

Riskvärdering av elva invasiva främmande arter

Delprojekt inom SVA:s hälsoövervakning av vildlevande fisk, kräft- och blötdjur 2021



Juvenil marmorkräfta från SVA:s undersökningar av fynd i Märstaån 2012.

Foto: Thorbjörn Hongsto

Innehåll

Sammanfattning	3
Introduktion	3
Syfte	4
Material och metoder	4
Identifiering av IAS att inkludera i riskvärderingen	4
Litteratursökning	4
Riskvärdering	5
Resultat	5
Identifiering av IAS att inkludera i riskvärderingen	5
Litteratursökning	8
Riskvärdering	17
Diskussion	21
Slutsats	23
Referenser	24

SAMMANFATTNING

Under 2021 har en riskvärdering avseende introduktion av patogener via sju invasiva kräftdjursarter, nämligen blåskrabba (*Hemigrapsus sanguineus*), kinesisk ullhandskrabba (*Eriocheir sinensis*), marmorkräfta (*Procambarus fallax forma virginalis*), röd sumpkräfta (*Procambarus clarkii*), småprickig penselkrabba (*Hemigrapsus takanoi*), taggkindskräfta (*Faxonius limosus*), vitfingrad brackvattenskrabba (*Rhithropanopeus harrisi*) och fyra invasiva blötdjursarter, nämligen amerikansk trågmussla (*Rangia cuneata*), japanskt jätteostron (*Magallana gigas*), nyzeeländsk tusensnäcka (*Potamopyrgus antipodarum*) samt vandrarmussla/zebramussla (*Dreissena polymorpha*) genomförts. Samtliga utvärderade arter har påvisats i Sverige eller i vårt närområde.

För kräftdjur bedöms samtliga arter utgöra en mycket hög risk för introduktion och spridning av White spot syndrome virus (WSSV) till endemiska arter. De invasiva käftarterna samt kinesisk ullhandskrabba bedöms utgöra en mycket hög risk för spridning av kräftpest till våra flodkräftbestånd. När det gäller blötdjur är tillgången på information mer knapphändig. Bedömningen är att de utgör en låg eller obefintlig risk för introduktion av bonamios, marteilios och perkinsos men avsaknaden av data gör bedömningen osäker. Övriga identifierade patogener för kräftdjur och blötdjur har utelämnats ur riskvärderingen.

INTRODUKTION

Invasiva främmande arter (IAS) är ett konstant hot för den endemiska (inhemska) floran och faunan då inkomna arter konkurrerar om plats och föda i det redan etablerade ekosystemet. Djurarter rör konstant på sig vilket i sig är fullt normalt, men vanligen sker det i en form av balans då den migrerande arten följs av exempelvis ett predationstryck vilket håller populationen i schack. I dagens samhälle kan dock nya individuella arter flyttas långa sträckor med människans hjälp, till exempel via båttransporter, och på så vis snabbt utgöra ett stort hot mot ekosystemet.

IAS kan även innebära ett hot mot den endemiska floran och faunan genom introduktion av nya patogener, alternativt genom att agera som en mer effektiv värd för endemiska patogener. Detta kan leda till en snabb spridning av nya och redan förekommande sjukdomar inom ekosystemet. Det finns till exempel oro avseende introduktion av dödliga sjukdomar till europeisk hummer (*Homarus gammarus*) på svenska västkusten via amerikansk hummer (*Homarus americanus*), som har hittats upprepade gånger i både Sverige och Norge. Den amerikanska hummern kan härbärgera en blodbunden bakterie, *Aerococcus viridans* var. *homari*, som ger upphov till sjukdomen Gaffkemia. Denna bakteriesjukdom är dödlig även för den europiska hummern (Stebbing et al., 2012). En annan sjukdom är epizootisk skalsjuka (ESD), som ger hummern förtunnat skal. Flera exemplar av amerikansk hummer som undersökts vid SVA har haft denna sjukdom. Etiologin bakom ESD är ännu okänd. Om, och i så fall hur, den smittar till andra hummerarter vet vi inte. Förutom sjukdomar kan den amerikanska hummern bära med sig andra potentiellt invasiva arter, såsom snäckor, nematoder och copepoder. Havs- och vattenmyndigheten (HaV) har genomfört en riskvärdering avseende introduktion av amerikansk hummer till svenska vatten, och där även dessa aspekter finns beaktade (HaV, 2016). Ett ytterligare exempel på hot från en IAS kan hämtas från vårt närområde, Finland, där man 2020 upptäckte en ny variant av kräftpestsvampen *Aphanomyces astaci* som tros ha kommit med den kinesiska ullhandskrabban (<https://www.ruokavirasto.fi/sv/laboratorietjanster/aktuellt-om-laboratorietjanster/ny-typ-av-kräftpest-funnen-i-mynningen-till-kemi-alv-i-finland/>). Hur det kommer att påverka lokala populationer av kräftor är i dagsläget oklart.

Då den kinesiska ullhandskrabban förekommer i Sverige är en riskvärdering med avseende på spridning av kräftpest med ullhandskrabba av yttersta vikt. Eftersom ullhandskrabban inte är den enda förekommande invasiva kräftdjursarten i svenska vatten inkluderades ytterligare kräftdjursarter och även fler patogener i bedömningen. Slutligen inkluderades flera invasiva blötdjursarter och deras respektive kända patogener i denna riskvärdering.

Syfte

Syftet med arbetet var att utvärdera risken för introduktion av nya patogener eller uppförökning och spridning av endemiska patogener som kan hota våra endemiska kräftdjurs- och/eller blötdjursarter. Särskilt allvarligt bedöms det om en introducerad patogen anses ha förmåga att sprida sig och orsaka sjukdom hos endemiska kräft- eller blötdjursarter. Värderingen avser därför inte risken att patogenen enbart kommer in i landet och stannar i IAS-populationen, utan att den även har potential att sprida sig till endemiska populationer av kräft- eller blötdjursarter och påverka dessa negativt. Det behöver inte enbart betyda att de orsakar manifest sjukdom, även nedsättning av en arts immunförsvar kan i förlängningen vara förödande för reproduktion och överlevnad.

MATERIAL OCH METODER

Identifiering av IAS att inkludera i riskvärderingen

Fem källor utnyttjades för att sammanställa kräft- och blötdjursarter som kunde vara aktuella att inkludera i riskvärderingen. En första screening gjordes via [Artportalen/SLU Artdatabanken](#) för att identifiera främmande arter som påvisats i Sverige. Sökningen kompletterades med arter i Havs- och vattenmyndighetens rapport "Ekosystemtjänstanalyt av invasiva främmande arter" från 2019 (internt arbetsdokument), EU:s lista över arter som förtecknas som IAS inom unionen (https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/list/index_en.htm), samt Sveriges nationella rapport till ICES WGITMO (arbetsdokument: Läget för främmande arter i svenska hav 2020, erhållet från Rahmat Naddafi, Kustlaboratoriet Öregrund, SLU). Därefter gjordes en sökning i Global Invasive Species Database (GISD, <http://www.iucngisd.org/gisd/>) för att identifiera om arterna är klassade som IAS på global nivå.

Litteratursökning

Alla sökningar har gjorts digitalt. En första sökning gjordes på de patogener som OIE listar för kräftdjur respektive blötdjur i den akvatiska manualen ([Aquatic Manual Online Access - OIE - World Organisation for Animal Health](#)). Senare versioner av manualen saknar information om specifika värddjursarter för vissa patogener, varför även tidigare versioner samt OIE-rapporter/riskvärderingar använts. Dessutom har sökningar gjorts i PubMed utifrån aktuella IAS, för att hitta vetenskapliga publikationer avseende sjukdomsspektra. För att identifiera grå litteratur i brist på vetenskapliga publikationer har även sökmotorer som Google och Bing använts. Dessutom har GISD, Information system on aquatic non-indigenous and cryptogenic species (AquaNIS, <http://www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis/>) samt CABI Invasive Species Compendium (<https://www.cabi.org/isc>) använts för att hitta information avseende arterna och deras habitat med mera.

Risikvärdering

All identifierad information har gått igenom och slutgiltig klassificering har gjorts utifrån sannolikheten att respektive IAS är infekterad med en känd patogen eller agerar vektor för en känd patogen och huruvida våra endemiska populationer är känt/misstänkt mottagliga för patogenen. Om IAS är mottaglig för smittan men risken att smitta ska överföras till våra kräft-/blötdjur är obefintlig blir därmed den sammanvägda risken noll eller mycket låg även om smittan skulle komma in i landet med IAS.

Primär klassning av patogen (mottaglighet hos IAS)

0=aktuell IAS är inte mottaglig för patogenen (fakta finns)

1=patogenen har inte påvisats på aktuell IAS, men baserat på patogenens och artens egenskaper kan det inte uteslutas att arten kan agera värddjur

2=DNA/RNA från patogenen har påvisats i aktuell IAS, men det är oklart om det varit en verklig infektion ("species for which there are inconclusive evidence" enligt OIE:s klassning av mottagliga arter)

3=aktuell IAS är mottaglig för sjukdomen eller har visats agera vektor.

Klassning av spridningsrisk från IAS till endemisk art (mottaglighet hos endemisk art)

0=endemiska arter är inte mottagliga

1=risken för att minst en endemisk art är mottaglig bedöms som liten men kan inte uteslutas

2=risken för att minst en endemisk art är mottaglig bedöms som måttlig

3=minst en endemisk art är känt mottaglig och smittan kan få allvarliga konsekvenser

Slutligen har en gradering av osäkerhet (låg, måttlig, hög) i bedömningen gjorts.

RESULTAT

Identifiering av IAS att inkludera i riskvärderingen

Totalt har nio invasiva kräftdjursarter samt fyra invasiva blötdjursarter identifierats. Vissa har aldrig påvisats i Sverige, vissa har påvisats vid enstaka tillfällen, några har etablerats regionalt och andra är nationellt spridda (**Tabell IAS1**). I tabellen anges även artens ursprungliga utbredningsområde, salt- och temperaturlåglighet. Specifik information om olika arters salttolerans finns dokumenterat i AquaNIS (<http://www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis/>), där även tolerabelt salinitetsintervall för olika utvecklingsstadier hos arterna anges.

Två kräftdjursarter, amerikansk hummer (*Homarus americanus*) och signalkräfta (*Pacifastacus leniusculus*), har uteslutits ur riskvärderingen. Amerikansk hummer (**Bild 1**) har tidigare riskbedömts av HaV (HaV, 2016). Signalkräftan (**Bild 2**) är klassad som IAS av EU och introducerades i Sverige 1960 (<https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/frammande-arter/sok-frammande-arter/fakta/signalkrafta.html>). Det är välkänt att arten bidragit till spridning av kräftpest, som drabbat vårt endemiska bestånd av flodkräftor (*Astacus astacus*) hårt. Dock är signalkräftan redan väletablerad i landet och risken för ytterligare introduktion av djur torde vara minimal. Att arten fortsätter att sprida kräftpest till nya områden inom Sverige och slår ut flodkräftbestånd är dock väl dokumenterat.



