



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

Corso di Laurea
Scienze Biologiche

Effetti della depressione da «inbreeding» sulla dinamica di popolazione delle orche
Effects of inbreeding depression on killer whales population dynamics

Tesi di Laurea di:
Angelo Mammetti

Sessione Straordinaria (febbraio 2024)
Anno Accademico 2022/2023

Docente Referente:
Prof.ssa Cinzia Corinaldesi

INTRODUZIONE

Le orche (*Orcinus orca*) sono i membri più grandi della famiglia dei *Delphinidae*, predatori apicali e i mammiferi con area di distribuzione maggiore, dopo l'uomo. È possibile definire diversi ecotipi sulla base di differenze morfologiche, genetiche, comportamentali e nutrizionali: ogni gruppo è specializzato nella caccia e alimentazione di un determinato tipo di preda.

(M. N. Weiss, D. P. Croft (2023))



Nel Pacifico nord-orientale:

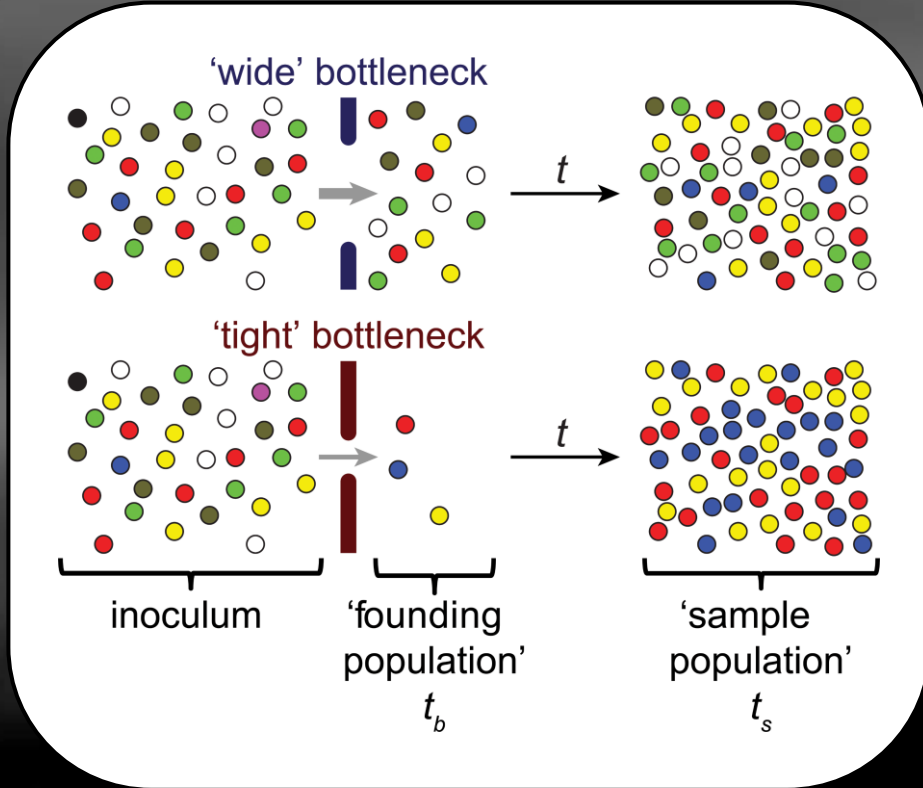
- «residents» = pesci
- «transients» = mammiferi
- «offshore» = squali

Areale di distribuzione

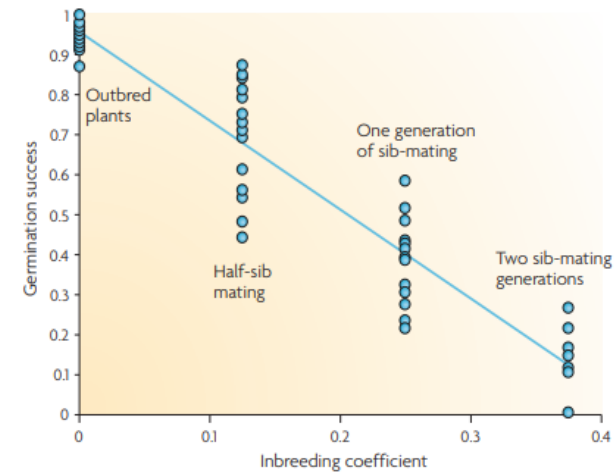


La densità delle orche è maggiore in acque fredde e più produttive (M. N. Weiss, D. P. Croft (2023))

