



NTNU

|

Kunnskap for en bedre verden

# GENETISK OPPHAV TIL DEN NORSKE-SVENSKE ULVESTAMMEN

Hans K. Stenøien, Xin Sun, Michel D. Martin, Camilla H. Scharff-Olsen, Germán Hernández Alonso, Nuno Filipe Gomes Martins, Liam Lanigan, Marta Maria Ciucani, Mikkel-Holger S. Sinding, Shyam Gopalakrishnan, M. Thomas P. Gilbert

# Bakgrunn

- Stortinget ba i 2016 om en ny uavhengig utredning av den genetiske opprinnelsen til ulvestammen i Norge
- To deler:
  - Litteraturgjennomgang
  - Empirisk undersøkelse av den norsk-svenske ulvebestandens opprinnelse, både genetisk og geografisk, samt å undersøke spørsmål knyttet til hybridisering mellom ulver og hunder
- Allendorf, Freedman, Wayne (2017)
  - «Panel review of genetic studies on the Scandinavian grey wolf»
  - «*...the existing Norwegian/Scandinavian population derives from immigration from Finland and Northwest Russia. In addition, the existing population does not show evidence of hybridization with dogs*”

# Prosjektet

- Oppdrag gitt av Miljødirektoratet til NTNU Vitenskapsmuseet i samarbeid med Universitet i København
- Hans K. Stenøien, Mike Martin og Tom Gilbert (Xin Sun og Shyam Gopalakrishnan)



**NTNU**

Norwegian University of  
Science and Technology



UNIVERSITY OF  
COPENHAGEN

- 3-årig prosjekt
- Datasett bestående av komplett arvemateriale (helgenomsekvenser) fra ulv og hund

# Vitenskapelig referansegruppe

- Jouni Aspi (Oulu University, Finland)
- Love Dalén (Naturhistoriska Riksmuseet, Sverige)
- Øystein Flagstad (Norsk institutt for naturforskning, Norge)
- Kjetill S. Jakobsen (Universitetet i Oslo, Norge)
- Frode Lingaas (Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Norge)
- Alfred L. Roca (University of Illinois, USA)
- Urmas Saarma (Tartu University, Estland)
- Øyvind Øverli (Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Norge)
- Mikael Åkesson (Sveriges Lantbruksuniversitet, Sverige).

# Tidlige studier



## **Rescue of a severely bottlenecked wolf (*Canis lupus*) population by a single immigrant**

Carles Vilà<sup>1</sup>, Anna-Karin Sundqvist<sup>1</sup>, Øystein Flagstad<sup>1</sup>,  
Jennifer Seddon<sup>1</sup>, Susanne Björnerfeldt<sup>1</sup>, Ilpo Kojola<sup>2</sup>, Adriano Casulli<sup>3</sup>,  
Håkan Sand<sup>4</sup>, Petter Wabakken<sup>5</sup> and Hans Ellegren<sup>1\*</sup>

Molecular Ecology (2006) 15: 1561–1576

doi: 10.1111/j.1365-294X.2006.02877.x

## **Genetic diversity, population structure, effective population size and demographic history of the Finnish wolf population**

J. ASPLI\* E. ROJINEN\* M. RUOKONEN\* J. KOIJOLA† AND C. VILÀ‡

Conserv Genet (2009) 10:815–826

---

**RESEARCH ARTICLE**

---

## **Genetic structure of the northwestern Russian wolf population and gene flow between Russia and Finland**

Jouni Aspi · Eeva Roininen · Jukka Kiiskilä ·  
Minna Ruokonen · Ilpo Kojola · Leo Bljudnik ·  
Piotr Danilov · Samuli Heikkinen · Erkki Pulliaisen

Received 20 June 2002  
 Accepted 3 September 2002  
 Published online 21 November 2002

Conservation Genetics (2006) 7:225–230  
DOI 10.1007/s10592-005-9001-0

© Springer

## Genetic identification of immigrants to the Scandinavian wolf population

J.M. Seddon<sup>1,2,\*</sup>, A.-K. Sundqvist<sup>2</sup>, S. Björnerfeldt<sup>2</sup> & H. Ellegren<sup>2</sup>

## **Y chromosome haplotyping in Scandinavian wolves (*Canis lupus*) based on microsatellite markers**

JUNDOVIST \* H. ELLEGREN \* M. OLIVIER† and C. VILÀ \*

Molecular Ecology (2003) 12, 869–880

## Two centuries of the Scandinavian wolf population: patterns of genetic variability and migration during an era of dramatic decline

J. FLAGSTAD,\*<sup>\*\*</sup> C. W. WALKER,\* C. VILÀ,\* A.-K. SUNDQVIST,\* B. FERNHOLM,<sup>†</sup>

MOLECULAR ECOLOGY

Makroökonomik (2016) 25:4745–4756

DOI: 10.1111/jcpp.12705

## Genetic rescue in a severely inbred wolf population

MIKAEL ÅKESSON,\* OLOF LIBERG,\* HÅKAN SAND,\* PETTER WABAKKEN,†  
STAFFAN BENSCH‡ and ØYSTEIN FLAGSTAD§

# Tidligere studier

ARTICLES

<https://doi.org/10.1038/s41559-017-0375-4>

nature  
ecology & evolution

## Genomic consequences of intensive inbreeding in an isolated wolf population

Marty Kardos<sup>1,2</sup>, Mikael Åkesson<sup>3</sup>, Toby Fountain<sup>3</sup>, Øystein Flagstad<sup>4</sup>, Olof Liberg<sup>3</sup>, Pall Olason<sup>5</sup>, Håkan Sand<sup>3</sup>, Petter Wabakken<sup>6</sup>, Camilla Wikren<sup>3</sup> and Hans Ellegren<sup>3\*</sup>

## Genetisk bakgrunn hos ulv (*Canis lupus*) i Norge og Skandinavia

Morten Skage<sup>1</sup>, Julia MI Barth<sup>1</sup>, Sissel Jentoft<sup>1</sup>, Øyvind Øverli<sup>2</sup> og Kjetill S Jakobsen<sup>1</sup>

Received: 8 July 2020 | Revised: 9 October 2020 | Accepted: 11 October 2020

DOI: 10.1111/eva.13151

ORIGINAL ARTICLE

Evolutionary Applications

## Whole-genome analyses provide no evidence for dog introgression in Fennoscandian wolf populations

Linnéa Smeds<sup>1</sup>  | Jouni Aspi<sup>2</sup> | Jonas Berglund<sup>1</sup> | Ilpo Kojola<sup>3</sup> | Konstantin Tirronen<sup>4</sup> | Hans Ellegren<sup>1</sup> 

# Tidlige studier

- Utfordringer:
  - Lav oppløsning
  - Begrenset antall prøver
  - Begrenset geografisk utbredelse
  - Ikke enkelt å følge endringer gjennom tid

# Tidligere studier

- Utfordringer:
  - Lav oppløsning
  - Begrenset antall
  - Begrenset geografi
  - Ikke enkelt å følge
- Vår studie
  - Prøvetagning fra hele utbredelsesområdet
  - Bruke samlingsmateriale fra universitetsmuseer (aDNA)
  - Next-generation sequencing og avansert bioinfomatikk



# Oversikt

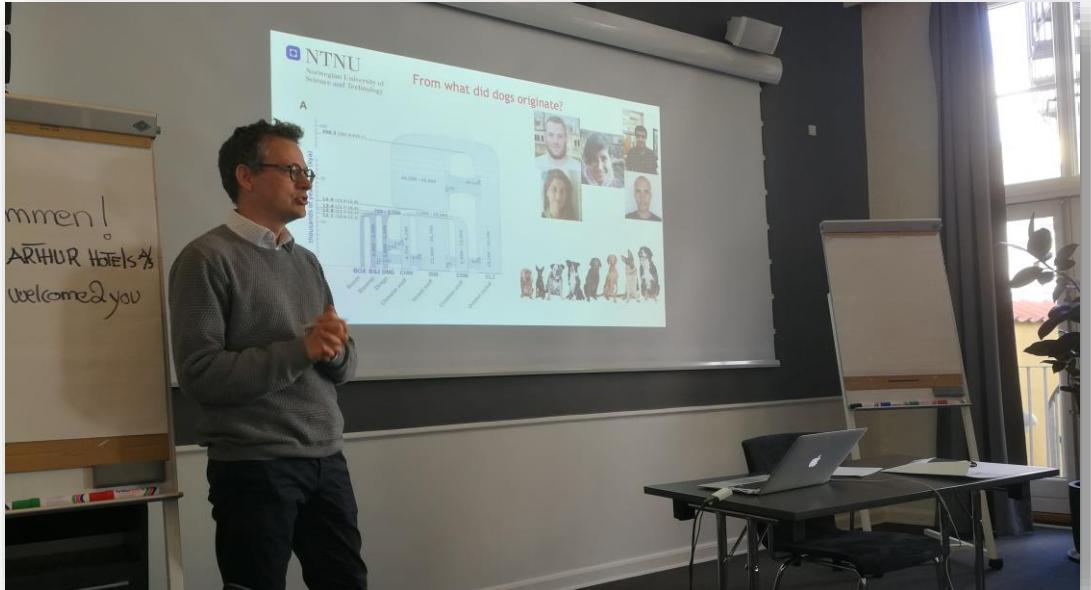
- Innsamling
- Genetisk struktur hos ulv
- Fitness hos ulv
- Utskifting av fennoskandiske ulver
- Blandet avstamning av norsk-svensk ulv
- Testing for lokal tilpasning

# Oversikt

- Innsamling
- Genetisk struktur hos ulv
- Fitness hos ulv
- Utskifting av fennoskandiske ulver
- Blandet avstamning av norsk-svensk ulv
- Testing for lokal tilpasning

# Innsamling

- Møte i København 29. mai 2019, 24 ledende forskere invitert
- Innsamling av materiale, overordnet strategi for prosjekt



Prof. Tom Gilbert,  
internasjonal workshop 2019

# Innsamling

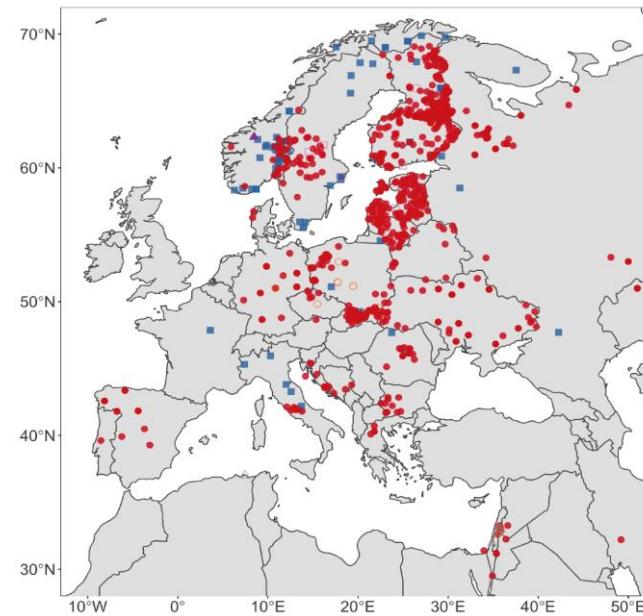
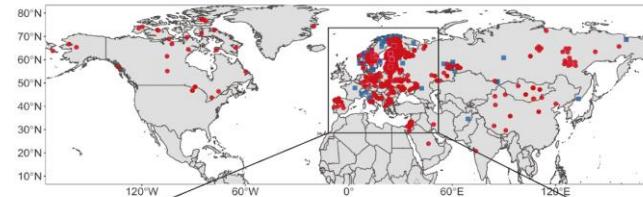
- Møte i København 29. mai 2019, 24 ledende forskere invitert
- Innsamling av materiale, overordnet strategi for prosjekt
- Historiske prøver fra en rekke naturhistoriske museer
  - Oslo, København, Stockholm, Helsinki, St. Petersburg, Jekaterinburg, Tel Aviv mfl.
  - Bredt sett av europeiske prøver fra bl.a. Luca Fumagalli
- Moderne prøver av norsk-svensk ulv hovedsaklig fra Miljødirektoratet
- Referanse materiale fra Finland, Vestlige Russland og Baltikum
  - Mikael Åkesson, Jouni Aspi, Urmas Saarma, Konstantin Tirronen
- Materiale fra hund
  - Hovedsaklig Frode Lingaas, NMBU
- Resten bidratt fra i alt 34 personer og institusjoner (og allerede publiserte data) fra hele verden

