellan minimitappning (9 m³/s) och full körning (230 m³/s). Under den förväntade smoltutvandringsperioden (25/4-25/5) under åren 2014 till 2018 kördes kraftverket drygt halva tiden (84 av 155 dagar) som minimitappning och resterande i olika effektlägen mellan ca 65 och 120 m³/s. Förutsatt att smolten fördelas jämnt med vattenflödet och jämnt över den antagna utvandringsperioden gick ca 66 % av smolten från Gullspångsforsen ut genom den naturliga fåran förbi Åråsfor-sarna.

Ett mera svårbedömt faktum är att ökad tappning ökar vandringshastigheten och sannolikt överlevnaden ut till Väneren. För slutligt ställningstagande kring lämplig utvandringsväg bör ytterligare telemetristudier genomföras.

Om Kolstrandskanalen-Kolstrandsviken bedöms vara olämplig för utvandrande smolt, behöver åtgärder vidtas för att smolten väljer huvudfåran istället. Enklast lå-ter det sig göras genom att släppa minimitappning under smoltutvandringen. Om

istället flödet (vattenhastigheten) är den dominerande faktorn för ökad överlevnad bör en förhöjd tappning tillämpas under smoltutvandringstiden, grovt skattad till 6 veckor under våren (1 april-15 maj).

Åtgärder för uppvandring av lekfisk

Uppvandring av lax till Gullspångsforsen är av yttersta vikt för beståndets fortlevnad. Alltsedan minimitappning infördes i forsen har både lax och öring etablerat sig där. De stödutsättningar av yngel som gjordes initialt har säkert bidragit till en snabb effekt. Tätheterna och antalet lekgropar av lax har dock varierat mycket mellan åren. Orsaken är inte klarlagd, men eftersom samma variation inte syns i Årås-forsarna är det mycket som tyder på att tappningen av vatten i forsen och/eller kraftverket påverkar laxens uppvandring till forsen.

Flöde är sannolikt en av de viktigare faktorerna för lax att påbörja sin lekvandring i älven, men andra miljömässiga faktorer påverkar också (Jonsson N., 1991). Den analys som gjorts inom projektet kunde inte konstatera något samband mellan flöde i älven och antal lekgropar i Gullspångsforsen (sid. 31). Inte heller fiskräknaren i Gullspångsforsen kunde mäta något ökat uppsteg vid högre flöde i trappan (sid. 28). Möjligen fanns en antydning till ökat uppsteg när stora turbinen var igång.

Det är ändå sannolikt att det är en fördel att flödet är högt och inte fluktuerar genom korttidsreglering i samband med laxens uppvandring. På samma sätt som flödesökningarna i Gullspångsforsen bör denna tappning ske från strax innan öringens lekstart och ca fyra veckor framåt. Det innebär i så fall att stora turbinen (G1) bör köras stabilt under perioden 1 oktober till 15 november.

Förändrad reglering

Ökad tappning vid lekvandring i Gullspångsforsen

Gullspångsforsen har sedan omprövningen 2005 en minimitappning på 3 m³/s som gäller vid vattennivån +68,50 m i Skagern. Det innebär att mindre än 3 m³/s rinner i forsen vid låga vattenstånd i Skagern. För att öka lockeffekten under 1 augusti-30 november får tillsynsmyndigheten begära att minimitappningen i Gullspångsforsen ökas med 2 m³/s under totalt upp till 20 dygn (eller sammanlagt upp till 480 timmar).

Ökad tappning ökar generellt anlockningseffekten. För att lockeffekten ska fungera behöver flödesökningens varaktighet vara minst 1-2 dygn vid varje tillfälle (Länsstyrelsen i Västra Götaland 2019). Om laxvandringen ska prioriteras bör flödesökningen ske från strax innan öringens lekstart och ca fyra veckor framåt. Under 2009-2020 har den noterade lekstarten varierat mellan 8 oktober – 17 oktober.