INTRODUZIONE



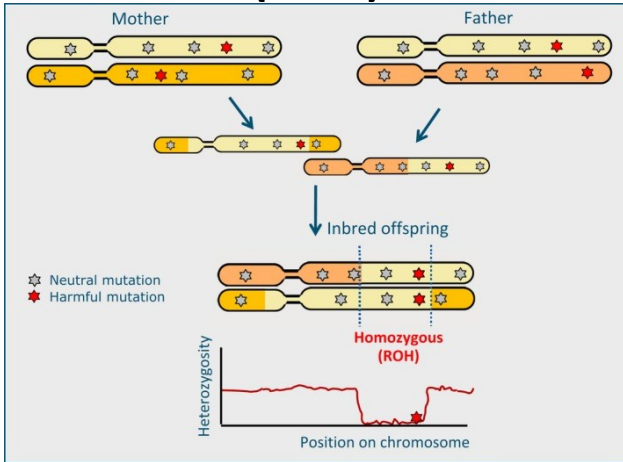
Gli effetti collo di bottiglia e del fondatore possono portare a condizioni di maggiore depressione da inbreeding



D. Charlesworth, J. H. Willis (2009)

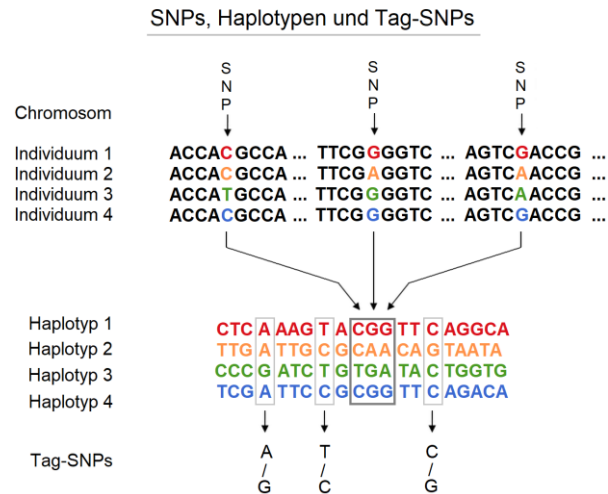
METODI DI VALUTAZIONE DELL'INBREEDING

Runs Of Homozigosity (ROH)

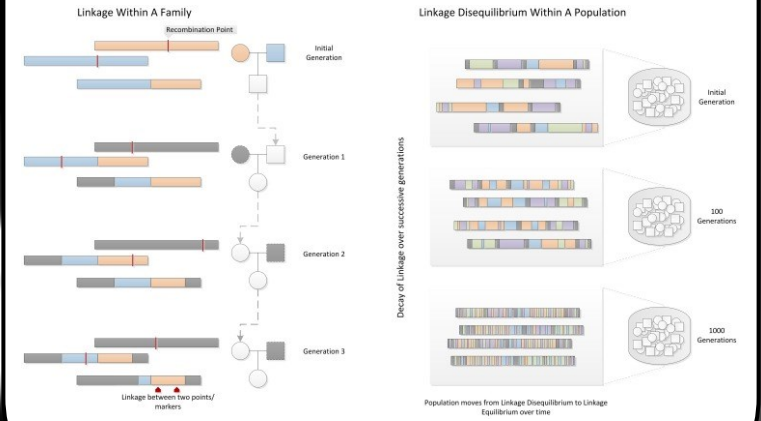


M. Bosse, H. Mengens et al.(2018)

Eterozigosità degli SNP



Stima di N_e basata sul linkage disequilibrium (LD)



