

Populatie-ecologie

Populatie. Groep van individuen van eenzelfde soort die op eenzelfde tijdstip op een welbepaalde plaats leven en met elkaar interageren.

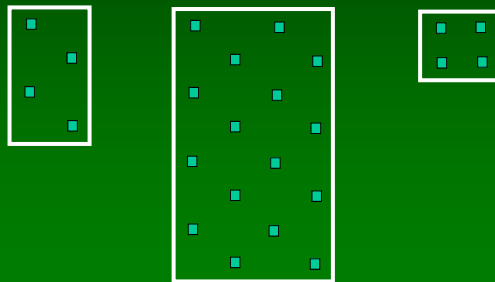
Vertoont eigenschappen die we niet aantreffen bij de individuele organismen waaruit ze is samengesteld.

Wordt gekenmerkt door gemeenschappelijk genetisch reservoir en vormt eenheid waarop natuurlijke selectie via veranderingen in allelfrekwenties inwerkt.

Grote belangstelling vanuit toegepaste invalshoeken zoals bosbouw, agronomie, pestcontrole, wildbeheer en natuurbeheer.

Densiteit

Begrip 'populatiegrootte' heeft enkel betekenis indien grenzen van populatie (of steekproef ervan) bekend zijn. Uitgedrukt als densiteit (= aantal individuen per oppervlakte/volume eenheid).



Densiteit

Densiteitsbepalingen gebeuren meestal aan de hand van random steekproeven (sampling).

Nauwkeurigheid neemt toe met aantal steekproeven (studieplots) en homogeniteit van bemonsterde habitat.

Merk-hervangst (mark-recapture) binnen afgebakende grenzen van een studiegebied.

Densiteit



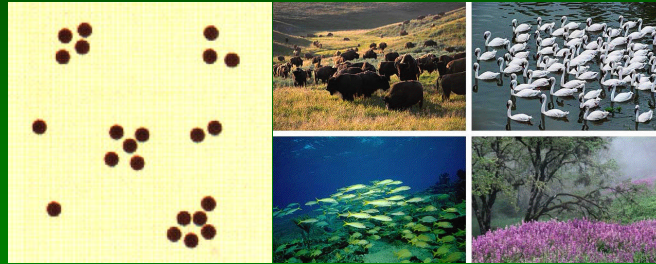
Densiteit

Proportie gemerkte (en gevangen) individuen in tweede vangstsessie gelijk aan proportie gemerkte individuen in volledige populatie.

$$N_{\text{tot}} = \frac{[N_{\text{gemerkte individuen in vangst 1}} \times N_{\text{individuen in vangst 2}}]}{N_{\text{hervangsten in vangst 2}}}$$

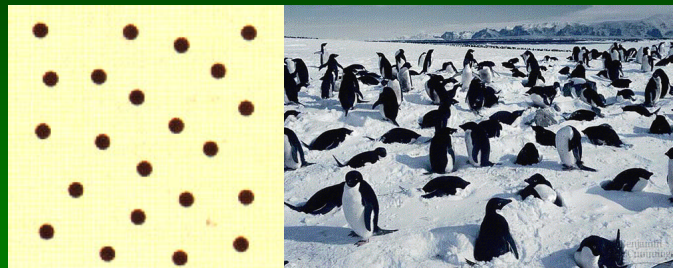
Ruimtelijke distributie

Geaggregeerde distributie (clumped, patchy). Individuen zijn geconcentreerd in welbepaalde delen van het habitat.



Ruimtelijke distributie

Uniforme distributie. Meer gelijkmatige spreiding dan verwacht op basis van willekeurig (random) gebruik.



Ruimtelijke distributie

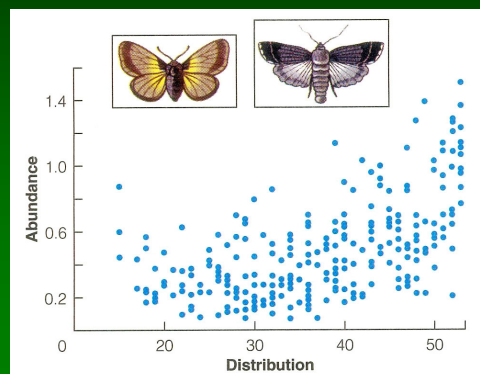
Willekeurige distributie. Distributie van individuen is niet gerelateerd aan die van andere individuen.



Abundantie versus distributie

Kernvraag. Zijn wijdverbreide soorten abundant en hebben zeldzame soorten een kleine verspreiding ?

(Herbert Andrewartha en Charles Birch)

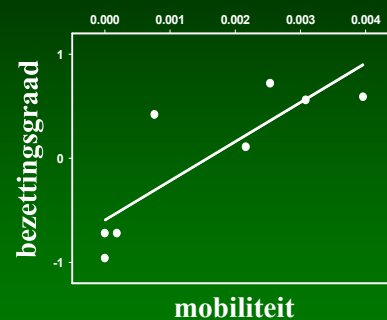


Abundantie versus distributie

Hypothesen

- ✓ Zeldzame soorten zijn moeilijker detecteerbaar.
- ✓ Generalisten zijn meer algemeen en wijdverbreid (ecologische populatiemodel).
- ✓ Minder mobiele soorten bezetten minder habitatvlekken (lokaal populatiemodel).