En osäkerhet är om den ökade flödet kan innebära ökade svårigheter för fisken att passera fiskvägen. För att kontrollera detta behövs någon form av undervattenssonar som kan registrera fisk i anslutning till fiskvägens ingång. En sådan studie bör genomföras. Rekommendationen tills vidare bör vara att förhöjd tappning bör ske under 4-5 dygn från vecka 42-45. En framtida ändring av vattenhushållningen där större delen av minimitappningen går i Gullspångsforsen (>7-8 m³/s) innebär att den extra tappningen troligtvis kan utgå.



Figur 51 och 52. T.v. 9 m³/s genom fiskvägen. T.h. 3 m³/s genom fiskvägen före reparationen 2020. Foto: Fredrik Nilsson.

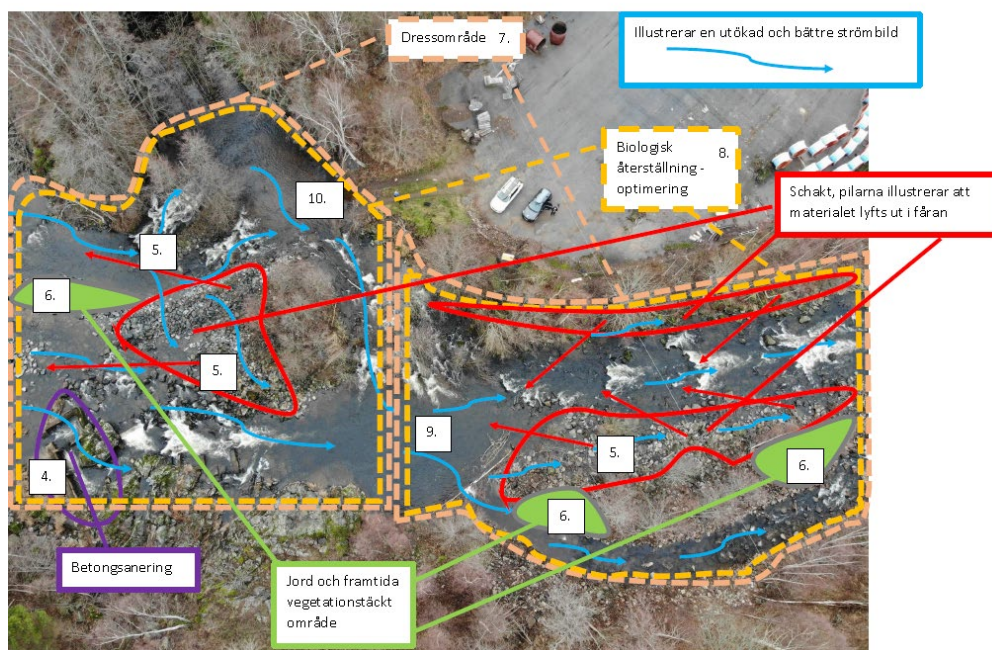
Höjd minimitappning i Gullspångsälven

Minimitappningen i höjd med divergeringsdammen får efter omprövningen 2005 aldrig understiga 9 m³/s med undantag av tappning under 3 m³/s föranledd av lägre vattenstånd än 68,5 m i Skagern (se ovan). Därutöver får korttidsreglering inte ske under perioden 20 april-19 augusti. Tappningsändring får endast ske en gång i veckan under normala tillrinningsförhållanden. Denna veckoreglering innebär att längre perioder med minimitappning förekommer under sommartid. Genom de modelleringar som gjorts kan den optimala produktionsytan för laxfisk ökas med ca 10 % genom att öka minimitappningen till 15 m³/s (se tab. 21 och 22, sid. 61).

Genomförda biotopåtgärder 2019

I enlighet med GRAP-projektets mål om att påbörja åtgärdsarbetet inom projektet ansöktes i november 2018 till Havs- och vattenmyndigheten om särskilt bidrag för att påbörja restaureringsarbeten i forsarna. Projektet benämndes GRAP2 och huvudman var Gullspångs kommun. Inför restaureringsarbetena togs en detaljerad arbetsplan fram som underlag för kommunikationen med länsstyrelsen samt som ett viktigt underlag för själva arbetena. Vattenbruks AB genomförde projekteringen.

