

Department of Biology

**Examination paper for ( BI2033 )  
( Population Ecology/ Populasjonsøkologi )****Academic contact during examination:****Phone:****Tlf.: 92653244 (Vidar Grøtan)****91897032 (Thor Harald Ringsby)****Examination date:** 08.06.2016**Examination time (from-to):** 09:00-13:00 (4 timer/4 hours)**Permitted examination support material:** gyldig kalkulator / legal calculator

**Other information:** The tasks are weighted differently: question 1 counts 40%, while tasks 2, 3 and 4 counts 20% each. / Oppgavene er vektet ulikt: oppgave 1 teller 40%, mens oppgavene 2, 3 og 4 teller 20% hver.

**Language:** Bokmål, Nynorsk, Engelsk**Number of pages (front page excluded): 8****Number of pages enclosed: 9****Informasjon om trykking av eksamensoppgave****Originalen er:****1-sidig**  **2-sidig** **sort/hvit**  **farger** **Checked by:**\_\_\_\_\_  
Date\_\_\_\_\_  
Signature

**Formler og definisjoner**  
**Formulas and definitions**

Populasjoner med ikke-overlappende generasjoner, ingen endring i miljø  
*Populations with non-overlapping generations, no change in environment*

$$N_{t+1} = \lambda N_t$$

Ekspensiell vekst  
*Exponential growth*

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

Logistisk vekst  
*Logistic growth*

$$\frac{dN}{Ndt} = r \left( \frac{K - N}{K} \right) = r - \frac{r}{K} N$$

Populasjonsvekst med aldersstruktur  
*Population growth with age structure*

$$N(t) = \sum_i n_i(t)$$

Livstabell  
*Life table*

$l_x$  : andel i live ved starten av intervall  $x$  / *proportion alive in the beginning of interval  $x$*

$$l_x = \frac{N_x}{N_0}$$

$D_x$  : antall døde i løpet av intervall  $x$  / *number of dead individuals during interval  $x$*

$$D_x = N_x - N_{x+1}$$

$d_x$  : andel som dør i løpet av intervall  $x$  / *proportion of individuals that die during interval  $x$*

$$d_x = \frac{D_x}{N_0} \text{ eller / or } d_x = l_x - l_{x+1}$$

$q_x$  : andel av individer i live ved starten av  $x$  som vil dø i løpet av  $x$  / *proportion of individuals alive in the beginning of interval  $x$  that will die during  $x$*

$$q_x = \frac{D_x}{N_x}$$

$m_x$ : gjennomsnittlig antall hunnlige avkom per hunn per aldersklasse / *mean number of female offspring per female per age class*

$p_x$ : sannsynligheten for å overleve fra en aldersklasse til neste / *probability of surviving from one age class to the next*

Netto reproduksjonsrate / *Net reproductive rate*

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

Generasjonstid / *Generation time*

$$G \approx \frac{\sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x x}{\sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x} = \frac{\sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x x}{R_0}$$

Reproduktiv verdi / *Reproductive value*

$$V_x = \frac{\lambda^x}{l_x} \sum_{t=x}^w \lambda^{-t} l_t m_t$$

Reproduktiv verdi i stabil populasjon / *Reproductive value in stable population*

$$V_x = \sum_{t=x}^w \frac{l_t m_t}{l_x}$$

Stabil aldersfordeling / *Stable age structure*

$$C_x = \frac{\lambda^{-x} l_x}{\sum_{i=0}^{\infty} \lambda^{-i} l_i}$$

Euler-Lotka ligning / *Euler-Lotka equation*

$$\sum_x e^{-rx} l_x m_x = 1$$

Approximasjon for r / *Approximation for r*:

$$r \approx \ln R_0 / G$$

Stokastisk vekstrate / *Stochastic growth rate*

$$s \approx r - \frac{1}{2} \sigma_e^2 - \frac{1}{2N} \sigma_d^2$$

### Oppgave 1

Tellinger av antall individer i *alle* årsklasser og av begge kjønn i en bestand utføres like før reproduksjon. I år  $t$  var det 100 1-åringer og 0 2-åringer tilstede i bestanden. I år  $t+1$  var det 0 1-åringer og 70 2-åringer tilstede i bestanden. Vi vet at alle individer dør i løpet av sitt 3. leveår og at dødsraten det første leveåret er 0.4. Arten har aldersuavhengig reproduksjon og alle individene dør før de blir 3 år gamle. Anta et kjønnsforhold på 1:1 hos ungene og ingen kjønnsesifikk mortalitet gjennom livsløpet.