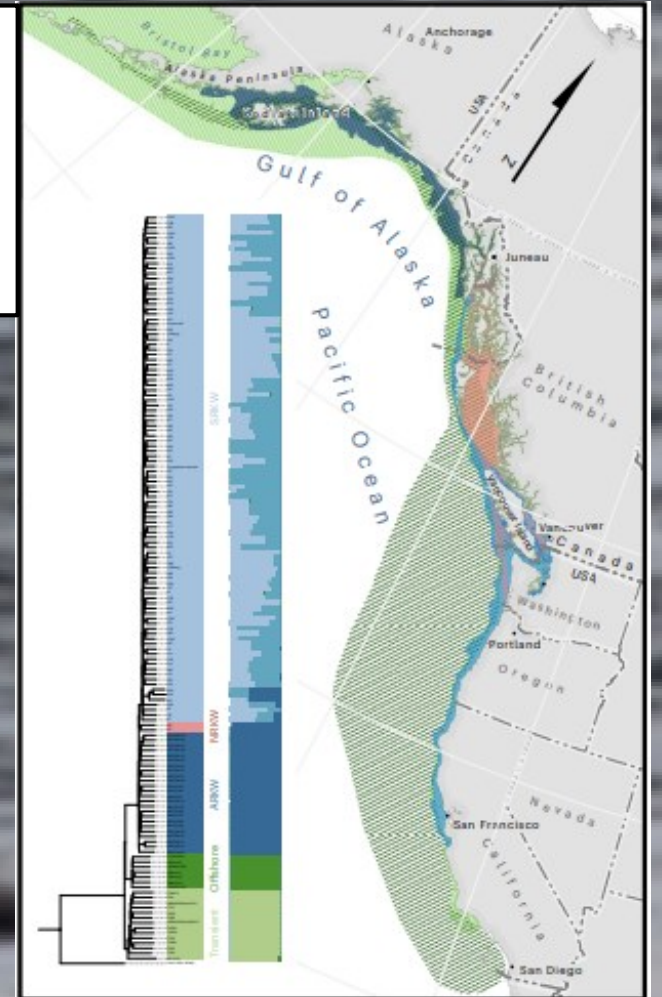
W. S. Bush, J. H. Moore (2012)

La **depressione da «inbreeding»** viene definita come abbassamento della fitness nella prole, proveniente da incroci tra consanguinei, probabilmente causato da un aumento dell'omozigosità per alleli deleteri parzialmente recessivi. (D. Charlesworth, J. H. Willis (2009))

OBIETTIVI

- Comprendere le cause dietro al fallimento degli sforzi di conservazione;
- Valutare l'impatto dell'inbreeding sulle dinamiche di una popolazione di orche del Nord Pacifico;
- Ampliare la letteratura scientifica per quanto riguarda le prove empiriche della depressione da inbreeding;
- Dimostrare che le azioni di conservazione devono tenere conto anche delle minacce intrinseche;
- Migliorare la comprensione dei fattori che guidano la dinamica di popolazione.

- Southern residents
- Northern residents
- Alaska residents
- Offshore
- Transients



Mapa dell'area di campionamento



RISULTATI

Sequenziamento genoma di 147 orche, appartenenti a 5 popolazioni:

- Southern Residents Killer Whale (SRKW);
- Northern Residents Killer Whale (NRKW);
- Alaska Residents Killer Whale (ARKW);
- Transients Killer Whale (TKW);
- Offshore Killer Whale.

Valutazione dell'inbreeding e della storia demografica recente di ogni popolazione

