Är fiskpassage storleksberoende och påverkas den av vattentemperatur, flöde och säsong?

En undersökning baserad på data från en fiskräknare i Bulsjöån

---

Is there a size-dependency of migrating fish and is it influenced by water temperature, waterflow and seasonality?
A study based on data from a fish counter in Bulsjöån

Marjo Jonker

Fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap

Biologi

Grundnivå 15 hp

Handledare: Olle Calles, Niklas Nilsson, Peter Lindvall

Examinator: Lovisa Lind Eirell

2022-03-29

Löpnummer: 22:204

Abstract

Today, many migrating fish stocks find it difficult to reach their breeding grounds. This is because there are different types of obstacles e.g., hydropower plants and dams. Such power plants need environmental adaptations and fish counters are becoming an increasingly common tool for such adaptations. This essay investigates, with the help of data from a fish counter, whether there is a size- dependency and how it is affected by water temperature, water flow and seasonality. The results can contribute with knowledge about how fish counters can be used for evaluation of environmental adaptations of hydropower plants and dams. The highest migration intensity was noted during three migration periods; spring (March – April), summer (June-July) and autumn (September – November) and all differed in intensity. The average intensity of migration in autumn was nine times higher than spring and three times higher than summer. In addition, more large fish migrated in autumn than in spring and summer. However, autumn showed no significant correlation between the size of the fish and prevailing waterflow and water temperature at the time of passage. In summary, the results show that there may be a need to increase water discharge in the autumn as both the migration intensity and the length distribution were the highest. The use of a fish counter can in the future give the operator good conditions to environmentally monitor their surroundings. To ensure the quality of the data, it is recommended to plan well in advance, ensure the right settings from the beginning and perform regular supervision. The person in charge should also have sufficient knowledge in order to be able to recognize any oddities in the data of the fish counter. The results should also be supplemented with other studies, which concern both downstream and upstream migration, and that the observations are repeated for several years to investigate the significance of mid-year variation.

Sammanfattning

Idag har många migrerande fiskbestånd svårt att nå till sina reproduktionsplatser. Detta beror på att det finns olika typer av hinder (exempelvis vattenkraftverk och dammar) som gör det svårt för fiskarna att komma fram. Sådana kraftverk behöver miljöanpassas och fiskräknare blir ett allt vanligare verktyg för att följa upp sådana miljöanpassningar. Denna uppsats undersöker, med hjälp av data från en fiskräknare, om fiskvandringen är storleksberoende och hur den påverkas av vattentemperatur, vattenföring och säsong. Resultaten kan bidra med kunskap om hur fiskräknare kan användas vid utvärdering av miljöanpassningar av vattenkraftverk och dammar. Den största fiskvandringsintensiteten noterades under tre vandringsperioder; vår (mars – april), sommar (juni-juli) och höst (september-november). Höstens genomsnittliga vandringsintensitet var ca nio gånger högre än på våren och tre gånger högre än på sommaren. Dessutom vandrade fler stora fiskar på hösten än under våren och sommaren. Under hösten fanns det dock inget signifikant samband mellan fiskens storlek och rådande vattenflöde och vattentemperatur vid passagetillfället. Sammanfattningsvis visar resultatet att det kan finnas ett behov av att öka vattentappningen på hösten då både vandringsintensiteten och längdfördelningen är som störst för fiskarna. Användningen av en fiskräknare kan i framtiden ge verksamhetsutövaren goda förutsättningar att miljöbevaka sin omgivning. För att kvalitetssäkra datan är rekommendationen att planera arbetet i god tid, ställa in rätt inställningar från början och att utföra regelbunden tillsyn. Den ansvarige bör också vara tillräckligt införstådd för att kunna känna igen eventuella konstigheter i fiskräknarens data. Resultaten bör även kompletteras med andra studier, som rör både nedströms och uppströms vandring, samt att observationerna upprepas under flera år för att undersöka betydelsen av mellanårsvariation.

Inledning

Nästan alla fiskar vandrar i någon utsträckning (Calles et al., 2013). Anledningarna kan variera och vandringen sker under en stor del av året. Ofta handlar vandringen om att fiskar söker nya och bättre habitat för att tillväxa, övervintra, skydda eller sprida sig. En annan anledning är att fiskar söker lämpliga områden för reproduktion, även kallad lek (Näslund et al., 2013). För att bibehålla en hög artdiversitet i våra limniska ekosystem är det viktigt att fiskar får leka fritt för att upprätthålla populationerna. På sikt tillför livskraftiga populationer viktiga ekosystemtjänster som gynnar oss ekonomiskt, kulturellt och rekreationsmässigt (Brönmark & Hansson, 2018). Långt vandrande fiskar återvandrar till sina uppväxtplatser för att reproducera. Om återvandringen är för låg kan de få svårigheter med att bevara sin genetiska variation och därmed anpassningar till sin omgivning (Näslund et al., 2013), även känt som artens resiliens (Detenbeck et al., 1992). Idag har många migrerande fiskebestånd svårt att migrera till sina reproduktionsplatser (Babin et al., 2021). Detta beror på att det finns olika typer av hinder som gör det svårt för fiskarna att komma fram. Vattenkraftverk som förekommer längs med många av Sveriges vattendrag är ett exempel på ett sådant hinder (Nyqvist et al., 2017) och är en av huvudanledningarna till varför vandrande fiskar ofta misslyckas med att fullborda sin vandring; antingen uppströms till eller nedströms (Näslund et al., 2013). Uppdämt vatten utsätter dessutom långt vandrande fisk för högre konkurrens av andra fiskar som trivs i mer sjöliknande habitat (Degerman & Näslund, 2019). Det finns mer än 10 000 dammar i de svenska vattendragen (SMHI's dammregister, u.å) och fragmenteringen på grund av detta är ett så pass stort och erkänt problem att regeringen har infört en ny nationell plan där miljötillstånden för alla vattenkraftverk ska ses över, inklusive behovet av fiskpassagelösningar, och uppdateras under de kommande 20 åren (Regeringskansliet, 2020). Det har gjorts en del studier kring hur fiskpassager kan återskapas genom att kombinera olika passagelösningar för uppströms och nedströms vandrande fisk (Calles et al., 2021). Resultaten är lovande och visar att det finns stor potential för samexistens mellan vattenkraft och livskraftiga fiskbestånd. De flesta studierna är dock gjorda med fokus på ett fåtal fiskarter, exempelvis lax, öring och ål. Men utöver nyss nämnda arter behöver miljöanpassning av vattenkraftverk ta hänsyn till alla naturligt förekommande fiskarter (Calles et al., 2012). Det finns riktlinjer för vad som är viktigt att få med vid framtagandet av en fiskpassage så att den är anpassad till så många vattenlevande organismer som möjligt (Calles et al., 2012), men utvecklingspotentialen kring detta ämne är fortfarande stor. Faktorer som vattentemperatur, flöde och säsong kan påverka när fisken ska passera ett vattenkraftverk (Acolas et al., 2006) och mer kunskap kring detta hjälper verksamhetsutövaren att få en djupare förståelse om den miljö och dess ekologi som deras verksamhet påverkar; en viktig aspekt för att kunna uppnå samexistens mellan människa och natur.

