

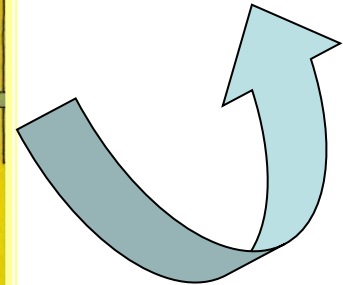
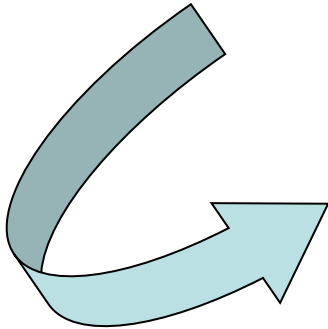
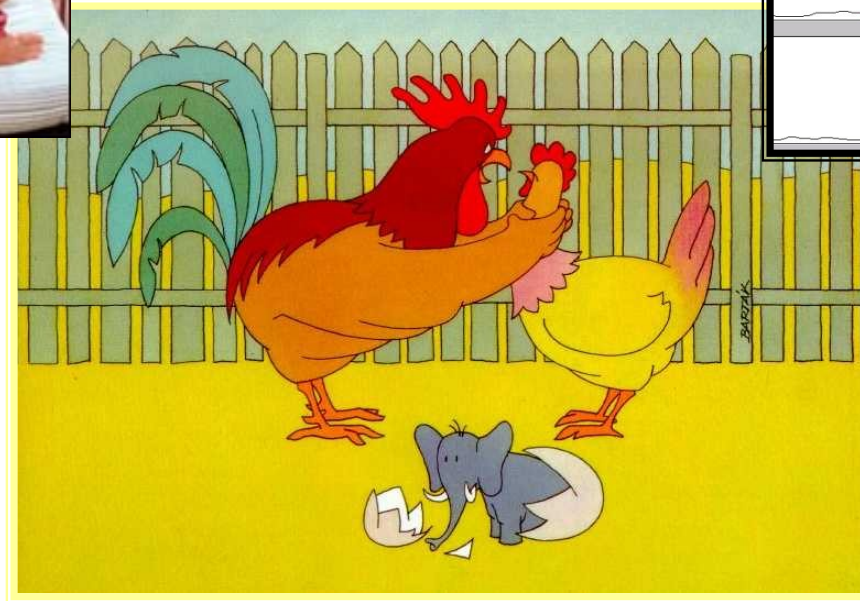
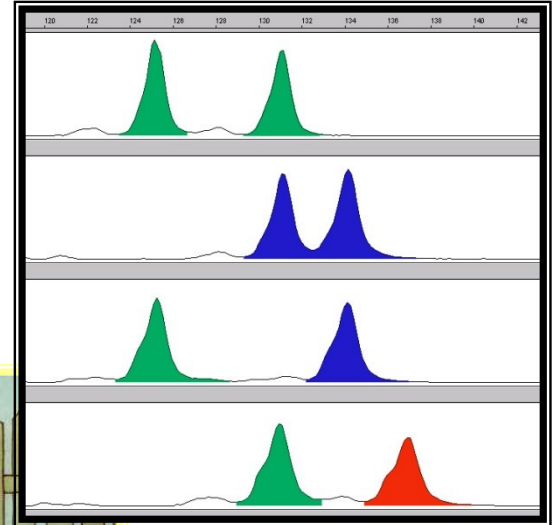
Molekulární přístupy v behaviorální ekologii

- **Párovací systémy (mating systems)**
 - Extra-pair fertilizations
 - Conspecific brood parasitism
 - Mate choice (pre- and postcopulatory)
 - Social breeding (relatedness)
- **Manipulace poměrem pohlaví**
 - Adaptive sex ratio
 - Sex ratio conflicts
- **Sex-biased dispersal (pop-gen methods)**
- **Foraging**
 - Identifying prey, individual food preferences

Parentage analysis



Určení otce, matky nebo obou



Jones AG, Ardren WR, 2003, Mol Ecol (invited review)

Proč zjišťovat paternitu?



- mimopárové oplození – otec vychovatel vs. genetický otec
- stanovení počtu reprodukčně-aktivních jedinců v populaci
- studium faktorů ovlivňujících fitness (reprodukční úspěšnost)
- vícenásobná paternita – analýzy párovacího systému (detekce promiskuity aj.)



Paternita x maternita x rodičovský pár

Známe jednoho rodiče

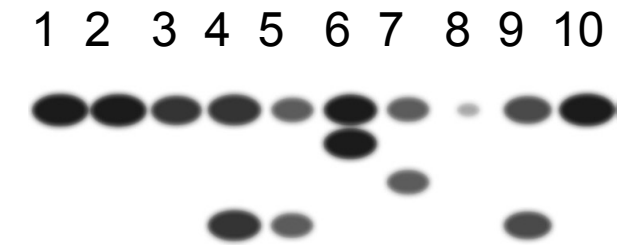


Neznáme žádného rodiče

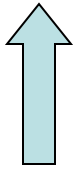
Historie

- již první studie genetického polymorfismu → genetické techniky mohou rozlišit nejisté otcovství → jedno z hlavních témat molekulární ekologie
- chromosomal polymorphism
- allozyme electrophoresis
- DNA fingerprinting – overturn of existing paradigms in behavioural ecology (birds)
- statistical techniques for single-locus polymorphism (allozymes) – departure from practice (i.e. DNA fingerprinting)