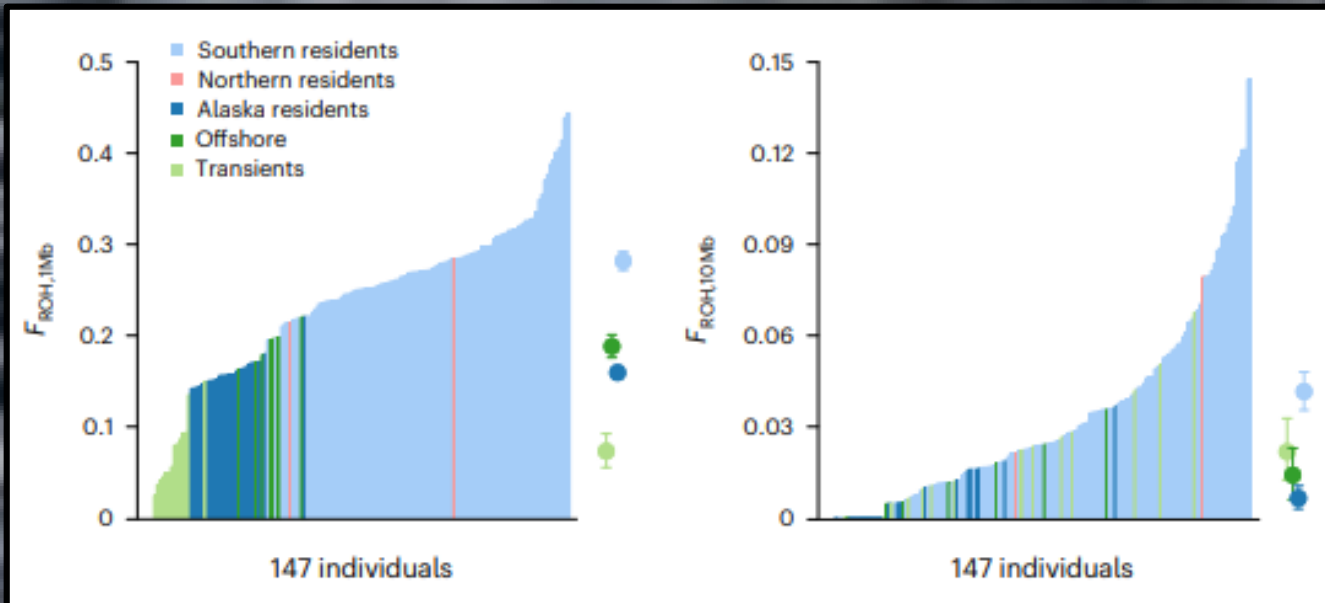
Analisi dei genomi di SRKW, combinata con i dati demografici della popolazione, per stimare gli effetti della depressione da inbreeding su sopravvivenza, fecondità, successo riproduttivo e crescita della popolazione

Comparazione delle stime di inbreeding e di abbondanza di probabili alleli deleteri nella popolazioni



RISULTATI

Il livello di inbreeding individuale è stato misurato come frazione di genoma in ROH: le sequenze più lunghe di 10 Mb si generano in seguito a eventi di inincrocio più recenti e, perciò, risultano esposte per meno tempo a selezione; ne consegue una maggiore probabilità di trovare alleli deleteri. Le sequenze più corte sono, invece, maggiormente informative per quanto riguarda eventi demografici più antichi come effetti collo di bottiglia e del fondatore



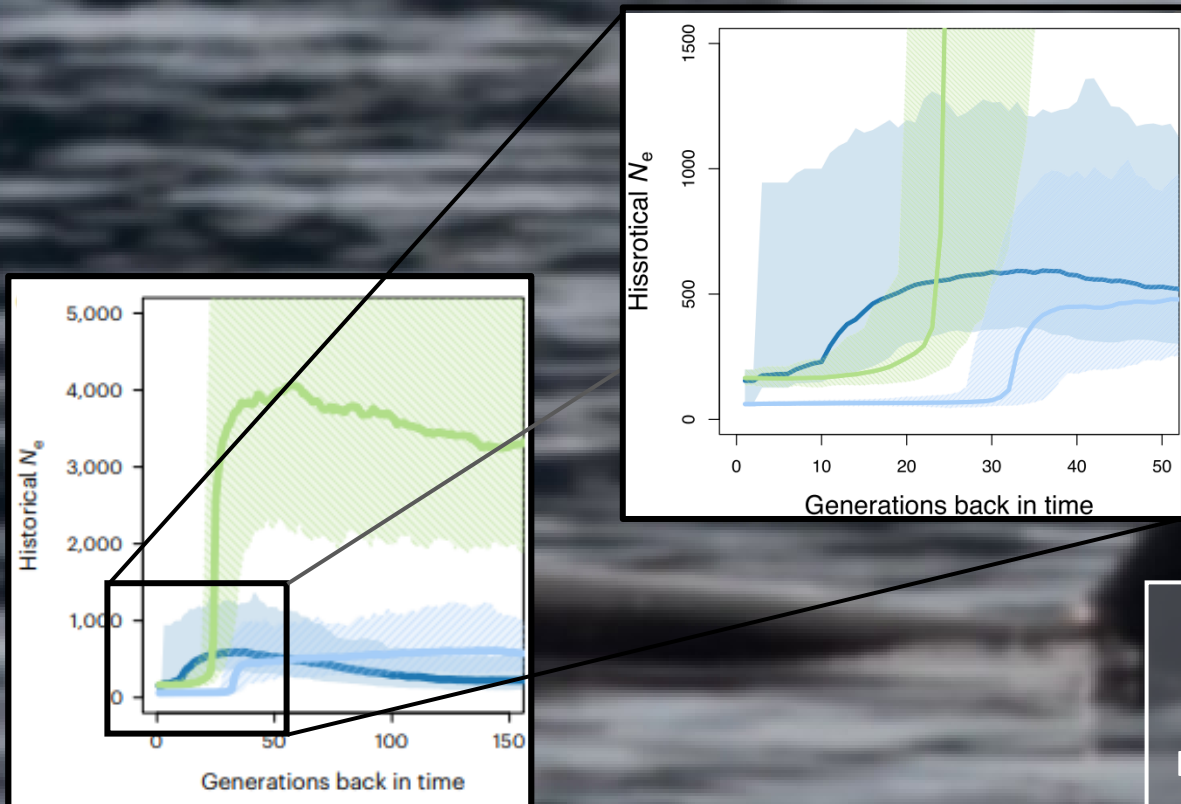
Il tasso di inbreeding è stato valutato e confermato con la frazione di genoma in eterozigosi per SNP (H_{SNP})