Det finns studier som visar att temperatur är en begränsande faktor för fiskars vandring som vanligtvis är artspecifikt (Acolas et al., 2006, Jensen., 1999). Som ett exempel kan en vattentemperatur kring 22 grader vara dödlig för vissa laxarter (Baisez et al., 2011). Vattenföringen är också en viktig faktor för fiskvandring och en

flödesökning kan vara en triggande faktor för uppströmsvandring (Smith et al, 2094), men ett högt flöde kan även begränsa fiskvandringen (Robson et al, 2011). Små individer är speciellt känsliga för höga vattenhastigheter och fiskyngel kan inte simma i vattenhastigheter högre än 0,1 – 0,2 m/s (Baumgartner et al., 2010, Näslund et al., 2013). Samtidigt kan ett högt flöde ge ett bättre skydd mot rovdjur (Slavik & Bartos, 2002). I tempererade områden är temperatur och vattenföring ofta starkt korrelerade med varandra och samvarierar under året.

Trots att fiskars förhållande till vattentemperatur, vattenföring och säsong är välstuderat finns det förvånansvärt lite kunskap om hur temperatur och vattenföring påverkar vandringen för fiskar av olika storlek. På våren går det att förvänta sig vandring eftersom temperaturen ökar och fiskar får möjlighet att tillväxa under våren och sommaren. Temperaturen och vattenföringen sjunker respektive ökar igen på hösten och förutsättningarna för vandring ändras, där graden av påverkan sannolikt är storleksberoende. Det är även på hösten vi kan förvänta oss att se högst aktivitet bland laxartade fiskar eftersom denna säsong utgör en viktig lekperiod för flera arter (Näslund et al, 2013). Det finns möjlighet att undersöka vandringsintensitet genom att analysera data som uppmäts av en fiskräknare. Denna uppsats undersöker data från en fiskräknare för att studera samband när fiskvandring sker, fiskarnas storlek, vattentemperatur och vattenföring. Slutligen diskuteras användbarheten av en fiskräknare vid miljöanpassningar av dammar och vattenkraftverk.

<u>Hypoteser</u>

1. *Vandringsintensiteten är högre på hösten än under andra årstider.*

2. *Fiskar som vandrar på hösten är i genomsnitt längre än fiskar som vandrar under andra vandringsperioder.*

3. *Fiskar som vandrar vid låga vattentemperaturer och höga flöden är i genomsnitt längre än fiskar som vandrar vid höga vattentemperaturer och låga flöden.*

Material och metod

I Östergötlands län, Ydre kommun, pågår ett projekt där alla vandringshinder i Bulsjöån mellan sjön Västra Lägern och Sommen ska miljöanpassas. Miljöanpassningen påbörjades vid det nedersta kraftverket Visskvarn när ett omlöp för uppströmsvandring anlades. I samband med detta monterades även en fiskräknare. Genom att studera data från den fiskräknaren gick det att se hur fiskar vandrar uppåt och förbi anläggningen. Sådan information kan vara värdefull inför den kommande detaljutformningen av lösningen för nedströmsvandring. Tranås Energi AB äger Visskvarns kraftverk och dammar i ån. Konsultföretaget Jönköpings Fiskeribiologi AB bistår med förslag på tekniska lösningar. Det finns fyra hinder som har/planeras att

miljöanpassas varav det sista hindret i Visskvarn planeras att vara färdigställt för både uppströms och nedströms vandring i hösten 2022 (Tranås Energi, u.å).

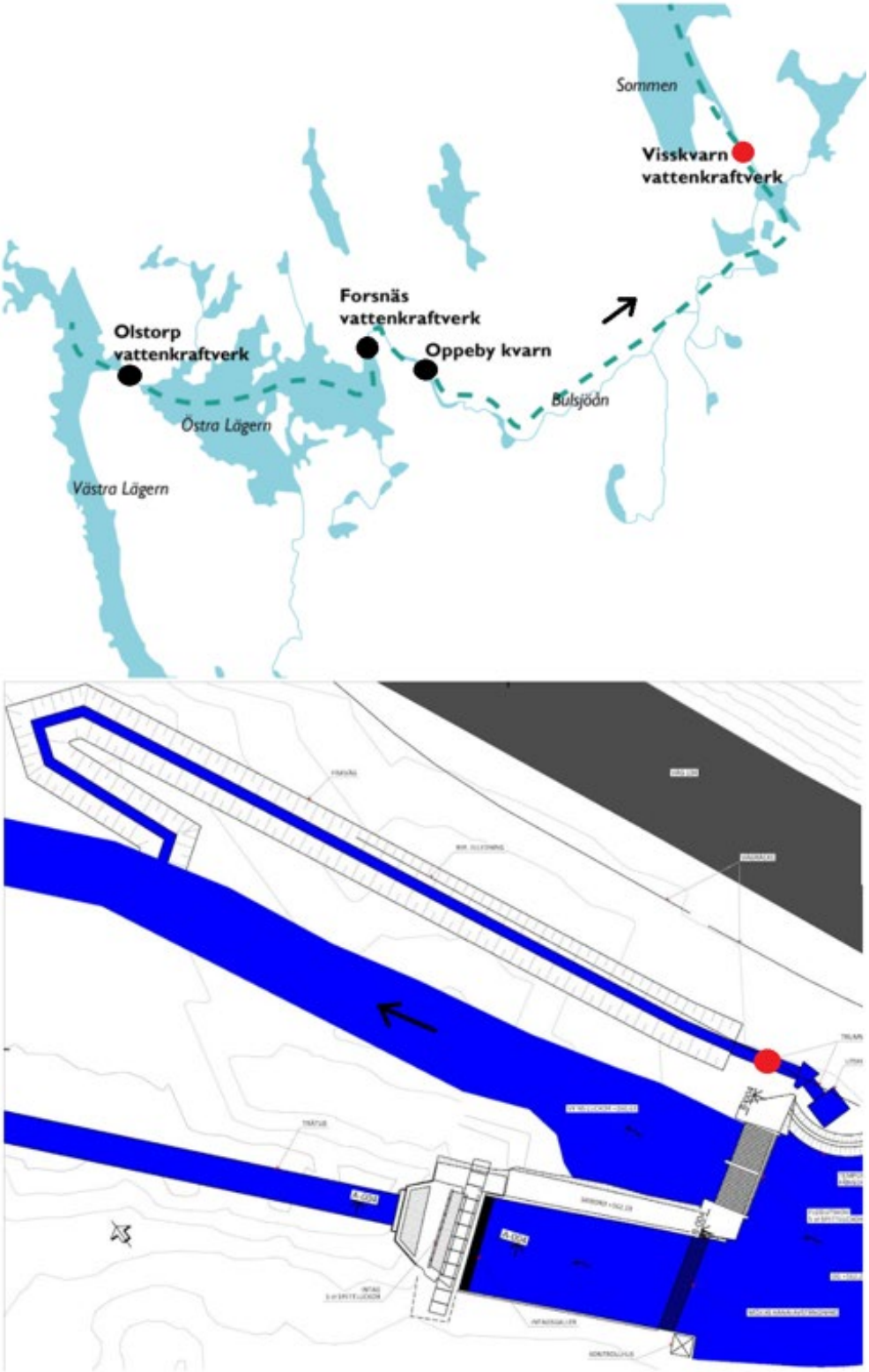
Förprojektering har redan genomförts och ett förslag för dammens konstruktion finns presenterat. Vid detaljutformningen är alla nya fakta om fiskarna vid anläggningen intressanta. Inför dammens miljöanpassning vill Jönköpings Fiskeribiologi AB skapa en djupare förståelse för *när* fiskar av *viss storlek* tenderar att migrera och om fiskarnas storlek hänger samman med vattnets temperatur, flöde och tid på året. Sådan förståelse skulle kunna underlätta framtagandet av en lämplig flyktväg för just denna damm.

