

Effekter av forurensning på bestandsutviklingen til måser

Kjell Einar Erikstad
Tone Kristin Reiertsen



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en ny, elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Norsk institutt for naturforskning

Effekter av forurensning på bestandsutviklingen til måser

**Kjell Einar Erikstad
Tone Kristin Reiertsen**

Erikstad, K.E, Reiertsen, T.K. 2007. Effekter av forurensning på bestandsutvikling til måser. NINA Rapport 274, 24 s.

Tromsø, juni 2007

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-1836-8

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

[Åpen]

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Kjell Einar Erikstad og Tone Kristin Reiertsen

KVALITETSSIKRET AV

Per Fauchald

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Sidsel Grønvik (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Direktoratet for naturforvaltning

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Arild Espelien

FORSIDEBILDE

Polarmåse på Bjørnøya.

© Jan Ove Bustnes

NØKKELOD

Polarmåse, sildemåse, svartbak, organokloriner, bestandsutvikling, Norge, Bjørnøya

KEY WORDS

Glaucous gull, lesser black-backed gull, black-backed gull, organochlorines, population trends, Norway, Bear island

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Polarmiljøsentret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00
Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkeltgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Erikstad, K.E. og Reiertsen, T.K. 2007. Effekter av forurensning på bestandsutviklingen til måser. NINA Rapport 274, 24 s.

Måser er toppredatorer i det marine miljø, og er svært utsatt for miljøgifter. Hos arter som sildemåse (*Larus fuscus*), svartbak (*Larus marinus*) og polarmåse (*Larus hyperboreus*) er det dokumentert høye nivåer av organokloriner (OC), som nedsetter immunforsvaret og gir økt forekomst av sykdom, noe som medfører både redusert hekkesuksess og overlevelse av voksne.

Selv om det er dokumentert en rekke negative effekter av OC på individer hos måser er effekten på bestandsnivå ukjent. Målsetningen med denne undersøkelsen har vært å gi kvantitative prognoser for bestandsutviklingen i måsebestander med høye nivåer av forurensning. For å kvantifisere effekten av dagens forurensningsnivå hos måsebestander på bestandsutviklingen, har vi benyttet oss av strukturerte demografiske modeller som simulerer bestandsutviklingen i et variabelt og stokastisk miljø. Som input i modellene har vi brukt data på overlevelse av voksne, hekkesuksess (rekruttering av unger) og kjønnsratio (frekvensen av hanner og hunner i avkom som produseres) fra studier gjort langs norskekysten og fra Bjørnøya.

I normalfordelte miljø, hvor bestanden uten forurensning er tilnærmet stabil, vil de nivåene av forurensning en kjenner til i dag gjennomsnittlig resultere i en bestandsreduksjon på 28 % etter 50 år. Effekter av forurensning på bestandsutviklingen vil imidlertid være sterkt avhengig av miljøvariasjon (hekkebetingelsene). Under dårlige hekkebetingelser vil bestanden, uten forurensning, reduseres med 39 %, mens høye nivåer av OC vil forsterke denne nedgangen slik at den blir på 51 %. Under gode hekkebetingelser vil bestanden, uten forurensning, vokse med 64 %. Høye nivåer av forurensning vil imidlertid sterkt redusere denne veksten, slik at bestanden kun vokser med 35 %, og dermed muligheten bestanden har for å utnytte gode år til vekst og nyrekruttering. Kvantitativt ser denne effekten ut til å være den viktigste for bestandsutviklingen.

Beregninger viser at sannsynligheten for at bestanden skal halveres i løpet av 50 år under normale miljøbetingelser er 31 % med forurensning og 12 % uten. Under dårlige hekkebetingelser er denne sannsynligheten henholdsvis 79 % med forurensning og 55 % uten.

En simulering av en reduksjon i forurensningsnivåene på 30 % over tid har liten effekt under normale miljøforhold. Det reduserer sannsynligheten for en halvering av bestanden fra 31 % til 28 % etter 50 år. Under dårlige miljøforhold er tilsvarende tall 79 % og 69 %.

Datagrunnlaget for å gi sikre prognoser for måsebestander som har høye nivåer av OC er i dag ikke tilstrekkelig. Kunnskapen om nivåer av OC i enkeltbestander er imidlertid gode, men det er behov for flere studier som undersøker hvilke effekter ulike nivåer av OC har på viktig demografiske trekk som overlevelse og rekruttering av hann og hunn avkom. Det er derfor nødvendig å utvikle et overvåkningsprogram hvor en samtidig studerer forurensningsnivå, voksenoverlevelse og rekruttering i enkeltbestander over flere år.

Kjell Einar Erikstad, Norsk institutt for naturforskning, Avdeling for arktisk økologi, 9296 Tromsø.

kiell.e.erikstad@nina.no

Tone Kristin Reiertsen, Institutt for Biologi, Universitetet i Tromsø, 9037 Tromsø.

tone.reiertsen@ib.uit.no

Abstract

Erikstad, K.E. and Reiertsen, T.K. 2007. The effect of pollutants on population trends in gulls. NINA Report 274, 24 pp.

Gulls are top predators in the marine ecosystem and some populations are heavily contaminated by various pollutants and especially organochlorines (OC). These pollutants have been shown to affect immune systems and the health status which again have negative effects on both reproduction and adult survival in Lesser black-backed gulls (*Larus fuscus*), Great black-backed gulls (*Larus marinus*) and Glaucous gulls (*Larus hyperboreus*).

Even though it is well documented that OCs may have adverse effects on breeding gulls, our knowledge of the effects on the population dynamics are almost absent.

The aim of the present study was to give quantitative predictions on population trends in gulls contaminated with OCs. We have used structured population models in a stochastic environment to simulate how the effect of pollutants may affect the vulnerability of populations.

During normal environmental conditions the present levels of OCs in gulls may lower the long term viability of populations. In a normal environment the population will decline by 28% compared to a stable non-polluted population. However, the effect of OCs on the population trends strongly depends on the environmental conditions. During bad breeding seasons the population may strongly decline both without (39%) and with high levels of OCs (51%). During good environmental condition on the other hand the population will increase independently of the level of OCs contamination. However, in good years the level of OCs may hamper the growth of populations (a reduction in the population increase from 64% to 35%) which quantitatively may be the most important effect of pollution on population growth rate.

An estimate of the probability that a population may halve in 50 years shows that during normal breeding seasons this chance is low (31% with and 12% without pollution). However during bad years this probability is higher (79% with and 55% without pollution).

Simulating a future reduction in OC contamination by 30% on the probability that the population may halve shows that during normal breeding conditions this effect is quite low.

Our knowledge on the contamination of OCs in gull populations is fairly good but the data on the effect of OCs on reproduction and adult survival is at present too scarce to predict the population trends with accuracy. It is therefore great need to develop a monitoring program where contaminations of OCs (and other pollutants) are measured together with detailed observations of vital rates like adult survival and the recruitment of male and female offspring.