Bilaga 1. Gullspångsforsen delområde 1 - mellersta delen samt merparten av nedre delen.



Figur 53. Exempel på projekteringsunderlaget som togs fram inför åtgärd.

Arbetenas utförande

Gullspångs kommun har varit projektledare för planering och utförande av arbetena. Restaureringen genomfördes från 15 augusti till 10 september 2019. Minst en fiskesakkunnig person har under hela arbetet varit på plats och styrt arbetet. Totalt har 700 m³ sten/block och 180 m³ lekgrus köpts in.

Genomförda åtgärder i Gullspångsforsen

Från dammläget ner till positionen N6538978 E448824

Detta motsvarar en ca 180 m lång sträcka som i vissa delar åtgärdats genom nedanstående:

1. Längst uppströms, med början ca 20 m nedströms dammen, har en tröskel anlagts för att sprida vattnet bättre över fåran. Förekommande sprängsten har ersatts med mera naturtroget material.

2. Lekområdet i forsens övre del har optimerats med lekgrus. Området har även getts naturliknanden karaktär med större block.
3. Den gamla betongtrappan har avlägsnats och ny produktionsyta har skapats.
4. För övrigt har habitatrestaurering utförts i avgränsade delar av forsen, främst i anslutning till utförda åtgärder 2018. De nakna områdena över vattennivån har överlagrats med jord för att snabba på kolonisationen av skyddande och skuggande vegetation. Generellt optimerades habitatet för uppväxande laxfiskungar (undantaget lekbottnarna). Det gjordes både genom omfördelning av befintligt sten/blockmaterial samt tillförsel av nytt material. Det har även bortforslats ett antal dumperslass med betong, sprängsten och armeringsjärn.
5. Tidigare anlagda grusbottnar restaurerades och kompletterades med nytt grus.

Mellan positionerna N6538978 E448824 respektive N6538970 E448741

Detta handlar om en ca 85 m lång sträcka. Åtgärderna berör i huvudsak delar av älvfårans södra strand.

1. De snabbast forsande avsnitten i den översta delen har dämpats med block och omvandlats till mer lämpliga laxhabitat och vatten har styrts mot innerplanet, se punkt 2.
2. De strandnära delarna av det näst intill torrlagda innerplanet har återskapats och optimerats för lek- och uppväxt för laxfisk genom ökad vattentillgång.



Figur 54 och 55: Exempel på före (över) och efter (under) åtgärd i övre delen av Gullspångsforsen 2019.

Totalt har ca 0,25 ha lek- och uppväxtområde habitatrestaurerats i Gullspångsforsen.

Genomförda åtgärder i Lilla Årånforsen

Inga åtgärder genomfördes i Lilla Årånforsen 2019. Däremot gjordes vissa tester med rengöring av befintligt grus i Stora Årånforsen. 2020 planeras åtgärderna genomföras i Lilla Årånforsen utanför detta projekt.

Genomförda åtgärder i Stora Åråsforsen

Omflyttning av sten/block genomfördes i delar av forsen, uppskattningsvis ca 0,7 ha, enligt nedan angivna punkter;

1. Vid forsens övre del gjordes justering av sten/blockmaterial runt och på befintliga östrukturer för att sprida strömmen på ett mer gynnsamt vis.
2. Rensmassor bestående av större block har återförts till älven vid ett mindre område på södra sidan av forsen. Utanför detta område har huvudströmmen i centrala delarna fördelats ut mot sidorna.
3. Biotoprestaurering har gjorts av kvillarna på älvens södra sida vid nacken till forsen.
4. Utläggning av död ved i form av björkstockar har gjorts i begränsad omfattning.

Totalt har ca 170 m³ block tillförts utifrån.