Fiskräknaren är belägen vid Visskvarns vattenkraftstation strax uppströms om Bulsjöåns mynning i Sommen (figur 1). Det innebär att fiskar som vandrar förbi Visskvarn även kan vandra vidare upp till Oppeby kvarn och sedan tillbaka till Sommen. Tack vare fiskräknaren kan verksamhetsutövaren även få möjlighet att bättre se vilka fiskarter som vill passera kraftverket vid Visskvarn. Bulsjöåns vattensystem är 18 km långt och rinner mellan Sommen och Östra Lägern (VISS Vatteninformationssystem, u.å). I systemet förekommer sjövandrande öring som är tämligen ovanlig i södra Sverige och anses som skyddsvärd. Utöver öringen har det vid elfisken i Bulsjöån även påträffats ål (Peter Lindvall, Jönköpings fiskeribiologi AB, muntligen).

Fiskarter som sedan tidigare har påträffats i Bulsjöån är benlöja (*Alburnus alburnus)*, öring (*Salmo trutta)*, abborre (*Perca fluviatilis)*, mört (*Rutilus rutilus)*, bergsimpa (*Cottus poecilopus)*, elritsa (*Phoxinus phoxinus)*, och ål (*Anguilla anguilla)* (Nöbelin och Larsson 2012, SERS: Visskvarn övre) (tabell 1). Näslund et al (2013), har klassat deras kontinuitetsbehov i tre olika klasser: mindre, normalt och stort. Har en art ett mindre kontinuitetsbehov kan arten utföra hela sin livscykel i ett habitat trots barriärer. Ett normalt kontinuitetsbehov innebär att arten med fördel vandrar genom fria vandringsvägar, men det är inte avgörande för att kunna fullborda livscykeln. Har arten däremot ett stort vandringsbehov är fria vandringsvägar ett krav för att fullborda sin livscykel.

Tabell 1. Artförekomsten i Bulsjöån, deras längder samt vandrings och kontinuitetsbehov.

Art (Nöbelin och Larsson 2012)	**Vandrings och kontinuitetsbehov** (Näslund et al, 2013)	**Familj** (Nielsen & Svedberg, 2010)	**Vanligt största längd (cm)** (Nielsen & Svedberg, 2010)
Benlöja (*Alburnus alburnus)*	Normalt	Karpfiskar	25 cm
Öring (*Salmo trutta)*	Stort	Laxartade fiskar	140 cm
Abborre (*Perca fluviatilis)*	Normalt	Abborrfiskar	50 cm
Mört (*Rutilus rutilus)*	Normalt	Karpfisk	50 cm
Bergsimpa (*Cottus poecilopus)*	Mindre	Simpor	15 cm
Elritsa (*Phoxinus phoxinus)*	Mindre	Karpfiskar	12 cm
Gädda (*Esox lucius)*	Normalt	Gäddor	150 cm
Ål (*Anguilla anguilla)*	Stort	Ålfiskar	150 cm



Figur 1. *Fiskräknarens lokalisering (de röda prickarna vid Visskvarn. Flödets riktning visas med hjälp av pilarna. Använd med tillåtelse från Tranås Energi, 2021.*

Datainsamlingen för innevarande studie utfördes under 2021 när vattenkraftstationerna i Bulsjöån nedströms Östra Lägern (Visskvran och Forsnäs) var avstängda för renovering, vilket innebar att fiskarna vandrade i ett oreglerat (naturligt) flöde. Fiskräknaren (Simsonar FC, Finland) detekterade vattentemperatur samt när fiskar passerade, upp- eller nedströms, och mätte samtidigt fiskens längd med hjälp av en stereotypisk undervattenskamera (figur 2). Fiskräknaren var installerad i fiskarnas enda tillgängliga uppströmspassage (figur 3). Arbetets omfattning har begränsats till att enbart analysera data för uppströms passerande fisk eftersom fiskräknaren vid installationstillfället inte var inställd på att skilja fiskar från andra objekt som följer med vattenströmmen.

Figur 2. Fiskräknaren med stereotypisk undervattenskamera. [Foto: Jönköpings Fiskeribiologi AB, använd med tillåtelse]

Figur 3. Dammen i Visskvarn. Fiskräknaren är installerad i det nyligen färdigställda omlöpet med ett övertäckande galler som skydd [Foto: Jönköpings Fiskeribiologi AB, använd med tillåtelse]

Den uppmätta vattentemperaturen i fiskräknaren jämfördes med modelldata (SMHI's modelldata, u.å, IDnr: 3330) för att säkerställa att fiskräknarens temperaturmätningar respektive modelldata var rimliga. Efter att en god överensstämmelse mellan temperaturer och modelldata kunde fastställas gjordes all vidare analys med

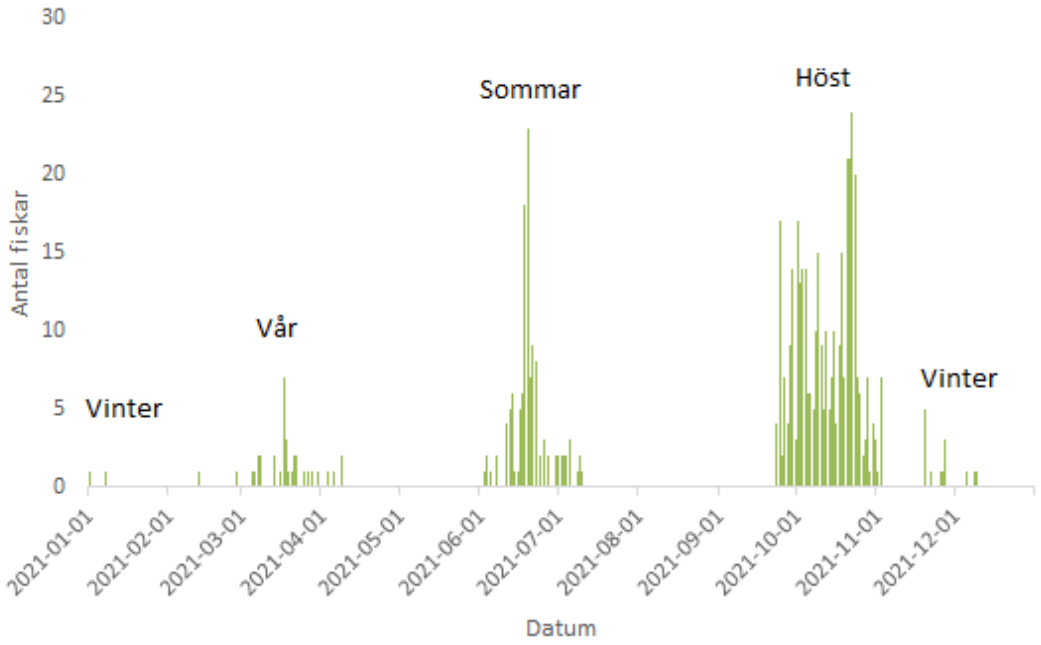
temperatur och vattenföring med modelldata från SMHI eftersom dessa mätserier gav dagliga genomsnittstemperaturer för 2021; inklusive de dagar då ingen fisk passerade. Data kvalitetssäkrades så att det inte fanns med några dubbletter av data och uppenbart orimliga vattentemperaturer. Vidare togs alla fisklängder som var under 20 cm bort eftersom räknaren var inställd på att endast registrera fisk > 20 cm. Mellan 8/4 - 2/6 och 10/7 - 23/9 fungerade fiskräknaren inkorrekt. Problemen åtgärdades, men de fem datapunkter som blev uppmätta under dessa perioder togs bort eftersom de inte ansågs tillförlitliga. En vandringsperiod började och slutade när vandringen blev noterbart mer eller mindre frekvent. Den genomsnittliga vandringsfrekvensen per dag beräknades över hela vandringsperioden. Fiskarna delades in i olika storleksklasser; 20–39 cm, 40–59 cm, 60–79 cm och 80–119 cm. Storleksklasserna valdes efter fiskräknarens mätnoggrannhet som var ca 5 cm. Denna osäkerhet berodde på att fiskarna sällan var helt utsträckta när de detekterades av kameran.