Bild 1. Amerikansk hummer med Epizootic shell disease. *Foto:* Marlene Areskog, SVA



Bild 2. Signalkräfta med melanisering efter skada i ryggskölden. *Foto:* Thorbjörn Hongslo, SVA

Tabell IAS1. Arter som identifierats i sökningen på relevanta arter för riskvärdering, fyndplatser i Sverige och arternas ursprungliga utbredningsområde. Arter som står i grå text har inte inkluderats i riskvärderingen.

Svenskt namn	Latinskt namn	Habitat	Temperatur °C ⁴	Ursprungligt utbredningsområde	Fynd i Sverige	Listad som IAS i GISD	Listad som IAS av EU
KRÄFTDJUR							
Amerikansk hummer ¹	<i>Homarus americanus</i>	Saltvatten		USA:s Atlantkust	Västkusten	Nej	Nej
Blåskrabba ¹	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	Söt- till saltvatten	0 – 30 (vuxna djur)	Västra Stilla havet	Hönö & Öckerö, 2012	Ja	Nej
Kinesisk ullhandskrabba ²	<i>Eriocheir sinensis</i>	Söt- till saltvatten	4 - 32 (vuxna djur)	Västra Stilla havet	Första fynd: Bråviken 1932. Förekommer längs kusten från Medelpad ner till Skåne och vidare upp till Halland. Även i Mälaren. 2021 påvisad i Trollhätte kanal (Vänern?)	Ja	Ja
Marmorkräfta ²	<i>Procambarus fallax f. virginalis</i>	Sötvatten	10 – 25 (kan överleva 0)	USA (Georgia och Florida)	Sporadiskt, senast i Märstaån 2012	Ja (som <i>P. virginalis</i>)	Ja
Röd sumpkräfta ²	<i>Procambarus clarkii</i>	Sötvatten	2 - 30	USA	Nej	Ja	Ja
Signalkräfta ²	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Sötvatten		USA	Spridd i södra Sverige	Ja	Ja
Småprickig penselkrabba ¹	<i>Hemigrapsus takanoi</i>	Söt- till saltvatten	0 – 30	Nordvästra Stilla havet	Skaftö, Bohuslän, 2016	Nej	Nej
Taggkindskräfta ²	<i>Faxonius limosus</i>		> 0 - < 18		Ej påträffad	Ja	Ja
Vitfingrad brackvattenskrabba ³	<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	Söt-/brackvatten	0 – 35+	Nordamerikas atlantkust	Första fyndet i Karlskrona, verkar spridit sig söderut längs Blekingekusten och in i Öresund. Dessutom ett flertal fångster i området söder om Nynäshamn.	Ja	Nej
BLÖTDJUR							
Amerikansk trågmussla ³	<i>Rangia cuneata</i>	Brackvatten	8 – 32	Mexikanska golfen	Bråviken (Norrköping) samt Brandalssund (Södertälje)	Ja	Nej
Japanskt jätteostron ¹	<i>Magallana gigas</i>	Saltvatten	-5 – 35 (vuxna djur)	Västra Stilla havet	Västkusten	Ja	Nej
Nyzeeländsk tusensnäcka ¹	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Söt-/brackvatten	0 - 28	Nya Zeeland	Östersjön på 1920-talet, Mälaren 1950, nu spridd över i stort sett hela södra Sverige	Ja	Nej
Vandarmussla/ zebramussla ¹	<i>Dreissena polymorpha</i>	Sötvatten	0 - 29	Sydöstra Ryssland	Mälardalen sedan 1920-talet, nu spridd i Östergötland, Motala ström med omnejd samt Bråviken.	Ja	Nej

Referenser: ¹ [eu-listade-invasiva-frammande-arter-djur.pdf \(naturvardsverket.se\)](#), ² [GISD \(iucngisd.org\)](#), ³ [WGITMO svensk nationell rapport \(internt arbetsdokument\)](#), ⁴ [CABI Invasive Species Compendium \(www.cabi.org/ISC\)](#)

Litteratursökning

Aktuella smittor på kräftdjur

Följande kräftdjursjukdomar / patogener listas av OIE:

- Akut hepatopankreasnekros (AHPND) / orsakad av vissa stammar av *Vibrio parahaemolyticus*
- Infektiös hypodermal och hematopoietisk nekros / Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis virus (IHHNV)
- Infektiös muskelnekros / Infectious myonecrosis virus (IMNV)
- Kräftpest / *A. astaci*
- Nekrotiserande hepatopankreatit / *Hepatobacter penaei*
- Taura syndrome / Taura syndrome virus (TSV)
- Vitprickig kräftdjursjuka / White spot syndrome virus (WSSV)
- White tail disease / *Macrobranchium rosenbergii* nodavirus (MrNV)
- Yellow head disease / Yellow head virus genotyp 1 (YHV-1)

Av dessa sjukdomar är det enbart kräftpest och vitprickig kräftdjursjuka som har ett bredare värdspektrum än inom gruppen jätteräkor, och som därmed kan vara aktuella för våra endemiska kräftdjursarter.

Kräftpest

Alla arter av sötvattenskräftor anses vara mottagliga för kräftpestsvampen (*Aphanomyces astaci*), men hur hårt svampangreppet drabbar beror på kräftart. Alla endemiska kräftarter i Europa, Turkiet, främre Asien och Australien drabbas av hög dödlighet vid infektion (OIE Aquatic Manual 2021, [2.2.2 Infection with *Aphanomyces astaci* \(Crayfish plague\)](#)). I Sverige finns bara en endemisk art av sötvattenskräfta, nämligen flodkräftan, men signalkräftan är väletablerad i södra Sverige. Kräftarter hemmahörande i Nordamerika (där *A. astaci* är endemisk) infekteras men har förmågan att hålla svampen i schack då kräftornas immunförsvar kapslar in svampen i melanin redan i kräftans skal (kutikulan) och hindrar den att växa in i och döda djuret.

Förutom sötvattenskräftor är det enda andra beskrivna kräftdjuret som infekteras av kräftpest kinesisk ullhandskrabba.

Vitprickig kräftdjursjuka

Vitprickig kräftdjursjuka är A-listad av EU, vilket innebär att den anses främmande för unionen. Viruset som orsakar sjukdomen har ett mycket brett värdspektrum och kan infektera en mängd olika kräftdjursarter. Särskilt drabbade är peneida räkor, oavsett om de lever i saltvatten, brackvatten och sötvatten. Även kräftor, krabbor och humrar är mottagliga, det finns idag inga decapoda kräftdjur som visat sig motståndskraftiga mot infektion (OIE Aquatic Manual 2021, [2.2.8. Infection with white spot syndrome virus](#)). Det innebär att våra svenska kräftdjursarter måste räknas som mottagliga även om den specifika arten inte undersökts. Följande av våra endemiska arter finns omnämnda av OIE avseende mottaglighet för vitprickig kräftdjursjuka: flodkräfta, europeisk hummer och krabbtaska (*Cancer pagurus*). Krabbtaska och hummer anges som mottagliga för infektionen, men inte flodkräfta (OIE, 2016). OIE skriver att WSSV har kunnat påvisas med en specifik PCR hos flodkräfta, dock utan att en aktiv infektion kunnat konfirmeras. Den källa som OIE hänvisar till avseende att flodkräfta inte är känslig för WSSV (Jiravanichpaisal et al., 2004) motsäger dock OIE:s information. Författarna har genomfört smittförsök som visar att både signal- och flodkräfta är mottagliga för vitprickig kräftdjursjuka. Dödligheten hos

signalkräfta inträffar signifikant tidigare än för flodkräfta, men efter 14 dagar har båda arterna 100% mortalitet (Jiravanichpaisal et al., 2004).

Vitprickig kräftdjursjuka drabbar främst jätteräkor i akvakultur. Framför allt i Sydostasien där räkorna odlas i täta bestånd blir sjukdomsutbrotten förödande. På jätteräkor är dödligheten hög och infektionen är lätt att känna igen då man tydligt ser de vita fläckarna (död hud) genom räkornas tunna skal. För andra kräftdjur med hårdare, mindre genomskinliga skal kan diagnosen vara svårare att ställa utan laboratoriekonfirmering.

Ytterligare sjukdomar/patogener har identifierats under litteratursökningen avseende respektive IAS. Dessa smittor finns listade nedan under respektive IAS.

Blåskrabba (*Hemigrapsus sanguineus*) samt Småprickig penselkrabba (*Hemigrapsus takanoi*)

Naturligt utbredningsområde: västra Stilla havet, i området mellan Hong Kong och Taiwan i söder och Korea i norr, samt runt Japan (blåskrabba). Nordvästra Stilla havet (småprickig penselkrabba)

Första observation i svenska vatten: Öckerö, Göteborgs skärgård, juli 2012 (blåskrabba), Västkusten 2010 (småprickig penselkrabba)

Temperaturspann: 0 – 30°C (båda arterna)

Salinitet: Sötvatten till saltvatten (båda arterna)

Invasiv potential i Sverige (riskklass): Mycket hög (båda arterna)

Källa: *Havs- och vattenmyndighetens faktablad om främmande arter*

Relevanta patogener

Blåskrabba är mottaglig för WSSV (OIE, 2016; Infection with White spot syndrome virus (Australian government)). Information avseende känsligheten hos den närbesläktade arten småprickig penselkrabba saknas. I krabbornas naturliga habitat förekommer parasitär infektion med rotfotingar (Rhizocephala) av arterna *Polyascus polygeneus* (även benämnd *Sacculina polygenea* eller *Polyascus polygenea* i litteraturen), *Sacculina nigra* och *Sacculina senta* (McDermott, 2011). Infektion med *Polyascus polygeneus* har rapporterats i upp till 80% prevalens (Yamaguchi et al., 1994). Vi har inte kunnat hitta information om att dessa arter av rotfotingar kan infektera andra värddjur än krabbor inom genus *Hemigrapsus*. Rotfotingar kastrerar krabborna genom att reproduktionsorganen tillbakabildas hos båda könen. Hos hanar sker även en feminisering (Yamaguchi & Aratake, 1997). Undersökta blåskrabbor i USA har inte varit drabbade av rotfotingar (Keogh et al., 2017), vilket talar för att dessa parasiter inte klarar sig utanför krabbans normala utbredningsområde.

Utöver rotfotingar finns ett flertal plattmaskar samt en okarakteriserad mikrosporidie beskrivna som parasiterande på blåskrabba och småprickig penselkrabba (McDermott, 2011; Keogh et al., 2017).

