



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Ecology
Grimsö Wildlife Research Station

Beräkningar av beskattning av den skandinaviska vargpopulationen 2024

Rapport till Naturvårdsverket, Sverige och
Miljødirektoratet, Norge från SKANDULV

av

Henrik Andrén, Håkan Sand, Olof Liberg, Petter Wabakken

Version 2023-06-02



**Høgskolen
i Innlandet**

Beräkningar av beskattning av den Skandinaviska vargpopulationen 2024 - a report from the Scandinavian Wolf Research Project (SKANDULV) to the Swedish Environmental Protection Agency and to the Norwegian Environmental Agency.

2023-06-02

Authors:

Henrik Andrén, Grimsö Wildlife Research Station, Department of Ecology, SLU, Sweden
Håkan Sand, Grimsö Wildlife Research Station, Department of Ecology, SLU, Sweden
Olof Liberg, Grimsö Wildlife Research Station, Department of Ecology, SLU, Sweden
Petter Wabakken, Faculty of Applied Ecology, Agricultural Sciences and Biotechnology, Campus Evenstad, Inland Norway University of Applied Sciences, Norway

Program coordinator for SKANDULV:

Camilla Wikenros, camilla.wikenros@slu.se

Publisher of report in this format:

Grimsö Wildlife Research Station, Department of Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences

Postal address:

Grimsö 152
739 93 Riddarhyttan

Place of publication:

Riddarhyttan

Year of publication:

2023

Online publication:

<http://pub.epsilon.slu.se>
<http://www.slu.se/skandulv>

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Uppdraget

Beskattningsmodell på varg i Skandinavien inför jaktåret 2023/2024

Bakgrund – svensk förvaltning

Art- och habitatdirektivet (92/43/EEG), där varg ingår i bilagorna II och IV, ställer bland annat krav på att medlemsstaterna inom EU ska se till att de arter och livsmiljöer som omfattas av direktivets bilagor uppnår och bibehåller en gynnsam bevarandestatus. I direktivets artikel 1 anges att en arts bevarandestatus är summan av de faktorer som påverkar arten och som på lång sikt kan påverka den naturliga utbredningen och storleken av artens populationer. Det finns tre förutsättningar som behöver vara uppfyllda om vargens bevarandestatus ska kunna anses vara gynnsam: I) vargens populationsutveckling visar att arten på lång sikt kommer att förbli en livskraftig del av sin livsmiljö, II) vargens naturliga utbredningsområde varken minskar eller sannolikt kommer att minska inom en överskådlig framtid, och III) det finns – och sannolikt kommer att fortsätta att finnas – en tillräckligt stor livsmiljö för att artens populationer ska bibehållas på lång sikt. I linje med art- och habitatdirektivet har riksdagen fattat beslut om att Sverige ska ha livskraftiga rovdjursstammar.

Förordningen (2009:1263) om förvaltning av björn, varg, järv, lo och kungsörn anger att syftet med förvaltningen är att rovdjursarterna ska finnas i så stort antal att de långsiktigt finns kvar i den svenska faunan och att djuren kan sprida sig till sina naturliga utbredningsområden. Detta syfte ska uppnås i en takt som främjar samexistensen mellan människor och dessa arter samtidigt som skador och olägenheter förebyggs och begränsas. Sverige är enligt 2 § förordningen indelat i tre rovdjursförvaltningsområden – norra, mellersta och södra – och för varje område finns ett samverkansråd för samverkan mellan länsstyrelserna och, i norra och mellersta området ingår även Sametinget.

Möjligheten att delegera beslut om jakt från Naturvårdsverket till en länsstyrelse infördes efter propositionen En ny rovdjursförvaltning (2008/09:210). Delegering medgavs då under vissa förutsättningar. Riksdagen beslutade den 10 december 2013 om En hållbar rovdjurspolitik (prop. 2012/13:191, 2013/14:MJU7). I propositionen uttalas att delegering till länsstyrelsen av beslutanderätten avseende skydds jakt på stora rovdjur bör ske utan begränsning, även till län som saknar reproducerande stam av den aktuella arten. Naturvårdsverket kan även överlåta rätten att fatta beslut om licensjakt till länsstyrelserna när antalet föryngringar för arten i rovdjursförvaltningsområdet överstiger de miniminivåer som fastställts för området. Att överlåta rätten att fatta beslut om skydds- och licensjakt till länsstyrelserna är en del av den regionaliserade rovdjursförvaltningen som beslutats av riksdagen.

Två forskargrupper med ledande internationell expertis i bevarandebiologi och vargekologi blev 2015 ombudda att bedöma referensvärdet för vargens populationsstorlek i Sverige (Favourable Reference Population, FRP; Evans & Arvela 2011). Bedömningarna gjordes genom vetenskapliga synteser av den befintliga kunskapen, med särskilt fokus på vargpopulationens storlek och behovet av invandring av vargar från Finland och Ryssland.

Som ett resultat av detta bedömer Naturvårdsverket att givet att vargarna i Sverige och Skandinavien (Sverige och Norge) utgör en del av den nordeuropeiska vargpopulationen

(genom immigration och emigration, och genflödet som är associerat med detta), att det behövs minst 300 vargar i Sverige, samt att minst en ny immigrant från Finland eller Ryssland ska reproducera sig inom det skandinaviska utbredningsområdet under naturliga förhållanden varje 5-årsperiod (varggeneration), för att vargen i Sverige ska kunna anses ha gynnsam bevarandestatus (Naturvårdsverket 2015, 2016).

Bakgrund – norsk förvaltning

Norsk förvaltning är baserad på både decentralisering/regionalisering och zoner. Landet är indelat i 8 rovdjursförvaltningsregioner med var sin rovdjursförvaltningsnämnd (rovviltmyndighet). Nämnderna består av regionala politiker från fylkeskommunerna och sametinget i respektive region. Statsforvalteren från fylker (län) är sekreterare för respektive regionala nämnd. Nämnderna har beslutsmyndighet för skadefellings- och lisensfällingskvoter för de arter som är på eller över det beståndsmål som är fastställt för respektive art i den regionen. Om regionen inte har ett beståndsmål för en art (d.v.s. inget delansvar för det nationella beståndsmålet) så har den regionala rovdjursnämnden alltid beslutsmyndighet för kvoter på den arten. När det gäller varg så är det två regioner (4 och 5) som gemensamt delar på det nationella beståndsmålet, samt det förvaltningsområde (ulvesonen) som målet huvudsakligen ska uppnås innanför. Ulvesonen utgör delar av de två regionerna.

Det nationella beståndsmålet för varg i Norge är 4 – 6 årliga föryngringar, varav minst 3 ska vara helnorska och där gränsrevir räknas med en faktor med 0,5. Det är bara när beståndet är över målet som rovdjursnämnden kan fastställa fällingskvoter som omfattar familjegrupper, eller enstaka vargindivider innanför ulvesonen.

Skadefällingskvoter på varg gäller för perioden 1 juni till och med 15 februari och fastställs vanligtvis under tidig vår. Skadefelling har som huvudsyfte att hantera akuta skadesituationer och statsforvalteren har mandat att fatta skadefällingsbeslut innanför den beslutade kvoten. Lisensfällingskvoter beslutas vanligtvis i juni efter att vinterns beståndsinventeringsresultat för Skandinavien har rapporterats. Lisensfelling pågår från 1 december till och med 31 maj utanför ulvesonen och 1 januari till och med 15 februari innanför ulvesonen/i etablerade revir. Lisensfelling har som huvudsyfte att vara beståndsreglerande, gällande populationsstorlek och utbredning. Från och med det datum en rovdjursnämnd har fattat beslut om kvot för lisensfelling så räknas all dödlighet orsakad av människor från lisensfällingskvoten (skydds jakt/skadefelling, trafikolyckor, dokumenterad illegal jakt, avlivning pga skabb mm) – detta innebär att genomförda skydds jakter dras från både skadefällings- och lisensfällingskvoten.

Före 2015 har vargpopulationen i Norge legat på eller under beståndsmålet och det har därmed bara beslutats fällingskvoter som omfattar enstaka vargindivider utanför ulvesonen. Lisensfelling under säsongen 2017/2018 var första gången där lisensfelling också omfattade hela revir med föryngring, både helt eller huvudsakligen utanför ulvesonen. I tillägg blev det beslutat om kvoter på enstaka individer i region 4 och 5 utanför ulvesonen, och flera regioner utan beståndsmål beslutade också om lisensfelling. Kvoter som beslutas utanför ulvesonen och utanför region 4 och 5 omfattar oftast inte känd förekomst av varg, utan beslutas för att lisensfelling ska kunna genomföras om eventuella vargar i eller efter spridningsfas dyker upp i beteprioriterade områden.

Uppdrag – beskattningsmodell på varg i Skandinavien inför jaktåret 2023/2024

Uppdragsbeskrivning

Naturvårdsverket och Miljødirektoratet har gett i uppdrag åt SKANDULV att beräkna hur olika beskattningsnivåer kan förväntas påverka tillväxttakten i den skandinaviska vargpopulationen (Naturvårdsverket, ärende NV-02030-23, kontrakt 365-23-001). Arbetet ska innebära en uppdatering och eventuell vidareutveckling av rapporterna från SKANDULV 2022-06-05 (Andrén m.fl. 2022, Beräkningar av beskattning av den skandinaviska vargpopulationen 2022). Utlåtandet ska anpassas dels till hela den skandinaviska populationen och dels enbart den svenska delen av populationen, och ska minst använda sig av/ta hänsyn till:

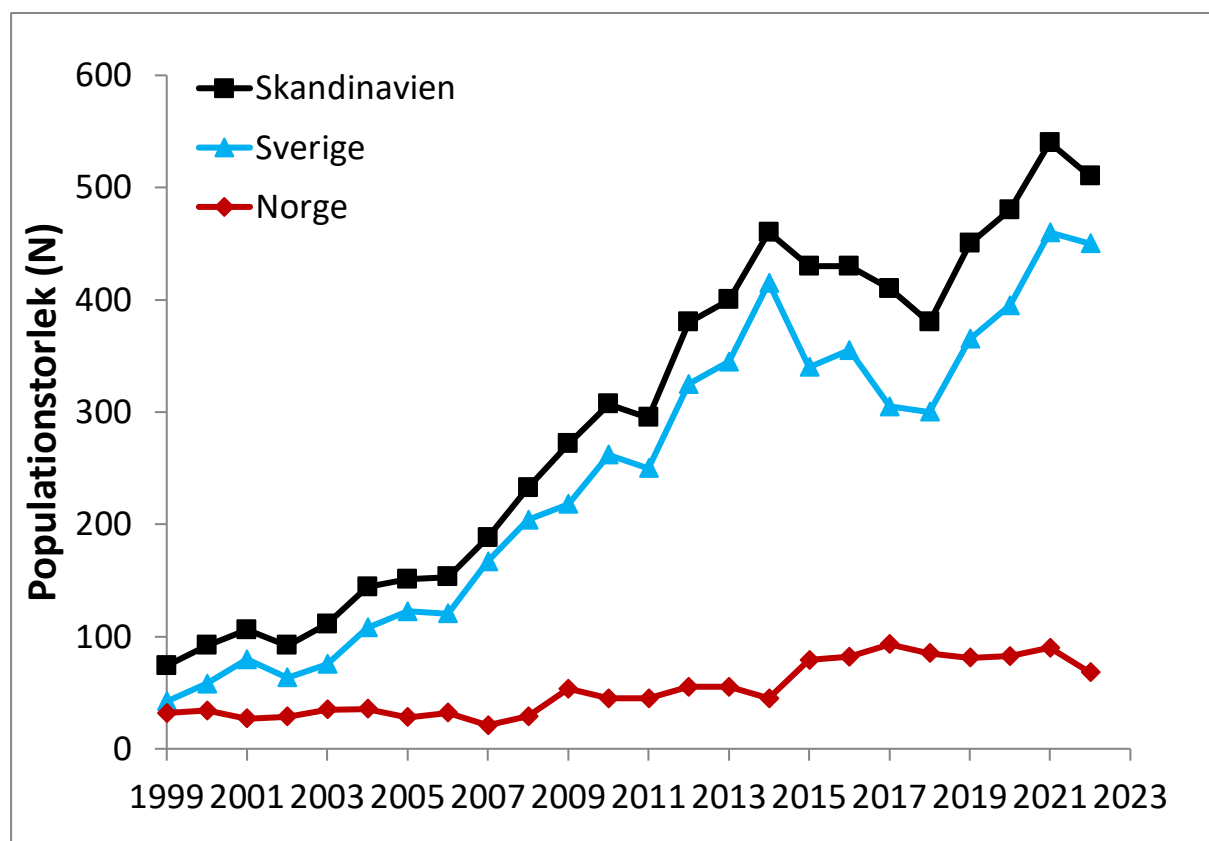
- Kunskap och information från båda länders DNA insamling och fastställda inventeringsresultat från inventeringssäsongen 2022/2023.
- Existerande kunskap om den totala dödligheten (alla kända dödsorsaker), inklusive rådande kunskap om (uppskattning av) omfattningen av illegal jakt.
- Den skandinaviska vargpopulationens utveckling både för hela populationen, samt separat för enbart Sverige.