Analys
Data sammanställdes i Microsoft Access och Excel och analyserades vidare i IBM SPSS Statistics 27. Huruvida ett parametriskt test (One-way ANOVA) eller icke-parametriskt test (Kruskal-Wallis) skulle utföras berodde på om fiskarnas antal och längd uppvisade en normalfördelning eller ej. Normalfördelning testades med ett Kolmogorov-Smirnov test när N > 50 och ett Shapiro-Wilk test när N<50. Signifikanta resultat skulle analyseras vidare med hjälp av parvisa jämförelser mellan grupperna: Post Hoc test för parametriska data eller Mann-Whitney U test för icke-parametriska data (Dytham, 2011).

Resultat

Vandringsintensiteten är högre på hösten än under andra årstider

Tre olika perioder med hög vandringsintensitet noterades under året: vår, sommar och höst (figur 4). Endast ett fåtal individer passerade fiskräknaren under vintern och resultatet för vintersäsongen analyserades därför inte. Vandringsintensiteten skiljde sig mellan säsonger (Kruskal-Wallis, $\chi^2 = 56{,}912$, df = 2, p <0,001). Det största antalet individer passerade räknaren under hösten (median = 7, min = 1, max = 24) följt av sommar (median = 2, min = 0, max = 9) och vår (median = 1, min = 0, max = 2). Alla vandringsperioder var signifikant skilda med avseende på fiskvandringsintensitet (tabell 2).



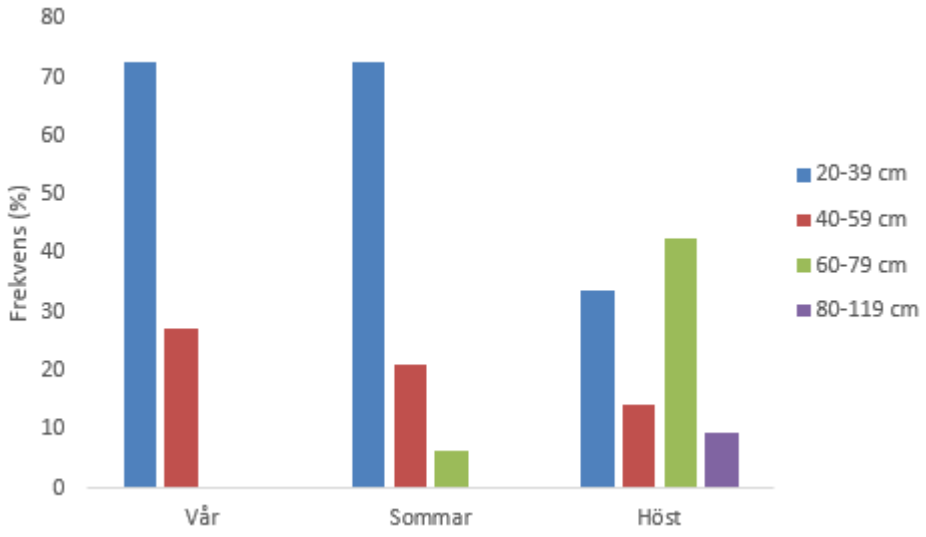
Figur 4. Noterade vandringsperioder under år 2021

Tabell 2. Sammanfattning av parvisa jämförelser av fiskarnas antal mellan vandringsperioderna vår, sommar och höst

Säsonger	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj Sig.[a]
Vår-Sommar	18,847	7,677	2,455	0,014	0,085
Vår-Höst	55,721	7,587	7,344	0,000	0,000
Sommar-Höst	36,874	7,375	5,000	<0,001	<0,001

Fiskar som vandrar på hösten är längre än fiskar som vandrar under andra vandringsperioder

Fiskarnas längd skiljde sig signifikant åt mellan säsongerna (figur 5) (Kruskal-Wallis, $\chi^2 = 82{,}536$, df = 2, p <0,001). Hösten hade flest långa fiskar (median = 61 cm, min = 25 cm, max = 112 cm) följt av sommaren (median = 32 cm, min = 20 cm, max = 60 cm) och våren (median = 34 cm, min = 20 cm, max = 52 cm). De fiskar som vandrade upp under hösten var längre än de som vandrade upp under sommaren och våren (p <0,001), men skillnaden mellan våren och sommaren var inte signifikant (p = 0,616) (tabell 3).



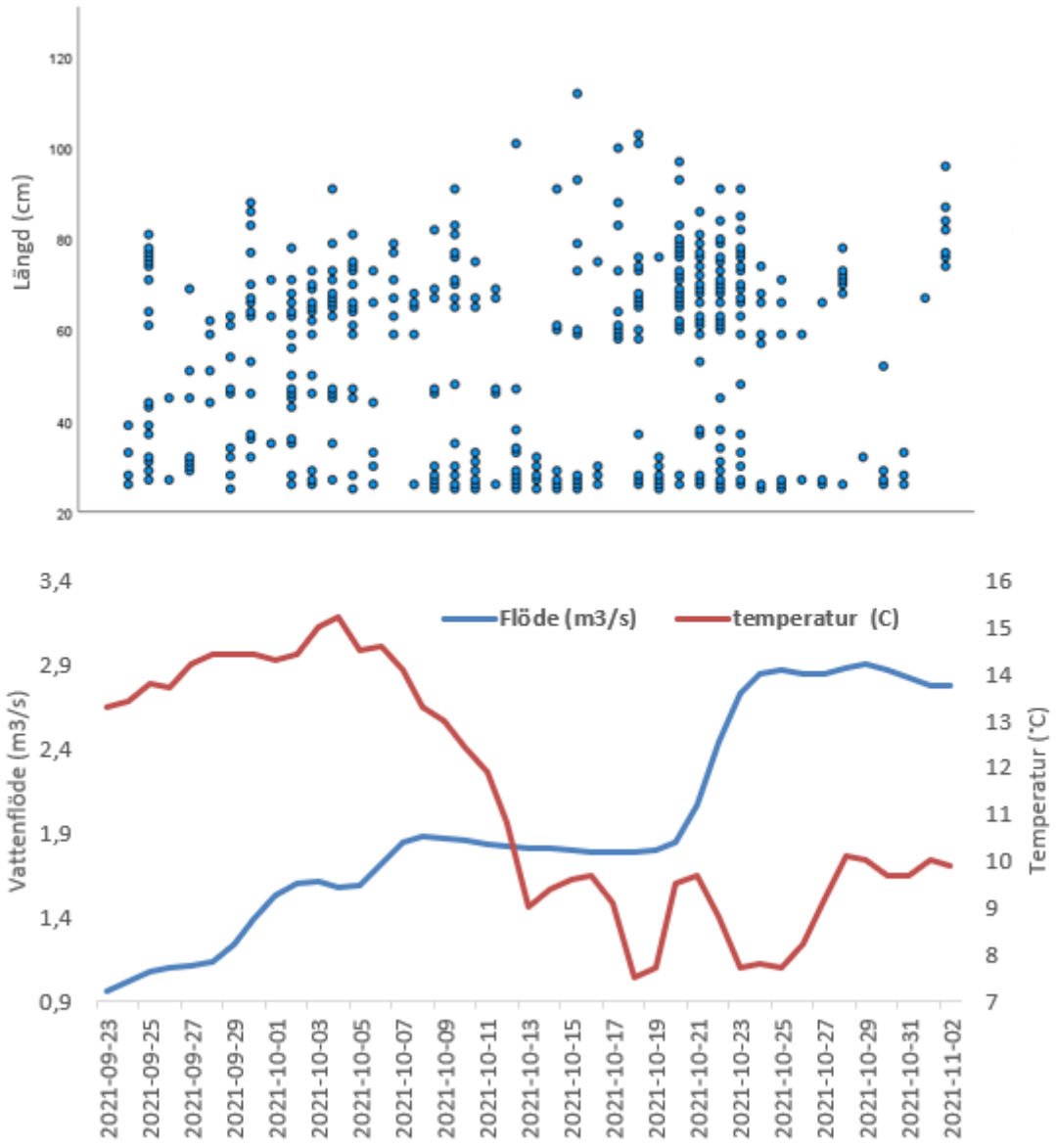
Figur 5. *Andel passerande fiskar inom olika längdkategorier för vandringsperioderna vår, sommar och höst*