Kjell Einar Erikstad, Norwegian Institute for Nature Research, Dept. of Arctic Ecology. The Polar Environmental Centre, N-9296 Tromsø, Norway.

kjell.e.erikstad@nina.no

Tone Kristin Reiertsen, Department of Biology, Faculty of Science, University of Tromsø, N-9037 Tromsø, Norway.

tone.reiertsen@ib.uit.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	5
Innhold	6
Forord	7
1 Innledning	8
2 Nivåer og effekter av organokloriner på vitale rater	9
3 Populasjonsmodell	10
3.1 Reduksjon i forurensningsnivået over tid	13
3.2 Simuleringer	13
4 Resultater	14
5 Diskusjon	18
5.1 Usikkerhet i beregningene	19
5.2 utfordringer for forvaltningen	20
6 Referanser	21

Forord

Forurensningsnivået i enkelte nordlige og arktiske dyrepopulasjoner er foruroligende høyt. Eksempelvis er det hos måsefugler dokumentert svært høye konsentrasjoner av organokloriner (OC). På grunn av hav og luftstrømmer akkumuleres forurensningen mot nord, noe som gjør at nivåene her blir spesielt høye. I løpet av de siste årene er det gjennomført en rekke studier på måser som viser klare sammenhenger mellom høye nivåer av spesielt OC, og nedsatt reproduksjon og økt dødelighet av voksne. Kunnskapen om disse effektene på bestandsnivå er imidlertid helt fraværende. Målsetningen med denne undersøkelsen har vært, ved hjelp av stokastiske strukturerte populasjonsmodeller, å beregne bestandsutvikling og sårbarhet til måser som har høye nivåer av OC. Undersøkelsen er i sin helhet finansiert av Direktoratet for naturforvaltning, og vi takker Arild Espelien for et godt samarbeid i prosjektperioden.

Tromsø, juni 2007

Kjell Einar Erikstad
Prosjektleder

1 Innledning

I løpet av de siste årene har det hos måsefugler langs norskekysten, på Bjørnøya og på Svalbard blitt påvist en rekke negative virkninger av høye nivå av organokloriner (OC). Høye nivåer nedsetter immunforsvaret (Bustnes m.fl. 2004), og gjør individer svært utsatt for parasittinfeksjoner (Sagerup m.fl. 2000). Det er også avdekket en redusert produksjon av unger og overlevelse av voksne, hos individer med høye konsentrasjoner av OC i blodet (Bustnes m.fl. 2003).

Spesielt urovekkende er den negative effekten av forurensning på overlevelse hos voksen polarmåse og svartbak (Bustnes m.fl. 2003, Bustnes m.fl. i manuskript). Hos måser som lever lenge, og er avhengig av flere hekkesesonger, vil variasjon i voksenoverlevelse være den parameter som har størst effekt på bestandsutviklingen. Det er også dokumentert at overlevelsen hos hunner er mer utsatt for forurensning enn det hanner er, noe som kan resultere i skeiv kjønnsfordeling i bestanden, og som kan forsterke den negative effekten. Hunner med lave nivåer har en årlig overlevelse på rundt 90 %, mens overlevelsen hos de med høye nivå av OC er på 61 %. Dette innebærer en reduksjon i forventet levealder hos individer fra mer enn 20 år til kun 5-6 år.

Nylig er det også avdekket en uventet og foruroligende effekt av OC på hekkesuksess. Hos sildemåse fra Horsvær på Helgelandskysten (prosjektfinansiert av DN) er det en nær sammenheng mellom mengde OC rugende hunner har i blodet, og sannsynligheten for at de produserer hann og hunn avkom. Hunner som har høye nivåer av OC produserer nesten bare døtre, og det er også åpenbart at disse døtrene dør i større grad enn sønner i de første ukene etter klekking. Dette resulterer i en veldig skeiv fordeling av hann-/hunn - avkom (70/30 %) av de ungene som overlever (Erikstad m.fl. i manuskript). En mulig forklaring kan være at OC virker som hormonhermer, og stimulerer hunner med høye OC-verdier til å produsere døtre. Det er også vist i de senere årene at kjønn på avkom hos fugl, i stor grad reguleres av nivået av steroider. At døtrene dør kan skyldes at OC-verdiene har negativ effekt på hunnens evne til å ta vare på avkommet, eller at OC sin østrogeneffekt har større negativ effekt på døtre enn på sønner.

Selv om vi i dag ikke har noen fullgod forklaring på hvorfor OC har slik sterk effekt på frekvensen av sønner og døtre, vil denne effekten kunne være negativ for bestandsutviklingen hos en art som er monogam. Det vil i stor grad også være et "skjult" problem, som ikke vil kunne observeres ved tradisjonell bestandsovervåking.

I tillegg til alle disse direkte effektene på individnivå er det dokumentert at enkelte bestander har gått sterkt tilbake i løpet av de siste årene (Lorentsen 2006). Spesielt har den nordlige bestanden av sildemåse hatt en dramatisk utvikling, og bestanden i dag er bare 10-20% av det den var rundt 1980. Det har vært spekulert i at den negative trenden skyldes at bestanden har vært utsatt for en kombinasjon av næringsmangel og forurensning.

Målsetningen med denne undersøkelsen har vært å kvantifisere effekter av forurensningsnivåer på bestandsutviklingen i måsebestander. Data som ligger til grunn for modelleringen er hentet fra studier på tre måsearter (**Figur.1**).



Figur.1. Sildemåse (fra venstre), svartbak og polarmåse er alle arter med høye nivåer av forurensning og hvor det er dokumentert negative effekter både på reproduksjon og overlevelse.

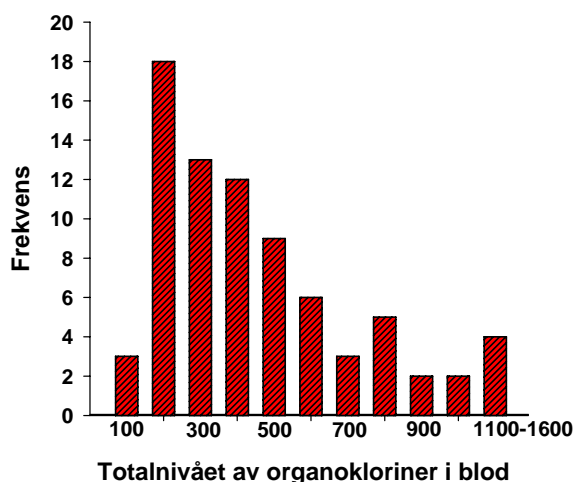
© Foto Trond Johnsen (sildemåse og svartbak) og © Jan Ove Bustnes (polarmåse).

Vi har benyttet oss av stokastiske strukturerte demografiske modeller for å simulere betydningen av viktige vitale rater som reproduksjon og overlevelse av voksne, samt skeiv kjønnsfordeling hos avkom. Som et mål på effekten av forurensning har vi også beregnet sannsynligheten for at bestander skal reduseres til en nedre definert terskel i løpet av et gitt antall år.