Rapporten ska vara gemensam för Norge och Sverige och synliggöra vilka konsekvenser de olika scenarier som har beskrivits ovan medför för den skandinaviska vargpopulationens utveckling. Specifikt önskar vi att det redovisas modelleringsresultat angående:

- Hur stor populationsstorleken för varg beräknas bli hösten 2023 och 2024 (med 80, 90 och 95 % konfidensintervall) vid olika nivåer av beskattning. Samt en beskrivning av hur denna räknas fram.
- En uppskattning av olika beskattningsnivåers konsekvenser för respektive lands möjlighet att uppnå/upprätthålla sina respektive beståndsmål.
- Sannolikhet att den svenska delen av populationen understiger referensvärdet för gynnsam bevarandestatus (d.v.s. 300) hösten 2023 och 2024 vid olika beskattningsnivåer (exempelvis varje 10-tal inom intervallet 0 till 150), samt det jaktuttag då sannolikheten att den svenska delen av populationen understiger 300 är mindre än 2,5%, 5% och 10%.

Inledning

Utgångspunkten för varje beräkning av ett mänskligt uttag ur en vild djurpopulation, där man vill ha kontroll på konsekvenserna, är populationens storlek och tillväxt. Den skandinaviska vargpopulationen, och även de nationella delpopulationerna har haft en nästan obruten utveckling fram till 2015 (Figur 1). Därefter vände utvecklingen nedåt i Sverige fram till 2019, men de senaste tre åren har den vänt uppåt igen. I Norge, däremot ökade stammen något 2016 och har därefter varit relativt konstant. Eftersom den svenska delpopulationen är avsevärt större än den norska återspeglas dynamiken i Sverige i den totala skandinaviska population, om än något dämpat.



Figur 1. Populationsutveckling av varg under perioden 1999 till 2022 för den skandinaviska populationen (svart), den svenska delpopulationen (blå) samt den norska delpopulationen (röd). Populationstorleken per 1 oktober för respektive år inkluderar funna levande och döda vargar under inventeringssäsongen (1/10–30/3). Populationsskattningarna är hämtade från de årliga nationella statusrapporterna som produceras av Viltskadecenter (Sverige) och Rovdata och Høgskolen i Innlandet (Norge).

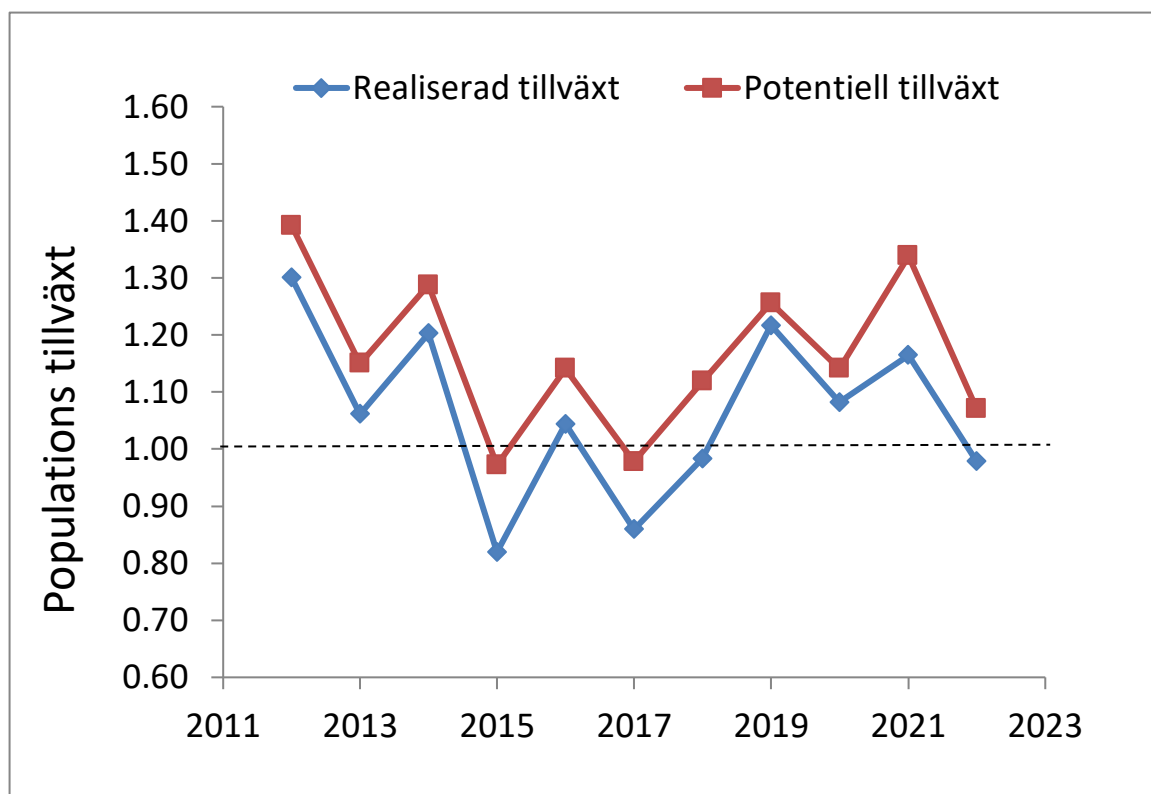
I den här rapporten kommer vi att använda några begrepp som inte förekommer i de nationella statusrapporterna men som är viktiga för att beräkna populationens nettoproduktion och därmed det utrymme som ges för jakt. För att beräkna kommande jaktuttag behöver vi veta hur snabbt populationen skulle växa utan effekter av legal jakt (inkluderar licensjakt,

skyddsjakt och nödvärn). Denna tillväxt ger den årliga nettoproduktion i populationen som ger utrymme för jakt. Vi kallar denna tillväxt för den *potentiella populationstillväxten*. I avsaknad av jakt är den *potentiella populationstillväxten* helt enkelt populationen vid en viss tidpunkt på året dividerad med populationen året innan vid samma tidpunkt. En sådan situation har vi inte haft i Skandinavien på många år. I stället jagas populationen både under sommar- och vinterhalvåren. För att beräkna den *potentiella populationstillväxten* måste vi därför kontrollera för effekterna av jakt. Det gör vi genom att jämföra inventeringsresultatet år 1 minus den jakt som genomförs under perioden 1 oktober – 30 april (*nettopopulation vår*) med inventeringsresultatet år 2 plus den jakt som skett under sommaren (1 maj – 30 september) innan inventeringen år 2 (*bruttopopulation höst*). Vi får den *potentiella populationstillväxten* genom att dividera *bruttopopulationen höst* år 2 med *nettopopulationen vår* år 1. Denna teoretiska tillväxt skiljer sig från den ”realiserade tillväxten” som är kvoten mellan populationsstorleken enligt inventeringsresultatet år 2 dividerad med motsvarande från år 1. Den *potentiella populationstillväxten* är därmed ett sätt att approximera hur populationen skulle vuxit utan någon laglig jakt alls. Däremot finns all ”övrig dödlighet” (naturlig, trafik och illegal jakt) inkluderad i beräkningen av den *potentiella populationstillväxten*. Observera att även om vi tidigare har visat att den illegala jakten kan vara omfattande (Liberg m.fl. 2012, 2020) så ingår denna i beräkningarna av den *potentiella populationstillväxten*.

Ett exempel på beräkning av den *potentiella tillväxten* är följande: Inventeringsresultatet för Skandinavien 2017/18 var 410 vargar. Från 1 okt 2017 till 30 april 2018 sköts 62 vargar. *Nettopopulationen vår* för 2017/18 blir då $410 - 62 = 348$ vargar. Inventeringsresultatet för 2018/2019 var 380 vargar. Sommaren före (1 maj 2018 till 30 september 2018) sköts 8 vargar. *Bruttopopulation höst* 2018/2019 blir då $380 + 8 = 388$. Den potentiella tillväxten för populationen från 2017/2018 till 2018/2019 blir då $388/348 = 1,11$ eller 11%. Värdena för *bruttopopulation höst* och *nettopopulation vår*, liksom den potentiella tillväxttakten presenteras för Skandinavien och för den svenska delpopulationen i Tabell 1 i syfte att ge en historisk översikt över populationens utveckling.

Tabell 1. Populationsnivåer uttryckta som antal föryngringar, bruttopopulation höst, nettopopulation vår, samt potentiella tillväxttakter (utan legal jakt) för varg Skandinavien och Sverige för perioden 2004/2005 till 2022/2023 (Wabakken/Svensson m.fl. 2005 – 2023). Populationsskattningarna (bruttopopulation höst och nettopopulation vår) bygger på de i statusrapporterna angivna antalet föryngringar multiplicerat med en omräkningsfaktor 10 samt det angivna antalet legalt skjutna vargar under olika perioder.

År	Skandinavien				Sverige			
	Antal föryngringar	Brutto pop höst	Netto pop vår	Potentiell tillväxt	Antal föryngringar	Brutto pop höst	Netto pop vår	Potentiell tillväxt
2004-2005	14	111	102	1,59	10	108	106	1,51
2005-2006	15	125	121	1,23	12	125	121	1,17
2006-2007	16	123	117	1,02	14	122	118	1,01
2007-2008	19	193	176	1,65	19	170	157	1,45
2008-2009	26	236	226	1,34	22,5	205	197	1,31
2009-2010	26	276	232	1,22	21	219	181	1,11
2010-2011	31	315	271	1,36	26,5	265	231	1,46
2011-2012	28	300	276	1,11	23,5	253	235	1,10
2012-2013	38	384	353	1,39	32,5	327	307	1,39
2013-2014	40	413	376	1,17	34,5	353	327	1,15
2014-2015	46	472	394	1,26	41,5	421	356	1,29
2015-2016	43	441	395	1,12	34	346	312	0,97
2016-2017	43	435	379	1,10	35,5	356	316	1,14
2017-2018	41	416	348	1,10	30,5	309	270	0,98
2018-2019	38	388	357	1,11	30	302	293	1,12
2019-2020	45	458	419	1,28	36,5	368	347	1,26
2020-2021	48	488	404	1,16	39,5	396	346	1,14
2021-2022	54	545	477	1,35	46	463	427	1,34
2022-2023	51	524	424	1,10	45	457	377	1,07



Figur 2. Mellanårsvariation i den potentiella och realiserade tillväxttakten (λ) i vargpopulationen i Sverige (Tabell 1). Värden under 1,0 innebär att populationen har minskat från ett år till nästa.

Beräknad beskattning baserad på observerad populationsstorlek och årlig tillväxt

För att beräkna effekten av ett visst jaktuttag i vargpopulationen för en kommande vinter jämfört med föregående års nivå behöver man utgå från tidigare års tillväxt och hur denna har påverkats av genomfört jaktuttag i populationen. Däremot räknar vi inte in övrig känd dödlighet vid denna beräkning. Anledningen till detta är att man aldrig vet hur stor andel av den totala övriga dödligheten (naturlig, trafik och illegal jakt) som är ”känd”. Omfattningen av den ”kända” övriga dödligheten kan variera kraftigt mellan olika år och skulle man räkna in denna införs ett fel med okänd storlek. Istället ingår denna dödlighet som en del i populationens demografi utan jakt (se nedan).