# Personer og institusjoner som har bidratt med prøvemateriale

- Jouni Aspi (Oulu University, Finland)
- M. Çisel Kemahlı Aytekin (Koç University, Tyrkia)
- Laima Baltrunaite (Nature Research Centre, Vilnius, Litauen)
- Gennady Baryshnikov (Zoological Museum, St Petersburg, Russland)
- Boldgiv Bazartseren (Mongolian Academy of Sciences, Mongolia)
- Jong Bhak (Ulsan National Institute of Science and Technology, Sør-Korea)
- Barbora Bolfikova (Charles University, Praha, Tsjekkia)
- Dominika Bujnáková (Oulu University, Finland)
- Love Dalén (Naturhistoriska Riksmuseet, Sverige)
- Angelica Åsberg Djurp (Lycksele Djurpark, Sverige)
- Maria Erlandsson (Skansen Zoo, Sverige)
- Øystein Flagstad (Norsk institutt for naturforskning, Norge)
- Laurent Frantz (Queen Mary University, London, UK)
- Luca Fumagalli (University of Lausanne, Sveits)
- Raquel Godinho (CIBIO, University of Porto, Portugal)
- Frode Holmstrøm (Norsk institutt for naturforskning, Norge)
- Pavel Hulva (Charles University, Praha, Tsjekkia)
- Kjetill S. Jakobsen (Universitetet i Oslo, Norge)
- Lina Jelk (Järvzoo, Sverige)
- Ilpo Kojola (Natural Resources Institute, Finland)
- Pavel Kosintsev (Yekaterinburg Museum, Russland)
- Jens Larsson (Järvzoo, Sverige)
- Linn Larsson (Skansen Zoo, Sverige)
- Frode Lingaas (Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Norge)
- Shai Meiri (Steinhardt Museum of Natural History, Tel Aviv, Israel)
- Robert Myslajek (University of Warsaw, Polen)
- Magdalena Niedzialkowska (Polish Academy of Sciences, Polen)
- Carsten Nowak (Senckenberg Research Institute, Tyskland)
- Sabina Nowak (University of Warsaw, Polen)
- Ladislav Paule (Technical University in Zvolen, Slovakia)
- Urmas Saarma (Tartu University, Finland)
- Morten Skage (Universitetet i Oslo, Norge)
- Steve Smith (University of Veterinary Medicine, Wien, Østerrike)
- David Stanton (Naturhistoriska Riksmuseet Stockholm, Sverige)
- Konstantin Tirronen (Karelian Research Centre, Russland)
- Cristiano Vernesi (Fondazione Edmund Mach, Italia)
- Nobuyuki Yamaguchi (University Malaysia Terengganu, Malaysia)
- Øyvind Øverli (Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Norge)
- Mikael Åkesson (Sveriges Lantbruksuniversitet, Sverige).

# Prøvetagning og helgenomsekvensering

- Så å si hele utbredelsesområdet
- Totalt 1814 prøver
- Endelig datasett: 1309 prøver
  - 273 publisert tidligere
  - 97 norsk-svenske ulver
  - 876 ulver fra Eurasia
  - 56 hundeprøver fra norske raser
  - 24 historiske norsk-svenske prøver
  - 38 prøver fra dyrehager
- Det største datasettet på ulv

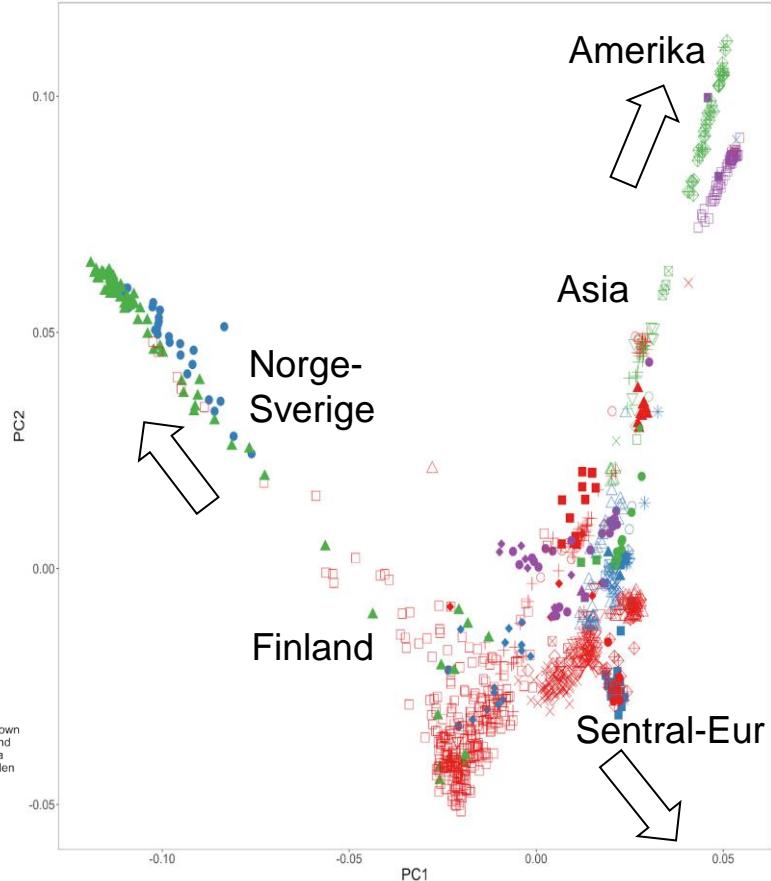


# Oversikt

- Innsamling
- Genetisk struktur hos ulv
- Fitness hos ulv
- Utskifting av fennoskandiske ulver
- Blandet avstamning av norsk-svensk ulv
- Testing for lokal tilpasning

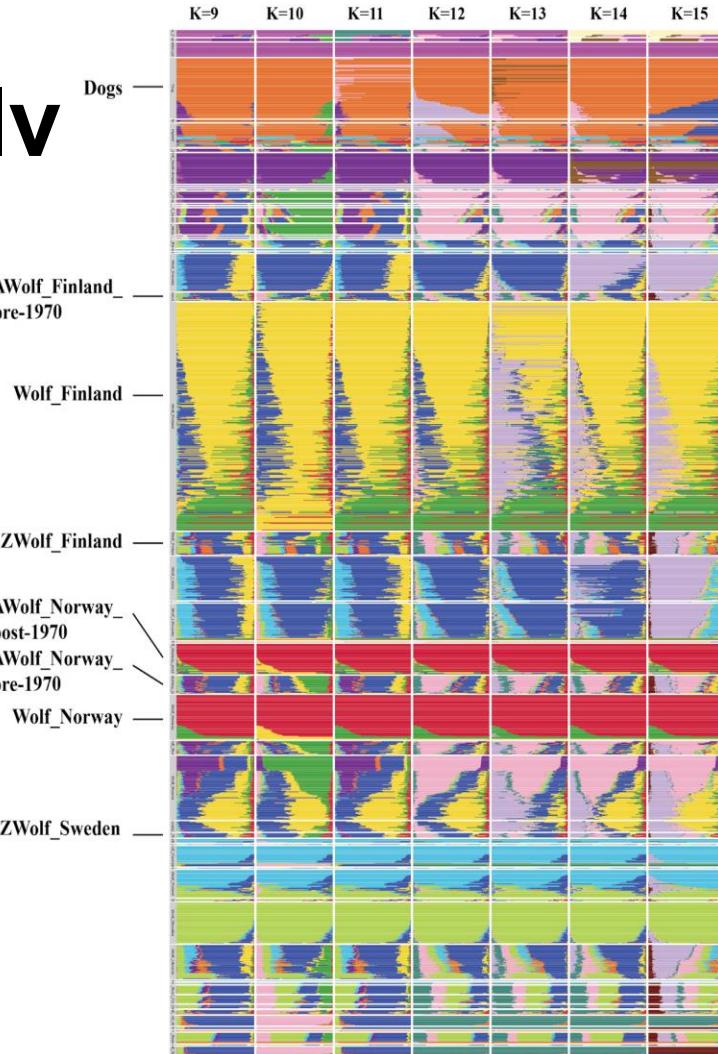
# Genetisk struktur hos ulv

- Prinsipalkomponentanalyse, PCA
- 888 ubeslektede individer
- Klar struktur globalt
- Klar struktur regionalt



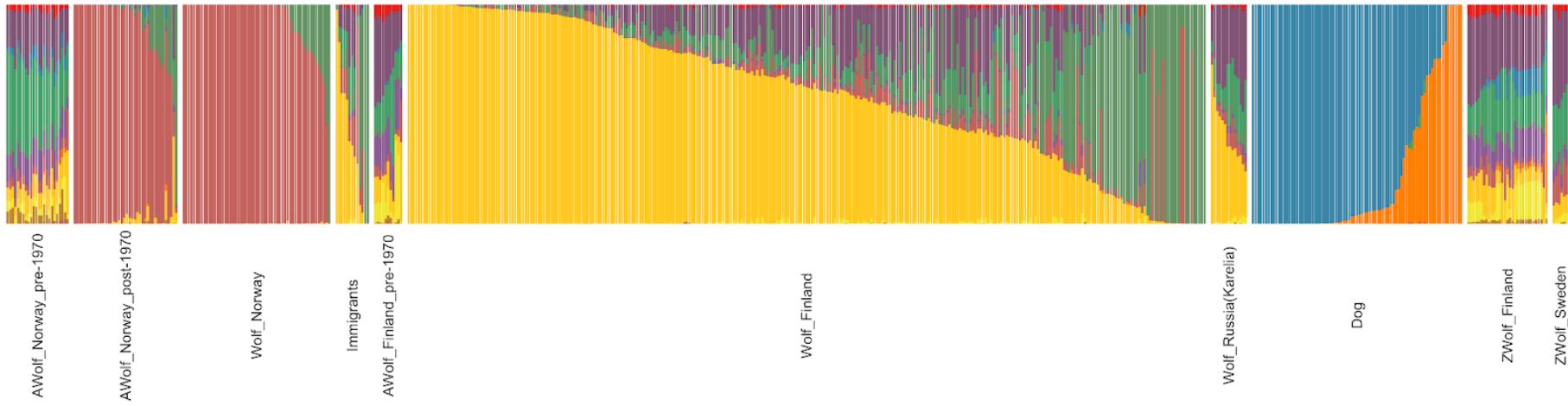
# Genetisk struktur hos ulv

- *ADMIXTURE*
- 1280 individer
- Klar genetisk struktur
- Pre- og post-1970 forskjellige
- Nålevende ulv og ulv i dyrehager er forskjellige