- a) Sett opp  $l_x$ -verdiene for aldersklassene.
- b) Hva må kullstørrelsen være for at bestanden skal være stabil?
- c) Anta at kullstørrelsen er som beregnet i b). Beregn antall individer i år  $t$ ,  $t+1$  og  $t+2$  like etter reproduksjon i de 3 aldersklassene. Anta at ingen voksne individer dør i løpet av reproduksjon.
- d) Beregn vekstraten i bestanden basert på totalt antall individer i år  $t$  og  $t+2$ . Forklar hvorfor utregnet vekstrate ikke samsvarer med opplysningene i b).
- e) En annen bestand av samme art har lik overlevelse for alle aldre som bestanden i a-d), men aldersuavhengig kullstørrelse er lik 4. Beregn stabil aldersstruktur i denne bestanden og sammenlign med forventet aldersstruktur i bestanden beskrevet i a-d). Du *kan* bruke tilnærmelsen for vekstraten basert på generasjonstid når du utfører beregningene.
- f) Forklar hvorfor approksimasjonen i e) i enkelte tilfeller kan bli unøyaktig og forklar også hvordan du kunne regnet ut vekstraten mer nøyaktig ved bruk av PC/programvare.
- g) Sett opp en etter-reproduktiv (post-breeding) Leslie-matrise for denne bestanden. Forklar hvilke interessante størrelser (en kort forklaring av størrelsene er forventet) du kunne beregnet ut fra Leslie-matrisen (f.eks. ved hjelp av PC og programvare).
- h) Det er viktig å sjekke populasjonsøkologiske data for urealistiske verdier og en av de først tingene man ofte gjør er å kalkulere årlige vekstrater for å se om de er realistiske. Hva er den absolutte øvre grensen for vekstraten i en bestand av hjort (Red deer, *Cervus elaphus*) fra år  $t$  til år  $t+1$ ? Anta ingen immigrasjon, ellers er det opp til deg å gjøre fornuftige antagelser.

## Oppgave 2

- Forklar høstingsstrategien fixed effort / andelshøsting og drøft fordeler og ulemper ved strategien.
- Hva er forskjellen på demografisk stokastisitet og miljøstokastisitet, og hvorfor er det viktig å ta hensyn til stokastisitet?
- Under hvilke betingelser får vi stabil koeksistens av to arter i Lotka-Volterras konkurransemodell? Drøft begrensninger/antagelser forbundet med denne modellen.

## Oppgave 3

- Beskriv hva en metapopulasjon er med utgangspunkt i Levin's klassiske metapopulasjonsmodell. Diskuter deretter forskjellene mellom Levin's modell og det som ofte omtales som strukturerte, mer realistiske metapopulasjoner.
- Beskriv hva du forstår med begrepet «sprednings syndrom» («dispersal syndrome»). Bruk gjerne sommerfugl populasjoner (Glanville fritillary butterfly) i Finland som eksempel for illustrasjon.
- Lotka-Volterra's modeller for predator-byttedyr interaksjon ser slik ut:

$$dN / dt = rN - aPN \text{ og}$$

$$dP / dt = faPN - qP$$

Definer først hver av parameterne i ligningene og forklar deretter hvordan predator-byttedyr-modellen kan generere koplede svingninger mellom predator og byttedyr.

## Oppgave 4

På grunn av menneskelig aktivitet lever vi i ei tid som preges av at klimaet blir varmere og at egne leveområder til mange arter ødelegges og fragmenteres. I denne komplekse situasjonen opplever noen arter populasjonsvekst og økt utbredelse, mens andre arter opplever tilbakegang i populasjonsstørrelser og utbredelse. Diskuter betydningen som spredningsmønsteret til arter kan ha for deres populasjonsdynamikk og overlevelse i en framtid med betydelige miljøendringer. Besvarelsen skal være kortere enn 500 ord.

