



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND



Rapuruton leviäminen jokiravuiissa - Ensimmäiset laskennalliset mallit

Kansalliset kalatutkimuspäivät 2025

1.4.2025 /Jyväskylä

Mikko Koivu-Jolma

Itä-Suomen yliopisto/Helsingin yliopisto

Sisällys

- Lähtökohta: Kuka tekee ja mitä?
- Millaiset mallit saimme aikaan?
- Mitä mallit kertoivat?
- Mitä sitten?
- Yhteenveto



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND





UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND



Kuka tekee ja mitä?



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND



Projekti ja ryhmä

- Itä-Suomen yliopiston väitöstutkimus
- Ryhmässä allekirjoittaneen lisäksi
 - Anssi Vainikka (UEF)
 - Raine Kortet (UEF)
 - Veijo Kaitala (HY)
- Tähän mennessä kaksi julkaisua aiheesta
- Tietävästi ensimmäiset laskennalliset mallit rapuruton leviämisestä (Bozzuto et al. (2024) julkaisivat eko-epidemiologisen, parametrisoimattoman mallin näiden kahden välissä)



Lähtökohta, eli rapurutto

- *A. astaci* on alun perin pohjoisamerikkalaisten rapujen loinen
- Levinnyt laajalti Euroopassa
- *A. astacin* eri kantojen virulenssi eli taudin aiheuttama haitta vaihtelee
- Leviää yksittäisessä vesistössä pääasiassa veden välityksellä
- Leviäminen vesistöstä toiseen usein joko täpläravun istutusten, vaellusten tai saastuneiden pyyntivälineiden myötä
- Loinen voi hyödyntää isäntäeliötä myös isännän kuoleman jälkeen.
- *A. astacin* itiöntuotanto on suurimmillaan juuri ennen isännän kuolemaa ja jonkin aikaa tämän jälkeen.
- Vaikka loinen tappaisi koko paikallisen rapupopulaation, raadot jatkavat itiöiden tuotantoa.



Mitä tiedämme?

- Paljon prevalenssidataa
- Jonkin verran dynaamikkadataa luonnosta
 - Isännän elinkaari (osin tarkempaa, osin summittaisempaa)
- Jonkin verran laboratoriodataa
 - Parasiitin elinkaari
 - Parasiitin lisääntyminen (vertikaalinen tartunta?)
 - Parasiitin selviäminen (sensuroitu oikealta, saattaa haitata)
 - Isännän käyttäytyminen
 - Isännän selviäminen (sensuroitu oikealta, usein ei haittaa)