2 Nivåer og effekter av organokloriner på vitale rater

Det fins per i dag data fra 3 måsebestander fra norske områder, hvor en har studert sammenhengen mellom mengde OC i blod hos rugende hunner (og hanner), og hvilke effekter ulike nivåer har på vitale demografiske trekk som reproduksjon (klekkesuksess, eggpredasjon og kjønns ratio) og overlevelse (frekvensen av hunner som vender tilbake for å hekke etter minst 3 år). Det er gjort studier på polarmåse på Bjørnøya, sildemåse på Horsvær på Helgelandskysten og svartbak i 2 kolonier (Hornøya og Loppa) (Bustnes m.fl 2003a, Bustnes m.fl i manuskript, Erikstad m.fl i manuskript). Alle studiene viser negative effekter av forurensning på vitale rater og disse effektene danner grunnlaget for input i modellene. Den mest detaljerte undersøkelsen er av polarmåse på Bjørnøya. Nivåene av OC i denne bestanden er mye høyere enn i andre områder.

Et karakteristisk trekk for nivåer av OC i måsebestander er at nivåene hos ulike individer er veldig skeivt fordelt. Mange individer har relativt lave nivåer, mens det er få som har høye nivåer (**Figur.2**). Årsaken til dette er uklar, men noe av forklaringen kan være at en liten del av bestanden spesialiserer seg på en diett som består av en stor del egg. Dette gir dem høyere nivåer enn de som spiser f. eks fisk som generelt har lavere nivåer enn egg (Bustnes m.fl. 2000). Dette gjør at selv om det er en negativ sammenheng mellom mengde av OC, reproduksjon og overlevelse, så er det relativt få individer i bestanden som er berørt, og følgelig må effekten på bestandsnivå korrigeres for hvor stor andel av bestanden som har høye og lave nivåer (**Figur 2.**).



Figur.2. Frekvensfordeling av totalmengden av organokloriner(OC) i 77 voksne polarmåse fra Bjørnøya i 2001 og 2002. Nivåene er delt inn i 11 klasser med økende mengde. Gjennomsnittlig nivå i bestanden er på $425.8 \pm 37.1 \text{ ng g}^{-1}$, våtmasse, mens median verdien er på 345 ng g^{-1} , våtmasse. (Data er hentet fra Bustnes m.fl. 2003). Totalmengden av OC er summen av PCB (kongenere 99,118,138,153,170,180), HCB, DDE og Oxychlordaner.

3 Populasjonsmodell

For å kvantifisere effekten av dagens forurensningsnivå hos måsebestander på bestandsutviklingen har vi benyttet oss av strukturerte demografiske modeller som simulerer bestandsutviklingen i et variabelt og stokastisk miljø.

Med strukturerte populasjoner menes bestander hvor individene er forskjellige i hvordan de påvirker bestandsveksten med sitt nåværende og fremtidige bidrag. Bestander som er kontaminert med OC vil være et eksempel på en slik strukturert bestand hvor individene bidrar til bestandsveksten avhengig om de har høye eller lave nivåer. Som verktøy har vi brukt "population projection matrix" - modeller, som deler populasjonen i atskilte klasser, og ser på bidraget til individene i hver klasse til bestandsveksten. På den måten kan en bestand hvor andelen av individer som har høye nivåer av forurensning ha en lavere levedyktighet enn en bestand hvor nivåene av OC er lavere, selv om bestandene er like store og opplever de samme miljøforhold.

Vi har delt bestanden i tre klasser avhengig av forurensningsnivå; lavt nivå, middels nivå og høyt nivå. Dette gir følgende grunnmatrise;

$$A(t) = \begin{bmatrix} F_1 + P_1 & F_2 & F_3 \\ 0 & P_2 & 0 \\ 0 & 0 & P_3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Hvor F og P er henholdsvis reproduksjon (rekruttering) og sannsynligheten for overlevelse av voksne i de ulike klassene fra 1 til 3. Når vi kjenner tettheten av individer i alle klassene ved tiden t, $\mathbf{n}(t)$, kan vi finne tettheten av individer ved $\mathbf{n}(t+1)$ som er

$$\mathbf{n}(t+1) = \mathbf{A}(t) \mathbf{n}(t) \quad (2)$$

I et konstant miljø vil matrisen ikke endre seg over tid og vi kan beregne tettheten av individer inn i framtida i et deterministisk miljø ved å multiplisere matrisen med den nye bestandsvektoren for hvert år fram i tid.

For å beregne bestandsendringen i et stokastisk miljø har vi i denne undersøkelsen brukt simuleringer av vekstraten til bestander med og uten forurensning. Vi har først definert en "ideell" modell uten forurensning med 3 matriser av henholdsvis gode, middels og dårlige år. Siden det så langt ikke fins noe komplett studie hvor en har data på overlevelse av voksne og reproduksjon (rekruttering av ungfugl), har vi som input antatt en gjennomsnittlig årlig overlevelse av voksne på 0.75. Måser har generelt høy levealder, og hos slike arter vil variasjonen i voksenoverlevelse mellom gode og dårlige år være liten. Vi har derfor satt at voksenoverlevelse ikke varierer mellom år (e.g. Erikstad m.fl. 1998). Hekkesuksessen kan derimot være lavere i dårlige år, og vi har antatt at rekruttering av unger er henholdsvis 0.35, 0.25 og 0.15 i gode, middels og dårlige år. Vi antar også at frekvensen av gode, middels og dårlige år over tid er tilnærmet normalfordelte (25% gode, 50% middels og 25% dårlige år).

Dette gir oss matrisesettet A1, med følgende matriser for gode (A1a) middels (A1b) og dårlige år (A1c), uten forurensning

$$A1a = \begin{bmatrix} 1.1 & 0.35 & 0.35 \\ 0 & 0.75 & 0 \\ 0 & 0 & 0.75 \end{bmatrix} \quad A1b = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.25 & 0.25 \\ 0 & 0.75 & 0 \\ 0 & 0 & 0.75 \end{bmatrix} \quad A1c = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.15 & 0.15 \\ 0 & 0.75 & 0 \\ 0 & 0 & 0.75 \end{bmatrix} \quad (3)$$

En simulering (stokastisk modell) med input av disse verdiene gir en tilnærmet stabil bestand ($\lambda \cong 1$) (se også Figur 4).

For å simulere effekten av forurensning har vi så endret bidraget fra de ulike klassene avhengig av forurensningsnivå (Tabell 1). I gode år har vi antatt at forurensningsnivåene ikke har noen effekt verken på overlevelse av voksne (75%) eller på reproduksjon (rekruttering) (0.35). I middels år har vi redusert overlevelse av voksne til 0.65, og i dårlige år til 0.55. Vi antar også at produksjon av unger ikke påvirkes av forurensningsnivå i gode år, mens rekruttering blir redusert henholdsvis 25 % og 50 % i klassene med middels og høye forurensningsnivå. I dårlige år har vi redusert overlevelsen av voksne ytterligere til 55 % i klassene med lave og høye nivåer av forurensning mens reproduksjon er redusert med henholdsvis 25 % og 50 % i de to klassene med lave og høye nivåer av forurensning (Tabell 1).