### Oppgåve 1

Teljingar av talet på individ i *alle* årsklasser og av begge kjønn i eit bestand vert like utført før reproduksjon. I år  $t$  var det 100 1-åringar og 0 2-åringar tilstades i bestanden. I år  $t+1$  var det 0 1-åringar og 70 2-åringar tilstades i bestanden. Vi veit at alle individ døyr i løpet av det 3. leveåret sitt og at dødsraten det første leveåret er 0.4. Arten har aldersuavhengig reproduksjon og alle individ døyr før dei vert 3 år gamle. Anta eit kjønnsforhold på 1:1 hos ungane og ingen kjønnsesifikk mortalitet gjennom livsløpet.

- a) Set opp  $l_x$ -verdiane for aldersklassene.
- b) Kva må kullstorleiken vera for at bestanden skal vera stabil?
- c) Anta at kullstorleiken er som berekna i b). Berekn talet på individ i år  $t$ ,  $t+1$  og  $t+2$  like etter reproduksjon i dei 3 aldersklassene. Anta at ingen vaksne individ døyr i løpet av reproduksjonen.
- d) Berekn vekstraten i bestanden basert på det samla talet på individ i år  $t$  og  $t+2$ . Forklar kvifor utrekna vekstrate ikkje samsvarer med opplysningane i b).
- e) Ein annan bestand av same art har lik overleving for alle aldrar som bestanden i a-d), men aldersuavhengig kullstorleik er lik 4. Berekn stabil aldersstruktur i denne bestanden og samanlikn med forventa aldersstruktur i bestanden skildra i a-d). Du kan bruke tilnærminga for vekstraten basert på generasjonstid når du utfører utrekningane.
- f) Forklar kvifor approksimasjonen i e) i enkelte tilfelle kan bli unøyaktig og forklar òg korleis du kunne rekna ut vekstraten meir nøyaktig ved bruk av PC/programvare.
- g) Set opp ein etter-reproduktiv (post-breeding) Leslie-matrise for denne bestanden. Forklar kva for interessante storleikar/parameter (ei kort forklaring av storleikane er forventa) du kunne berekna ut frå Leslie-matrisa (t.d. ved hjelp av PC og programvare).
- h) Det er viktig å sjekke populasjonsøkologiske data for urealistiske verdiar og ein av dei første ting ein ofte gjer er å kalkulere årlege vekstratar for å sjå om dei er realistiske. Kva er den absolutte øvre grensa for vekstraten i ein bestand av hjort (Red deer, *Cervus elaphus*) frå år  $t$  til år  $t+1$ ? Anta ingen immigrasjon, elles er det opp til deg å gjere fornuftige antakingar.

## Oppgåve 2

- Forklar haustingsstrategien 'fixed effort' / andelshausting og drøft fordelar og ulemper ved strategien.
- Kva er forskjellen på demografisk stokastisitet og miljøstokastisitet, og kvifor er det viktig å ta hensyn til stokastisitet?
- Under kva vilkår får vi stabil koeksistens av to artar i Lotka-Volterra's konkurransemodell? Drøft begrensingar/antakingar i samband med denne modellen.

## Oppgåve 3

- Beskriv kva ein metapopulasjon er med utgangspunkt i Levins klassiske metapopulasjonsmodell. Diskuter deretter forskjellane mellom Levins modell og det som ofte blir omtalt som strukturerte, meir realistiske metapopulasjonar.
- Beskriv kva du forstår med omgrepet «spredningssyndrom» («dispersal syndrome»). Bruk gjerne sommarfuglpopulasjonar (Glanville fritillary butterfly) i Finland som døme for illustrasjon.
- Lotka-Volterra-modellar for predator-byttedyr-interaksjonar ser slik ut:

$$dN / dt = rN - aPN \text{ og}$$

$$dP / dt = faPN - qP$$

Definer først kvar av parameterane i likningane, og forklar deretter korleis predator-byttedyr-modellen kan generere kopla svingingar mellom predator- og byttedyrpopulasjonar.