Kinesisk ullhandskrabba (*Eriocheir sinensis*)

Naturligt utbredningsområde: Västra Stilla havet

Första observation i svenska vatten: 1932 (Bråviken)

Temperaturspann: Vuxna djur har en bred temperaturtolerans, från 4 – 32°C

Salinitet: Stor tolerans och kan leva både i sötvatten, brackvatten och i marina miljöer. Salthalter på 25 – 32 ppt är optimalt för att ägg och larver ska utvecklas, men om temperaturen är närmare 18°C kan det räcka med en salthalt på 15 – 20 ppt

Invasiv potential i Sverige (riskklass): Hög

Källa: *Havs- och vattenmyndighetens faktablad om främmande arter*

Relevanta patogener

Ett flertal sjukdomar har beskrivits för kinesisk ullhandskrabba. Enligt OIE är detta det enda skaldjur utöver sötvattenskräftor som är mottaglig för kräftpest ([OIE Aquatic manual, kap 2.2.8](#)). Dessutom är den mottaglig för WSSV (OIE, 2016). Ullhandskrabban är mellanvärd för den orientaliska lungmasken (*Paragonimus westermani*), en parasit som har däggdjur som slutvärd. Parasiten kallas även lungflundra, och är sugmask (klass Trematoda). Människor kan smittas genom att äta otillräckligt tillagade krabbor, och parasiten migrerar från tarmen till framför allt lungorna där den orsakar vävnadsskador och lungsäcksinflammation (Boland et al., 2011). I sällsynta fall kan parasiten infektera hjärnan hos smittade däggdjur.

Då ullhandskrabban är en viktig art inom akvakultur, framför allt i Kina, har den studerats med avseende på förekomst av olika bakterier och virus i samband med sjukdomsutbrott och dödlighet. Tre kända sjukdomar kan ge upphov till hög dödlighet, varav en är en bakteriell infektion och de andra två orsakas av virus. Tremor disease orsakas av bakterien *Spiroplasma eriocheiris* (Bi et al., 2008; Wang et al., 2004; Wang et al., 2011). Infektionen har även påvisats hos röd sumpkräfta (Bi et al., 2008). Sighs disease (efter de ”suckanden” som hörs från infekterade krabbor) orsakas av ett Nidovirus som är närbesläktat med yellow head virus som infekterar peneida räkor. Sighs disease förefaller vara en värdspecifik infektion (Cowley, 2016; Zhang & Bonami, 2007). Den andra virusorsakade sjukdomen kallas trembling disease och orsakas av *E. sinensis* reovirus 905 (EsRV905). Infektionen kan även drabba simkrabbor (Portunidae) (Flowers et al., 2016; Kibenge & Godoy, 2016; Krell, 2021).

Tidigare riskvärderingar

Ebenhard (2019) tar upp ett par tidigare riskvärderingar i sin genomgång ”Spridningsvägar för invasiva främmande arter av unionsbetydelse” där några av de kräftdjursarter som behandlats här har bedömts med avseende på risk för att sprida främmande smittor. För ullhandskrabba hänvisas till en sådan riskvärdering:

Riskanalys Sverige (ArtDatabanken 2017)

- Överföring av parasiter eller patogener: 1 (av 4) ingen känd effekt: osannolikt

Marmorkräfta (*Procambarus fallax forma virginalis*)

Naturligt utbredningsområde: Sötvattenskräfta med okänt ursprung; antingen en korsning av två frilevande arter eller genom framavlade akvariestammar

Första observation i svenska vatten: 2010, enstaka observationer sedan dess

Temperaturspann: Optimum 20 – 25°C, men den klarar att överleva i kallare vatten. Den kan gräva ner sig i dyn för att skydda sig både mot torka och kyla.

Salinitet: Sötvatten

Invasiv potential i Sverige (riskklass): Ej tillämpbar/ej riskklassificerad

Källa: [Havs- och vattenmyndighetens faktablad om främmande arter](#)

Den ursprungliga arten av marmorkräfta (*P. fallax*) förekommer i ett par vattendrag i Nordamerika (Hobbs & Horton, 1989). Hur morfotypen *P. fallax f. virginalis* uppstått är oklart, men den har förekommit inom europeisk akvaristik under lång tid. Det är den enda kända kräftdjursarten som kan föröka sig genom partenogenes (jungfrufödelse) (*Procambarus fallax f. virginalis (cabi.org)*). Förmågan till partenogenes ger arten en stor etableringspotential, då det räcker med en frisläppt honlig individ för att en population ska kunna uppstå. Uttrycket marmorkräfta kommer att användas för morfotypen *virginalis* i riskvärderingen. Om ursprungstypen omnämns kommer *P. fallax* att användas.

Relevanta patogener

Marmorkräftan kan bära på sjukdomar och/eller parasiter som kan slå hårt mot andra sötvattenskräftor, eller vara skadliga för andra arter. Marmorkräftan kan drabbas av WSSV, men verkar vara betydligt mindre studerad i detta avseende än till exempel *P. clarkii* (Infection with White spot syndrome virus (Australian government)). I likhet med andra kräftarter av amerikanskt ursprung är marmorkräftan mottaglig för infektion med kräftpest men resistent mot utveckling av sjukdom (Keller et al., 2014; Francesconi et al. 2021) och kan även drabbas av rickettsios och coccidios (*Procambarus fallax f. virginialis* (cabi.org)). Ursprungsvarianten *P. fallax* infekteras av mikrosporidien *Psorospermium* spp. (*Procambarus fallax f. virginialis* (cabi.org)), som finns i svenska vatten. Därmed bör även marmorkräftan vara potentiellt känslig för infektionen. En annan mikrosporidieart, *Cambaraspora floridanus*, har beskrivits från kräftarten *Procambarus paeninsulanus* (svenskt namn saknas), och några marmorkräftor som undersöktes i samma studie visade sig också vara infekterade (Bojko et al., 2020).

Tidigare riskvärderingar

Ebenhard (2019) tar upp en riskanalys från ArtDatabanken (2017), i sin genomgång ”Spridningsvägar för invasiva främmande arter av unionsbetydelse”, och där har man gjort följande bedömning:

- Överföring av parasiter eller patogener: 4 (av 4) stor effekt: spridning av existerande parasiter/sjukdomsalstrare till nya hotade värdarter, eller spridning av nya parasiter/sjukdomsalstrare

Röd sumpkräfta (*Procambarus clarkii*)

Naturligt utbredningsområde: Norra Mexiko och sydöstra Nordamerika

Första observation i svenska vatten: Ej påvisad

Temperaturspann: Optimum 20 – 27°C, men den klarar att överleva i kallare vatten.

Salinitet: Sötvatten

Invasiv potential i Sverige (riskklass): Mycket hög risk

Källa: *Havs- och vattenmyndighetens faktablad om främmande arter*

Relevanta patogener

Den röda sumpkräftans betydelse som livsmedel gör att den är väl studerad. Arten kan i likhet med signalkräftan bära på kräftpest och smitta endemiska arter, trots att den själv är mycket resistent mot sjukdomen. CABI anger att en av riskerna med röd sumpkräfta är att den kan bära på patogener, men listar inte fler patogener än just kräftpest (*Procambarus clarkii* (cabi.org)). Det är väl beskrivet att röd sumpkräfta är mottaglig för WSSV (se till exempel Pace et al., 2016). Röd sumpkräfta drabbas också av tremor disease, samma bakteriella sjukdom som drabbar kinesisk ullhandskrabba. Utbrott av hög dödlighet har nyligen uppmärksammats under vårsäsongen, och denna sjukdom har därför fått namnet Black May disease. Dödligheten orsakades troligen av ett virus, närbesläktat med WSSV (Hueang et al., 2021). Den röda sumpkräftans mikrobiom har börjat analyseras för att studera bakterier både som sjukdomsorsak för kräftan och som risk för konsumenten. Ett exempel är att man påvisat både *Aeromonas veronii*, och *Citrobacter freundii* i kräftornas tarmar (Feng et al., 2021). Dessa bakterier är zoonotiska, det vill säga de kan överföras mellan djur och människa.

Tidigare riskvärderingar

Ebenhard (2019) tar upp en riskanalys från ArtDatabanken (2017), i sin genomgång ”Spridningsvägar för invasiva främmande arter av unionsbetydelse”, och där har man gjort följande bedömning:

- Överföring av parasiter eller patogener: 4 (av 4) stor effekt: spridning av existerande parasiter/sjukdomsalstrare till nya hotade värdarter, eller spridning av nya parasiter/sjukdomsalstrare

Taggkindskräfta (*Faxonius limosus*, tidigare *Orconectes limosus*)

Naturligt utbredningsområde: Norra Kanadas östkust

Första observation i svenska vatten: Ej påvisad

Temperaturspann: 0 – 32°C

Salinitet: Sötvatten

Invasiv potential i Sverige (riskklass): Mycket hög risk

Källa: *Havs- och vattenmyndighetens faktablad om IAS*

Relevanta patogener

Orconectes spp. är listade som mottagliga för WSSV (Infection with White spot syndrome virus (Australian government)), vilket innebär att taggkindskräfta ska räknas som mottaglig för viruset. CABI listar patogener som ett möjligt hot vid introduktion av arten men definierar inte vilka sjukdomar som avses (*Faxonius limosus (cabi.org)*). Taggkindskräfta kan bära kräftpest och smitta endemiska kräftor (Svoboda et al., 2013).

Tidigare riskvärderingar

Ebenhard (2019) tar upp en riskanalys från ArtDatabanken (2017), i sin genomgång "Spridningsvägar för invasiva främmande arter av unionsbetydelse", och där har man gjort följande bedömning:

- Överföring av parasiter eller patogener: 4 (av 4) stor effekt: spridning av existerande parasiter/sjukdomsalstrare till nya hotade värdarter, eller spridning av nya parasiter/sjukdomsalstrare

Vitfingrad brackvattenskrabba (*Rhithropanopeus harrisi*)

Naturligt utbredningsområde: Nordamerikas östkust

Första observation i svenska vatten: 2014 (enda fyndet)

Temperaturspann: 4 – 35°C

Salinitet: Brackvatten men klarar stora variationer i salthalt (söt- till saltvatten)

Invasiv potential i Sverige (riskklass): Låg risk

Källa: *Havs- och vattenmyndighetens faktablad om främmande arter*

Relevanta patogener

Vitfingrad brackvattenskrabba kan bära på WSSV. Arten finns inte med i OIE:s listning, men både European Network on Invasive Alien Species (NOBANIS, <https://www.nobanis.org/>) och GISD (<http://www.iucngisd.org/gisd/>) anger den som en känd vektor för smittspridning av WSSV. I Invasive Species Compendium listas dessutom ett annat virus och två parasiter som artens naturliga fiender (*Rhithropanopeus harrisi (cabi.org)*). Viruset är ett baculovirus som identifierats i krabbans testiklar (Payen & Bonami, 1979), men viruset är inte väl karakteriserat och det är därmed okänt om andra arter är mottagliga. Den ena parasiten, en rotfoting (*Loxothylacus panopaei*), anses vara det största hotet mot krabban då parasitinfektionen leder till att krabban blir steril samt att den slutar växa (Alvarez et al., 1995). Parasiten tål inte salthalter <10‰ och har inte påvisats hos brackvattenskrabbor utanför deras naturliga utbredningsområde. Den förefaller också vara värdspecifik (*Rhithropanopeus harrisi (cabi.org)*). Den andra parasiten är en protozo av genus *Minchinia (Haplosporidiidae)* och har hittats i populationer av brackvattenskrabba i utanför artens naturliga utbredningsområde (Chesapeake Bay samt i Frankrike) (Marchand, 1974).