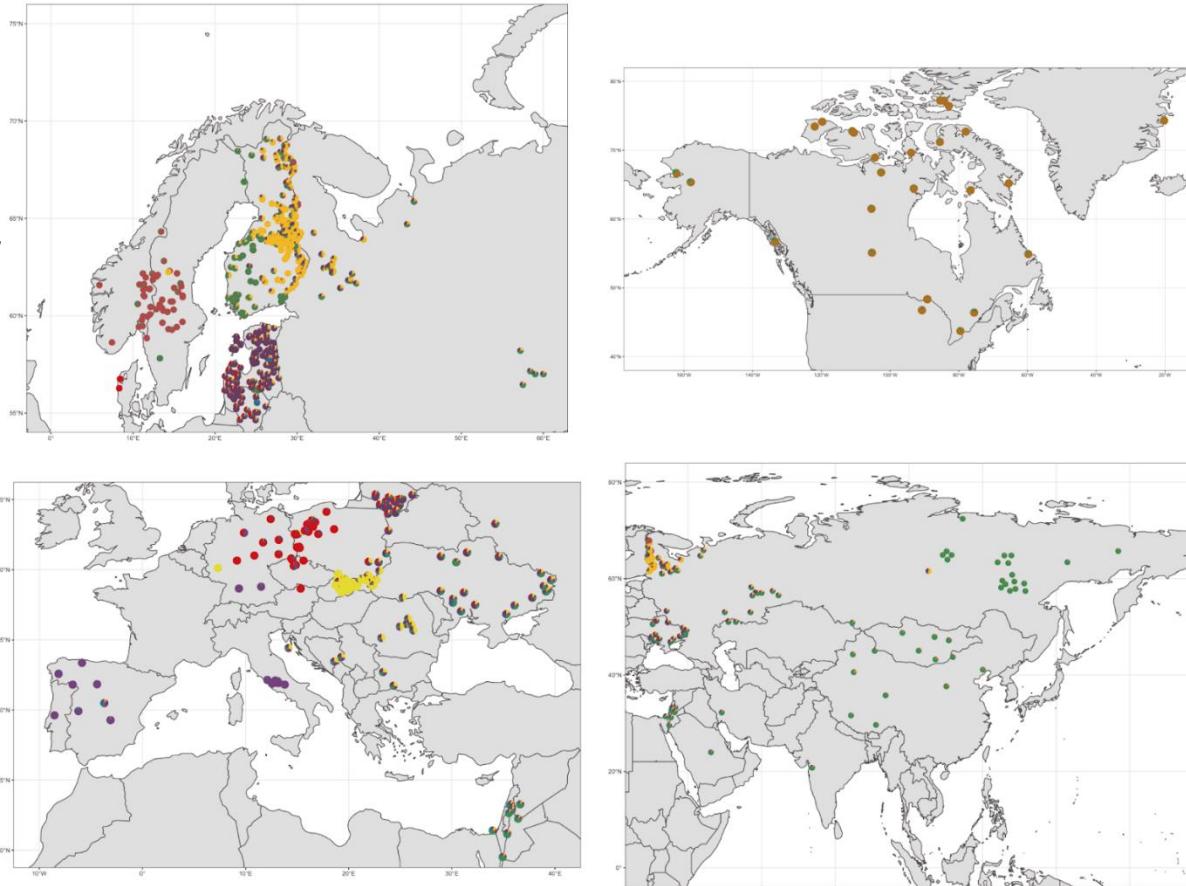
# Genetisk struktur hos ulv

*ADMIXTURE, K=12*



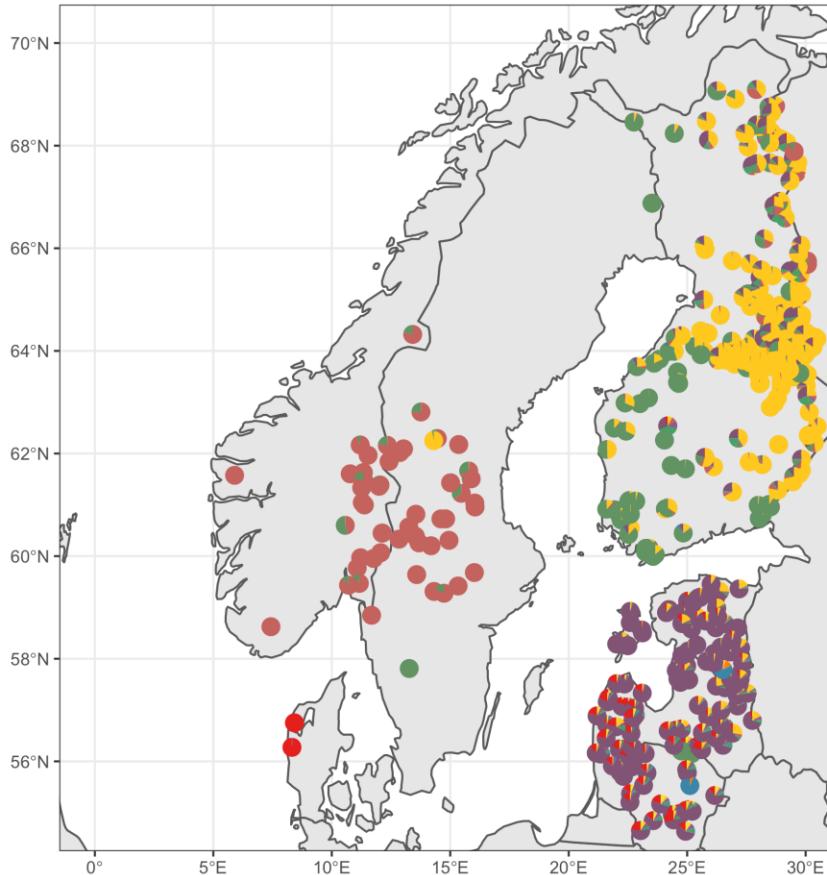
# Genetisk struktur hos ulv

Populasjonsklynger i *ADMIXTURE*  
Klar struktur



# Genetisk struktur hos ulv

Populasjonsklynger i *ADMIXTURE*  
Klar struktur



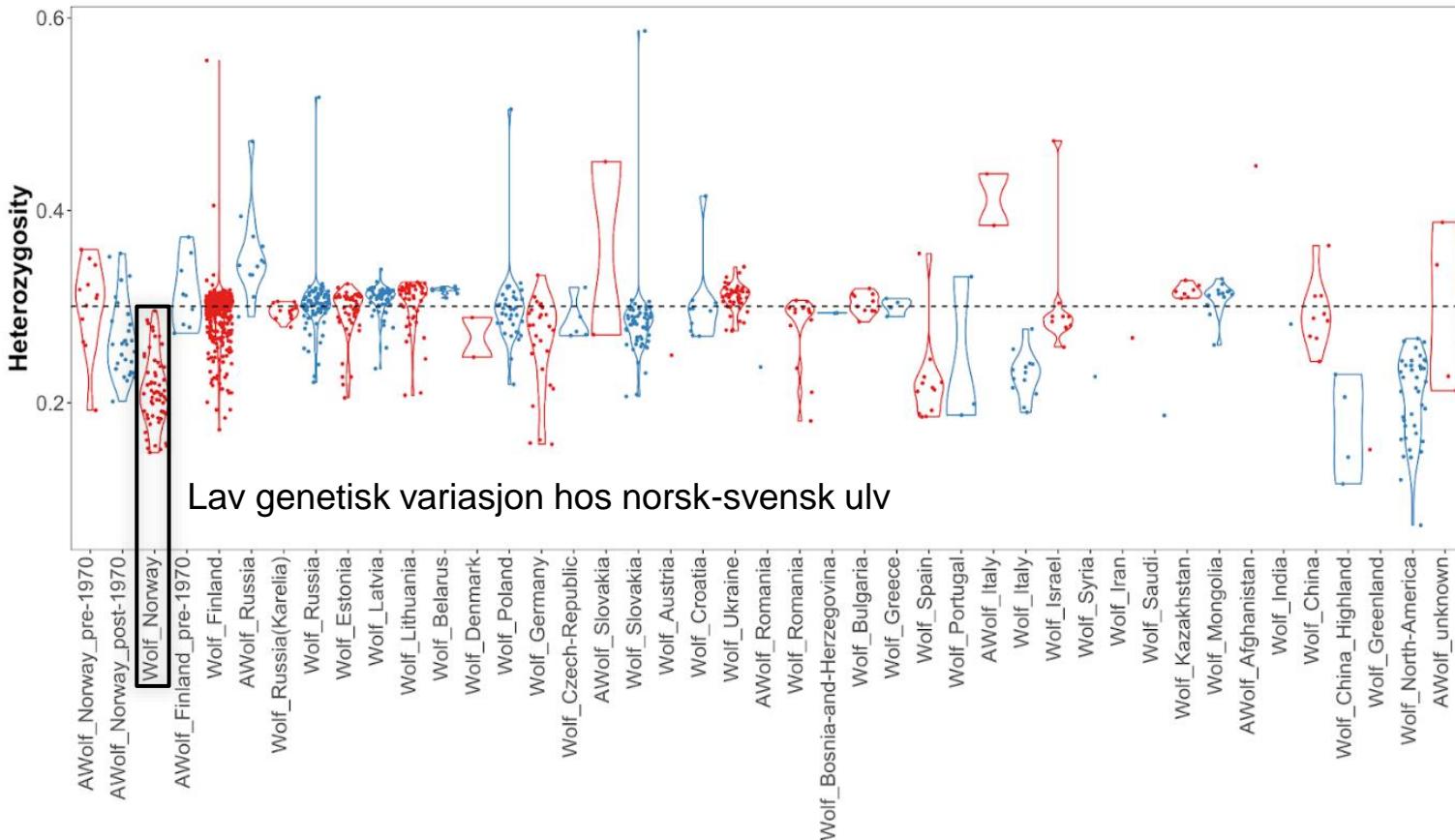
Eksisterer det genetisk struktur hos ulver?

**Ja, en klar genetisk struktur som henger sammen med geografisk opphav.**

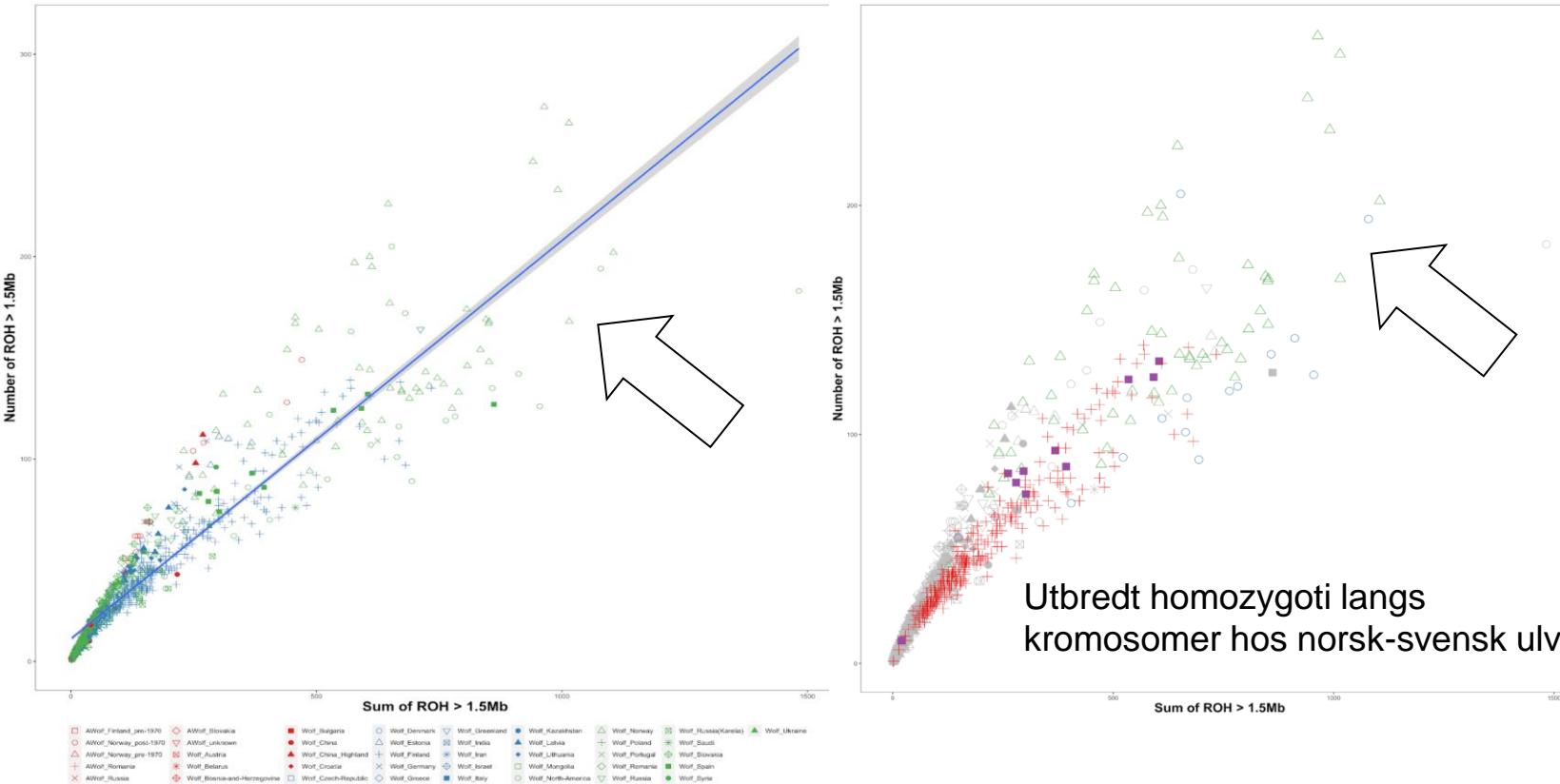
# Oversikt

- Innsamling
- Genetisk struktur hos ulv
- **Fitness hos ulv**
- Utskifting av fennoskandiske ulver
- Blandet avstamning av norsk-svensk ulv
- Testing for lokal tilpasning