Abundantie versus distributie



parameter schatter 838 ± 341
95% CI 240 – 1591

Habitat selectie

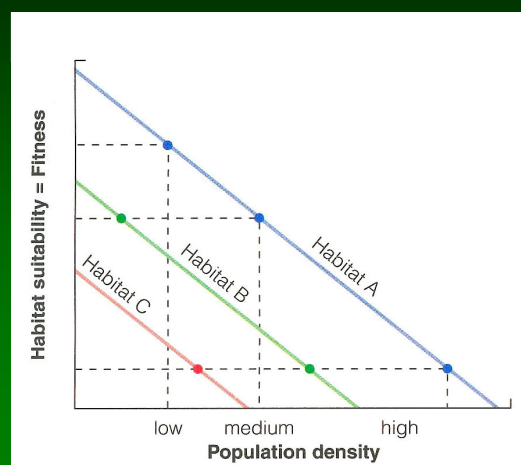
Habitat selectie. Organismen verkiezen bepaalde componenten van het habitat boven andere.

Kan zowel proximaat als ultiimaat (evolutionair) benaderd worden.

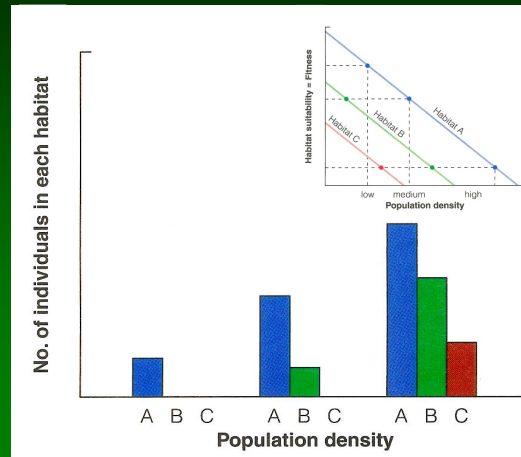
Ideal free distribution model van Steve Fretwell (1972).

Ideal despotic distribution model (Fretwell)

Habitat selectie



Habitat selectie



Demografie

Soorten verschillen in de manier waarop energie geïnvesteerd wordt in voortplanting.

Semelpaar. Eénmalige en zeer grote investering.

Iteropaar. Herhaalde en kleinere investeringen.

Vormt een belangrijk kenmerk van de levensgeschiedenis (life history trait) van organismen.

Demografie

r-selectie. Verwijst naar aanwezigheid van levenskenmerken die bijdragen tot hoge populatiegroei.

K-selectie. Verwijst naar aanwezigheid van levenskenmerken die bijdragen tot hoge overleving.

Overleving

Mortaliteits- en overlevingsparameters worden weergegeven in levens- of sterftetabellen (life tables).

Laat toe de kans te berekenen dat een individu van een welbepaalde cohorte overleeft tot een welbepaalde leeftijd.

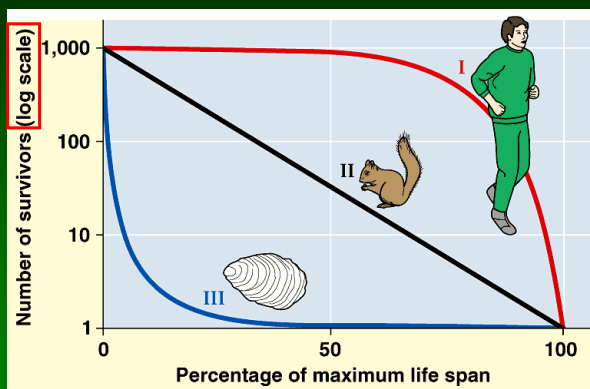


Overleving

Table 52.1 Life Table for Belding Ground Squirrels (*Spermophilus beldingi*) at Tioga Pass, in the Sierra Nevada Mountains of California*

Age (years)	Females					Males				
	Number Alive at Start of Year	Proportion Alive at Start of Year	Number of Deaths During Year	Death Rate [†]	Average Life Expectancy (years)	Number Alive at Start of Year	Proportion Alive at Start of Year	Number of Deaths During Year	Death Rate [†]	Average Life Expectancy (years)
0-1	337	1.000	207	0.61	1.33	349	1.000	227	0.65	1.07
1-2	252 ^{††}	0.386	125	0.50	1.56	248 ^{††}	0.350	140	0.56	1.12
2-3	127	0.197	60	0.47	1.60	108	0.152	74	0.69	0.93
3-4	67	0.106	32	0.48	1.59	34	0.048	23	0.68	0.89
4-5	35	0.054	16	0.46	1.59	11	0.015	9	0.82	0.68
5-6	19	0.029	10	0.53	1.50	2	0.003	0	1.00	0.50
6-7	9	0.014	4	0.44	1.61	0				
7-8	5	0.008	1	0.20	1.50					
8-9	4	0.006	3	0.75	0.75					
9-10	1	0.002	1	1.00	0.50					