Tabell 3. Sammanfattning av parvisa jämförelser av fiskarnas längd mellan vandringsperioderna vår, sommar och höst

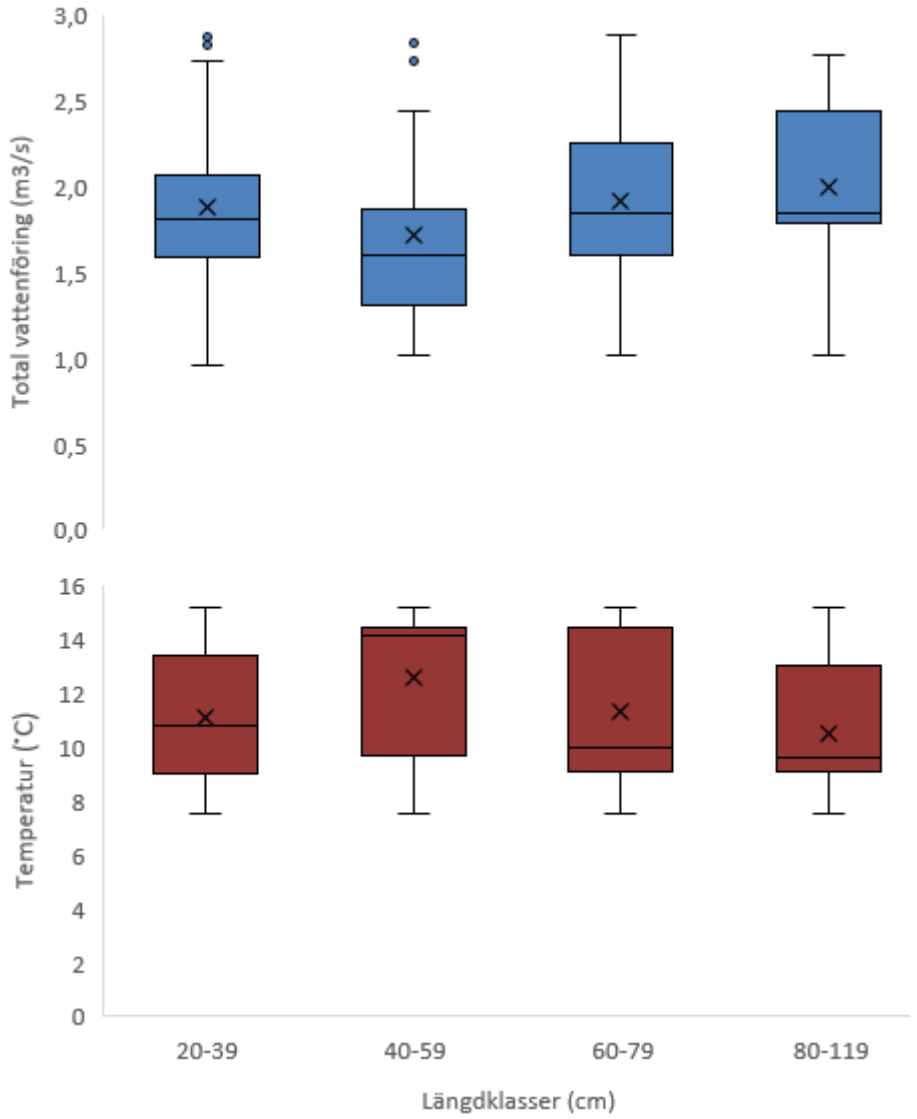
Säsonger	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig.
Vår-Sommar	14,900	29,671	.502	,616	1,000
Vår-Höst	142,913	27,502	5,196	,000	,000
Sommar-Höst	128,012	15,763	8,121	,000	,000

Fiskar som vandrar vid låga vattentemperaturer och höga flöden är i genomsnitt längre än fiskar som vandrar vid höga vattentemperaturer och låga flöden

Fiskarnas längd under hösten varierade stort (25–112 cm) utan några tydliga trender över tid (figur. 6). Det fanns ingen korrelation mellan fiskarnas längd och vattentemperatur vid passagetillfället (Spearman rank correlation, N= 368, R_s = -0,021, p = 0,690) eller fiskarnas längd och vattenflöde vid passagetillfället (Spearman rank correlation, N =368, R_s = 0,067, p = 0,200). Trots detta skiljde längdklasserna sig signifikant åt med avseende på vattentemperatur vid passagetillfället (Kruskal-Wallis, χ^2 = 13,923, df = 3, p = 0,003) (tabell 4) och total vattenföring (Kruskal-Wallis, χ^2 = 10,677, df = 3, p = 0,014) (tabell 5). Fiskar i intervallet 40 – 59 cm vandrade i lägre flöden än de andra längdklasserna. De vandrade dessutom vid högre vattentemperaturer än de andra längdklasserna (figur 7).



Figur 6. Samtliga registrerade fiskars (n=368) längd per dag under höstperioden 2021 (överst) samt motsvarande vattentemperatur och flöde under samma period (nederst).



Figur 7. Flöde (överst) och vattentemperatur (nederst) vid passagetillfället (n=368) för fiskar inom olika längdklasserna.

Tabell 4. Sammanfattning av parvisa jämförelser mellan fiskarnas längdklasser och vattentemperaturen som de vandrade i under höstperioden 2021.

Längdklasser	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig.[a]
20–39 cm - 60-79 cm	-12,383	12,757	-,971	,332	1,000
20–39 cm – 80–119 cm	19,789	20,324	,974	,330	1,000
40–59 cm - 20-39 cm	-56,690	17,543	-3,232	,001	,012
40–59 cm - 60-79 cm	44,308	16,989	2,608	,009	,091
40–59 cm - 80-119 cm	76,479	23,215	3,294	,001	,010
60–79 cm - 80-119 cm	32,171	19,848	1,621	,105	1,000

Tabell 5. Sammanfattning av parvisa jämförelser mellan fiskarnas längdklasser och flödet som de vandrade i under höstperioden 2021.

