Vortex – narzędzie do prognozowania rozwoju populacji. Instrukcja do ćwiczeń.

Program jest dostępny bezpłatnie do użytku edukacyjnego i można go pobrać ze strony : <u>https://www.cpsg.org/download-vortex</u>

a następnie zainstalować

🔂 setup		26.03.2020 00:23	Aplikacja	4 ^	Nazwa	^	
🔀 Vortex10Installation		26.03.2020 00:23	Pakiet Instalatora	17 5			
zł		🛃 Vortex10			- [×	
		Welcome to th	e Vortex10 Setup	Wizard			
		The installer will guide you through the steps required to install Vortex10 on your comp					
2)		PLEASE NOTE: Vortex i research, and teaching. However, you may not m ensure that tools for con	is protected by copyright law. It You can distribute it to others a iodify the program, sell it, or dist servation continue to be develd	is distributed free as the intact and tribute it as yours	ely for use in con unmodified instal . Please conside and supported (iservation, llation. r helping to	
v < iczony element. 418 KB	_	www.vortex10.org/Supp	oort_Conservation.aspx to supp	ort Vortex!			
	if you t		Cancel	< Ba	ack	Next >	
	lf you e	experience problem	ns using <i>Vortex</i> , we end	courage you	to check th	ne manual firs	

email us at help@scti.tools.

Po instalacji i uruchomieniu programu należy *Rozpocząć nowy projekt* nazwać go i zapisać (w trakcie działania pamiętajcie Państwo o regularnym zapisywaniu wyników pracy, gdyż program potrafi się nagle zamknąć w wyniku jakiegoś błędu i trzeba wszystko zaczynać od nowa).

A sto	ochastic simulation Versi	n of the extin	nction proce	ess
	Contraction of the		1998	
New Vortex 10 Proj	ject		S.	×
Project Name	New Project			
Folder Location	C:\Vortex10Projects\New P	Project		
			Cance	I OK
		Enc		
	T	- Com		
	Pasia	a New Period	1	
	Open a Project	: Existing Recei	nt	
		Quit		
	Project Name Folder Location	Project Name New Project Folder Location C:\Vortex10Projects\New F	Project Name New Project Folder Location C:\Vortex10Projects\New Project Example A statement Example A sta	Project Name New Project Folder Location C:\Vortex10Projects\New Project Cance Description Description Begin a New Project Open a Project: Existing Recent Quit Copyright 2014 Chicago Zoological Society

Tak powinno to wyglądać kiedy utworzymy nasz projekt

🕱 Vortex 10 - dosv	🕱 Vortex 10 - doswiadczalnictwo2020 - C:\Vortex10Projects\doswiadczalnictwo2020\doswiadczalnictwo2020.xml						
File Simulation	Help						
🎦 💕 🛃 🔇	🏂 Det. 🕨 ST						
Project Settings Sim	lation Input Text Output Project Report						
Project Name	doswiadczalnictwo2020	Special Options					
Project Notes and U	sers	Do not show graphs during iterations					
Inclue	e any notes that are useful or maybe even necessary to document what this	project is about.					
	e any notes that are useful of maybe even necessary to accument mat and	Do not include last population in metapo					
		Produce a file with the census for the firs					
		Produce a file of all living animals at the					
		☐ Produce a file of all animals created in ea					
		☐ Produce a file with Gene Diversity by yea					
		Produce files with the first 0 GS					
		Produce files with the first 0 PS					
		Delay 1st year mortality until all annual m					
		Use "Harvest" to set to 0 ISvar:					
		Prioritize breeding based on ISvar:					

U góry mamy "karty/zakładki":

- Project Settings
- Simulation Input
- Text Output
- Project Report

Większość opcji, które znajdują się zarówno w ogólnych ustawieniach w karcie Project Settings jak i pozostałych kartach projektu jest objaśniona - a opis wyświetla się po zatrzymaniu kursora na danym elemencie, tak jak na powyższej ilustracji. W notatkach na tej karcie można np. opisać skrótowo czego dotyczą konkretne analizy – np. wpływ śmiertelności w klasach wiekowo-płciowych na tempo rozwoju populacji, wpływ proporcji płci w grupie początkowej na ryzyko wymarcia itd. – nie zawsze sama nazwa projektu jest wystarczająco jednoznaczna. Po prawej stronie jest lista ustawień zaawansowanych, z których na tym etapie nie będziemy korzystać (ale poczytać zawsze można).