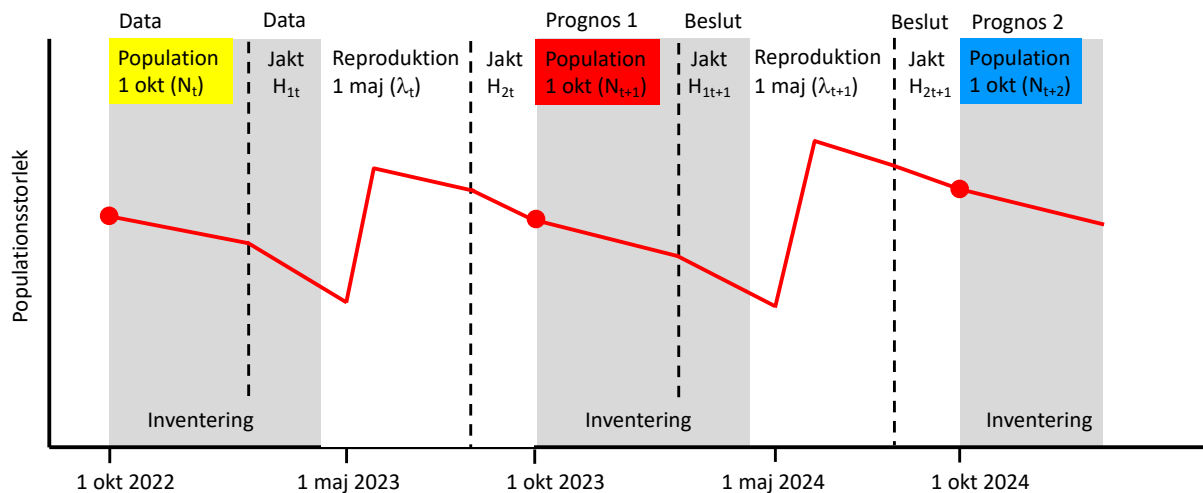
Beräkningar i denna rapport bygger på populationens storlek som redovisas i de årliga inventeringsrapporterna och har tidigare beräknats genom att multiplicera antalet funna och bekräftade föryngringar i populationen med en faktor 10 samt där hälften av flockarna och föryngringarna som är belägna på riksgränsen mellan länderna tillfaller respektive land (Svensson m.fl. 2019, 2022, Wabakken m.fl. 2020, 2022). I denna rapport har vi istället använt resultat från den mest omfattande inventeringen och insamlingen av prover som genomfördes i Sverige under inventeringssäsongen 2017 – 2018. Resultat från denna säsong analyserades med en ny typ av populationsmodell och där man beräknade kvoten mellan antalet familjegrupper och den skattade storleken på den totala populationen (Bischof m.fl.

2019). Denna kvot beräknades till 9,8 (9,5-10,2 95% konfidensintervall). Under detta inventeringsår var antalet familjegrupper detsamma som antalet föryngringar. Dessutom var insamlingen av varg DNA prover under de första åren (2013 – 2016) främst inriktad mot vargar i flockar, medan man under 2017 även försökte få med DNA-prover för vargar som inte tillhörde någon flock (ensamma stationära samt vandringsvargar). Dessutom gjorde man ansträngningar att även få med samtliga individer i familjegrupperna. Konverteringsfaktorn för 2017 ger därför en mer realistisk beskrivning av relationen mellan antalet registrerade föryngringar och populationsstorlek.

Målsättningen med denna rapport är att skatta populationsstorleken både till den kommande inventeringssäsongen d.v.s. hösten 2023 samt även till efterföljande inventeringssäsong d.v.s. vid hösten 2024 för olika storlek på jaktuttag under perioden 1 maj 2023 till 30 september 2024. Därför behöver man förutom att beakta populationstillväxten som sker under våren 2023 även att beakta den populationstillväxt som kommer att ske under våren 2024 vilket innebär att man måste ta hänsyn till ytterligare en faktor med viss osäkerhet i dessa beräkningar.

Beräknat på inventeringsresultatet över antal föryngringar multiplicerat med 10 (Tabell 1), blir den årliga *potentiella tillväxten* i den skandinaviska populationen i medeltal ca 17% för den senaste 10-årsperioden medan denna för den svenska delpopulationen uppgår till 14%. I denna rapport använder vi endast data på populationstillväxten för de senaste 10 åren för våra beräkningar eftersom den mer komplexa populationsmodellen ger väldigt osäkra resultat om man använder en kortare tidsperiod. Modellen ger också väldigt osäkra resultat om man gör en beräkning för enbart Norge.

Metoder och data



Figur 3. Tidslinje inom vargförvaltningen för inventering, jakt, beslut om jakt och prognoser. Vargpopulationens förändring över tid (röd linje), tidpunkt för jämförelse (1 oktober; röda punkter). Prognos 1 för 1 oktober 2023 (N_{t+1}) beräknas från inventeringsresultatet 1 oktober 2022 (N_t) (data) och jakt från 1 oktober 2022 till 30 april 2023 (H_{1t}). Prognos 2 för 1 oktober 2024 beräknas från prognos 1 för 1 oktober 2023 (N_{t+1}) och beslut om eventuell jakt från 1 maj 2023 till 30 september 2024 (H_{1t+1} och H_{2t+1}). Se tabellerna 2 och 3, för olika beskattningsnivåer. Färgerna för populationsstorleken 1 oktober återkommer i tabellerna 2 och 3 samt i figurerna 4 och 5.

Populationsmodellen som används i analyserna $N_{(t+1)} = \lambda_{pt} \times (N_t - H_{1t}) - H_{2t}$ är samma som använts för att beräkna *bruttopopulationen* på hösten, *nettopopulationen* på våren och den *potentiella tillväxten* i populationen från våren till hösten.

Beräkningarna i tabell 1 är exakta (deterministiska) och tar inte hänsyn till osäkerheten i olika faktorer. Däremot tar populationsmodellen som ligger till grund för resultaten i tabell 2 och 3 hänsyn till att det finns osäkerheter i omräkningsfaktorn, observerbarhet av vargföryngringar, tillväxttakten och en processosäkerhet (se Bilaga 2), d.v.s. det faktum att populationsmodellen är en förenklad beskrivning av verkligheten.

I populationsmodellen har vi också tagit hänsyn till att man inte alltid har registrerat alla vargföryngringar under inventeringsperioden, s.k. observerbarhet av vargföryngringar. Under perioden 2005 – 2016 fann man 220 av 226 (97 %) vargföryngringar under inventeringsperioden, 6 vargföryngringar har i efterhand identifieras med hjälp av DNA-analyser och föräldraskap (Åkesson m.fl. 2022). Det innebär att man vissa år missar någon föryngring samt att antalet registrerade vargföryngringar är ett absolut minimum.

I år har vi även tagit hänsyn till populationsuppskattningarna som bygger på DNA och fångst-återfångstberäkningar (Milleret m.fl. 2021, samt preliminära uppskattningar; Bischof och Milleret muntligen 2023-05-22) då modellen ska anpassas till data. Detta gör att osäkerheten i prognoserna blir betydligt mindre. Då osäkerheten i fångst-återfångstberäkningar är betydligt mindre än populationsuppskattningarna från antal föryngringar, får fångst-återfångstberäkningar större betydelse i populationsmodellen.

Populationsmodellen

För att göra prognoser för vargpopulationen i Sverige och Skandinavien har vi använt Bayesiansk hierarkisk modellering (modifierad efter Andrén m.fl. 2020, Nilsen m.fl. 2011) som bygger på inventeringsdata i form av antalet registrerade vargföringringar (Svensson m.fl. 2023), uppskattade populationsstorlekar som bygger på DNA och fångst-återfångstberäkningar (Milleret m.fl. 2021 samt Bischof och Milleret muntligen) och antal legalt skjutna vargar (Svensson m.fl. 2023). För en detaljerad beskrivning av den Bayesianska hierarkiska populationsmodellen se Bilaga 2.

Vi har använt modellen för att uppskatta vargpopulationens potentiella tillväxttakt (λ_{pt}) för både den svenska delpopulationen och för hela den skandinaviska populationen samt för att göra prognoser för vargpopulationens utveckling vid olika beskattningsnivåer. För Sverige har vi även beräknat sannolikheterna att populationen skall hamna under referensvärdet för gynnsam bevarandestatus på 300 vargar vid olika beskattningsnivåer. Modellen tar inte hänsyn till ålders- och könsfördelningen bland de skjutna vargarna i prognoserna, utan antar att den är ungefär densamma som under tidigare år.

Modell: $N_{(t+1)} = \lambda_{pt} \times (N_t - H_{1t}) - H_{2t}$ där:

- N_t är den beräknade populationsstorleken år t vid början av inventeringsperioden (1 oktober).
- N_t beräknas från antal vargföringringar; $N_t = R_t \times 9,8 (\pm 0,12 \text{ SE}; \text{ Bischof m.fl. 2019})$.
- R_t antal vargföringringar registrerade under inventeringen.
- H_{1t} antal skjutna vargar år t , under perioden 1 oktober till 30 april (samma vinter som inventeringen samt våren efter inventeringen, men före reproduktionen).
- H_{2t} antal skjutna vargar år t , under perioden 1 maj till 30 september (vår, sommar och höst efter inventeringen och reproduktionen, men före nästa inventering).
- λ_{pt} årlig potentiell tillväxttakt utan legal jakt, medan all annan dödlighet ingår i den beräknade tillväxttakten. Legal jakt inkluderar licensjakt, skyddsjakt och nödvärn.
- Modellen inkluderar också en genomsnittlig observerbarhet på 97 % av samtliga vargföringringar, d.v.s. det händer att man vissa år missar någon föringring (Åkesson m.fl. 2022). Det innebär också att antalet registrerade vargföringringar är ett absolut minimum.

Populationsmodellen beräknar tillväxttakten, med viss mellanårsvariation, för hela perioden och anpassar modellberäkningarna till funna data från inventeringarna (antal föringringar och populationsuppskattningarna som bygger på DNA och fångst-återfångstberäkningar [Milleret m.fl. 2022]). Modellen tar också hänsyn till osäkerheter i omräkningsfaktorn, observerbarhet av vargföringringar, tillväxttakten och en processosäkerhet (d.v.s. att populationsmodellen är en förenklad beskrivning av verkligheten). Detta leder till att populationsuppskattningen från populationsmodellen kan vara högre eller lägre än populationsuppskattningen som bygger på det senaste inventeringsresultatet och antal föringringar multiplicerat med en konstant omräkningsfaktor på 10 samt de populationsuppskattningar som bygger på DNA och fångst-återfångstberäkningar (se Figur 4 och 5 och Bilaga 1, Tabellerna B2 och B3).

Prognoserna för 1 oktober 2023 bygger på *modellprediktionen* för 1 oktober 2022 och därmed inte direkt på den beräknade populationsuppskattningen för 1 oktober 2022 som bygger på det senaste inventeringsresultatet över antal föringringar multiplicerat med 10. Den bygger

sålades inte heller direkt på populationsuppskattningarna som är baserade på DNA och fångst-återfångstberäkningar. Men både inventeringsresultatet i form av antal föryngringar och populationsuppskattningarna som är baserade på DNA och fångst-återfångstberäkningar ingår i populationsmodellen. De senare har större betydelse i populationsmodellen, eftersom osäkerheten i fångst-återfångstberäkningar är betydligt mindre än de som baseras på antal föryngringar.