Historie

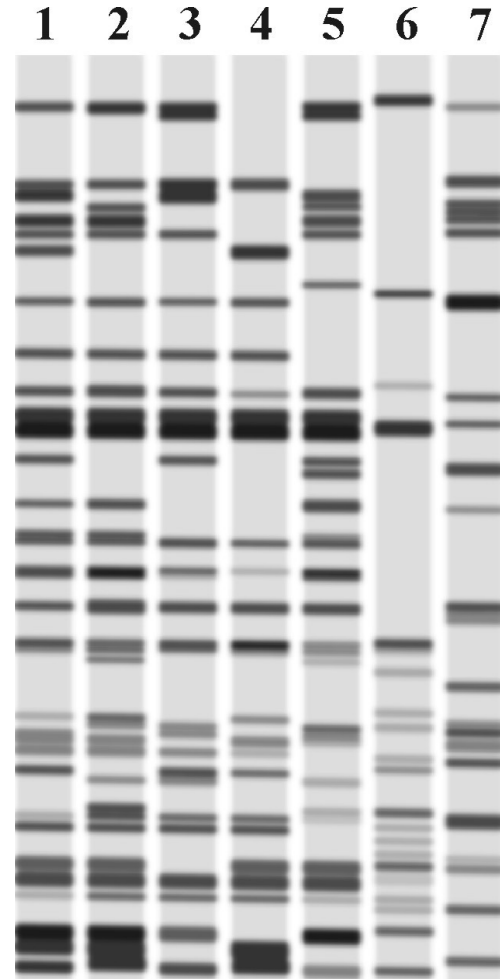


allozymes



low variation

multi-locus genotype



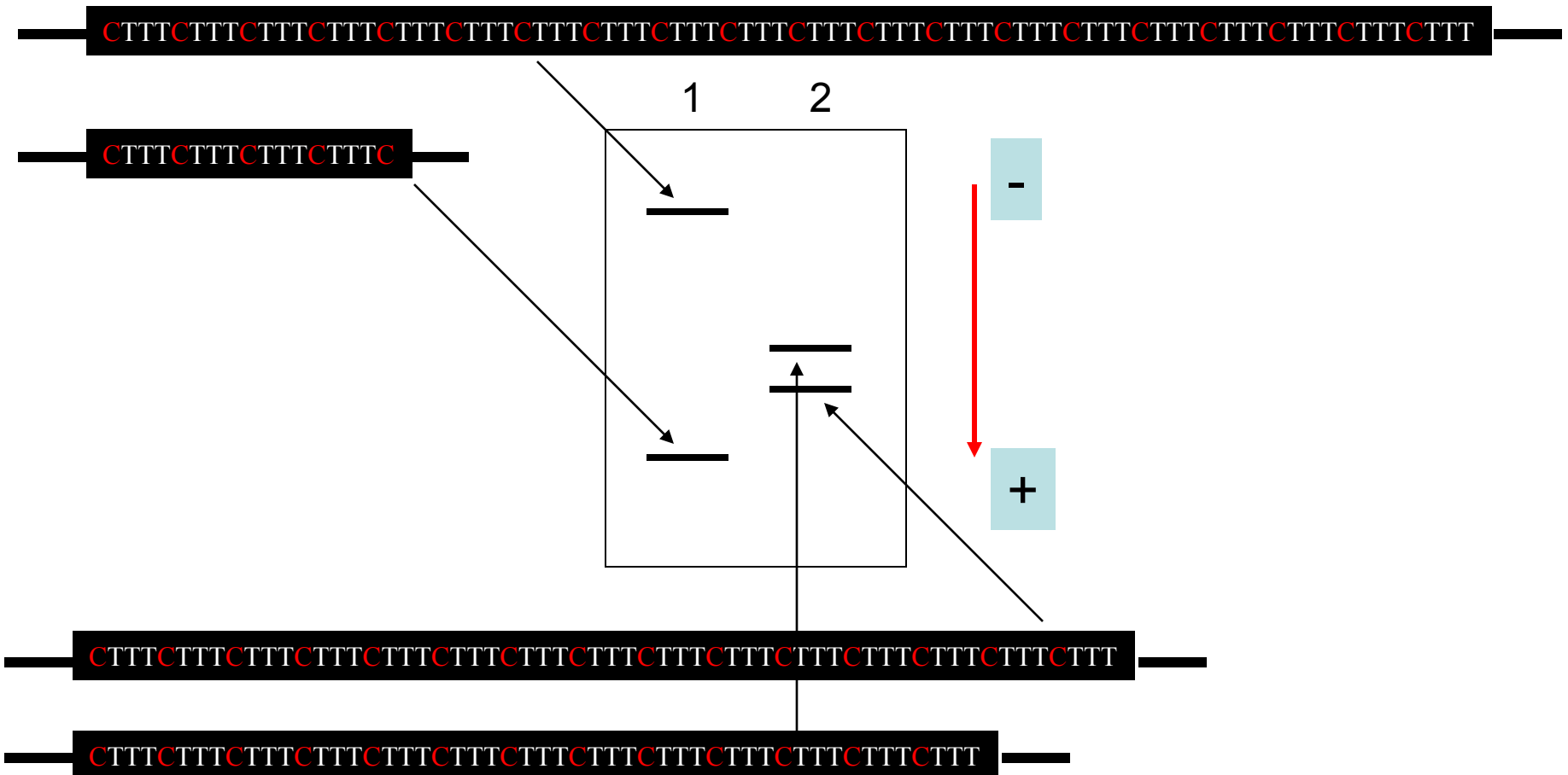
DNA fingerprinting, RAPD
absence of theoretical models

Využití mikrosatelitů

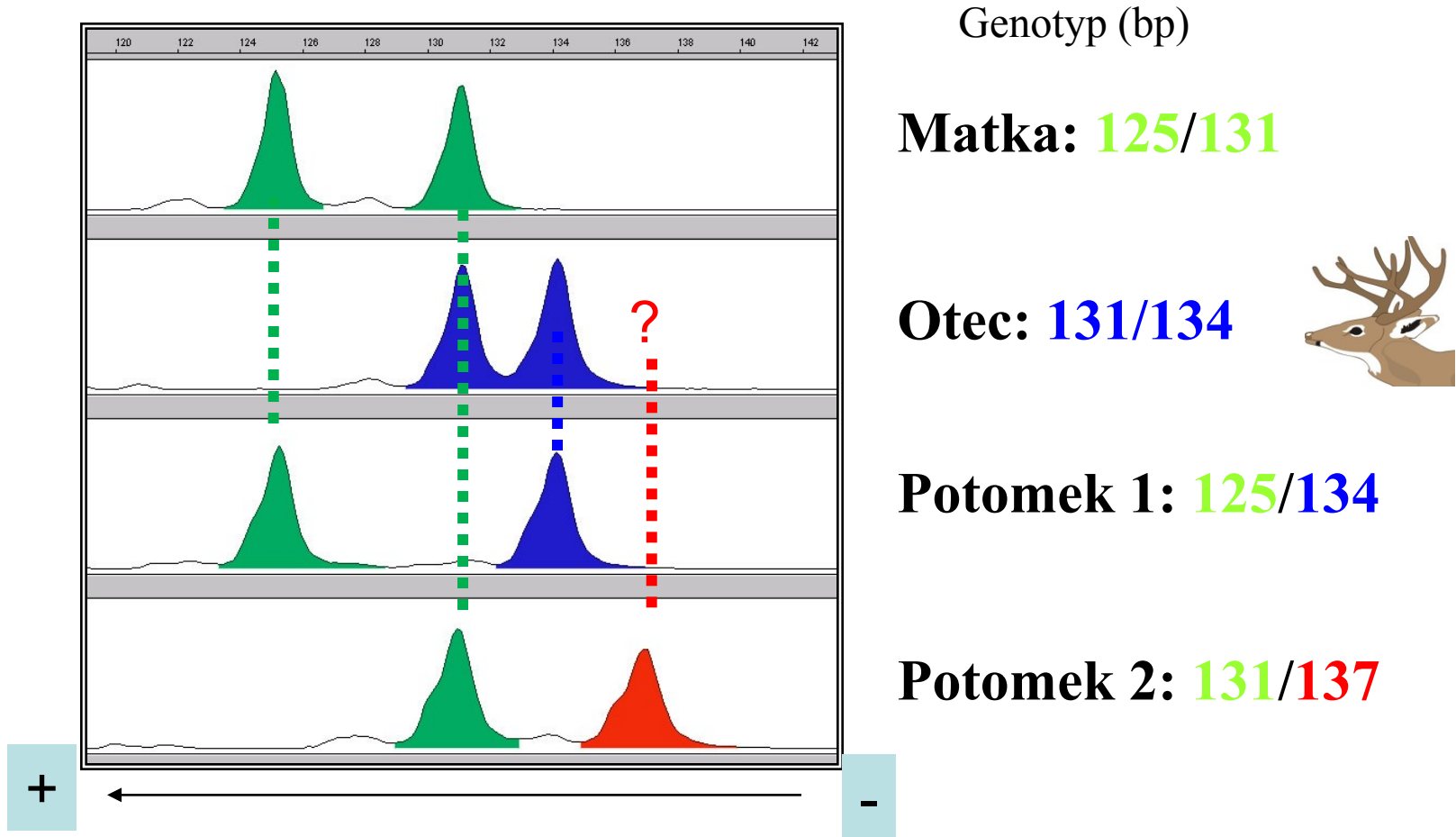
(dnes nejčastěji používané markery pro stanovení paternity)

- Spojení teorie (statistické modely) a praxe (vysoce polymorfní single-locus markery)
- Tandemová opakování krátkých motivů
- Např. $(CTTT)_n$ nebo $(CA)_n$
- Vysoce polymorfní
- Jednoduchá mendelovská dědičnost - kodominantní

Alely se liší délkou – analýza dvou jedinců



Příklad analýzy jednoho lokusu – fragmentační analýza PCR produktů (kodominantní markery = jednoduchá mendelovská dědičnost)



Sledovaný otec mohl zplodit potomka 1, ale zcela jistě není otcem potomka 2



Proteinový fingerprinting

- Hohol severní
Andersson & Åhlund 2000
- Proteiny z bílku vajec
- isoelectric focusing
in immobilized pH gradients
- Vnitrodruhový hnízdní parazitismus
(více než polovina hnízd)
- Zanáší si zřejmě příbuzné samice

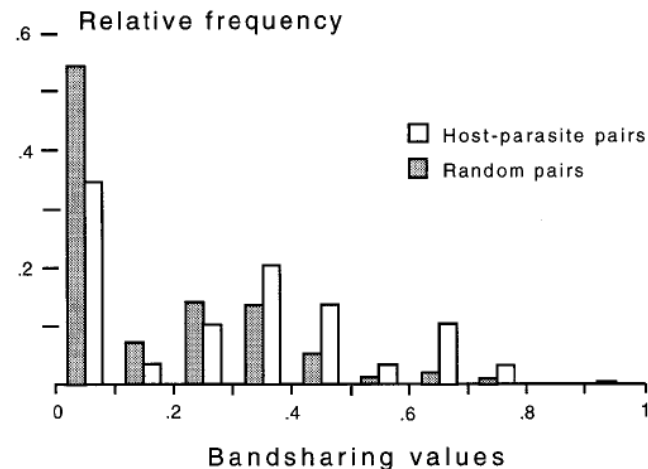


Fig. 2. Distribution of bandsharing values in the 29 pairs of host and primary parasite in 1986 and in the 861 different random pairs that can be drawn among the 42 other females not involved in host-parasite relationship with each other. Bandsharing values are significantly higher for the host-parasite pairs than for the randomly formed pairs (see *Host-Parasite Relatedness*).