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

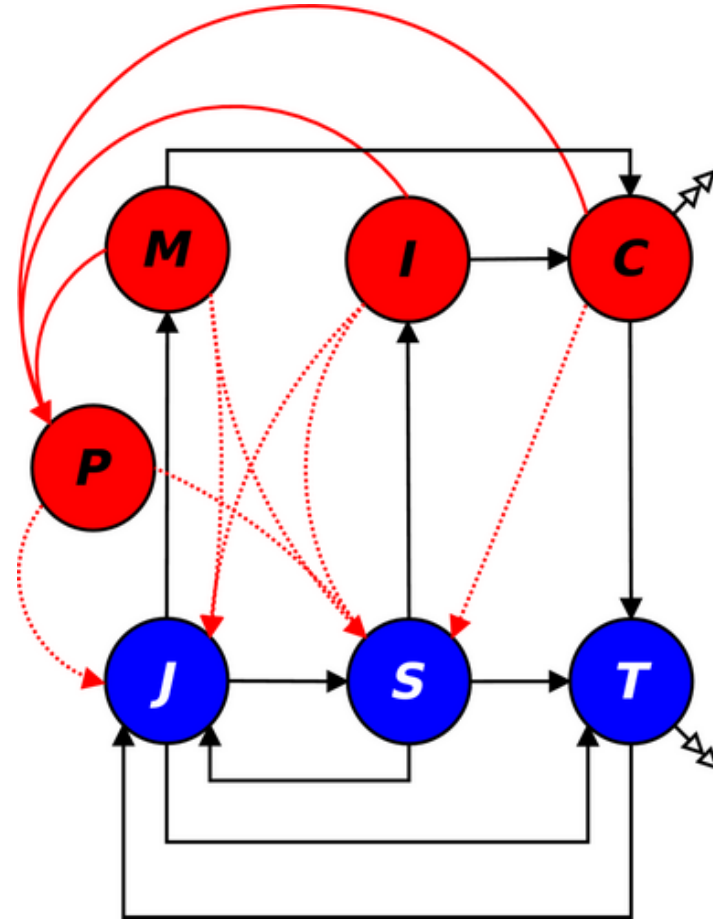


Millaiset mallit saimme aikaan?



Malli 1 (jatkuva malli)

- Pitkä aikaväli
- Puhtaasti ekologinen malli
- Ravulla kaksi ikä-/kokoluokkaa
- Lisäksi infektiiviset ja puhtaat raadot
- Parasiitti-itiöt oma luokkansa
- Jatkuva malli -> tasapainotila

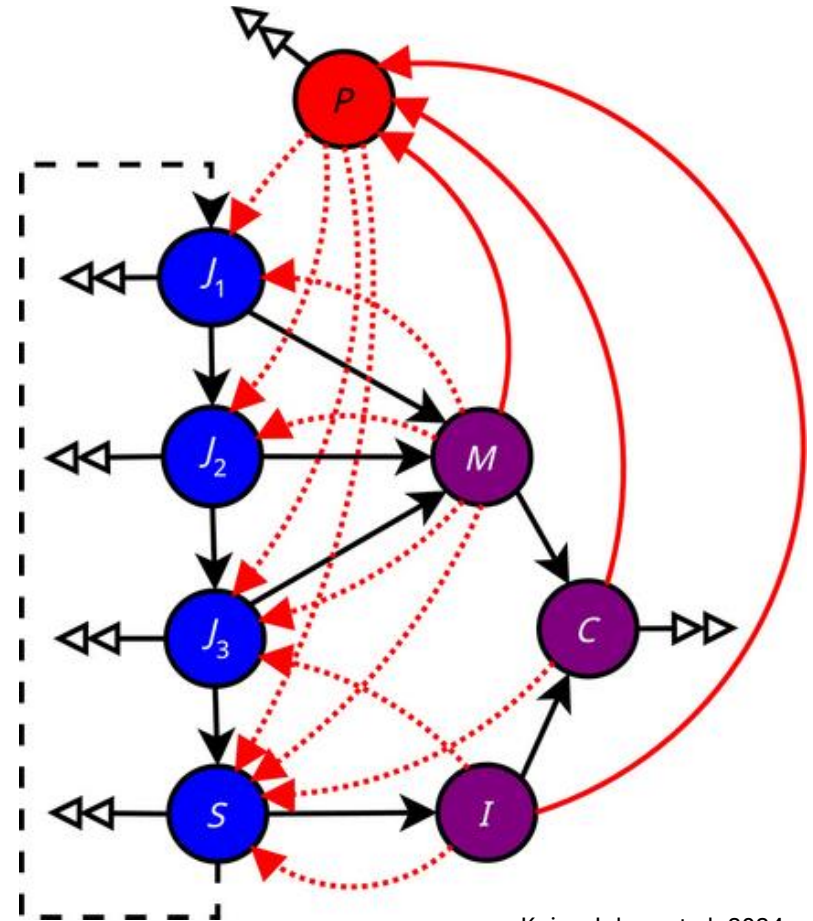


Koivu-Jolma et al. 2023



Malli 2 (diskereetti/jatkuva malli)

- Lyhyt aikaväli (20v)
- Ekologinen malli
- Terveillä ravuilla 4 ikäluokkaa
- Sairailla ravuilla 2+1 luokkaa
- Parasiitti-itiöt oma luokkansa
- Vuoden sisällä jatkuva malli
- Vuosittainen lisääntymispulssi
- Ei varsinaista tasapainoa
- Ravuilla heterogeeninen resistanssi