Längdklasser	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig.[a]
20–39 cm - 60-79 cm	-5,010	12,766	-.392	,695	1,000
20–39 cm - 80-119 cm	-24,119	20,339	-1,186	,236	1,000
40–59 cm - 20-39 cm	43,258	17,556	2,464	,014	,137
40–59 cm - 60-79 cm	-48,268	17,002	-2,839	,005	,045
40–59 cm - 80-119 cm	-67,377	23,233	-2,900	,004	,037
60–79 cm - 80-119 cm	-19,109	19,863	-,962	,336	1,000

Diskussion

Den största fiskvandringsintensiteten noterades under tre vandringsperioder; vår (mars – april), sommar (juni-juli) och höst (september-november) och samtliga skiljde sig åt i vandringsintensitet. Höstens genomsnittliga vandringsintensitet var ca nio

gånger högre än vårens och tre gånger högre än sommarens. Dessutom vandrade fler stora fiskar på hösten än under våren och sommaren. Under hösten fanns det dock inget signifikant samband mellan fiskens storlek och rådande vattenflöde och vattentemperatur vid passagetillfället. Resultaten kan vara användbara för miljöanpassningen av Visskvarns kraftverk och visar att fiskvägen/omlöpet fungerar för både stor och liten fisk även om det är ojämnt fördelat över året. Det går således att överväga att ha en varierad tappning i fiskvägen där mer vatten släpps på hösten när stora fiskar vandrar och något mindre vatten släpps på våren och sommaren då mindre och färre fiskar vandrar. Resultaten bör dock kompletteras med fler artinventeringar och rapporter som berör både nedströms och uppströms vandring i Bulsjöån. Det behövs även fler motsvarande undersökningar för kommande år för att undersöka betydelsen av mellanårsvariation.

Den noterade vandringsperioden i mars skulle delvis kunna vara kopplad till vårfloden. Under vårfloden råder högre flöden och vattentemperaturen ökar, vilket är en signal till fiskar (vars rörelser är begränsade under vintern) att börja vandra i större utsträckning och söka gynnsammare habitat för att tillväxa eller leka, till exempel gädda som leker i mars – april (Näslund et al, 2013). Vandring för ökad tillväxt kan fortgå så länge vattenförhållandena tillåter det eller fram tills att fiskar tillväxten minskar (runt augusti) (Näslund et al, 2013). Mört och abborre påträffas till exempel generellt mer frekvent vid stigande vattentemperatur och har visat sig vara som mest aktiva vid temperaturer >20°C (Näslund et al, 2013). De uppmätta temperaturerna i Bulsjöån i mars var 4 – 11 °C och temperaturerna i juni – juli låg mellan 19 – 27 °C, vilket innebär att abborre och mört skulle kunna ha utgjort en väsentlig andel av de fiskar som vandrade under dessa perioder. Abborre och mört lekvandrar dessutom i maj – juni vilket kan förklara den förhållandevis höga vandringsintensiteten av fiskar i längdintervallet 20-39 cm i juni. Karpfiskar som benlöja och elritsa är också kända för att leka under våren och behöver vandra i samband med detta (Hladík & Kubecka, 2003).

Naturlig selektion har lett till att fiskarter leker olika i både tid och rum (Näslund et al, 2013). Tidpunkten för lek kan skilja sig geografiskt, men hos det flesta arter går det ändå att förutspå under vilka perioder de leker (Calles et al, 2013). De flesta öringbestånd lekvandrar i september-november, men öringar kan variera mycket i sitt vandringsmönster (Bagliniere et al., 1989). Öring kan t. ex. avvika från sin typiska lekperiod på hösten och även leka under vår och sommar (Carlsson et al, 2004). Ovidio & Philippart (2002), som bland annat studerade öring i floden Meuse kunde se att de flesta fiskarna lekte under sin typiska lekperiod, men långt ifrån alla. Ovan beskrivna teorier skulle kunna stämma även för Bulsjöån, men det behöver bekräftas av ytterligare fältundersökningar. Det bästa hade varit att identifiera arterna med hjälp av fiskräknarens kamera, vilket dock var för tidskrävande inom ramen för detta arbete. Mer insyn i vandringsperiodernas längdfördelning och hur de korrelerar till vattentemperatur och flöde kan också säga något om de arter som vandrade under de olika perioderna.

Fler längdklasser var representerade under sommaren än våren, men antalet passerande fiskar under våren och sommaren var lågt (<50) och skillnaden var inte signifikant. Det fanns således endast tendenser för att fiskar som vandrade på sommaren var större än fiskar som vandrade på våren. Den maximala längden en art kan uppnå kan variera beroende på geografin och förutsättningarna den lever i, men så länge fiskarterna har vuxit upp i samma miljö kan de visa tydliga skillnader i storlek (Näslund et al, 2013).

Under våren och sommaren var ca 72 % av alla fiskar mellan 20 cm – 39 cm. Denna majoritet skulle kunna utgöras av fiskar som abborre. En viss andel skulle också kunna vara juvenila öringar samt gäddor som vandrar med bytesfisken uppströms (Näslund et al, 2013). Majoriteten av öringarna leker dock vanligtvis på hösten. De fiskar som registrerades inom storleksintervallet 40 cm – 59 cm kan också ha varit gäddor eller öringar som vandrade för födosök. Fler storleksintervall var representerade under hösten och det kan betyda att fler arter vandrade på hösten än andra perioder. Alla fiskar som beskrivs i artsammanställningen kan ha företagit vandring under denna period, men av olika anledningar. Vuxna ålar vandrar generellt nedströms och är därför inte representerade i resultaten, men ålyngel och äldre gulålar vandrar däremot uppströms. Det brukar ske vid vattentemperaturer över 8–9 °C mellan april och oktober (Näslund et al, 2013), vilket stämmer med temperaturerna som noterades i oktober. Detta styrks av bilder på både vuxna ålar och småålar som vandrat upp genom räknaren (Peter Lindvall, Jönköpings fiskeribiologi AB, muntligen). Vandringsvägarna för ål till Bulsjöån, och i Bulsjöån, är dock inte fria och det sker i stället en utsättning av ål i bland annat Sommen.

Öringen är känd för att påbörja sin lekvandring under hösten och det är sannolikt att en stor andel av fiskarna är öring eftersom den är vanligt förekommande i systemet. I elfiskeregistret (SERS) går det att se att det senaste elfisket i Bulsjöån vid Visskvarn utfördes år 2020. Större öringar fångas inte i samband med elfisken och resultaten ger därför ingen indikation om hur stora de största individerna kan bli. Däremot var öringtätheten på årsungar (0+) 63,2 st/100 m² och tätheten för öringar äldre än årsungar (> 0+) 25,5st/100 m² och deras längder varierade från 6,1 cm – 19,6 cm. En stor andel av de mindre öringarna har alltså med största sannolikhet inte detekterats av fiskräknaren. Den minsta längd en könsmogen strömlevande öring kan ha är 10 – 15 cm (Degerman et al, 2005) och utifrån detta är rekommendationen att i framtiden byta inställningar på fiskräknaren så att den kan detektera fisk ner till 10 cm. Av alla fiskar som vandrade under hösten var 9,5 % mellan 80 cm – 119 cm. Det är en längdkategori som ligger över den största längden för många andra fiskarter i Bulsjöån med undantag för gädda och öring som har bekräftats kunna bli upp till 80 cm (Peter Lindvall, Jönköpings fiskeribiologi AB, muntligen) och sannolikt utgjordes den största andelen av denna längdkategori av öring. Gädda har inte registrerats i några större antal och dessutom saknas det goda gäddbiotoper nedströms (Peter Lindvall, Jönköpings fiskeribiologi AB, muntligen).