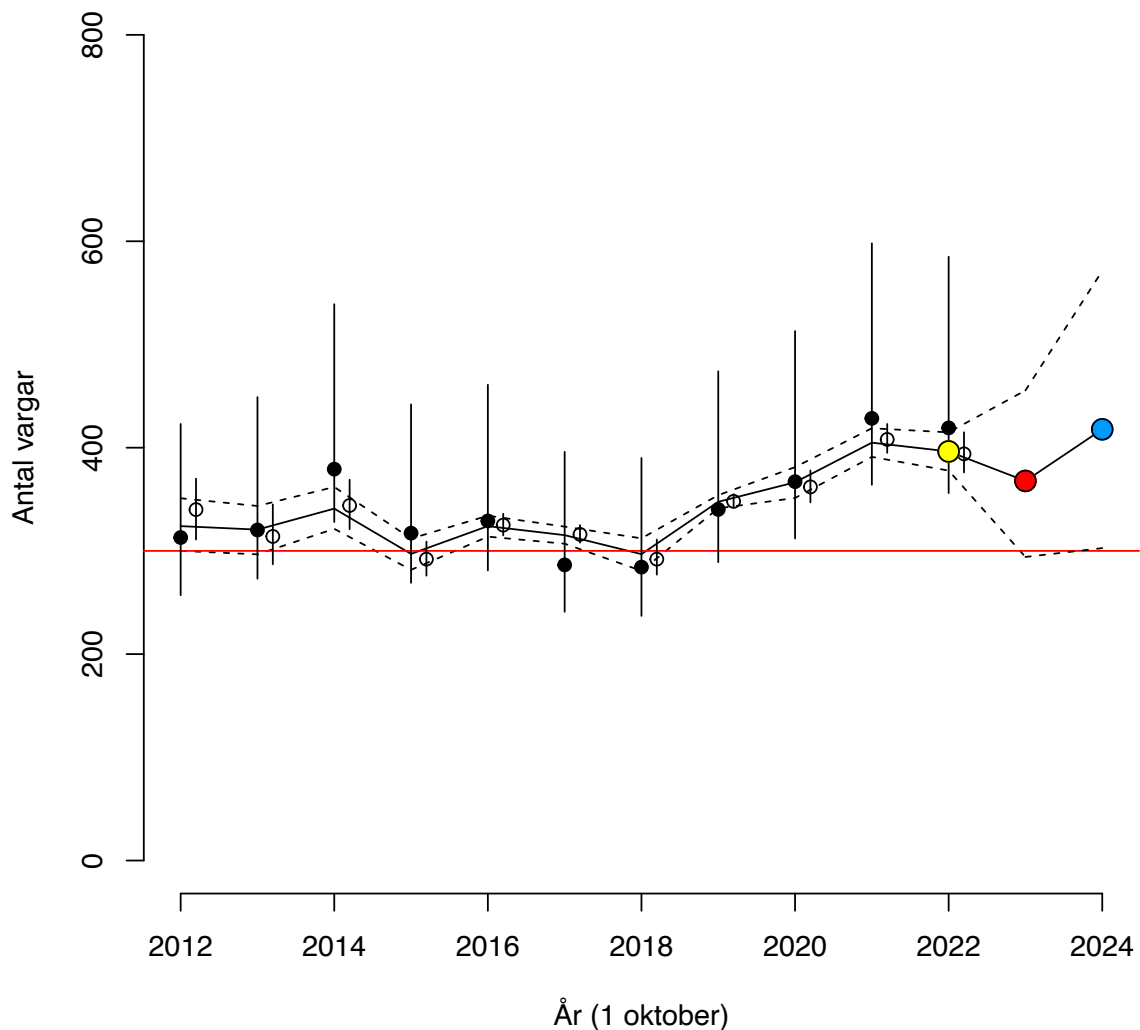
Resultat Sverige

Den mest sannolika storleken på den svenska delen av vargpopulationen beräknades enligt populationsmodellen till 396 (378 – 415; 95% KI) individer 1 oktober 2022. Det är lägre än populationsuppskattningen som enbart bygger på det senaste inventeringsresultatet och antal föryngringar multiplicerat med 10 (450 individer, 356 – 585; 95 % KI; Svensson m.fl. 2023). Den senare populationsuppskattning är helt deterministisk och tar inte med att kvoten mellan antalet familjegrupper och den skattade storleken på den totala populationen kan variera. Det är viktigt att notera att konfidensintervallet för inventeringsresultat helt och håller överlappar konfidensintervallet för populationsmodellen. Detta innebär att om man tar hänsyn till osäkerheten i populationsuppskattningarna, så är det inte så stora skillnader mellan de olika typerna av populationsuppskattningar. Däremot ger populationsmodellen ungefär samma populationsuppskattning som den som bygger på DNA och fångst-återfångstmetodik (394 individer, 376 – 413; 95% KI, Bischof och Milleret muntligen) vilket inte är så konstigt då fångst-återfångstberäkningar har större betydelse i populationsmodellen.

Den mest sannolika beräkningen för den svenska delen av vargpopulationen uppgår till 368 (294 – 415; 95% KI) individer för 1 oktober 2023 där hänsyn har tagits till det jaktuttag på 73 individer som har skett under perioden 1 oktober 2022 till 30 april 2023. Om ytterligare jaktuttag genomförs under perioden 1 maj till 30 september 2023 skall detta antal dras ifrån den ovan angivna beräknade populationsnivån (Figur 4, Tabell 2).

Den mest sannolika storleken på den svenska populationen beräknas till 418 (303 – 571; 95% KI) individer för 1 oktober 2024 om inget jaktuttag alls görs under perioden 1 maj 2023 till 30 september 2024. Vid detta scenario är risken 2 % att populationen kommer att understiga 300 individer. En 5% risk att understiga 300 individer medger ett uttag på 24 individer och en beräknad total population på 391 (280 – 540; 95% KI). En 10% risk medger ett uttag på 44 individer och ger en beräknad total population på 368 (259 – 513; 95% KI) individer (Tabell 2). Modellen visar även att ett totalt jaktuttag på 44 individer under denna period medför att populationen kommer att uppgå till samma populationsstorlek som 1 oktober 2023 d.v.s. ca. 368 individer och att ett totalt jaktuttag på 20 individer ger samma populationsstorlek som 1 oktober 2022, d.v.s. ca. 395 individer.

Sverige



Figur 4. Populationsstorlek (beräknat som antal föryngringar $\times 9,8$) i relation till år (1 oktober, d.v.s. vid inventeringsperiodens start, svarta punkter och 95% KI), samt uppskattade populationsstorlekar som bygger på DNA och fångst-återfångstberäkningar (Milleret m.fl. 2022 samt Bischof och Milleret muntligen; cirklar och 95% KI). Modellens skattning av populationens storlek vid 1 oktober 2022 (gul punkt) samt prognos för 1 oktober 2023 (röd punkt, med den genomförda beskattningen på 73 vargar under perioden 1 oktober 2022 – 30 april 2023), samt för 1 oktober 2024 (blå punkt, utan någon jakt). Modellprediktion (heldragen linje) och 95 % KI (streckade linjer). Nivån för gynnsam bevarande status (300 vargar, röd horisontell linje). Under perioden (2012 – 2022) var median tillväxttakten i modellberäkningen (λ) = 1,14 (1,03 – 1,26, 95% KI).

Tabell 2. Beräknat antal vargar hösten 2022 i Sverige, samt prognoser för hösten 2023 och för hösten 2024 efter olika jaktuttag mellan 1 maj 2023 till 30 september 2024, samt sannolikheterna att komma under referensvärdet för gynnsam bevarandestatus på 300 vargar. I beräkningarna är median tillväxttakten (λ) 1,14 (1,03 – 1,26; 95% KI). De färgade punkterna i figur 4 är de samma som de markerade med färger i tabellen. Tabellen fortsätter på nästa sida.

Beskattning (antal vargar)	Populationsstorlek				Sannolikhet < 300 vargar ^f
	Median	80 % KI ^g	90 % KI ^f	95 % KI	
	1 oktober 2022				
	450 ^a			356 – 585	
	394 ^b			376 – 413	
	396^c	384 – 409	381 – 412	378 – 415	<0,001
1 oktober 2022 – 30 april 2023	1 oktober 2023				
73 ^d	368	323 – 417	308 – 436	294 – 455	0,03
1 maj 2023 – 30 september 2024	1 oktober 2024				
0	418	347 – 501	324 – 535	303 – 571	0,02
5	412	341 – 496	319 – 529	298 – 565	0,03
10	407	336 – 489	314 – 522	294 – 557	0,03
15	401	331 – 483	309 – 515	288 – 550	0,04
20^e	395	326 – 477	304 – 509	283 – 544	0,04
24^f	391	322 – 472	300 – 504	280 – 540	0,05
25	390	321 – 470	299 – 503	279 – 538	0,05
30	384	315 – 464	294 – 496	274 – 531	0,06
35	378	310 – 458	288 – 490	269 – 524	0,07
40	373	305 – 451	283 – 484	264 – 518	0,09
44^{g,h}	368	300 – 447	279 – 479	259 – 513	0,10
45	367	299 – 445	278 – 477	259 – 511	0,10
50	361	294 – 439	273 – 471	254 – 505	0,12
55	355	289 – 433	268 – 465	248 – 499	0,14
60	350	284 – 427	263 – 458	244 – 492	0,16

^a – Populationsuppskattning enligt inventeringsrapporten (antal registrerade föryngringar × 10) 45 föryngringar den 1 oktober 2022 (Svensson m.fl. 2023).

^b – Populationsuppskattning som bygger på DNA och fångst-återfångstberäkningar (Milleret m.fl. 2022, preliminär uppskattning för 1 oktober 2022, Bischof och Milleret muntligen 2023-05-22).

^c – Modellens skattning av populationen 1 oktober 2022 med högst sannolikhet.

^d – Under perioden 1 oktober 2022 – 30 april 2023 sköts 73 vargar i Sverige.

^e – Det jaktuttag som beräknas ge en samma nivå som 1 oktober 2022.

^f – Ett 90% konfidensintervall beskriver sannolikheten för hela fördelningen d.v.s. sannolikheten att framtida värden (populationsstorlekar) både kan vara större och mindre än konfidensintervallet. Detta betyder att det finns en sannolikhet på 5% att komma under det nedre gränsvärdet vilket i tabellens högra kolumn motsvaras av 300 vargar.

^g – Det jaktuttag som ger en 10% risk att hamna under 300 individer till hösten 2024.

^h – Det jaktuttag som beräknas ge en nolltillväxt mellan 1 oktober 2023 och 1 oktober 2024.

Tabell 2. Fortsättning.

Beskattning (antal vargar)	Populationsstorlek				Sannolikhet < 300 vargar
	Median	80 % KI	90 % KI	95 % KI	
1 maj 2023 – 30 september 2024	1 oktober 2024				
60	350	284 – 427	263 – 458	244 – 492	0,16
65	344	278 – 421	258 – 452	239 – 485	0,19
70	338	273 – 415	252 – 445	234 – 479	0,22
75	332	268 – 409	248 – 439	229 – 472	0,26
80	327	263 – 402	243 – 433	224 – 466	0,29
85	321	257 – 396	237 – 426	219 – 459	0,33
90	315	252 – 390	232 – 420	214 – 452	0,38
95	310	247 – 384	227 – 414	209 – 447	0,42
100	304	241 – 378	222 – 407	204 – 439	0,47
110	293	231 – 365	212 – 394	194 – 427	0,56
120	281	220 – 353	201 – 382	183 – 414	0,65
130	270	210 – 341	191 – 370	174 – 401	0,73
140	258	199 – 329	180 – 357	163 – 388	0,80
150	247	188 – 316	170 – 345	153 – 374	0,85
160	236	178 – 304	160 – 332	143 – 362	0,89
170	224	167 – 292	149 – 319	133 – 348	0,92
180	213	156 – 280	139 – 307	122 – 336	0,94
190	202	145 – 268	128 – 294	112 – 322	0,96
200	190	135 – 256	117 – 282	102 – 310	0,97
210	179	124 – 244	107 – 270	91 – 298	0,98
220	168	113 – 232	96 – 257	80 – 285	0,98
230	156	102 – 220	85 – 245	70 – 272	0,99
240	145	91 – 208	75 – 233	59 – 260	0,99
250	133	80 – 196	64 – 221	48 – 247	0,99

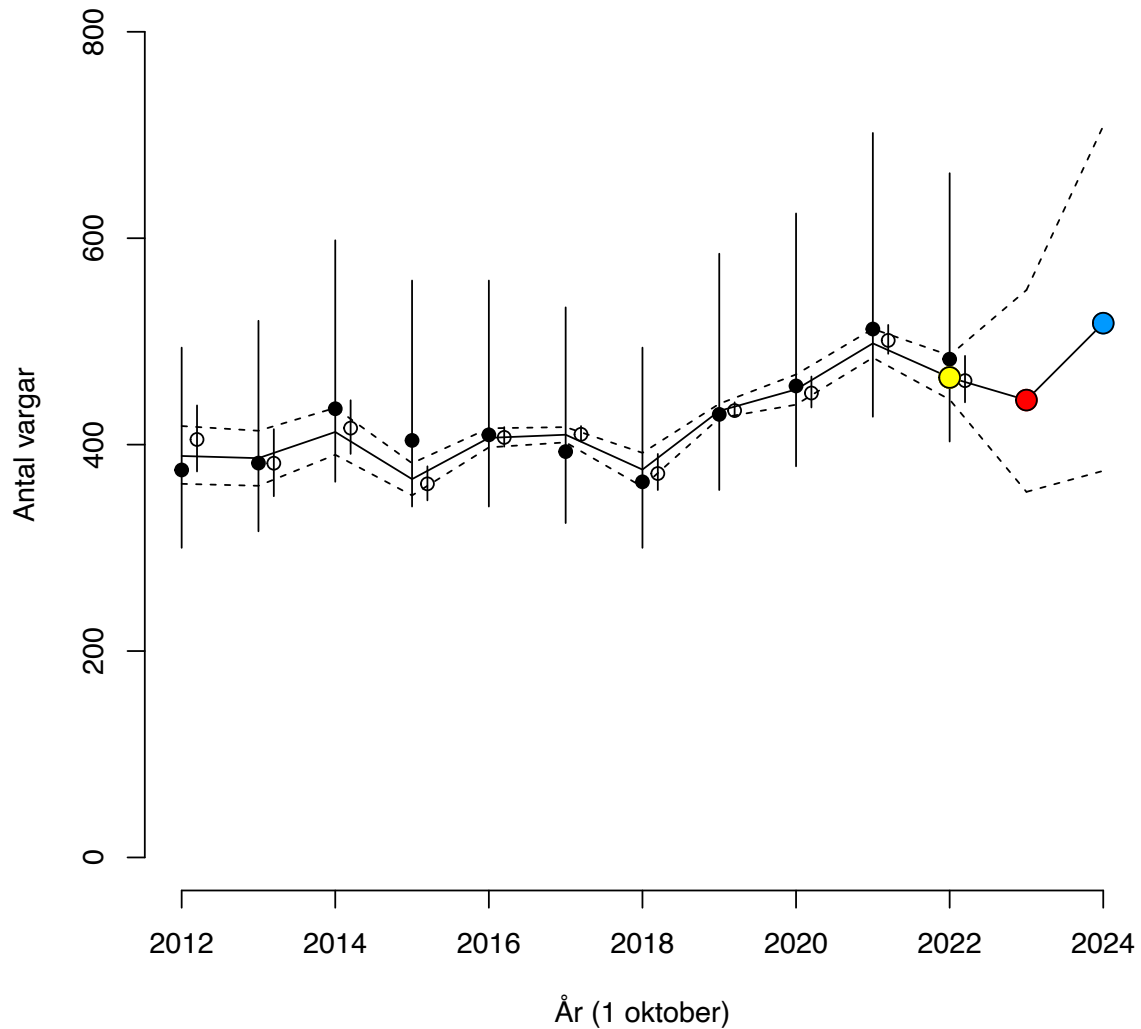
Resultat Skandinavien

Den mest sannolika skattningen av den skandinaviska vargpopulationen uppgår enligt populationsmodellen till 465 (444 – 483; 95% KI) individer 1 oktober 2022. Det är något lägre än populationsuppskattningen som enbart bygger på det senaste inventeringsresultatet och antal föryngringar multiplicerat med 10 (510 individer, 403 – 663; 95 % KI; Svensson m.fl. 2022). Det är viktigt att notera att konfidensintervallet för inventeringsresultat helt och håller överlappar konfidensintervallet för populationsmodellen. Detta innebär att om man tar hänsyn till osäkerheten i populationsuppskattningarna, så är det inte så stora skillnader mellan de olika metoderna för populationsuppskattning. Modellens skattning populationsuppskattning är dock ungefär densamma som den preliminära populationsuppskattning som bygger DNA och fångst-återfångstmetodik (462 individer, 441 – 486; 95% KI, preliminär uppskattning, Bischof och Milleret muntligen 2023-05-22) vilket inte är så konstigt då fångst-återfångstberäkningar har större betydelse i populationsmodellen.