Figur 56 och 57. Exempel på före (överst) och efter (underst) åtgärd i övre delen av Stora Åråsforsen. Foto: Ander Bruks/Fredrik Nilsson.

Reparation av fiskväg

Inom projektet projekterades lösningar för att förbileda vatten vid reparationen av fiskvägen. Under projekteringen framkom att en mer avancerad avstängningsanordning måste anläggas för att reparationen ska kunna utföras. Minimitappningen i forsen, 3 m³/s, måste ledas förbi fiskvägen under reparationen. Förbiledningsanordningen blev både dyrare och mer komplicerad än förväntat. Inom projektet slutfördes därför endast projekteringen och diskussioner fördes med Fortum om att bekosta själva utförandet. Förbiledningsanordningen och reparationen genomfördes därefter sommaren 2020 utanför detta projekt och finansierades av Fortum.



Figur 58 och 59. Vänster. Reparation utförs på fiskvägen 2020. Höger. Vatten påsläppt efteråt. Foto: Fredrik Nilsson.

Slutsatser, projektets måluppfyllelse

Sammanfattningsvis kan konstateras att projektet GRAP inneburit att många frågetecken rätats ut. Hur omfattande åtgärder behövs för att uppnå gynnsam bevarandestatus? Hur produktiv var Gullspångsälven en gång i tiden? Var gör åtgärder mest nytta? En stor del av den kunskap som fanns innan projektet startade har kunnat både preciseras och bekräftas. Den genetiska statusen är dålig för laxen. Men det finns möjligheter att vidta åtgärder både på kort och lång sikt som kan förbättra situationen.

Projektet hade vid starten satt upp tre mål. Bedömningen är att två av dessa har uppnåtts och ett har delvis uppnåtts.

Mål 1

Fastställa vad som motsvarar gynnsam bevarandestatus för kvarvarande laxpopulation i Gullspångsälven

Bedömning: Målet har delvis nåtts. Förslag till mål har tagits fram och diskuterats inom projektet. Arbetet med bevarandeplanen för Natura2000-området har blivit försenat och målen har därmed inte kunnat fastställas.

Mål 2

Fastställa vilka åtgärder som bedöms säkerställa gynnsam bevarandestatus för laxpopulationen

Bedömning: Målet har nåtts. Genom produktionsmodellen finns flera åtgärdsalternativ som om de genomförs, innebär att laxpopulationen långsiktigt räddas.

Mål 3

Påbörja åtgärder för att stärka Gullspångslaxen

Bedömning: Målet har nåtts. Omfattande biotoprestaureringar genomfördes 2019.

Projektets framdrift har präglats av ett gott samarbete mellan intressenterna, både kraftbolag, kommun, länsstyrelser och vattenvårdsförbund. Det som återstår efter projektet är dock den största utmaningen, att på ett kostnadseffektivt sätt genomföra de nödvändiga åtgärderna för laxens fortlevnad tillsammans med fortsatt tillgång på effekttreglering för elsystemet.

Den förvaltningsgrupp som finns för Gullspångsälvens naturreservat kommer att fortsätta att följa upp lax och öringens rekrytering i Gullspångsälven. Förvaltningsgruppen träffas 2-4 gånger per år och planerar och följer upp aktiviteter inom reservatet. Förhoppningsvis kan elfisken och lekgruppsräkning fortsätta och även kompletteras med ytterligare övervakning såsom exempelvis smolträkning och temperaturmätningar som föreslås i rapporten.

För den som önskar ytterligare information har en projektweb (www.gullspangslaxen.se) upprättats där information löpande publiceras.