Tabell 1. Demografiske data (voksenoverlevelse og reproduksjon) brukt som input i modellene for å simulere bestandsutviklingen av måsebestander kontaminert med OC. L, M, H. refererer til forurensningsnivå (lite, middels og høyt). Disse dataene er utgangspunktet for matrisesettet A2.

	Voksenoverlevelse			Reproduksjon(rekruttering)		
	L	M	H	L	M	H
Gode år (A1)	0.75	0.75	0.75	0.35	0.35	0.35
Middels år (A2)	0.75	0.65	0.65	0.25	0.19	0.13
Dårlige år (A3)	0.75	0.55	0.55	0.15	0.11	0.08



Figur.3 Unger født av mødre med høye nivåer av OC har lav kroppsvekt og stor dødelighet i løpet av de første ukene etter klekking. Det er også påvist at hunner med høye nivåer av OC produserer et overskudd av hunn avkom, som kan resultere i en svært skeiv kjønnsfordeling i bestanden. © Foto Jan O. Bustnes.

Nivået av OC hos hekkende hunner påvirker også frekvensen av hunn og hann avkom som produseres. Hos sildemåse er det vist at så mye som 70 % av alle avkom er hanner. Dette skyldes både en skeiv kjønns ratio ved klekking, og at det er flere hunner enn hanner som dør i løpet av de første 14 dagene etter klekking. Siden utgangspunktet her er å simulere hekkebestanden (antall hekkende hunner) antar vi en 50:50 kjønns ratio, og at alle rekruttene er hunner. Effekten av en skeiv kjønnsratio (30% hunner) blir da; $(\text{antall rekrutter} \cdot 2 \cdot 30) / 100$. Vi har redusert rekruttering p.g.a skeiv kjønnsratio i de to klassene med middels og høye nivåer av OC. Vi antar også at vi får effekt på kjønnsratio i gode år ettersom årsaken til skeiv kjønnsratio ser ut til å være forårsaket av en hormonforstyrrelse som vil være uavhengig av miljøforholdene. Dette gir oss da følgende 3 matriser for en totaleffekt av forurensning;

$$A3a = \begin{bmatrix} 1.1 & 0.21 & 0.21 \\ 0 & 0.75 & 0 \\ 0 & 0 & 0.75 \end{bmatrix} \quad A3b = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.114 & 0.078 \\ 0 & 0.65 & 0 \\ 0 & 0 & 0.65 \end{bmatrix} \quad A3c = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.066 & 0.048 \\ 0 & 0.55 & 0 \\ 0 & 0 & 0.55 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Så multipliserer en hver av disse matrisesettene med en bestandsvektor hvor vi antar ut fra en totalbestand på 900 par at individer i hver av de 3 klassene (Lite, middels og høye nivåer av forurensninger) er henholdsvis 500, 300 og 100 basert på data fra **Figur 2.**;

$$v = \begin{bmatrix} 500 \\ 300 \\ 100 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Dette gir vektorsummene 1200, 1200 og 1060 for matrisesettene A1, A2 og A3, som brukes for å skalere de estimerte bestandsendringene.

3.1 Reduksjon i forurensningsnivået over tid

Bruk av OC som DDT og PCB er nå forbudt, og nivåene i biologiske systemer er på vei ned. Eksempelvis viser studier av sjøfuglegg, at nivåene er redusert med ca 3 % i året i løpet av de siste 30 årene (Bignert m.fl. 1998). Dette gjør at OC's effekt på bestander, potensielt vil bli mindre i løpet av de nærmeste årene. For å simulere effekten av en slik nivåreduksjon over tid, har vi antatt en viss sannsynlighet for at individer forflytter seg til klasser med lavere forurensningsnivå i matrisen ('state transition rate'). Vi har satt at 30 av 300 individer og 30 av 100 individer i henholdsvis klassene med høye og middels nivåer forflytter seg en klasse (mot lavere nivå av forurensning). Dette tilsvarer en 30% reduksjon i forurensningsnivåene over den tida vi simulerer bestanden (50 år). For å finne sannsynligheten for at individer forflytter seg (P_{ij}), multipliserer en sannsynligheten for å overleve (s_j) med sannsynligheten for å forflytte seg (g_{ij}). Dette gir følgende matrise;

$$A1 = \begin{bmatrix} P1 + F2 & (s_j(P2) * g_{ij}) + F2 & F3 \\ 0 & s_j(P2) * g_{ij} & s_j(P3) * g_{ij} \\ 0 & 0 & s_j(P3) * g_{ij} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Med utgangspunkt i matrise (4) får en da en matrise med følgende verdier i de 3 årene med gode (A4a), middels (A4b) og dårlige miljøforhold (A4c).

$$A4c = \begin{bmatrix} 1.1 & 0.29 & 0.21 \\ 0 & 0.74 & 0.23 \\ 0 & 0 & 0.53 \end{bmatrix} \quad A4b = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.179 & 0.078 \\ 0 & 0.64 & 0.195 \\ 0 & 0 & 0.455 \end{bmatrix} \quad A4c = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.121 & 0.048 \\ 0 & 0.54 & 0.17 \\ 0 & 0 & 0.39 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Hver av disse tre matrisene multipliseres så med bestandsvektoren (5), og en får vektorsummen 1144.

3.2 Simuleringer

Den enkleste måten å beregne veksten til en strukturert bestand i et stokastisk miljø, er å trekke de ulike matrisene etter en gitt sannsynlighet, for så å multiplisere den valgte matrisen med bestandsvektoren til enhver tid. Over mange simuleringer, får man et estimat på den stokastiske vekstraten (λ), og også et frekvensdiagram over den realiserte bestandstørrelsen ut fra de ulike simuleringene. Prosedyren er at man beregner bestandsveksten over mange suksessive tidsintervall (år), hvor en trekker de ulike matrisene for å beregne $n(t+1)$ fra $n(t)$. Hvis $N(t)$ og $N(t+1)$ er den totale populasjonstettheten (i.e. summen av suksessive bestandsvektorer) får en $\log(\lambda)$ ved å beregne aritmetisk gjennomsnitt av $\log[N(t+1)/N(t)]$ over alle par av påfølgende år. For å oppnå nøyaktighet ved en slik beregning er det nødvendig med et stort antall simuleringer (Caswell 2001). Vi har her brukt 50000 simuleringer som ved gjentatte beregninger gir veldig liten variasjon i resultatet.