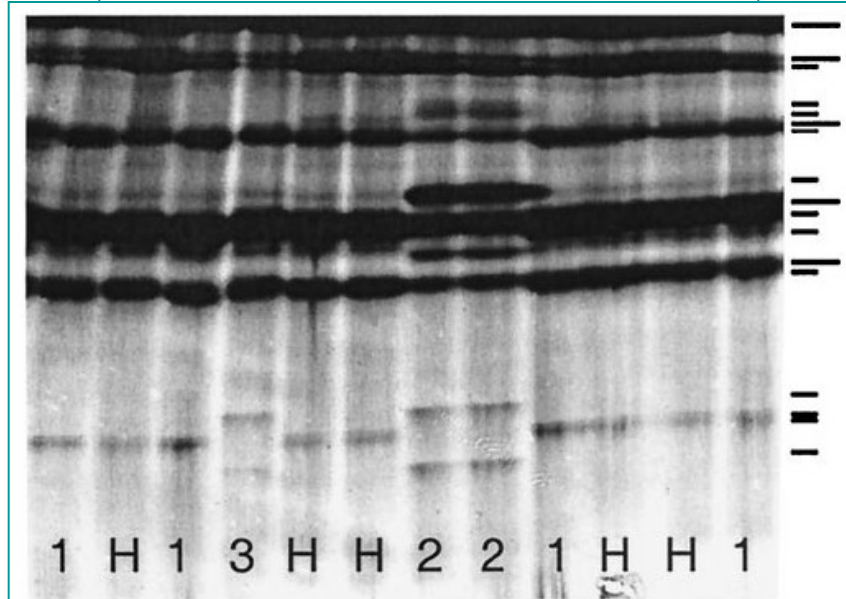


Fig. 1. Electrophoretic gel with albumen band patterns for the 12 eggs of a goldeneye clutch parasitized by three females. There are five host eggs (lanes marked H) and four, two, and one parasite eggs (lanes marked 1, 2, and 3, respectively). Bands that were scored for bandsharing analysis are marked with a short dash in the margin. Several different bands occur in all 902 eggs and can therefore be used as location references; they are marked with a longer dash.

Statistical methods of parentage analysis

- **Exclusion (vyloučení)**

nekompatibilita mezi rodičem a potomkem →
zamítnutí rodičovství

- **Categorical and fractional likelihood**

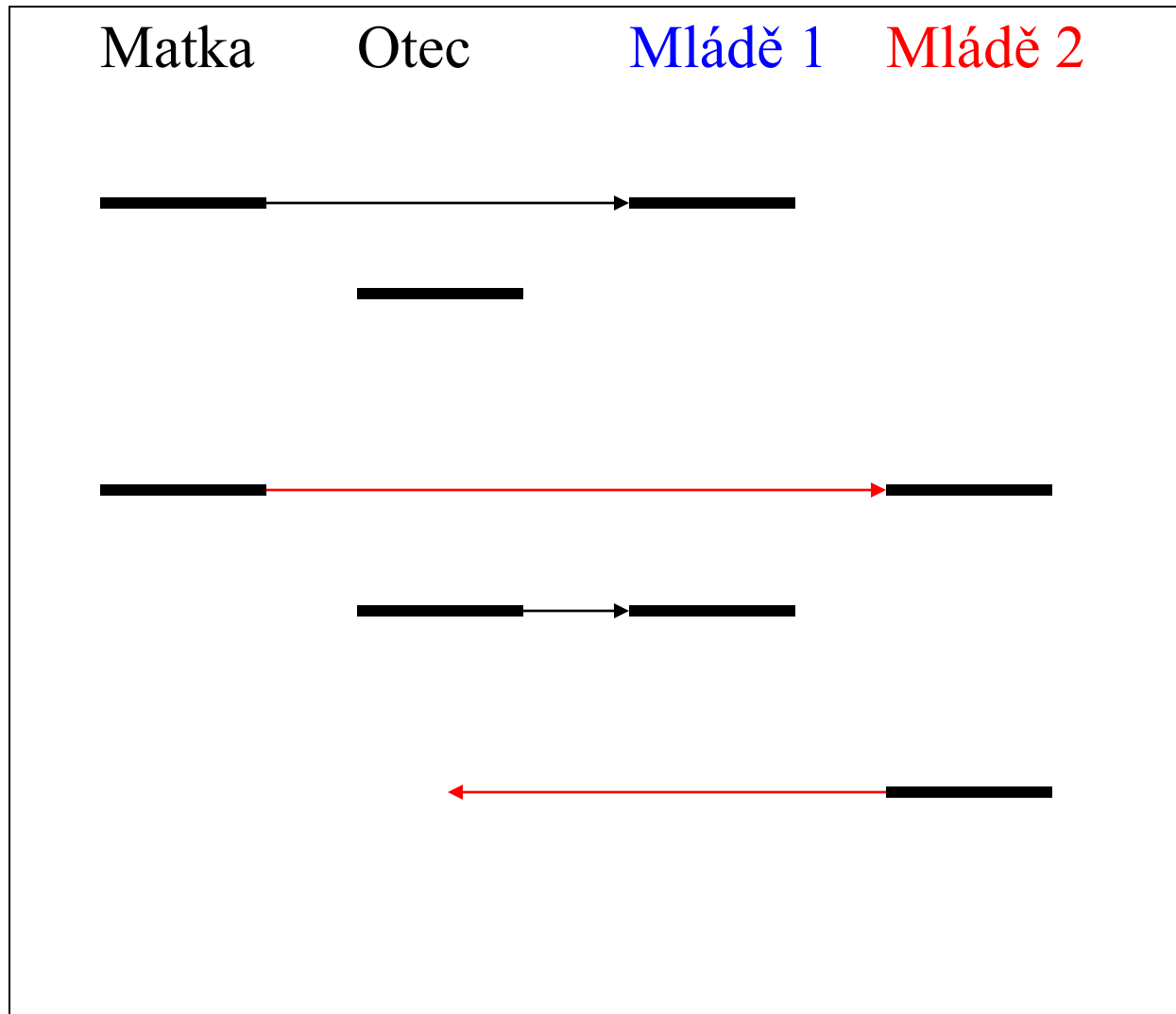
nelze vyloučit více jedinců – pravděpodobnost závisí na frekvencích
alel v populaci

- **Parental reconstruction**

z genotypů potomků z jedné rodiny rekonstrukce genotypu rodičů

srovnání se skupinou potenciálních rodičů nebo srovnání navzájem
mezi potomky k určení „multiple paternity“