Referenser

- Bark, J. m.fl. 2019. Nuvarande och ursprungliga uppväxtmiljöer för Gullspångslax och Gullspångsöring, Sportfiskarna rapport 2019.
- Degerman, E., Spjut, D., opubl. Habitatkartering-uppväxtområden för Atlantlax med GIS och transektkartering-nu med bilaga om öringhabitat. SLU, Sötvattenslaboratoriet, version 2019-09-13.
- Elliot, J.M., Elliot, J.A., 2010. Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *Journal of Fish Biology* (2010) 77, 1793–1817.
- Fiskevårdsteknik, 2020. Beståndsmodell för Gullspångslax-modellering inom projekt GRAP på uppdrag av Länsstyrelsen i Örebro.
- Hutchings, J A. m.fl. Life-history variability and conservation status of landlocked Atlantic salmon: an overview. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 76: 1697-1708 (2019).
- Johlander, A., 1999. Counting Atlantic salmon and sea trout in fishways in southern Sweden-results and observations. Foredrag fra Nordisk symposium om fiskpassasjer. DN-notat 1-1999.
- Jonsson, B., Jonsson, N., 2009. A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. *Journal of Fish Biology* (2009) 75, 2381–2447.
- Jonsson N., 1991. Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic J Freshw Res* 66:20–35
- Lund Björnås, K. 2020. Modeling Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) responses to river habitat alteration. Lic. Thesis, Karlstad University Studies, 2020:12.
- Magnusson, K. m.fl. 2018. Status och skyddsbehov för vild lax och öring i Vänern med fokus på Gullspångsälvens bestånd. SLU rådgivning 2018-09-27.
- Nordberg, P.O. 1984. Laxen och öringen i Gullspångsälven – Letälven.
- Koljonen, M-L., Koskiniemi, J. 2020. Genetic structure of Swedish River Gullspångsälven lake salmon and brown trout. Report x/2020. Natural Resources Institute Finland (Luke).
- Palm, S. m.fl. 2012. Populationsgenetisk kartläggning av Vänerlax, SLU Aqua reports 2012:4.
- Palm, S. Dannewitz, J. 2018. Genetisk status och bevarandemål för lax och öring i Gullspångsälven. SLU utlåtande 2018-10-31.
- Ros, T. 1966. Smoltålder i Gullspångsälven. Yttrande från sakkunnig till Vatten-domstolen Fiskeriintendent Örebro.
- Ros, T. 1981. Salmonids in the lake Vänern area. Utdrag ur *Fish Gene Pools*, Ed.: N. Ryman. *Ecol. Bull.* (Stockholm) 34:21-31.

Renöfält B. och J. Ahonen (2013). Ekologiska flöden och ekologiskt anpassad vattenreglering – underlag till vägledning om lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraft. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013:12.

Syrjänen, J. T., Sivonen, K., and Sivonen, O. (2014). Redd counting in monitoring salmonids in Finnish inland waters. In: Carline R. F. & LoSapio C. (eds.) Wild Trout XI: Looking back and moving forward. Wild Trout Symposium, West Yellowstone: 288–294.

Syrjänen, J. Norrgård, J., (manuscript). Reproduction of landlocked salmon and brown trout in Gullspångsälven in 2014-2019. Natural Resources Institute Finland (Luke).

Sweco, 2016. Förutsättningar att stärka populationen av naturligt reproducerande och vandrande Gullspångslax- och öring i Gullspångsälven. Sweco rapport 1331467.

Länkar till underlagsrapporter:

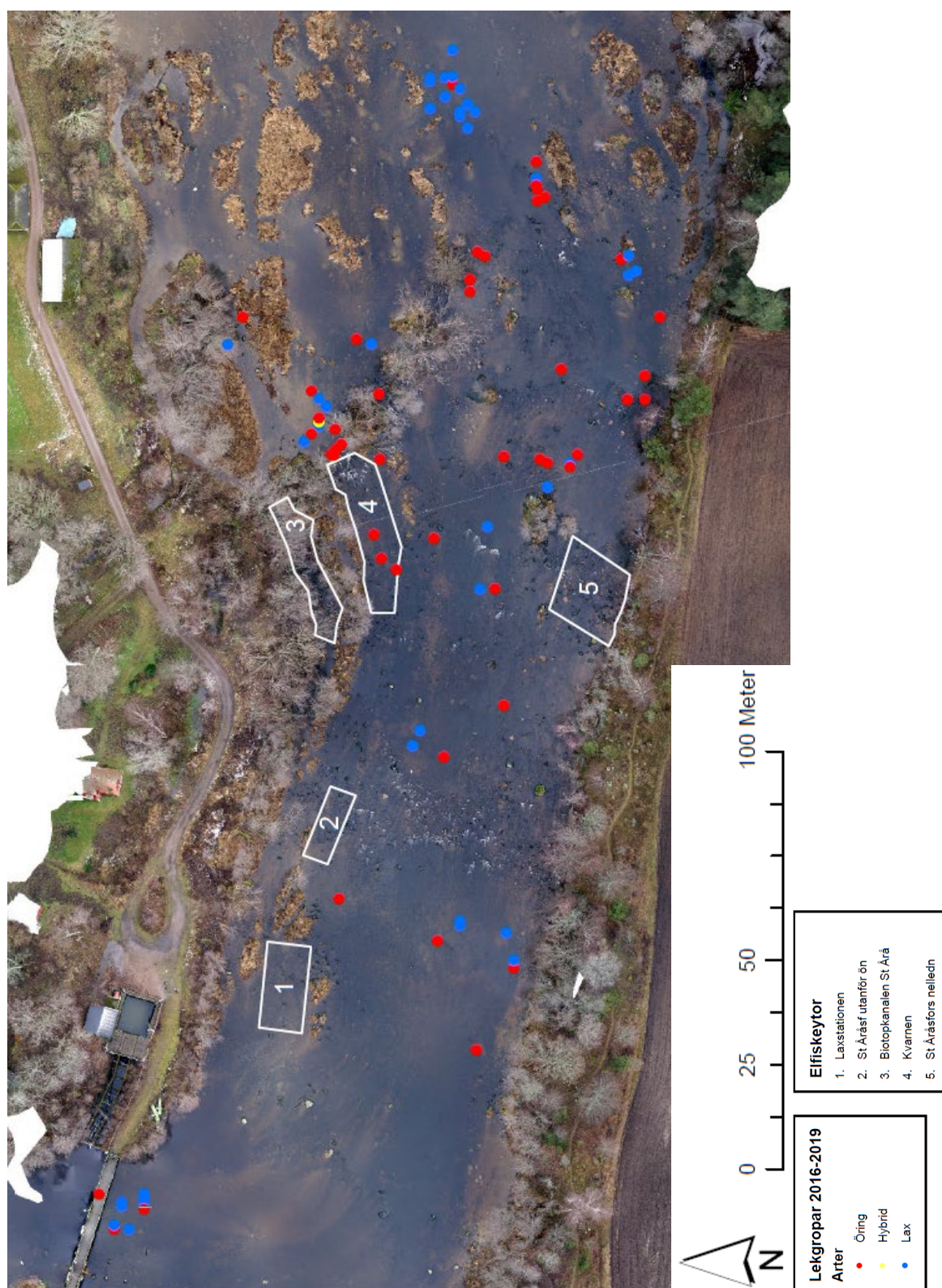
[Genetic structure of lake salmon and brown trout](#)