$$\downarrow H_{SNP} = \uparrow \text{inbreeding}$$

Le analisi hanno dimostrato che le SRKW presentano un tasso di inbreeding maggiore rispetto alle altre popolazioni

RISULTATI

Analisi per quanto riguarda i pattern di linkage disequilibrium per polimorfismi a singolo nucleotide sono state condotte per stimare il recente numero effettivo degli individui (N_e) di SRKW, ARKW e TKW



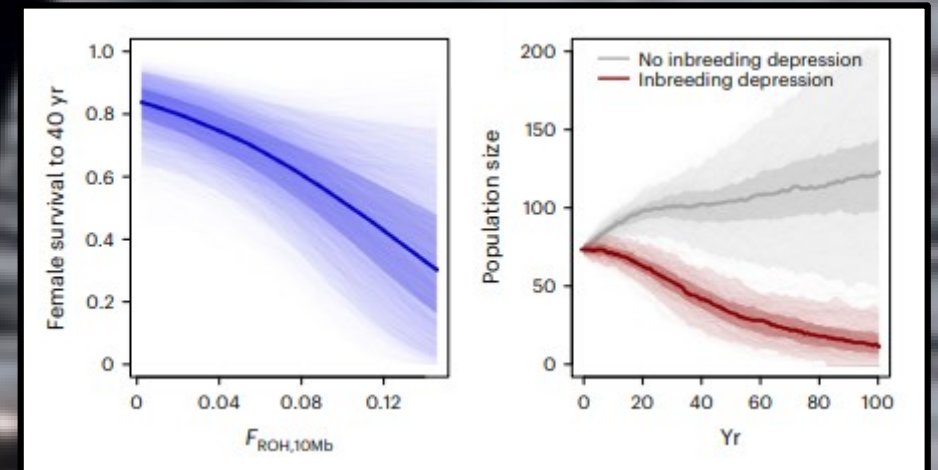
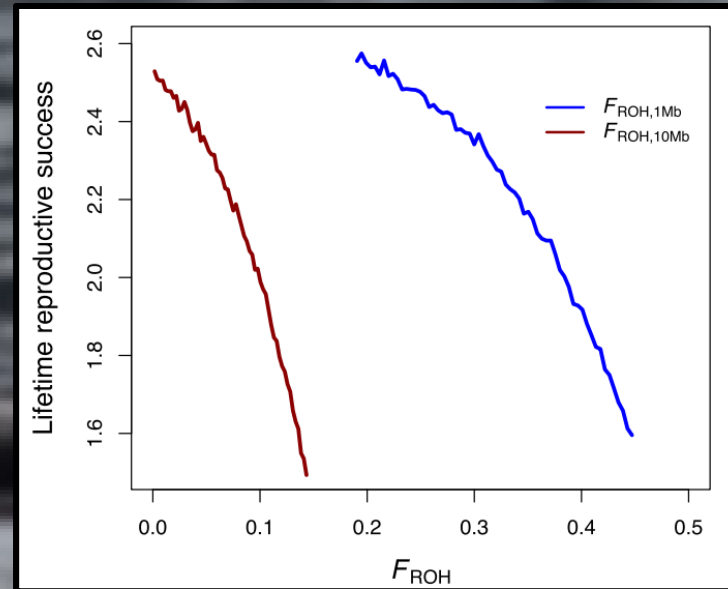
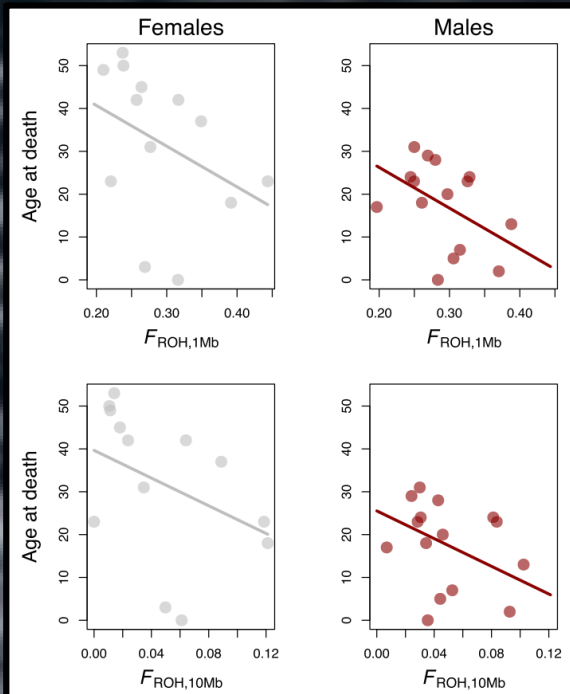
N_e attuali:

- SRKW = 27,4
- ARKW = 38,9
- TKW = 86

Questi dati indicano che l'isolamento della popolazione è avvenuto in tempi relativamente recenti e perciò l'alto livello di inbreeding è dovuto sia al basso N_e , sia a una diminuzione del flusso genico

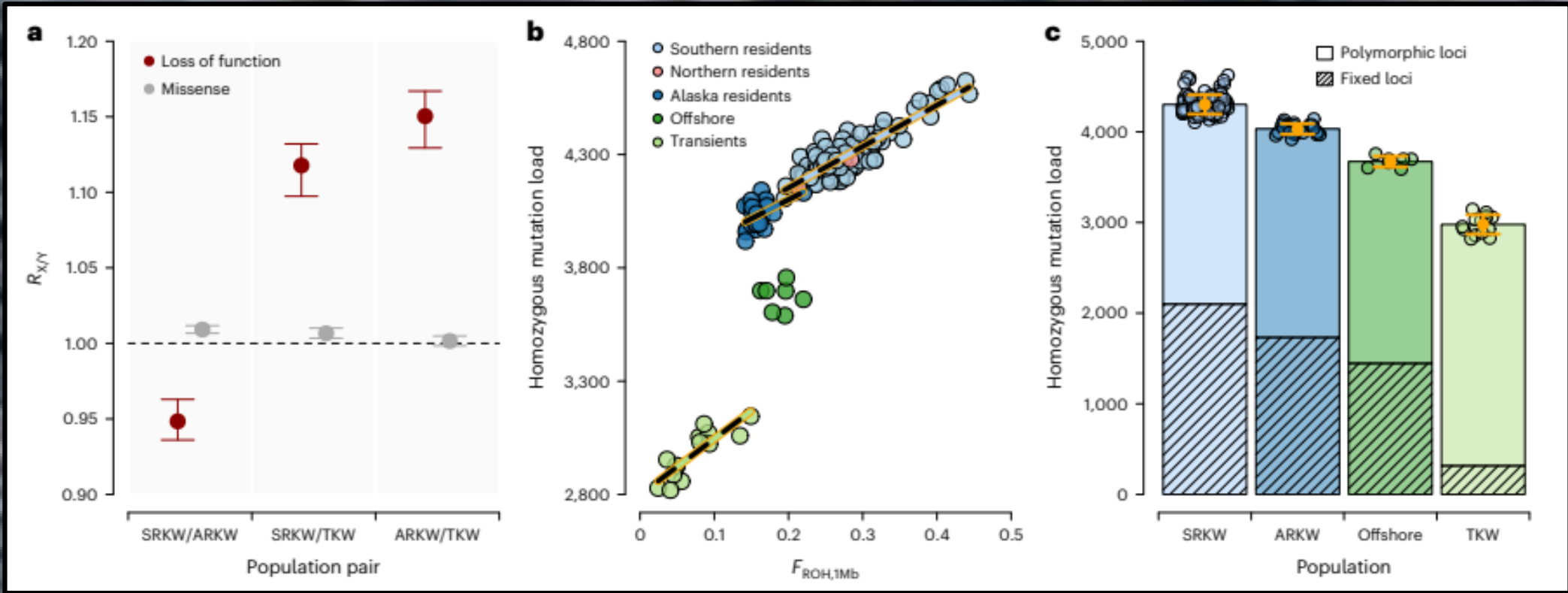
RISULTATI

Modelli di regressione logistica Bayesiana e simulazioni mostrano come l'elevato inbreeding nelle SRKW comporti una riduzione di sopravvivenza, successo riproduttivo e crescita della popolazione