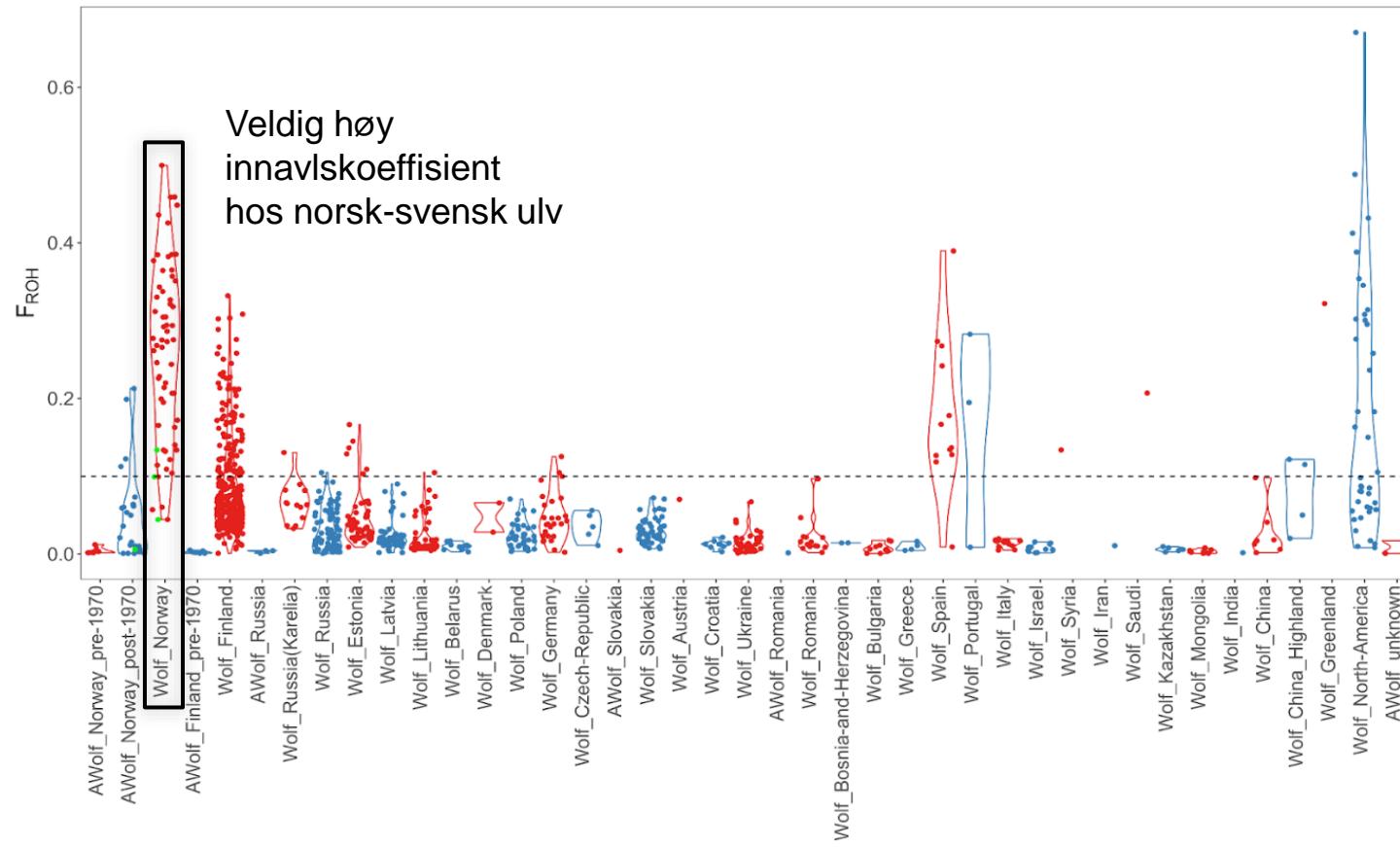
# Fitness hos ulv



# Fitness hos ulv



# Fitness hos ulv



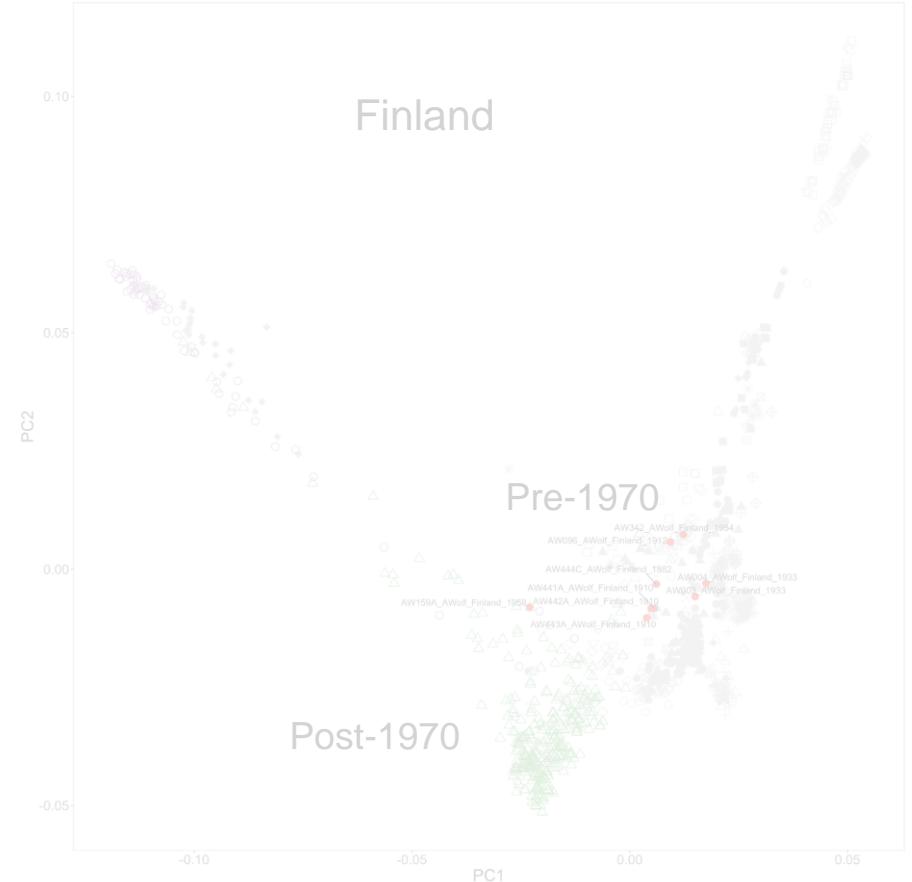
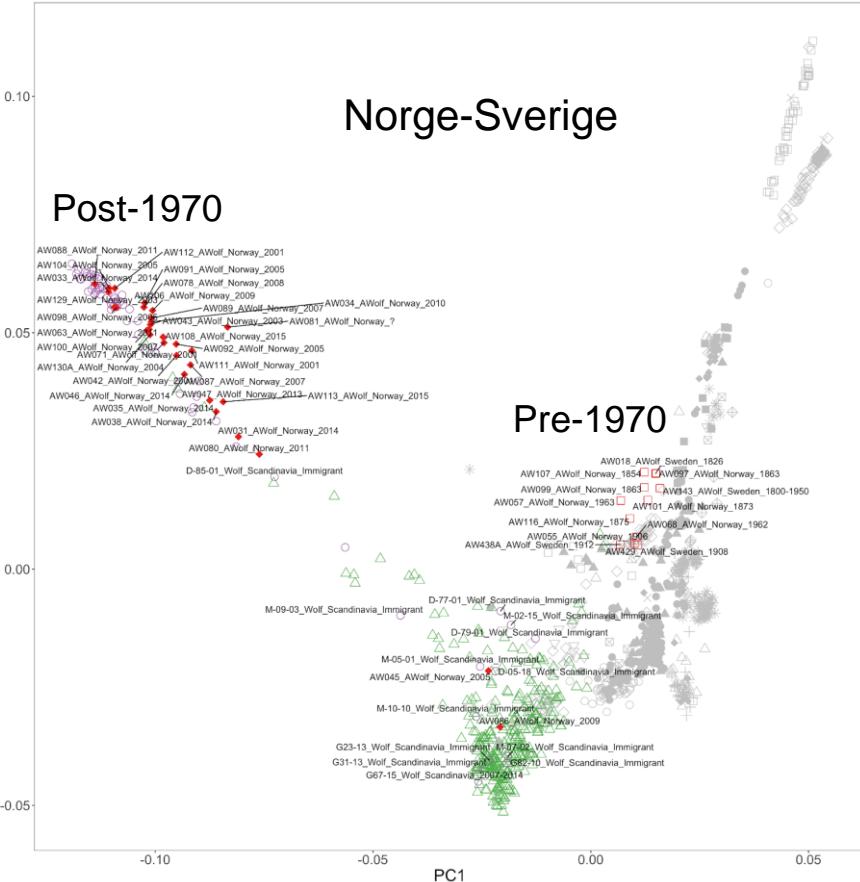
# Hvordan klarer norsk-svensk ulv seg?

**Veldig dårlig. Små effektive populasjonsstørrelser og høy innavl.**

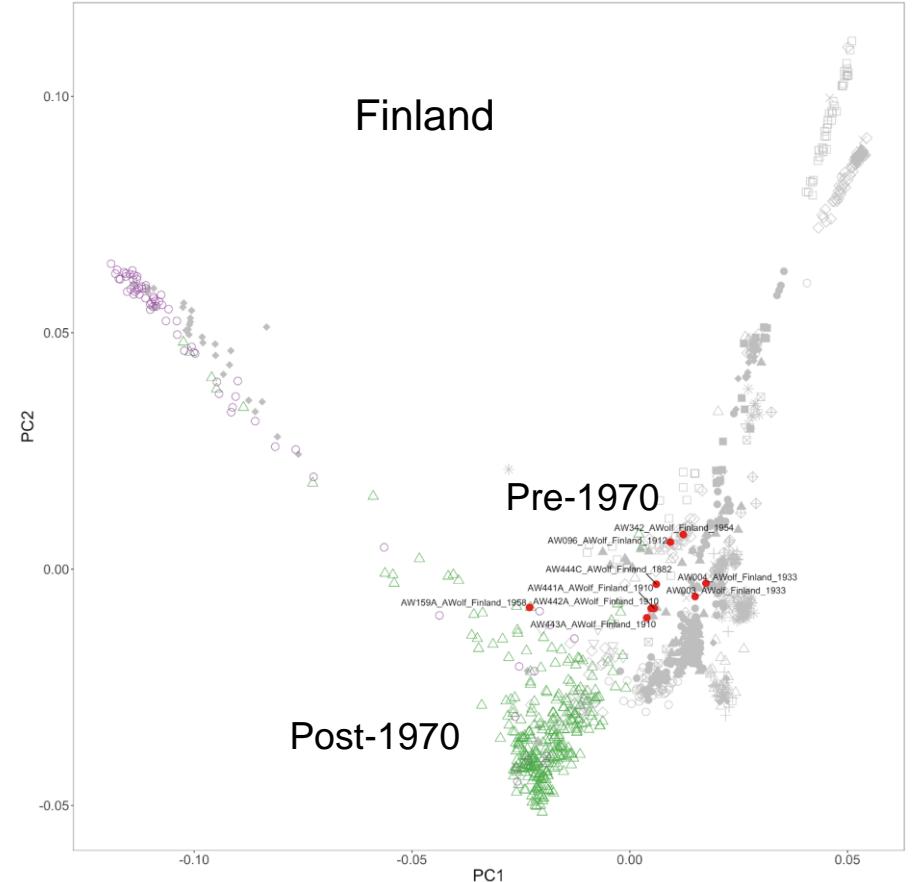
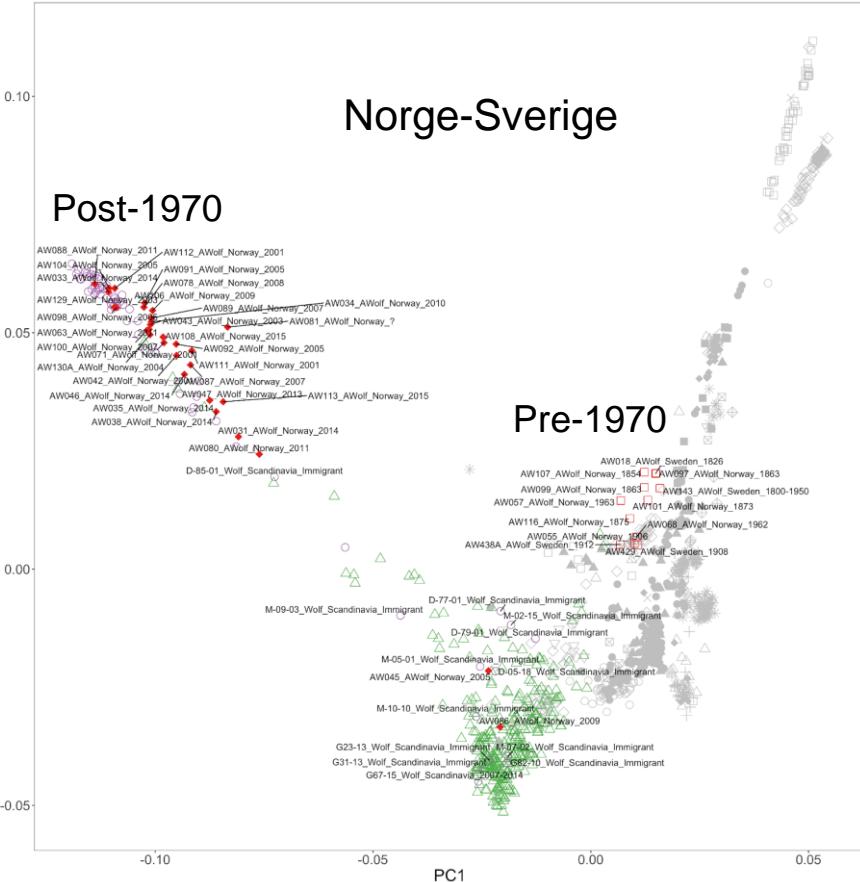
# Oversikt