Po przejściu do karty **Simulation Input** musimy wprowadzić szereg danych, aby przeprowadzić symulację rozwoju populacji/ stada.

File Simulation Help			
🞦 💕 🛃 🔇 🏂 Det	. 🕨 ST		
Project Settings Simulation Input	t Text Output Project Report		
Scenarios: Add Delete Re	order Current: zubr_stade	zubr_stado_4_4	
Scenario Settings	Scenario Sett	ings	Section Notes
Species Description		-	bedziemy tworzyc nowe stado z 8 osobni
State Variables Dispersal	Scenario name	zubr_stado_4_4	
Reproductive System	Number of iterations	1000	
Reproductive Rates	Number of years (timesteps)	50	
Mortality Rates	Duration of each year in days	365	
Catastrophes	Run as population-based r	nodel	
Mate Monopolization Initial Population Size	Extinction definition	Only 1 sex remains	
Carrying Capacity		◯ Total N < critical size	
Harvest Supplementation	Number of populations	1	
Genetics	Population 1		
Copy input values from	Name Population1		
Population1 this section to subsequent populations Copy	I Order of events in a Vortex ye EV Breed Mortality Age Disperse	ar Changing the sequence of events in the simulated year can have complex implications for your model, it is recommended that you become familiar with the standard Vortex model before you try changing the sequence.	

Scenario Settings

scenariusz warto nazwać tak abyśmy łatwo mogli sobie skojarzyć czym różni się od pozostałych (tu np. 4_4 będzie oznaczać proporcje płci w grupie założycielskiej). Co do widocznych powyżej ustawień:

liczba powtórzeń symulacji – powinna być możliwie duża (tu sprawdza się reguła "im więcej tym lepiej"), program pozwala przeprowadzić nawet 10 tys. powtórzeń danego scenariusza – to daje nam bardziej wiarygodne wyniki.

Liczba lat – to my decydujemy jaki okres nas interesuje, ale z zasady im dłuższy okres prognozowany tym mniejsza pewność prognoz (tak jak z długoterminową prognozą pogody – pewne rzeczy da się przewidzieć, ale im dalej od punktu "0" oddalają się nasze prognozy tym mniejsza ich sprawdzalność).

Długość roku w dniach – żubr, który będzie dla nas zwierzęciem modelowym jest długowieczny, a zatem długość roku 365 dni jest OK (do przemyślenia: w przypadku jakich gatunków należałoby zmienić tę wartość? i dlaczego?)

Definicja wymarcia – na nasze potrzeby zakładamy, że populacja jest wymarła gdy stado składa się z osobników tylko jednej płci (do przemyślenia: kiedy takie założenie może być błędne?) W praktyce możemy nie chcieć dopuścić do aż tak dramatycznej sytuacji i tu możemy ustalić limit przy jakim uznamy, że populacja dalej nie przetrwa (bądź my nie zdecydujemy się na kontynuację eksperymentu i wszystkie zwierzęta przeniesiemy do hodowli ex situ).

Markovski strangen in stra	Det. ST Input Text Output Project Report Reorder Current: zubr_stado_4_4	 zubr_stado_4_4 	
Scenario Settings Species Description	Species Description		Section Notes
State Variables	✓ Inbreeding depression		
Dispersal			
Reproductive System	Lethal equivalents	6,29	
Reproductive Rates	Percent due to recessive lethal alleles	50	
Mortality Rates	Default value of 6.29 for Lethal Equivalents	is the combined mean effect of inbreeding	on
Catastrophes	fecundity and first year survival reported by (O'Grady et al. (2006. Realistic levels of inbr	reeding
Mate Monopolization	42-51). Note that inbreeding can also affect	later survival and other aspects of demogra	raphy.
Initial Population Size	To model effects on other demographic rate	s, enter rates as functions of inbreeding.	
Carrying Capacity			
Harvest	EV concordance of reproduction and surviva	l i i i i i i i i i i i i i i i i i i i	
Supplementation			
Genetics	EV correlation among populations	0,5	

Species Description

Inbreeding depresion - W tej części mamy możliwość uwzględnienia aspektu genetycznego w naszych prognozach – ponieważ wiele gatunków zagrożonych wyginięciem (a dla takich przeprowadza się właśnie symulacje) jest dotkniętych negatywnymi skutkami kojarzenia w pokrewieństwie (w wyniku skrajnego zawężenia liczebności w przeszłości, tzw. Bottleneck – efekt szyjki od butelki). Oddziaływanie inbredu uwzględnia się poprzez wprowadzenie wartości ekwiwalentu letalności, który informuje nas o mocy negatywnego oddziaływania inbredu na reprodukcję (również poprzez zwiększoną śmiertelność potomstwa w pierwszym roku życia). Jeśli nie mamy oszacowanej tej wartości, to zostawiamy sugerowaną 6,29 (skąd ta wartość – wyjaśniono).