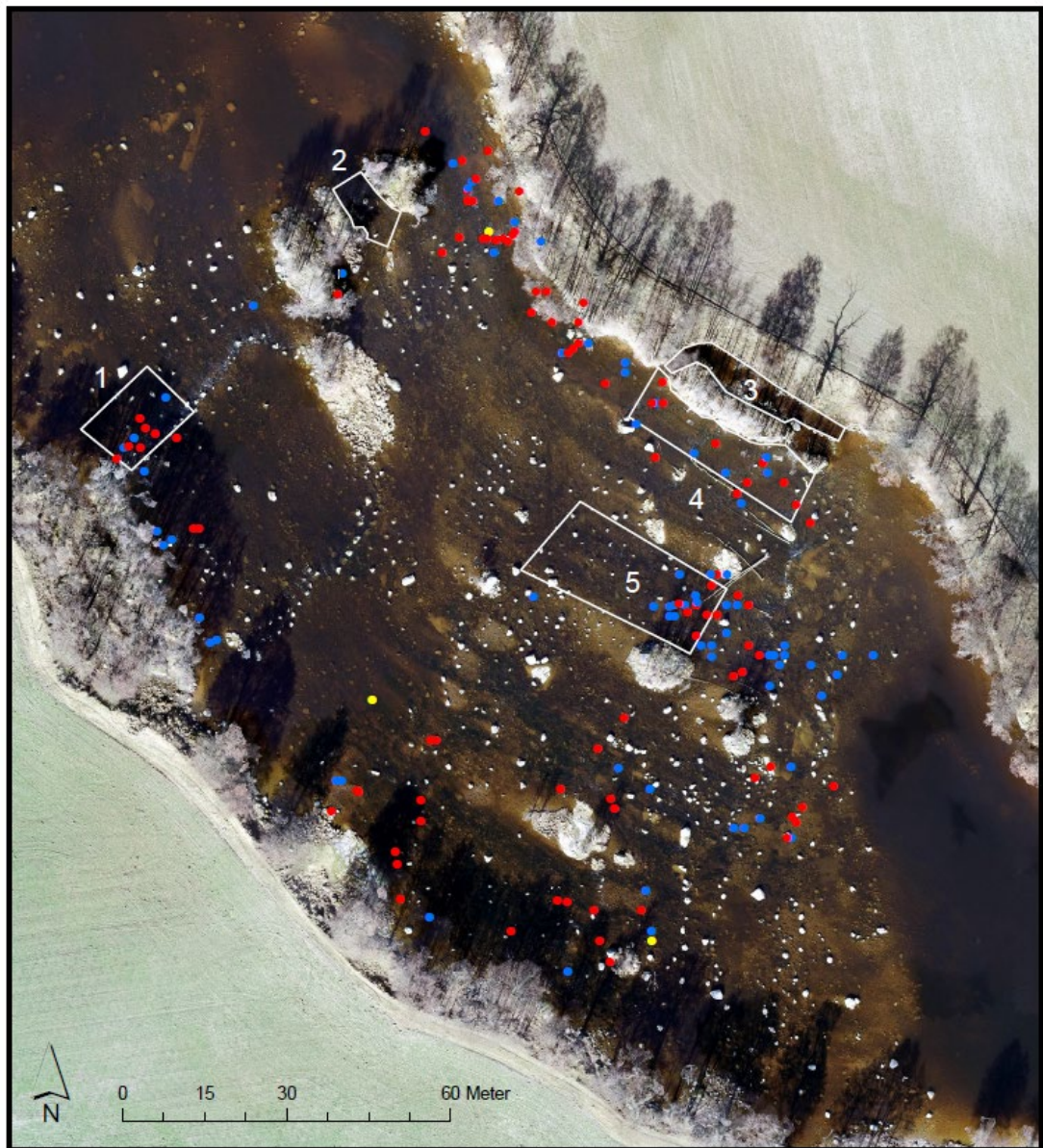
[Laxhabitat och Trout habitat score](#)

[Bestandsmodell för Gullspångslax](#)

[Genetisk status hos lax och öring i Gullspångsälven 2018](#)