- Innsamling
- Genetisk struktur hos ulv
- Fitness hos ulv
- **Utskifting av fennoskandiske ulver**
- Blandet avstamning av norsk-svensk ulv
- Testing for lokal tilpasning

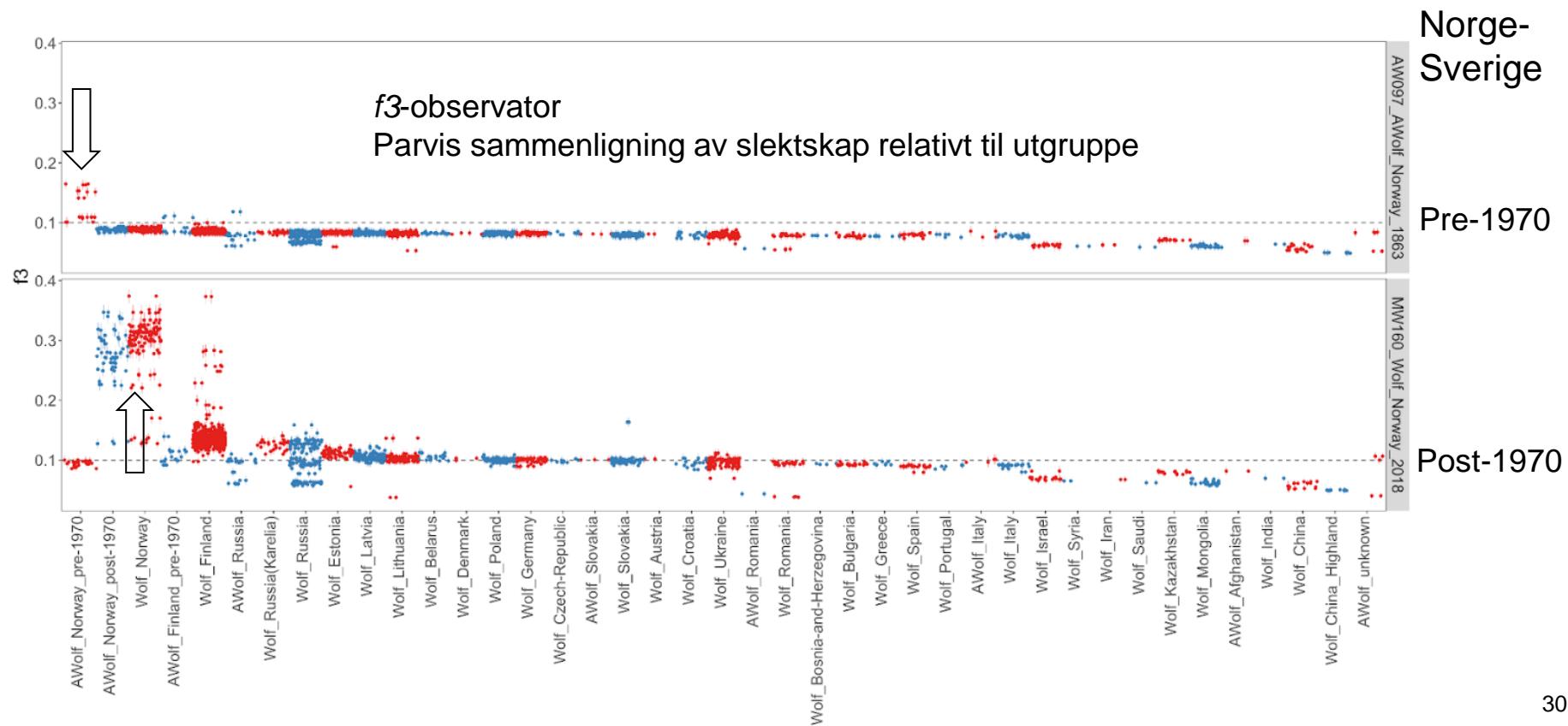
# Turnover i Fennoskandia



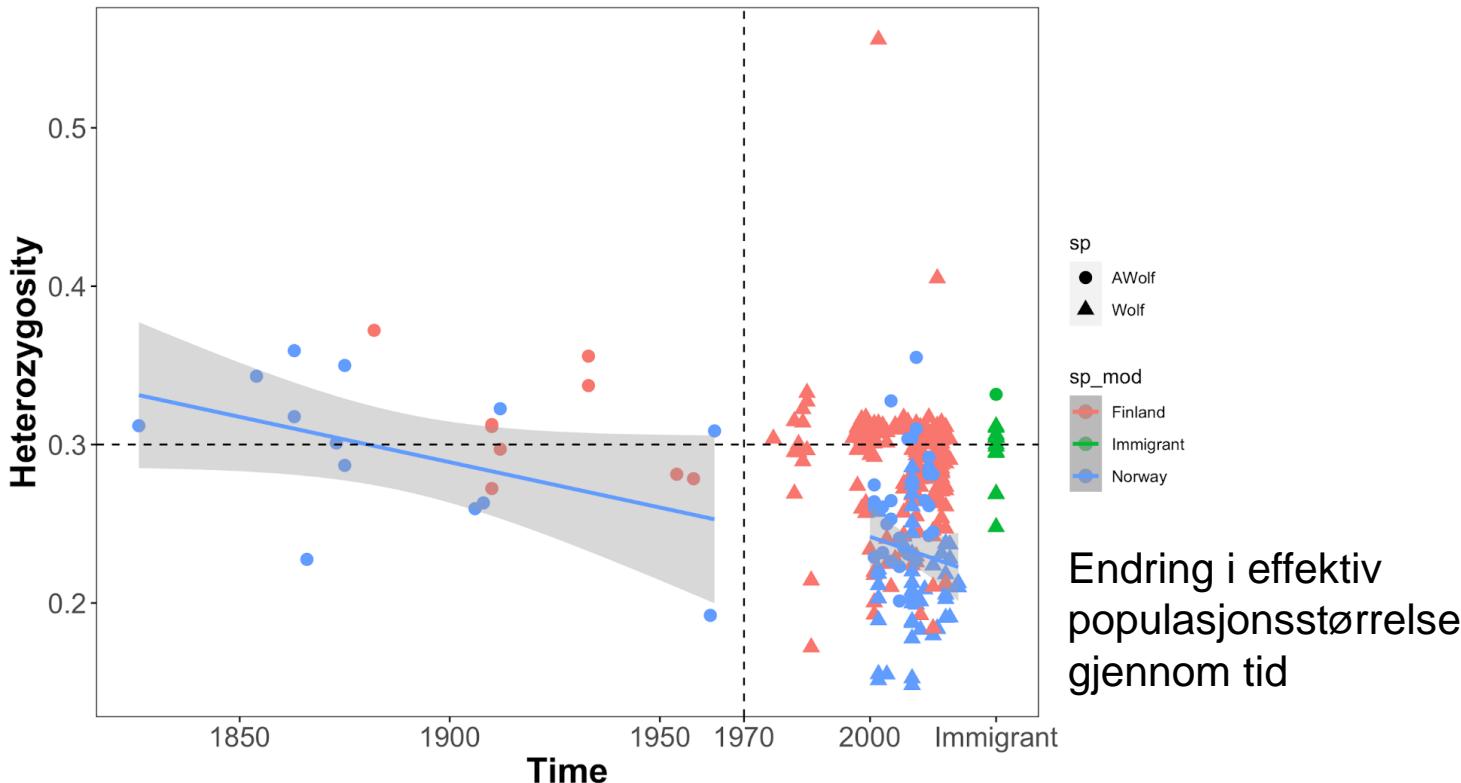
# Turnover i Fennoskandia



# Turnover i Fennoskandia



# Turnover i Fennoskandia



Har det skjedd endringer gjennom tid?

**Ja, klar utskifting av den norsk-svenske bestanden fra tiden før og etter 1970.**

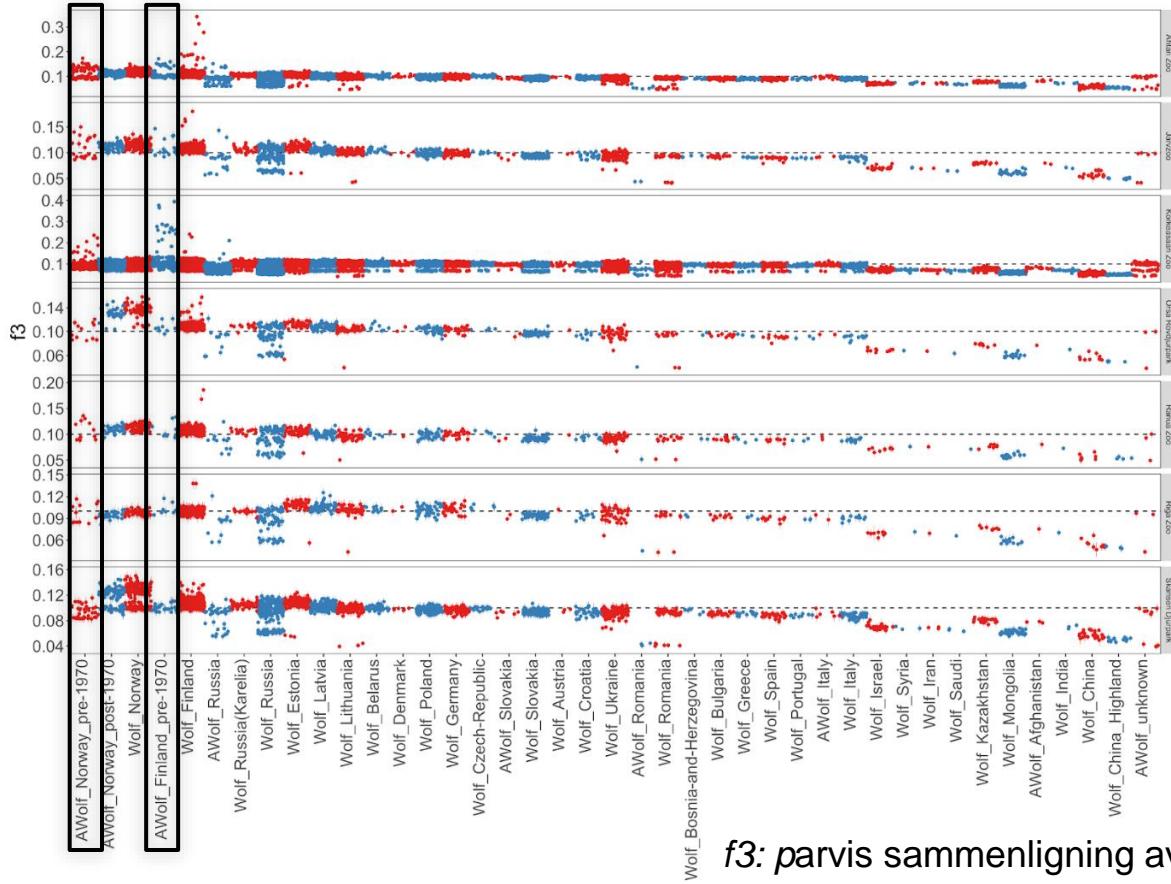
# Oversikt

- Innsamling
- Genetisk struktur hos ulv
- Fitness hos ulv
- Utskifting av fennoskandiske ulver
- **Blandet avstamning av norsk-svensk ulv**
- Testing for lokal tilpasning

# Blandet avstamning?

- Blandet avstamning med ulv fra dyrehager
- Blandet avstamning med hunder
- Blandet avstamning med historisk (pre-1970) bestand
- Blandet avstamning med ulvebestander utenfor Finland