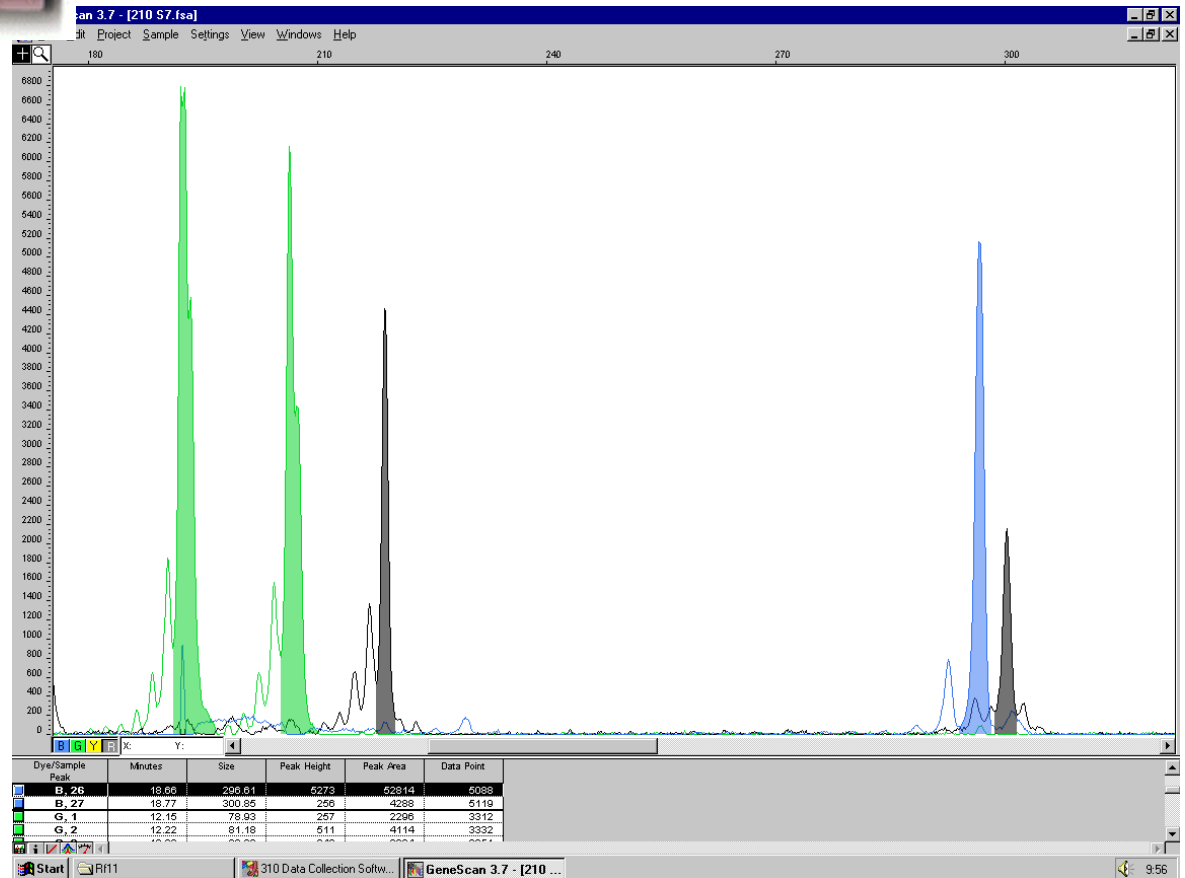
Určení paternity – exclusion principle



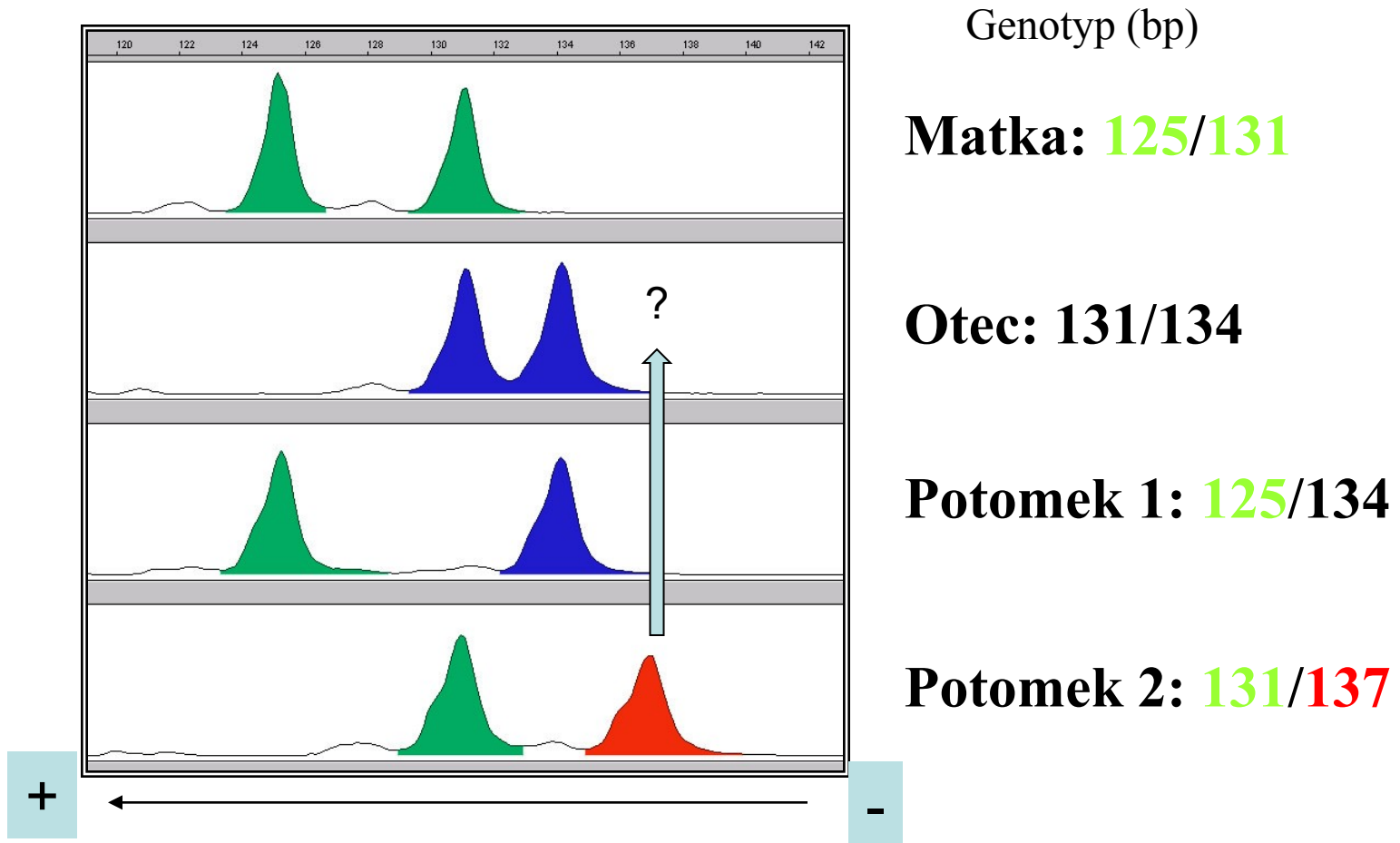
Fragmentační analýza



Je možné analyzovat několik lokusů najednou.



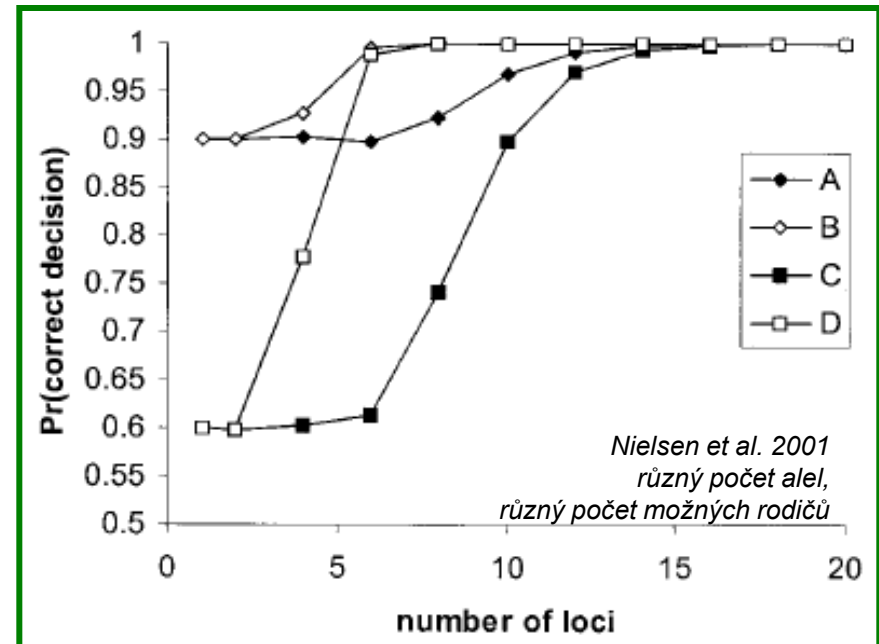
Princip vyloučení („exclusion principle“)



Sledovaný otec mohl zplodit potomka 1, ale zcela jistě není otcem potomka 2

Kolik je třeba lokusů?

- Nutný počet není absolutní
- Dáno:
 - ✓ počtem alel
 - ✓ heterozygotností
 - ✓ četností alel
 - ✓ velikostí vzorku
- ideální - hypervariabilní lokusy stačí třeba jen 3



- Tedy nejdříve je nutná **pilotní studie dospělců** v populaci
- → výpočet **Exclusion probability**

Exclusion probability

- Pravděpodobnost, že genotyp náhodně vybraného jedince nebude pasovat na potomka
- Závisí na počtu lokusů a alel
- Jiné hodnoty pro prvního a druhého rodiče
- Dobré jsou hodnoty okolo 0,99
- Vypočítá například Cervus

- od v. 3.0 výše už počítá „the combined non-exclusion probabilities across all loci“ = these represent the average probability of not excluding a single randomly-chosen unrelated individual from parentage at one or more loci. (dobré jsou hodnoty pod 0,01)

Exclusion - komplikace

- Mendelian rules of inheritance: genotyping errors, null alleles, mutations → false exclusions in strict conditions

„Null alleles“ a „genotyping error“

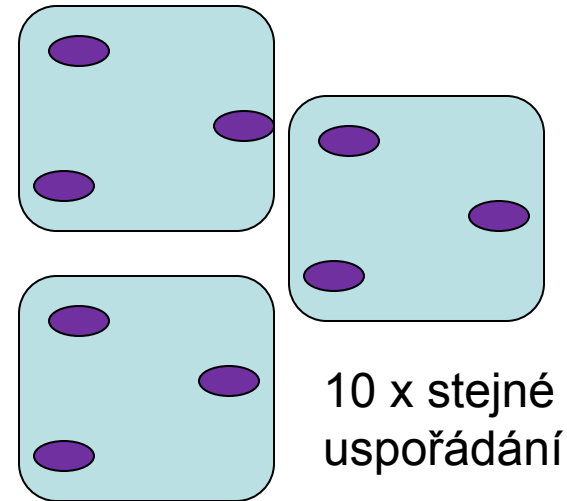
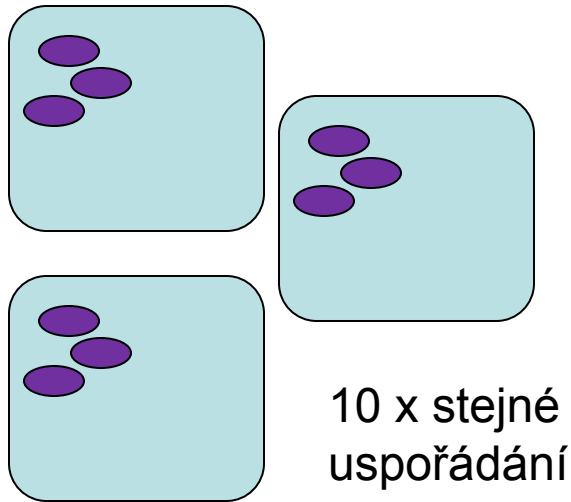
	lokus 1 null alleles		lokus 2 genotyping error	
Matka	100	150	300	350
Samec 1	100	100	300	367
Mládě	150	150	350	365

