

Aqua reports 2018:17

**Översikt, riskbedömning och
förslag på åtgärder för puckellax
(*Oncorhynchus gorbuscha*)**

Erik Petersson, Erik Degerman, Charlotte Axén



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Department of Aquatic Resources

Översikt, riskbedömning och förslag på åtgärder för puckellax (*Oncorhynchus gorbuscha*)

Erik Petersson¹, Erik Degerman¹, Charlotte Axén²

¹**Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser,
Stångholmsvägen 2, 178 93 Drottningholm

²Statens veterinärmedicinska anstalt, Sektionen för fisk
Ulls väg 2B, 751 89 Uppsala

augusti 2018

Aqua reports 2018:17
ISBN: 978-91-576-9588-8 (elektronisk version)

E-post till ansvarig författare:
erik.h.petersson@slu.se

Rapportens innehåll har granskats av:
Ann-Britt Florin, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser
Sofia Brockmark, Havs- och vattenmyndigheten, Enheten för biologisk mångfald

Vid citering uppge:
Petersson, E., Degerman, E., Axén, C. (2018). Översikt, riskbedömning och förslag på åtgärder för
puckellax (*Oncorhynchus gorbuscha*). Aqua reports 2018:17. Institutionen för akvatiska resurser,
Sveriges lantbruksuniversitet, Drottningholm Lysekil Öregrund. 51 s.

Nyckelord:
Puckellax, *Oncorhynchus gorbuscha*, främmande arter, invasiva arter, riskbedömning, åtgärder

Rapporten kan laddas ned från:
<http://pub.epsilon.slu.se/>

Uppdragsgivare och finansiär:
Havs- och vattenmyndigheten (dnr 2845-17)

Chefredaktör:
Noél Holmgren, prefekt, institutionen för akvatiska resurser, Lysekil

Framsida: Puckellax. Anonym illustratör.
Baksida: Elfiske, ett bra sätt att inventera puckellax. Foto: Erik Petersson.

1 Sammanfattning

Puckellaxen (*Oncorhynchus gorbuscha*) tillhör ett släkte med tolv arter som brukar kallas stillahavslaxar. Flera arter inom släktet, däribland puckellaxen, är semelpara, d.v.s. de leker endast en gång och dör efter leken. Puckellaxen är den minsta av stillahavslaxarna och är i sitt ursprungsområde i Stilla havet den talrikaste. Flera av arterna i släktet, däribland puckellaxen, har introducerats på olika platser i världen – utanför arternas naturliga utbredningsområde.

Det finns en befogad farhåga att invasiva främmande arter ska ha negativ påverkan på inhemska arter. En sammanställning som gjordes 2004 visade att invasiva arter är inblandade direkt eller indirekt i 6 % av alla utdöende eller kraftiga populationsminskningar av inhemska arter. I Sverige finns det idag ca 2000 introducerade arter av vilka 350 är klassificerade som invasiva, d.v.s. de hotar den biologiska mångfalden och ekosystemtjänster.

Puckellaxen har på senare tid, framförallt under 2017, fångats eller observerats längs norska kusten, den svenska västkusten, Jylland i Danmark och även i Irland och Skottland. Flertalet av dessa puckellaxar härrör från ryska (sovjetiska) utsättningar runt Kolahalvön under perioden 1956 – 1998. Allt pekar på att arten har etablerat sig i området vid Norra ishavet och nu är inne i en snabb spridningsfas. Möjligheterna att utrota arten är förmodligen helt borta och det är osäkert om de ryska myndigheterna har önskan eller möjligheterna att vidta några åtgärder. Arten kan komma att påverka inhemska laxfiskar negativt och ur ett faunavårdsperspektiv vore det därför bra om puckellaxen kunde begränsas, både dess numerär och dess spridning.

Puckellaxen har en strikt två-årscykel och i ursprungsområdena runt Stilla havet förekommer både udda- och jämna-års-bestånd. Eftersom det är udda-års-bestånden som lyckats bäst i nordvästra Ryssland så kommer förmodligen färre puckellaxar att observeras 2018, men eventuellt kan det bli än fler under 2019, färre 2020, fler 2021, och så vidare.

1.1 Riskbedömning i korthet

Det finns en stor risk att puckellax i framtiden kan etablera sig i vattendrag på västkusten. Puckellaxens biologi, temperaturpreferenser, miljökrav, etc. gör det möjligt för den att etablera sig i flera vattendrag längs norska och danska kusten samt svenska västkusten. Det faktum att arten har ökat i antal i de första utsättningsområdena, liksom fynd av lekplatser och yngel i Skottland, Irland och Norge styrker denna slutsats. Det finns också en risk att arten sprider sig vidare in i Östersjön. Men utsättningar som gjorts, till dags dato, i brackvattensområden har inte varit lika framgångsrika som de i de marina vattnen i nordvästra Ryssland.

Puckellaxen kan begränsas av höga vattentemperaturer. I ursprungsområdena vid Stilla havet är sydgränsen för puckellaxens kärnområden ungefär 44°N, vilket i Europa motsvarar södra Frankrike. Däremot finns atlantlaxen längre söderut (Spanien) och öringen finns i Nordafrika. Det kan betyda att om klimatet blir varmare och om utvecklingen med milda höstar och vintrar fortsätter så kan puckellaxen missgynnas eftersom det finns bestånd av atlantlaxen och öringen som tycks vara bättre anpassade till ett varmare klimat.

Det finns risk att puckellaxen kan konkurrera med inhemska laxfiskar. Puckellaxen, liksom flera andra stillahavslaxar, försvarar lekgroparna både under leken och efteråt. Honorna står i princip vid lekgropen och försvarar den tills de dör. Så är inte fallet för atlantlax och öring som överger lekområdet strax efter leken. Detta kan ge puckellaxen en fördel, kanske framförallt jämfört med öringen som kan tänkas leka strax efter puckellaxen, och på ungefär samma botten. Puckellaxen kan helt enkelt köra bort eller störa lekfisk av öring genom att angripa dem under leken.

Puckellaxen utgör en möjlig vektor för spridning av sjukdomar och parasiter. Puckellaxen skulle kunna vara en vektor för spridningen av laxlus (*Lepeophtheirus salmonis*). Puckellaxen är inte helt motståndskraftig mot laxlusen, men laboratorieförsök har visat att den blir tålig mot laxlusen efter det att ynglet har utvecklats fjäll. Hur pass betydelsefull puckellaxen kan bli som vektor för laxlusen bör undersökas närmare. Laxparasiten *Gyrodactylus salaris* kan leva på puckellax, men det är inte känt om parasitens individtätheter och livslängd kan bli samma som på atlantlax. I Norge, där man haft stora problem med parasiten och där den decimerat flera vildlaxpopulationer, finns en oro för att puckellaxens rörlighet utmed kusten och upp i olika vattensystem kan sprida parasiten ytterligare. De nordliga laxbestånden på svenska västkusten, norr om Göta älv, har idag inte förekomst av *G. salaris* och en spridning till dessa bestånd anses kunna bli förödande för dessa laxbestånd. Även om puckellaxen inte skulle etablera sig kan den föra över sjukdomar och parasiter mellan vattendrag och därmed mellan sötvattenssystem. Det är också möjligt, men inte belagt, att puckellaxen kan uppföröka och sprida tre virussjukdomar till våra svenska atlantlaxar och öringar [salmonid alphavirus (SAV 1-6), piscint reovirus (PRV) och infektiös laxanemivirus (ISAV/ILAV)].

1.2 Föreslagna åtgärder

1.2.1 Information

Information till allmänhet, yrkes- och sportfiskare, m.fl. för att få in rapporter.

Information till yrkes- och sportfiskare och fiskodlingspersonal vid kompensationsodlingar om hur man skiljer puckellaxen från inhemska arter. Likaså information om vart man kan rapportera fynd (Artportalen, SLU). Åtgärden bör upprepas vartannat år, då man förmodligen kommer att ha problem med puckellax främst udda år.

Återkommande information. Ansvariga myndigheter bör regelbundet (t.ex. i början på varje udda-år) gå ut med information (t.ex. annonser i sportfiskepress och liknande) att rapportera sina fynd på Artportalen.

Puckellaxen blir ”lovligt byte” och information till sportfiskare om att återutsättning inte är önskvärt. Man kan också understryka att puckellaxen är en god matfisk. Åtgärden bör upprepas vartannat år, då man förmodligen kommer att ha problem med puckellax endast udda år.

1.2.2 Internationellt samarbete

Samarbete med både myndigheter och forskare i Storbritannien, Irland Norge och Danmark. Effektiviteten i arbetet med att begränsa puckellaxen och framtida riskbedömningar blir betydligt bättre om man samarbetar med myndigheter i andra länder som har samma problematik. Som exempel, ett snabbt och enkelt system för utbyte av information (fångster av puckellax, genetik, åtgärders effektivitet, etc.) kan vara givande.

Kontakt med ryska myndigheter. Svenska myndigheter bör, tillsammans med brittiska, irländska, norska och danska myndigheter, ta kontakt med ryska myndigheter för att övertyga dem om att inte återuppta utsättningar av puckellax. Åtminstone bör man inte sätta ut fler individer av jämna-års-bestånd.

1.2.3 Övervakning

Övervakning av de inhemska bestånden för att detektera påverkan. Vattendrag som är i farozonen för att invaderas av puckellax bör inventeras för att erhålla basvärden för de inhemska arterna. Populationsutvecklingen av t.ex. atlantlax och öring kan sedan sättas i relation till hur många puckellaxar som fångas i vattendraget eller mynningsområden under leksäsongen.

Kvantifiering av mängden puckellax med fiskräknare. Sådan finns redan i Ätran och Fylleån och bör användas i ytterligare ett par-tre utvalda vattendrag, s.k. indexvattendrag. Lämpliga vattendrag för detta är Örekilsälven och Lagan. Eventuellt också vid fiskvägen i Lilla Edet för att se om puckellaxarna når de övre biflödena i Göta älv.

Undersökningar av lekplatser. På kända lekplatser för atlantlax och öring bör observationer göras, dels för att se om puckellaxen leker på samma område och dels för att se om honor av puckellaxen angriper lekfisk av de inhemska arterna.

eDNA. Inom en snar framtid kan man använda eDNA (DNA-fragment som levande djur och växter släpper ifrån sig) för att se vilka arter som finns i ett vatten. Det finns olika angreppssätt, för puckellaxen kan den s.k. qPCR-metoden användas ett stort antal vattendrag för att undersöka om arten finns eller inte. Men för att allt detta ska fungera måste metoden förfinas, standardiseras och kvalitetssäkras.

1.2.4 Fysiska åtgärder

Fiskfällor i vattendrag, helst de nedre delarna. Vuxen återvandrande fisk är det livsstadium man effektivast kan ”attackera” om man vill begränsa puckellaxen. Det bästa vore att bygga fällor nära mynningen i alla lämpliga vattendrag, fånga all uppvandrande fisk, endast släppa upp inhemska arter och avliva alla puckellaxar. Detta är dock dyrt och kräver en stor arbetsinsats, men bör övervägas i större vattendrag och/eller vattendrag med stor uppvandring av puckellax eller i särskilt skyddsvärda vattendrag. Det bör även övervägas i de fall man öppnar upp fiskvägar till områden som idag inte går att nå för havsvandrande laxfisk. Kanske skall fiskvägen utrustas med möjligheter att fånga fisken i en fälla. Det finns möjligheter att etablera sådana fällor t.ex. vid Lilla Edet i Göta älv, Torp i Örekilsälven, Fyllige kvarn i Fylleån med flera platser. Det finns också en befintlig fälla i drift i laxindexvattendraget Högvadsån i Ätran. I Norge har man fiskat med nät i de älvar som haft stora bestånd med puckellax. För Tana-älven har man föreslagit att fisket ska ske under tre veckor i juli, men man är tveksam till att göra det eftersom nätfisket inte kan ske selektivt. Man kommer då även att fånga en del atlantlaxar har sin lekvandring under samma period.

1.2.5 Genetik och sjukdomskontroll

Kontroll av fångade puckellaxar avseende parasiter och genetik. Bestånden av puckellax är i ursprungsområdena runt Stilla havet genetiskt differentierade, vilket troligen har sin grund i lokal anpassning. Det kan därför vara av intresse att studera var de puckellaxar som vandrar upp i svenska (liksom brittiska, irländska, norska och danska) vattendrag kommer ifrån.

Denna rapport är sammanställd på uppdrag från Hav- och vattenmyndigheten.

Nyckelord: Puckellax, *Oncorhynchus gorbuscha*, främmande arter, invasiva arter, riskbedömning, åtgärder

2 Abstract

The pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) belongs to a genus of twelve species, commonly referred to as Pacific salmon. Several species within the genus, including the pink salmon, are semelparous, i.e. they spawn only once and die soon after spawning is completed. The pink salmon is the smallest of the Pacific salmon and is the most numerous of them in the Pacific Ocean. Several of the species within the genera, including the pink salmon, have been introduced at different sites in the world - beyond the natural range of the species.

There is a well-founded concern that invasive alien species will adversely affect domestic species. A review made in 2004 showed that invasive species are involved directly or indirectly in 6 % of all extinctions or severe population reductions of native species worldwide. In Sweden there are currently about 2000 introduced species of which 350 are classified as invasive, i.e. they threaten biodiversity and ecosystem services.

Pink salmon has recently been caught or observed along the Norwegian coast, the Swedish west coast, Jutland in Denmark as well as in Ireland and Scotland, especially during 2017. These individuals of pink salmon originate from Russian (Soviet) stockings at or near the Kola Peninsula during the period 1956 - 1998. It is certain that the species is established in the northern Arctic Ocean and is now in a rapid expansion phase. The possibilities of eradicating the species are probably completely gone and it is uncertain whether the Russian authorities have the desire or the possibility to take any actions in that direction. The species may adversely affect native salmonids and, from a fauna-welfare perspective, it would be beneficial if the pink salmon could be limited, both its numbers and its dispersal.

The pink salmon has a strict two-year cycle and in the Pacific origins there are both odd and even-year stocks. As it is the stockings of odd-year populations that succeeded best in northwestern Russia, probably fewer individual of pink salmon will be observed in 2018, but possibly more than 2019, fewer 2020, more 2021, and so on.

2.1 Risk assessment in short

There is a high risk that pink salmon in the future establish in watercourses on the Swedish west coast. The biology of pink salmon, including its temperature preferences, environmental requirements, etc. enables the species to establish in several watercourses along the Norwegian and Danish coasts and the Swedish west coast. The fact that the species has increased in numbers in the first areas of release as well as findings of spawning sites and fries in Scotland, Ireland and Norway, strengthens this conclusion. There is also a concern that the species will spread further into the Baltic Sea. However, this far, stockings in brackish water areas have not been as successful as those in north-western Russia marine areas.

The pink salmon may be limited by high water temperatures. In its area of origin, the Pacific Ocean, the southern boundary of the species core areas is approximately 44 ° N, which in Europe corresponds to southern France. On the other hand, Atlantic salmon is further south (Spain) and the brown trout is found in North Africa. This may mean that if the climate gets hotter and if the development with mild autumn and winters continues, the pink salmon may be at a disadvantage because there are stocks of Atlantic salmon and sea trout that appear to be better adapted to a warmer climate.

The pink salmon may compete with native salmonid species. The pink salmon, as well as several other pacific salmon, defends the spawning grounds both during spawning and afterwards. The females basically remain at the spawning ground and defend it until they die. This is not the case for Atlantic salmon and brown trout that abandon the spawning area shortly after the spawning is completed. This can give the pink salmon an advantage, most likely regarding brown trout that may spawn soon after the pink salmon, and on roughly the same sites. Pink salmon can simply drive away or interfere with spawning brown trout by attacking them during the spawning.

The pink salmon could potentially be a vector for the spread of diseases and parasites. Pink salmon is not completely resistant to the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*), but laboratory trials have shown that it is fairly resistant to the salmon louse after that the fries have developed scales. How important the pink salmon may be as a vector for the salmon louse should be explored more closely. The salmon parasite *Gyrodactylus salaris* can infect pink salmon, but it is not known whether parasite densities and life span can be the same as for the Atlantic salmon. In Norway, where the parasite has caused severe problems and decimated several wild populations, there is concern that the mobility of the pink salmon along the coast and into different water systems can further spread the parasite. In the northern salmon stocks on the Swedish west coast, north of River Göta älv, *G. salaris* is currently not present and a spread to these stocks is considered as being very risky for native salmonid populations. Even if the pink salmon could not establish itself, it could still carry diseases and parasites between watercourses and thus between fresh-water systems. Although it has not been observed, it is possible that pink salmon might propagate and spread the virus diseases to the native Atlantic salmon and brown trout (*salmonid alphavirus* (SAV 1-6), *piscine orthoreovirus* (PRV) and *infectious salmon anemia virus* (ISAV)).