Aktuella smittor på blötdjur

Följande blötdjurssjukdomar / patogener listas av OIE:

- Infektion med Abalone herpesvirus
- Bonamios / *Bonamia exitiosa* samt *B. ostreae*
- Marteiliös / *Marteilia refringens*
- Perkinsos / *Perkinsus marinus* samt *P. olseni*
- Infektion med bakterien *Xenohaliotis californiensis*

Av dessa är det bonamios, marteiliös samt perkinsos som utifrån värdspektrum är relevanta under svenska förhållanden. De endemiska arter vi tagit hänsyn till i riskvärderingen är europeiskt/platt ostron (*Ostrea edulis*), blåmussla (*Mytilus edulis*), hjärtmussla (*Cerastoderma edule*) och Östersjömussla (*Macoma balthica*).

Bonamios

Enligt OIE ([OIE Aquatic Manual 2021, kap 2.4.3 Infection with *Bonamia ostreae*](#)) är enbart det europeiska ostronet naturligt mottaglig för infektion av parasiten *Bonamia ostreae*. Flera andra ostronarter såsom *O. angasi*, *O. chilensis* och *O. puelchana* har infekterats av parasiten när de förflyttats in i *B. ostreae*-endemiska vattenområden (Carnegie & Cochenec-Laureau, 2004). Parasiterna, som identifierades med mikroskopisk undersökning, artbestämdes dock inte med hjälp av molekylära metoder i detta arbete, så det är inte säkerställt att det rörde sig om *B. ostreae*. Experimentella studier har visat på låg infektivitet av *B. ostreae* hos *Crassostrea ariakensis* (Audemard et al., 2005), medan följande arter inte alls infekterades: *Magallana gigas*, *M. edulis*, *M. galloprovincialis*, *Ruditapes decussatus* samt *R. philippinarum* (Culloty et al., 1999). En annan artikel pekar dock mot att *M. gigas* kan vara mottagliga för *B. osterae* (Lynch et al., 2010).

Bonamia ostreae påvisades 2014 i Limfjorden, Danmark (ICES, 2015) och finns därmed nära svenska vatten.

Ostronarter som rapporterats känsliga för infektion av *B. exitiosa* enligt OIE är *O. angasi*, *O. chilensis*, *O. edulis* och *O. stentina*. DNA från *B. exitiosa* har påvisats i *M. gigas* (Lynch et al., 2010). Det är oklart om detta innebär att *M. gigas* är mottagliga för infektion med parasiten eller om ostronen plockat upp DNA genom filtrering av havsvatten. Den lokal närmast Sverige där *B. exitiosa* påvisats är Cornwall på Englands sydvästkust ([OIE Aquatic Manual 2021, kap 2.4.2 Infection with *Bonamia exitiosa*](#)).

Marteiliös

Marteilia refringens förekommer i två varianter, typ O (ostron) och typ M (musslor). Det har föreslagits att dessa i själva verket är två olika arter, och att typ M därför i stället ska benämnas *M. pararefringens* (Kerr et al., 2017). Denna uppdelning har dock inte helt accepterats. OIE vidhåller benämningen typ O och typ M och båda varianterna ingår under benämningen *Marteilia refringens* i den akvatiska manualen. Flera blötdjursarter räknas upp som naturligt mottagliga för *M. refringens*, både ostronarter (*Ostrea edulis*, *O. stentina*) och musselarter (*M. edulis*, *M. galloprovincialis*, *Xenostrobus securis*, *Solen marginatus*, *Chamelea gallina*) ([OIE Aquatic Manual 2021, kap. 2.4.4 Infection with *Marteilia refringens*](#)). I likhet med *B. ostreae* infekteras flera arter när de flyttas till områden där *M. refringens* är endemisk. Undersökta arter avseende detta är *O. angasi*, *O. chilensis*, *O. denselamellosa* och *O. puelchana* (Berthe et al., 2004). Även i dessa studier saknas karakterisering av den infekterande parasiten till artnivå. Marteilia-liknande infektioner har setts histologiskt hos bland annat musslor (*C. edule*, *Ensis minor*, *E. siliqua*, *R. decussatus*, *R. philippinarum*, *Tapes rhomboides*, *T. pullastra*) och ostron (*C. virginica*) (Berthe et al., 2004; López-Flores et al., 2008). Också i dessa fall är artidentifieringen osäker. En

senare studie har påvisat en specifik art, *M. cochillia*, hos hjärtmussla (eng. cockle) (Carrasco et al., 2013).

Marteilia refringens kan även spridas med vektorer. Flera arter inkluderade olika zooplankton (copepoder och larvstadier av krabbor (Brachyura)) samt arter inom stammarna nässeldjur (Cnidaria) och rundmaskar (Nematoda) har föreslagits kunna sprida sjukdomen mellan mollusker (OIE Aquatic Manual 2021, kap. 2.4.4 Infection with *Marteilia refringens*). Ett exempel på zooplankton är copepoden *Paracartia grani*, som kan vara bärare av både *Marteilia refringens* och *M. maurini* (Carrasco et al., 2008).

Marteilios (orsakad av *M. refringens* typ M/*M. pararefringens*) förekommer hos blåmusslor på svenska västkusten. Riskvärderingen gäller därför främst risken för introduktion och spridning av *M. refringens* typ O. Eftersom OIE inte specificerar värdspektrum utifrån variant, geografisk spridning med mera saknas information om hur nära Sveriges kust *M. refringens* typ O är påvisad. Kerr et al. (2018) påpekar dock att varianterna förefaller ha olika geografisk spridning och att typ O med största sannolikhet inte förekom norr om Frankrike vid tiden för publikationen.

Perkinsos

Crassostrea-arter verkar vara mer känsliga för *P. marinus* än andra ostron- eller musselararter. *Crassostrea virginica* är den art som drabbas hårdast av parasiten. *Crassostrea ariakensis* och *M. gigas* kan infekteras, men ofta utan större sjukdomspåverkan. Hos musselarterna *M. arenaria* och *M. balthica* har låga prevalenser (<10%) rapporteras. (OIE aquatic manual, 2021, 2.4.6. Infection with *Perkinsus marinus*).

Perkinsus olseni har ett extremt brett värdspektrum, och familjer som visats kunna infekteras är bland annat ostron och havsöron samt vissa familjer av musslor. OIE listar ett stort antal arter inklusive *M. gigas* (OIE Aquatic Manual 2021, 2.4.7. Infection with *Perkinsus olseni*). Även andra bivalva (tvåskaliga) och univalva/gastropoda (enskaliga) arter kan vara känsliga, särskilt sådana som härrör från parasitens naturliga utbredningsområden. Livslång infektion med *P. olseni* och *P. marinus* förekommer. På grund av det breda värdspektrat bör *P. olseni* ses som ett stort hot mot blötdjursbestånd (*pers. kommunikation, Ryan Carnegie, Virginia Institute of Marine Science*).

Perkinsus olseni förekommer i Sydeuropa (Portugal, Spanien, Frankrike) medan *P. marinus* än så länge bara påvisats i Nordamerika.

Ytterligare sjukdomar/patogener har identifierats under litteratursökningen. Dessa smittor finns listade nedan under respektive art.

Amerikansk trågmussla (*Rangia cuneata*)

Naturligt utbredningsområde: Mexikanska golfen

Första observation i svenska vatten: Svensksundsviken öster om Norrköping, 2016

Temperaturspann: Optimalt temperaturspann 18 – 29°C. Vuxna individer har en tolerans på 8 – 32°C men kan överleva temperaturer så låga som 1°C

Salinitet: Brackvatten

Invasiv potential i Sverige (riskklass): Låg risk

Källa: Havs- och vattenmyndighetens faktablad om främmande arter

Relevanta patogener

Totalt har fyra publikationer innehållande information om sjukdomar hos den amerikanska trågmusslan identifierats. En parasitär infektion med en plattmask av arten *Cercaria rangiae* (*Fellodistomatidae*) finns beskriven. Enligt litteraturen infekterar larvstadier av masken musslans

gonader och kastrerar den (Wardle, 1983; Rudinskaya & Gusev, 2011; Windham, 2015). Rydinskaya och Gusev skriver vidare att man identifierat ciliaterna *Ancistrum mytili* och *Peniculistoma mytili* och bedömer att detta innebär ett stort hot avseende introduktion av nya parasitarter vid spridning av amerikansk trågmussla. Författarna skriver också att trågmusslan kan härbärgera samma parasiter som blåmusslan, men hänvisar till en referens på ryska. Därmed är det oklart vilka parasitarter som avses. *Ancistrum mytili* beskrivs inte som problemorsakande men det har spekulerats kring huruvida den kan orsaka sekundär sjukdom vid stor abundans i en population (Government of Canada, dfo-mpo.gc.ca). Vandrararmusslor har hittats fästa på den amerikanska trågmusslans skal (Kornijów et al., 2018), vilket innebär att trågmusslan kan agera vektor för introduktion eller spridning av den arten.

Japanskt jätteostron / Stillahavsostrom (*Magallana gigas*)

Naturligt utbredningsområde: Japan

Första observation i svenska vatten: 2007

Temperaturspann: Vuxna individer tolererar temperaturer mellan -5 – 35°C, reproduktion sker vid 20 – 26°C

Salinitet: Saltvatten

Invasiv potential i Sverige (riskklass): Mycket hög risk

Källa: *Havs- och vattenmyndighetens faktablad om främmande arter*

Relevanta patogener

Hög dödlighet orsakad av ett virus, ostronherpesvirus microvariant (OsHV μ 1), har rapporterats från många ostronodlingar och vildlevande populationer i världen (Petton et al., 2021). Under 2014 skedde ett utbrott på den svenska västkusten. Endemiska blötdjur drabbades inte, och är troligen inte mottagliga för viruset (Mortensen et al., 2016). Ostronherpes orsakar immunosuppression hos ostronen, vilket banar väg för opportunistiska bakterier, särskilt *Vibrio* spp., som i sig kan orsaka hög dödlighet i ostronodlingar (Petton et al., 2021).