Overleving



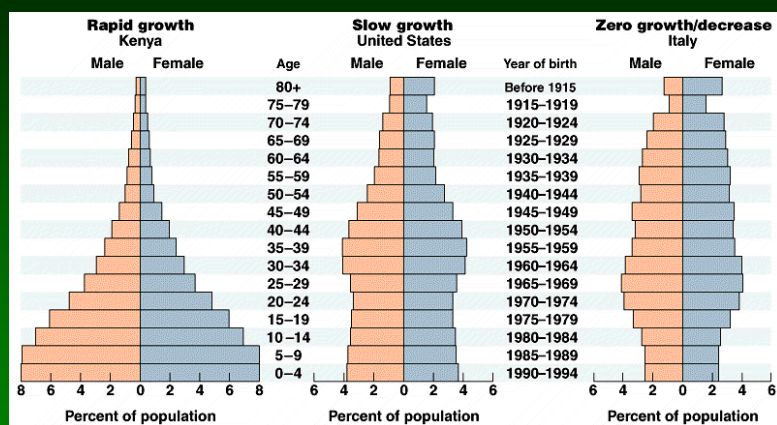
Demografie

Mortaliteits- en overlevingsparameters worden weergegeven in zogenaamde levens- of sterftetabellen (life tables).

Laat toe de kans te berekenen dat een individu van een welbepaalde cohorte overleeft tot een welbepaalde leeftijd.

Leeftijdsstructuur verwijst naar het aantal en de proportie individuen van elk geslacht in elke leeftijdscategorie.

Demografie





Demografie

PROJECTIONS OF $S_x(t)$, THE NUMBER OF INDIVIDUALS EXPECTED TO SURVIVE, BY AGE, FROM THE DEER LIFE TABLE.

x	m_x	l_x	$S_x(0)$	$S_x(1)$	$S_x(2)$	$S_x(3)$	$S_x(4)$	$S_x(5)$	$S_x(6)$
0	0.000	1.000	24.000	3.700	6.495	8.165	7.010	7.182	8.134
1	0.216	0.713	0	17.112	2.638	4.631	5.822	4.998	5.120
2	0.537	0.460	0	0	11.040	1.702	2.988	3.756	3.225
3	0.874	0.298	0	0	0	7.152	1.102	1.936	2.433
4	0.795	0.167	0	0	0	0	4.008	0.618	1.085
5	0.843	0.094	0	0	0	0	0	2.256	0.348
6	1.150	0.073	0	0	0	0	0	0	1.752
7	0.460	0.055	0	0	0	0	0	0	0
8	0.805	0.024	0	0	0	0	0	0	0
9	0.920	0.010	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0.005	0	0	0	0	0	0	0
		ΣS_x	24.000	20.812	20.173	21.650	20.930	20.745	22.097
		λ		0.867	0.969	1.073	0.967	0.991	1.065
		$S_0/\Sigma S_x$	1.000	0.178	0.322	0.377	0.335	0.346	0.368
		$S_1/\Sigma S_x$	0.000	0.822	0.131	0.214	0.278	0.241	0.232
		$S_2/\Sigma S_x$	0.000	0.000	0.547	0.079	0.143	0.181	0.146

Populatiegroei

Aangezien geen enkele populatie oneindig in aantal toeneemt, wordt de groei van populaties blijkbaar gereguleerd.

Groei of afname in populatiegrootte (per eenheid oppervlakte) is voornamelijk het resultaat van nataliteit (gemiddelde per capita geboorte-ratio) en mortaliteit (gemiddelde per capita sterfte-ratio).

Om de ratio van 'verandering' in populatie-grootte te kennen, is tevens kennis van een tijdsinterval vereist.

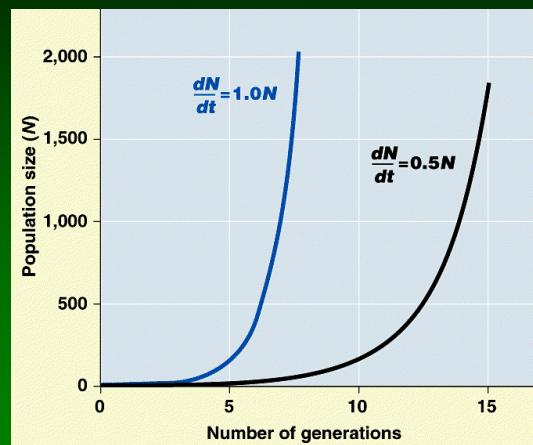
Populatiegroei

$$\Delta N/\Delta t = N(b - d)$$

De groeiratio op een willekeurig moment in de tijd bedraagt dan:

$$dN/dt = rN$$

Populatiegroei



Populatiegroei

$$\Delta N/\Delta t = N (b - d)$$

De groeiratio op een willekeurig moment in de tijd bedraagt dan:

$$dN/dt = rN$$

Intrinsieke groeiratio (r_{\max}): maximum ratio waarmee een populatie in aantal kan toenemen onder ideale omstandigheden.

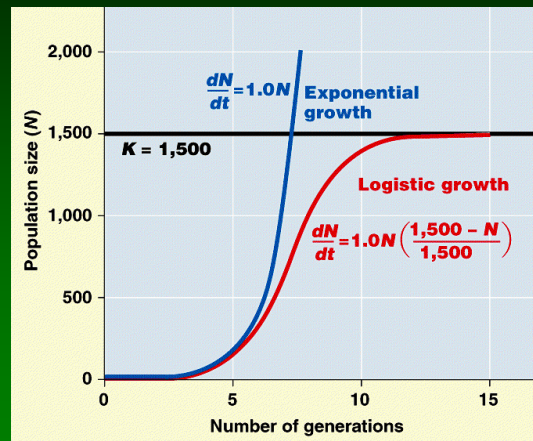
Populatiegroei

Factoren zoals predatie, competitie, schaarste aan kritische hulpbronnen, etc. verhinderen een ongelimiteerde exponentiële toename in populatiegrootte.