2.2 Proposed actions

2.2.1 Information

Information to the public, commercial fishers and sport fishers, etc. in order to get reports about the species. Information for commercial fishers and sport fishers

and fish farming personnel in hatcheries (sea-ranching programmes) on how to distinguish the pink salmon from native species. Similarly, information on where to report findings (Art Portal, SLU). The action should be repeated every two years, since the problems of the pink salmon most likely will be mostly apparent odd years.

Regularly (e.g. at the beginning of each odd-year), **information** should also be published (e.g. ads in sportfish press and such) to encourage people to report their findings on or Artportalen or Hav's website. (<https://www.havochvatten.se/hav/fiske-fritid/arter/rapportera-ditt-fynd-av-puckellax.html>)

The pink salmon becomes a "fair game" and information to anglers that release of catches is not desirable. One can also emphasize that the pink salmon is good to eat. The action should be repeated every two years.

2.2.2 International collaboration

Collaboration with Great Britain, Ireland, Norway and Denmark on the issue.

The effectiveness of the work on limiting the pink salmon and future risk assessments will be significantly better if you cooperate with authorities in other countries having the same problems. For example, having a fast and simple system for exchange of information (catches of pink salmon, genetics, effectiveness of measures, etc.) will be mutual beneficial.

Contact with Russian authorities. In collaboration with British, Irish, Norwegian and Danish authorities, establish contacts Russian authorities to persuade them not to resume pink salmon releases. At least, no more individuals of even-year populations should be stocked.

2.2.3 Monitoring

Monitoring of domestic stocks to detect impact. Watercourses having high risk for being invaded by pink salmon should be inventoried to get basic values for the native species. Population development of e.g. Atlantic salmon and brown trout can then be set in relation to how many pink salmon are caught in the watercourse or estuaries during the spawning season.

Quantification of the amount of pink salmon with fish counters. This is already in place in rivers Ätran and Fylleån and should be used in a further two to three selected streams, being index waters. Suitable streams for this are rivers Örekilsälven and Lagan. Possibly also at the fish path in Lilla Edet to see if the pink salmon reach the upper tributaries of River Göta älv.

Monitoring of spawning grounds. At well-known spawning grounds for Atlantic salmon and brown trout, observations should be done in order to see if the pink salmon spawn in the same area, and also to see if the pink salmon females attacks females of the native fish species.

eDNA. In the near future, it will be possible to use eDNA (DNA fragments that living animals and plants release) for surveying which species that are present in a waterbody. There are several different approaches, but for pink salmon the qPCR-

method can be used in order to quickly investigate whether or not the species is present in various rivers. But if this shall work properly, the method must be further developed, standardised and quality-assured.

2.2.4 Physical measures

Fish traps in rivers, preferably the lower parts. Returning of spawning adult fish is the life stage that is the most effectively to "attack" in order to limit the numbers of pink salmon in the long-term. The best action would be to build traps near the estuary in all appropriate watercourses, catch all migratory fish, release only native species and kill all pink salmons. However, this is expensive and requires a great working effort, but should be considered in larger streams and / or watercourses with high pink salmon migration or in especially valuable watercourses. In addition, this should also be considered if fish ways are opened to areas not currently reachable for migrating salmonid fishes. Fishladder, or similar facilities, can be equipped with constructions that give the possibility of catching fish. There are opportunities to establish such traps, for example. at Lilla Edet in River Göta älv, Torp in River Örekilsälven, Fyllinge kvarn in River Fylleån, but also at several other sites. There is also an operating trap in the salmon index water River Högvadsån, a tributary to River Ätran. In Norway migrating fish have been caught with gill-nets or purse seines in rivers with large stocks of pink salmon. For River Tana, it has been proposed that the fishery should take place during three weeks in July, but researchers are hesitant, because the fishery cannot be done selectively. There is a high probability that the catches also will include some Atlantic salmon males which have their spawning migration during this time of the year.

2.2.5 Genetics and disease control

Sampling of pink salmons for parasites and genetics. The stock of pink salmon is genetically differentiated in the Pacific origins, which is probably due to local adaptation. It may therefore be interesting to study where the pink salmon that turning up in Swedish (like British, Irish, Norwegian and Danish) watercourses do originate from.

This report is compiled on behalf of the Swedish Agency for Marine and Water Management.

Keywords: Pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*, alien species, invasive species, risk assessment, actions

Innehåll

1	Sammanfattning	1
1.1	Riskbedömning i korthet	2
1.2	Föreslagna åtgärder	3
1.2.1	Information	3
1.2.2	Internationellt samarbete	3
1.2.3	Övervakning	3
1.2.4	Fysiska åtgärder	4
1.2.5	Genetik och sjukdomskontroll	4
2	Abstract	5
2.1	Risk assessment in short	5
2.2	Proposed actions	6
2.2.1	Information	6
2.2.2	International collaboration	7
2.2.3	Monitoring	7
2.2.4	Physical measures	8
2.2.5	Genetics and disease control	8
3	Inledning	11
4	Identifiering av puckellax	13
5	Livscykeln hos puckellax	15
6	Invasiva främmande arter	17
7	Utsättningarna av puckellax	19
8	Etablering och spridning av Puckellaxen	21
9	Effekter på inhemska laxarter av puckellaxen i norra Europa	24
9.1	Konkurrens – på lekplatsen	24
9.1.1	Hur långt upp i vattendraget sträcker sig lekvandringen?	24
9.1.2	Tid på året för lek	24
9.1.3	Lekplatsens beskaffenhet	25
9.2	Beteende vid och efter lek	25
9.2.1	Konkurrens – efter kläckningen	25
9.3	Konkurrens – i havet	26
9.4	Hybridisering	27
9.5	Demografiska fördelar för puckellaxen	28

9.6	Klimatets inverkan på sannolikheten att puckellaxen etablerar sig	28
9.7	Sjukdomar och föroreningar	31
9.7.1	Sjukdomar som begränsar den nya arten	31
9.7.2	Sjukdomar som underlättar för den nya arten	32
9.7.3	Föroreningar	33
10	Slutsats – effekter på inhemska laxarter av puckellaxen i norra Europa	34
10.1	Hur ska man begränsa puckellaxen i Sverige?	34
10.2	Hur påverkar den nya miljöns beskaffenhet sannolikheten för att arten ska bli invasiv?	37
10.3	Vilka livsstadier hos den invasiva arten passar bäst att "attackera" om man önskar begränsa arten?	37
10.4	Hur påverkar spridnings- och reproduktionssätt artens spridningshastighet?	38
10.5	Hur stor är möjligheterna för snabb genetisk anpassning?	39
10.6	Kan kunskaper om den genetiska strukturen underlätta förvaltningen och riskbedömningen av invasiva arter?	39
10.7	Vad har den invasiva arten för påverkan på den biologiska mångfalden och hur kan det mätas?	39
10.8	Är effekterna av den invasiva arten linjär eller leder de till en hastig kollaps av inhemska arter?	42
10.9	Vilka faktorer (antal introducerade individer, genetisk diversitet, etc.) bestämmer effekten på inhemska arter?	42
10.10	Vilka är de ekonomiska effekterna av den invasiva arten?	42
10.11	Vilka särdrag hos den invasiva arten gör det möjligt att förutsäga om motåtgärder kan lyckas?	42
11	Tillkännagivanden	43
12	Referenslista	44

3 Inledning

Puckellaxen (*Oncorhynchus gorbuscha*) tillhör ett släkte med 12 arter som brukar kallas stillahavslaxar, även om några arter inte är havsvandrande utan lever hela sina liv i sötvatten. Flera arter inom släktet, däribland puckellaxen, är semelpara, d.v.s. de leker endast en gång och dör efter leken. Puckellaxen är den minsta av stillahavslaxarna och är i sitt ursprungsområde i Stilla havet den talrikaste (Conney 2006). Åtminstone nio av arterna i släktet har introducerats på olika platser i världen – utanför arternas naturliga utbredningsområde. En av arterna, regnbåge (*O. mykiss*) sticker ut, den har introducerats över i princip hela jordklotet. Därefter kommer puckellax och hundlax (*O. keta*).

Det finns en farhåga att invasiva främmande arter ska orsaka stor negativ påverkan på inhemska arter. Det finns fog för detta, en sammanställning som gjordes 2004 visar att invasiva arter är inblandade direkt eller indirekt i 6 % av alla utdöende eller kraftiga populationsminskningar av inhemska arter (Gurevitch & Padilla 2004). I Sverige finns det idag ca 2000 introducerade arter av vilka 350 är klassificerade som invasiva, d.v.s. de hotar den biologiska mångfalden och/eller ekosystemtjänster och kan också ha en negativ inverkan på människors hälsa och samhällsekonomin (Naturvårdsverket 2014). I en översyn, sammanställd år 2009, av 13 invasiva arter i Sverige visades att dessa arter tillsammans kostar samhället mellan 1620 och 5080 miljoner kronor årligen och att den säkrast skattade delkostnaden berör djur och människors hälsa (Gren et al. 2009). Artdatabanken har fått i uppdrag att riskklassificera drygt 1000 invasiva främmande arter i Sverige, både arter som redan finns här och s.k. dörrknackararter. Slutrapport förväntas under hösten 2018 Artdatabanken (2018).

På engelska kallas puckellax för *pink salmon* eller *humpback salmon*. Det förstnämnda namnet syftar på att köttet vanligtvis är rosafärgat och det sistnämnda på att hanarna inför leken utvecklar en klart markerad puckel på ryggen. Det vetenskapliga artnamnet är baserat på det ryska namnet för arten; ”*gorbúša*” (горбуша); ”*gorb*” betyder ”puckel” och ”*úša*” är diminutiv femininum. Så man skulle kunna översätta det med ”den lilla söta med puckel”. Som hos alla andra laxfiskar får köttet sin rosa

eller röda färg via de kräftdjur som antingen laxen äter eller som dess byten har ätit (Rajasingh et al. 2007). Färgämnet heter astaxanthin och tillhör gruppen karotenoider (således likt det ämne som ger morötter dess färg). Om puckellaxen inte får i sig detta färgämne får köttet en blekgul nyans.



Göta Älv, nära Lilla Edet.

Foto: Erik Degerman.

4 Identifiering av puckellax

Puckellaxen har som vuxen ett mycket karakteristiskt kännetecken, nämligen den storprickiga stjärtfenan (Fig. 1). Prickarna finns också över hela ryggen. Till skillnad från lax och öring finns generellt inga prickar under sidolinjen. Fjällen är också små. Vid leken får hanen den typiska puckeln (Fig. 2). Tittar man i munnen är munhålan vit, men tungan svart. Underkäken är också ganska spetsig. Regnbåge är också prickig, men prickarna är mindre och talrika under sidolinjen. Regnbåge har dessutom ett, oftast väl synligt, rosafärgat band utmed sidolinjen.



Figur 1. Vuxen hane av puckellax (*Oncorhynchus gorbuscha*). Bild från "Fishes of Alaska" (1907).



Figur 2. Hane av puckellax i lekdräkt. Bild: Timothy Krepp, U.S: Fish and Wildlife Service

Ungarna av puckellax stannar inte i sötvatten utan vandrar direkt ut till havet (se nedan). De har inga typiska prickar eller stirrfläckar (parr-märken), utan är helt silvriga med mörk rygg. Under denna fas har de inte heller den storprickiga stjärten.



Nydala vid Högvadsån. Här finns en fast laxfälla. Högvadsån är ett av de vattendrag där man under 2017 fångat puckellax.

Foto: Erik Degerman.

5 Livscykeln hos puckellax

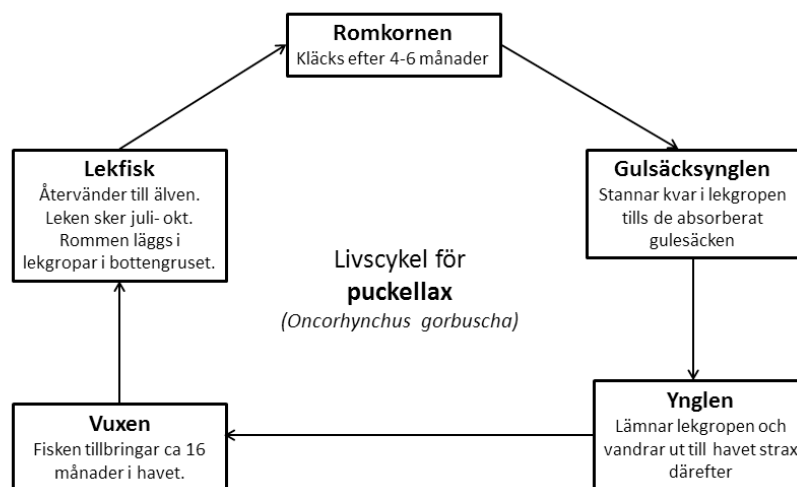
Puckellaxen har en intressant livscykel (se Fig. 3), den är i det närmaste helt och hållet tvåårig, vilket innebär att den leker ca 1,5 år efter sin kläckning. Det innebär också att det i princip saknas överlappande generationer. Andra arter inom släktet har mer flexibla livscyklar och överlappande generationer. Det finns både udda-årsbestånd och jämna-årsbestånd av puckellax. Studier visar att det kan vara större genetisk skillnad mellan udda- och jämna-årsbestånd i ett och samma vattendrag än mellan olika vattendrag (Hawkins et al. 2002). Den naturliga frågan är då hur det kan finnas två ”parallell-former”? Studier av puckellaxen i Asien antyder att den ena formen har uppkommit ur det andra, men det går inte att säga vilken som är ursprunget. Då och då hittar man puckellaxar som är tre år gamla (Anas 1959, Turner & Bilton 1968, Wagner & Stauffer 1980), och man har också funnit ett fåtal exempel på att hanar hos puckellaxen tillbringar endast en sommar i havet och återvänder för lek samma år som de kläcktes. De är då inte ens ett år gamla (Ivankov et al. 1975). Det finns således ett litet genetiskt utbyte mellan formerna.

På senare år har man noterat i flera vattendrag (på båda sidor av Stilla havet) att udda-årsbestånden ökar, medan jämna-årsbestånden minskar. Detta beror förmodligen på att udda-årsbestånd tycks ha mer sydlig ursprunglig utbredning. Udda-årsbestånd påverkas förmodligen mindre av (eller gynnas av) höjda vattentemperaturer, eftersom de är bättre anpassade till detta (Irvine et al. 2014). I USA, söder om Kanada, fanns år 1996 jämna-årsbestånd endast kvar i ett vattendrag, medan udda-årsbestånd fanns i flera vattendrag, jämna-årsbestånden hade försvunnits/utrotats (Hard et al. 2000); det saknas tyvärr uppgifter om dagens situation. I västra Alaska är det tvärtom; i många små vattendrag förekommer endast jämna-årsbestånd (Irvine et al. 2014). Vidare finns det studier som pekar på att udda-årsbestånd har lyckats bättre med att etablera sig i Norra Ishavet än jämna-årsbestånd (Veselov et al. 2016). Detta belyser ytterligare den genetiska skillnaden mellan udda- och jämna-årsbestånd, men också att det finns mycket som är oklart när det gäller skillnaderna mellan dessa två former av puckellax.

I Fig. 3 ges en schematisk bild av puckellaxens livscykel. Yngel av puckellax kläcks tidigt på våren/försommaren (maj) och väger då ca 0,25 g. Nästan omedelbart påbörjar ynglen en långsam nedströmsvandring och efter 4 -20 dagar når de mynningsområdet, de väger då 0,3 – 0,4 g, vilket visar att de äter under denna vandring (Ivankov et al. 1975, Veselov et al. 2016). Detta innebär att de utvandrar i senare delen av utvandringstiden för atlantlaxens smolt, eller rent av efter atlantlaxens utvandring på svenska västkusten. I ett vattendrag på Kolahalvön har man noterat att en del av puckellaxens yngel stannar betydligt längre i vattendraget innan de vandrar ut. Ibland sker utvandringen så sent som i mitten av juni och de utvandrande fiskarna vägde då 0,67 g (Irvine et al 2014). Detta har man även noterat i Alaska, i en del

nordliga vattendrag är utvandringen avslutad först i början på juli (Cooney 2006). De sena utvandringarna är med största sannolikhet resultatet av lek längre upp i vattendraget; ju längre från mynningen ynglen kläcks, desto längre tid tar det för dem att nå mynningsområdet (McDonald 1960). När de väl nått havet stannar de i mynningsområdet eller i grunda, strandnära områden och äter huvudsakligen djurplankton, men också hoppkräftor, insekter, havsborstmaskar och små fisklarver. I Alaska har man noterat att utvandringen till de strandnära havsområdena ofta sammanfaller med den tidpunkt då det finns mest av vissa hoppkräftor (Cooney et al. 1995). Efter 4 – 5 månader vandrar puckellaxen ut i mer öppet hav och äter då huvudsakligen fisk. Efter ytterligare ca 11 månader återvänder puckellaxen till hemälven för att leka. De väger i allmänhet mellan 1,3 och 2,3 (medelvikt 1,7 kg; Ivankov et al 1975), men vikter upp till 4,5 kg har noterats (Niemälä et al. 2016). Normalt ligger total längden på 40-50 cm, men längder upp mot 75 cm har noterats (Fuller et al. 2017). En hona lägger ca 1500 romkorn; färre än atlantlax och öring, men romkornen är något större..