Andra organismer som kan orsaka dödlighet hos japanska jätteostron är havsborstmaskar inom släktet *Polydora* och copepoder inom släktet *Mytilicola*. En havsborstmask som orsakat dödlighet hos japanska jätteostron och som även har påträffats i svenska vatten är *Polydora websteri* (Lysekil, 2000 (<https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/frammande-arter/sok-frammande-arter/fakta/polydora-websteri.html>); SVA, 2021). *Myicola ostreae* är en copepod gälparasit som också anses kunna vara invasiv, och som har *M. gigas* som huvudvärd. Den har rapporterats infektera europiska/platta ostron i bland annat Nederländerna (*Myicola ostreae* (cabi.org)) men det finns hittills inga rapporter om observationer av parasiten i Sverige.

Det japanska jätteostronet kan också fungera som vektor för andra organismer som kan vara patogena eller som i sig kan agera vektor för patogener. Ett exempel är *Celtodoryx ciocalyptoides* (*Celtodoryx ciocalyptoides* (cabi.org)). *Celtodoryx ciocalyptoides* är en sorts tvättsvamp med ursprung i nordvästra Stilla havet. Den är inte beskriven som en patogen, men anses vara invasiv. I Europa har den påvisats i Frankrike och Nederländerna (*Celtodoryx ciocalyptoides* (cabi.org)). Ett annat exempel är copepoden *Paracartia grani* misstänks var vektor för *Marteilia refringens* och förekommer i norska vatten, där den också först beskrevs (Sars, 1904).

Nyzeeländsk tusensnäcka (*Potamopyrgus antipodarum*)

Naturligt utbredningsområde: Nya Zeeland

Första observation i svenska vatten: 1887

Temperaturspann: 0 - 28°C, kan tolerera frysgader

Salinitet: Sötvatten till saltvatten, men föredrar <15 ppt

Invasiv potential i Sverige (riskklass): Mycket hög risk

Källa: Havs- och vattenmyndighetens faktablad om främmande arter

Relevanta patogener

Nyzeeländsk tusensnäcka är värddjur åt många parasiter, exempelvis plattmaskar. Framför allt verkar arten kunna infekteras av plattmaskar som är endemiska i områden snäckan är invasiv i (Zbikowski et al., 2009).

Vandarmussla (*Dreissena polymorpha*)

Naturligt utbredningsområde: Svarta havet och Kaspiska havet.

Första observation i svenska vatten: 1926

Temperaturspann: 0 – 29°C

Salinitet: Sötvatten

Invasiv potential i Sverige (riskklass): Mycket hög risk

Källa: Havs- och vattenmyndighetens faktablad om främmande arter

Relevanta patogener

En plattmask, *Bucephalus polymorphus*, anges som vanligt förekommande hos vandarmussla, men de studier som gjorts verkar vara från ryskspråkiga områden (*Dreissena polymorpha* (cabi.org)). Vi har inte hittat någon information om huruvida denna parasit också kan infektera andra musselarter. Ett antal ytterligare parasiter på vandarmussla har studerats, samt även arter som kan använda vandarmussla som vektor för spridning till nya områden även om musslan i sig inte drabbas av sjukdom. Exempel på detta är endosymbionterna *Conchophthirus acuminatus*, *Ophryoglena* sp. och *Ancistrumina limnica* (Karatayev et al., 2003), den parasitära ringmasken *Chaetogaster limnaei* (Conn et al., 1996), de parasitära sugmaskarna *Echinoparyphium* sp./*Echinoparyphium recurvatum*, *Phyllodistomum folium*, *Bucephalus polymorphus* och *Aspidogaster* sp. (Mastitsky et al., 2010; Minguez et al., 2011; Peribáñez et al., 2006), samt de encelliga parasiterna *Haplosporidium raabei* och *Ophryoglena hemophaga* (Molloy et al., 1997, 2005, 2012).

Vandarmussla kan genom att den är en filtrerare bära med sig olika föroreningar och organismer från sin ursprungsmiljö. Den är föreslagen som sentinel-art för att screena för *Cryptosporidium* sp., *Giardia* sp. och mikrosporidier (Lucy et al., 2010).

Tidigare riskvärderingar

Ebenhard (2019) tar upp två olika riskanalyser, en norsk och en svensk, i sin genomgång ”Spridningsvägar för invasiva främmande arter av unionsbetydelse”. Där har man gjort följande bedömningar:

Riskanalys Norge (Gederaas et al. 2012):

- Vård för parasit eller sjukdomsalstrare: 1 (av 4) osannolikt

Riskanalys Sverige (ArtDatabanken 2017):

- Överföring av parasiter eller patogener: 1 (av 4) ingen känd effekt: osannolikt

Riskvärdering

Kräftdjurspatogener

Merparten av de patogener som identifierats genom litteratursökningen har antingen inte påvisats utanför IAS naturliga utbredningsområde eller förefaller vara värdspecifika. Nedan riskvärderas de patogener som i dagsläget anses vara mest relevanta för Sverige. I **Tabell IAS2** finns en sammanställning och därefter följer de olika klassningarna per patogen. Tabellens utformning har hämtats från en ekosystemstjänstanalys av von Bahr och Ivarsson (2019). Därifrån har också klassningen av geografisk spridning (regional/nationell) av de olika arterna hämtats. I klassningen av spridningsrisk av WSSV från IAS till endemisk art har signalkräftan räknats som endemisk på grund av att den länge varit etablerad i Sverige och att en introduktion av en patogen till den arten sekundärt kan få omfattande effekter på flodkräftbeståndet.

Tabell IAS2. Sammanfattande riskvärdering avseende identifierade invasiva kräftdjursarter

	Blåskrabba <i>Hemigrapsus sanguineus</i>	Kinesisk ullhandskrabba <i>Eriocheir sinensis</i>	Marmorkräfta <i>Procambarus fallax f. virginialis</i>	Röd sumprkräfta <i>Procambarus clarkii</i>	Småprickig penselkrabba <i>Hemigrapsus takanoi</i>	Taggkindskräfta <i>Faxonius limosus</i>	Vitfingrad brackvattenskrabba <i>Rhithropanopeus harrisi</i>
Geografisk spridning	Regional	Nationell	Nationell	Nationell	Regional	Regional	Regional
Sjukdom/patogen							
Kräftpest / <i>Aphanomyces astaci</i>	1	1	1	1	1	1	1
Vitprickig kräftdjursjuka / WSSV	1	1	1	1	1	1	1

Röd	Betydande negativ samlad effekt/Mycket hög risk
Orange	Negativ samlad effekt/Måttlig risk
Gul	Viss negativ samlad effekt/Låg risk men inte obefintlig
Vit	Bedöms som ofarlig/ingen negativ effekt
Grå	Känd effekt saknas men kan inte uteslutas
1	Låg osäkerhet i bedömningen
2	Måttlig osäkerhet i bedömningen
3	Hög osäkerhet i bedömningen

Kräftpest (A. Astaci)

Primär klassning av patogen (mottaglighet hos IAS)

blåskrabba, småprickig penselkrabba, vitfingrad brackvattenskrabba: 0 (ej mottaglig)
kinesisk ullhandskrabba, marmorkräfta, röd sumpkräfta, taggkindskräfta: 3

Klassning av spridningsrisk från IAS till endemisk art (mottaglighet hos endemisk art)

Flodkräfta: 3

Övriga: 0

Sammantagen riskklassning

Kinesisk ullhandskrabba, marmorkräfta och röd sumpkräfta bedöms på grund av potentialen för nationell spridning utgöra en mycket hög risk för spridning av kräftpest samt potentiellt för introduktion av nya varianter (genotyper) av patogenen. Taggkindskräftan bedöms utgöra en måttlig risk för spridning av kräftpest och introduktion av nya varianter av patogenen. Övriga riskbedömda IAS (blåskrabba, småprickig penselkrabba och vitfingrad brackvattenskrabba) är inte visat mottagliga för kräftpest samt etablerar lokala populationer och bedöms därför inte utgöra någon risk för spridning av patogenen. Osäkerheten i bedömningen är måttlig, då arterna överlever i sötvatten och därmed potentiellt kan överföra kräftpest till flodkräfta, men sannolikheten för att arterna ska återfinnas i sötvatten där flodkräftor finns är oklar.

White Spot Syndrome virus (WSSV)

Primär klassning av patogen (mottaglighet hos IAS)

Samtliga sju IAS: 3

Klassning av spridningsrisk från IAS till endemisk art (mottaglighet hos endemisk art)

flodkräfta, signalkräfta, hummer, krabbtaska: 3

Sammantagen riskklassning

Samtliga sju IAS som utvärderats bedöms innebära en mycket hög risk för introduktion och spridning av WSSV. Osäkerheten i bedömningen är låg på grund av att alla utvärderade IAS samt tre endemiska arter och en etablerad IAS är känt mottagliga för infektionen.

Blötdjurspatogener

Merparten av de patogener som identifierats genom litteratursökningen har antingen inte påvisats utanför IAS naturliga utbredningsområde eller förefaller vara värdspecifika. Nedan riskvärderas de patogener som i dagsläget anses vara mest relevanta för Sverige. I **Tabell IAS3** finns en sammanställning och därefter följer de olika klassningarna per patogen. Tabellens utformning har hämtats från en ekosystemstjänstanalys av von Bahr och Ivarsson (2019). Därifrån har också klassningen av geografisk spridning (regional/nationell) av de olika arterna hämtats.