Den mest sannolika skattningen av den skandinaviska vargpopulationen uppgår till 443 (354 – 550; 95% KI) individer 1 oktober 2023 där hänsyn har tagits till det jaktuttag på 86 individer som har skett under perioden 1 oktober 2022 till 30 april 2023. Om ytterligare jaktuttag genomförs under perioden 1 maj till 30 september 2022 skall detta antal dras ifrån den ovan angivna beräknade populationsnivån (Figur 5, Tabell 3).

Den mest sannolika skattningen av den skandinaviska populationen uppgår till 518 (375 – 709; 95% KI) individer 1 oktober 2024 om inget jaktuttag alls görs under perioden 1 maj 2023 till 30 september 2024 (Tabell 3). Modellen visar även att ett totalt jaktuttag på 65 individer under denna period medför att populationen kommer att uppgå till ungefär samma populationsstorlek som 1 oktober 2023 d.v.s. ca. 443 individer och att ett totalt jaktuttag på 45 individer ger ungefär samma populationsstorlek som 1 oktober 2022, d.v.s. ca. 465 individer.

Skandinavien



Figur 5. Populationsstorlek (beräknat som antal föryngringar $\times 9.8$) i relation till år (1 oktober, d.v.s. vid inventeringsperiodens start, svarta punkter och 95% KI), samt uppskattade populationsstorlekar som bygger på DNA och fångst-återfångstberäkningar (Milleret m.fl. 2022 samt Bischof och Milleret muntligen; cirklar och 95% KI). Modellens skattning av populationens storlek vid 1 oktober 2022 (gul punkt) samt prognos för 1 oktober 2023 (röd punkt, med den genomförda beskattningen på 86 vargar under perioden 1 oktober 2022 – 30 april 2023), samt för 1 oktober 2024 (blå punkt, utan någon jakt). Modellprediktion (heldragen linje) och 95 % KI; (streckade linjer). Under perioden (2012 – 2022) var median tillväxttakten i modellberäkningen (λ) = 1,17 (1,11 – 1,23; 90% KI).

Tabell 3. Beräknat antal vargar hösten 2022 i Skandinavien, samt prognoser för hösten 2023 och för hösten 2024 efter olika jaktuttag mellan 1 maj 2023 till 30 september 2024. I beräkningarna är median tillväxttakten (λ) 1,17 (1,11 – 1,23; 90% KI). De färgade punkterna i figur 5 är markerade med samma färger i tabellen. Tabellen fortsätter på nästa sida.

Beskattning (antal skjutna vargar)	Populationsstorlek			
	Median	80 % KI	90 % KI	95 % KI
	1 oktober 2022			
	510 ^a			403 – 663
	462 ^b			441 – 486
	465^b	451 – 479	447 – 483	444 – 486
1 oktober 2022 – 30 april 2023 86 ^c	1 oktober 2023			
	443	388 – 504	371 – 526	354 – 550
1 maj 2023 – 30 september 2024	1 oktober 2024			
0	518	428 – 646	400 – 665	375 – 709
5	512	423 – 617	395 – 658	370 – 701
10	506	417 – 611	390 – 652	365 – 695
15	500	412 – 604	385 – 644	360 – 688
20	494	406 – 598	379 – 639	355 – 682
25	489	401 – 591	374 – 632	350 – 675
30	483	396 – 585	369 – 625	345 – 668
35	477	390 – 579	364 – 618	340 – 661
40	471	385 – 572	359 – 613	334 – 654
45^d	465	380 – 566	353 – 606	329 – 647
50	459	374 – 560	348 – 599	324 – 640
55	453	368 – 553	343 – 592	319 – 633
60	448	364 – 547	338 – 586	315 – 626
65^{e,f}	442	358 – 541	332 – 579	308 – 620
70	436	353 – 534	327 – 573	304 – 613
75	430	347 – 528	322 – 566	299 – 606
80	424	342 – 521	317 – 560	194 – 600
85	418	336 – 515	311 – 553	288 – 593
90	412	331 – 509	306 – 547	283 – 587
95	407	326 – 502	301 – 539	278 – 579
100	401	320 – 496	296 – 533	273 – 572

^a – Populationsuppskattning enligt inventeringsrapporten (antal registrerade föryngringar × 10) 51 föryngringar den 1 oktober 2022 (Svensson m.fl. 2023).

^b – Populationsuppskattning som bygger på DNA och fångst-återfångstberäkningar (preliminär uppskattning för 1 oktober 2022, Bischof och Milleret muntligen 2023-05-22).

^b – Modellens skattning av populationen 1 oktober 2022 med högst sannolikhet.

^c – Under perioden 1 oktober 2022 – 30 april 2023 sköts 86 vargar i Skandinavien.

^d – Det jaktuttag som beräknas ge samma nivå som vid 1 oktober 2022.

^e – Det jaktuttag som beräknas ge en nolltillväxt mellan 1 oktober 2023 och 1 oktober 2024.

^f – Det jaktuttag som ger en 10% risk att hamna under 360 individer till hösten 2024.

Tabell 3. Fortsättning.

Beskattning (antal skjutna vargar)	Populationsstorlek			
	Median	80 % KI	90 % KI	95 % KI
1 maj 2023 – 30 september 2024	1 oktober 2024			
100	401	320 – 496	296 – 533	273 – 572
110	389	310 – 483	285 – 520	263 – 559
120	377	299 – 471	275 – 507	253 – 546
130	366	288 – 458	264 – 494	242 – 533
140	354	277 – 445	254 – 481	232 – 519
150	342	266 – 433	242 – 468	221 – 505
160	330	255 – 420	232 – 455	211 – 492
170	319	244 – 408	221 – 442	200 – 479
180	307	233 – 394	211 – 430	190 – 467
190	295	222 – 382	200 – 416	179 – 452
200	284	211 – 370	189 – 404	169 – 439
210	272	200 – 357	178 – 391	158 – 426
220	260	189 – 345	167 – 378	147 – 413
230	249	178 – 332	157 – 365	137 – 400
240	237	167 – 320	145 – 352	126 – 387
250	225	156 – 307	135 – 340	115 – 373

Diskussion

Den nya populationsmodellen inkluderar osäkerhet i olika parametrar på ett strikt statistiskt sätt och den inkluderar också kända kunskaper om vargpopulation. Modellen kräver en viss mängd data, t.ex. längden på tidsserien och antal vargföryngringar. Modellen ger mycket större osäkerhet i resultaten om man bara använder den senaste 5 åren eller om man gör en separat beräkning för Norge. Vi har använt omräkningsfaktorn 9,8 från den omfattande inventeringen som genomfördes 2017 och som presenterades av Bischof m.fl. (2019). Vi har även använt en observerbarhet 97% av vargföryngringar som har kunnat konstateras i populationen genom att föryngringar har kunnat bekräftas i efterhand på basis av DNA-analyser av avkommor (Åkesson m.fl. 2022). Både dessa parametrar har hög precision och leder till att osäkerheten i modellen minskar.

Utvärderingen av populationsmodell med Bayesian p-värde visar att den ger en relativt bra beskrivning av data. Bayesian p-värde för modellerna var mellan 0.48 och 0.58 och p-värden mellan 0.1 och 0.9 anses vara visa en bra anpassning mellan en modell och data. Den uppskattade tillväxten varierade mellan år, men det fanns ingen signifikant trend i tillväxttakten under perioden 2012 till 2022 (Figur S1 och S4). Även konverteringsfaktorn från antal vargreproduktioner till totala vargpopulationen varierade mellan år, men inte heller för konverteringsfaktorn fanns det någon signifikant trend under perioden 2012 till 2022 (Figur S2 och S5).

Sveriges och Norges möjligheter att uppnå/upprätthålla sina respektive beståndsmål

I vårt uppdrag för denna rapport ingick att utlåtandet skulle innehålla en bedömning av konsekvenserna av olika beskattningsnivåer för respektive lands möjlighet att uppnå/upprätthålla sina respektive mål. Naturvårdsverket bedömer att det behövs minst 300 vargar i Sverige, samt att minst en ny immigrant från Finland eller Ryssland ska reproducera sig med de skandinaviska vargarna under naturliga förhållanden varje 5-årsperiod för att vargen i Sverige ska kunna anses ha gynnsam bevarandestatus. Det nationella beståndsmålet för varg i Norge är 4 – 6 årliga föryngringar, varav minst 3 helnorska och där gränsrevir räknas med en faktor med 0,5.

För Sveriges del finns stor möjlighet att ligga väl över beståndsmålet hösten 2023 på minst 300 vargar. Medelvärde för den beräknade bruttopopulationen den kommande hösten (2023) är 368 (294 – 455; 95% KI) vargar med det genomförda jaktuttaget på 73 vargar under perioden 1 oktober 2022 – 30 april 2023. Utrymmet för viss jakt under hela perioden 1 maj 2023 till 30 september 2024 finns därmed och modellens prognos för 1 oktober 2024 visar att risken för att hamna under 300 individer är 10% för ett totalt uttag (summa av licensjakt, skyddsjakt och nödvärn) på 44 individer.

För Norge har den *potentiella tillväxten* legat på 38% (0,79 – 1,97; 90% KI) de senaste 10 åren. Den stora variationen i tillväxttakten i Norge beror på att beräkningarna bygger på en begränsad del av en större population och därmed får slumpen en relativt större påverkan. Dessutom kan spridning av vargar från Sverige ha stor påverkan på tillväxttakten i Norge eftersom denna delpopulation endast utgör mindre än 20% av den skandinaviska populationen. Om vi utgår från det högre nationella målet, 6 föryngringar inklusive hälften av gränsreviren, så blir målet räknat som antal individer ca 60 vargar.

Det finns inget uttalat mål för den skandinaviska populationen. Om man emellertid lägger samman målen för de norska och svenska delpopulationerna blir det *minimum* 340 till 360 vargar (spannet beror på det norska målet om 4 till 6 föryngringar). Den beräknade populationen hösten 2022 på 465 (444 – 486; 95% KI) vargar ligger väl över detta mål. Den mest sannolika prognosen för 1 oktober 2023 är 443 (354 – 550; 95% KI) vargar med ett genomfört jaktuttag på 86 vargar i Sverige och Norge under perioden 1 oktober 2022 – 30 april 2023.

Vid en beskattning från 1 oktober 2023 till 30 september 2024 i Skandinavien på 65 vargar är risken 10% att populationen hamnar under 360 till 1 oktober 2024, d.v.s. det undre 80% konfidensintervallet i Tabell 3. Om man kombinerar möjligt jaktuttag i Sverige och Skandinavien för att nå beståndsmålen, så ger ett jaktuttag på 44 vargar i Sverige en risk på 10% att komma under referensvärdet på 300 vargar, d.v.s. det finns utrymme på 21 vargar kvar för Norge om man vill hålla sig till en risk på 10% att komma under 360 vargar för Skandinavien.