Koivu-Jolma et al. 2024



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND



Malli 1 ja Malli 2, jotakin samaa

- Tartuntareitit
 - Ympäristö
 - Kontaktit
 - Kannibalismi
 - Nekrofagia
- Jatkuva-aikainen tautidynamiikka
- Parasiitin parametrisointi
- Ympäristön parametrisointi
- Ei evoluutiota tai valintaa



Jotakin erilaista

Malli 1

- Kokonaan jatkuva-aikainen
- Yksi (terve) poikaslukokka
- Täydellisesti sekoittunut populaatio
- Ei resistanssia
- Pitkä aikaväli

Malli 2

- Diskreetti lisääntymissykli
- Kolme ikäluokkaa poikasilla
- Ikäluokkasegregaatio 1. ja 2. sekä sitä suurempien välillä
- Ravuilla resistanssijakauma
- 20 vuoden aikaikkuna



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

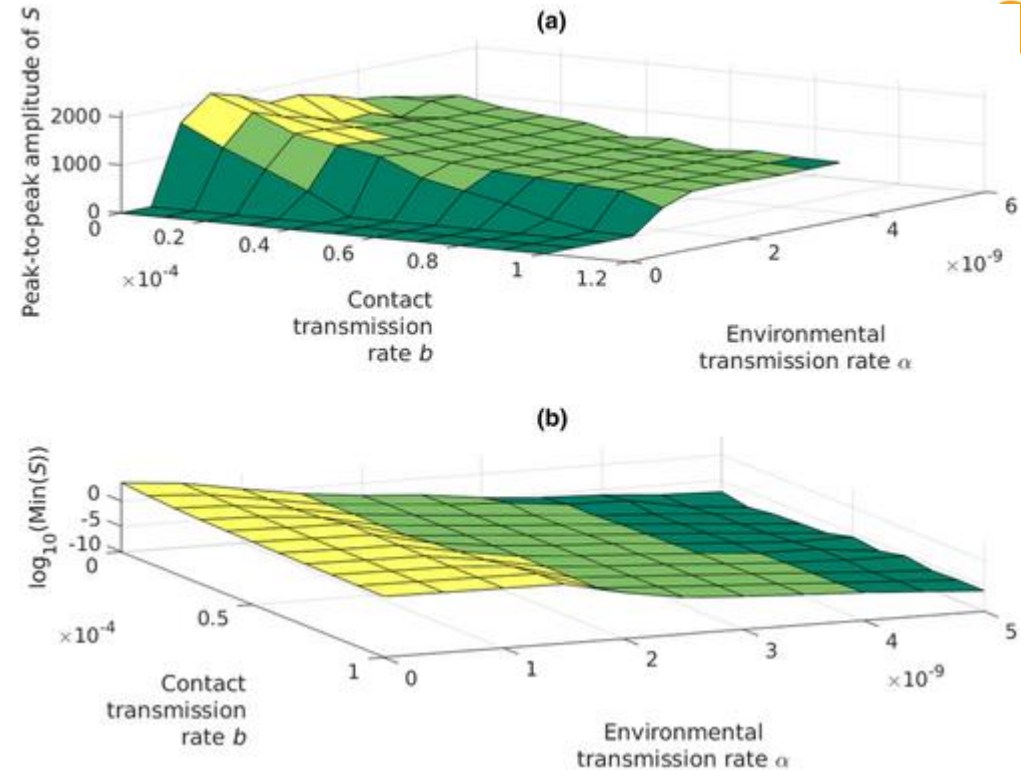


Mitä mallit kertoivat?



Tuloksia (Malli 1)

- Ympäristö (vesi) tärkein tartuntareitti
- Muut reitit (kontaktit, kannibalismi, raadonsyönti) merkittäviä heikon ympäristötartunnan tilanteessa
- Ympäristötartunta aiheuttaa periodisuutta.
- Kannibalismi stabiloi dynamiikkaa.