EV – okienko zaznaczamy – dla naszego gatunku dobre "lata" to te w których i reprodukcja i przeżywalność jest na wysokim poziomie.

u 📁 🔤 i 🗸 i 🖉	cu 🖉 🔊				
roject Settings Simulation Inp	put Text Output Project Report				
cenarios: Add Delete F	Reorder Current: zubr_stado_4_4	- Z	ıbr_stado_4_4		
Scenario Settings Species Description	Reproductive Sys	tem		Section Not	es
State Variables Dispersal	○ Monogamous ● Polygynous ((Note that "long term" pairs ca) Hermaphroditic O n be separated under c	Long term monogamy O Long onditions entered in the Genetics	term polygyny input section.)	
Reproductive System					
Reproductive Rates	Age of first offspring females	4 Maxim	um age of female reproduction	22	
Mortality Rates	Age of first offspring males	5 Maxim	um age of male reproduction	22	
Catastrophes	Maximum lifespan	22			
Mate Monopolization Initial Population Size	Maximum number of broods per year	1			
Carrying Capacity	Maximum number of progeny per brood	1			
Harvest	Sex ratio at birth in % males	50			
Supplementation					
Genetics	Density descedent encoderation	Population1			
Copy input values from	% Breeding at low density, P(0)	50			
~	% Breeding at carrying capacity, P(K)	25			

Reproductive System

Mamy do wyboru opcje: mono-, poligamiczność, długo- i krótkoterminowa oraz hermafrodytyzm.

W kolejnych krokach musimy określić wiek uzyskania pierwszego potomstwa przez samice i samce (u żubrów jest to 4 i 5 lat), wiek do jakiego uczestniczą w rozrodzie – zasadniczo samice żubrów dają potomstwo do końca życia tj. do ok. 22 lat, samce choć potencjalnie mogą zostać ojcami do końca życia z wiekiem mają na to coraz mniejsze szanse – o prawo dostępu do samic muszą walczyć z młodszymi bykami (do ok. 15 roku życia w warunkach naturalnych), ale tu również wstawiamy wartość 22 lata (do przemyślenia: dlaczego nie wstawiamy 15 lat?).

Liczba "miotów" w roku oraz liczba potomstwa w "miocie" – obie te wartości =1. Ciąża u żubrów trwa ok 9 m-cy, samica rodzi młode nie częściej niż raz w roku (przeciętnie co drugi rok). Bliźnięta u żubrów są rzadkością i z reguły nie przeżywają. Proporcja płci przy urodzeniu jest zbliżona do 1:1.

Scenarios: Add Delete R	eorder Current: zubr_stado_4_	4	▼ zubr_stado_4_4			
Scenario Settings	Reproductive R	ates				Section Notes
Species Description	•	Decide Con 1				
State Variables		Population				
Dispersal	% adult females breeding	4/,2				
Reproductive System	SD in % breeding due to EV	9.7				
Reproductive Rates						
Mortality Rates	Distribution of broads per year (ente	r as parcante: last	nw filled automatically)			
Catastrophes	Distribution of broods per year (ente	i da percenta, idat	ow nied automatically)			
Mate Monopolization	Population1					
Initial Population Size	0 Broods	0				
Carrying Capacity	1 Broods 1	00				
Harvest						
Supplementation						
Genetics						
	Specify the distribution of nur	mber of offspring	g per female per brood			
Copy input values from	 Use normal distribution 			Specify ex	act distribution (e	nter as percents; last row filled automatically
~	Population1				Population1	
this section $\qquad \lor$	Mean 2,5			1 Offspring	10	0
to subsequent populations	Standard Dev 1				-	_
Сору	,					

Reproductive rates

Należy określić % samic w populacji, które w danym roku dają potomstwo – jest to 47,2% (sd 9,7%) wg danych pochodzących z wieloletnich obserwacji stada w Puszczy Białowieskiej. W tej sekcji należy też zaznaczyć okienko aby określić rozkład liczby potomstwa – już wiemy, że 100% urodzeń jest pojedynczych, a program domyślnie sugeruje użycie rozkładu normalnego.