Ett jaktuttag i Skandinavien på 65 vargar mellan 1 maj 2023 och 1 oktober 2024 beräknas ge nolltillväxt och ett jaktuttag på 45 vargar beräknas ge samma populationsstorlek som 1 oktober 2022. Observera att modellens utfall gäller all jakt som genomförs under perioden 1 maj 2023 – 30 september 2024. Blir det en omfattande skydds jakt sommaren 2023 och 2024, eller om man vill ha utrymme för skydds jakt under vintern 2023/2024, ska dessa dras från eventuella kvoter för licensjakt under vintern 2023/2024 för att modellresultaten ska gälla.

Referenser

- Andrén, H., Hobbs, N.T., Aronsson, A., Brøseth, H., Chapron, G., Linnell, J.D.C., Odden, J., Persson, J. and Nilssen, E.B. 2020. Harvest models of small populations of a large carnivore using Bayesian forecasting. – *Ecological Applications* 30(3), e02063, 18 pages.
- Andrén, H., Sand, H., Liberg, O. och Wabakken, P. 2022. Beräkningar av beskattning av den skandinaviska vargpopulationen 2023. Rapport till Naturvårdsverket och Miljødirektoratet, Norge från SKANDULV. 26 sidor.
- Bischof, R., Milleret, C., Dupont, P., Chipperfield, J., Åkesson, M., Brøseth, H., and Kindberg, J. 2019. Estimating the size of the Scandinavian wolf population with spatial capture-recapture and conversion factors - MINA fagrapport 57. 80 pp. ISSN: 2535-2806.
- Evans D, and Arvela M. 2011. Assessment and reporting under Article 17 of the Habitats Directive – Explanatory Notes & Guidelines for the period 2007 – 2012. European Topic Centre on Biological Diversity, Paris, France. Finnish Wildlife Agency 2015 <http://riista.fi/metsastys/saalisiseuranta/kannanhoidollinen-susisaalis/> (accessed June 2015).
- Liberg, O., Chapron, G., Wabakken, P., Pedersen, H.C., Hobbs., N.T. and Sand. H., 2012. Shoot, shovel and shut up: cryptic poaching slows restoration of a large carnivore in Europe. *Proc. R. Soc. B* 279, 910–915.
- Liberg, O., Suutarinen, J., Åkesson, M., Andrén, H., Wabakken, P., Wikenros, C. and Sand, H. 2020. Poaching-related disappearance rate of wolves in Sweden was positively related to population size and negatively to legal culling. – *Biological Conservation* 243: 108456

- Milleret, C., Dupont, P., Åkesson, M., Brøseth, H., Kindberg, J., and Bischof, R., 2021. Estimates of wolf density, abundance, and population dynamics in Scandinavia, 2012 - 2021 - MINA fagrappport 72. 30 pages.
- Milleret, C., Dupont, P., Åkesson, M., Brøseth, H., Svensson, L., Kindberg, J., and Bischof, R., 2022. Estimates of wolf density, abundance, and population dynamics in Scandinavia, 2013–2022 - MINA fagrappport 77. 34 pp. ISBN 2535-2806
- Naturvårdsverket. 2015. Delredovisning av regeringsuppdraget att utreda gynnsam bevarandestatus för varg (M2015/1573/Nm). Rapport från Naturvårdsverket, NV-02945-15. 13 s.
- Naturvårdsverket. 2016. Femårig plan för genetisk förstärkning 2016 – 2020. Rapport från Naturvårdsverket, NV-02544-15. 21 s.
- Nilsen, E.B., Brøseth, H., Odden, J., Andrén, H. og Linnell, J.D.C. 2011. Prognosemodell for bestanden av gaupe i Norge. – NINA Rapport 774. 26 sid.
- Svensson, L., Wabakken, P., Maartmann, E., Åkesson, M., Flagstad, Ø. & Hedmark, E. 2019. Inventering av varg vintern 2018 – 2019. Bestandsovervåking av ulv vinteren 2018 – 2019. Bestandsstatus for store rovdjur i Skandinauia. Bestandsstatus för stora rovdjur i Skandinavien Rovdata, Viltskadecenter och Høgskolan i Innlamdet. Rapport 1-2019. 53 s.
- Svensson, L., Wabakken, P., Maartmann, E., Palacios, C., Flagstad, Ø. & Åkesson, M. 2021. Inventering av varg vintern 2020 – 2021. Bestandsovervåking av ulv vinteren 2020 – 2021. Bestandsstatus for store rovdjur i Skandinauia. Bestandsstatus för stora rovdjur i Skandinavien 1-2021. 55 s.
- Svensson, L., Wabakken, P., Maartmann, E., Nordli, K., Flagstad, Ø., Danielsson, A, Hensel, H., Pöchlacker, K., & Åkesson, M. 2023. Inventering av varg vintern 2022 – 2023. Bestandsovervåking av ulv vinteren 2022 – 2023. Bestandsstatus for store rovdjur i Skandinauia. Bestandsstatus för stora rovdjur i Skandinavien 1-2023. 65s.
- Wabakken, P., Svensson, L., Maartmann, E., Nordli, K., Flagstad, Ø. & Åkesson, M. 2020. Bestandsovervåking av ulv vinteren 2019 – 2020. Inventering av varg vintern 2019 – 2020. Bestandsstatus for store rovdjur i Skandinauia. Bestandsstatus för stora rovdjur i Skandinavien. Rovdata, Viltskadecenter og Høgskolen i Innlandet. Rapport 1-2020 55 s.
- Wabakken, P., Svensson, L., Maartmann, E., Nordli, K., Flagstad, Ø. & Åkesson, M. 2022. Bestandsovervåking av ulv vinteren 2021 – 2022. Inventering av varg vintern 2021 – 2022. Bestandsstatus for store rovdjur i Skandinauia. Bestandsstatus för stora rovdjur i Skandinavien 1-2022. 59s.
- Åkesson, M., Svensson, L., Flagstad, Ø, Wabakken, P. and Frank, J. 2022. Wolf monitoring in Scandinavia: evaluating counts of packs and reproduction events. *Journal of Wildlife Management* 86: e22206. (13 pages).

BILAGA 1

Tabell B1. Inventeringsresultat (Svensson m.fl. 2023) antal föryngringar, antal revirmarkerande par, samt andelen föryngringar (= antal föryngringar / (antal föryngringar + antal revirmarkerande par)).

År	Skandinavien			Sverige		
	Antal föryngringar	Antal revirmarkerade par	Andel föryngringar	Antal föryngringar	Antal revirmarkerade par	Andel föryngringar
2012-2013	38	25	0,60	32,5	20	0,62
2013-2014	40	25	0,62	34,5	22	0,61
2014-2015	46	20	0,70	41,5	14,5	0,74
2015-2016	43	32	0,57	34	27	0,56
2016-2017	43	31	0,58	35,5	23,5	0,60
2017-2018	41	34	0,55	30,5	27,5	0,53
2018-2019	38	31	0,55	30	22,5	0,57
2019-2020	45	30	0,60	36,5	23	0,61
2020-2021	48	31	0,61	39,5	25	0,61
2021-2022	54	28	0,66	46	23	0,67
2022-2023	51	34	0,60	45	28,5	0,61

BILAGA 1

Tabell B2. Uppskattningar av vargpopulationen i Sverige sedan 1 oktober 2012 med olika metoder.

År	Antal registrerade föryngringar ^a	Population (föryngringar × 10) ^a (95% KI)	Modell-Prediktion (95 % KI) ^b	Uppskattning från DNA fångst-återfångst (95 % KI) ^c
1 okt. 2012	32,5	325 (257 – 423)	324 (300 – 351)	340 (311 – 370)
1 okt. 2013	34,5	345 (273 – 449)	321 (297 – 344)	314 (287 – 345)
1 okt. 2014	41,5	415 (328 – 539)	341 (321 – 362)	344 (321 – 369)
1 okt. 2015	34	340 (269 – 442)	297 (282 – 312)	293 (276 – 309)
1 okt. 2016	35,5	355 (281 – 461)	324 (314 – 334)	325 (315 – 336)
1 okt. 2017	30,5	305 (241 – 396)	315 (307 – 324)	316 (308 – 325)
1 okt. 2018	30	300 (237 – 390)	297 (281 – 312)	292 (277 – 311)
1 okt. 2019	36,5	365 (289 – 474)	348 (341 – 354)	348 (342 – 355)
1 okt. 2020	39,5	395 (312 – 513)	366 (351 – 381)	363 (347 – 378)
1 okt. 2021	46	460 (364 – 598)	405 (391 – 419)	408 (395 – 423)
1 okt. 2022	45	450 (356 – 585)	396 (378 – 415)	394 (376 – 413)

^a – Populationsstorlek enligt inventeringsrapporterna (antal registrerade föryngringar × 10; Svensson m.fl. 2023).

^b – Populationsstorlek enligt populationsmodellen i den här rapporten.

^c – Populationsstorlekar som bygger på DNA och fångst-återfångstberäkningar (Milleret m.fl. 2022, samt preliminära populationsuppskattningar, Bischof och Milleret muntligen 2023-05-22).

BILAGA 1

Tabell B3. Uppskattningar av vargpopulationen i Skandinavien sedan 1 oktober 2012 med olika metoder.

År	Antal registrerade föryngringar ^a	Population (föryngringar × 10) ^a (95% KI)	Modell-prediktion (95% KI) ^b	Uppskattning från DNA fångst-återfångst (95 % KI) ^c
1 okt. 2012	38	380 (300 – 494)	389 (362 – 418)	405 (374 – 438)
1 okt. 2013	40	400 (316 – 520)	387 (360 – 413)	382 (350 – 415)
1 okt. 2014	46	460 (343 – 598)	412 (390 – 436)	416 (391 – 443)
1 okt. 2015	43	430 (340 – 559)	367 (351 – 382)	362 (346 – 379)
1 okt. 2016	43	430 (340 – 559)	407 (399 – 416)	407 (398 – 417)
1 okt. 2017	41	410 (324 – 533)	410 (403 – 417)	410 (403 – 418)
1 okt. 2018	38	380 (300 – 494)	376 (362 – 392)	372 (356 – 391)
1 okt. 2019	45	450 (356 – 585)	433 (427 – 440)	433 (427 – 441)
1 okt. 2020	48	480 (379 – 624)	453 (441 – 468)	450 (436 – 466)
1 okt. 2021	54	540 (427 – 702)	498 (486 – 512)	501 (488 – 516)
1 okt. 2022	51	510 (403 – 663)	465 (444 – 486)	462 (441 – 486)

^a – Populationsstorlek enligt inventeringsrapporterna (antal registrerade föryngringar × 10; Svensson m.fl. 2023).

^b – Populationsstorlek enligt populationsmodellen i den här rapporten.

^c – Populationsstorlekar som bygger på DNA och fångst-återfångstberäkningar (Milleret m.fl. 2022, samt preliminära populationsuppskattningar, Bischof och Milleret muntligen 2023-05-22).

BILAGA 2

Population model

We used Bayesian hierarchical population models to estimate the posterior distribution of the unobserved population size with process and observation equations.

The deterministic process model is:

$$\mu_t = \log [(\psi_{t-1} - H_{1,t-1}) \times \exp(\alpha_{t-1}) - H_{2,t-1}] \quad (\text{Eq. S1})$$

Where μ_t is the deterministic prediction of the log (population size) at time t , ψ_{t-1} is the predicted unobserved population size at time $t-1$, $H_{1,t-1}$ is the observed harvest October 1 to April 30 at time $t-1$ and $H_{2,t-1}$ is the observed harvest May 1 to September 30 at time $t-1$. The growth rate on log-scale (α_t) at time t , was drawn from a normal distribution, which was based on a normal distribution for the mean (α) and its variation and a uniform distribution for the standard deviation (σ_α) and its variation, which correspond to α_t being a random factor from the hyperparameter ($\alpha \pm \sigma_\alpha$, Table S1) and allows handling of some of the temporal variation. The growth rate on log-scale (α_t) is the potential growth rate at time t without legal harvest, but the potential growth includes all other factors that might influence growth rate, e.g., natural causes of mortality, poaching and vehicle collisions (Liberg et al. 2012, 2020) and inbreeding (Liberg et al. 2005, Wikenros et al. 2021).

$$\alpha_t \sim \text{normal}(\alpha, \sigma_\alpha) \quad (\text{Eq. S2})$$

We include stochasticity in the process using:

$$\psi_t \sim \text{lognormal}(\mu_t, \sigma_{proc}) \quad (\text{Eq. S3})$$

$$\rho_t \sim \text{Poisson}(\psi_t / \phi_t) \quad (\text{Eq. S4})$$

Where σ_{proc} is the standard deviation on log-scale of the unobserved population size, ρ_t is the predicted unobserved number of reproductions at time t . The conversion factor from number of reproductions to total population size (ϕ_t) at time t , was drawn from a gamma distribution, which was based on a normal distribution for the mean (ϕ) and its variation and a uniform distribution for the standard deviation (σ_ϕ) and its variation, which correspond to ϕ_t being a random factor from the hyperparameter ($\phi \pm \sigma_\phi$, Table S1) and allows handling of some of the temporal variation. The parameters for the gamma distribution (s_t , r_t) were computed using moment matching.

$$s_t = \phi^2 / \sigma_\phi^2 \quad (\text{Eq. S5})$$

$$r_t = \phi / \sigma_\phi^2 \quad (\text{Eq. S6})$$

$$\phi_t \sim \text{gamma}(s_t, r_t) \quad (\text{Eq. S7})$$

The process equations were linked to two different data sets using the observation equations using:

$$N_t \sim \text{normal}(\psi_t, \sigma_{obs,t}) \quad (\text{Eq. S8})$$

$$R_t \sim \text{binomial}(\delta, \rho_t) \quad (\text{Eq. S9})$$

Where N_t is the estimated population size at time t and $\sigma_{obs,t}$ is the estimated standard deviation of the estimated wolf population size at time t (from Bischof et al. 2020, Milleret et al. 2022). Bischof et al. (2020) used open spatial capture – mark – recapture methods of DNA from wolf scats and urine collected during the monitoring season to estimate the mean and standard deviation of the wolf population size. R_t is the observed number of wolf reproductions at time t (Svensson et al. 2023) and δ is the probability to find a wolf reproduction during the monitoring season (Åkesson et al. 2022).