Draagkracht (K, carrying capacity): maximale populatiegrootte onder gegeven milieuomstandigheden ($r = 0$).

Logistische vergelijking: $dN/dt = rN[(K - N)/K]$

Populatiegroei



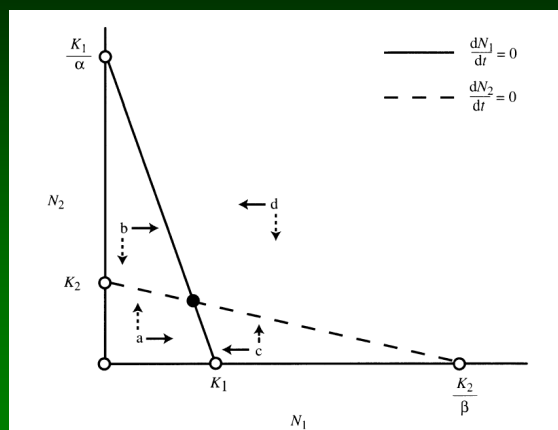
Populatiegroei

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(\frac{K_1 - (N_1 + \alpha N_2)}{K_1} \right)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(\frac{K_2 - (N_2 + \beta N_1)}{K_2} \right)$$

Lotka-Volterra competitie vergelijking

Populatiegroei

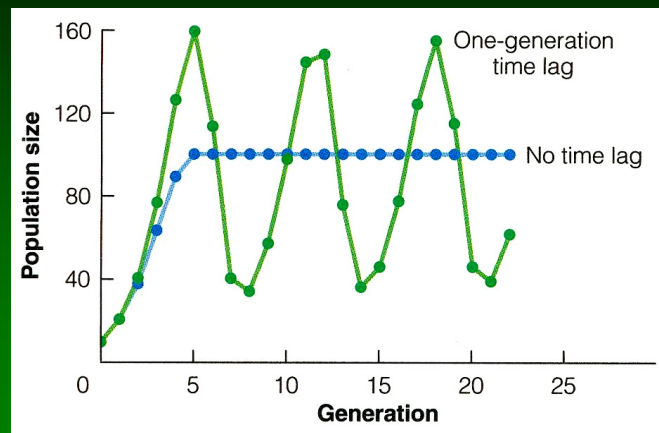


Populatiegroei

Zowel de exponentiële als logistische groeicurve vormen een sterke oversimplificatie van groeipatronen in natuurlijke populaties.

- ✓ oscillaties rond K
- ✓ time lag modellen

Populatiegroei

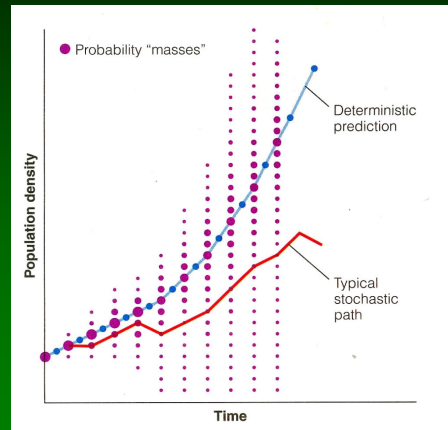


Populatiegroei

Zowel de exponentiële als logistische groeicurve vormen een sterke oversimplificatie van groeipatronen in natuurlijke populaties.

- ✓ oscillaties rond K
- ✓ time lag modellen
- ✓ stochastische modellen

Populatiegroei



Populatieregulatie

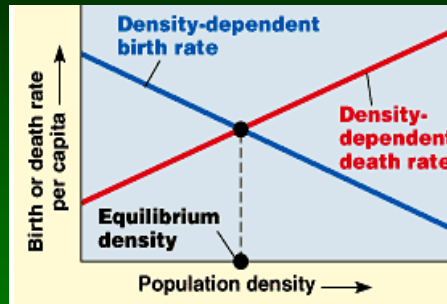
Historische discussies omwille van onduidelijke definiëring van de termen limiterende en regulerende factoren.

Limiterende factor: verandering in gemiddelde of evenwichtsdensiteit.

Regulerende factor: verhoogde mortaliteit (of verlaagde reproductie) bij toenemende densiteit (proportioneel effect)

Onenigheid omtrent relatieve belang van densiteitsafhankelijke versus -onafhankelijke factoren.