) 📸 📕 🐼 🌬	Det. 🕨 ST		
ject Settings Simulation	Input Text Output Project Report		
enarios: Add Delete	Reorder Current: zubr_stado_4_4	▼ zubr_stado_4_4	
Scenario Settings	Mortality Rates		

-				
Species Description	Mortality of females as %			
State Variables		Population1		^
Dispersal	monanty from age o to 1	10,32		
Reproductive System	SD in 0 to 1 mortality due to EV	5,98		
	Mortality from age 1 to 2	3,53		
Reproductive Rates	SD in 1 to 2 mortality due to EV	3		
Mortality Rates	Mortality from age 2 to 3	6,55		
Catastrophes	SD in 2 to 3 mortality due to EV	5,53		
Mate Monopolization	Mortality from age 3 to 4	3,87		
Initial Population Size	SD in 3 to 4 mortality due to EV	2,68		
Carrying Capacity	Annual mortality after and A	2.74		×
Harvest	Mortality of males as $\%$	Copy values	from females	
Supplementation		Population1		^
Genetics	So minito z montanty due to Ev	0,0-		
	Mortality from age 2 to 3	3,29		
opy input values from	SD in 2 to 3 mortality due to EV	3,72		
\sim	Mortality from age 3 to 4	3,66		
hte en etter	SD in 3 to 4 mortality due to EV	5,42		
nis section	Mortality from age 4 to 5	5,85		
) subsequent populations	SD in 4 to 5 mortality due to EV	5,87		
Сору	Annual mortality after age 5	5,19		
	CD is mostality after and E	2.03		\sim

Mortality Rates

W tej części należy wprowadzić informacje na temat poziomu śmiertelności w poszczególnych klasach wiekowo-płciowych (śmiertelność w procentach wraz z odchyleniem standardowym). Tabelę z danymi odnośnie śmiertelności żubrów znajdziecie Państwo w pierwszej prezentacji – są to parametry oszacowane na podstawie wieloletnich danych na temat śmiertelności zwierząt w populacji w Puszczy Białowieskiej).

🎦 💕 🛃 🔇 🎾 🏂	Det. 🕨 ST	
Project Settings Simulation In	nput Text Output Project Report	
Scenarios: Add Delete	Reorder Current: zubr_stado_4_4	
Scenario Settings	Catastrophes	Section Notes
Species Description	Number of types of catastrophes	
State Variables		
Dispersal	Select for which catastrophe you want to set rates:	
Reproductive System	~	
Reproductive Rates	Catastrophe Label	
Mortality Rates	Frequency and extent of occurrence	
Catastrophes	Population1	
Mate Monopolization		
Initial Population Size		
Carrying Capacity	Frequency %	
Harvest		
Supplementation	Severity (proportion of normal values)	
Genetics	Population1	
Copy input values from	Reproduction	
\sim	Survival	
this section \sim		
to subsequent populations Copy	The frequency and severity of catastrophes can be difficult to estimate. The review frequency and severity of catastrophic die-offs in vertebrates. Animal Conservation severe die-offs (50% or greater decrease in population size) of vertebrate population approximately 14% per concertain.	by Reed et al. (2003. The 6:109-114) indicates that is occur at a frequency of

Catastrophes

W tej części uwzględniamy zdarzenia losowe – "katastrofy", które mogą dotknąć populację, np. gwałtowne lub długotrwałe zjawiska pogodowe (zarówno trąby powietrzne jaki i susze czy powodzie), epidemie (nomen omen my jako populacja ludzka właśnie tego doświadczamy i pewnie w ostatnich dniach nie raz słyszeliście Państwo o modelach rozwoju epidemii itp.). Generalnie chodzi o zjawiska, które powodują zwiększenie śmiertelności oraz spadek poziomu reprodukcji a zdarzają się rzadko. Jednak gdy modelujemy rozwój bardzo małego stada taką "katastrofą" może być kłusownictwo lub kolizje zwierząt z pojazdami (w zderzeniu z dużym samochodem ciężarowym może zginąć lub zostać rannych kilka żubrów przemieszczających się w ugrupowaniu).