Model fitting and evaluation

Vague prior distributions were assigned to the hyperparameter growth rate and its variation, $\alpha \sim \text{normal}(0, 100)$ and $\sigma_\alpha \sim \text{uniform}(0, 10)$. We also used a vague prior for the process error, $\sigma_{proc} \sim \text{uniform}(0, 10)$. We used a weakly informed prior for the hyperparameter conversion factor from number of wolf reproductions to total population size and its variation; $\phi \sim \text{normal}(10, 2)$ and $\sigma_\phi \sim \text{uniform}(0, 4)$. Bischof et al. (2019) estimated the conversion factor to 9.8 ± 0.12 SD. However, we preferred to have it less informed prior, to increase the possibility for annual variation and to be able to find trends in the annual estimates. An informed prior was used for the probability to find a wolf reproduction during the monitoring season, $\delta \sim \text{beta}(221, 7)$. Åkesson et al. (2022) showed that 220 reproductions out of 226 reproductions, i.e., 97 %, were found during the monitoring seasons (2005 – 2016), the rest was detected ≥ 1 year later from kinship assessments of all DNA-detected individuals.

We approximated the marginal posterior distributions of parameters fitting the models to data using the Markov Chain Monte Carlo algorithm implemented in *rjags* and *coda* packages (Plummer 2003) in R (R Core Team 2022). We ran three chains of 100,000 iterations following a 50,000 burn-in. Convergence was checked by visual inspection of trace plots and by the diagnostics of Heidelberger (Heidelberger and Welch 1983) and Gelman (using the threshold value of < 1.02 indicating very low variation between the three chains, Brooks and Gelman 1997) implemented in the *coda* package (Plummer 2003). We used posterior predictive checks to evaluate lack-of-fit between models and data using Bayesian p-values (where $0.1 < p < 0.9$ suggest good fit between the model and the data; Hobbs and Hooten 2015). We present posterior means and SD with associated 95% Bayesian credible intervals (BCI).

Results – Sweden

Posterior predictive checks showed that the model was able to simulate data that were consistent with the observations. Bayesian p-values for discrepancy statistics were 0.49 for the number of reproductions and 0.58 for the estimated population size. The parameters α , σ_α , ϕ , σ_ϕ , δ and σ_{proc} all passed Heidelberger diagnostics. The upper confidence limits for all parameters were < 1.01 in Gelman diagnostics, indicating very lower variation between the three chains.

The overall mean growth rate (hyperparameter) on log-scale (α) was 0.127 ± 0.058 , which correspond to a growth rate $\lambda = 1.14 \pm 0.069$. The potential growth rate excluding legal harvest indicates an increasing population without legal harvest. The probability that $\exp(\alpha) = \lambda$ being > 1 was > 0.998 (Table S1, Figure S3). There was no trend in the annual estimated growth rates ($r = 0.25$, $df = 9$, $p = 0.45$; Figure S1). The overall mean conversion factor (hyperparameter) from number of wolf reproductions to total population size (ϕ) was 9.45 ± 0.58 (Table S1, Figure S3). There was no trend in the annual estimated conversion factor ($r = -0.01$, $df = 8$, $p = 0.98$; Figure S2).

Results – Scandinavia

Posterior predictive checks showed that the model was able to simulate data that were consistent with the observations. Bayesian p-values for discrepancy statistics were 0.48 for the number of reproductions and 0.56 for the estimated population size. The parameters α , σ_α , ϕ , σ_ϕ , δ and σ_{proc} all passed Heidelberger diagnostics. The upper confidence limits for all parameters were < 1.01 in Gelman diagnostics, indicating very lower variation between the three chains.

The overall mean growth rate (hyperparameter) on log-scale (α) was 0.155 ± 0.059 , which correspond to a growth rate $\lambda = 1.17 \pm 0.072$. The potential growth rate excluding legal harvest indicates an increasing population without legal harvest. The probability that $\exp(\alpha) = \lambda$ being > 1 was > 0.999 (Table S2, Figure S6). There was no trend in the annual estimated growth rates ($r = 0.25$, $df = 9$, $p = 0.47$; Figure S4). The overall mean conversion factor (hyperparameter) from number of wolf reproductions to total population size (ϕ) was 9.55 ± 0.54 (Table S2, Figure S6). There was no trend in the annual estimated conversion factor ($r = -0.01$, $df = 8$, $p = 0.99$; Figure S5).

References

- Bischof, R., Milleret, C., Dupont, P., Chipperfield, J., Åkesson, M., Brøseth, H., and Kindberg, J. 2019. Estimating the size of the Scandinavian wolf population with spatial capture-recapture and conversion factors - MINA fagrapport 57. 80 pp. ISSN: 2535-2806.
- Bischof, R., Milleret, C., Dupont, P., Chipperfield, J., Tourani, M., Ordiz, A., Valpine, P., Turek, D., Royle, J.A., Gimenez, O., Flagstad, Ø., Åkesson, M., Svensson, L., Brøseth, H., and Kindberg, J. 2020. Estimating and forecasting spatial population dynamics of apex predators using transnational genetic monitoring. – PNAS 117(48): 30531–30538.
- Brooks, S.P., and A. Gelman, 1997. General methods for monitoring convergence of iterative simulations. – Journal of Computational and Graphical Statistics 7: 434-455.
- Heidelberger, P., and P. Welch. 1983. Simulation run length control in the presence of an initial transient. – Operations Research 31: 1109-1044.
- Hobbs, N.T. and M.B. Hooten. 2015. Bayesian models. A statistical primer for ecologists. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Liberg, O., Andrén, H., Pedersen, H.-C., Sand, H., Sejberg, D., Wabakken, P., Åkesson, M., and Bensch, S. 2005. Severe inbreeding depression in a wild wolf (*Canis lupus*) population. – Biology Letters 1: 17-20.

- Liberg, O., Chapron, G., Wabakken, P., Pedersen, H.C., Hobbs., N.T. and Sand. H., 2012. Shoot, shovel and shut up: cryptic poaching slows restoration of a large carnivore in Europe. *Proc. R. Soc. B* 279, 910–915.
- Liberg, O., Suutarinen, J., Åkesson, M., Andrén, H., Wabakken, P., Wikenros, C. and Sand, H. 2020. Poaching-related disappearance rate of wolves in Sweden was positively related to population size and negatively to legal culling. – *Biological Conservation* 243: 108456
- Milleret, C., Dupont, P., Åkesson, M., Brøseth, H., Kindberg, J., and Bischof, R., 2021. Estimates of wolf density, abundance, and population dynamics in Scandinavia, 2012 - 2021 - MINA fagrappport 72. 30 pages.
- Milleret, C., Dupont, P., Åkesson, M., Brøseth, H., Svensson, L., Kindberg, J., and Bischof, R., 2022. Estimates of wolf density, abundance, and population dynamics in Scandinavia, 2013–2022 - MINA fagrappport 77. 34 pp. ISBN 2535-2806
- Plummer, M. 2003. JAGS: A program for analysis of Bayesian graphical models using Gibbs sampling. DSC Working Papers. Proceedings of the 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing, March 20–22, 2003. Technische Universität Wien, Vienna, Austria.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Svensson, L., Wabakken, P., Maartmann, E., Nordli, K., Flagstad, Ø., Danielsson, A, Hensel, H., Pöchlhammer, K., & Åkesson, M. 2023. Inventering av varg vintern 2022 – 2023. Bestandsövervakning av ulv vintern 2022 – 2023. Bestandsstatus for store rovdyr i Skandinavia. Bestandsstatus för stora rovdjur i Skandinavien 1-2023. 65s.
- Wikenros, C., Gicquel, M., Zimmermann, B., Flagstad, Ø. and Åkesson, M. 2021. Age at first reproduction in wolves: different patterns of density dependence for females and males. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 288: 20210207.
- Åkesson, M., Svensson, L., Flagstad, Ø, Wabakken, P. and Frank, J. 2022. Wolf monitoring in Scandinavia: evaluating counts of packs and reproduction events. *Journal of Wildlife Management* 86: e22206. (13 pages).

Table S1. Prior and posterior distributions of parameters in the Bayesian hierarchical population model for Sweden.

Parameter	Prior	Posterior (mean \pm SD)	Posterior (95 % BCI)	Description
α	normal (0, 100)	0.127 \pm 0.0318	0.062 – 0.189	Growth rate on log-scale (hyperparameter)
σ_α	uniform (0, 10)	0.0577 \pm 0.0384	0.0027 – 0.114	Variation in growth rate (hyperparameter)
ϕ	normal (10, 2)	9.45 \pm 0.473	8.55 – 10.39	Conversion factor from number of wolf reproductions to total population size (hyperparameter)
σ_ϕ	uniform (0, 4)	0.576 \pm 0.439	0.025 – 1.65	Variation in conversion factor from number of wolf reproductions to total population size (hyperparameter)
δ	beta (221, 7)	0.971 \pm 0.011	0.947 – 0.988	Probability to find a wolf reproduction during the monitoring season. 220 reproductions were found out of 226 reproductions (0.973; Åkesson et al. 2022)
σ_{proc}	uniform (0, 10)	0.059 \pm 0.039	0.0033 – 0.149	Process error on log-scale

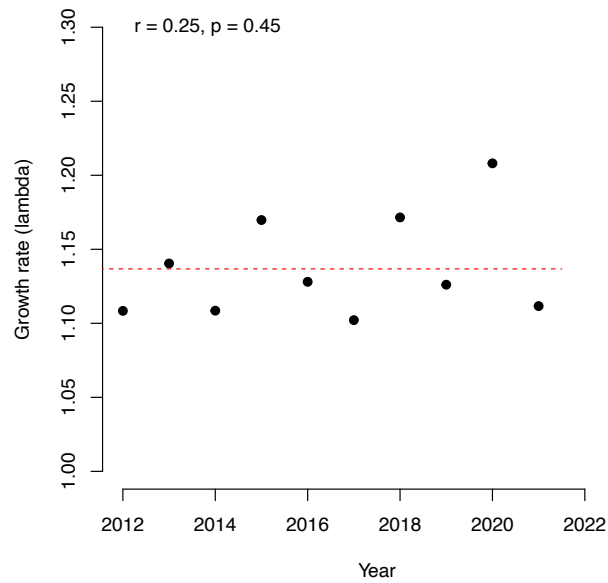


Figure S1. Mean annual potential growth rate (λ_{pt}) in the Swedish wolf population in relation to year. Red dashed line shows the overall mean potential growth rate ($\lambda = 1.14$).