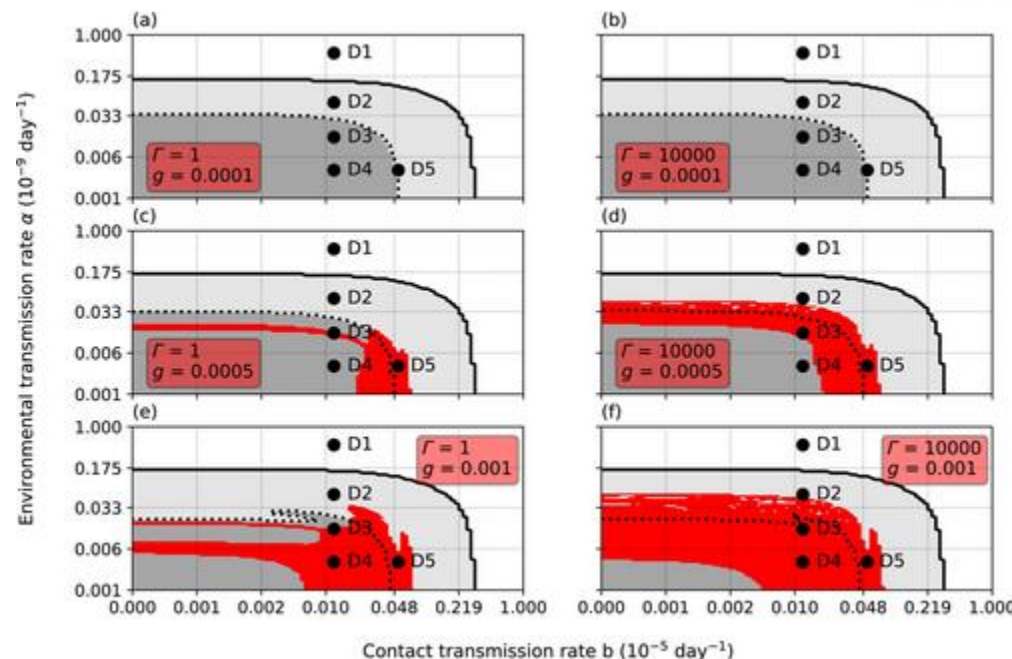


Koivu-Jolma et al. 2023



Tuloksia (Malli 2)

- Laaja resistanssin hajonta rapupopulaatiossa kasvattaa koeksistenssin mahdollisuutta.
- Raadonsyönti lisää taudin invaasion mahdollisuutta.
- Ikä-/kokoluokkien segregatio pelastaa tuholta, mutta ei syklisyydeltä.
- Koeksistenssissä ehkä huomaamattoman pieni ja sairas rapupopulaatio



Koivu-Jolma et al. 2024

Punaisella alueella tappava loinen elää koeksistenssissa isännän kanssa.
Valkoisella alueella molemmat kuolevat.
Vaaleanharmaalla alueella aikuiset ravut kuolevat epidemian ensimmäisessä aallossa, mutta osa poikasista selviää.