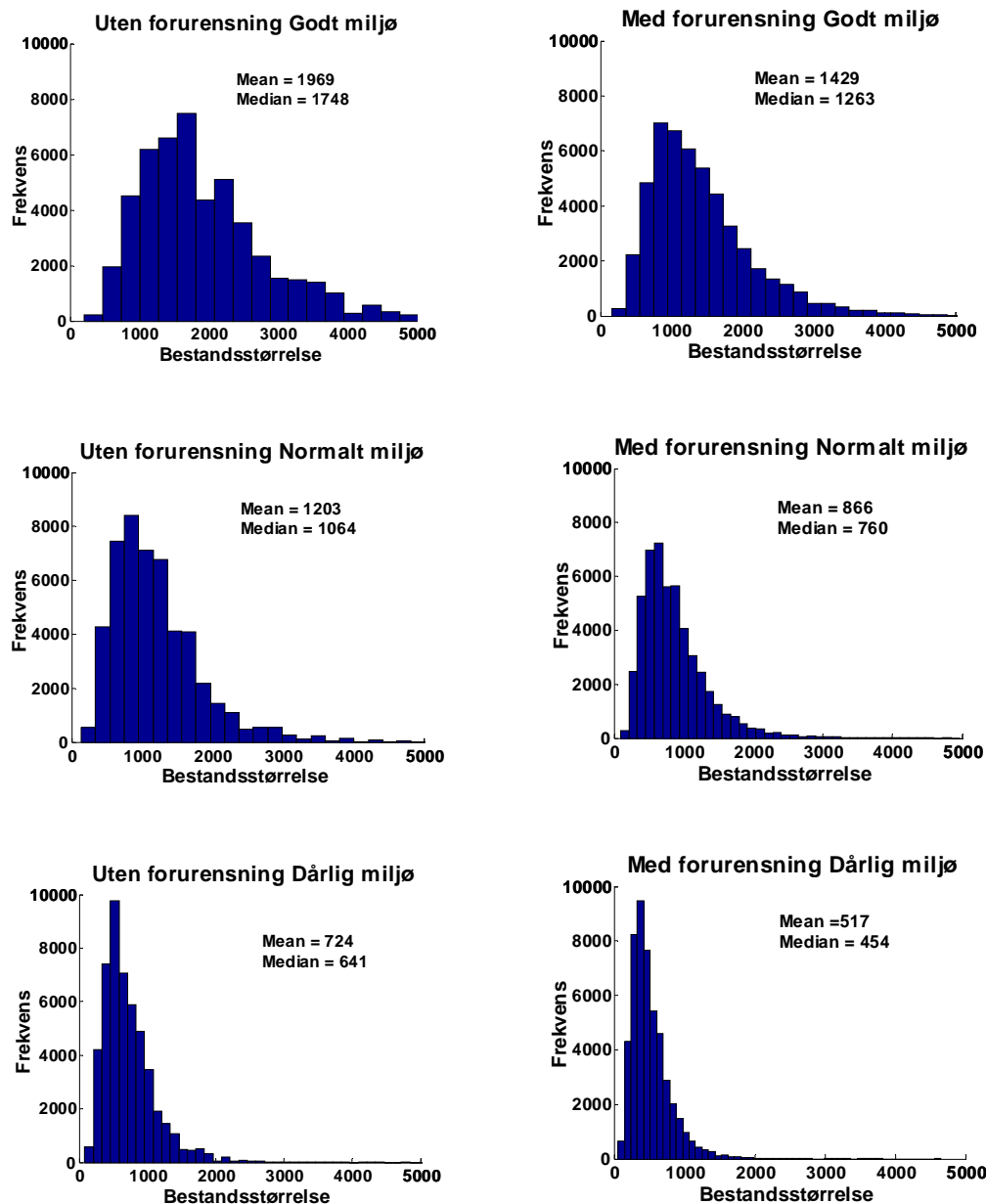
Ettersom simuleringer gir stor spredning i de ulike bestandsrealiseringene har vi også beregnet sannsynlighet for at en bestand skal nå en nedre definert terskel i løpet av et gitt antall år. Denne beregningen summerer opp andelen av bestandsrealiseringer som faller under det definerte nivået i løpet av tidsperioden. Som et sårbarhetskriterium har vi beregnet sannsynligheten for at en bestand skal halveres i løpet av 50 år.

Alle analyser er gjort i SAS og MATLAB. For de ulike simuleringene har vi omskrevet/tilpasset programmene iidenv, og simext beskrevet av Morris og Doak (2002).

4 Resultater

Simuleringer av bestandsstørrelsen etter 50 år, basert på inputverdiene skissert i de ulike matrisene, er vist i **figur 4**. Uten forurensning, og i et normalt miljø (hvor frekvensen av gode, middels og dårlige år er normalfordelt, henholdsvis 25 %, 50 % og 25 %) er bestanden tilnærmet stabil, mens effekten av forurensning reduserer bestanden, under disse forholdene, med 28 %. Under gode hekkebetingelser (hvor frekvensen av gode, middels og dårlige år er henholdsvis 30 %, 50 % og 20 %, heretter referert til som godt miljø) vil bestanden øke uten forurensning (64%), og dette er også tilfelle med effekter av forurensning, men forurensning gjør at bestandsveksten øker betydelig mindre (35%). Under dårlige miljøforhold (hvor frekvensen av gode, middels og dårlige år er henholdsvis 20 %, 50 % og 30 %, heretter kalt dårlig miljø), vil bestanden sterkt reduseres etter 50 år både uten (32 %) og med forurensning (51 %).

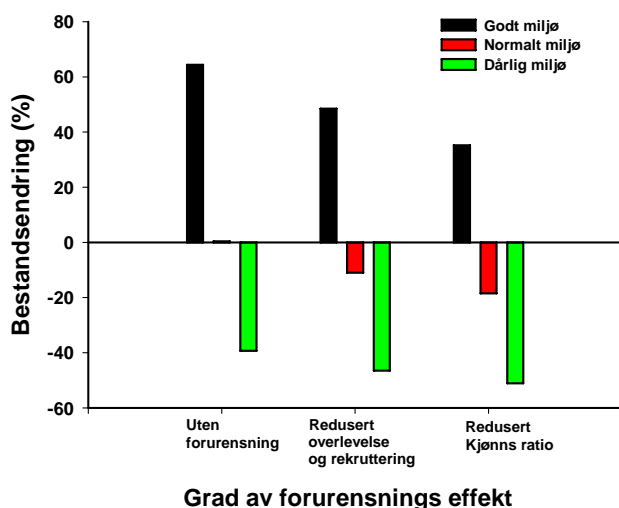
Summen av alle bestandsrealiseringene har en skeiv fordeling (log fordeling) hvor gjennomsnittet er mindre enn medianverdien. Dette er imidlertid normalt når en simulerer veksten av en strukturert bestand i et stokastisk miljø (Caswell 2001).



Figur 4. Simuleringer av bestandsutviklingen i en måsebestand i et stokastisk miljø med og uten forurensning (50000 simuleringer i hvert tilfelle). Vektorsommene for de to matrisesettene er hhv 1200 og 1060 som må brukes for å skalere bestandsendringen. Bestanden uten forurensning i et normalt miljø er estimert til en tilnærmet stabil bestand ($\lambda \approx 1$), ut fra en fra en kombinasjon av overlevelsesrater av voksne, og rekruttering av unger i gode, middels og dårlige år. Forurensningsnivået påvirker vitale rater, som hekkesuksess (rekruttering til bestanden) og voksenoverlevelse. Det påvirker i tillegg frekvensen av hunn og hann avkom som produseres. Se forklaringer i teksten for variasjon i de ulike ratene som inngår i modellen. For definisjon av miljøforhold se tekst.