## Oppgåve 4

På grunn av menneskeleg aktivitet lever vi i ei tid som vert prega av at klimaet vert varmare og at eigna leveområde til mange artar øydeleggjast og vert fragmentert. I denne komplekse situasjonen opplever nokon artar populasjonsvekst og auka utbreiing, medan andre artar opplever tilbakegang i bestandstal og utbreiing. Diskuter tydinga som spreingsmønsteret til artar kan ha for populasjonsdynamikken deira og deira overleving i ei framtid med betydelege miljøendringar. Svaret skal vera kortare enn 500 ord.

**Question 1:**

Counts of the number of individuals in all age classes and both sexes in a stock performed just before reproduction. In year  $t$  there were 100 1-year-olds and 0 2-year-olds present in the population. In year  $t + 1$  there were 0 1-year-olds and 70 2-year-olds present in the population. We know that all individuals die during their 3rd year of life and the death rate the first year is 0.4. The species has age independent reproduction and all the individuals die before they become three years old. Assume a sex ratio of 1: 1 for offspring and no sex-specific mortality throughout life.

- a) Calculate the  $l_x$ -values for all age-classes.
- b) What do the number of offspring need to be in order to have a stable population size?
- c) Assume that the number of offspring is as calculated in b). Calculate the number of individuals in year  $t$ ,  $t+1$  and  $t+2$  just after reproduction for the 3 age classes. Assume that none of the adults die during reproduction.
- d) Calculate the growth rate in the population based on the total number of individuals in year  $t$  and  $t+2$ . Explain why the calculated growth rate is different from the growth rate given in b).
- e) A different population of the same species have same survivorship for all ages as the population in a-d), but age-independent number of offspring is equal to 4. Calculate the stable age structure in this population and compare with expected age structure in the population in a-d). You *may* use the approximation based on generation time when performing the calculations.
- f) Explain why the approximation in e) under certain conditions may be inaccurate and explain how you could have calculated an exact growth rate using PC/software.
- g) Construct a post-breeding Leslie-matrix for this population. Explain which interesting statistics/parameters that may be calculated based on the Leslie matrix (e.g. using PC/software).
- h) It is important to screen population ecological data for unrealistic values and one of the first actions taken is often to calculate yearly growth rates to see if they make sense. What



is the absolute upper limit for the growth rate in a population of red deer (*Cervus elaphus*) from year  $t$  to year  $t+1$ ? Assume that there is no immigration, otherwise it is up to you to make reasonable assumptions.

### Question 2

- a) Explain the harvesting strategy 'fixed effort' / proportional harvesting and discuss pros and cons related to this harvesting strategy.
- b) What is the difference between demographic and environmental stochasticity? Why is it important to incorporate stochasticity when modelling population dynamics?
- c) Which conditions lead to stable coexistence of two species in the Lotka-Volterra model of interspecific competition? Discuss limitations/assumptions in conjunction with this model.

### Question 3

- a) Describe what a metapopulation is based on Levin's classic metapopulations model. Then discuss the differences between Levin's model and what is often referred to as structured, more realistic metapopulations.
- b) Describe what you understand by the term "dispersal syndrome". You may use butterfly populations (Glanville fritillary butterfly) in Finland as an example for illustration.
- c) Lotka-Volterra's models of predator-prey interaction looks like this:

$$dN / dt = rN - aPN \text{ and}$$

$$dP / dt = faPN - qP$$

First, define each of the parameters in the equations and then explain how predator-prey model can generate coupled oscillations between predator and prey.

### Question 4

Because of human activity, the climate becomes warmer and the habitat of many species is destroyed or fragmented. In this complex situation, some species become more abundant and increase their distribution while other species decline in abundance and distribution. Discuss how the pattern of dispersal may influence the population dynamics and the viability of species during a time of rapid change of environmental conditions. Your answer should not be longer than 500 words.