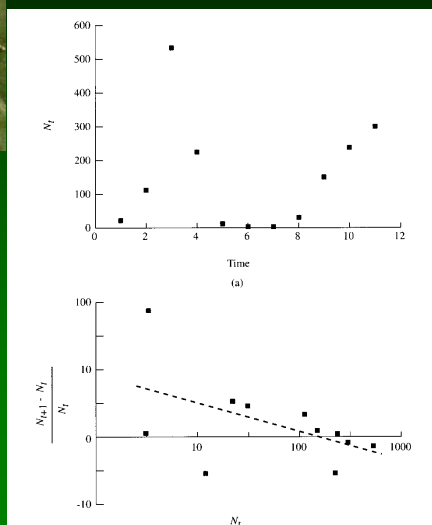
Populatieregulatie

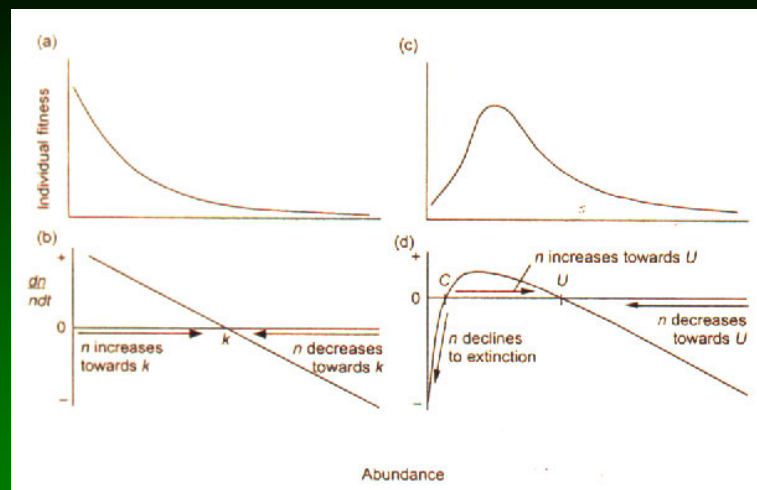


predatie, ziekte, competitie, ...



Populatieregulatie





Stephens P.A. et al. 1999. *Oikos* 87: 185-190

Populatiodynamiek

Populatie-ecologen bestuderen de dynamiek van natuurlijke populaties via key-factor analyse en experimenten.

Key-factor analyse

Restrospectieve analyse van jaarlijkse veranderingen in mortaliteit en reproductie via opstellen van levenstabellen met discrete levensstadia.

Populatie dynamiek

	Percentage of previous stage killed	No. killed (per m ²)	No. alive (per m ²)	Log no. alive (per m ²)	k Value
Adult Stage					
Females climbing trees, 1955			4.39		
Egg Stage					
Females × 150			658.0	2.82	
Larval Stage					
Full-grown larvae	86.9	551.6	96.4	1.98	0.84 = k ₁
Attacked by <i>Cyzenis</i>	6.7	6.2	90.2	1.95	0.03 = k ₂
Attacked by other parasites	2.3	2.6	87.6	1.94	0.01 = k ₃
Infected by microsporidian	4.5	4.6	83.0	1.92	0.02 = k ₄
Pupal Stage					
Killed by predators	66.1	54.6	28.4	1.45	0.47 = k ₅
Killed by <i>Cratichneumon</i>	46.3	13.4	15.0	1.18	0.27 = k ₆
Adult Stage					
Females climbing trees, 1956			7.5		

Note: The figures in bold are those actually measured. The rest of the life table is derived from these.
Source: After Varley et al. (1973).

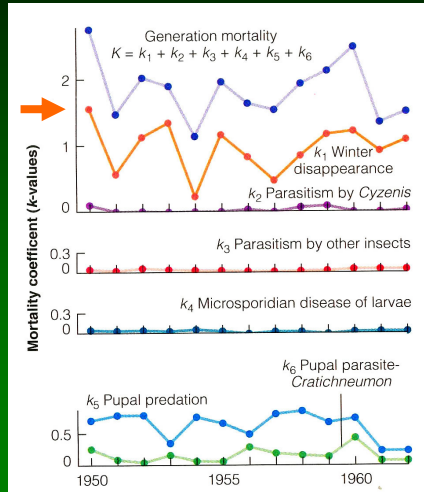
Populatie dynamiek

	Percentage of previous stage killed	No. killed (per m ²)	No. alive (per m ²)	Log no. alive (per m ²)	k Value
Adult Stage					
Females climbing trees, 1955			4.39		
Egg Stage					
Females × 150			658.0	2.82	
Larval Stage					
Full-grown larvae	86.9	551.6	96.4	1.98	0.84 = k ₁
Attacked by <i>Cyzenis</i>	6.7	6.2	90.2	1.95	0.03 = k ₂
Attacked by other parasites	2.3	2.6	87.6	1.94	0.01 = k ₃
Infected by microsporidian	4.5	4.6	83.0	1.92	0.02 = k ₄
Pupal Stage					
Killed by predators	66.1	54.6	28.4	1.45	0.47 = k ₅
Killed by <i>Cratichneumon</i>	46.3	13.4	15.0	1.18	0.27 = k ₆
Adult Stage					
Females climbing trees, 1956			7.5		Σ

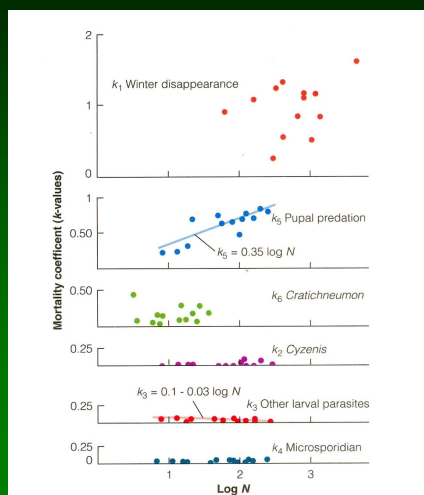
Note: The figures in bold are those actually measured. The rest of the life table is derived from these.
Source: After Varley et al. (1973).

$$k = \log_e(N_{t+1}) - \log_e(N_t)$$

Populatiodynamiek



Populatiodynamiek



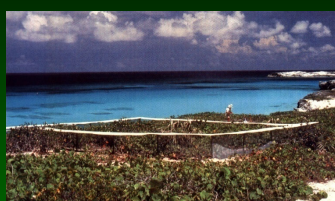
Populatie-dynamiek

Populatie-ecologen bestuderen de dynamiek van natuurlijke populaties via key-factor analyse en experimenten.