Bilaga 1 Lekgropar och elfiskelokaler





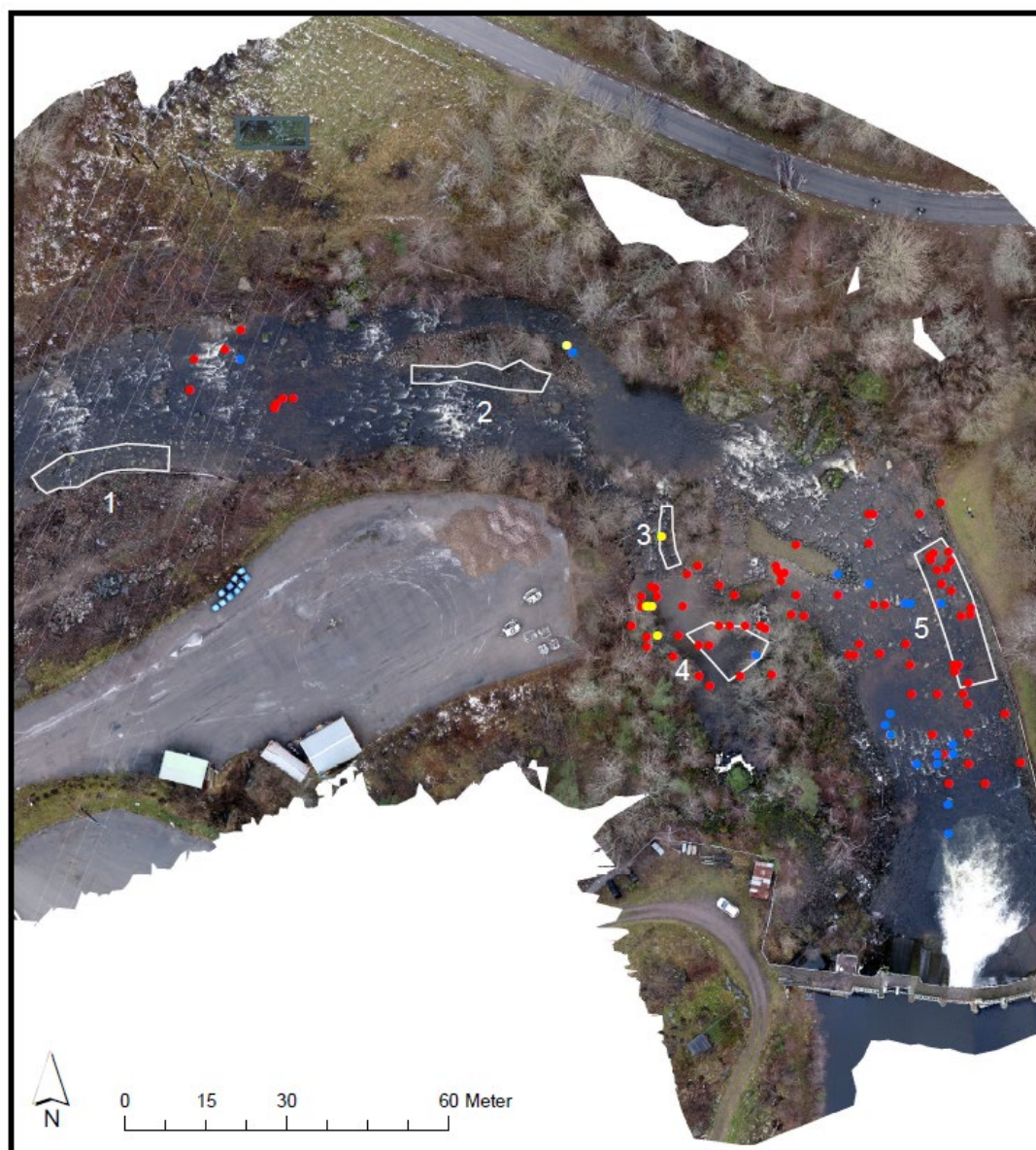
Lekgröpar 2016-2019

Arter

- Öring
- Hybrid
- Lax

Elfiskeytor

1. L-a Åråsors sydsne
2. Mellan öarna H och I
3. L Åråsors biotopkan
4. L-a Åråsors inom c1
5. L-a Åråsorsen a-b



Lekgropar 2016-2019

Arter

- Öring
- Hybrid
- Lax

Elfiskeytor

1. Gullspångsforsen 2
2. Gullspångsforsen 3
3. Gullspångsforsen 1a
4. Gullspångsforsen 1b
5. Gullspångsforsen Turist



Länsstyrelsen
Västra Götaland