De flesta bestånd av puckellax är havsvandrande, men arten kan fullgöra hela sin livscykel i sötvatten. Puckellaxen har introducerats och etablerat sig i de stora sjöarna i Nordamerika (Wen-Ha & Lawrie 1981).



Figur 3. Livscykeln hos puckellaxen (*Oncorhynchus gorbuscha*).

6 Invasiva främmande arter

Alla arter som introduceras till ett nytt område etablerar sig inte och alla arter som etablerar sig blir inte invasiva. Med *invasiv* menar man att den främmande arten som med människans hjälp introducerats till områden utanför sitt ursprungliga utbredningsområde, sprider sig av egen kraft, skadar ekosystemet som de introducerats till, har negativa effekter på jordbruk, fiske och dylikt, åstadkommer ekonomisk skada, och/eller påverkar hälsan negativt hos djur och människor.

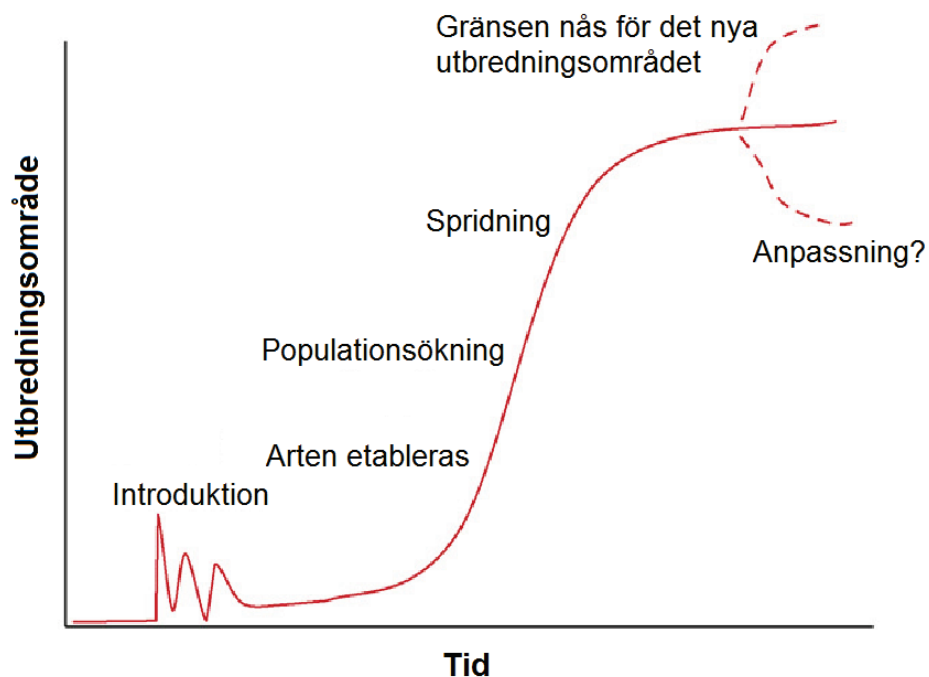
Utvecklingsmönstret hos invasiva arter i en ny miljö brukar följa ett likartat mönster (Se Fig. 4):

1. Först själva introduktionen, d.v.s. den främmande arten anländer till den nya miljön. Det kan ske avsiktligt (t.ex. signalkräftan i Sverige) eller oavsiktligt (t.ex. spansk skogssnigel, mer känd som "mördarsnigel").
2. Etablering: Huruvida introduktionen leder till självreproducerande bestånd eller inte, beror på flera faktorer:
 - Om den nya arten är "förberedd" för den nya miljön – d.v.s. hur pass lik den nya miljön är jämfört med artens ursprungsmiljö? Har den, t.ex., en fysiologi som gör att den kan leva i den nya miljön?
 - Antalet reproduktiva individer. Få individer har i allmänhet sämre förutsättningar att skapa nya bestånd än en grupp med många individer. Det finns flera olika varianter på många individer; många individer vid ett och samma tillfälle eller färre individer vid flera olika tillfällen.
 - Den genetiska variation hos den grupp individer som introduceras. Nya studier pekar på att det förmodligen sker en anpassning under etableringsfasen (Lee 2002). Större genetisk variation kan öka sannolikheten för etablering.
 - Konkurrenter, predatorer, parasiter och sjukdomar i den nya miljön. Det är rimligt att anta att ju mer främmande arten är i den nya miljön, desto sämre anpassad är den för sjukdomar på platsen. Samtidigt bör de inhemska populationerna vara väl anpassade till miljön. Är de lokala populationerna svaga kan det finnas större utrymme för en invasiv art att etableras. Det kan också vara tvärtom; den invasiva arten bär med sig en sjukdom som är förödande för inhemska arter.
3. Populationsökning. När det etablerade beståndet anpassat sig så kan det ske en populationsökning, givet att det finns resurser för detta (föda, lekplatser, övervintringsplatser, etc.). Det är oftast först här som man uppmärksammar den nya arten och börjar inse att den kan bli ett problem. Under de två tidigare faserna i beståndsutvecklingen har numerären varit låga och man har kanske inte bekymrat sig.
4. Spridning. När populationen ökar kommer individer att söka sig bort från området där de först introducerades.

5. Stabilisering. När den invasiva arten spritt sig så långt som dess fysiologi och ekologi tillåter och kommit i balans med omgivningens resurser brukar populationsökningen och spridningstakten minska. Dock kvarstår risken/möjligheten för arten att ytterligare anpassa sig och sakta kan sprida sig ytterligare.

Under förloppet av populationsökningen och spridningen minskar möjligheterna att kunna utrota den nya arten. Likaså minskar möjligheterna att begränsa dess ytterligare spridning. Kostnaderna för åtgärder ökar också ju senare i förloppet dessa vidtas.

I de flesta fall har en främmande art som lyckas etablera sig och öka starkt i antal en negativ inverkan på den biologiska mångfalden och på ekosystemen. Det finns dock *sällsynta* fall där man kunnat se en del positiva effekter av främmande arter (Rodriguez 2006).



Figur 4. Utbredningen av en invasiv art över tid. (Efter Prentis et al. 2002).

7 Utsättningarna av puckellax

Puckellaxen introducerades till nordvästra Ryssland, till ett flertal vattendrag som mynnar i Norra Ishavet. Tidigare uppgifter om utsättningar av puckellax på 1930-talet stämmer inte; det var utsättningar av hundlax (*Oncorhynchus keta*) som skedde åren 1933-39. Förmodligen gjordes de första utsättningarna av puckellax 1956 med befruktade romkorn av puckellax från östra Ryssland som transporterats till kläck-erier i områdena runt Murmansk och Archangelsk (Artdatabanken 2015). Dessa ut-sättningar fortsatte i drygt 20 år, utan att resultera i självreproducerade bestånd. Ar-ten dog ut och försvann från området och utsättningarna upphörde 1979. Förklaring till att arten inte etablerade sig under denna första utsättningsperiod anses vara att man tagit utsättningsmaterial från sydliga bestånd. Dessa bestånd påbörjade leken för sent på året och var inte anpassade till det kallare klimatet i det nya området (Dyagilev & Markevich 1979). Reproduktion kunde endast konstateras under varma år vid Norra Ishavet (Karpevich et al. 1991).

Utsättningarna av udda-års-bestånd återupptogs 1985. Utsättningsmaterialet togs denna gång från bestånd längre norrut i artens naturliga utbredningsområde, fram-förallt från området vid Ochotska havet (den del av Stilla havet som ligger mellan Kamtjatka, Kurilerna, Hokkaido och Sibirien; Loenko et al. 2000). Dessa utsätt-ningar resulterade i att 60 000 – 700 000 lekfiskar årligen återvände till vattendragen mellan 1989 och 2009 (Zubchenko et al. 2004, Gordeeva et al. 2005). Även romkorn från jämna-års-bestånd från vattendrag vid Ochotska havet sattes ut, men resulterade inte i självreproducerande bestånd. Den sista utsättningen av jämna-års-bestånd gjordes 1998 och resulterade i ett förhållandevis stort antal återvändande lekfiskar, men beståndet minskade därefter kraftigt och återfinns nu endast som enstaka indi-vider. Det är inte helt utrett varför udda-års-bestånden lyckas bättre än jämna-år-bestånden.

Puckellax sattes även ut i Östersjön åren 1970-85. Sverige och Finland har gjort försök med inplanteringar av ett flertal *Oncorhynchus*-arter, däribland puckellax (Urho & Lehtonen 2008). I Lettlands floder och i Rigabukten satte man ut omkring 1-2 miljoner juveniler av puckellax, kungslax (*Oncorhynchus kisutch*) samt hund-lax. Avsikten var att kompensera fisket för förlusten av många laxbestånd till följd av vattenkraftutbyggnaden och att dessutom ge fångstmöjligheter till det vid denna tid överdimensionerade fisket efter lax. I motsats till utsättningarna i Norra Ishavet gav dock dessa utsättningar mycket låga återfångster av stillahavslaxar; mindre än 0,01 %, och de upphörde.

Puckellaxen har satts ut på flera platser i världen, både avsiktligt och oavsiktligt. I Nordamerika har arten satts ut både på västkusten (inom dess naturliga utbred-ningsområde) och på ostkusten (utanför dess naturliga utbredningsområde). Man har bl.a. satt ut den i Maine, St. Mary's Bay, Newfoundland och Hudson Bay

(Crawford & Muir 2008). Puckellaxen etablerade sig i Stora Sjöarna genom rymlingar från ett kläckeri vid Thunder Bay (Lake Superior) där arten föddes upp för senare transport och utsättning på ostkusten (Collins 1975, Wen-Ha & Lawrie 1981).

Under 1970-talet gjordes utsättningar i Svarta havet, lyckligtvis var även dessa utan större framgång (Baltz 1991). Utsättningar gjordes även i Kaspiska havet 1963, men inga observationer gjordes senare, vare sig i dåvarande Sovjetunionen eller i Iran.

I Sydamerika har man satt ut puckellax framförallt i Chile (Crawford & Muir 2008). De utsättningar som gjorts i Europa och västra Asien härrör i de flesta fall från Japan eller östra Ryssland. Förutom västra Ryssland har man satt ut puckellax i Svarta havet och på flera platser runt Östersjön (Crawford & Muir 2008). De sovjetiska utsättningarna 1970-85 har redan nämnts ovan.



Lagan vid Laholm. Lagan är ett av de vattendrag där puckellax fångades under 2017.

Foto: Erik Degerman.

8 Etablering och spridning av Puckellaxen

Om man tittar i litteraturen och i databaser kan man få en del motstridiga uppgifter om puckellaxens etablering i nordvästra Ryssland och andra områden. Om man söker på arten i databasen Daisie (Daisie 2017) anges den som etablerad i Ryssland, Finland, Polen och Lettland. Enligt databasen AquaNIS har arten fångats i Ryssland, Finland, Norge, Island, Irland, Danmark, Lettland, Storbritannien och Sverige (AquaNIS 2017). I databasen NOBANIS finns inte arten upptagen (NOBANIS 2017). Enligt finsk rapportering finns arten i Finland endast i Neidre och Tana älvar, båda dessa mynnar i kustområdena i Norge, nära Varanger-halvön. I Polen introducerades arten 1973-1975 och har acklimatiserats sig, men verkar inte ha spridit sig nämnvärt (Grabowska et al. 2010). Ungefär samma slutsats kan man dra angående Lettland (Aleksejevs & Birzaks 2011, Birzaks et al. 2011). Databasen Fishbase anger att arten introducerades i nordvästra Ryssland 1939 och att den är etablerad (Fishbase 2017) och samma information får man från Petryashov *et al.* (2002). I en översyn av främmande arter i Europa anges arten vara "förmodligen etablerad" i Finland, Island, Irland, Norge, Polen, och "förmodligen inte etablerad" i Lettland, Storbritannien och Sverige (Elvira 2001). All denna osäkerhet är förvirrande, men kan kanske förklaras med att frågorna om arten och undersökningar om den görs på olika sätt i olika studier. I en ICES-rapport (ICES 2013) gjordes en sammanställning om puckellaxen och där slogs fast att arten enbart är etablerad i nordvästra Ryssland.

Sammantaget visar erfarenheten att arten klarar att fullborda sin livscykel helt och hållet i sötvatten och förmodligen skulle kunna klara sig i bräckt vatten också. Dock har de utsättningar man gjort i avrinningsområdena i anslutning till bräckt vatten (Östersjön, Svart havet och Kaspiska havet) haft dåliga resultat.

Utsättningarna av puckellaxen i nordvästra Ryssland har varit avsiktliga och skett över en lång tid. Udda-års-populationen har etablerat sig och har nu självreproducerande bestånd i flera vattendrag som mynnar i Norra Ishavet. Utvecklingen följer det sedvanliga mönstret för en invasiv art; först introduktion, sedan etablering – under dessa faser skedde liten spridning utanför utsättningsområdena i norra Ryssland. Därefter följde en populationsökning som snabbt gav spridning utanför utsättningsälvarna, liksom spridning inom utsättningsälvarna. På senare tid har sent utvandrande yngel observerats, vilket visar att puckellaxen har spridit sig uppströms under leken i utsättningsälvarna. Arten befinner sig således i spridningsfasen och troligtvis kommer den att etableras fler bestånd, först i norra Norge och sedan allt längre söderut. Som man kan se i Fig. 4 är denna spridningsfas ofta en snabb process, men kan avbrytas av perioder av dämpad populationsökning (Fig. 5).

De första puckellaxarna i Norge fångades 1960 och då i 40 älvar (Berg 1977). Åren som följde uppvisade varierade fångster, ofta kunde mängden puckellax som fångades relateras till storleken på utsättningarna i Ryssland något år tidigare. År

2007 rapporterades det att puckellaxen fångats i 11 älvar i Norge (Hesthagen & Sandlund 2017). 2017 rapporterades det i slutet av juli att man noterat 800 puckellaxar från 120 älvar (NINA 2017). En månad senare (i slutet av augusti) var man upp i drygt 1500 stycken i 215 vattendrag, längs hela norska kusten (Fiske et al. 2017).

Arten fångades vid ett drygt 40-tal tillfällen i Sverige under åren 1974-1976 (Artdatabanken 2015), år 1974 fångades en puckellax i Ljusnan i Hälsingland och året därpå en i Nybroån i Skåne (Fiskejournalen 1975). 1976 fångades en puckellax vid Älvkarleby i Uppland och samma år gjordes flera fynd av arten längs ostkusten från Alnön i Medelpad till södra Roslagen i Uppland (Curry-Lindahl 1985). Men de puckellaxar som man på senare tid har fångat längs norska kusten, runt Jylland och svenska västkusten härrör från de massiva utsättningarna vid Kolahalvön och vid Murmansk perioden 1956-1998 (Gordeeva & Salmenkova 2011).

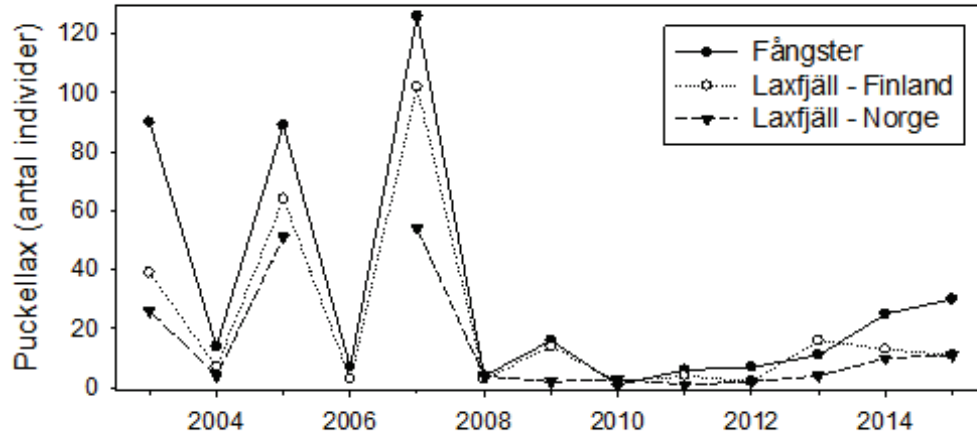
År 2017 har puckellaxen även rapporterats från flera olika platser längs svenska västkusten; t.ex. Örekilsälven, Göta älv, Ljungskileviken, Ätran, Högvadsån, Viskan, Fylleån och Lagan. I Fylleån fångades en hona ca 6 km uppströms åmynningen, och i Ätran ca 15,5 km uppströms mynningen. I Ätran har puckellax noterats vid fiskeräknaren i Herting minst 12 gånger. Totalt rör det sig om minst 50 individer i västkuståar under 2017.