Tabell IAS3. Sammanfattande riskvärdering avseende identifierade invasiva blötdjursarter

	Amerikansk trågmussla <i>Rangia cuneata</i>	Japanskt jätteostron <i>Magallana gigas</i>	Nyzeeländsk tusensnäcka <i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Vandramussla <i>Dreissena polymorpha</i>
Geografisk spridning	Regional	Regional	Regional	Regional
Sjukdom / patogen				
Bonamios / <i>B. ostreae</i> & <i>B. exitiosa</i>	2	3	1	1
Martelios / <i>M. refringens</i> typ O	2	3	1	1
Perkinsos / <i>P. marinus</i> & <i>P. olseni</i>	3	2	3	1

Röd	Betydande negativ samlad effekt/Mycket hög risk
Orange	Negativ samlad effekt/Måttlig risk
Gul	Viss negativ samlad effekt/Låg risk men inte obefintlig
Vit	Bedöms som ofarlig/ingen negativ effekt
Grå	Känd effekt saknas men kan inte uteslutas
1	Låg osäkerhet i bedömningen
2	Måttlig osäkerhet i bedömningen
3	Hög osäkerhet i bedömningen

Bonamios

Primär klassning av patogen (mottaglighet hos IAS)

Japanskt jätteostron: 2, övriga IAS: 1

Klassning av spridningsrisk från IAS till endemisk art (mottaglighet hos endemisk art)

Europeiskt ostron: 3

Blåmussla: 0

Hjärtmussla: 0
Östersjömussla: 0

Samman tagen riskklassning

Då enbart arter inom genus *Ostrea* anses naturligt mottagliga för bonamios bedöms de IAS som riskvärderats inte utgöra någon eller låg risk för introduktion. Osäkerheten i bedömningen är hög för japanskt jätteostron, måttlig för amerikansk trågmussla och låg för övriga arter. När det gäller japanskt jätteostron är tillgängliga data motsägelsefulla, men de verkar ha potential för att bära båda bonamia-arterna (Lynch et al., 2010; Culloty et al., 2019). Samtliga arter som listas som mottagliga i akvatiska manualen är bivalver (tvåskaliga blötdjur), varför osäkerheten avseende nyzeeländsk tusensnäcka (univalv/gastropod) har sänkts. Dessutom förekommer arten främst i söt- och brackvatten även om den tål saltvatten, vilket minskar osäkerheten ytterligare. Både amerikansk trågmussla och vandrarmussla är bivalver. Amerikansk trågmussla förekommer i brackvatten vilket är en osäkerhetsfaktor. Vandrarmussla förekommer enbart i sötvatten, varför osäkerheten i bedömningen anses låg.

Marteilios (*Marteilia refringens* typ O)

Primär klassning av patogen (mottaglighet hos IAS)

Samtliga fyra IAS: 1

Klassning av spridningsrisk från IAS till endemisk art (mottaglighet hos endemisk art)

Europeiskt ostron: 3

Blåmussla: 0

Hjärtmussla: 0

Östersjömussla: 0

Ingen av de IAS som ingår i denna riskvärdering har hittills visats mottaglig för marteilios. Japanskt jätteostron kan agera vektor för *P. grani* som finns i norska vatten och som kan bära på *M. refringens*. Därmed klassas risken för introduktion med japanskt jätteostron som låg men inte obefintlig. Övriga arter bedöms inte utgöra någon risk för introduktion och spridning av patogenen beroende på att de förekommer i söt- och brackvatten. Osäkerheten i bedömningen är hög avseende japanskt jätteostron, och låg avseende övriga arter. Både risken för introduktion och osäkerheten i bedömningen grundas på avsaknaden av data avseende mottaglighet. Samtliga arter som listas i akvatiska manualen är bivalver (tvåskaliga blötdjur). Nyzeeländsk tusensnäcka är en univalv/gastropod art och förekommer enbart i söt- och brackvatten, vilket minskar osäkerheten i bedömningen. Både amerikansk trågmussla och vandrarmussla är bivalver. Amerikansk trågmussla förekommer i brackvatten vilket är en osäkerhetsfaktor. Vandrarmussla förekommer enbart i sötvatten, varför osäkerheten i bedömningen anses låg.

Perkinsos

Primär klassning av patogen (mottaglighet hos IAS)

Japanskt jätteostron: 3

Amerikansk trågmussla, nyzeeländsk tusensnäcka, vandrarmussla: 1

Klassning av spridningsrisk från IAS till endemisk art (mottaglighet hos endemisk art)

Europeiskt ostron: 1

Blåmussla: 1

Hjärtmussla: 1

Östersjömussla: 3

Amerikansk trågmussla och japanskt jätteostron bedöms utgöra en måttlig risk för introduktion av perkinos till bestånd av ostron, blåmusslor och hjärtmusslor (framför allt smitta med *P. olsenii*) samt Östersjömussla. Trots det svenska namnet Östersjömussla finns nämligen arten på västkusten och även i Nordatlanten, och därmed i områden där *M. gigas* kan och har etablerat sig. För nyzeeländsk tusensnäcka bedöms risken som låg och för vandrarmussla anses ingen risk föreligga. Osäkerheten i bedömningen är hög avseende amerikansk trågmussla och nyzeeländsk tusensnäcka, när det gäller *P. olsenii*. Detta på grund av att det finns oklarheter i värdspektrum för parasiten, både avseende IAS och våra endemiska arter. Både amerikansk trågmussla och nyzeeländsk tusensnäcka förekommer i Frankrike, där också *P. olsenii* finns, vilket ger potential för infektion om arterna är mottagliga. En osäkerhetsfaktor är också att vi inte vet om svenska västkusten har något mynningsområde med lämpliga förutsättningar för att arterna skulle kunna etableras och överföra eventuell smitta till endemiska arter. För *P. marinus* bedöms risken för introduktion som i princip noll och osäkerheten i bedömningen som låg på grund av att parasiten i princip enbart förekommer på *C. virginica*, även om parasiten och trågmusslor förekommer i samma vatten i trågmusslans ursprungliga utbredningsområde (*pers. kommunikation, Ryan Carnegie, Virginia Institute of Marine Science*). Osäkerheten i bedömningen är måttligt avseende japanskt jätteostron, främst baserat på oklarheter i mottaglighet hos våra endemiska arter. Vandarmussla förekommer enbart i söt- eller brackvatten, varför osäkerheten i bedömningen trots allt anses låg.

DISKUSSION

Urvalet av IAS har gjorts utifrån arter som påvisats i Sverige eller i vårt närområde. Det kommer med all säkerhet rapporteras fynd av andra främmande vattenlevande arter framöver. Dessutom kan nya fakta avseende mottaglighet för olika kända eller nya patogener tillkomma. Vi anser därför att detta bör vara ett levande dokument som uppdateras vid behov eller med ett visst intervall.

Då det totala antalet beskrivna patogener är stort och mycket skiftande för de olika IAS som behandlas här, och mängden tillgänglig information om dessa patogener är väldigt varierande, har vi valt att enbart riskvärdera de patogener som tas upp i OIE:s akvatiska manual som särskilt viktiga infektioner hos kräft- och blötdjur, och som kan vara relevanta för Sverige.

För kräftdjur är kräftpest och WSSV de patogener som SVA anser är mest akuta att övervaka. Kräftpest får klassningen ”betydande negativ samlad effekt/mycket hög risk” och ”låg osäkerhet” i bedömningen för alla invasiva sötvattenskräftarter. WSSV får samma bedömning, men för alla invasiva kräftdjursarter. Kräftpest är sedan länge introducerad i Sverige, och etablerad inom ett stort område i södra och mellersta delarna av landet. Den fortsätter att sprida sig till nya, tidigare fria, områden, och utgör det störta hotet mot den endemiska flodkräftan. Nya introduktioner av sötvattenskräftor, inklusive signalkräfta eller av ullhandskrabbor, riskerar att ytterligare försvåra situationen.

För blötdjur anser SVA bonamios, marteilios och perkinsos vara mest relevanta för Sverige. Här är bedömningen betydligt mer osäker på grund av att vi inte kan hitta fullständig information om huruvida de invasiva blötdjursarter som ingår i riskvärderingen kan smittas av sjukdomarna. Vi bedömer att japanska jätteostron totalt sett innebär den största risken då de är mottagliga för perkinsos, potentiellt kan infekteras av bonamios samt kan härbärgera vektorer för marteilios. Marteilia-liknande infektioner utan artbestämning har visats hos bland annat hjärtmussla och hos *Crassostrea virginica* (Berthe et al., 2004; López-Flores et al., 2008). *Marteilia refringens* har dock aldrig påvisats hos hjärtmussla, utan man har artbestämt hjärtmusslans *Marteilia* till *M. cochillia* (Carrasco et al., 2013). Vi bedömer därför inte att det finns någon risk för spridning av *M. refringens* till den arten. *Perkinsus olsenii* har ett brett värdspektrum, och bedömningen blir

därför mycket osäker avseende arter som inte har undersökts. Samtidigt bör den patogenen alltid ses som ett stort hot mot blötdjursbestånd på grund av den sannolikt kan infektera de flesta blötdjursarter (*pers. kommunikation, Ryan Carnegie, Virginia Institute of Marine Science*). Både amerikansk trågmussla och nyzeeländsk tusensnäcka föredrar en salinitet <15 ppt, och skulle potentiellt kunna förekomma i mynningsområden på västkusten. Vandrarmusslan behöver sötvatten och torde inte utgöra en risk för introduktion av någon av dessa tre marina sjukdomar.

Vi har gått igenom tillgänglig information som finns samlad av några större organisationer (the Global Invasive Species Database, AquaNIS och CABI Invasive species. Information avseende vissa patogener och för vissa IAS kunde identifieras där. Som komplettering har vi sökt i PubMed och via direkt googling, eftersom många av de tidskrifter som publicerar artiklar om vattenlevande organismer inte är indexerade i PubMed. Ett annat observandum är att litteratur om vissa ordningar / klasser av vattenlevande parasiter främst verkar ha publicerats i ryskspråkiga tidskrifter, och dessa har vi inte kunnat läsa.

För de flesta arter av invasiva kräft- eller blötdjur är infektionsspektrat lite studerat. De enda egentliga undantagen är arter som hålls i akvakultur. Sådana undantag är kinesisk ullhandskrabba (*Eriocheir sinensis*) och röd sumpkräfta (*Procambarus clarkii*), som är mycket viktiga arter inom akvakultur i vissa länder i Asien, framför allt i Kina. Sjukdomsutbrott som rapporteras från akvakulturanläggningar kan dock ge en missvisande bild för arten som helhet/vilda populationer, då problemen ofta är korrelerade till djurhållning (täta bestånd och med starkt fokus på tillväxt och produktion vilket ger suboptimala förhållanden för sjukdomsfrihet). Samtidigt kan vilda populationer kan drabbas hårt av sjukdom och massdöd utan att detta uppmärksammas av forskare eller allmänheten.

Nya parasiter rapporteras ständigt, och ännu fler kommer att kunna identifieras med nya tekniker som massiv parallellsekvensering av olika provtyper, och som har fått en allt större användning. Det finns ännu bara ett fåtal publicerade studier som använder dessa tekniker (Amarasiri et al., 2021) men på DNAquaNets konferens våren 2021 presenterades många pågående studier (<https://symposium.inrae.fr/dnaqua-conference-evian2021>). De patogener som rapporterats infektera IAS och som vi redovisar här utgör med största sannolikhet bara toppen på ett isberg. Vad som i framtiden kommer att vara de stora utmaningarna avseende att förhindra introduktion/spridning av patogener med invasiva främmande kräft- eller blötdjursarter går inte att sja om.