RISULTATI

Analisi relative all'abbondanza di probabili alleli deleteri: comparazione nelle diverse popolazioni della quantità di alleli con mutazioni LOF o missenso (a), relazione tra stima di inincrocio (F_{ROH}) e quantità di alleli deleteri (b) e numero degli alleli deleteri fissati e polimorfici in ogni individuo dello studio (c)





CONCLUSIONI

Alti livelli di inbreeding

Mancanza di flusso genico

Fissazione di alleli potenzialmente deleteri

Minore fitness delle Orche Residenti del Sud rispetto alle altre popolazioni



Declino della popolazione nonostante gli sforzi di conservazione



IMPLICAZIONI PER LA CONSERVAZIONE

Per alleviare la depressione da inbreeding nelle SRKW c'è necessità di introdurre individui che non siano imparentati con le orche già presenti.

Tuttavia la traslocazione non è una via perseguibile in quanto sarebbe logisticamente complessa da mettere in atto e probabilmente non riuscirebbe a suscitare l'effetto desiderato.

Inoltre l'areale delle Orche Residenti del Sud si sovrappone già con quello di altre popolazioni, ma accoppiamenti tra gruppi diversi di orche non sono mai stati osservati, nonostante la piccola differenza genetica e le analisi effettuate suggeriscano che unioni occasionali siano plausibili e che la popolazione esaminata sia stata più collegata alle altre in passato.

Ibridazioni sporadiche potrebbero far parte della storia della specie e il verificarsi di questo tipo di eventi ridurrebbe l'inbreeding, portando a una crescita della popolazione



RIASSUNTO ESTESO

A partire dagli anni '70, sono state intraprese delle iniziative di conservazione per le orche del Pacifico nord-orientale. Questi progetti hanno avuto successo per molte delle popolazioni presenti meno che per le Orche Residenti del Sud, il cui numero non è cresciuto.

Gli sforzi di conservazione si concentrano spesso sulle minacce estrinseche, ignorando quelle genetiche; lo studio preso in esame mostra che l'interesse per queste cause necessita di andare oltre la pura teoria e che fenomeni come la depressione da inbreeding hanno un ruolo importante, tanto quanto i fattori esterni, nel guidare la dinamica di popolazione.

In questo caso sono state le cause estrinseche (sia naturali che antropogeniche) a porre le basi per l'insorgere di depressione da inbreeding, attraverso la diminuzione del numero degli individui (**bottleneck**) e l'isolamento (in questo caso comportamentale)



BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- <https://www.nature.com/articles/s41559-023-01995-0>;
- <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/mms.12049>;
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016895250202557X>;
- <https://www.nature.com/articles/nrg.2017.109>;
- <https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1002822>;
- <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/eva.12691>;
- <https://www.nature.com/articles/nrg2664>;
- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orcinus_orca-Zeichnung.jpg;
- <https://www.pexels.com/it-it/foto/foto-in-scala-di-grigi-del-corpo-d-acqua-3309865/>;
- <https://pixabay.com/de/photos/gro%C3%9Fer-schwertwal-orca-s%C3%A4ugetier-8072814/>;
- <https://www.flickr.com/photos/halans/4006183854>;
- <https://nara.getarchive.net/media/ahab-a-5500-pound-killer-whale-accepts-a-grabber-device-from-his-trainer-during-355c39>;
- https://www.rawpixel.com/search/killer%20whale?page=1&path=_topics%7C%24publicdomain&sort=curated;
- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic_representation_of_the_effect_of_bottlenecks_on_genetic_diversity.PNG;
- <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Haplotyp.PNG>;
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982223002713>;
- <https://www.fisheries.noaa.gov/feature-story/diversity-fish-species-support-killer-whale-diet-throughout-year>;
- <https://www.britannica.com/animal/killer-whale>.