Experimentele studie

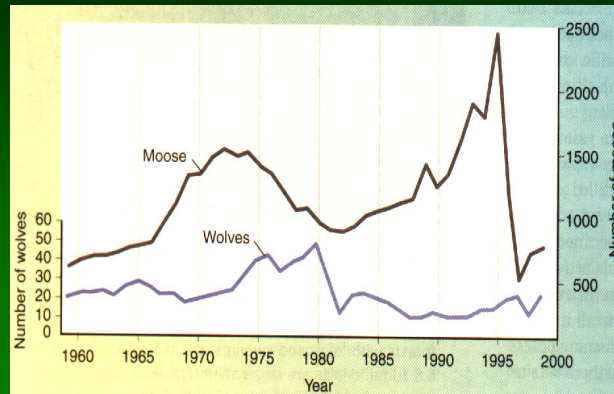
Identificatie van *limiterende* factoren en experimentele studie van hun impact op populatie fluctuaties.

Populatie-dynamiek



D. Spiller & T. Schoener, University of California

Populatie-dynamiek



Toegepaste populatie-ecologie

Populatie-ecologie levert belangrijke inzichten voor het duurzaam (commercieel) beheer van natuurlijke populaties.

Hoe groot kan yield zijn zonder gevaar voor voortbestaan op lange termijn ?

Toegepaste populatie-ecologie

E.S. Russell (1931). Oogstbare gedeelte van visbestand (stock uitgedrukt in gewicht) verhoogt t.g.v. reproductie, immigratie en groei en verlaagt t.g.v. natuurlijke mortaliteit en vangst.

$$S_2 = S_1 + R + G - M - F$$

Duurzame bevissing $R + G = M + F$

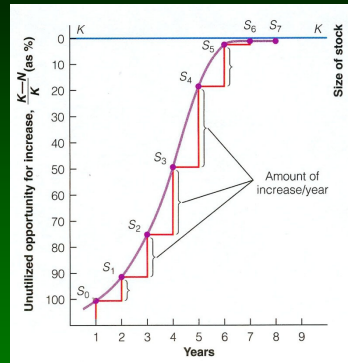
Na aanvang van bevissing wordt populatiegrootte gereduceerd waarbij F dichteafhankelijk kan gecompenseerd worden door een hogere R of snellere G of lagere M .

Toegepaste populatie-ecologie

Op welk niveau van stabilisatie ($R+G=M+F$) is F maximaal?

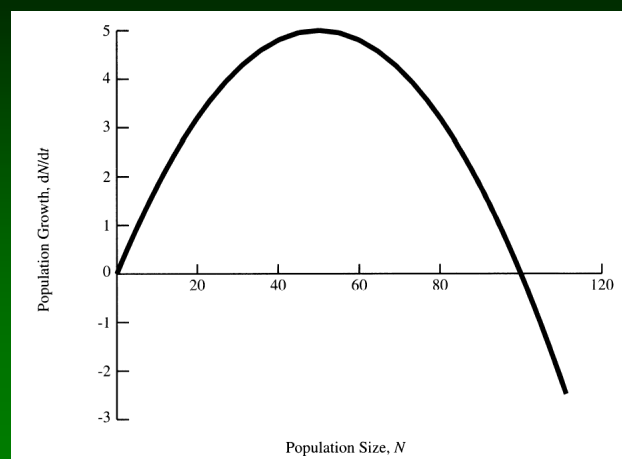
Sigmoid-curve theorie: een maximale yield wordt bekomen door een populatie rond de helft van haar draagkracht (K) te houden.

Toegepaste populatie-ecologie

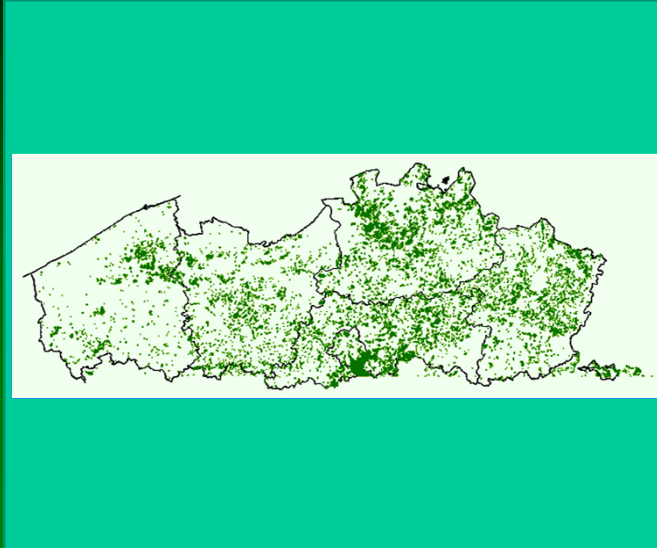


$$\frac{dN}{dt} = rN\left[\frac{K-N}{K}\right]$$

Toegepaste populatie-ecologie



Ruimtelijk gestructureerde populaties



Ruimtelijk gestructureerde populaties

Onder natuurlijke omstandigheden komen soorten voor als sets van afzonderlijke, ruimtelijk gescheiden deelpopulaties.