Ett intressant resonemang som framkommit i några artiklar är huruvida invasiva arter har en fördel i sin nya miljö om de inte bär med sig patogener som drabbar dem inom deras endemiska utbredningsområde. Ett exempel är de rotfotingar som blåskrabba och småprickig penselkrabba kan vara hårt drabbade av, men som inte påvisats i de områden där krabborna är invasiva. De skulle då kunna slippa de begränsningar i tillväxt, försvagat immunsystem, sjukdom och död som parasiter, bakterier eller virus orsakar hos sin värd. En sådan fördel kan dock starkt motverkas om det finns endemiska patogener som kan infektera den invasiva arten, då denna troligen har betydligt svårare att hantera en sådan infektion (Keogh et al., 2017). Vi hoppas att mer forskning relaterat till denna typ av frågeställningar publiceras framöver.

I den här riskvärderingen har vi främst fokuserat på patogener som är främmande för Sverige. Undantaget är kräftpest, som numera är endemisk och har haft fruktansvärda konsekvenser för Sverige. Ytterligare en endemisk infektion har identifierats, nämligen infektion med *Psorospermium* sp. hos ursprungsvarianten av marmorkräfta (*P. fallax*). *Psorospermium* sp. är relativt vanligt förekommande hos flodkräftor i Sverige, men parasitläktet är mycket litet studerat och genetisk information saknas. Huruvida det är samma art som påvisats hos *P. fallax* som hos

kräftor i Sverige vet vi inte. Vi har inte tagit hänsyn till den infektionen i riskvärderingen då den inte anses utgöra någon stor risk för flodkräftor, som är den mottagliga endemiska arten. I övrigt är det svårt att sja om vilka endemiska patogener som skulle kunna drabba IAS, med undantag för *Vibrio* spp. (se nedanstående stycke). Därmed är det också svårt att göra en riskvärdering, men man bör ha i åtanke att endemiska patogener potentiellt kan få en ökad spridning till följd av att en ny värd uppträder i miljön.

En aspekt avseende infektioner som inte inkluderats i riskvärderingen är potentialen för att vissa infektioner sänker IAS immunförsvar och gör dem mer mottagliga för sekundära infektioner. Där är ett exempel ostromherpesvirus som ger immunosuppression hos japanska jätteostron och banar väg för opportunistiska bakterier. Ostromherpes i sig utgör ingen risk för våra endemiska bestånd men en kraftig uppförökning av bakterier som till exempel *Vibrio aesturianus* hos japanska jätteostron skulle kunna få negativa konsekvenser för bestånd i närområdet av utbrottet.

Invasiva främmande arter kan inte bara föra med sig patogener, det finns även beskrivet att arter med invasiv potential kan "lifa" med andra invaderande arter. Ett exempel är amerikansk trågmussla, som kan bära vandrarmusslor på sina skal. Trågmusslan härstammar från Mellanamerika, och vandrarmusslan från Ryssland. I en studie från Polen, dit båda arterna spridit sig och betraktas som invasiva, kunde man observera vandrarmussla som epibiont på trågmusslor (Kornijów et al., 2018). De biologiska konsekvenserna av detta är oklara, kanske utgör epibionterna en hämnade faktor för trågmusslan, genom att försvåra för dem att gräva ner sig, eller öka risken för att de blir uppätta av fiskar. Likaså beskrivs japanska jätteostron som vektor för två andra invasiva arter, en tvättsvamp och en copepod gälparasit (www.cabi.org/ISC). Flera sådana möten mellan invasiva främmande arter kommer säkerligen att beskrivas framöver.

Slutligen finns anledning att fundera över huruvida lungflundran skulle kunna göra inträde i Sverige som humanpatogen via kinesiska ullhandskrabbor i våra vatten. En riskvärdering har inte gjorts, dels därför att fokus för denna riskvärdering var kräftdjurs- och blötdjurspatogener, dels därför att en sådan riskvärdering bör göras i samarbete med Folkhälsomyndigheten och SLU för att täcka upp humana, veterinära och biologiska aspekter. Kinesisk ullhandskrabba konsumeras inte i Sverige, men upphittade exemplar hanteras, och vi vet inte om endemiska krabbor har möjlighet att agera mellanvärd. Ytterligare mellanvärdar krävs i parasitens livscykel, och vi vet inte om liknande arter i vår endemiska fauna kan ta över den rollen eller inte.

SLUTSATS

De utvärderade invasiva kräftdjursarterna bedöms innebära en överhängande risk för introduktion och spridning av vitprickig kräftdjursdjuka, och en del av dem innebär även en överhängande risk för vidare spridning av kräftpest. Övriga identifierade patogener är mer svårbedömda. De utvärderade invasiva blötdjursarterna bedöms innebära en låg eller obefintlig risk för introduktion av bonamios, marteilios och perkinsos. Osäkerheten i den bedömningen är dock relativt hög eftersom data saknas.

Bristen på data gör att detta bör vara ett levande dokument som uppdateras med jämna mellanrum eller vid behov, till exempel om nya rön avseende någon IAS eller patogen framkommer.

REFERENSER

- Alvarez, F., Hines, A.H., Reaka-Kudla, M.L. (1995). The effects of parasitism by the barnacle *Loxothylacus panopaei* (Gissler) (Cirripedia: Rhizocephala) on growth and survival of the host crab *Rhithropanopeus harrisii* (Gould) (Brachyura: Xanthidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 192 (2): 221-232
- Amarasiri, M., Furukawa, T., Nakajima, F., Sei, K. (2021). Pathogens and disease vectors/hosts monitoring in aquatic environments: Potential of using eDNA/eRNA based approach. *Science of the Total Environment* 796: 148810.
- Audemard, C., Carnegie, R.B., Stokes, N.A., Burreson, E.M., Bishop, M.J. (2005). Salinity effects on the susceptibility to and persistence of *Bonamia ostreae* and *Bonamia* sp. in *Crassostrea ariakensis*. *Journal of Shellfish Research* 24: 639
- Berthe, F.C.J., Le Roux, F., Adlard, R.D., Figueras, A. (2004). Marteiliosis in molluscs: A review. *Aquatic Living Resources* 17: 433-448
- Bi, K., Huang, H., Gu, W., Wang, J., Wang, W. (2008). Phylogenetic analysis of spiroplasmas from three freshwater crustaceans (*Eriocheir sinensis*, *Procambarus clarkia* and *Penaeus vannamei*) in China. *Journal of Invertebrate Pathology* 99: 57-65
- Bojko, J., Behringer, D.C., Moler, P., Stratton, C.E.L., Reisinger, L. (2020). A new lineage of crayfish-infecting Microsporidia: The *Cambaraspora floridanus* n. gen. n. sp. (Glugeida: Glugeidae) complex from Floridian freshwaters (USA). *Journal of Invertebrate Pathology* 171: 107345
- Boland, J.M., Vaszar, L.T., Jones, J.L., Mathison, B.A., Rovzar, M.A., Colby, T.V., Leslie, K.O., Tazelaar, H.D. (2011). Pleuropulmonary infection by *Paragonimus westermani* in the United States: a rare cause of Eosinophilic pneumonia after ingestion of live crabs. *American Journal of Surgical Pathology* 35(5): 707-713
- Carnegie, R.B., Cochenne-Laureau, N. (2004). Microcell parasites of oysters: Recent insights and future trends. *Aquatic Living Resources* 17: 519-528
- Carrasco, N., Arzul, I., Chollet, B., Robert, M., Joly, J.P., Furones, M.D., Berthe, F.C. (2008). Comparative experimental infection of the copepod *Paracartia grani* with *Marteilia refringens* and *Marteilia maurini*. *Journal of Fish Diseases* 31(7): 497-504
- Carrasco, N., Hine, P.M., Durfort, M., Andree, K.B., Malchus, N., Lacuesta, B., González, M., AnaRoque, A., Rodgers, C., Furones, M.D. (2013). *Marteilia cochillia* sp. nov., a new *Marteilia* species affecting the edible cockle *Cerastoderma edule* in European waters. *Aquaculture* 412-413: 223-230
- Conn, D.B., Ricciardi, A., Babapulle, M.N., Klein, K.A., Rosen, D.A (1996). *Chaetogaster limnaei* (annelida: oligochaeta) as a parasite of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*, and the quagga mussel *Dreissena bugensis* (mollusca: bivalvia). *Parasitology Research* 82 (1): 1-7
- Cowley, J.A. (2016). Nidoviruses of Fish and Crustaceans. I: *Aquaculture Virology*, kap 32: 443-472. Elsevier, ISBN 978-0-12-801573-5
- Culloty, S.C., Novoa, B., Pernas, M., Longshaw, M., Mulcahy, M., Feist, S., Figueras, A. (1999). Susceptibility of a number of bivalve species to the protozoan parasite *Bonamia ostreae* and their ability to act as vectors for this parasite. *Diseases of Aquatic Organisms* 37: 73-80
- Ebenhard, T. (2019): Spridningsvägar för invasiva främmande arter av unionsbetydelse. Redovisning av uppdrag från Naturvårdsverket, NV-04839-17. Centrum för Biologisk mångfald, SLU, skriftserie nr 110. ISBN: 978-91-88083-19-7 https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/cbm/skrifter-publikationer/ias-rapport-ebenhard_190515.pdf
- Feng, Y., Li, M., Duan, H., Li, L., Ouyang, P., Chen, D., Geng, Y., Huang, X., Yang, S., Yin, L., Jiang, J., Zhang, X. (2021). Microbial analysis reveals the potential colonization of pathogens in the intestine of crayfish (*Procambarus clarkii*) in traditional aquaculture environments. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 224: 112705
- Flowers, E.M., Bachvaroff, T.R., Warg, J.V., Neill, J.D., Killian, M.L., Vinagre, A.S., Brown, S., Almeida, A.S., Schott, E.J. (2021). Genome sequence analysis of CsRV1: A pathogenic reovirus that infects the Blue crab *Callinectes sapidus* across its trans-hemispheric range. *Frontiers in Microbiology* 7: 126