Simuleringer av bestandstørrelsen, hvor en skiller mellom effekten av forurensning på voksenoverlevelse, rekruttering og skeiv kjønnsratio viser at effekten av forurensning på kjønnsratio har relativt stor betydning på bestandsendringene. Under normale og dårlige forhold vil bestanden ytterligere reduseres når en inkluderer effekten av skeiv kjønnsratio, sammenlignet med når kun effekten av OC på overlevelse og reproduksjon er tatt med i

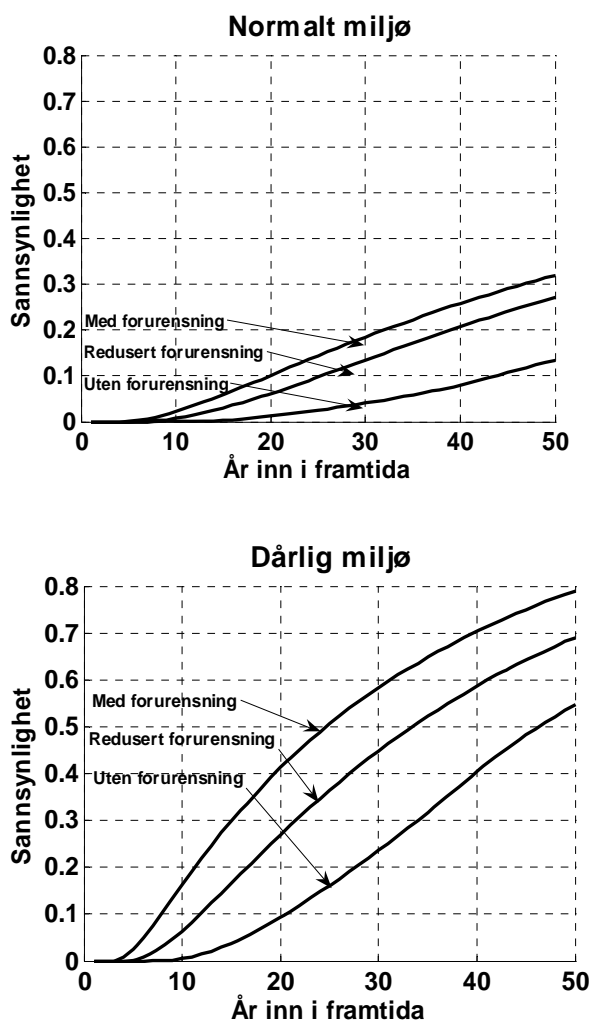
beregningene (**figur 5.**). Likeledes vil effekten av skeiv kjønnsratio ha stor effekt på bestandsøkningen under gode miljøforhold (fra en øking i bestanden på 48 % når en kun beregner effekten av overlevelse og reproduksjon til 35 % når en inkluderer skeiv kjønnsratio). Skeiv kjønns ratio vil, selv om denne kun har effekt på rekruttering, ha relativt stor effekt på bestandsutviklingen. Dette skyldes at en forventer en skeiv kjønns ratio også under gode miljøforhold, ettersom det er gode indikasjoner på at OC fungerer som en hormonhermer, og dermed påvirker de prosessene som bestemmer om en hunn skal produsere hunn eller hann avkom. Slike effekter antar man vil være uavhengig av årlig variasjon i miljøforholdene.



*Figur.5. Estimerte gjennomsnittlige bestandsendringer uten og med forurensning etter 50 år i en måsebestand som opplever ulike miljøbetingelser. Figuren illustrerer hvordan effekten av forurensning på voksenoverlevelse og reproduksjon påvirker bestanden og hvordan effekten endrer seg når effekten av skeiv kjønnsratio kommer i tillegg. Endringer av bestandsstørrelsen i hvert tilfelle er beregnet ved en simulering (50000 hendelser) (se **Figur 3.**) og hvor en så har beregnet forskjell mellom estimert gjennomsnittlig bestandsstørrelse etter 50 år ved ulike grad av forurensning og under ulike miljøbetingelsene. Se tekst for detaljer.*

Simuleringer av sannsynligheten for at bestanden skal halveres i løpet av en 50 års periode, viser store forskjeller både med hensyn til forurensningsnivå og variasjon i miljøforhold. I gode år når bestanden vokser uavhengig av forurensningsnivå, er sannsynligheten veldig liten for at den skal reduseres til det halve (<1 %). Under normale miljøbetingelser er sannsynligheten også liten for at bestanden skal halveres i løpet av 50 år (uten forurensning 12 % og med forurensning 31 % (**Figur 6**)). Under dårlige miljøforhold er sannsynligheten mye større for at bestanden skal halveres i løpet av 50 år. Uten forurensning er det 55 % sannsynlighet, mens det til sammenligning er 79 % sannsynlighet med forurensning

Effekten av en reduksjon i forurensningsnivået på 30 % under normale miljøforhold er liten, men under dårlige miljøforhold vil en slik reduksjon i forurensningsnivå minke til en sannsynlighet på 69 % for at bestanden skal halveres, sammenlignet med 79 % dersom forurensningen ikke reduseres. (**Figur 6.**)



Figur.6. Kumulativ Sannsynlighet (%) for at en måsebestand skal halveres i løpet av 50 år avhengig av forurensningsnivå og miljøforhold. Definisjon av miljøforhold er de samme som i **figur 5**. Sannsynligheten er beregnet ved simuleringer av bestandsstandstørrelser (50 000 simuleringer i hvert tilfelle) over en 50 års periode, og hvor en ved hver simulering akkumulerer den andelen av bestanden som til en hver tid reduseres til under det halve av utgangsbestanden ("the cumulative probability function", CDF).

En beregning av sannsynligheten for at bestanden skal dø ut viser at den er lite sårbar under normale miljøforhold selv med dagens nivå av forurensning. Sannsynligheten er ikke mer enn 17 % for at den skal dø ut etter 150 år (det er satt en nedre terskel på 30 par som definisjon for utdøing). Under dårlige miljøforhold er det 50 % sannsynlighet for at bestanden skal dø ut etter 94 år og 98 % etter 150 år. Det betyr at selv under dårlige miljøforhold og dagens forurensningsnivå så er bestanden relativt lite sårbar for å dø ut.

5 Diskusjon

Nivåene av OC-forbindelser i måser har klare effekter både på reproduksjon og overlevelse, og som vist her kan de ha negative effekter på bestandsutviklingen. Effekter på bestandsutviklingen vil imidlertid være avhengig av den miljøvariasjonen (hekkebetingelsen) de opplever. Under normale betingelser (tilnærmet normalfordelt miljø), vil de forurensningsnivåene en kjenner til i dag redusere bestanden med 28 % i løpet av 50 år. Under dårlige hekkebetingelser blir bestanden betydelig redusert, selv uten forurensning (henholdsvis 57 % med forurensning og 47 % uten forurensning), og tilsvarende vil bestanden øke både med (19 %) og uten (46 %) forurensning under gode miljøbetingelser. Beregninger av sannsynligheten for at bestanden skal halveres viser at under dårlige hekkebetingelser så er det 79 % sjans for halvering etter 50 år, mens uten forurensning er det 55 % sannsynlighet for en halvering med samme tidsperspektiv.