Elke deelpopulatie wordt gekenmerkt door specifieke demografische parameters.

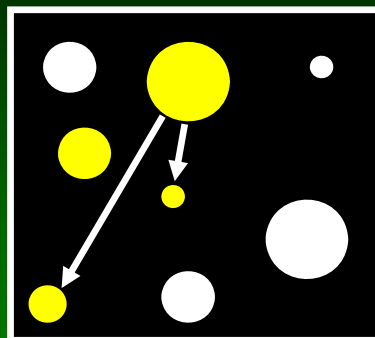
Bij metapopulaties heeft ook de uitwisseling van individuen tussen deelpopulaties een belangrijke demografische impact.

Metapopulatie theorie

Metapopulaties verwijzen naar ruimtelijk opgedeelde populaties waarvan de dynamiek op twee verschillende niveaus werkt:

- ✓ *binnen* deelpopulaties: geboorte, sterfte, immigratie en emigratie.
- ✓ *tussen* deelpopulaties: kolonisatie en extinctie.

Metapopulatie theorie



Metapopulatie theorie

Kan een soort als metapopulatie overleven in een specifieke set van habitatvlekken ?

Wat als er veranderingen optreden in deze ruimtelijke structuur ?

Metapopulatie theorie

Wat is de relatieve waarde van verschillende habitatvlekken voor de lange-termijn overleving van een metapopulatie ?

Wat is het verwachte effect van beheersmaatregelen ?

Metapopulatie theorie

Kan verwacht worden dat onbezette habitatvlekken zullen gekoloniseerd worden na introductie van een soort ?

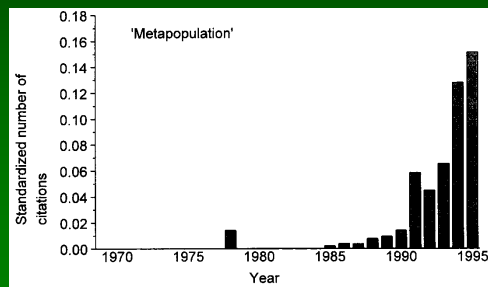
In welke habitatvlek(ken) zou dergelijke introductie het best plaatsgrijpen om een maximaal effect te genereren ?

Metapopulatie theorie

Metapopulatie theorie werd ontwikkeld op het einde van jaren '60 ongeveer gelijktijdig met theorie van eiland-biogeografie (MacArthur & Wilson).

Metapopulatie theorie

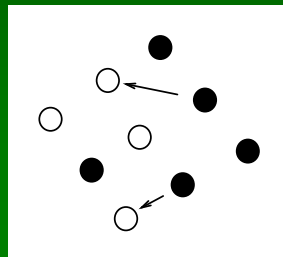
Metapopulatie theorie werd ontwikkeld op het einde van jaren '60 ongeveer gelijktijdig met theorie van eiland-biogeografie (MacArthur & Wilson).



Metapopulatie theorie

Metapopulatie theorie werd ontwikkeld op het einde van jaren '60 ongeveer gelijktijdig met theorie van eiland-biogeografie (MacArthur & Wilson).

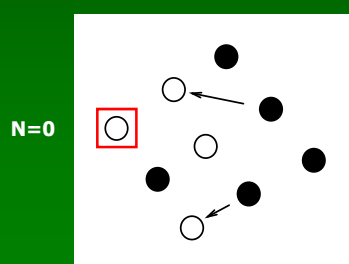
Levins' metapopulatie model beschrijft een oneindig aantal habitatplekken die elk al dan niet een lokale populatie van de beschouwde soort bevatten.



Metapopulatie theorie

Metapopulatie theorie werd ontwikkeld op het einde van jaren '60 ongeveer gelijktijdig met theorie van eiland-biogeografie (MacArthur & Wilson).

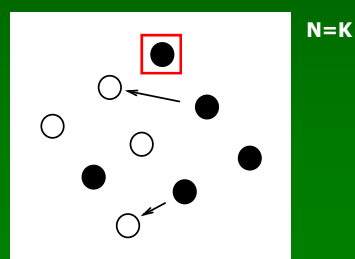
Levins' metapopulatie model beschrijft een oneindig aantal habitatplekken die elk al dan niet een lokale populatie van de beschouwde soort bevatten.



Metapopulatie theorie

Metapopulatie theorie werd ontwikkeld op het einde van jaren '60 ongeveer gelijktijdig met theorie van eiland-biogeografie (MacArthur & Wilson).

Levins' metapopulatie model beschrijft een oneindig aantal habitatplekken die elk al dan niet een lokale populatie van de beschouwde soort bevatten.



Metapopulatie theorie

Metapopulatie theorie werd ontwikkeld op het einde van jaren '60 ongeveer gelijktijdig met theorie van eiland-biogeografie (MacArthur & Wilson).