I Danmark har också ett flertal puckellaxar fångats år 2017 i åar och i havet runt Jylland. Enstaka fångster av puckellax i Danmark finns registrerade sedan 1976. Observationer av puckellax har även gjorts i Irland och Scotland (Anon. 2017a, Anon. 2017b, Davidson Wells 2017a, Davidson Wells 2017b, Millane & Gargane 2017).

Det bör noteras att den information som finns om puckellax på svenska västkusten kommer från rapporter till respektive Länsstyrelse (Halland och Västra Götaland). Endast i två fall har puckellax rapporterats in till Artportalen (SLU Artdatabanken); båda gångerna av samma person. Det är okänt hur stort mörkertalet är.

Det är viktigt att notera att det är udda-års-bestånden som har etablerats bäst i Ryssland och att 2017 är ett udda år. Det innebär att nästa år (2018) kan man förvänta sig att färre puckellaxar observeras i norska, danska och svenska vatten. Men det betyder inte att arten har gått tillbaka, tvärtom kan man förvänta sig ännu fler puckellaxar under 2019, färre under 2020, fler under 2021, och så vidare.

En sak som kan hända på lång sikt är att det udda-års-bestånd som finns i nordvästra Ryssland långsamt etablerar ("själv-genererar") ett jämna-års-bestånd som också kommer att sprida sig. Om, när och hur snabbt detta kan ske är dock oerhört vanskligt att spekulera i.



Figur 5. Noteringar av puckellax i Tana-älven (Norge och Finland). "Laxfjäll" innebär att man fått in fjäll från fångade fiskar och att man artbestämt endast utifrån fjällen. Från Niemelä et al. (2016).

9 Effekter på inhemska laxarter av puckellaxen i norra Europa

9.1 Konkurrens – på lekplatsen

Om och i vilken utsträckning puckellax påverkar inhemska arter (främst atlantlax (*Salmo salar*) och öring (*Salmo trutta*)) under leken beror på tre faktorer; (1) hur långt upp de vandrar i vattendragen, (2) när de leker, och (3) var de leker (såsom vattendjup och bottensubstrat).

9.1.1 Hur långt upp i vattendraget sträcker sig lekvandringen?

Puckellaxen vandrar i sitt naturliga utbredningsområde till lekplatser maximalt 700 km från älvmyningen (Heard 1991), men oftast vandrar den betydligt kortare sträcka. Atlantlaxen kan simma till lekområden 530 km uppströms älvmyningen (Sutterby & Greenhalgh 2005), men i de flesta fall ligger lekområdena betydligt närmare havet. På svenska västkusten är fångsterna av puckellax vid Lilla Edet i Göta älv de exemplar som vandrat längst i västkustvattendrag; cirka 58 km. För öringen är det lite mer komplicerat. Det finns exempel på långvandrande öringstammar, t.ex. från Wisła i Polen där öringen, innan utbyggnaden av älven, vandrade nästan 1000 km till lekplatserna (Borzęcka 2003). Men i de flesta fall finns havsvandrande bestånd av öring närmast älvmyningen, för att längre uppströms avlösas av strömstationära bestånd (i snitt går gränsen vid ca 14 km, men det är stor skillnad mellan olika vattendrag; Bohlin et al. 2001). Således kommer i de flesta fall lekplatserna för puckellax att sammanfalla med lekplatserna för atlantlax och öring, vad avser avståndet från älvmyningen. I viss utsträckning kunde atlantlaxen haft en ”fristad” uppströms puckellaxens område, men fränsett Göta älvs biflöden så vandrar atlantlaxen idag i medeltal beskedliga 20 km innan det är stopp för vidare vandring i västkuståarna på grund av dammar.

9.1.2 Tid på året för lek

Den information som finns tillgänglig anger att puckellaxen leker juli-september (tidig oktober), således tidigare på året än atlantlaxen (Copp 2017). Detta gör att den inte konkurrerar med atlantlaxen om lekplatser och att den inte förstör atlantlaxens lekgropar genom övergrävning. Det är snarare tvärtom, om övergrävning sker så är det den atlantlaxen som förstör puckellaxens lekgropar. Däremot leker öring något före atlantlaxen (även om dessa två arters lektid överlappar). Därmed finns det en viss risk för konkurrens mellan puckellax och öring. Puckellaxen är känd för att kunna konkurrera ut andra arter på lekplatser, om de förekommer där samtidigt (Fleming 1998). Den tidigare leken för öringen, det faktum att havsöringen generellt

vandrar kortare uppströms för lek än atlantlaxen och att öringen kan leka i grundare områden indikerar att öringen kan drabbas mer av konkurrens från puckellaxen på lekplatserna än atlantlaxen.

9.1.3 Lekplatsens beskaffenhet

I Tabell 1 sammanfattas lekplatsernas karakteristiska för atlantlax, öring och puckellax. Arterna överlappar varandra, men det finns en tendens till att puckellaxen föredrar grundare områden med högre vattenhastighet. I nordvästra Ryssland är konkurrens mellan atlantlax och puckellax liten i större vattendrag, men kan eventuellt förekomma i biflöden eller mindre vattendrag (Zubchenko et al. 2004). Tyvärr finns det ingen information om hur puckellaxen förhåller sig till öringen i detta avseende men då öringen leker i grundare områden än atlantlaxen kan den vara mer utsatt för konkurrens av puckellax.

9.2 Beteende vid och efter lek

Salmo-arterna (atlantlax och öring) har ett annat beteende vid lek, jämfört med puckellax. Atlantlax och öring försvarar lekgropen/lekgroparna under leken, men överger sedan lekområdet. Puckellaxen, liksom flera andra stillahavslaxar, försvarar lekgroparna både under leken och efteråt. Honorna står i princip vid lekgropen och försvarar den tills de dör (Fleming 1998). Detta kan ge puckellaxen en fördel, kanske framförallt jämt mot öringen som kan tänkas leka strax efter puckellaxen, och på ungefär samma botten. Puckellaxen kan helt enkelt köra bort eller störa lekfisk av öring genom att angripa dem under leken.

9.2.1 Konkurrens – efter kläckningen

Puckellaxens romkorn kläcker tidigare än och ynglen kommer upp ur gruset före den atlantlaxen och öringen. Ynglen väger aningen mer än de inhemska arterna, vilket oftast är en fördel i konkurrensen mellan arter med likartad biologi. En del litteratur anger att ynglen inte äter i älven under utvandringen, men de studier som gjorts på bestånden i nordvästra Ryssland visar att de äter hoppkräftor, hinnkräftor, fjädermygglarver, stickmygglarver, bäcksländelarver och nattsländelarver (Veselov et al 2013). Dock stannar puckellaxens yngel i vattendraget endast en kort tid, atlantlaxens och öringens yngel kan stanna i vattendraget två år eller mer. Nykläckta puckellaxyngel kan då falla offer för årgamla ungar av atlantlax och öring som väger 50 g eller mer. Således kan nykläckta puckellaxyngel ha en fördel över yngel av atlantlax och öring kläckta samma år, men denna fördel är kortvarig.

Tabell 1. Karakteristiska för lekplatsernas beskaffenhet hos atlantlax, öring och puckellax. Värden utan parentes är medelvärden, värden inom parentes är det intervall där man mestadels har observerat lek för respektive art.

	Atlantlax (<i>Salmo salar</i>)	Öring (<i>Salmo trutta</i>)	Puckellax (<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>)
Dominerande partikelstorlek i lekgruset	(16 – 64 mm)	(15 – 60 mm)	(1 – 64 mm)
Vattendjup vid lekplatsen	32 cm (15 – 120 cm)	46 cm (10 -100 cm)	20 – 25 cm (10 – 100 cm)
Vattenhastighet lekplatsen	0,47 m/s (0,35 -0,65 m/s)	0,43 m/s (0,18 – 0,83 m/s)	0,60 – 0,80 m/s (0,30 – 1,40 m/s)

Värden från Belding (1934), Pratt (1968), Beland et al. (1982), Heard (1991), Rubin et al. (2004), Plug (2009), Louhi et al. (2008).

Det är också värt att notera att döda lekfiskar även kan bidra med näring till öring- och laxyngel. Flera studier har pekat på att tillförsel med laxfiskkadaver efter leken påverkar yngre generationer i ån genom direkt konsumtion eller ökning i antalet bytesdjur. Resultaten kan dock variera, det beror vad man undersöker. I ett nordamerikanskt experiment med lokal gödsling med laxkadaver visade det sig att produktionen av vissa fiskarter (regnbåge och bäckröding) ökade, men att tätheten av dem inte ökade. Detta kan förklaras med att fisken flyttar från de sträckor av vattendraget där gödslingen skett och/eller ökad konkurrens under vintern (Collins et al. 2016). Vidare kan laxkadaver påverka vilka yngel som överlever i nästa generation. I vattendrag där det förekommer laxkadaver överlever yngel från fler familjer (korsningar) än i vattendrag utan denna näringstillförsel. Detta kan vara en följd av att i vattendrag utan laxkadaver så överlever endast yngel från de största romkornen (Auer et al. 2018). En ökad mängd laxkadaver från puckellax i svenska vattendrag kan således ”skaka om” ekosystemet på flera olika sätt.

Lekfisk hos puckellax som vandrar upp i rinnande vatten äter inte (Zhivotovsky et al. 2016). Därför är risken liten att predation på ungar av lax och öring eller andra inhemska arter skall förekomma.

9.3 Konkurrens – i havet

Man kan tycka att det inte ska vara någon konkurrens i havet, dels är det stort och dels är laxarna endast en liten del av alla de fiskarter som konsumerar djurplankton, kräftdjur och fisk i havet. Men studier i puckellaxens naturliga utbredningsområde visar att den under udda år har en negativ effekt på indianlax (McKinnell & Reichart

2012). Man har också noterat lägre överlevnad hos hundlax och kungslax (Ruggerone & Nielsen 2004) de år då det finns mycket puckellax. En nyligen publicerade studie visar att växtplankton och kräftdjur i havet runt Kamchatka uppvisar tvåårs-cykler som sammanfaller med puckellaxens udda-års-bestånd (även i ursprungsområdet är udda-års-bestånden talrikast). Under udda år är förekomsten av kräftdjur och vissa växtplankton lägre än under jämna år (Batten et al. 2018). Puckellaxen verkar således vara konkurrenskraftig i havet, åtminstone om man beaktar andra *Oncorhynchus*-arter. Det finns inga studier som löper över lång tid som kan svara på frågan om samma sak gäller för *Salmo*-arterna. Vad som är väl belagt däremot är att havsöverlevnaden för atlantlaxen i Nordatlanten har minskat de senaste årtiondena (Chaput 2012). Orsaken är inte klarlagd och den är troligen komplex där bland annat ett varmare klimat och förändrad fiskartsammansättning har pekats ut som möjliga orsaker. Ur denna aspekt är det inte önskvärt med en invasiv art som konkurrent till atlantlaxen.

9.4 Hybridisering

Främmande och invasiva arter kan också orsaka populationsminskning av inhemska arter genom hybridisering, d.v.s. den invasiva och den inhemska arten får fertil avkomma och på detta sätt försvinner gradvis den inhemska artens särdrag (Huxel 1999). Ett sådant exempel i den svenska faunan är hybridisering mellan den inplanterade fältharen (*Lepus europaeus*) och den inhemska skogsharen (*Lepus timidus*; Thulin 2003), en liknande process har noterats på andra ställen i Europa (Reid 2011).

Puckellaxen har observerats korsa sig med andra *Oncorhynchus*-arter i naturen, såsom hundlax (Zhivotovsky et al. 2016) och kungslax (Kennedy et al. 2011), men inte med *Salmo*-arter som atlantlax eller öring. Experimentellt har man lyckats åstadkomma hybrider mellan regnbåge och öring (Bozkurt & Yavaş 2014) och det förekommer diskussioner på olika sociala medier om korsningar i naturen mellan regnbåge och öring, men det finns inga genetiska belägg för detta. Studier som gjorts visar att risken är mycket liten för naturlig hybridisering mellan atlantlax och *Oncorhynchus*-arter, eftersom man inte lyckats få fram livsdugliga korsningar i odling (Loginova & Krasnoperova 1982, Ban et al. 2013.). Helt säkert kan man inte vara, men det faktum att inga korsningar har observerats tyder på att hybrider mellan puckellax och öring eller puckellax och atlantlax är mycket ovanliga, om de ens förekommer överhuvudtaget.

9.5 Demografiska fördelar för puckellaxen

Generationstiden för atlantlax och havsvandrande öring brukar vara mellan 4 och 8 år (Thorp 1994, Palm et al. 2003), medan puckellaxen har en generationstid på två år. Puckellaxen hinner således leka mer än två gånger under en generation för de båda *Salmo*-arterna. Om man dessutom beaktar en något högre reproduktionsframgång under populationsökningssfasen (varje par får i snitt fler än två avkomor som återvänder till älven) inser man att puckellaxen snabbt kan öka i antal (jämför fig. 4). Detta skulle man kunna illustrera med en matematisk modell, men det skulle kräva mer kunskap om de specifika vattendragen.

9.6 Klimatets inverkan på sannolikheten att puckellaxen etablerar sig

Puckellaxen förekommer i sitt naturliga utbredningsområde från ca 40°N till ca 71°N. Den sydligaste populationen i östra Stilla havet är i USA, i Sacramento i norra delen av Kalifornien. Arten förekommer också här och var längs kusterna i Oregon och Washington, men dessa sydliga populationer är inte lika ymniga som de längre norrut (Heard 1991). På den västra sidan finns den sydligaste population i Japan i Yurappu-älven – södra Hoikkaido. I Ryssland har arten sin sydligaste förekomst nära gränsen till Nordkorea (Ishida 1967). Kärnområdet brukar anges ligga mellan 48° N och 64°N i Nordamerika och mellan 44°N och 68°N i Asien. Notera att detta gäller reproduktionsområdena, under artens havsfas kan man hitta den ännu längre söderut (Lee 2002). Om man tar 44°N som ett riktmärke och tittar på Europa så hamnar man i Frankrike, lite söder om Bordeaux. Även om klimatet i Europa är varmare än på motsvarande breddgrader i Asien och Nordamerika så erbjuder förmodligen inte klimatet något hinder för puckellaxen att etablera sig i Norge och Sverige. Däremot finns atlantlaxen längre söderut än södra Frankrike (Spanien; Horreo et al. 2011) och öringen finns i Nordafrika (Macgrimmon & Marshall 1968). Det kan betyda att om klimatet blir varmare så kan puckellaxen missgynnas eftersom det finns bestånd av den atlantlaxen och öringen som tycks vara bättre anpassade till ett varmare klimat. Samtidigt visar bl.a. artens ökning i Storbritannien och i Irland att förhållandena på dessa breddgrader är lämpliga för puckellaxen.

Den lägre temperaturgränsen för lek för puckellaxen är ungefär 4°C (Ishida 1967). Om vattentemperaturen överstiger 21°C får puckellaxen svårt att överleva (Eaton & Scheller 1996), men den kan enligt vissa studier tåla upp till 28°C (Heard 1991) (Tabell 2). I laboratorieförsök har man visat att det optimala temperaturspannet för puckellaxen ligger mellan 9.3 och 12.8°C (Lyons et al. 2009). Detta är något lägre än vad som anges för atlantlax och havsöring.

Hur snabbt embryona i romkornen utvecklas beror på temperaturen - precis som hos de flesta av världens fiskarter (Fig. 6). Även om utvecklingen går snabbare vid

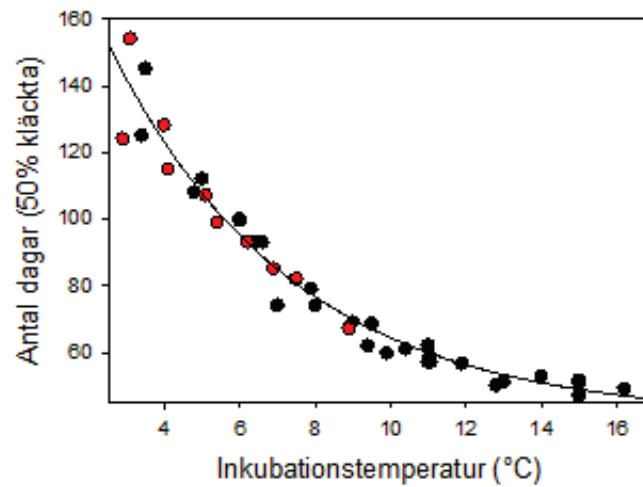
högre temperaturer är också dödligheten för romkornen högre vid högre temperaturer – och vid låga temperaturer (Fig. 7). Det belyser återigen att det finns ett optimalt temperaturspann för arten (och som kan skilja mellan olika bestånd).