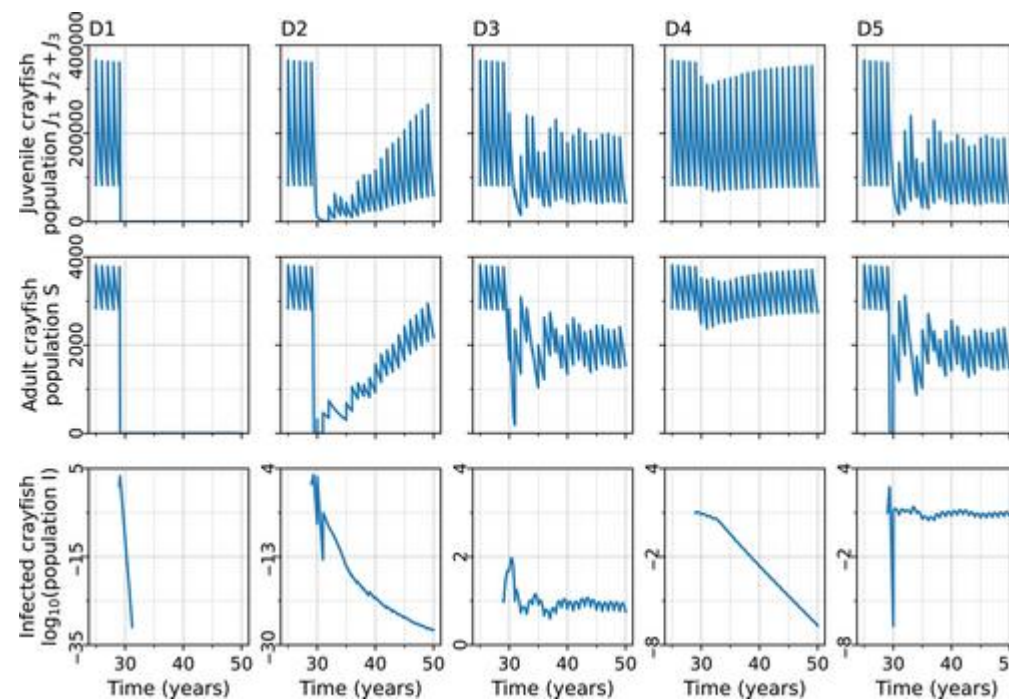


Päätulos

Virulentti tauti tappaa isännän (ja itsensä). Tilanne ohi?

- Tappavakin tauti voi jäädä kytemään pienissä ja harvoissa isäntäpopulaatioissa. Resistanssin heterogeenia kasvattaa mahdollisuutta. Biodiversiteetti kasvaa...
- **Rapujen näennäinen katoaminen ei välttämättä tarkoita taudin katoamista.**

Epidemian aikana ja jälkeen voi rapukanta olla ajoittain hyvin pieni.



Koivu-Jolma et al. 2024



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND



Mitä sitten?



Nykyisiä puutteita, tulevia kohteita?

Mallinnus

- Valinta, evoluutio
- Toleranssi (latentit epidemiat)
- Spatiaalinen ulottuvuus
- Stokastisuus
- Yleistys muille lajeille
- Yms...

Parametrisointi

- Fyysisen ympäristön vaikutus tartuntanopeuteen
- Fyysisen ympäristön vaikutus populaatiodynamiikkaan
- Raatojen ja niiden infektiivisyyden säilyvyys
- Yms...



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND



Yhteenveto

Ilmiselvästä mielenkiintoisen kautta ikuiseen ongelmaan...



- Mallinnettu(kin) rapurutto hävittää rapukannan ja itsensä, jos ympäristötartuntanopeus on edes kohtuullinen.
- Määrätyissä olosuhteissa ravuille kuolettavakin tauti voi säilyä joukkotuhon jälkeen pysyvästi vesistössä harventuneessa rapupopulaatioissa.
- Isännän vastustuskyvyn laaja kirjo voi estää taudin häviämisen vesistöstä. => Rapujen uudelleen istutus ei ole aina toimiva ratkaisu (näennäisesti) kadonneen rapukannan korvaamiseksi.
- Ennusteiden tekemiseksi tarvitaan lisää dataa luonnosta, laboratoriosta ja mallinnuksista.



Lähteitä, hyvin valikoidusti

- Koivu-Jolma, M., Kortet, R., Vainikka, A., & Kaitala, V. (2023). Crayfish population size under different routes of pathogen transmission. *Ecology and Evolution*, 13, e9647. <https://doi.org/10.1002/ece3.9647>
- Bozzuto, C., Schmidt-Posthaus, H., Adrian-Kalchhauser, I., & Pisano, S. R. R. (2024). Towards an eco-epidemiological framework for managing freshwater crayfish communities confronted with crayfish plague. *Journal of Freshwater Ecology*, 39(1). <https://doi.org/10.1080/02705060.2024.2405722>
- Koivu-Jolma, M., Kortet, R., Vainikka, A. and Kaitala, V. (2024), Host Resistance and Behavior Determine Invasion Dynamics of a Detrimental Aquatic Disease. *Ecol Evol*, 14: e70393. <https://doi.org/10.1002/ece3.70393>

Kiitos mielenkiinnosta!

- Kysymyksiä?
- Kommentteja?
- Epäilyksiä?
- Vastaväitteitä?



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