Samec 1 je vždy opravdovým otcem, ale jednoduchá „exclusion“ metoda ho vždy vyloučí

Exclusion - komplikace

- Mendelian rules of inheritance: genotyping errors, null alleles, mutations → false exclusions in strict conditions
- Extended family structure (příbuznost potenciálních rodičů) – nejhorší jsou sourozenci
- Linked loci – decrease of variation
- Loci on sex chromosomes
- Problémy narůstají s rostoucím množstvím jedinců a lokusů
- „Exclusion“ je velmi užitečná metoda např. v experimentech, kde jsou všichni rodiče předem známi a zgenotypováni

Př.: Faktory ovlivňující celoživotní fitness u hořavky duhové

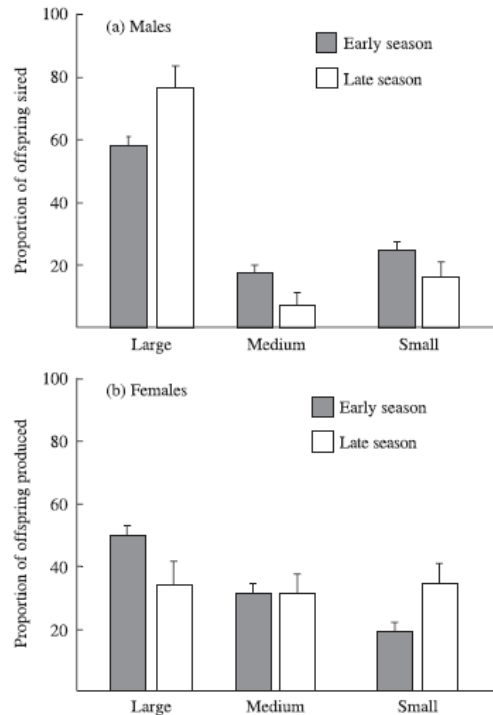
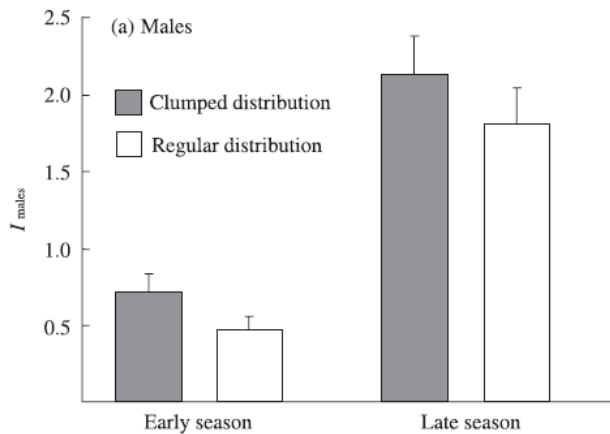


- 3 páry hořavek v každé nádrži
- přes 4000 embryí (odebírány v pravidelných intervalech, 5 mikrosatelitů)



- velikost těla
- kondice
- zbarvení duhovky
- velikost gonád
- parazitofauna

Př.: Faktory ovlivňující celoživotní fitness u hořavky duhové



Nahloučená distribuce = selekce na velikost gonád

Rovnoměrná distribuce = selekce na velikost těla

Fig. 3 Mean (+ 1 SE) proportion (in percent) of offspring sired by individual (a) male and (b) female bitterling in relation to the body size categories at the start (dark columns) and end (open columns) of the reproductive season.

„velikost těla u samců rozhoduje“



„opportunity for sexual selection“

Mutace

Ibarguchi et al. 2004

- Obvykle se zanedbávají
- Mohou však být i poměrně časté – vysoká mutační rychlost mikrosatelitů
(4.5×10^{-2} - 5.1×10^{-6} na lokus)
- Navíc častější u samců (2 až 6x)
- → Vyloučení na základě jednoho lokusu může být špatně !!!

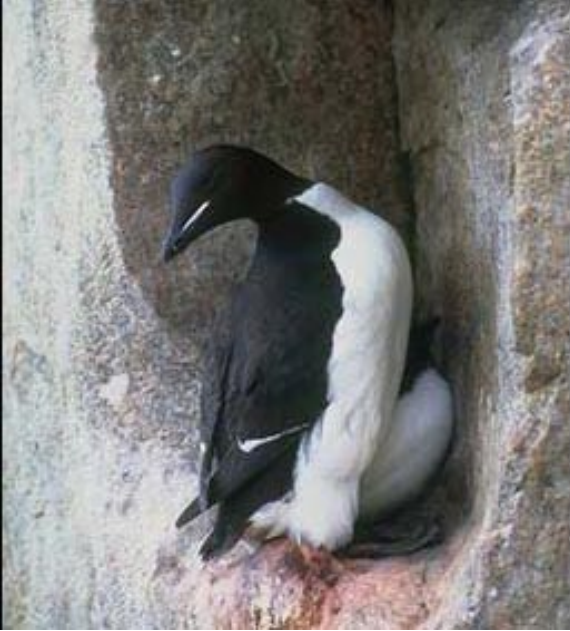
Řešení

- Použít více lokusů
- **Probability of resemblance (P_R)**

Podívám se na ostatní lokusy a vypočítám s jakou pravděpodobností mohou alely sdílet dva nepříbuzní jedinci.

$$P_{R_{a_i}} = (2p_a - p_a^2)^2$$

$$P_{R_{a_{\text{Gen}}}} = \prod_r (P_{R_{a_r}}).$$



Uria lomvia

Ibarguchi et al. 2004



- **22%** mimopárová paternita bez korekce na mutace
- **7%** mimopárová paternita s korekcí soulad s jinou použitou technikou

Categorical x fractional likelihood

- „likelihood“ skóre je vypočítáno na základě genotypů potomka a všech nevyloučených rodičovských genotypů (na základě frekvencí alel v populaci)
- **Categorical I.:** potomek jako jednotka přiřazen otci, biologicky validní
- **Fractional I.:** potomek přiřazen všem kompatibilním otcům. Statisticky přesnější a proto někdy výhodnější (např. lepší pro srovnání reprodukčního úspěchu různých kategorií samců)



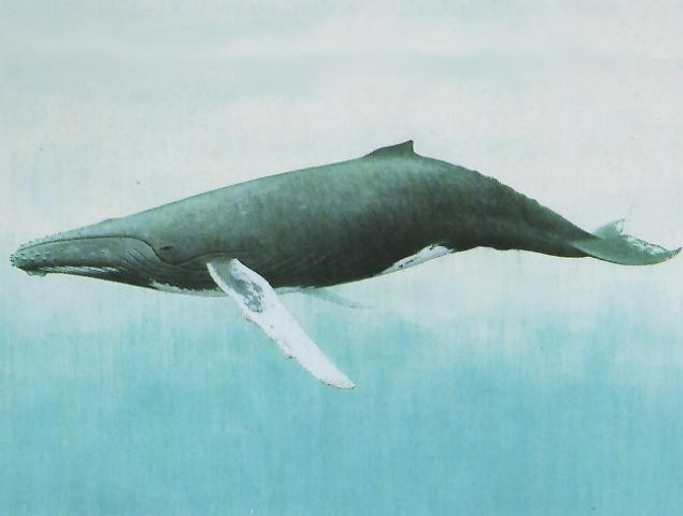
Categorical allocation

- a) hledáme otce
- b) hledáme matku
- c) hledáme oba rodiče
- d) hledáme oba rodiče, ale neznáme pohlaví jednotlivých kandidátů

... více viz program CERVUS

Fractional allocation

- přiřadí určitou frakci (mezi 0 a 1) každého potomka všem nevyločeným kandidátním rodičům
- the portion of an offspring allocated to a particular candidate parent is proportional to its likelihood of parenting the offspring compared to all other nonexcluded candidate parents



*Megaptera
novaeangliae*

Nielsen et al. 2001



- Až 25 samců se pokouší pářit se samicí
- Různé role samců - dominantní společník a vyzyvatel, sekundární společníci
- 6 mikrosatelitových lokusů
- Fractional likelihood paternity method
- Dominantní samci mají asi 3x více mláďat (je to ale neprůkazné)

Categorical and fractional likelihood - nevýhody

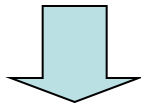
- male's likelihood of paternity is positively related to his **homozygosity** (homozygotes have higher likelihood to have the same allele with the progeny) → be careful when estimating variance in reproductive success
- **categorical** – overestimate the reproductive success of homozygotes and underestimate that of heterozygotes
- **fractional** – a priori equal probability of paternity (required by the technique) underestimates variance in reproductive success

Genotypic (parental) reconstruction

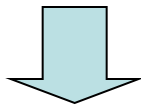
- rekonstrukce parentálních genotypů z velkého množství genotypů potomků (full- or halfsibs)
- exhaustive algorithm
- extremely computationally intensive
- nejčastěji při analýzách paternity u ryb

Choosing the method

- sampling of unknown parents (all, some, none)
- sampling large groups of full- or halvesibs (yes, no)
- a priori known parents (both, one, neither)



preferred technique



no sufficient markers

alternative technique



choosing computer program

Počítačové programy

- Cervus, Newpat, Probmax, Kinship, Famos, Papa, Parente, Patri, Gerud
- available online – see Jones & Ardren (2003)
- the most important differences – handling sources of difficulty (null alleles, mutations, scoring errors)

Co je nejdůležitější?