Vattendrag som har en lägsta temperatur på 4°C vid leken och temperaturer över 2 C under embryonalutvecklingen (när romkornen ligger nere i gruset) anses vara mest känsliga för etablering av puckellax (Dunmall et al. 2016). Temperaturpreferenserna för puckellaxen överlappar med både atlantlaxen och öringen (Tabell 2). Informationen om puckellaxen inte är lika detaljerad som för de övriga två arterna, men den information som finns belyser dels det faktum att puckellaxen mycket väl kan etablera sig i svenska vatten och dels att den verkar anpassad till ett kallare klimat än atlantlaxen och öringen vad gäller de övre nivåerna, men inte de nedre nivåerna.

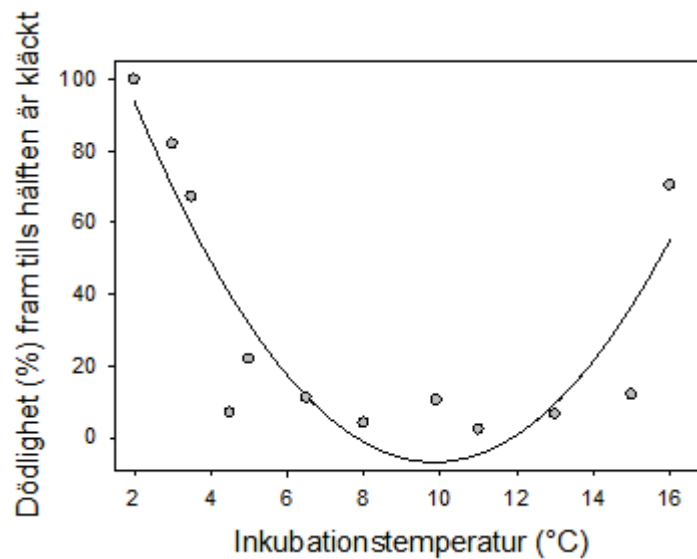
Tabell 2. Kritiska temperaturnivåer (°C) för olika stadier hos tre laxfiskarter. Tolereras av 50 % innebär att ungefär av 50 % av populationen (i det livsstadiet) kan överleva under 7 dagar vid de angivna temperaturerna. 100 % dödlighet innebär att i princip alla individer dör (överlever högst 10 min) vid de angivna temperaturerna. För romkorn anges 50 % kläckta. Det faktum att exakta värden inte kan anges beror huvudsakligen på att det är skillnad mellan olika populationer av respektive art.

	Atlantlax (<i>Salmo salar</i>)		Öring (<i>Salmo trutta</i>)		Puckellax (<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>)	
	Lägre	Övre	Lägre	Övre	Lägre	Övre
Romkorn	0	16	0	13	4,5	?
Nykläckta yngel						
- tolereras av 50 %	0 – 2,0	23 – 24	0 – 1,0	20 - 22	3,5	15 – 15,5
- 100 % dödlighet	0 – 1,0	24 – 25	0	22 - 24	2,0	?
Parr och smolt						
- tolereras av 50 %	0,2	22 - 28	0 – 0,7	22 - 25	?	23,9
- 100 % dödlighet	-0,8	30 – 33	-0,8	25 - 30	?	21 – 28
- lägsta temp. för födo-intag	0 – 7,0	22 - 28	0 – 0,4	19 - 26	?	?

Värdena är hämtade från Brett (1952), Bailey & Evans (1971), Elliott (1994), McCullough (1999), Jonsson & Jonsson (2009), Elliott & Elliott (2010), Dunmall et al. 2016).



Figur 6. Inkubationstemperaturen för puckellax. Undersökningarna har gjorts på två sätt: Först med konstant vattentemperatur (svarta symboler) och noterat hur många dagar det tagit tills 50 % av romkornen har kläckts. Det andra sättet (röda symboler) innebär att romkornen hållits i naturlig temperaturregim och att man mätt temperaturen varje dag och räknat ut medeltemperaturen när 50 % av romkornen hade kläckts (Velsen 1987). Linjen är en enkel anpassning med en exponentialfunktion.



Figur 7. Dödlighet hos romkornen (från befruktning fram tills 50 % är kläckta) vid olika inkubationstemperaturer för puckellax (Babluk et al. 2000). Linjen är en enkel anpassning med en andragsgradsfunktion; lägsta värdet för linjen går under noll, men linjen är endast en grov anpassning och ska mest illustrera hur dödligheten varierar med temperaturen

I och med det varmare klimatet som vi ser början på nu och som väntas bli mer påtagligt framöver, så öppnas nya områden för många djurarter. I sitt naturliga utbredningsområde begränsas puckellaxen av kallt klimat österut längs Alaskas och

Kanadas nordkust och västerut längs Rysslands (Sibiriens) nordkust. Om klimatet blir varmare antas puckellaxen kunna sprida sig längre längs båda dessa nordliga kuster (Babaluk et al. 2000). En del fynd har gjorts av stillahavslax på ställen där de inte observerats tidigare, men det är svårt att avgöra om dessa fynd är resultatet av en faktisk spridning eller ett ökat intresse för arten (Stephenson 2006). Stillahavslaxar (framförallt puckellax och hundlax) finns nu i flera stora flodsystem i nordöstra Ryssland. Många av dessa populationer härrör med största sannolikhet från stora utsättningar under 1960-talet (Nielsen et al. 2013), men naturlig förekomst av puckellax antas förekomma sporadiskt så långs västerut som i floden Lena (Bakshansky 1980). Så trots otydliga bevis för en spridning österut och västerut längs dessa de nämnda nordliga kusterna finns det alltså en liten möjlighet för puckellaxen att sprida sig på naturlig väg längs Ryssland nordkust till Atlanten. Det dock svårt att bedöma hur pass rimligt det är att ett tillräckligt antal kommer att passera norr om den sibiriska halvön/udden Taymyr (N 77° 30') för att kunna etablera naturliga bestånd längd den europeiska delen av Norra Ishavet. Oavsett detta så framstår denna spridningsväg på lång sikt, som en möjlighet om klimatet fortsätter bli varmare. Spridning av puckellax österut, via Kanadas nordkust, till Atlanten är mindre sannolik. Puckellaxen skulle där tvingas längre norrut och virrvarret av öar och förväntade framtida isförhållanden ger förmodligen en miljö som fortsätter vara ogynnsam för puckellaxen.

9.7 Sjukdomar och föroreningar

9.7.1 Sjukdomar som begränsar den nya arten

Sjukdomar och parasiter som finns i den nya miljön kan begränsa eller förhindra att en art etablerar sig, eftersom den kan vara mer mottaglig än de inhemska arterna. Det finns i dagsläget ingen kunskap om några sjukdomar eller parasiter som skulle kunna påverka puckellaxens etablering i Europa. Ofta har man inte tillräcklig kunskap om de sjukdomar och parasiter som förkommer, dels för att det bedrivs lite forskning inom området och dels för att många parasiter och sjukdomar inte är kända eftersom de inte orsakar de inhemska arterna någon nämnvärd skada. En sådan parasit är *Myxobolus cerebralis* (Mycosporea) som har vattenlevande daggmaskar (Oligocheta) som mellanvärd och laxfiskar som slutvärd. Parasiten antas ha sitt ursprung i Europa, men det är omtvistat. Oavsett ursprunget så har parasiten introducerats till Nordamerika och har orsakat beståndsminskningar på många ställen, främst av regnbåge (*O. mykiss*), strupsnittsöring (*O. clarkii*), och indianlax (*O. nerka*). Emellertid är vissa *Oncorhynchus*-arter motståndskraftiga mot parasiten, dit

hör puckellax, silverlax (*O. kisutch*) och hundlax (*O. keta*) (Halliday 1976), O'Grodnick 1979, Hedrick et al. 2001). Parasiten antas ligga bakom det faktum att regnbåge inte har etablerat och spridit sig i Europa på samma sätt som puckellaxen.

Ett onkogent herpesvirus som bland annat kallas *Oncorhynchus masou*-virus (OMV) och som kan drabba flera olika *Oncorhynchus*-arter skulle kunna vara en begränsande faktor om det dök upp i puckellaxpopulationen. Viruset finns naturligt i Stilla havet (Japan; OIE 2017 a), men eftersom puckellaxen hos oss kommer från utsättningar i ishavet och rom (som inte bär på smittan) i stor utsträckning har använts för introduktion, bedöms risken för att viruset ska finnas i populationen som liten.

9.7.2 Sjukdomar som underlättar för den nya arten

Det omvända kan föreligga, den främmande arten har med sig sjukdomar eller parasiter som den är motståndskraftig mot, men som kan vara förödande för inhemska arter. Ett välkänt exempel är kräftpesten som ger den främmande signalkräftan ett övertag gentemot den inhemska flodkräftan. Introduktionen av puckellax i nordvästra Ryssland har mestadels skett med romkorn eller yngel kläckta i odling. Detta minskar risken för parasiter, som oftast inte kan spridas vertikalt (från modern till avkomman), men det minskar inte risken för vissa bakterier eller virus.

Patogener (sjukdomsalstrare) som en art är resistent mot är svåra att upptäcka innan de smittar till en ny art som blir sjuk, dels för att man inte ser några symptom och därför kanske inte aktivt letar efter patogener, dels för att de oftast finns i liten mängd, vilket försvårar diagnostik i de fall man faktiskt letar. Då puckellaxen kommer via Norge kan den potentiellt föra med sig olika virus som är vanliga i norsk laxodling men som inte förekommer i svenska vatten ännu. Sådana virus är till exempel Salmonid alphavirus (SAV 1-6), Piscint reovirus (PRV) som orsakar Heart and skeletal muscle inflammation (HSMI), Piscint myokarditvirus (PMCV) som orsakar Cardiomyopathy syndrome (CMS) och Infektiös laxanemivirus (ISAV/ILAV). Det är oklart om puckellaxen är känslig för något av dessa virus. Sjukdomsutbrott orsakade av ILAV har förekommit hos silverlax (*O. kisutch*) och hos regnbåge har subklinisk infektion påvisats (OIE 2017b). SAV har orsakat sjukdom hos atlantlax och regnbåge (OIE 2017c). PRV har påvisats hos kungslax (*O. tshawytscha*) och silverlax (Purcell et al. 2017). Det kan därför inte uteslutas att även andra *Oncorhynchus*-arter som puckellaxen är mottagliga och kan uppföröka och sprida dessa tre virus till våra svenska atlantlaxar och öringar. För PMCV har inga publikationer om påvisat virus hos *Oncorhynchus*-arter kunnat identifieras. Alla virusen kan orsaka allvarliga utbrott i odling, men det är oklart vilka effekter de skulle kunna få i vilda bestånd.

Renibakterios/BKD är en allvarlig bakteriell sjukdom som skulle kunna introduceras på västkusten av puckellax. Stillahavslaxar är känsliga för BKD, men ingen

publikation avseende känsligheten hos puckellax har identifierats och det är därför oklart om situationen skulle bli allvarligast för puckellaxen eller för våra laxar och öringar.

Det finns farhågor om att puckellaxen skulle kunna vara en vektor för spridningen av laxlus (*Lepeophtheirus salmonis*) (Whelan 2010, Thrush et al. 2011). Puckellaxen är inte helt motståndskraftig mot laxlusen, men laboratorieförsök har visat att den tål laxlusen betydligt bättre när den uppnått en storlek av 0,7 g och fått fjäll (Jones et al. 2008). Hur pass betydelsefull puckellaxen kan bli som vektor för laxlusen bör undersökas närmare.

Laxparasiten *Gyrodactylus salaris* kan leva på puckellax, men det är inte känt om parasitens individtätheter och livslängd kan bli samma som på atlantlax. Det finns en oro i Norge att puckellaxens rörlighet utmed kusten och upp i olika vattensystem kan sprida parasiten ytterligare. De nordliga laxbestånden på svenska västkusten, norr om Göta älv, har idag inte förekomst av *G. salaris* och en spridning till dessa bestånd anses mycket riskabel för de inhemska laxbestånden. Dessutom uppträder parasiten i ett antal olika stammar varav några är mer aggressiva än andra. I Göta älvs system förekommer en relativt mindre aggressiv stam och risken finns alltså att puckellax, som gärna stiger i stora älvar, kan föra med sig nya stammar av parasiten. Puckellaxar fångade i sötvatten bör undersökas för att se på eventuell förekomst av denna parasit och andra parasiter (Anon. 2017c).

9.7.3 Föroreningar

Puckellax, liksom andra migrerande laxfiskarter, kan sprida mer än bara sjukdomar. döda laxkadaver kan sprida kontamination (organiska föroreningar och kanske även tungmetaller) (McGill et al. 2017). Det är dock svårt att bedöma om detta bidrag till vattendragens samlade föroreningar är betydelsefullt i förhållande till andra föroreningskällor- och vägar, t.ex. avrinning från jordbrukslandskapet eller bebyggd miljö.

10 Slutsats – effekter på inhemska laxarter av puckellaxen i norra Europa

Det finns en stor risk att puckellax kan komma att konkurrera med inhemska laxarter och även fungera som vektor för sjukdomar och parasiter. Faktorer som påverkar effekten sammanfattas i Tabell 3.

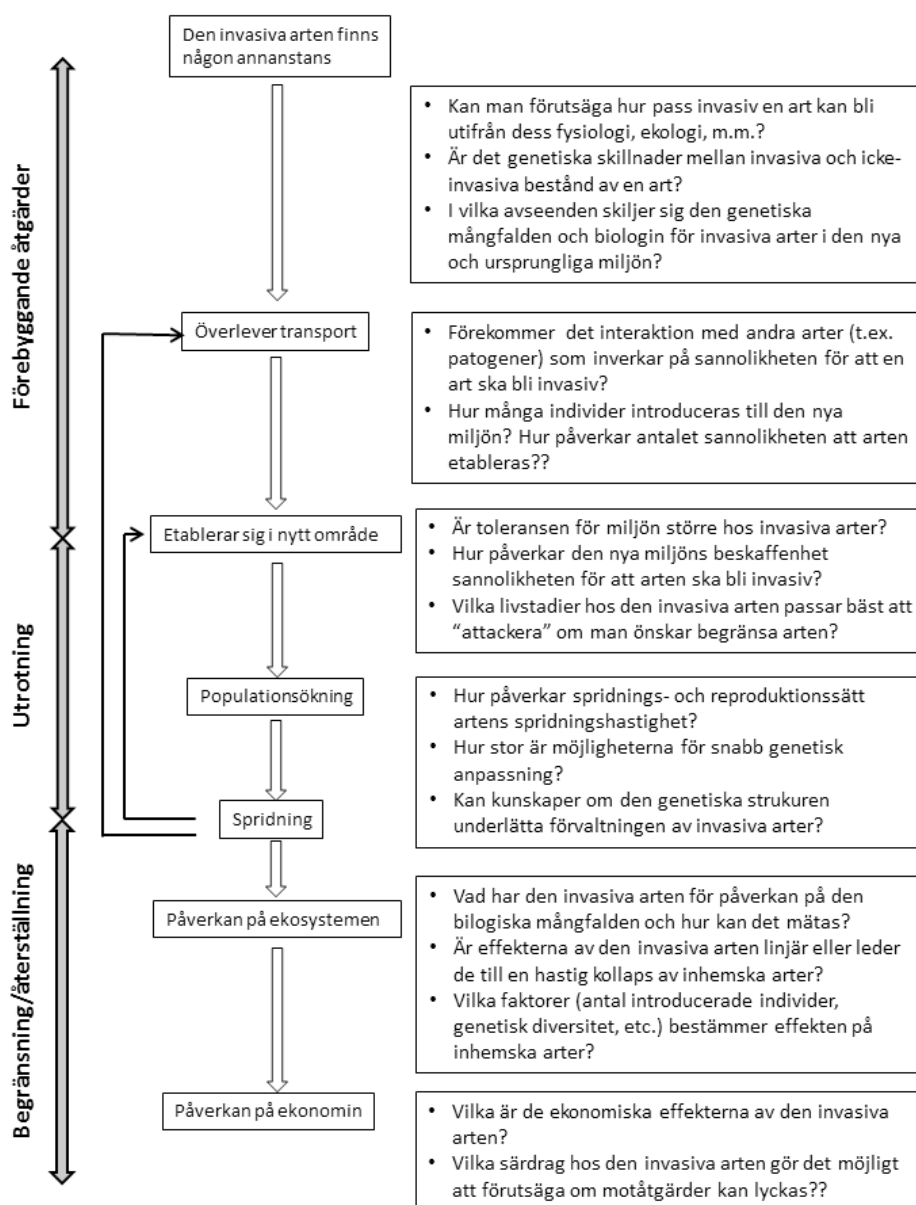
10.1 Hur ska man begränsa puckellaxen i Sverige?