En simulering av reduksjon av nivåene av OC over tid på 30 % synes å ha liten effekt under normale hekkebetingelser. Under dårlige hekkebetingelser vil en reduksjon i OC-nivåene gi en sannsynlighet for en halvering av bestanden på 69 %, mens den vil være 79 % uten en reduksjon i OC-nivåer. Bruk av stoffer som PCB og DDT er nå forbudt i de fleste land. Likevel vil de under enkelte miljøforhold som vist her fortsatt ha store negative konsekvenser for bestandsutviklingen i mange år framover.

Variasjon i kjønnsratio på unger som produseres har en betydelig effekt på bestandsutviklingen. Dette er en ny og uroende effekt som er vist hos sildemåse (Erikstad m.fl. i manuskript). Rugende hunner med høye nivåer av OC produserer flere døtre enn sønner, men døtrene dør i større grad enn sønner noe som resulterer i en svært skeiv kjønns ratio av unger som overlever (kun 30 % hunner overlever). En mulig forklaring er at OC virker som hormon hermer, og stimulerer hunner med høye OC verdier til å produsere døtre. Det er vist i de senere årene at kjønn på avkom hos fugl i stor grad reguleres av nivået av steroider. Studier viser også at ved å injisere østrogen i blodet på hunner før egglegging, vil dette stimulere dem til å produsere overskudd av døtre (Veiga m.fl. 2004, Correa m.fl. 2005). At døtrene dør kan skyldes at OC verdiene har negativ effekt på foreldrenes evne til å ta vare på avkommet, eller at OC har en østrogeneffekt som har større negativ effekt på overlevelse av døtre.

Selv om vi i dag ikke har noen fullgod forklaring på hvorfor OC har slik sterk effekt på frekvensen av sønner og døtre i måsebestander, vil denne effekten kunne være betydelig hos monogame arter som måser. Det vil i stor grad også være et "skjult" problem, som ikke vil kunne observeres ved tradisjonell bestandsovervåkning, fordi hunner blir en begrenset ressurs og ikke alle hannene greier å skaffe seg en partner. En slik kjønns ratio effekt vil heller ikke på samme måte, som f. eks negative effekter på overlevelse og reproduksjon, bufres av gode miljøforhold hvis det er påvirkning av OC på hormonproduksjon som bestemmer kjønn.

Det fins gode empiriske data på at effekten av forurensning er liten når andre stressfaktorer er mindre og motsatt. Bustnes m.fl. (2006) gjorde et eksperiment på polarmåse på Bjørnøya hvor en fjernet innvollsparasitter ved å medisinerer voksne. En slik behandling fjernet den negative effekten av OC på hekkesuksess. Det fins også tilsvarende studier på ugler som viser en slik samvariasjon mellom mengde OC og andre stressfaktorer (Gervais & Anthony 2003). Selv om nivåene av p,p'DDE varierte med mer enn 4 ganger i løpet av undersøkelsen så var det ingen klar sammenheng mellom nivåer og hekkesuksess. Derimot var det en klar forsterket effekt av forurensning i år når det var lite smånagere (Gervais & Anthony 2003). Disse studiene viser klart at det ikke er nok å overvåke nivåer av forurensning i biologiske systemer. Selv lave nivåer i kombinasjon med andre stressfaktorer som f. eks mangel på mat kan være kritisk. Det er åpenbart for norske forhold at måsepopulasjonene som er studert har veldig variable nivåer av OC. Samtidig er det også tydelig at enkelte måsebestander har hatt en positiv bestandsutvikling i løpet av de siste 30 årene (Lorentsen 2006) noe som kan skyldes gode

næringsforhold og at derfor effekter av OC-belastning er minimale. Dette betyr at bestandene ikke blir mindre sårbare for effekter av OC i framtida. Det er nå også forventninger om klimaendringer, som vil gi endringer i næringsgrunnlaget. Hvilke utslag dette vil gi vet vi ikke ennå. Dersom det virker negativt på enkelte fiskebestander, kan dette igjen være kritisk for måsebestander som har høye nivåer av OC, fordi dette kan medføre at andelen dårlige år øker og gir større bestandsnedganger, som vist i våre modeller.

Et påfallende resultat, som vist her, er at selv med høye nivåer av OC, så kan bestanden øke hvis hekkeforholdene er gode, men at denne bestandsveksten er betydelig redusert sammenlignet med en bestand som ikke er utsatt for forurensning. Dette gjør at en bestand som er utsatt for forurensning ikke i samme grad har mulighet til å utnytte gode år for vekst og rekruttering. Forurensning vil hemme bestandens potensielle vekst. Dette betyr også at selv om en observerer en økning i bestanden i enkelte år så er det farlig å "friskmelde" den. Kun studier over flere år med ulike hekkebetingelser vil kunne si noe sikkert om effekten av forurensning.

5.1 Usikkerhet i beregningene

Det er i dag ingen studier på måser fra norske områder, eller fra andre deler av verden, hvor en samtidig har studert forurensningsnivå på individnivå, og sannsynligheten for overlevelse og rekruttering av unger. De dataene vi bruker her er studier fra flere populasjoner som hver for seg har dokumentert ulike effekter. Dette gjør at resultatene fra de analysene vi har gjort her er usikre, og kun kan brukes som en guide for hvordan effektene kan være på populasjonsnivå. Vi har heller ikke modellert en konkret bestand, men brukt som eksempel en bestand med et utgangspunkt på 900 par.

P.g.a. manglende datagrunnlag er også viktige parametere som bl.a. alderseffekter og kompensatoriske mekanismer som tetthetsavhengige vekstrater utelatt. Med hensyn til alderseffekter synes ikke dette å være viktig i forhold til forurensning. Det synes naturlig at OC nivåer skulle øke med alder, men resultatene tyder på at det er ingen sammenheng mellom alder og nivåer av OC i måsebestander (Bustnes m.fl. 2003b). Tilsvarende resultater fins også for andre fuglearter (Newton m.fl. 1981,) Det ser ut til at OC nivåer øker tidlig i livet, for så å flate ut. En mulig forklaring på en slik sammenheng er at når nivåene når en hvis terskel så har måser muligheter til å kvitte seg med slike toksiner (men at dette sannsynligvis medfører metabolske kostnader), uten at en kjenner til hvilke konsekvenser dette har for bestanden.