- Kvalitní data z terénu či experimentů!
- Nejlépe všichni dospělci z populace, behaviorální a jiná fenotypická data, mláďata přiřazena do rodin (matka + sociální partner)
- Špatná data = špatné výsledky

Stane se, že nemohu získat vzorky všech dospělých jedinců z populace (potenciálních rodičů) nebo nelze říci, která mláďata jsou z jedné rodiny

- Nemusí se zdařit najít rodiče všem potomkům
- I tak ale mohu zjistit ledacos zajímavého (multiple paternity)

Příklad

genotypy matky a embryí

	lokus 1		lokus 2	
Matka	100	150	300	350
1. embryo	100	115	300	320
2. embryo	150	120	350	310
3. embryo	120	100	350	365

Alely od matky

	lokus 1		lokus 2	
Matka	100	150	300	350
1. embryo	100	115	300	320
2. embryo	150	120	350	310
3. embryo	120	100	350	365

Na druhém lokusu více **než dvě alely**,
které nejsou od matky → více otců

... nebo mutace – data nutno korigovat – viz *Uria lomvia*

Apodemus agrarius

mláďata až od tří samců



- „Multiple paternity“ závisí na sezóně (populační hustotě dostupných samců?)
- v létě již prakticky neexistují vrhy zplozené jedním samcem
 - výrazné mezidruhové rozdíly v rámci rodu *Apodemus*

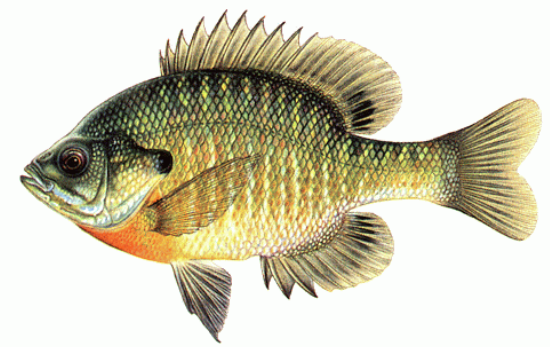


Orangutan na Sumatře (paternity)

- Nápadný dimorfismus
(vystouplé tváře a hrdelní vaky u samců)
- Předpoklad:
Samci bez nápadných znaků hormonálně suprimováni a nemnoží se
- Mikrosatelity – 50 % mláďat je od samců bez nápadných znaků → **alternativní strategie**

L. macrochirus

Lepomis (maternity)



- Samec (bourgeois male) hlídá hnízdo s jikrami
 - *L. marginatus*, *L. punctatus*, *L. auritus*
samec má v hnízdě jikry od několika samic
 - *L. macrochirus*
tři typy samců (alternativní reprodukční strategie):
bourgeois (> 7 let, staví hnízda)
mladí samci (vjíždějí do hnízd a vypouštějí spermie)
nespárovaní staří samci (napodobují samice)
- 20% potomků není od bourgeois

Skladování spermií



Chrysemys picta

- Dny u savců
týdny u ptáků nebo hmyzu
měsíce u mloků
roky u hadů a želv
- *Chrysemys picta*
mikrosatelity → po 3 roky mláďata od stejného otce, opakované páření se stejným otcem je nepravděpodobné

Varan – Zoo Liberec – mláďata po dvou letech od úmrtí samce

Ptáci

- Řada druhů považována za monogamní (pěvci)
- Ale u 75 % druhů ptáků mimopárová mláďata
- Skutečně monogamní pěvci – jen 14% (*Phylloscopus*)



Sialia sialis

8-35 % mimopárových mláďat



Emberiza schoeniclus

až 55% mimopárových mláďat



Malurus cyaneus

až 72% mimopárových mláďat



Odhad % mimopárových mlád'at

- Dostatečný vzorek pro odhad
- Více než 200

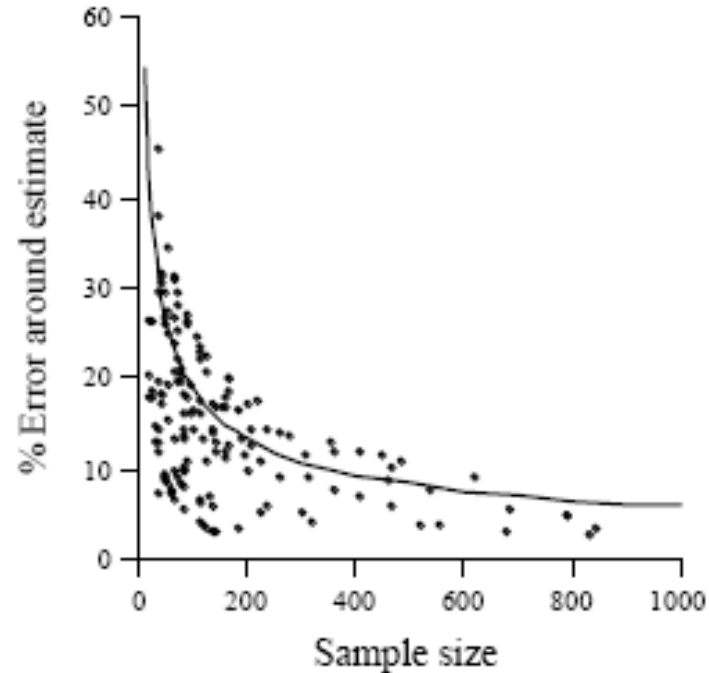


Fig. 2 The magnitude of error around actual estimates of EPP levels against the sample size of those studies. '% error' on the vertical axis refers to the magnitude of the difference between the upper and lower 95% confidence intervals around an estimate. The line plotted is this '% error' for a hypothetical population with a rate of 15% EPP across different sample sizes.



Photo Tavi Grepp

Halichoerus grypus

tuleň kuželozubý

Wilmer et al. 1999

- Kolonie, dimorfismus → polygynie
 - Dvě skotské kolonie North Rona a Isle of May
 - Vzoroky ze zhruba deseti let
 - 9 mikrosatelitových lokusů
 - IDENTITY, NEWPAT, CERVUS
-
- Samci z centra kolonie úspěšnější (až 30x)
 - Samci reprodukčně aktivní 10 let i déle
 - Pro více než polovinu mláďat nenalezení otci → role páření ve vodě



Nejčastěji používané programy

- CERVUS
- NEWPAT
- FAMOZ
- a další



Jones AG, Ardren WR (2003) Methods of parentage analysis in natural populations. *Molecular Ecology* 12:2511-2523.

CERVUS

- využívá výpočtu „likelihood“
- přidává váhu jednotlivým alelám na základě jejich frekvence
- možnost nastavení míry genotypizační chyby, bere v úvahu nulové alely

CERVUS

PRVNÍ VERZE

- Marshall TC, Slate J, Kruuk LEB, Pemberton JM (1998) **Statistical confidence for likelihood-based paternity inference in natural populations.** *Molecular Ecology* 7 (5) , 639–655

AKTUÁLNÍ VERZE 3.0

- Kalinowski ST, Taper ML, Marshall TC (2007) **Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment.** *Molecular Ecology* 16: 1099-1006.