I figur 8 har vi sammanfattat de olika faserna vid etablering av en invasiv främmande art och exempel på frågor som man bör ställa sig när man planerar motåtgärder. Om vi ser till dagens situation med puckellax inser man att den övre delen av listan med förebyggande åtgärder är mer eller mindre överspelad. Arten är etablerad i nordvästra Ryssland och sprider sig nu mot nya områden utanför utsättningsälvarna. Om inget görs i detta kärnområde kommer arten att fortsätta uppträda längs norska kusterna och svenska västkusten. Man kan säga att kärnområdet i nordvästra Ryssland kommer att fortsätta ”pumpa ut” puckellaxar till närliggande områden. Det är tveksamt om ryska myndigheter har viljan och/eller möjligheter att starta utrotningsåtgärder i kärnområdet, det skulle bli mycket kostsamt och innebär en omfattande logistik. Åtgärderna skulle eventuellt även kunna påverka inhemska arter i varierande grad. Som exempel; en drastisk, men effektiv åtgärd vore att bygga fällor i vattendragens nedre del, nedströms lekområdena för puckellaxen. Om man övervakar dessa fällor och tillåter endast inhemska arter att vandra upp i vattendragen skulle det ha stor effekt på relativt kort sikt, men skulle också vara mycket kostsamt. Om man inte övervakar fällorna utan låter dem stå och stoppa all migrerande fisk skulle även inhemska arter påverkas negativt.

Det som återstår för Danmark, Norge och Sverige är således att begränsa spridningen och de eventuella skadorna.

Tabell 3. Sammanfattning över olika möjliga interaktioner mellan puckellax och inhemska arter (atlantlax och öring), samt om dessa interaktioner kommer att påverka de inhemska arterna negativt (-), de inhemska arterna kommer att vara opåverkade (0), eller om de inhemska arterna har en konkurrensfördel (+).

Faktor	Interaktion	Påverkan på inhemska arter	Kommentar
Konkurrens om lekplatser	Avstånd från älvmyrning	-	Det förekommer ett överlapp mellan puckellaxen och de inhemska arterna. Högre risk att öringen påverkas negativt.
	Tidpunkt på året för lek	+/-	Puckellaxen leker tidigare, vilket ger en liten risk för övergrävning av inhemska arters lekgröpar. Dock kan öringen påverkas negativt.
	Leksubstrat – och djup	0?	Stort överlapp mellan arterna, men havsvandrande öring kan drabbas mer av konkurrens än strömstationär öring och lax.
	Beteende vid lekplatserna	-	Honorna hos puckellaxen försvarar lekgruppen efter leken, vilket öring och lax inte gör. Kan påverka framförallt öringen negativt.
Demografi		-	Puckellaxen har kortare generationstid. Detta leder till en snabbare populations-tillväxt hos puckellaxen som kan påverka inhemska arter negativt.
Yngel i älven	Konkurrens om föda	-/0	Puckellaxen kläcker tidigare och är större än lax och öring. Dock stannar puckellaxen förhållandevis kort tid i älven.
Havet	Konkurrens, allmänt	-?	Osäkert om puckellaxen påverkar <i>Salmo</i> -arterna på samma sätt som den påverkar andra <i>Oncorhynchus</i> -arter.
Klimatet	Temperaturregim i vattendragen	0?	Vid stigande temperaturer kan puckellaxen eventuellt missgynnas mer än atlantlaxen och öringen.
Sjukdomar och parasiter...	...som begränsar arten	0?	Litteraturen ger dåligt underlag i detta avseende.
	...som underlättar för arten.	-?	Möjlig vektor för laxlusen. Litteraturen ger dock dåligt underlag i detta avseende.
Kontamination	Tungmetaller och andra miljögifter från kadaver	-	Finns viss risk för att kadaver av utlekt puckellax ger lokala höga halter av tungmetaller (och andra miljögifter) som kan påverka djur- och växtlivet negativt



Figur 8. Schematisk översikt av de olika stegen i den process då en invasiv art kommer till ett nytt område och vilka förvaltningsmetoder som är mest relevanta. Transport, introduktion, etablering och spridning av många invasiva arter liksom deras effekt på den nya miljön kan karakteriseras som en rad steg; till var och ett kan olika frågor kopplas som är relevanta för förvaltningen av arten. Kunskaper om artens livscykel, populationsbiologi, genetik, etc. är viktiga. Vissa steg är mer relevanta för förebyggande åtgärder, andra för begränsning och återställning. Återkoppling kan ske mellan olika steg. (Efter Lodge 1993, Kolar & Logde 2001, Sakai et al. 2001).

10.2 Hur påverkar den nya miljöns beskaffenhet sannolikheten för att arten ska bli invasiv?

Förekomsten av vattendrag med lämplig temperaturregim och lämpliga lekbottnar finns förmodligen längs hela atlantkusten så långt söderut som Frankrike. Det som kan stoppa puckellaxen från att sprida sig i vissa vattendrag är förekomsten av vandringshinder (t.ex. vattenkraftverk) – om dessa finns nära vattendraget mynning i havet. Om vandringshindret finns längre upp kan den nedre delen i vissa fall ändå tjäna som lekområde. Puckellaxen är ju inte lika beroende av att det finns bra uppväxtområden som atlantlaxen och öringen, eftersom puckellaxens yngel vandrar ut snart efter att de kommit upp ur gruset, även om vissa arealer uppväxtområden måste finnas.

10.3 Vilka livsstadier hos den invasiva arten passar bäst att "attackera" om man önskar begränsa arten?

Vuxen återvandrande fisk är det livsstadium man effektivast kan "attackera" om man vill begränsa puckellaxen. I Norge har man fiskat med nät i de älvar som haft stora bestånd med puckellax. Det är framförallt i Karpelva, Neidenelva, Vestre Jakobselva (östra Finnmark) och Russelva (västra Finnmark) som man gjort detta. För Tana-älven har man föreslagit att fisket ska ske under tre veckor i juli, men man är tveksam till att göra det eftersom nätfisket inte kan ske selektivt. Man kommer då även att fånga en del atlantlaxar (huvudsakligen hanar som tillbringat en vinter i havet) har sin lekvandring under samma period.

Ett sätt vore att gå ut med en kampanj för att öka fritidsfisket på arten. Kampanjen skulle också kunna innehålla information om hur man skiljer puckellaxen från inhemska arter. Även om puckellaxen är speciell med sin puckel, så är det endast hanarna som har denna puckel och då under leken (Figur 1 & 2). Hanar i havet innan leken och honorna saknar puckel och är svårare att skilja från atlantlax och öring. Man bör således göra puckellaxen till "lovligt byte" d.v.s. tillåten att fiska året om i alla vatten, förbjuda återutsättning och be alla yrkes- och sportfiskare att rapportera fångster av puckellax till Artportalen (<https://invasivaarter.nu/report>) I Storbritannien har man liknande åtgärder (GOV.UK. 2017). Nackdelen med att tillåta fiske efter puckellax året runt är att det kan leda till tjuvfiske på atlantlax och öring. Man bör även med regelbundna mellanrum (t.ex. i början på varje udda-år) gå ut med information (t.ex. annonser i sportfiskepress och liknande) att rapportera sina fynd på Artportalen.

I USA har man på många platser haft liknande problem med inplanterade laxfiskar som hotar olika ursprungliga arter. I vissa fall har man tillgripit mycket drastiska metoder för att utrota de främmande arterna. Först fiskar man upp en del fisk av den art man vill bevara och sedan behandlar man delar eller hela vattendraget med olika gifter för att bli av med all fisk och sätter sedan ut de önskade (ursprungliga arterna) (Krueger & May 1991). Detta är mycket arbetsintensivt, kostar mycket pengar, men är mycket effektivt om den främmande arten är begränsad i sin utbredning. Puckellaxen är dessvärre alltför spridd och talrik för att detta ska kunna vara realistiskt. I Norge har man använt denna metod i flera laxälvar för att bli av med *Gyrodactylus*-parasiten (NOE 1999). År 2013 hade norska staten lagt ut totalt 669 miljoner NKr för behandling av 25 älvar (NRK 2013).

10.4 Hur påverkar spridnings- och reproduktionssätt artens spridningshastighet?

Puckellaxen har en strikt två-årscykel, vilket gör att den kan ha fler generationer per tidsenhet än inhemska laxarter. Det är osäkert hur detta påverkar artens spridningshastighet. Men eftersom arten har denna två-årscykel och det är udda-års-bestånden som går bäst i de nya områdena innebär det att inhemska arter har älvarna "för sig själva" vartannat år. Detta borde begränsa puckellaxens spridningshastighet. Det vore därför önskvärt att inte fler utsättningar görs överhuvudtaget, men framförallt att inga fler jämna-års-bestånd sattes ut. Detta eftersom udda-års-bestånden redan etablerat sig och fönstret då man kunde göra någon åtgärd för att begränsa spridningen är i stort sett över. Jämna-års-bestånden verkar inte etablerade här ännu och det vore önskvärt att de inte får ytterligare "hjälp". Kontakt borde tas med ryska myndigheter för att försäkra sig om detta.

I en del litteratur hävdas det att puckellaxen oftare vandrar fel än andra arter, d.v.s. den återvänder mindre frekvent till födelseälven för lek än andra arter (Merrell 1962, Vernon 1962, Parker 1967). Detta skulle, om det är fallet, ge en snabbare spridning av puckellaxen än om det hade varit andra stillahavslaxarter. Vidare skulle den snabba spridning vi sett från utsättningarna i nordvästra Ryssland delvis kunna förklaras med detta särdrag hos puckellaxen (Bakshtansky 1980). Andra forskare ställer sig mer tveksamma till detta (Lister et al. 1981, Gharret 1985). En framstående forskare i ämnet, Thomas P. Quinn, skrev i en sammanställning över felvandring hos laxfiskar att han inte kunde finna någon övertygande dokumentation som slår fast att puckellaxen felvandrar oftare än andra laxarter (Quinn 1993). Det kan snarare vara så att alla laxfiskar felvandrar i viss utsträckning, annars skulle ju inga nya vattendrag kunnat bli befolkade av lax efter den senaste istiden (Pettersson 2015). En liknande process – en snabb nyetablering av atlantlax i ett vattendrag där den utrotats – har man observerat i Estland (Vasemägi et al. 2001). Felvandring sker

oftare till större älvar; stora vattenflöden ut i havet lockar till sig fler laxfiskar. Detta indikeras också av att minst 18 puckellaxar fångats i Göta älv vid Lilla Edet under 2017 (Degerman et al. 2012) jämfört med enstaka individer i mindre vattendrag.

10.5 Hur stor är möjligheterna för snabb genetisk anpassning?

Återigen, puckellaxen har en kort generationstid, vilket gör att den kan ha fler generationer per tidsenhet än inhemska arter. Detta gör att möjligheterna för genetisk anpassning kan gå snabbare hos puckellaxen än hos inhemska arter.

10.6 Kan kunskaper om den genetiska strukturen underlätta förvaltningen och riskbedömningen av invasiva arter?

Alltfler studier pekar på att ursprunget spelar stor roll för om en främmande art ska kunna utvecklas till en invasiv art (Lee 2002). Den puckellax som finns vid Norra ishavet skiljer sig genetiskt från ursprungsbestånden i östra Ryssland (Hawkins et al. 2002). Men om detta beror på en anpassning till den nya miljön eller på effekter orsakade av att antalet utsättningsfiskar varit få (genetiska flaskhalsar/"founder effects") är osäkert. Bestånden av puckellax är i ursprungsområdena runt Stilla havet genetiskt differentierade, det skiljer mellan vattendragen. Med största sannolikhet beror en del av de genetiska skillnaderna på lokal anpassning.

10.7 Vad har den invasiva arten för påverkan på den biologiska mångfalden och hur kan det mätas?

Som nämnt ovan verkar puckellaxen vara förvånansvärt konkurrenskraftig. Den troliga inverkan av arten skulle kunna mätas genom att hålla koll på antalet uppvandrande lekfiskar. Elfiske skulle kunna vara ett komplement för att följa bestånden av inhemska arter. Men det är en kostsam åtgärd, som endast är kontrollerande, inte reglerande. En mer noggrann övervakning skulle kunna ske i ett eller ett par vattendrag längs svenska västkusten. Fiskräknare med kameror kan vara en möjlighet att kvantifiera antalet uppvandrande puckellaxar, även om det inte kommer att visa på rekryteringsframgången för arten. Fiskräknare finns redan i Ätran och Fylleån och bör användas i ytterligare ett par-tre utvalda vattendrag, s.k. indexvattendrag. Lämpliga vattendrag för detta är Örekilsälven och Lagan. Särskilt Ätran och Örekilsälven är viktiga eftersom de har västkustens viktigaste vildlaxbestånd. Eventuellt kan man placera en fiskräknare även vid fiskvägen i Lilla Edet för att se om puckellaxarna når över biflödena i Göta älv. Fiskräknaren i Fylleån är placerad relativt högt uppe (Marbäck). Den bör flyttas nederst eftersom Fylleån är det svagaste av laxbestånden i de mellanstora åarna.

Liksom i kärnområdena skulle man kunna bygga fällor som fångar uppvandrande fisk; detta skulle vara effektivt, men kan vara en kostsam metod t.ex. om fynden är sporadiska eller inte säljs för konsumtion. Det är dock en tanke som kan övervägas i de fall man öppnar upp fiskvägar till områden som idag inte går att nå för havsvandrande laxfisk. Kanske skall fiskvägen utrustas med möjligheter att fånga fisken i en fälla. Det finns möjligheter att etablera sådana fällor t.ex. vid Lilla Edet i Göta älv, Torp i Örekilsälven, Fyllige kvarn i Fylleån med flera platser. Det finns också en befintlig fälla i drift i laxindexvattendraget Högvadsån i Ätran.

I och med att puckellaxen dör efter leken kan detta medföra två saker. Dels kan de döda, förmultnande/förruttnade fiskarna utgöra en källa för infektioner och kontamination som kan drabba andra arters romkorn och även vuxen fisk, dels kan de döda puckellaxarna ha en positiv effekt för vissa organismer eftersom de tillför näring från havet, upp i vattendragen. Sådana effekter är påvisade i stillahavslaxarnas naturliga utbredningsområde (Cederholm et al. 1999). I svenska (och övriga europeiska) vattendrag skulle en sådan tillförsel av näringsämnen kunna förändra faunan och florán, särskilt om den etablerade populationen av puckellax blir stor. Vissa inhemska arter i bottenfauna och av vattenväxter skulle kunna gynnas på bekostnad av andra. Hur är dock svårt att förutse, det beror bl.a. på hur pass näringsrikt vattnet är naturligt (eller göds av andra källor). Det kan tänkas att puckellaxens bidrag i näringsrika vattendrag kan blir endast marginellt.

I framtiden kan övervakning av främmande arter ske med s.k. eDNA (environmental DNA). Metoden bygger på att levande organismer i ett vattendrag släpper ifrån sig DNA, genom hudceller som faller av, avföring, andra utsöndringar, etc. Genom att ta ett vattenprov kan man extrahera DNA och analysera vilka arter som fanns i vattnet vid provtagningstillfället (Taberlet et al. 2012). Detektering av arter i akvatiska miljöer med eDNA har enorm potential för att bidra till förståelsen av ekologi och bevarande av vattenlevande arter. Att upptäcka arter med eDNA-metoder, i stället för direkt provtagning av organismerna, kan minska påverkan på känsliga arter och öka effektiviteten i fältundersökningar för sällsynta och svårångade arter (Thomsen & Willerslev 2015). Känsligheten hos eDNA-metoder kräver emellertid en ökad medvetenhet och uppmärksamhet åt kvalitetssäkring och kvalitetskontrollprotokoll. Dessutom kräver tolkningen av eDNA-data ett noggrant beaktande av flera olika faktorer. Eftersom eDNA-metoder har tagits i bruk mer och mer har flera olika förslag presenterats för att lösa dessa problem. Med det växande intresset för eDNA är det således nödvändigt att utarbeta gemensamma riktlinjer för att genomföra eDNA-studier (Goldberg et al. 2016).

Forskare från hela världen som jobbar med eDNA samarbetar för att producera en uppsättning riktlinjer och överväganden för att implementera eDNA-metoder för att upptäcka vattenmakroorganismer (Weigand et al. 2017). Kritiska överväganden för provtagning och analys innefattar att förebygga förorening vid fältprovtagning

och i laboratoriet, att välja lämpliga provanalysmetoder, validera analyser, undersöka vad som kan förhindra reaktionen hos ett prov och sätta upp minimikrav för rapportering. Det som bör beaktas är tidsmässiga och rumsliga processer (t.ex. hur snabbt DNA:t bryts ner och hur det rör sig i vattenmassorna (Barnes & Turner 2016), gränser för korrelation av eDNA med täthet av/antal individer av en viss art, osäkerhet om positiva och negativa resultat och potentiella källor för alloktont DNA (d.v.s. DNA som kommer med vattenströmmar från andra områden).