De ratene vi har brukt i denne analysen på overlevelse, rekruttering og kjønnsratio av unger som produseres, er alle hentet fra empiriske studier gjort på henholdsvis polarmåse, svartbak og sildemåse. Vi har redusert voksenoverlevelsen i modellene her med 20 %. Studier av polarmåse på Bjørnøya viser at voksenoverlevelsen kan reduseres så mye som med 29 % når nivåer av OC blir høye. Hekkesuksess hos måser kan variere svært mye fra år til år. Det er ikke uvanlig at det ikke produseres unger i det hele tatt, slik at de verdiene vi bruker her både på voksenoverlevelse og rekruttering er optimistiske. Med hensyn til kjønns ratio så er det kun ett studie (sildemåse) som har gode data på hva som produseres av hunner og hanner og også samtidig overlevelse av avkom (Erikstad m.fl. i manuskript). Dette studiet er kun fra ett år, men viser at bare 30 % av de ungene som produseres og overlever er døtre. I våre simuleringer har vi beregnet at 30 % av ungene som produseres i gruppene med middels og høye nivåer av OC er døtre. Vi har imidlertid ikke redusert kjønnsratio på den store andelen av bestanden som har lave nivåer av OC. Derfor er også vårt estimat her optimistisk. Sannsynligheten for at denne effekten er større er mer sannsynlig enn at den er lavere.

5.2 utfordringer for forvaltningen

Forurensningsnivået i måsebestander fra norskekysten og fra Bjørnøya er betydelig. Det er også stor sannsynlighet for at disse nivåene vil ha effekter på bestandene i framtida. Effekter på bestandsutviklingen vil imidlertid være avhengig av andre stressfaktorer som f. eks næringsmangel og oljesøl. Det er i dag stor oppmerksomhet rundt forventede klimaendringer og de effektene det kan ha på marine systemer. For enkelte arter er det forventet at næringsssituasjonen blir forverret i enkelte områder, noe som kan resultere i at effekten av de forurensningsnivåene en har i dag vil bli forsterket. Data som er tilgjengelig i dag er kun fra enkeltstudier over noen få år, hvor en i liten grad har mulighet til å se på hvordan effekter av forurensning samvirker med andre stressfaktorer.

For å få en bedre forståelse av effekter av forurensning på måsepopulasjoner bør følgende oppgaver prioriteres;

- Det bør utarbeides et overvåkningsprogram som fanger opp både nivåer av forurensning på individnivå og effekter på vitale rater som reproduksjon og overlevelse, og hvordan disse faktorene varierer over år. Et slikt overvåkningsprogram bør også måle andre stoffer enn OC. Nye stoffer som bromerte flammehemmere, polyfluorerte hydrokarboner dukker opp i stadig økende grad i miljøet. Effekten av disse stoffene er mindre studert, men et faresignal er at de ser ut til å ha en mer jevn fordeling blant individer i en bestand (Bustnes m.fl. i manuskript). Dette betyr at en større andel av individer blir berørt og hva tilfelle er for OC og dermed vil potensialet for negative effekter være større. En slik overvåkning kan koordineres med aktiviteten innenfor SEAPOP hvor en i dag har startet opp overvåkning av både bestandsendringer, voksenoverlevelse og rekruttering av unger hos svartbak og gråmåse på enkelte nøkkellokaliteter.
- En enkelt faktor som har stor effekt på bestandsendringene i de analysene vi har gjort i denne undersøkelsen er skeiv kjønnsratio av unger. Det ser ut som at høye nivåer av OC har store negative effekter på hunner og det gjør at svært få av disse vokser opp. Det bør derfor være viktig som et strakstiltak å undersøke kjønn på unger i et utvalg av måsebestander for å dokumentere omfanget av dette problemet.

6 Referanser

- Bignert, A., Olsson, M., Persson, W. m.fl 1998. Temporal trends of organochlorines in Northern Europe, 1967-1995. Relations to global fractionation, leakage from sediments and international measures. *Environmental Pollution* 99, 177-198.
- Bustnes, J. O., K. E. Erikstad, V. Bakken, F. Mehlum and J. U. Skaare. 2000. Feeding ecology and the concentration of organochlorines (OCs) in Glaucous Gulls. -*Ecotoxicology* 9 175-182.
- Bustnes, J. O., Erikstad, K. E., Utne-Skaare, J., Bakken, V. & Mehlum, F. 2003a Ecological effects of organochlorine pollutants in the arctic: A study of the glaucous gull. *Ecological Application* 13, 504-515.
- Bustnes, J.O. Bakken, V., Skaare, J.U., Erikstad, K.E. 2003b. Age and accumulation of persistent organochlorines: a study of arctic breeding glaucous gulls (*Larus hyperboreus*). *Environ. Toxicol. Chem.* 22:2173-2179.
- Bustnes, J.O., Hanssen, S.A., Folstad, I., Erikstad, K.E., Hasselquist, D. & Skaare, J.U. 2004. Immune functions and organochlorine pollutants in Arctic Breeding Glaucous Gulls. *Arch Environ Contam Toxicol* 47:530-541.
- Bustnes, J.O., Erikstad, K.E., Hanssen, S.A., Tveraa, T., Folstad, I. & Skaare, J.U. 2006. Anti-parasite treatment removes negative effects of environmental pollutants on reproduction in an Arctic seabirds. *Proc. R. Soc. B*.
- Bustnes, J.O., Erikstad, K.E., Borgå, K., Lorentsen, S.-H. and Herzke, D. The distribution of perfluorated compounds (PFCs), Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and Organochlorines (OCs) in a population of Lesser Black-backed gull (manuscript).
- Caswell, H. 2001. Matrix population models. Constuction, analysis, and interpretation. Sinauer Associates, Inc Sunderland, USA
- Correa, S.M., Adkins-Regan, E. & Johnson, P.A. 2005. High progesterone during avian meiosis bias sex ratios towards females. *Biol. Lett.* 1, 215-218.
- Erikstad, K.E., Fauchald, P., Tveraa, T. and Steen, H. 1998. On the cost of reproduction in long-lived birds: the influence of environmental variability. *Ecology* 79:1781- 1788.
- Erikstad, K.E., Bustnes, J.O., Lorentsen, S.-H & Reiertsen, T.K. Extreme sex ratio modifications in Lesser Black-backed gull exposed to environmental pollutants. (manuscript).
- Gervais, J.A. & Anthony, R.G. 2003. Chronic organochlorine contaminants, environmental variability, and the demographics of a burrowing owl population. *Ecological applications* 13, 1250-1262.
- Lorentsen, S.H. 2006. Det nasjonale overvåkningsprogrammet for sjøfugl. NINA Rapport 203, 53s
- Morris, W. F. & Doak, D. F. 2002. *Quantitative Conservation Biology, theory and practice of population viability analysis*. Sinauer Associates Inc. Sunderland, USA
- Newton, I., Bogan, J. & Marquiss. 1981. Organochlorine contamination and age in sparrowhawks. *Environmental Pollution* (Series A) 25, 155-160.

- Sagerup, K., Henriksen, E. O., Skorping, A., & Utne-Skaare, J. & Gabrielsen, G. W. 2000 . Intensity of parasitic nematodes increases with organochlorine level in the glaucous gull. *Journal of Applied Ecology*, **37**, 532-539.
- Veiga J.P, Viñuela J, Cordero P.J., Aparicio, J.M. & Polo, V. 2004. Experimentally increased testosterone affects social rank and primary sex ratio in the spotless starling. *Hormones and Behavior* 46, 47-53.

NINA Rapport

ISSN: 1504-3312

ISBN:978-82-426-1836-8



Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

www.nina.no