Levins' metapopulatie model beschrijft een oneindig aantal habitatplekken die elk al dan niet een lokale populatie van de beschouwde soort bevatten.

Laat voorspellingen toe omtrent de **proportie bezette habitatvlekken** als functie van extinctie en kolonisatie.

Metapopulatie theorie

$$dp/dt = k \cdot p(1 - p) - e \cdot p$$

p = proportie habitatvlekken bezet op tijdstip t

e = extinctiekans

k = kolonisatiekans

Metapopulatie theorie

$$dp/dt = k.p(1 - p) - e.p$$

$$= k.p - k.p^2 - e.p$$

$$= k.p - p(k.p) - e.p$$

$$= (k-e)p - p(k.p)$$

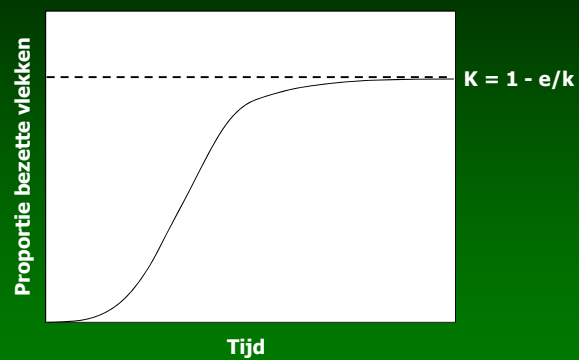
$$= (k-e)p.[1 - ((p.k)/k-e)]$$

$$= (k-e)p.[1 - (p/((k-e)/k))]$$

$$dp/dt = (k - e).p.[1 - p/(1 - e/k)]$$

$$dN/dt = r.N.[(K - N)/K]$$

Metapopulatie theorie



$$dN/dt = r.N.[(K - N)/K]$$

Metapopulatie theorie

Complexere modellen houden rekening met variatie in

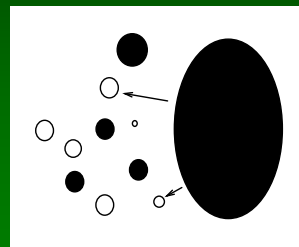
- ✓ vlek grootte
- ✓ vlek kwaliteit
- ✓ ruimtelijke configuratie
- ✓ interne dynamiek

Metapopulatie theorie

Aanzienlijke variatie in vlek grootte of -kwaliteit kan aanleiding geven tot mainland-island metapopulaties of source-sink metapopulaties.

Metapopulatie theorie

Mainland-island model: kans op uitsterven van 'mainland' populatie wordt zeer klein en alle immigranten zijn ervan afkomstig.



Metapopulatie theorie

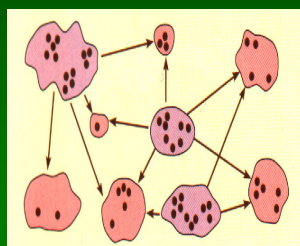
Mainland-island model: kans op uitsterven van 'mainland' populatie wordt zeer klein en alle immigranten zijn ervan afkomstig.

Vergelijking: $dp/dt = k.(1 - p) - e.p$

Evenwicht: $p = k/(k + e)$

Metapopulatie theorie

Source-sink model: habitat wordt ingedeeld in *source* (hoge kwaliteit, geboortes > sterftes) en *sinks* (lage kwaliteit, geboortes < sterftes).



Metapopulatie theorie



$$J_i = \frac{1}{1 + \left(1 + \left[\frac{y_i}{S_i}\right]^2\right) \frac{e}{A_i^x}}$$



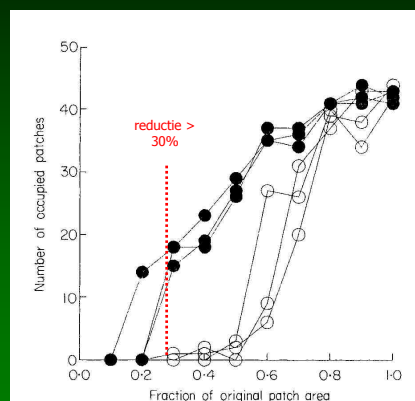
Metapopulatie theorie

Conclusies voor natuurbehoud

- ✓ Zowel nood aan bezet als onbezet habitat
- ✓ Optimale ruimtelijke structuur is steeds een 'compromis'



Metapopulatie theorie



← toenemende reductie in vlek grootte

Metapopulatie theorie

Conclusies voor natuurbehoud

- ✓ Zowel nood aan bezet als onbezet habitat
- ✓ Optimale ruimtelijke structuur is steeds een 'compromis'
- ✓ Nood aan bescherming van source habitat





Metapopulatie theorie

Evolutionair-ecologisch

Wanneer selectiedrukken verschillen tussen sources en sinks zullen individuen uit **source** populaties gemiddeld een **hogere lokale adaptatie** vertonen wegens asymmetrische gene flow.




Q. pubescens

bladverliezend
veel voedsel
reproductie hoog
SOURCE


Q. ilex

immergroen
weinig voedsel
reproductie laag
SINK



Q. pubescens

bladverliezend
veel voedsel
reproductie hoog
SOURCE



Q. ilex

immergroen
weinig voedsel
reproductie laag
SINK