- Francesconi, C., Makkonen, J., Schrimpf, A., Jussila, J., Kokko, H., Thessinger, K. (2021). Controlled infection experiment with *Aphanomyces astaci* provides additional evidence for latent infections and resistance in freshwater crayfish. *Frontiers in Ecology and Evolution*
<https://doi.org/10.3389/fevo.2021.647037>
- HaV (2016). Risk assessment of American lobster (*Homarus americanus*). Swedish Agency for Marine and Water Management Report 2016:4. ISBN 978-91-87967-09-2. [FULLTEXT01.pdf](#) ([diva-portal.org](#))
- Hobbs, Jr., Horton H. (1989). An Illustrated Checklist of the American Crayfishes (Decapoda: Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae), *Smithsonian Contributions to Zoology* no. 480
- Huang, P., Shen, G., Gong, J., Zhu, M., Wang, Y., Zhang, X., Hashimu Ame, K., Zang, Y., Shen, H. (2021). A novel Dicistro-like virus discovered in *Procambarus clarkii* with "Black May" disease. *Journal of Fish Diseases* 44(6): 803-810
- ICES. (2015). Report of the Working Group on Pathology and Diseases of Marine Organisms (WGPDMO), 24–28 February 2015, Helsinki, Finland. *ICES CM* 2015/SSGHIE:01 1–124
- Jiravanichpaisal, P., Söderhäll, K., Söderhäll, I. (2004). Effect of water temperature on the immune response and infectivity pattern of white spot syndrome virus (WSSV) in freshwater crayfish. *Fish & Shellfish Immunology* 17: 265–275
- Karatayev, A.Y., Mastitsky, S.E., Burlakova, L.E., Molloy, D.P., Vezhnovets, G.G. (2003). Seasonal dynamics of endosymbiotic ciliates and nematodes in *Dreissena polymorpha*. *Journal of Invertebrate Pathology* 83(1): 73-82
- Keller, N.S., Pfeiffer, M., Roessink, I., Schulz, R., Schrimpf, A. (2014). First evidence of crayfish plague agent in populations of the marbled crayfish (*Procambarus fallax forma virginalis*). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 414: 15. DOI: 10.1051/kmae/2014032
- Keogh, C.L., Miura, O., Nishimura, T., Byers, J.E. (2017). The double edge to parasite escape: invasive host is less infected but more infectable. *Ecology* 98(9): 2241-2247
- Kerr, R., Ward, G.M., Stentiford, G.D., Alfjorden, A., Mortensen, S., Bignell, J.P., Feist, S.W.A. Villalba, A., Carballal, M.J., Cao, A., Arzul, I., Ryder, D., Bass, D. (2018). *Marteilia refringens* and *Marteilia pararefringens* sp. nov. are distinct parasites of bivalves and have different European distributions. *Parasitology* 145(11): 1483–1492. doi: 10.1017/S003118201800063X
- Kibenge, F.S.B., Godoy, M.G. (2016). Reoviruses of Aquatic Organisms. I: *Aquaculture Virology*, kap 14: 205-236. Elsevier, ISBN 978-0-12-801573-5
- Krell, P.J. (2021). Reoviruses of Invertebrates (Reoviridae). I: *Encyclopedia of Virology*, 4e upplagan: 867- 882. Elsevier, ISBN 978-0-12-814516-6; <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814515-9.00084-9>
- Kornijów, R., Pawlikowski, K., Drgas, A., Rolbiecki, L., Rychter, A. (2018). Mortality of post-settlement clams *Rangia cuneata* (Mactridae, Bivalvia) at an early stage of invasion in the Vistula Lagoon (South Baltic) due to biotic and abiotic factors. *Hydrobiologia* 811: 207–219
- López-Flores, I., Robles, F., Valencia, J.M., Grau, A., Villalba, A., de la Herrán, R., Garrido-Ramos, M.A., Ruiz-Rejón, C., Ruiz-Rejón, M., Navas, J.I. (2008). Detection of *Marteilia refringens* using nested PCR and in situ hybridisation in *Chamelea gallina* from the Balearic Islands (Spain). *Diseases of Aquatic Organisms* 82(1): 79-87
- Lucy, F.E., Connolly, M., Graczyk, T.K., Tamang, K., Sullivan, M.R., Mastitsky, S.E. (2010). Zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) are effective sentinels of water quality irrespective of their size. *Aquatic Invasions* 5(1): 49-57
- Lynch, S.A., Abollo, E., Ramilo, A., Cao, A., Culloty, S.C., Villalba, A. (2010). Observations raise the question if the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, can act as either a carrier or a reservoir for *Bonamia ostreae* or *Bonamia exitiosa*. *Parasitology* 137(10):1515-1526. doi: 10.1017/S0031182010000326.
- Marchand, J. (1974). Présence de *Michinia* sp. (Haplosporida - Haplosporidiiidae) chez le xanthide *Rhithropanopeus harrisi* (Gould) tridentatus (Maitland) dans le Canal de Caen à la Mer. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* 38(2): 209-213
- Mastitsky, S.E., Veres, J.K. (2010). Field evidence for a parasite spillback caused by exotic mollusc *Dreissena polymorpha* in an invaded lake. *Parasitology Research* 106(3): 667-675

- McDermott, J.J. (2011). Parasites of shore crabs in the genus *Hemigrapsus* (Decapoda: Brachyura: Varunidae) and their status in crabs geographically displaced: a review. *Journal of Natural History* 45: 2419–2441
- Minguez, L., Molloy, D.P., Guérold, F., Giambérini, L. (2011). Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) parasites: potentially useful bioindicators of freshwater quality? *Water Research* 45 (2): 665-673
- Molloy, D.P., Karatayev, A.Y., Burlakova, L.E., Kurandina, D.P., Laruelle, F. (1997). Natural enemies of zebra mussels: Predators, parasites, and ecological competitors. *Reviews in Fisheries Science* 5: 27-97
- Molloy, D.P., Lynn, D.H., Giamberini, L. (2005). *Ophryoglena hemophaga* n. sp. (Ciliophora: Ophryoglenidae): a parasite of the digestive gland of zebra mussels *Dreissena polymorpha*. *Diseases of Aquatic Organisms* 65(3): 237-243
- Molloy, D.P., Giamberini, L., Stokes, N.A., Burreson, E.M., Ovcharenko, M.A. (2012). *Haplosporidium raabei* n. sp. (Haplosporidia): a parasite of zebra mussels, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). *Parasitology* 139(4): 463-477
- Mortensen, S., Strand, Å., Bodvin, T., Alfjorden, A., Skår, C.K., Jelmert, A., Aspán, A., Sælemyr, L., Naustvoll, L.J., Albretsen, J. (2016). Summer mortalities and detection of ostreid herpesvirus microvariant in Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Sweden and Norway. *Diseases of Aquatic Organisms* 117(3): 171-176
- OIE (2016). Report of the meeting of the OIE *Ad Hoc* group on susceptibility of crustacean species to infection with OIE listed diseases. Paris, 1-3 Juni. <https://www.oie.int/app/uploads/2021/10/a-ahg-susceptibility-of-crustaceans-june-2016.pdf>
- Pace, B.T., Hawke, J.P., Subramanian, R., Green, C.C. (2020). Experimental inoculation of Louisiana red swamp crayfish *Procambarus clarkii* with white spot syndrome virus (WSSV). *Diseases of Aquatic Organisms* 120(2): 143-150
- Payen, G.G., Bonami, J.R. (1979). Mise en évidence de particules d'allure virale associées aux noyaux des cellules mésodermiques de la zone germinative testiculaire du crabe *Rhithropanopeus harrisi* (Gould) (Brachyura, Xanthidae). *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* 43: 361-365
- Peribáñez, M.A., Elrío, M.L., Gracia, M.J., Fernández de Luco, D., Castillo, J.A., Lucientes, J., Cia, I. (2006). *Phyllodistomum folium* (Trematoda: Gorgoderidae) infecting zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in the Ebro River, Spain. *Parasitology International* 55(2): 143-145
- Petton, B., Destoumieux-Garzón, D., Pernet, F., Toulza, E., de Lorgetil, J., Degremont, L., Mitta, G. (2021). The Pacific Oyster Mortality Syndrome, a Polymicrobial and Multifactorial Disease: State of Knowledge and Future Directions. *Frontiers in Immunology* 12: 630343.
- Sars, G.O. (1904). Description of *Paracartia grani*, G.O. Sars, a peculiar calanoid occurring in some oysterbeds of western Norway. *Bergens Museums Aarbog* 4: 1-16
- Svoboda, J., Kozubíková-Balcarová, E., Kouba, A., Buřič, M., Kozák, P., Diéguez-Uribeondo, J., Petrusek, A. (2013). Temporal dynamics of spore release of the crayfish plague pathogen from its natural host, American spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*), evaluated by transmission experiments. *Parasitology* 140(6): 792-801
- Stebbing, P.D., Pond, M.J., Peeler, E., Small, H.J., Greenwood, S.J., Verner-Jeffreys, D. (2012). Limited prevalence of gaffkaemia (*Aerococcus viridans* var. *homari*) isolated from wild-caught European lobsters *Homarus Gammarus* in England and Wales. *Diseases of Aquatic Organisms* 100: 159-167
- Stentiford, G.D., Neil, D.M., Peeler, E.J., Shields, J.D., Small, H.J., Flegel, T.W., Vlak, J.M., Jones, B., Morado, F., Moss, S., Lotz, J., Bartholomay, L., Behringer, D.C., Hauton, C., Lightner, D.V. (2012). Disease will limit future food supply from the global crustacean fishery and aquaculture sectors. *Journal of Invertebrate Pathology* 110(2): 41-157
- SVA (2021). Hälsoövervakning av vildlevande fisk, kräftdjur och blötdjur 2020. Del 8. Invasiva främmande arter: 125-132. [rapport-hälsoövervakning-av-vildlevande-fisk-kräftdjur-och-blötdjur-2020.pdf](https://sva.se/rapport-hälsoövervakning-av-vildlevande-fisk-kräftdjur-och-blötdjur-2020.pdf) (sva.se)
- Von Bahr, E., Ivarsson, M. (2019). Ekosystemanalys av invasiva främmande arter. Rapport till Havs- och vattenmyndigheten. COWI AB

- Yamaguchi, T., Tokunaga, S., Aratake, H. (1994). Contagious infection by the rhizocephalan parasite *Sacculina* sp. in the grapsid crab *Hemigrapsus sanguineus* (De Haan). *Crustacean Research* 23: 89–119
- Yamaguchi, T., Aratake, H. (1997). Morphological modifications caused by *Sacculina polygenea* in *Hemigrapsus sanguineus* (De Haan) (Brachyura: Grapsidae). *Crustacean research* 26: 125-145
- Zbikowski, J., Zbikowska, E. (2009). Invaders of an invader - trematodes in *Potamopyrgus antipodarum* in Poland. *Journal of Invertebrate Pathology* 101(1): 67-70
- Zhang, S., Bonami, J.R. (2007). A roni-like virus associated with mortalities of the freshwater crab, *Eriocheir sinensis* Milne Edwards, cultured in China, exhibiting “sighs disease” and black gill syndrome. *Journal of Fish Diseases* 30: 181-186
- Wang, W., Wen, B., Gasparich, G.E., Zhu, N., Rong, L., Chen, J., Xu., Z. (2004). A Spiroplasma associated with tremor disease in the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). *Microbiology* 150: 3035–3040
- Wang W., Wei, G., Gasparich G.E, Bi, K., Ou, J., Meng, Q., Liang, T., Feng, Q., Zhang, J., Zhang, Y. (2011). *Spiroplasma eriocheiris* sp. nov., associated with mortality in the Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 61: 703-708