Det finns studier som visar att vattentemperatur och flöde är korrelerade med öringens vandringsmönster. Jonsson & Jonsson, (2002) studerade öringar i Norge och noterade att mindre öringar påverkas mer av ökade vattentemperaturer på våren än större öringar, men att flödet inte hade en lika stor betydelse. De såg även att mer än 70 % av alla öringar vandrade uppströms mellan augusti och oktober och att vandringen ökade i samband med att både temperaturen och flödet sjönk. Att öringar gärna vandrade då flödet sjönk hade att göra med att de flesta fiskarna vandrade mellan 7,5 – 10,0 m^3/s. Men höstarnas flöden kan vara betydligt högre än så. På hösten var både vattentemperaturen och flöde en viktig faktor för öringens vandringsmönster; både uppströms och nedströms (Jonsson & Jonsson, 2002). Hembrel et al (2001) kunde visa att de flesta öringarna aktiverades till att vandra vid flöden 7,0 – 15,0 m^3/s och vattentemperaturer mellan 6 – 8 ℃. Det fanns dock en stor mellanårsvariation i vandringen; vissa år var vandringen mer beroende av vattentemperatur och flöde än andra.

Sambanden i ovan beskrivna studier kunde inte bekräftas i denna studie. En undersökning av fiskars storlek i förhållande till vattentemperatur och vattenflöde görs med fördel under en period med hög vandringsintensitet samtidigt som andra kringliggande faktorer inte är allt för fluktuerande. Av dessa anledningar hamnade hösten i fokus, men varken vandringensintensiteten eller fiskarnas längd på hösten visade någon korrelation till vattenföring eller temperatur. Det är möjligt att längdintervallet 40 cm – 59 cm skiljde sig något med avseende på vattentemperatur från de andra intervallerna men detta ska tolkas med försiktighet eftersom risken för fel är hög när det görs flera liknande parvisa jämförelser. Det gick alltså inte att förutsäga när på hösten särskilda längder vandrar, däremot kan man förvänta sig en ökad vandringsintensitet på hösten med en bredare längdfördelning och med fiskar> 60 cm. Den ökade vandringsintensiteten kan ha berott på den snabba ökningen av vattenflöde efter att ha varit låg en längre tid under sommaren. Även vattentemperaturen sjunker snabbt och stadigt under denna period. Detta sker bara på hösten och kan vara en triggande faktor för bland annat öring att börja vandra (Smith et al, 2004).

Ål, benlöja, öring, abborre, mört och gädda är arter i Bulsjöån med ett dokumenterat behov av miljöanpassningar vid dammar och vattenkraftverk. Sammantaget är arternas lekperioder och vandringsmönster spridda över årets alla säsonger vilket kräver en miljöanpassning som fungerar året runt. Ålens behov bör tas i särskilt beaktande eftersom den är utrotningshotad och har specifika krav på miljöanpassningar (Calles et al, 2021). Även den lokala öringen anses vara skyddsvärd och bör prioriteras. En fiskräknare kan vara en stor tillgång vid undersökningar inför miljöanpassningar av dammar och vattenkraftverk, men undersökningens syfte måste vara tydlig och genomtänkt. Goda förberedelser kan spara mycket tid och resurser och ökar sannolikheten för ett underlag av hög kvalitet.

Om data från en fiskräknare är utgångspunkten för en undersökning måste inställningarna på fiskräknaren vara så korrekta som möjligt från början. Det sparar mycket tid på kvalitetssäkring av datan senare. Ibland går fel att åtgärda i efterhand, men inte alltid. Fiskräknarens sensor registrerade exempelvis dubbletter på en och samma detektion vilket gick att korrigera i efterhand. Ett annat exempel var att fiskräknaren inte heller var inställd på att mäta vattentemperatur och flöde på dagar då ingen fisk vandrade, trots att sådan information hade varit mycket relevant. Detta gick inte att korrigera, men kunde i stället kompenseras med SMHI's modelldata. Sådan data är dock framtagen med hjälp av en särskild beräkningsmodell och kan i vissa fall avvika från verkligheten.

Ytterligare ett sätt att säkerställa fiskräknarens data är genom att göra en testdrift under förslagsvis en månad innan datainsamlingen påbörjas. Dessutom bör räknaren nollställas precis innan den börjar användas i skarpt läge. En fiskräknare rekommenderas inte heller ligga i vattnet under vintern utan bör i stället tas upp för vinterförvaring. När vattnet börjar frysa finns det risk att känslig teknik skadas. Det är dock viktigt att vara medveten om att vinterförvaring av fiskräknaren medför ett avbrott i datan som bör vägas in i planeringen beroende på vad som ska undersökas. I detta fall var vandringen av fisk under vinteruppehållet nästintill försumbar och vinterförvaringen hade inte någon större påverkan på datan. Dessutom är regelbunden tillsyn (ca två - tre gånger i månaden) av fiskräknaren en rekommendation för att säkerställa fiskräknarens funktion och säkra datan; särskilt under hösten då fiskvandringen är som mest intensiv. I föreliggande data fanns tyvärr längre perioder där data saknades eftersom det har varit personalbrist. Regelbunden tillsyn kan innebära allt från rensning av objekt som blockerar passagen, putsning av kameraskyddet för kontinuerlig god detektion till att kontrollera att sensorn detekterar som den ska. En god loggföring i samband med tillsyn kan även underlätta vidare analys vid ett senare skede.

Med rätt inställningar har fiskräknaren möjlighet att både skilja på fisk och artindela dem, men i samband vid installation var det ännu inte tydligt hur just den applikationen fungerade. Det fanns inte heller några särskilda överenskommelser om vad den insamlade datan skulle användas till vilket innebar att den tills vidare installerades utan automatisk artindelning. I efterhand finns det ändå möjlighet att med hjälp av den stereotypiska kameran identifiera arterna, men ett sådant moment hade varit allt för tidskrävande. I detta fall innebar det att passage av nedströmsvandrande fiskar prioriterades bort och ett artspecifikt beteendemönster blev också svårare att bedöma. Oavsett om fiskräknaren är kapabel till artidentifikation eller ej kan den vara ett bra komplement till att utvärdera fiskars storlekar samt rörelsemönster i ett habitat.

Öringar kan ibland ta ståndplats i fiskräknaren vilket har kunnat medföra en överrepresentation av stora öringar eftersom räknaren inte kunde skilja mellan individer. Bortsett från PIT-taggning finns det än så länge ingen bra lösning till det här

problemet och det är viktigt att den som utvärderar data är tillräckligt insatt för att kunna förstå och känna igen sådana eventuella konstigheter i datan.

Att arbeta med fiskdata kan medföra stora utmaningar. Speciellt när projektet drivs på verksamhetsutövarens eget initiativ och utan finansiell kompensation från myndigheten. Trots att den insamlade datan inte var optimal, så var det bättre än ingen data alls. I framtiden kommer fiskräknaren att ge verksamhetsutövaren goda förutsättningar att kunna miljöbevaka sin omgivning. När miljöanpassningen även i nedströmsriktning vid Visskvarn kraftverk är på plats hade det varit intressant att följa upp denna C-uppsats för att se om vandringsintensiteten har ökat och om fler storleksklasser registrerats och därmed belägga att kraftverkets miljöanpassning för uppströms vandrande fiskar har varit framgångsrik.

Tack

Jag vill tacka mina handledare Olle Calles, Niklas Nilsson och Peter Lindvall för att ha hjälpt till att göra den här C-uppsatsen möjlig och gett mig chansen att visa vad jag går för. Jag vill också tacka min pojkvän, Pontus, som alltid finns vid min sida och som ger mig den energi och det lugn jag behöver för att fortsätta jaga mina mål. För mig är det här projektet början på en ny start som jag har jobbat mot under en väldigt lång tid. Nu ser jag fram emot att få påbörja den här resan på heltid med mina nya kollegor på Jönköpings fiskeribiologi; Niklas Nilsson, Peter Lindvall och Per Sjöstrand. En bättre start hade jag inte kunnat önska mig.