W panelu możemy określić liczbę i rodzaj katastrof na jakie narażona jest populacja, określić ich częstotliwość (np. 2% to katastrofa zdarzająca się przeciętnie raz na 50 lat, 5% - raz na 20 lat). Negatywny wpływ katastrofy na populację określamy przez ustawienie wartości mnożnika dla reprodukcji i przeżywalności względem lat bez "katastrofy", np. 0,7 wskazuje że wartość w roku z "katastrofą" będzie wynosiła 70% normalnej wartości (z lat bez "katastrofy").

Mate monopolization

Pozostawiamy wartość domyślną 100%.

oject Settings Simulation In	put Text Output	Project Report				
cenarios: Add Delete	Reorder Curren	nt: zubr_stado_4	4_4 • Z	ubr_stado_4_4		
Scenario Settings Species Description State Variables Dispersal Reproductive System Reproductive Rates	Note: Stable age Also, initial popul To determine Use stable a	distribution may n ation can be repla distribution: ge distribution ()	ot be meaningful if some demo ced by studbook population im Use specified age distribution Population1	graphic rates are f ported from a file.	unctions of other parameter	rrs. ution
Mortality Rates Catastrophes Mate Monopolization	Initial Population	on Size	8			
Initial Population Size	Female age distr	bution		Male age distribi	ution	
Harvest Supplementation Genetics	Age 1 Age 2 Age 3 Age 4	Ulation I 0 0 1	Â	Age 1 Age 2 Age 3	0 0 0	Â
Copy input values from	Age 5 Age 6 Age 7	1 1 1		Age 5 Age 6 Age 7	1 1 1 1	
o subsequent populations Copy	Age 8 Age 9 Age 10 Age 11	0 0 0		Age 8 Age 9 Age 10 Age 11	0 0 0	
	Age 12	0		Age 12	0	

Initial Population Size

Zależnie od scenariusza bądź danych rzeczywistych należy uzupełnić w tabeli informacje dotyczące liczby osobników danej płci w danym wieku. Można też skorzystać z funkcji w której po określeniu liczebności całkowitej populacji program ustali liczebność w poszczególnych klasach płci i wieku dla populacji o stabilnym rozkładzie.

⊟ 5• Ø ⊽	🕱 Vortex 10 - doswiadczalnictwo2020 - C:\Vortex10Projects\doswiadczalnictwo2020\doswiadczalnictwo2020.xml	- 0	×	Zaloguj się	Ŧ	- 0	×
Plik Narzędzia główne Wstawianie	File Simulation Help					∕q. Udostę	pnij
Wytnij Calibri (Tekst ∨ ™ Kopiuj Kopiuj Wklej ✓ Malarz formatów	Image: Simulation Input Text Image: Simulation Input Text Output Project Report Scenarios: Add Delete Reorder Current: zubr_stado_4.4			CcE A <i>aBbCcl</i> tuł Wyróżnie		✓ Znajdź → ab cac Zamień Zaznacz →	
Wkej Malarz formatów Schowek 5	Scenarios Add Delete Reorder Current: zubr_stado_4.4 zubr_stado_4.4 zubr_stado_4.4 zubr_stado_4.4 zubr_stado_4.4 zubr_stado_4.4 Scenarios Scenarios Carrying Capacity State Variables Dispersal Dispersal Reproductive System Reproductive Rates Mortality Rates Catastrophes Mate Monopolization Initial Population Size Carrying Capacity Future change in K? Population Future change in K? Over how many years? Xanual increase or decrease -10 Insection Implement K based on a limt on some population variable other than N Population variable to be tested againt K -N Population variable other than N Population variable to be tested againt K -N During K truncation based on ISvar: 0 (see negative for dynamic; 0 for none) Cau 	Section Notes	u define that w ch use	tuł Wyróźnie		₽ Zaznacz + Edytowanie	~
Strona 6 z 6 Wyrazy: 996 []3	Copy esp	ecially if dynamic.	>			-1+	100%
🔲 🏸 🔄 🥅 🦥 Slajd T - Prezentacja	W vortex - word 🧃 🗶 Vortex 10 - doswiadcz				~ 🖭 /	≈ Φ)) 04:00	4

Carrying Capacity

W tej części określamy pojemność siedliska (to zagadnienie wcale nie jest proste i w przypadku takich gatunków jak żubr można wpływać na jego wartość np. poprzez dokarmianie, ale w przypadku wielu innych mimo pozornie "dużego" terenu, pojemność siedliska jest ograniczona np. liczbą miejsc odpowiednich do odbycia toków lub założenia gniazda). Pojemność siedliska należy podać z odchyleniem standardowym. W panelu możemy też planować zwiększenie pojemności w kolejnych latach, bądź jej zmniejszenie.