Ofta brukar man nämna ”meta-barcoding” i samband med eDNA, och ofta växlar man termerna eller använder dem nästan som synonymer. Meta-barcoding är en snabb metod för bedömning av biologisk mångfald som kombinerar två teknologier: DNA-baserad identifiering och snabb och effektiv DNA-sekvensering. Metoden kräver universella PCR-primers för att mångfaldiga DNA-streckkoder från stora insamlingar av organismer eller från eDNA. PCR-produkten analyseras sedan i moderna DNA-sekvenserare och resultatet är en mängd DNA-sekvenser. Sådana sekvenssamlingar kan delas och analyseras av certifierade laboratorier enligt ett standardiserat protokoll. För att det hela ska fungera som övervakningsmetod måste det således finnas ett DNA-bibliotek för de arter som man letar efter.

Ofta används inte meta-barcoding för enskilda invasiva arter, mer brukligt är att använda arts specifika markörer tillsammans med qPCR (kvantitativ PCR). På detta sätt kan sekvenseringssteget uteslutas, vilket gör analysen både billigare och snabbare (resultat kan erhållas inom några timmar). Genom att använda arts specifika primers och prober ökas precisionen - att kunna detektera just den eftersökta arten. Men det är viktigt att veta exakt vilken art som ska spåras, det går inte att upptäcka okända arter med denna metod. Då är meta-barcodingen att föredra.

För puckellaxen kan qPCR-metoden användas för att snabbt undersöka om arten finns eller inte i ett stort antal vattendrag. Ett positivt svar (= det finns puckellax i vattendraget) måste sedan följas av diverse åtgärder. Få övervakningsmetoder kan tidigt upptäcka främmande arter under deras invasionsfas. Vanligast är istället att arten upptäcks då den redan har etablerats i större antal, vilket gör motåtgärder både kostsamma och svårhanterliga. Men för att allt detta ska fungera måste metoden utvecklas och kvalitetsgranskas.

10.8 Är effekterna av den invasiva arten linjär eller leder de till en hastig kollaps av inhemska arter?

De resultat som finns från nordvästra Ryssland antyder inte att inhemska arter försvinner på kort tid. Men puckellaxen har endast funnits i ca 60 år (men varit etablerad kortare tid) i vår del av Europa och puckellaxens ”slutnota” har vi inte sett än. De vattendrag som är i farozonen för att invaderas av puckellax bör inventeras för att erhålla basvärden för de inhemska arterna. Populationsutvecklingen av t.ex. atlantlax och öring kan sedan sättas i relation till hur många puckellaxar som fångas i vattendraget eller mynningsområden under leksäsongen.

10.9 Vilka faktorer (antal introducerade individer, genetisk diversitet, etc.) bestämmer effekten på inhemska arter?

Vi har endast vaga uppgifter om antalet introducerade individer, men det rör sig om miljontals romkorn och yngel. Däremot vet vi att udda-års-bestånd går bäst, se ovan.

10.10 Vilka är de ekonomiska effekterna av den invasiva arten?

Det vet vi inte än. Det kan till och med vara så att det i slutändan är ett noll-summespel eller att fisket går med vinst, tack vare puckellaxen. Men då har man inte beaktat de naturvärden som kan gått till spillo när inhemska arter trycks tillbaka.

10.11 Vilka särdrag hos den invasiva arten gör det möjligt att förutsäga om motåtgärder kan lyckas?

Det främsta särdraget är att arten huvudsakligen återvänder till hemälven, detta gör att man har betydligt större möjligheter att sätta in motåtgärder än om det hade varit en sjö- eller havslekande art. Dock finns det ett problem nu när arten är i en spridningsfas, vilket till största sannolikhet beror på att de första vattendragen där arten sattes ut i nordvästra Ryssland är mättade med puckellax.

11 Tillkännagivanden

Vi tackar Ann-Britt Florin, Patrik Bohman, Bart Adriaenssens och Håkan Carlstrand för värdefulla och insiktsfulla kommentarer på innehållet. Denna sammanställning är gjord på uppdrag från Havs- och vattenmyndigheten (dnr 2845-17).

12 Referenslista

- Aleksejevs, E. & Birzaks, J. (2011). Long-term Changes in the Ichthyofauna of Latvia's Inland Waters. *Scientific Journal of Riga Technical University*, 7:9-18.
- Anas, R.E. (1959). Three-year -old pink salmon. *J Fish Res Board Can* 16(1), 91-94.
- Anon. (2017a). Pacific pink salmon in the River Ness – 2017 the year of the 'humpback' <http://ness.dsfb.org.uk/pacific-pink-salmon-in-the-river-ness-2017-the-year-of-the-hump-back/#more-1818> - Ness District Salmon Fishery Board 2017 Annual Report. July 20, 2017.
- Anon. (2017b). Troubled waters? Could pink salmon pose a risk to Scotland's native salmon? <https://thinkuhiblog.wordpress.com/2017/07/13/troubled-waters-could-pink-salmon-pose-a-risk-to-scotlands-native-salmon/amp/>
- Anon. (2017c). <http://www.riverdee.org.uk/news/2017/dec-salmon-fishery-board-statement-on-pink-salmon> *Dee Salmon Fishery Board Statement On Pink Salmon*
- AquaNIS (2017). *Information system on aquatic non-indigenous and cryptogenic species*. <http://www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis/introductions/open/fl/O>
- Artdatabanken. (2015). <https://artfakta.artdatabanken.se/taxon/206225>
- Artdatabanken (2018). https://www.artdatabanken.se/globalassets/ew/subw/artd/1-om-arter-och-natur/om-biologisk-mangfald/om-frammande-arter/riskklassificering_animalia_20171109.pdf
- Auer, S.K., Anderson, G.J., McKelvey, S., Bassar, R.D., McLennan, D., Armstrong, J.D., Nislow, K.H., Downie, H.K., McKelvey, L., Morgan, T.A.J., Salin, K., Orrell, D.L., Gauthey, A., Reid, T.C., & Metcalfe, N.B. (2018). Nutrients from salmon parents alter selection pressures on their offspring. *Ecology Letters* 21, 287–295
- Babaluk, J. A., J. D. Reist, J. D. Johnson, and L. Johnson. (2000). First records of sockeye (*Oncorhynchus nerka*) and pink salmon (*O. gorbuscha*) from Banks Island and other records of Pacific salmon in Northwest Territories, Canada. *Arctic* 53,161-164.
- Bailey, J.E. & Evans, D.R. (1971). The low temperature threshold for pink salmon eggs in relation to a proposed hydroelectric installation. *Fish Bull* 69,587–593.
- Bakshantansky E.L. (1980). The introduction of pink salmon into the Kola Peninsula. In: Thorp JE (ed) *Salmon ranching*. Academic, London, p 245.
- Bakshantansky, E.L. (1980). The introduction of pink salmon into the Kola Peninsula. In: J.E. Thorpe (Editor), *Salmon Ranching*. Academic Press, London, pp. 245-259.
- Baltz, D. M. (1991). Introduced fishes in marine systems and inland seas. *Biological Conservation*, 56,151-177.
- Ban, M., Nagoya, H., Sato, S., Yaegashi, H., Ichimura, M. & Sato, N. (2013). Artificial and natural cross breeding between Atlantic salmon and salmonids currently present in Japan. *Fish Sci* 79,967–975.
- Barnes, MA., & Turner, CR. (2016). The ecology of environmental DNA and implications for conservation genetics. *Conserv Genet.* 17, 1-17. doi10.1007/s10592-015-0775-4.
- Batten, S.D., Ruggerone, G.T. & Ortiz, I. (2018). Pink Salmon induce a trophic cascade in plankton populations in the southern Bering Sea and around the Aleutian Islands. *Fisheries Oceanography*. 2018;1–12.
- Beland, K.T., R.M. Jordan and A.L. Meister. (1982). Water depth and velocity preferences of spawning Atlantic salmon in Maine Rivers. *N Amer J Fish Manag* 2, 11–13.
- Belding, D.L. 1934. The spawning habits of the Atlantic salmon. *Trans Am Fish Soc* 64(1), 211–218.
- Berg, M. 1977. Pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum)) in Norway. *Rep Inst Freshwat Res Drottningholm*. 56, 12-17.
- Birzaks, J., Aleksejevs, C. & Strūis, M. (2011). Occurrence and distribution of fishes in rivers of Latvia. *Proc Latvian Acad Sci Sec B* 65(3/4), 20–30.

- Bohlin, T., Pettersson, J. & Degerman, E. (2001). Population density of migratory and resident brown trout (*Salmo trutta*) in relation to altitude: evidence for a migration cost. *J Anim Ecol* 70,112–121.
- Borzęcka, I. (2003). Characteristics of sea trout (*Salmo trutta* m. *trutta*) from the Drwęca river basin based on scale samples collected between 1988 - 1993. *Arch Polish Fish*, 11,165-172.
- Bozkurt, Y. & Yavaş, İ. (2014). Preliminary Study on hybridization of brown trout (*Salmo trutta macrostigma*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using cryopreserved sperm. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, IJA-64.2013.958
- Brett, J.R. (1952). Temperature tolerance in young Pacific salmon, genus *Oncorhynchus*. *J Fish Res Board Can* 9(6), 265–323.
- Cederholm, C.J., Kunze, M.D., Murota, T. & Sibatani, A. (1999). Pacific Salmon Carcasses: Essential Contributions of Nutrients and Energy for Aquatic and Terrestrial Ecosystems. *Fisheries*, 24(10), 6-15.
- Chaput, C. (2012). Overview of the status of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the North Atlantic and trends in marine mortality. *ICES Journal of Marine Science* 69(9), 1538–1548.
- Collins, J.J. (1975). Occurrence of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in Lake Huron. *J Fish Res Board Can* 32, 402– 404
- Collins, S.F., Baxter, C.V., Marcarelli, A.M. & Wipfli, M.S. (2016). Effects of experimentally added salmon subsidies on resident fishes via direct and indirect pathways. *Ecosphere* 7(3), 1-18; Article e01248.
- Cooney, R. T., Willette, T. M., Sharr, S., Sharp, D. & Olsen, J. (1995). The effect of climate on North Pacific pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) production: examining some details of a natural experiment. In R. J. Beamish (ed.) *Climate Change and Northern Fish*. *Can Publ Fish Aquat Sci* 121, 475-482.
- Cooney, T. (2006). Pink salmon. In: Spies, R. B (ed.). *Long-term Ecological Change in the Northern Gulf of Alaska*, Elsevier Science, 2006. ProQuest Ebook Central.
- Copp, G.H. (2017). *GB Non-native Species Rapid Risk Assessment (NRRRA) - Rapid Risk Assessment of: Oncorhynchus gorbuscha (Walbaum) (pink or humpback salmon)*. Cefas release version (5 September 2017).
- Crawford, S.S. & Muir, A.M. (2008). Global introductions of salmon and trout in the genus *Oncorhynchus*: 1870–2007. *Rev Fish Biol Fisheries* 18(3), 313–344.
- Curry-Lindahl K. (1985). *Våra fiskar. Havs- och sötvattensfiskar i Norden och övriga Europa*. Norstedt förlag, Stockholm.
- Daisie (*Delivering Alien Invasive Species Inventory for Europe*) (2017). <http://www.europe-alien.org/>
- Davidson, B. & Wells. A. (2017a). Pacific Pink Salmon: Advice note – July 2017.. <http://fms.scot/wp-content/uploads/2017/07/Pinksalmon.pdf> - – Fisheries Management Scotland.
- Davidson, B. & Wells. A. (2017b). Pacific Pink Salmon: Advice note August 2017. <http://cromarty.dsfb.org.uk/files/2017/08/170814-%E2%80%93INNS-FMS-Statement-%E2%80%93Pink-salmon-3.pdf> – Fisheries Management Scotland.
- Degerman, E., Leonardsson, K. & H. Lundqvist. (2012). Coastal migrations, temporary use of neighboring rivers, and growth of Sea trout (*Salmo trutta*) from nine northern Baltic Sea rivers. *ICES Journal of Marine Science*. 69(6), 971–980.
- Dunmall, K.M., Mochnacz, N.J., Zimmerman, C.E., Lean, C. & Reist, J.D. (2016). Using thermal limits to assess establishment of fish dispersing to high-latitude and high-elevation watersheds. *Can J Fish Aquat Sci* 73, 1750–1758.

- Dyagilev S.E. & Markevich N.B. (1979). Raznovremennost' sozrevaniya gorbushi *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) chetnikh i nechetnikh let kak osnovnoy factor, opredelivshiy razlichnie rezul'taty eye akklimatizatsii na severe evropeyskoy chasti SSSR (Different time at maturity of odd- and even-year pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) as main reason of different results of their acclimatization in the European North of USSR). *Voprosy ikhtiologii (Journal of Ichthyol)* 19 (2) 230–245. (endast abstract)
- Eaton, J.G. & Scheller, R.M. (1996). Effects of climate warming on fish thermal habitat in streams of the United States. *Limnol Oceanogr* 41, 1109–1115.
- Elliott, J.M. & Elliott, 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. *J Fish Biol* 77, 1793–1817.
- Elliott, J.M. (1994). *Quantitative Ecology and the Brown Trout*. Oxford Series in Ecology and Evolution. Oxford: Oxford University Press.
- Elvira, B. (2001). Identification of non-native freshwater fishes established in Europe and assessment of their potential threats to the biological diversity. *Bern/T-PVS 2001\tpvs06e_2001*
- Fishbase. (2017). <http://www.fishbase.org/Introductions/IntroductionsList.php?ID=240&Genus-Name=Oncorhynchus&SpeciesName=gorbuscha&fc=76&StockCode=254>
- Fiske, P., Hårdensson Berntsen, H., Thorstad, E.B., Forseth, T. & Uglem, I. (2017). Pukkellaxåret 2017. *pH-Status* 23(3), 3-6.
- Fiskejournalen. (1975). Pukkellax på spö i Nybroån. Årgång 2(11-12), 12-13.
- Fleming, I.A. (1998). Pattern and variability in the breeding system of Atlantic salmon (*Salmo salar*), with comparisons to other salmonids. *Can J Fish Aquat Sci* 55(Suppl. 1), 59–76
- Fuller, P., J. Liebig, J. Larson, and A. Fusaro. (2017). *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792): *U.S. Geological Survey, Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL*, <https://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?SpeciesID=906>, Revision Date: 6/26/2014, Access Date: 11/9/2017
- Gharrett, A.J. (1985). Genetic interaction of Auke Creek Hatchery pink salmon with natural spawning stocks in Auke Creek. *Alaska Sea Grant Rep.* 85-9, University of Alaska, Fairbanks, 40 pp.
- Goldberg, C.S., Cameron R., Turner, C.R., Deiner, K., Klymus, K.E., Thomsen, P.F., Murphy, M.A., Spear, S.F., McKee, A., Oyler-McCance, S.J., Cornman, R.S., Laramie, M.B., Mahon, A.R., Lance, R.F., Pilliod, D.S., Strickler, K.M., Waits, L.P., Fremier, A.K. Takahara, T., Herder, J.E. & Taberlet, P. (2016). Critical considerations for the application of eDNA methods to detect aquatic species. *Methods in Ecology and Evolution* 7, 1299–1307. doi: 10.1111/2041-210X.12595.
- Gordeeva N.V., Salmenkova E.A. & Altukhov Y.P. (2005). Genetic differentiation of Pacific pink salmon during colonization of a new area. *Doklady Akademii Nauk* 40(5), 714–717.
- Gordeeva, N.V. & Salmenkova, E.A. (2011). Experimental microevolution: transplantation of pink salmon into the European North. *Evol Ecol* 25, 657–679.
- GOV.UK. (2017). <https://www.gov.uk/government/news/anglers-urged-to-report-pink-salmon-catches>
- Grabowska, J., Kotosz, J. & Witkowski, A. (2010). Alien invasive fish species in Polish waters: an overview. *Folia Zool* 59(1), 73 – 85.
- Gren I-M, Isaacs L, Carlson M. (2009). Costs of alien invasive species in Sweden. *Ambio* 38(3), 135–140
- Gurevitch J. & Padilla, D.K. (2004). Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends Ecol Evol* 19(9), 470-474.
- Halliday, M. M. (1976). The biology of *Myxosoma cerebralis*: The causative organism of whirling disease of salmonids. *J Fish Biol* 9, 339-357.