Referenser

Acolas, M., Veron, V., Jourdan, H., Begout, M.-L., Sabatie, M., & Bagliniere, J. L. (2006). Upstream migration and reproductive patterns of a population of allis shad in a small river (L'Aulne, Brittany, France). *ICES Journal of Marine Science*, *63*(3), 476–484. https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2005.05.022

Babin, A. B., Peake, S., Linnansaari, T., Curry, R. A., Ndong, M., Haralampides, K., & Jones, R. (2021). Atlantic Salmon Upstream Migration Delay in a Large Hydropower Reservoir. *North American Journal of Fisheries Management*, *41*(1), 158–175.

Bagliniere, J. L., Maisse, G., Lebail, P. Y., & Nihouarn, A. (1989). Population dynamics of brown trout, Salmo trutta L., in a tributary in Brittany (France): Spawning and juveniles. *Journal of Fish Biology*, *34*(1), 97–110. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1989.tb02960.x

Baisez, A., Bach, J.-M., Leon, C., Parouty, T., Terrade, R., Hoffmann, M., & Laffaille, P. (2011). Migration delays and mortality of adult Atlantic salmon (Salmo salar) en route to spawning grounds on the River Allier, France. *Endangered Species Research*, *15*(3), 265–270. https://doi.org/10.3354/esr00384

Baumgartner, L., Boys, C. A., Stuart, I. G., & Zampatti, B. P. (2010). Evaluating migratory fish behaviour and fishway performance: Testing a combined assessment methodology. *Australian Journal of Zoology*, *58*(3), 154–164. https://doi.org/10.1071/ZO10035

Brönmark, C., & Hansson, L. (2018). *The biology of lakes and Ponds* (3 uppl.) Oxford university press

Calles, O., Elghagen, J., Nyqvist, D., Harbicht, A., & Nilsson, P. A. (2021). Efficient and timely downstream passage solutions for European silver eels at hydropower dams. *Ecological Engineering*, *170*, 106350. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106350

Calles, O., Gustafsson, S., Österling, M., Karlstads universitet, & Avdelningen för biologi. (2012). *Naturlika fiskvägar i dag och i morgon*. Fakulteten för samhälls- och livsvetenskaper, Biologi, Karlstads universitet. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kau:diva-13024 urn:nbn:se:kau:diva-13024

Calles, O., Sverige, & Havs- och vattenmyndigheten. (2013). *Anordningar för upp- och nedströmspassage av fisk vid vattenanläggningar: Underlag till vägledning om lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraft rapport-hav-2013-14-anordningar-passage-fisk*. Havs- och vattenmyndigheten.

Carlsson, J., Aerestrup, K., Nordwall, F., Näslund, I., Eriksson, J., Carlsson, & E. L (2004). Migration of landlocked brown trout in two Scandinavian streams as revealed from trap data. Ecology of freshwater fish, 13 (3), 161-167. https://doi-org.bibproxy.kau.se/10.1111/j.1600-0633.2004.00058.x

Degerman, E., Magnusson, K., Sers, B., (2005). *Fisk i skogsbäckar*. WWF for a living planet. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/databaser/elprovfiskedatabasen/fisk-i-skogsbackar.pdf

Degerman, E och Näslund, I (2019). *Öringfiskevård*. Sportfiskarna och Havs- och vattenmyndigheten. https://www.sportfiskarna.se/portals/sportfiskarna/PDF/Miljo/Arthaften/Havso%CC%88ring_a4_pages.pdf?ver=2020-04-03-152831-200

Detenbeck, N. E., DeVore, P. W., Niemi, G. J., & Lima, A. (1992). Recovery of temperate-stream fish communities from disturbance: A review of case studies and synthesis of theory. *Environmental Management*, *16*(1), 33. https://doi.org/10.1007/BF02393907

Dytham, C (2011). *Choosing and using Statistics: A biologist's guide* (3 uppl.) Wiley-Blackwell

Hembrel, B., Arnekleiv, J.V., L'Abée-Lund, J.H., 2001. Effects of water discharge and temperature on the seaward migration of anadroumous browntrout, Salmo trutta, smolts. Ecology of freshwater fish, 10 (1), 61-64

Hladík, M., & Kubecka, J. (2003). Fish migration between a temperate reservoir and its main tributary. *Hydrobiologia*, *504*, 251–266. https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000008525.46939.42

Jensen, A.J., 1999. Upstream migration of salmonids in relation to water temperature. Foredrag fra Nordisk symposium om fiskepassajer. Red. R. Kamula & A. Laine. DN notat 1:83–86.

Jonsson, N & Jonsson, B. Migration of anadromous brown trout Salmo trutta in a Norwegian river. Freshwater Biology, 47 (8), 1391-1401 http://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2427.2002.00873.x

Nielsen, L & Svedberg, U (2010). *Våra fiskar*. Norsteds

Näslund, I., Sverige, & Havs- och vattenmyndigheten. (2013). *Fiskvandring - arter, drivkrafter och omfattning i tid och rum: Underlag till vägledning om lämpliga färsiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraft*. Havs- och vattenmyndigheten.

Nyqvist, D., Nilsson, P. A., Alenäs, I., Elghagen, J., Hebrand, M., Karlsson, S., Kläppe, S., & Calles, O. (2017). Upstream and downstream passage of migrating adult Atlantic salmon: Remedial measures improve passage performance at a hydropower dam. *Ecological Engineering*, *102*, 331–343. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.02.055

Nöbelin , F och Larsson, A (2012). *Elprovfiske 2012 – Miljöövervakning av vattendrag i Östergätland*. Länsstyrelsen i Östergötland. http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:695502/FULLTEXT01.pdf

Slavik, O., & Bartos, L. (2002). Factors affecting migrations of burbot. *Journal of Fish Biology*, *60*(4), 989–998.

Smith, G. W., Smith, I. P., & Armstrong, S. M. (1994). The relationship between river flow and entry to the Aberdeenshire Dee by returning adult Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*, *45*(6), 953–960. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1994.tb01065.x

Ovidio, M & Philippart, J (2002). The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish. Synthesis of a 5-year telemetry study in the River Meuse Basin. Hydrobiologia, 483, 55-69. https://doi.org/10.1023/A:1021398605520

Regeringskansliet, 2020. (2020, 25 juni). *Nationell plan för moderna miljövillkor för vattenkraften*. https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/06/nationell-plan-for-moderna-miljovillkor-for-vattenkraften/

Robson, A., I.G. Cowx & J.P. Harvey, 2011. Impact of run-of-river hydro-schemes upon fish populations. Phase 1 Literature review. Sniffer (Scotland & Northern Ireland Forum for Environmental Research, 71 s.

SMHI's dammregister, u.å. *Damm- och sjöregister*. Hämtad 2022-03-13, från http://vattenwebb.smhi.se/svarwebb/

SMHI's modelldata, u.å. Modelldata *per område*. Hämtad 2022-03-13, från https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/

Tranås Energi. u.å. *Vår elproduktion*. Hämtad: 2022-03-13, från www.tranasenergi.se/privat/elavtal/var-elproduktion/

VISS Vattenkartan. u.å. *Vattenkartan*. Hämtad: 2022-03-13, från https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=1589fd5a099a4e309035beb900d12399