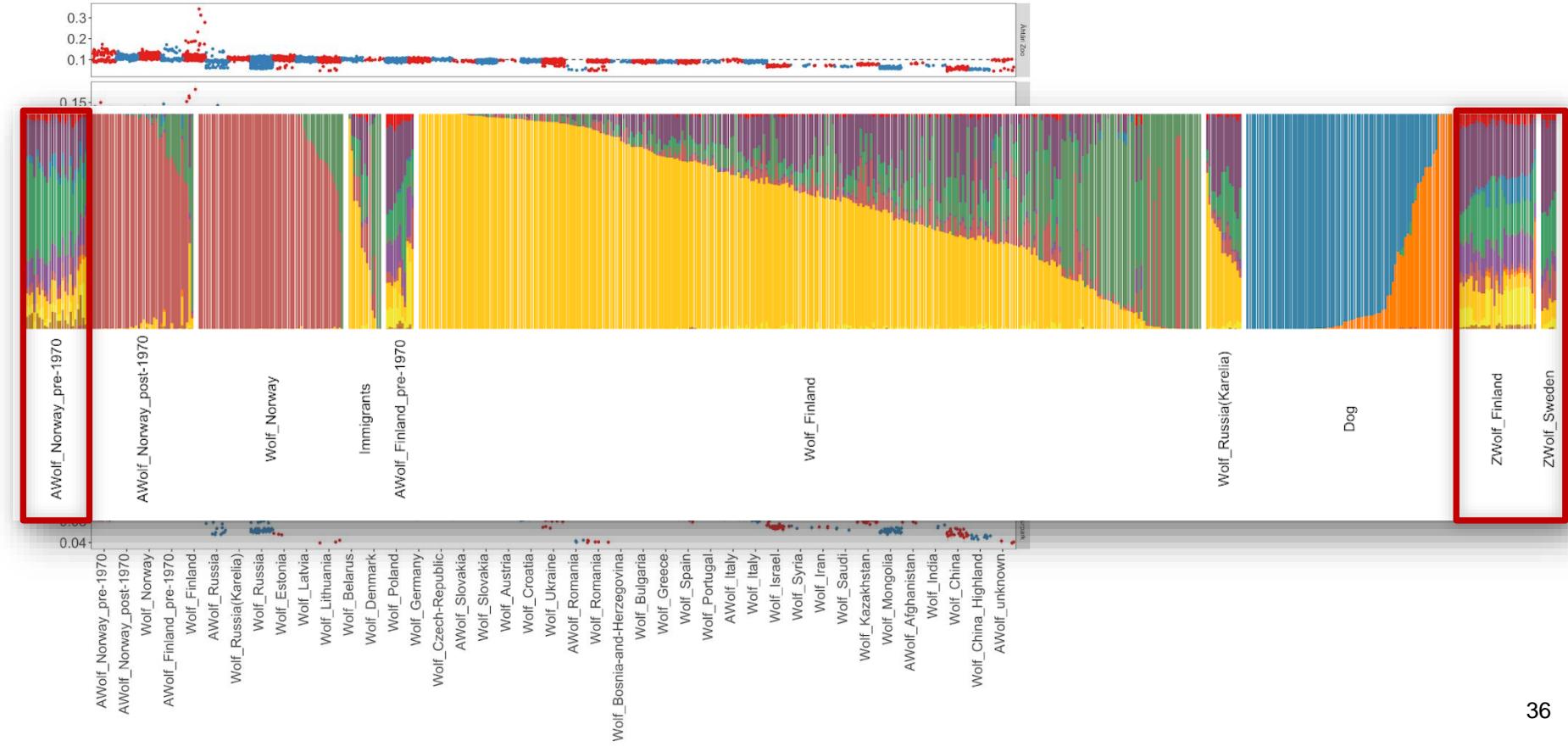
# Blandet avstamning fra dyrehager?



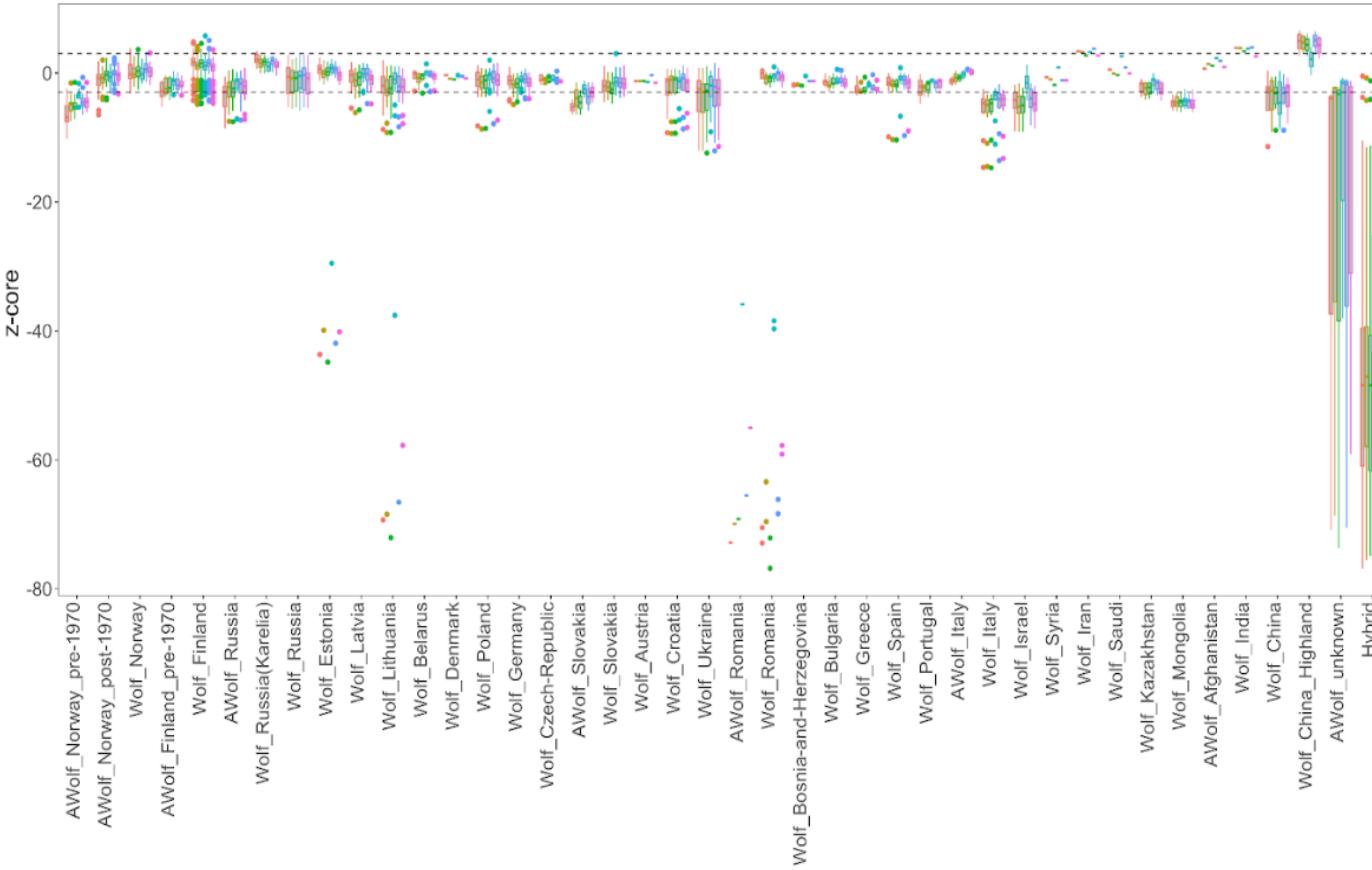
Korkeasaari Zoo

Ulv i ulike dyrehager  
har genetisk slektskap  
med opprinnelig (pre-  
1970) norsk-svensk ulv

# Blandet avstamning fra dyrehager?

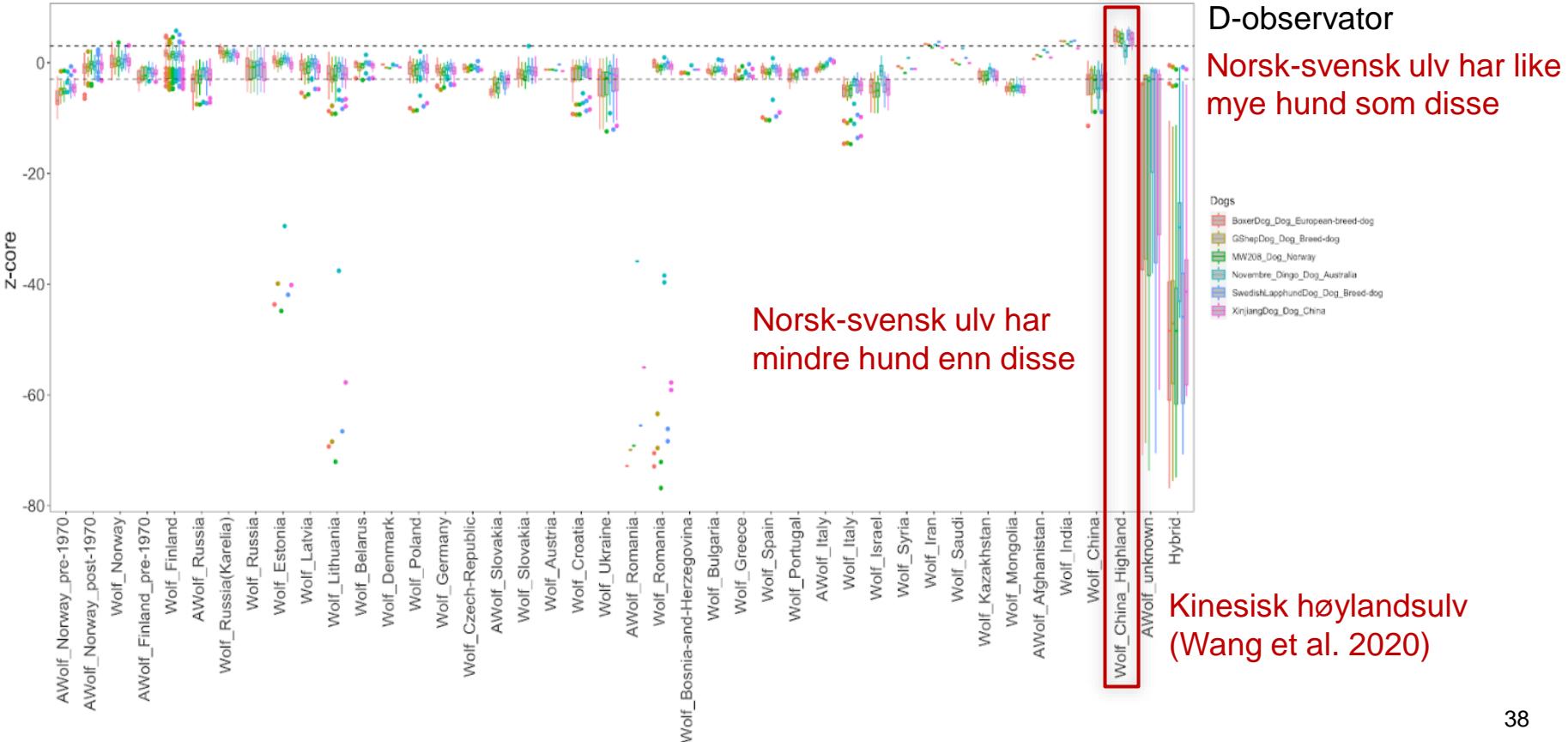


# Blandet avstamning med hunder?



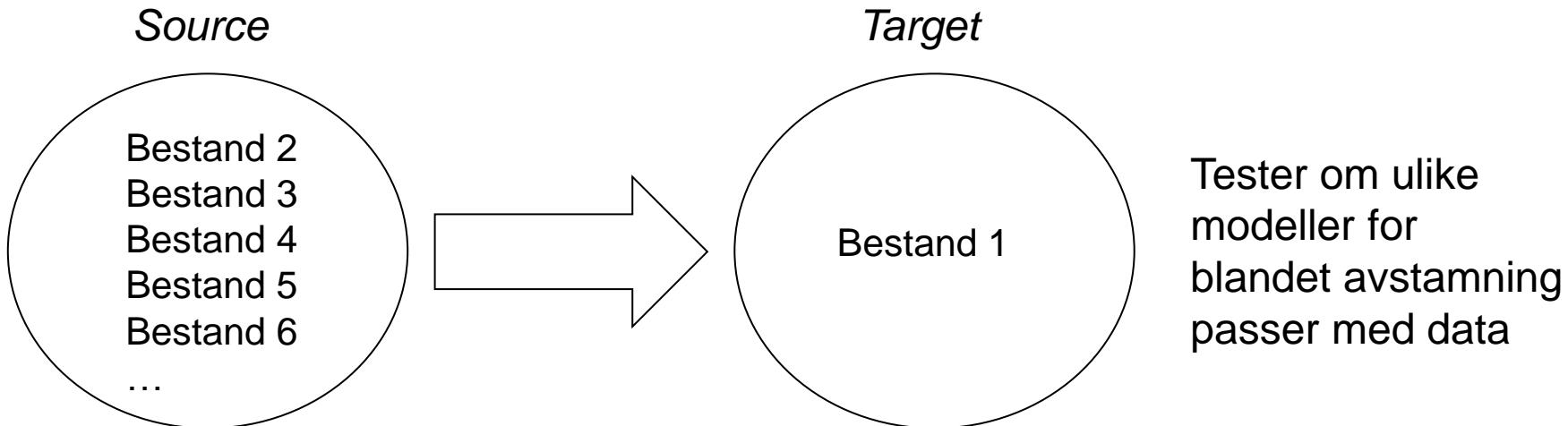
D-observator:  
Test for relativt innslag  
av hund i ulike genomer

# Blandet avstamning med hunder?



# Blandet avstamning

## *qpAdm-modellering*



# Blandet avstamning med hunder?

Sources:

4 finske bestander  
Hunder

Targets:

2 norsk-svenske bestander

Finland\_2 er statistisk sannsynlig kilde  
Ingen innblanding med hunder

Source population 1	Source population 2	df	chisq	Pop1 proportion	Pop2 proportion	Oversizing	p value
Target population: Wolf_Norway_4							
Dog_1	Wolf_Finland_4	4	12.987	0.069	0.931		0.619
Dog_1	Wolf_Finland_1	4	19.597	0.02	0.98		
Dog_1	Wolf_Finland_2	4	13.931	0.05	0.95		
Dog_1	Wolf_Finland_3	4	16.395	0.084	0.916		
Wolf_Finland_4	Wolf_Finland_1	4	12.778	-0.352	1.352	unfeasible	
Wolf_Finland_4	Wolf_Finland_2	4	4.085	-1.806	2.806	unfeasible	
Wolf_Finland_4	Wolf_Finland_3	4	19.634	5.882	-4.882	unfeasible	
Wolf_Finland_1	Wolf_Finland_2	4	8.582	2.924	-1.924	unfeasible	
Wolf_Finland_1	Wolf_Finland_3	4	9.52	1.329	-0.329	unfeasible	
Wolf_Finland_2	Wolf_Finland_3	4	5.554	2.196	-1.196	unfeasible	
Dog_1		5	2723.101	1	0		
Wolf_Finland_4		5	36.515	1	0		
Wolf_Finland_1		5	22.817	1	0		
Wolf_Finland_2		5	13.234	1	0		
Wolf_Finland_3		5	40.94	1	0		
Target population: Wolf_Norway_3							
Dog_1	Wolf_Finland_4	4	13.391	0.066	0.934		0.135
Dog_1	Wolf_Finland_1	4	27.278	0.021	0.979		
Dog_1	Wolf_Finland_2	4	14.326	0.043	0.957		
Dog_1	Wolf_Finland_3	4	14.39	0.078	0.922		
Wolf_Finland_4	Wolf_Finland_1	4	14.551	-0.496	1.496	unfeasible	
Wolf_Finland_4	Wolf_Finland_2	4	4.775	-1.744	2.744	unfeasible	
Wolf_Finland_4	Wolf_Finland_3	4	20.44	5.856	-4.856	unfeasible	
Wolf_Finland_1	Wolf_Finland_2	4	11.339	9.893	-8.893	unfeasible	
Wolf_Finland_1	Wolf_Finland_3	4	13.101	1.425	-0.425	unfeasible	
Wolf_Finland_2	Wolf_Finland_3	4	5.973	2.149	-1.149	unfeasible	
Dog_1		5	2852.866	1	0		
Wolf_Finland_4		5	40.668	1	0		
Wolf_Finland_1		5	26.611	1	0		
Wolf_Finland_2		5	15.626	1	0		
Wolf_Finland_3		5	44.241	1	0		

# Blandet avstamning med hunder?

Sources:

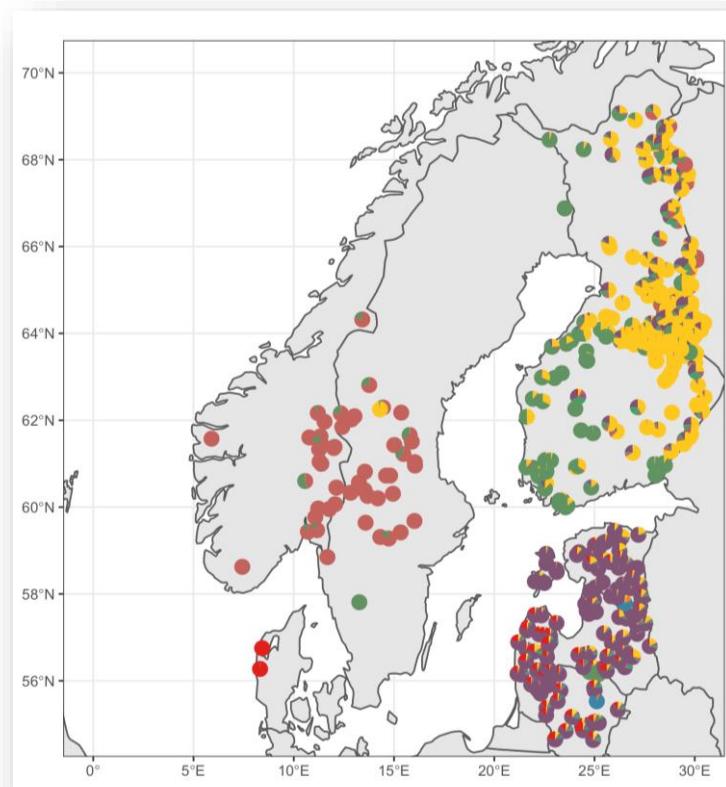
4 finske bestander

Hunder

Targets:

2 norsk-svenske bestander

Finland\_2 er statistisk sannsynlig kilde  
Ingen innblanding med hunder



# Blandet avstamning med pre-1970 ulv?

Sources:

4 finske bestander

Pre-1970 norsk-svensk ulv

Targets:

2 norsk-svenske bestander

Finland\_2 er statistisk sannsynlig kilde  
Ingen innblanding med pre-1970 ulv

Source	Source	df	chisq	Pop1 proportion	Pop2 proportion	Overfitting	p value
population 1	population 2						

Target population: Wolf_Norway_3							
AWolf_Norway_1	Wolf_Finland_4	4	16.833	0.175	0.825		
AWolf_Norway_1	Wolf_Finland_1	4	20.094	0.036	0.964		
AWolf_Norway_1	Wolf_Finland_2	4	9.352	0.103	0.897		0.0823
AWolf_Norway_1	Wolf_Finland_3	4	13.943	0.206	0.794		
Wolf_Finland_4	Wolf_Finland_1	4	10.889	-0.568	1.568	unfeasible	
Wolf_Finland_4	Wolf_Finland_2	4	2.112	-1.688	2.688	unfeasible	
Wolf_Finland_4	Wolf_Finland_3	4	5.831	5.304	-4.304	unfeasible	
Wolf_Finland_1	Wolf_Finland_2	4	5.185	2.625	-1.625	unfeasible	
Wolf_Finland_1	Wolf_Finland_3	4	9.234	1.436	-0.436	unfeasible	
Wolf_Finland_2	Wolf_Finland_3	4	1.83	2.076	-1.076	unfeasible	
AWolf_Norway_1		5	383.54	1	0		
Wolf_Finland_4		5	36.518	1	0		
Wolf_Finland_1		5	21.902	1	0		
Wolf_Finland_2		5	12.371	1	0		
Wolf_Finland_3		5	39.134	1	0		

Target population: Wolf_Norway_4							
AWolf_Norway_1	Wolf_Finland_4	4	14.393	0.182	0.818		
AWolf_Norway_1	Wolf_Finland_1	4	14.167	0.042	0.958		
AWolf_Norway_1	Wolf_Finland_2	4	7.131	0.114	0.886		0.0616
AWolf_Norway_1	Wolf_Finland_3	4	16.712	0.209	0.791		
Wolf_Finland_4	Wolf_Finland_1	4	8.833	-0.421	1.421	unfeasible	
Wolf_Finland_4	Wolf_Finland_2	4	1.807	-1.744	2.744	unfeasible	
Wolf_Finland_4	Wolf_Finland_3	4	6.248	5.275	-4.275	unfeasible	
Wolf_Finland_1	Wolf_Finland_2	4	4.449	2.336	-1.336	unfeasible	
Wolf_Finland_1	Wolf_Finland_3	4	7.156	1.347	-0.347	unfeasible	
Wolf_Finland_2	Wolf_Finland_3	4	1.746	2.119	-1.119	unfeasible	
AWolf_Norway_1		5	372.681	1	0		
Wolf_Finland_4		5	32.997	1	0		
Wolf_Finland_1		5	16.81	1	0		
Wolf_Finland_2		5	10.625	1	0		
Wolf_Finland_3		5	36.466	1	0		

# Blandet avstamning utenfor Fennoskandia?

Sources:  
Finland\_2

Europeiske bestander (Baltikum, Karelen,  
Tyskland, Polen, Slovakia mfl)  
Pre-1970 norsk-svensk ulv