- Hard, J.J., Kope, R.G. & Grant, W.S. (2000). Endangered species act review of the status of pink salmon from Washington, Oregon and California. In: E.E. Knudsen, C.R. Steward, D.D. MacDonald, J.E. Williams & D.W. Reiser (eds.) *Sustainable Fisheries Management Pacific Salmon*. Lewis Publishers, New York.-
- Hawkins, S.L., Varnavska, N.V., Matzak, E.A., Efremov, V.V., Guthrie III, C.M., Wilmot, R.L., Mayama, H., Yamazaki, F. & Gharrett, A.J. (2002). Population structure of odd-broodline Asian pink salmon and its contrast to the even-broodline structure. *J Fish Biol* 60, 370–388.
- Heard, W.R. (1991). Life history of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). In: Groot, C. & Margolis, L. (eds.) *Pacific salmon life histories*, pp 121-229
- Hedrick, R. P., McDowell, T.S., Mukkatira, K., Georgidis, M.P. & MacConnell, E. (2001). Salmonids resistant to *Ceratomyxa shasta* are susceptible to experimentally induced infections with *Myxobolus cerebralis*. *J Aquat Anim Health* 13, 35-42.
- Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. (2007). Non-native freshwater fishes in Norway: history, consequences and perspectives. *J Fish Biol* 71 (Supplement D), 173–183.
- Horreo, J.L., Machado-Schiaffino, G., Griffiths, A.M., Bright, D., Stevens, J.R. & Garcia-Vazquez, E. (2011). Atlantic Salmon at Risk: Apparent Rapid Declines in Effective Population Size in Southern European Populations. *Trans Amer Fish Soc* 140 (3), 605-610.
- Huxel, G.R. (1999). Rapid displacement of native species by invasive species: effects of hybridization. *Biol Conserv* 89, 143-152.
- ICES. (2013). *Report of the Working Group on North Atlantic Salmon (WGNAS)*, 3-12 April 2013 Copenhagen, Denmark. ICES CM 2013/ACOM: 09. 380 pp.
- Irvine, J. R., Michielsens, C. J. G., O'Brien, M., White, B. A. & Folkes, M. (2014). Increasing dominance of odd-year returning pink salmon. *Trans Amer Fish Soc* 143, 939–956.
- Ishida, T. (1967). Salmon of the North Pacific Ocean – part IV. Spawning populations of northern Pacific salmon. 2 Pink salmon in the far east. *Bull 23 North Pac Fish Comm* pp: 9-22.
- Ivankov, V.N., Mitrofanov Yu.A. & Bushuyev, V.P. (1975). An instance of the pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) reaching maturity at an age of less than 1 year. *J Ichthyol* 15(3), 497-499.
- Jones S. R. M., Kim E., Bennett W. (2008). Early development of resistance to the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Kroyer), in juvenile pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum). *J Fish Dis* 31, 591–600.
- 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. *J Fish Biol* 75, 2381–2447 .
- Karpevich A.F., Agapov V.S. & Magomedov G.M. (1991). Akklimatizatsiya i kul'tivirovanie lososovykh rybintroducentov (Acclimatization and culture of introduced salmonides). VNIRO, Moscow. (endast abstract).
- Kennedy, A.J., Steinhart, G. & Greil, R.W. (2011). A tool to identify pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) x chinook salmon (*O. tshawytscha*) hybrids in the St. Marys River, Michigan-Ontario. *J Great Lakes Res* 37(suppl 2), 35-42).
- Kolar, C. & Lodge, D.M. (2001). Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends Ecol Evol* 16, 199–204.
- Krueger, C.C. & May, B. (1991). Ecological and genetic effects of salmonid introduction in North America. *Can J Fish Aquat Sci* 48(suppl. 1), 66-71.
- Lee, C.E. (2002). Evolutionary genetics of invasive species. *Trends Ecol Evol* 17(8), 386-391.
- Lister, D.B., Hickey, D.G. and Wallace, I. (1981). Review of the effects of enhancement strategies on the homing, straying and survival of Pacific salmonids. *Contract Rep., Dep. Fisheries & Oceans*, Vancouver, B.C., 51 pp.

- Lodge, D.M. (1993). Species invasions and deletions: community effects and responses to climate and habitat change. In *Biotic Interactions and Global Change*, ed. PM Karieva, JG Kingsolver, RB Huey, pp. 367–87. Sunderland, MA: Sinauer. 559 pp.
- Loenko A.A., Berestovskii E.G., Lysenko L.F. & Neklyudov M.N. (2000). Gorbusha v rekakh Kol'skogo poluoostrova (Pink salmon in Kola Peninsula rivers). In: Matishov G.G. (ed) Vidyvselentsy v evropeiskie morya Rossii (*Invasive species in the European Seas of Russia*). KNTs RAN, Apatity, pp. 259–269. (endast abstract)
- Loginova, G.A. & Krasnoperova, S.V. (1982). An attempt at crossbreeding Atlantic salmon and pink salmon (preliminary report). *Aquaculture* 27, 329–337.
- Louhi, P., A. Mäki-Petäys and J. Erkinaro. (2008). Spawning habitat of Atlantic salmon and brown trout: general criteria and intragravel factors. *River Res Appl* 24, 330–339.
- Lyons, J., Zorn, T., Stewart, J., Sellback, P., Wehrle, K. & Wang, L. (2009). Defining and characterizing coolwater streams and their fish assemblages in Michigan and Wisconsin, USA. *N Amer J Fish Manag* 29, 1130–1151.
- MacCrimmon, H.R. & Marshall, T.L. (1968). World Distribution of Brown Trout, *Salmo trutta*. *J Fish Res Board Can* 25(12), 2527-2548,
- McCullough, D.A. (1999). A review and synthesis of effects of alterations to the water temperature regime on freshwater life stages of salmonids, with special reference to Chinook salmon (p. 279). *US Environmental Protection Agency, Region 10*.
- McDonald, J. (1960). The behavior of Pacific salmon fry during their downstream migration to freshwater and saltwater nursery areas, *J Fish Res Board Can* 17(5), 665–676.
- McGill, L.M., Geriga, B.S., Chaloner, D.T. & Lambertia, G.A. (2017). An ecosystem model for evaluating the effects of introduced Pacificsalmon on contaminant burdens of stream-resident fish. *Ecological Modelling* 355, 39–48
- McKinnell, S. & Reichardt, M. (2012). Early marine growth of juvenile Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to juvenile pink (*Oncorhynchus gorbuscha*) and sockeye salmon abundance. *Can J Fish Aquat Sci* 69, 1499-1512.
- Merrell, Jr., T.R. (1962). Freshwater survival of pink salmon at Sashin Creek, Alaska. In: N.J. Wilimovsky (Editor), *Symposium on Pink Salmon*. H.R. MacMillan Lectures in Fisheries, University of British Columbia, Vancouver, B.C., pp. 59-72.
- Millane, M & Gargan. P. (2017). <http://www.suomenkalakirjasto.fi/wp-content/uploads/2016/04/Pink-Salmon-Ireland.pdf> - Inland Fisheries Ireland
- Naturvårdsverket (2014). *Invasiva främmande arter*. Redovisning av ett regeringsuppdrag. Handlingsplan 2014-12-18 -Ärenden: NV-00684-14
- Nielsen, J. L., G. T. Ruggerone, and C. E. Zimmerman. (2013). Adaptive strategies and life history characteristics in a warming climate: Salmon in the Arctic? *Environmental Biology of Fishes* 96, 1187–1226.
- Niemelä, E.I, Johansen, N., Zubchenko, A.V., Dempson, J.B., Veselov, A., Ieshko, E.P., Barskaya, Yu., Novokhatskaya, O.V., Shulman, B.S., Länsman, M., Hassinen, E., Kuusela, J., Haantie, J., Kylmäaho, M., Kivilahti, E., Arvola K-M. & Kalske, T.H. (2016). Pink salmon in the Barents region With special attention to the status in the transboundary rivers Tana and Neiden, rivers in North West Russia and in East Canada. *Office of the Finnmark County Governor Department of Environmental Affairs*, Report 3 – 2016
- NINA (2017). <http://www.nina.no/Aktuelt/Nyhetsartikkel/ArticleId/4310/Pukkellaks-registrert-i-nesten-120-elver-over-hele-landet>
- NOBANIS (2017). The European Network on Invasive Alien Species. <https://www.nobanis.org/search-alien-species/?SpeciesQuery=Oncorhynchus++gorbuscha&Page=1&SelectedCountries=>.

- NOU (1999). *Til laks åt alle kan ingen gjera? Om årsaker til nedgang i de norske villaksbestandene og forslagt il strategier for å bedre sistuasjonen*. Norge Offentlige Utredninger 1999, 9
- NR (2013). Norsk Rikskringkastning; <https://www.nrk.no/nordland/rotenon-kamp-til-en-halv-milliard-1.10987741>
- O'Grodnick, J. J. (1979). Susceptibility of various salmonids to whirling disease (*Myxosoma cerebralis*). *Trans Amer Fish Soc* 108, 187-190.
- OIE (2017a). Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals. Chapter 2.3.11. *Oncorhynchus masou* Virus Disease. http://www.oie.int/index.php?id=2439&L=0&htmfile=chapitre_onorhynchus_masou_vd.htm
- OIE (2017b). Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals. Chapter 2.3.5. Infection with infectious Salmon Anaemia Virus.
- OIE (2017c). Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals. Chapter 2.3.6. Infection with Salmonid Alphavirus. http://www.oie.int/index.php?id=2439&L=0&htmfile=chapitre_salmonid_alphavirus.htm#chapitre_salmonid_alphavirus.biblio-29
- Palm, S., Dannewitz, J., Järvi, T., Petersson, E., Prestegard, T. & Ryman, N. (2003). Lack of molecular genetic divergence between sea-ranched wild sea trout (*Salmo trutta*). *Mol Ecol* 12, 2057–2071.
- Parker, R.R. (1967). Contributions of the 1964 brood year of Bella Coola pink salmon to fisheries and escapements of the central British Columbia area. *Fish. Res Board Can M.S Rep* 935, 19 pp.
- Petersson, E. (2015). Homing and Timing of Reproduction. In: Vladić, T. & Petersson, E. (eds). *Evolutionary Biology of Atlantic Salmon*. CRC Press, pp 44-59.
- Petryashov, V.V., Chernova, N.V., Denisenko, S.G. & Sundet, J.H. (2002). Red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) and pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in the Barents Sea. pp. 147–152 In: *Invasive Aquatic Species of Europe. Distribution, Impacts and Management*, E. Leppäkoski, S. Gollasch & S. Olenin (Eds). Springer, Netherlands.
- Pratt, J.D. (1968). Spawning distribution of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in controlled flow channels.
- Prentis, P.J., Wilson, J.R.U., Dormontt, E.E., Richardson, D.M. & Lowe, A.J. (2002). Adaptive evolution in invasive species. *Trends Plant Sci* 13(6), 288-294.
- Pulg U. (2009). Laichplaetze der Bachforelle (*Salmo trutta*) in der Moosach – die Bewertung ihrer Funktionsfaehigkeit, ihre Degradierung und ihre Restaurierung. *Dissertation am Lehrstuhl fuer Landschaftsoekologie der Technischen Universitaet Muenchen*. <http://media-tum2.ub.tum.de/node?id=680304>.
- Purcell, M.K., Powers, R.L., Evered, J., Kerwin, J., Meyers, T.R., Stewart, B., Winton, J.R. (2017). Molecular testing of adult Pacific salmon and trout (*Oncorhynchus* spp.) for several RNA viruses demonstrates widespread distribution of piscine orthoreovirus in Alaska and Washington. *Journal of Fish Diseases* 41(2), 347-355.
- Quinn, T.P. (1993). A review of homing and straying of wild and hatchery-produced salmon. *Fish Res* 18, 29-44.
- Rajasingh, H., Våge, D.I., Pavey, S.A. & Omholt, S.W. (2007). Why are salmon pink? *Can J Fish Aquat Sci* 64(11), 1614-1627.
- Reid, N. (2011). European hare (*Lepus europaeus*) invasion ecology: implication for the conservation of the endemic Irish hare (*Lepus timidus hibernicus*). *Biol Invasions* 13, 559–569.
- Rodriguez, L.F. (2006). Can invasive species facilitate native species? Evidence of how, when, and why these impacts occur. *Biol Invasions* 8, 927–939
- Rubin, J.-F., Glimsäter, C. & Järvi, T. (2004). Characteristics and rehabilitation of the spawning habitats of the sea trout, *Salmo trutta*, in Gotland (Sweden). *Fish Manag Ecol* 11, 15–22.

- Ruggerone, G.T. & Nielsen, J.L. (2004). Evidence for competitive dominance of Pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) over other Salmonids in the North Pacific Ocean. *Rev Fish Biol* 14, 371–390.
- Sakai, A.K., Allendorf, F.W., Holt, J.S., Lodge, D.M., Molofsky, J., With, K.A., Baughman, S., Cabin, R.J., Cohen, J.E., Ellstrand, N.C., McCauley, D.E., O’Neil, P., Parker, I.M., Thompson, J.N. & Weller, S.G. (2001). The population biology of invasive species. *Annu Rev Ecol Syst* 32, 305–32.
- Stephenson, S. A. (2006). A review of the occurrence of Pacific salmon (*Oncorhynchus spp.*) in the Canadian western Arctic. *Arctic* 59, 37–46
- Sutterby, R. & Greenhalgh, M. (2005). *Atlantic salmon – an illustrated natural history*. Stackpole Books, Mechanicsburg, USA.
- Taberlet, P., Coissac, E., Hajibabae, M. & Rieseberg, L.H. (2012). Environmental DNA. *Molecular Ecology* 21, 1789–1793.
- Thomsen, P.F. & Willerslev, E. (2015). Environmental DNA – An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity, *Biological Conservation*. 183, 4–18. doi:10.1016/j.biocon.2014.11.019.
- Thorpe, J.E. 1994. Reproductive strategies in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquacult Res* 25(1), 77–87.
- Thrush, M.A., Murray, A.G., Brun, E., Wallace, S. & Peeler, E.J. (2011). The application of risk and disease modelling to emerging freshwater diseases in wild aquatic animals. *Freshw Biol* 56, 658–675.
- Thulin, C.-G. (2003). The distribution of mountain hares *Lepus timidus* in Europe: a challenge from brown hares *L. europaeus*? *Mammal Rev* 33(1), 29–42.
- Turner, C.E. & Bilton, H.T. (1968). Another pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in its third year. *J Fish Res Board Can* 25(9), 1993–1996.
- Urho, L. & Lehtonen, H. (2008). Fish species in Finland. *Finnish Game and Fisheries Research Institute*. Publ. no 1B.
- Vasemägi, A., R. Gross, T. Paaver, M. Kangur and L.-O. Eriksson. (2001). Identification of the origin of an Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) population in a recently recolonized river in the Baltic Sea. *Mol Ecol* 10, 2877–2882.
- Velsen, F.P.J. (1987). Temperature and incubation in Pacific salmon and rainbow trout: Compilation of data on median hatching time, mortality and embryonic staging. *Can Data Report Fish Aquat Sci* no 626.
- Vernon, E.H. (1962). Pink salmon populations of the Fraser River system. In: N.J. Wilimovsky (Editor), *Symposium on Pink Salmon*. H.R. MacMillan Lectures in Fisheries, University of British Columbia, Vancouver, B.C., pp. 53–58.
- Veselov, A.E., Pavlov, D.S., Baryshev, I.A., Efremov, D.A., Potutkin, A.G., & Ruchiev, M.A. (2016). Polymorphism of smolts of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* in the Indera River (Kola Peninsula). *J Ichthyol.* 56(5), 738–743.
- Wagner, W. C., & Stauffer, T. M. (1980). Three-year-old pink salmon in Lake Superior tributaries. *Trans Amer Fish Soc* 109, 458–460.
- Weigand, A.M., Zimmermann, J., Bouchez, A. & Leese, F. (2017). DNAqua-Net: Advancing Methods, Connecting Communities and Envisaging Standards. *Biodiversity Information Science and Standards* 1, e20310. doi: 10.3897/tdwgproceedings.1.20310.
- Wen-Ha, K. & Lawrie, A.H. (1981). Pink salmon in the Great Lakes. *Fisheries* 6(2), 2–6.
- Whelan, K.F. (2010). *A Review of the Impacts of the Salmon Louse, Lepeophtheirus salmonis (Krøyer, 1837) on Wild Salmonids*. Atlantic Salmon Trust, Perth, Scotland, UK. 27 p.

- Zhivotovsky, L.A., Tochilina, T.G., Shaikhaev, E.G. , Pogodin, V.P., Malinina, T.V. & Gharrett, A.J. (2016). Hybrids between chum *Oncorhynchus keta* and pink *Oncorhynchus gorbuscha* salmon: age, growth and morphology and effects on salmon production. *J Fish Biol* 89, 2098–2106
- Zubchenko A.V., Veselov A.E., and Kaljuzhin C.M. (2004). *Pink salmon (Oncorhynchus gorbuscha): challenges of the acclimatization on the Russia's northwest*. Petrozavodsk- Murmansk. 82 pp.