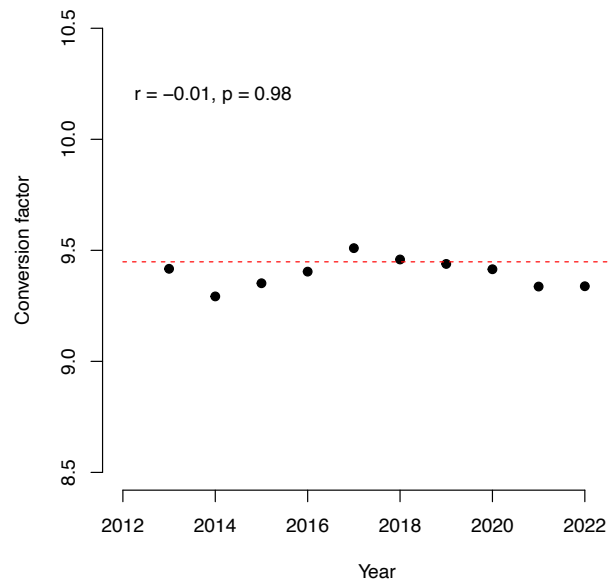


Figure S2. Mean annual conversion factor from number of wolf reproduction to total population size (ϕ_t) for the Swedish wolf population in relation to year. Red dashed line shows the overall mean conversion factor ($\phi = 9.45$)

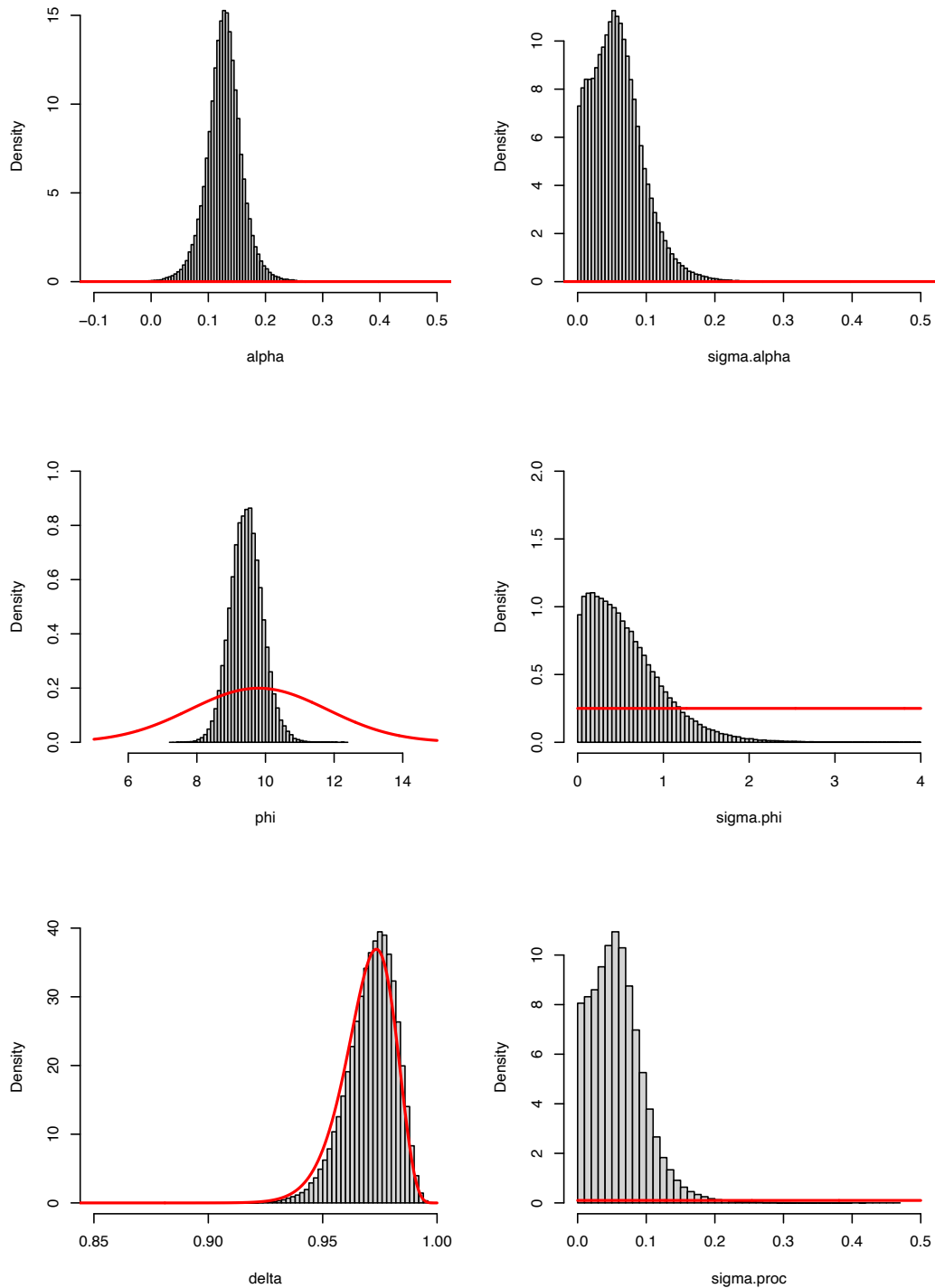


Figure S3. Prior (red lines) and posterior distribution for parameters included in the Bayesian hierarchical population model for Sweden (Table S1). The parameters are mean growth rate (hyperparameter, α (alpha)), variation in growth rate (hyperparameter, σ_{α} (sigma.alpha)), conversion factor (hyperparameter, ϕ (phi)), variation in conversion factor (hyperparameter, σ_{ϕ} (sigma.phi)), probability to find a wolf reproduction (δ (delta)) and process error (σ_{proc} (sigma.proc)).

Table S2. Prior and posterior distributions of parameters in the Bayesian hierarchical population model for Scandinavia.

Parameter	Prior	Posterior (mean \pm SD)	Posterior (95 % BCI)	Description
α	normal (0, 100)	0.155 \pm 0.0327	0.088 – 0.218	Growth rate on log-scale (hyperparameter)
σ_α	uniform (0, 10)	0.0596 \pm 0.0377	0.0032 – 0.144	Variation in growth rate (hyperparameter)
ϕ	normal (10, 2)	9.55 \pm 0.44	8.71 – 10.42	Conversion factor from number of wolf reproductions to total population size (hyperparameter)
σ_ϕ	uniform (0, 4)	0.524 \pm 0.401	0.022 – 1.51	Variation in conversion factor from number of wolf reproductions to total population size (hyperparameter)
δ	beta (221, 7)	0.971 \pm 0.011	0.948 – 0.988	Probability to find a wolf reproduction during the monitoring season. 220 reproductions were found out of 226 reproductions (0.973; Åkesson et al. 2022)
σ_{proc}	uniform (0, 10)	0.061 \pm 0.040	0.0029 – 0.150	Process error on log-scale

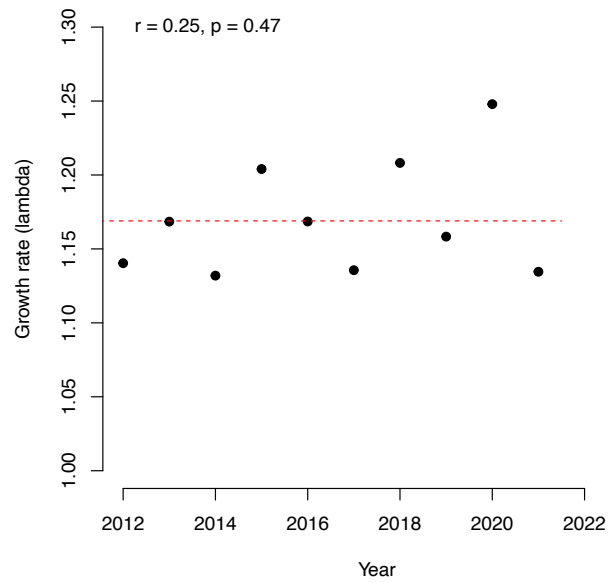


Figure S4. Mean annual potential growth rate (λ_{pt}) in the Scandinavian wolf population in relation to year. Red dashed line shows the overall mean potential growth rate ($\lambda = 1.17$).

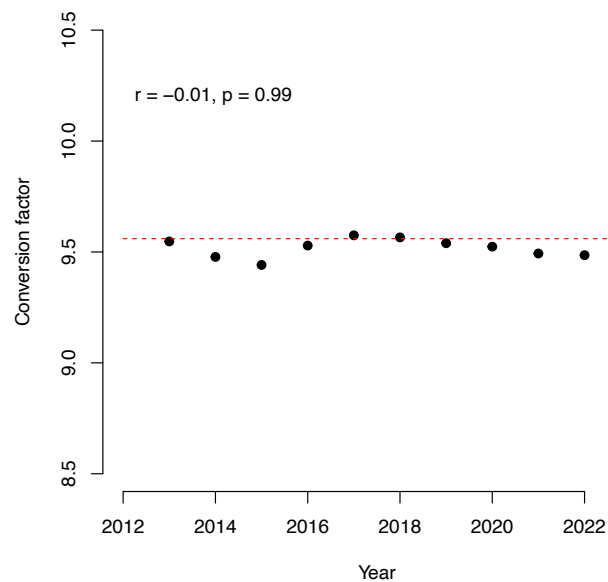


Figure S5. Mean annual conversion factor from number of wolf reproduction to total population size (ϕ_t) for the Scandinavian wolf population in relation to year. Red dashed line shows the overall mean conversion factor ($\phi = 9.55$)

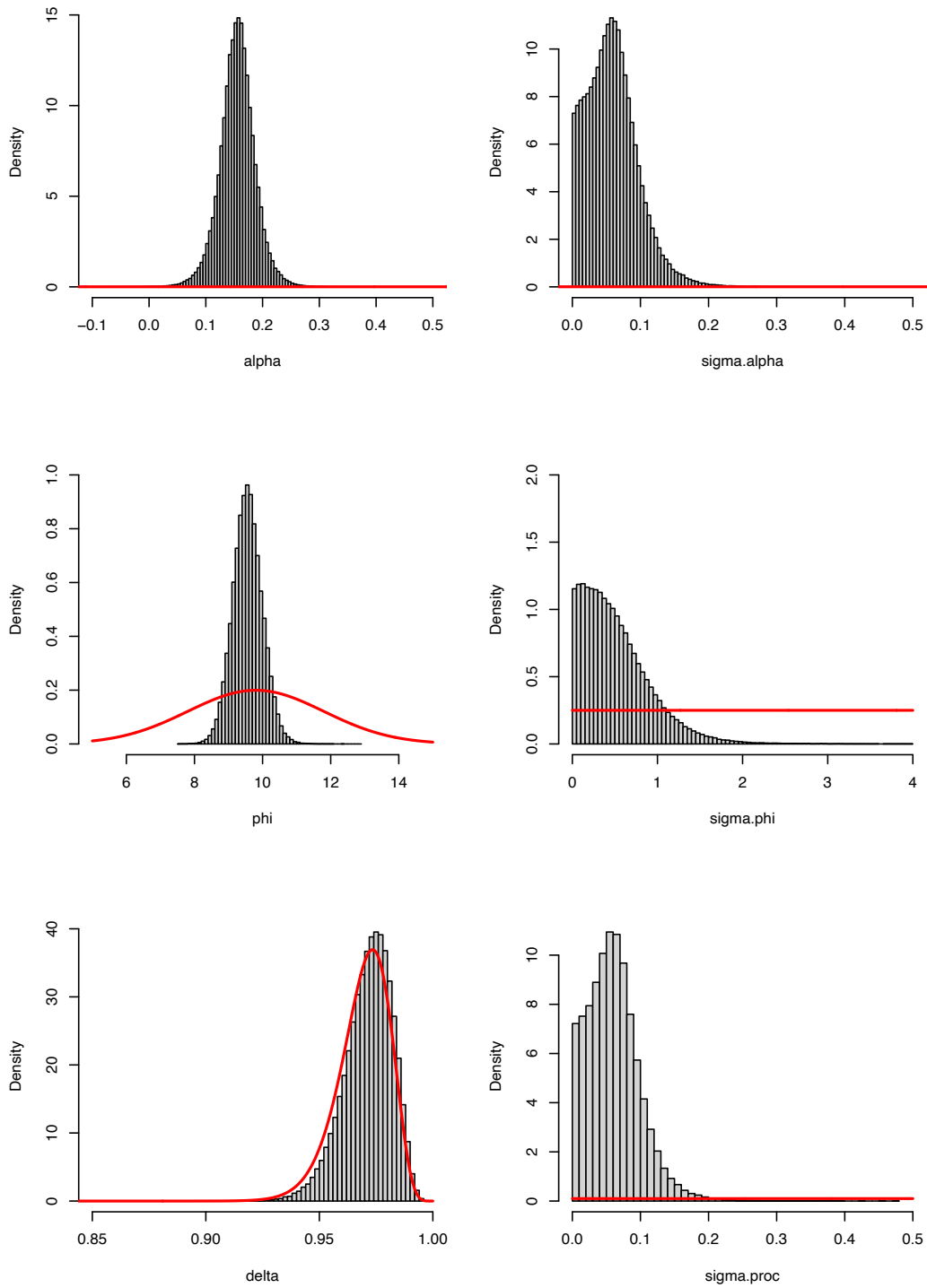


Figure S6. Prior (red lines) and posterior distribution for parameters included in the Bayesian hierarchical population model for Scandinavia (Table S1). The parameters are mean growth rate (hyperparameter, α (alpha)), variation in growth rate (hyperparameter, σ_α (sigma.alpha)), conversion factor (hyperparameter, ϕ (phi)), variation in conversion factor (hyperparameter, σ_ϕ (sigma.phi)), probability to find a wolf reproduction (δ (delta)) and process error (σ_{proc} (sigma.proc)).