Targets:  
2 norsk-svenske bestander

**Finland\_2 er statistisk sannsynlig kilde**  
Ingen innblanding med andre  
europeiske ulv

Source	Source	dI	chi <sub>q</sub>	Pop1 proportion	Pop2 proportion	p value	Source	Source	dI	chi <sub>q</sub>	Pop1 proportion	Pop2 proportion	p value
<b>population 1 population 2</b>													
Wolf_Finland_2	Airnf_Norway_1	4	9.929	1.042	-0.042	unfeasible	Wolf_Finland_2	Airnf_Norway_1	4	8.613	1.02	-0.02	unfeasible
Wolf_Finland_2	Wolf_Italy	4	9.264	0.902	0.058	unfeasible	Wolf_Finland_2	Wolf_Italy	4	8.725	0.956	0.034	unfeasible
Wolf_Finland_2	Wolf_Latvia_2	4	9.620	1.246	-0.245	unfeasible	Wolf_Finland_2	Wolf_Latvia_2	4	7.862	1.368	-0.365	unfeasible
Wolf_Finland_2	Wolf_Germany_4	4	5.762	1.18	-0.18	unfeasible	Wolf_Finland_2	Wolf_Germany_4	4	5.27	1.208	-0.208	unfeasible
Airnf_Norway_1	Wolf_Italy	4	51.407	0.402	0.598	unfeasible	Airnf_Norway_1	Wolf_Italy	4	54.384	0.408	0.592	unfeasible
Airnf_Norway_1	Wolf_Latvia_2	4	26.873	0.078	0.922	unfeasible	Airnf_Norway_1	Wolf_Latvia_2	4	24.798	0.102	0.898	unfeasible
Airnf_Norway_1	Wolf_Germany_4	4	20.815	0.059	0.941	unfeasible	Airnf_Norway_1	Wolf_Germany_4	4	20.577	0.056	0.944	unfeasible
Wolf_Ity	Wolf_Latvia_2	4	8.140	-0.522	1.521	unfeasible	Wolf_Ity	Wolf_Latvia_2	4	7.963	-0.671	1.271	unfeasible
Wolf_Ity	Wolf_Germany_4	4	17.908	-0.831	1.831	unfeasible	Wolf_Ity	Wolf_Germany_4	4	16.555	-0.433	1.433	unfeasible
Wolf_Latvia_2	Wolf_Germany_4	4	2.751	3.416	-2.416	unfeasible	Wolf_Latvia_2	Wolf_Germany_4	4	3.253	3.742	-2.742	unfeasible
Wolf_Finland_2	5	15.1	1	0	0	unfeasible	Wolf_Finland_2	5	8.859	1	0	0	unfeasible
Airnf_Norway_1	5	107.946	1	0	0	unfeasible	Airnf_Norway_1	5	111.088	1	0	0	unfeasible
Wolf_Ity	5	26.202	1	0	0	unfeasible	Wolf_Ity	5	77.692	1	0	0	unfeasible
Wolf_Latvia_2	5	27.421	1	0	0	unfeasible	Wolf_Latvia_2	5	25.911	1	0	0	unfeasible
Wolf_Germany_4	5	21.564	1	0	0	unfeasible	Wolf_Germany_4	5	20.984	1	0	0	unfeasible
<b>Test batch 2</b>													
Wolf_Finland_2	Airnf_Norway_1	4	9.862	1.043	-0.043	unfeasible	Wolf_Finland_2	Airnf_Norway_1	4	8.646	1.021	-0.021	unfeasible
Wolf_Finland_2	Wolf_Slovakia_3	4	9.916	0.924	0.076	unfeasible	Wolf_Finland_2	Wolf_Slovakia_3	4	8.632	1.009	-0.009	unfeasible
Wolf_Finland_2	Wolf_Poland_4	4	9.828	1.209	-0.328	unfeasible	Wolf_Finland_2	Wolf_Poland_4	4	7.162	1.371	-0.371	unfeasible
Wolf_Finland_2	Wolf_RussiaKarelia_4	4	17.048	0.945	0.055	unfeasible	Wolf_Finland_2	Wolf_RussiaKarelia_4	4	1.89	6.735	-0.735	unfeasible
Airnf_Norway_1	Wolf_Slovakia_3	4	31.241	0.235	0.765	unfeasible	Airnf_Norway_1	Wolf_Slovakia_3	4	31.408	0.228	0.772	unfeasible
Airnf_Norway_1	Wolf_Poland_4	4	23.373	0.139	0.861	unfeasible	Airnf_Norway_1	Wolf_Poland_4	4	22.329	0.128	0.872	unfeasible
Airnf_Norway_1	Wolf_RussiaKarelia_4	4	14.163	-0.007	1.007	unfeasible	Airnf_Norway_1	Wolf_RussiaKarelia_4	4	12.349	-0.012	1.012	unfeasible
Wolf_Slovakia_3	4	15.636	-1.095	2.695	unfeasible	Wolf_Slovakia_3	4	15.216	-1.714	2.714	unfeasible		
Wolf_Slovakia_3	Wolf_RussiaKarelia_4	4	14.251	0.001	0.999	unfeasible	Wolf_Slovakia_3	Wolf_RussiaKarelia_4	4	12.023	-0.115	1.115	unfeasible
Wolf_Poland_4	4	10.354	-0.673	1.673	unfeasible	Wolf_Poland_4	4	8.897	-0.622	1.622	unfeasible		
Wolf_Finland_2	5	15.114	1	0	0	unfeasible	Wolf_Finland_2	5	8.717	1	0	0	unfeasible
Airnf_Norway_1	5	108.000	1	0	0	unfeasible	Airnf_Norway_1	5	111.175	1	0	0	unfeasible
Wolf_Slovakia_3	5	38.929	1	0	0	unfeasible	Wolf_Slovakia_3	5	37.982	1	0	0	unfeasible
Wolf_Poland_4	5	25.854	1	0	0	unfeasible	Wolf_Poland_4	5	24.214	1	0	0	unfeasible
Wolf_RussiaKarelia_4	5	14.208	1	0	0	unfeasible	Wolf_RussiaKarelia_4	5	12.423	1	0	0	unfeasible
<b>Test batch 3</b>													
Wolf_Finland_2	Airnf_Norway_1	4	10.549	1.024	-0.024	unfeasible	Wolf_Finland_2	Airnf_Norway_1	4	9.305	0.958	0.002	unfeasible
Wolf_Finland_2	Wolf_Ukraine_1	4	10.375	1.007	-0.007	unfeasible	Wolf_Finland_2	Wolf_Ukraine_1	4	9.203	0.982	0.008	unfeasible
Wolf_Finland_2	Wolf_Ukraine_2	4	10.360	0.927	0.073	unfeasible	Wolf_Finland_2	Wolf_Ukraine_3	4	9.098	1.024	-0.024	unfeasible
Wolf_Finland_2	Wolf_Ukraine_4	4	9.840	1.309	-0.309	unfeasible	Wolf_Finland_2	Wolf_Ukraine_4	4	8.303	1.404	-0.404	unfeasible
Airnf_Norway_1	Wolf_Ukraine_1	4	8.857	1.174	-0.174	unfeasible	Airnf_Norway_1	Wolf_Ukraine_1	4	9.193	1.188	-0.188	unfeasible
Airnf_Norway_1	Wolf_Ukraine_2	4	21.765	0.208	0.792	unfeasible	Airnf_Norway_1	Wolf_Ukraine_2	4	20.304	0.187	0.813	unfeasible
Airnf_Norway_1	Wolf_Ukraine_3	4	16.923	0.059	0.941	unfeasible	Airnf_Norway_1	Wolf_Ukraine_3	4	15.071	0.074	0.926	unfeasible
Wolf_Ukraine_1	Wolf_Ukraine_2	4	10.711	0.101	0.899	unfeasible	Wolf_Ukraine_1	Wolf_Ukraine_3	4	10.832	0.105	0.895	unfeasible
Wolf_Ukraine_1	Wolf_Ukraine_4	4	11.855	0.051	0.949	unfeasible	Wolf_Ukraine_1	Wolf_Ukraine_4	4	11.034	0.061	0.939	unfeasible
Wolf_Ukraine_3	Wolf_Ukraine_4	4	8.000	-1.160	2.160	unfeasible	Wolf_Ukraine_3	Wolf_Ukraine_4	4	5.685	-1.507	2.507	unfeasible
Wolf_Finland_2	5	8.684	1	0	0	unfeasible	Wolf_Finland_2	5	11.184	1	0	0	unfeasible
Airnf_Norway_1	5	108.200	1	0	0	unfeasible	Airnf_Norway_1	5	111.324	1	0	0	unfeasible
Wolf_Ukraine_1	5	123.167	1	0	0	unfeasible	Wolf_Ukraine_1	5	120.007	1	0	0	unfeasible
Wolf_Ukraine_3	5	28.077	1	0	0	unfeasible	Wolf_Ukraine_3	5	26.712	1	0	0	unfeasible
Wolf_Ukraine_3	5	16.642	1	0	0	unfeasible	Wolf_Ukraine_3	5	15.029	1	0	0	unfeasible
<b>Test batch 4</b>													
Wolf_Finland_2	Airnf_Norway_1	5	12.702	0.922	0.078	unfeasible	Wolf_Finland_2	Airnf_Norway_1	5	10.654	0.91	0.059	unfeasible
Wolf_Finland_2	Wolf_Ukraine_3	5	10.800	1.155	-0.155	unfeasible	Wolf_Finland_2	Wolf_Ukraine_3	5	8.985	1.177	-0.177	unfeasible
Wolf_Finland_2	Wolf_Ukraine_2	5	3.211	5.509	-4.509	unfeasible	Wolf_Finland_2	Wolf_Ukraine_2	5	3.282	6.569	-5.569	unfeasible
Airnf_Norway_1	Wolf_Ukraine_3	5	46.142	0.405	0.595	unfeasible	Airnf_Norway_1	Wolf_Ukraine_3	5	43.932	0.454	0.546	unfeasible
Airnf_Norway_1	Wolf_Ukraine_2	5	14.861	0.077	0.923	unfeasible	Airnf_Norway_1	Wolf_Ukraine_2	5	12.399	0.089	0.911	unfeasible
Wolf_Ukraine_3	Wolf_Ukraine_2	5	10.424	-0.212	1.212	unfeasible	Wolf_Ukraine_3	Wolf_Ukraine_2	5	8.502	-0.233	1.233	unfeasible
Wolf_Finland_2	6	15.712	1	0	0	unfeasible	Wolf_Finland_2	6	13.893	1	0	0	unfeasible
Airnf_Norway_1	6	305.300	1	0	0	unfeasible	Airnf_Norway_1	6	379.717	1	0	0	unfeasible
Wolf_Ukraine_3	6	306.252	1	0	0	unfeasible	Wolf_Ukraine_3	6	276.191	1	0	0	unfeasible
Wolf_Ukraine_3	6	17.040	1	0	0	unfeasible	Wolf_Ukraine_3	6	14.032	1	0	0	unfeasible
Target position: Wolf_Norway_4													
Target population: Wolf_Norway_4													

Hva er opphavet til norsk-svensk ulv?

**Finsk ulv er genetisk mest lik norsk-svensk ulv.**

Hva er grad av hybridisering med hund i norsk-svensk ulv?

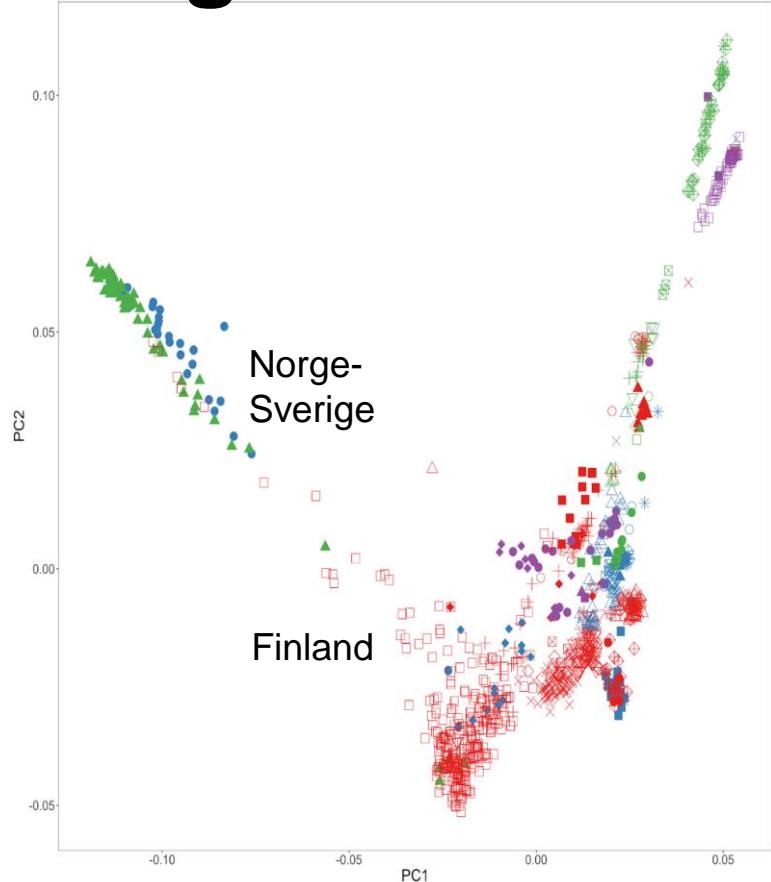
**Ingen andre ulvebestander i verden har mindre hund i genomene enn norsk-svensk ulv (med mulig unntak av kinesisk høylandsulv). Ingen indikasjoner på nylig hybridisering med hund.**

# Oversikt

- Innsamling
- Genetisk struktur hos ulv
- Fitness hos ulv
- Turnover i fennoskandiske ulver
- Modellering av blandet avstamning av norsk-svensk ulv
- **Testing for lokal tilpasning**

# Testing for lokal tilpasning

- Genetisk differensiering skyldes ikke innblanding fra andre kilder
- Genetisk differensiering skyldes dermed drift som følge av ekstrem innavl
- Har norsk-svensk ulv unike genetiske tilpasninger?



# Testing for lokal tilpasning

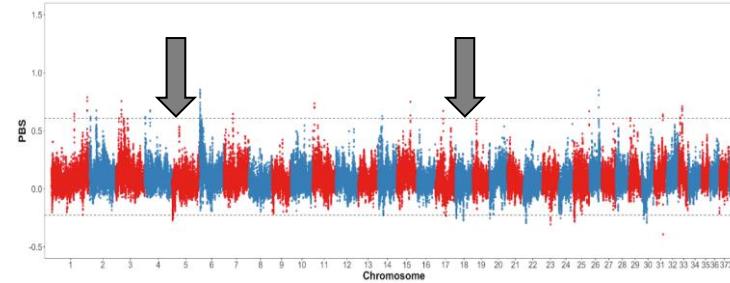
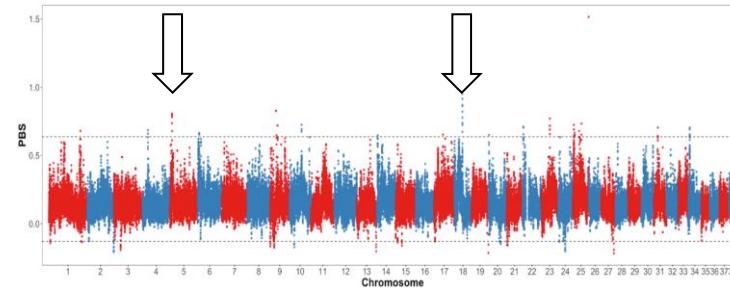
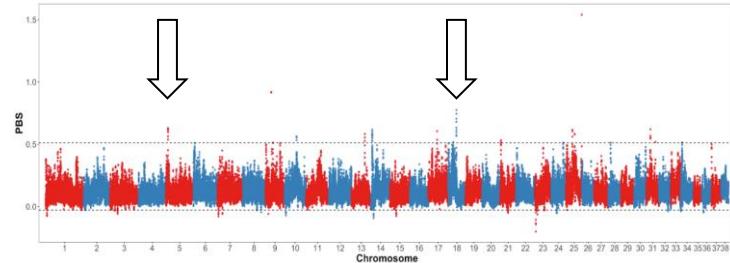
Ingen unike genetiske  
tilpasninger hos norsk-  
svensk ulv

Norsk-svensk ulv vs. alle  
finske og kinesisk lavland

Norsk-svensk ulv vs. spans-  
italiensk og kinesisk lavland

Norsk-svensk ulv vs. ancestral  
finsk\_2 og kinesisk lavland

Manhattan plots  
Population branch statistic (PBS)



# Oppsummering

- Opprinnelig norsk-svensk ulvebestand ble utryddet, men rester av bestanden kan finnes i noen nordiske dyrehager.
- Moderne norsk-svensk ulv er genetisk mest lik ulv som lever i Finland. Det er ingen genetiske innslag fra andre bestander i verden, hverken fra ville dyr eller dyr i fangenskap.
- Det er ingen indikasjoner på nylig hybridisering med hund, og ingen andre ulv i verden har mindre hund i genomene enn de norsk-svenske.



# NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Hans K. Stensøien, Xin Sun, Michel D. Martin, Camilla H. Scharff-Olsen, Germán Hernández Alonso, Nuno Filipe Gomes Martins, Liam Lanigan, Marta Maria Ciucani, Mikkel-Holger S. Sinding, Shyam Gopalakrishnan og M. Thomas P. Gilbert

Genetisk opphav til den norske-svenske  
ulvestammen (*Canis lupus lupus*)

NTNU Vitenskapsmuseet  
naturhistorisk rapport 2021-11