Harvest oraz Supplementation

Możliwość zabierania zwierząt z populacji lub uzupełniania jej. W przypadku wybrania tych opcji należy określić od jakiego momentu rozpocznie się działanie, w jakich interwałach czasowych oraz jakich zwierząt będzie dotyczyło.

Dispersal oraz Genetics

Z tych zakładek nie będziemy korzystać podczas ćwiczeń.

Po wprowadzeniu niezbędnych danych do programu należy zapisać plik i uruchomić symulację przez naciśnięcie zielonego trójkącika.



Po pojawieniu się okienka należy wybrać odpowiedni scenariusz i zatwierdzić. Efektem będzie mniej lub bardziej podobny obrazek:



W zakładce **Text Output** są Interesujące nas wyniki symulacji, ale znajdują się tam też kolejno podsumowane nasze dane wejściowe – łatwe do przekopiowania jako całość, wyniki deterministyczne (te z logistyczną krzywą wzrostu), podsumowanie wyników wyjściowych (dotyczące wszystkich kolejnych lat istnienia naszej populacji), tabele z wynikami.

WStawianie	2	∫ ∫ ar Det	. 🕨 ST											
Calibri (Tekst 🗸	Project Settings Simulation Input Text Output Project Report Tables and Graphs													
B I U - abe	Input Summary De	terministic R	esults Output	Summary	Output	Tables S	T Tables							
'ortex Simulations	Scenario Summaries Iteration Summaries													
	Scenario	#Runs	Population	det-r	stoch-r	SD(r)	PE	N-extant	SD(Next)	N-all	SD(Nall)	GeneDiv	SD(GD)	A
	zubr_stado_4_4	1000	Population1	0,087	0,061	0,088	0,009	83,20	19,65	82,45	21,06	0,8487	0,0549	1
	zubr_stado_2_6	1000	Population1	0,087	0,068	0,089	0,002	87,03	14,77	86,86	15,24	0,8489	0,0460	1
	zubr_stado_6_2	1000	Population1	0,087	0,041	0,101	0,090	65,41	30,58	59,55	34,61	0,7905	0,0935	

Wygodne do szybkiej wstępnej interpretacji wyników symulacji, a szczególnie porównania różnych scenariuszy są **Tables and Graphs** (wykresy mogą też ilustrować np. odchylenie standardowe (SD)).



UWAGA

Aby utworzyć nowy scenariusz należy użyć ikony Add w zakładce **Simulation Input**, po utworzeniu odpowiedniej liczby kopii scenariusza należy nazwać je (najlepiej "znacząco") a następnie zmienić w nich parametr, którym mają się różnić od pierwotnego scenariusza.

Zadanie 1.

Sprawdź jak proporcja samic i samców w stadzie początkowym utworzonym z 8 dojrzałych zwierząt wpłynie na tempo rozwoju populacji, która z nich osiągnie w tym samym czasie największą liczebność (N) (przynajmniej 3 scenariusze, minimum 30 lat, K=150). Kiedy ryzyko wymarcia (PE) jest najmniejsze? Czy proporcja płci w grupie założycielskiej ma wpływ na poziom zmienności genetycznej zachowanej na koniec badanego okresu?

Zadanie 2.

Przeprowadź 3 symulacje z wystąpieniem katastrof o różnej częstotliwości i różnej sile oddziaływania na przeżywalność i śmiertelność. Opisz wnioski z przeprowadzonych symulacji. Czy jakiś rodzaj katastrofy powoduje drastyczny wzrost ryzyka wymarcia populacji? (jej siła, częstotliwość występowania).

Zadanie 3 – dla chętnych

Przeprowadź symulację dla stada liczącego 100 osobników (przy stabilnej strukturze wiekowo-płciowej, K=250, okres 20 lat), w którym dochodzi do obniżenia poziomu reprodukcji. Sprawdź manipulując tą wartością jaki jest poziom krytyczny, który zahamuje wzrost populacji. Przy jakim poziomie reprodukcji populacja zacznie się kurczyć a ryzyko jej wymarcia przekroczy 5%?