DOWNLOAD - www.fieldgenetics.com

CERVUS

Možnost použití

a) hledáme otce

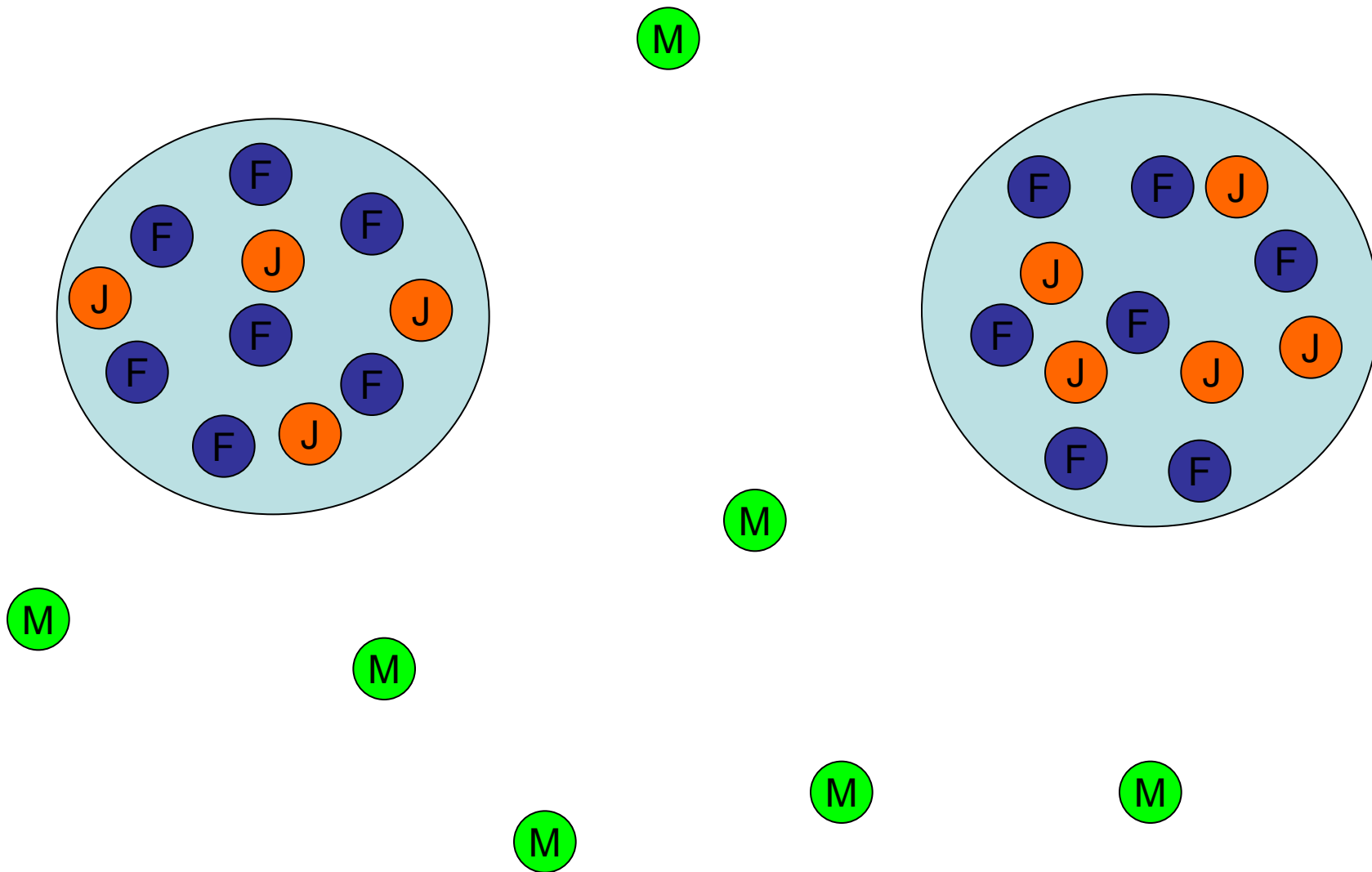
b) hledáme matku

c) hledáme oba rodiče

d) hledáme oba rodiče, ale neznáme pohlaví jednotlivých kandidátů



Typický příklad: Maternita a paternita u netopýrů



Omezení v programu CERVUS

- pouze diploidní data
- pouze kodominantní lokusy (např. mikrosatelity)
- lokusy nesmí být ve vazbě (test v Genepop 4.0)
- jen malé odchylky od HW rovnováhy

Vstupní soubor



- 2 možnosti
 - vytvoření csv souboru v MS Excell
 - konverze z formátu jiného programu (Genepop, Kinship, Genetix)

Vytvoření csv souboru

	A	B	C	D	E	F
1	ID	Loc1a	Loc1b	loc2a	loc2b	loc3a
2	1	155	155	128	130	256
3	2	155	157	124	128	258
4	3	159	152	124	124	254
5	4	155	157	126	124	254

Save in: D:\Cervus

cervus_test - WordPad

File and Folder Tasks

- Rename this file
- Move this file
- Copy this file
- Publish this file to the Web
- E-mail this file
- Print this file
- Delete this file

Other Places

- Removable Disk (D:)
- My Documents
- My Computer
- My Network Places

Details

Context Menu:

- Open
- Print
- Convert to Adobe PDF
- Convert to Adobe PDF and EMail
- Scan cervus_test.csv
- Open With
 - Microsoft Excel
 - WordPad
- Add to archive...
- Add to "cervus_test.rar"
- Compress and email...
- Compress to "cervus_test.rar" and email
- Send To
- Cut
- Copy
- Create Shortcut
- Delete
- Rename
- Properties

```
ID;Loc1a;Loc1b;loc2a;loc2b;loc3a;loc3b
1;155;155;128;130;256;254
2;155;157;124;128;258;258
3;159;152;124;124;254;258
4;155;157;126;124;254;254
5;159;157;128;130;256;258
6;159;159;130;132;260;252
```

Replace

Find what: ;

Replace with: ,

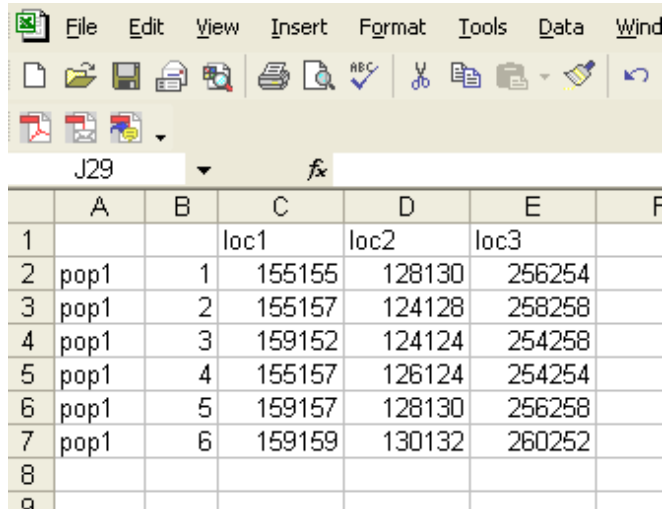
Match whole word only

Match case

Buttons: Find Next, Replace, Replace All, Cancel

Input file – konverze z jiného formátu

Příklad – konverze z Genetix



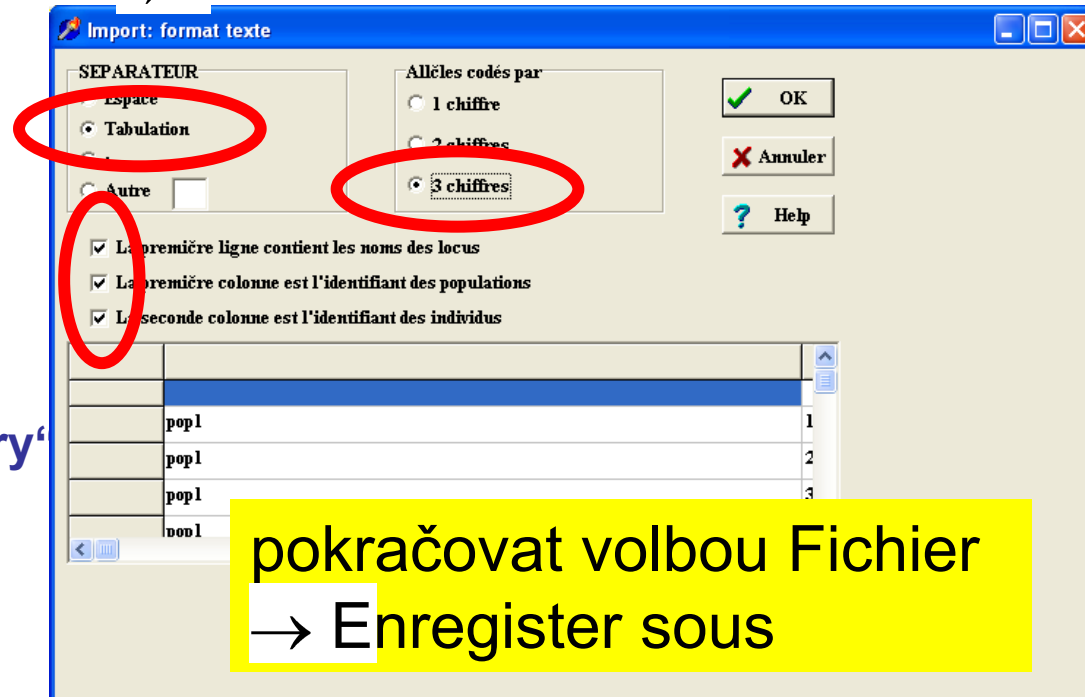
	A	B	C	D	E	F
1			loc1	loc2	loc3	
2	pop1	1	155155	128130	256254	
3	pop1	2	155157	124128	258258	
4	pop1	3	159152	124124	254258	
5	pop1	4	155157	126124	254254	
6	pop1	5	159157	128130	256258	
7	pop1	6	159159	130132	260252	
8						
9						

funkce CONCATENATE

Uložit jako „Text oddělený tabulátory“

Cesta v Genetix:

Fichier → Importer → vybrat soubor,
označit Text avec séparateur



Import: format texte

SEPARATEUR

Espace

Tabulation

Autre

Allèles codés par

1 chiffre

2 chiffres

3 chiffres

La première ligne contient les noms des locus

La première colonne est l'identifiant des populations

La seconde colonne est l'identifiant des individus

OK

Annuler

Help

pop1 1

pop1 2

pop1 3

pop1

pokračovat volbou Fichier
→ Enregistrer sous



Načtení dat do Cervus

Otevření souboru:

.CSV

File → View text file → vybrat soubor

Z Genetix

Tools → Convert genotype file → Genetix to Cervus → vybrat soubor (Source file) a vybrat umístění a název konvertovaného souboru (Save as)

Cervus 3.0 - [Text file: cervus_sk2.txt]

File Edit Analysis Tools Options Window Help

ID	Loc1a	Loc1b	loc2a	loc2b	loc3a	loc3b
1	155	155	128	130	256	254
2	155	157	124	128	258	258
3	159	152	124	124	254	258
4	155	157	126	124	254	254
5	159	157	128	130	256	258
6	159	159	130	132	260	252

Cervus 3.0 - [Genotype file conversion: cervus_z_genetix...]

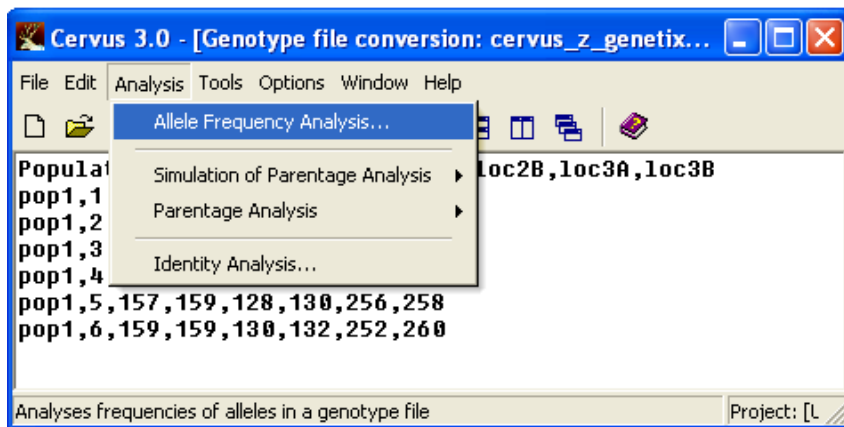
File Edit Analysis Tools Options Window Help

Population	ID	loc1A	loc1B	loc2A	loc2B	loc3A	loc3B
pop1	1	155	155	128	130	254	256
pop1	2	155	157	124	128	258	258
pop1	3	152	159	124	124	254	258
pop1	4	155	157	124	126	254	254
pop1	5	157	159	128	130	256	258
pop1	6	159	159	130	132	252	260

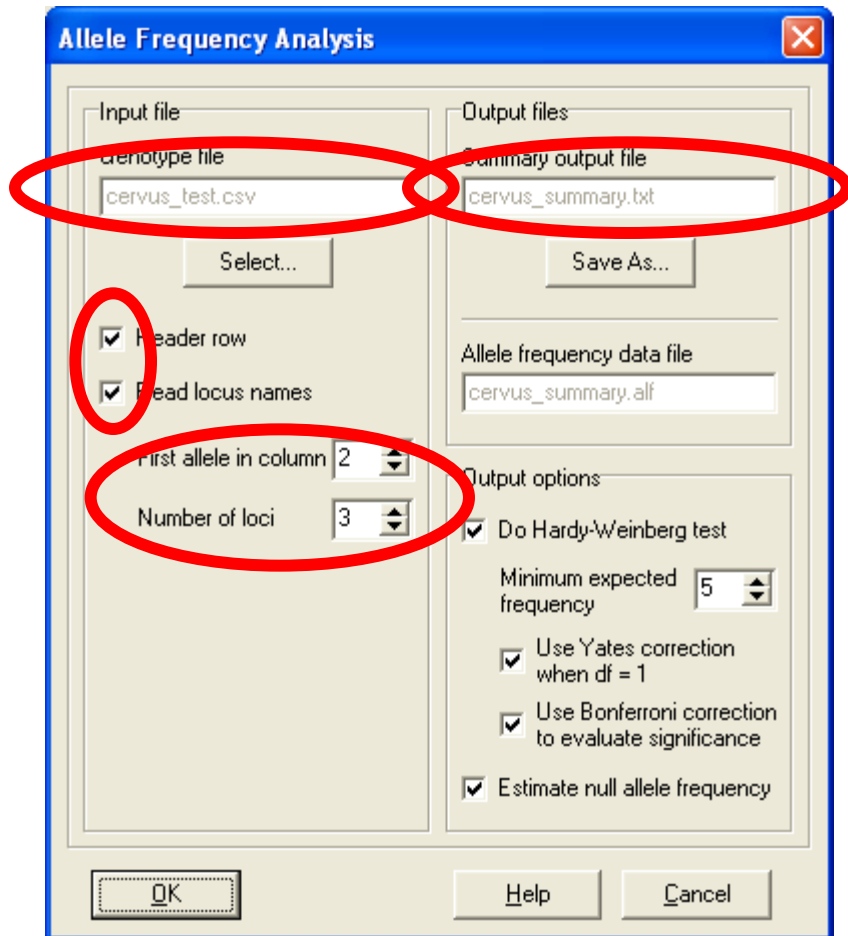
Project: [L

Analýza dat

1) Frekvence alel



lépe počítat pouze pro
dospělé, bez mláďat



Analýza dat

Locus	k	N	HObs	HExp	PIC	NE-1P	NE-2P	NE-PP	NE-I	NE-SI	HW	F(Null)
loc1	4	6	0.667	0.773	0.652	0.721	0.555	0.385	0.141	0.431	NS	+0.0167
loc2	5	6	0.833	0.818	0.708	0.658	0.481	0.300	0.105	0.401	*	-0.0355
loc3	5	6	0.667	0.803	0.692	0.674	0.498	0.315	0.114	0.410	***	+0.0050

počet alel

počet zgenotypovaných
jedinců

pozorovaná
heterozygotnost

očekávaná

heterozygotnost

míra informativnosti daného
polymorfismu

non-exclusion probabilities

p pro test na nulové
alely
 p pro test odchylky od HW
rovnováhy

Analýza dat

2) Simulace

Cervus 3.0 - [Allele frequency analysis: cervus_summary.txt]

File Edit Analysis Tools Options Window Help

Allele Frequency Analysis...
Simulation of Parentage Analysis ▶
Parentage Analysis ▶
Identity Analysis...

Maternity...
Paternity...
Parent Pair (Sexes Known)...
Parent Pair (Sexes Unknown)...

**** Summary statistics ****

Locus	k	N	HObs	HExp	PIC	NE-1P	NE-2P	NE-PP	NE-I	NE-SI	HW	F(Null)
Loc1	3	5	0.600	0.733	0.586	0.782	0.635	0.486	0.189	0.467	ND	ND
loc2	5	6	0.833	0.818	0.708	0.658	0.481	0.300	0.105	0.401	ND	ND
loc3	5	6	0.667	0.803	0.692	0.674	0.498	0.315	0.114	0.410	ND	ND

Number of individuals: 6
Number of loci: 3
Mean number of alleles per locus: 4.33
Mean proportion of individuals typed: 0.9444
Mean expected heterozygosity: 0.7848
Mean polymorphic information content (PIC): 0.6620

Project: [Unint...

Simulation of Parentage Analysis

Input file
Allele frequency data
cervus_summary.alf
Select...

Output files
Summary output file
cervus_test_sim.txt
Save As...

Simulation data file
cervus_test_sim.sim

Confidence
Calculate confidence using:
 LOD
 Delta

Confidence levels:
Relaxed (%) 80.00
Strict (%) 95.00

Simulated genotypes
Offspring 500
Candidate fathers 20
Prop. sampled 0.9000000
Prop. loci typed 0.9444444
Prop. loci mistyped 0.0100000
Minimum typed loci 2

OK Options... Help Cancel

lépe počítat pouze pro
dospělé, bez mláďat

Analýza dat – výstup simulace

**** summary statistics ****

Critical values and success rates (one parent known):

Level	Confidence(%)	Delta Criterion	Tests	Success Rate
strict	95.00	0.51	8833	88%
Relaxed	80.00	0.00	9387	94%
Unresolved			613	6%

Critical values and success rates (neither parent known):

Level	Confidence(%)	Delta Criterion	Tests	Success Rate
strict	95.00	0.95	6815	68%
Relaxed	80.00	0.00	9471	95%
Unresolved			529	5%

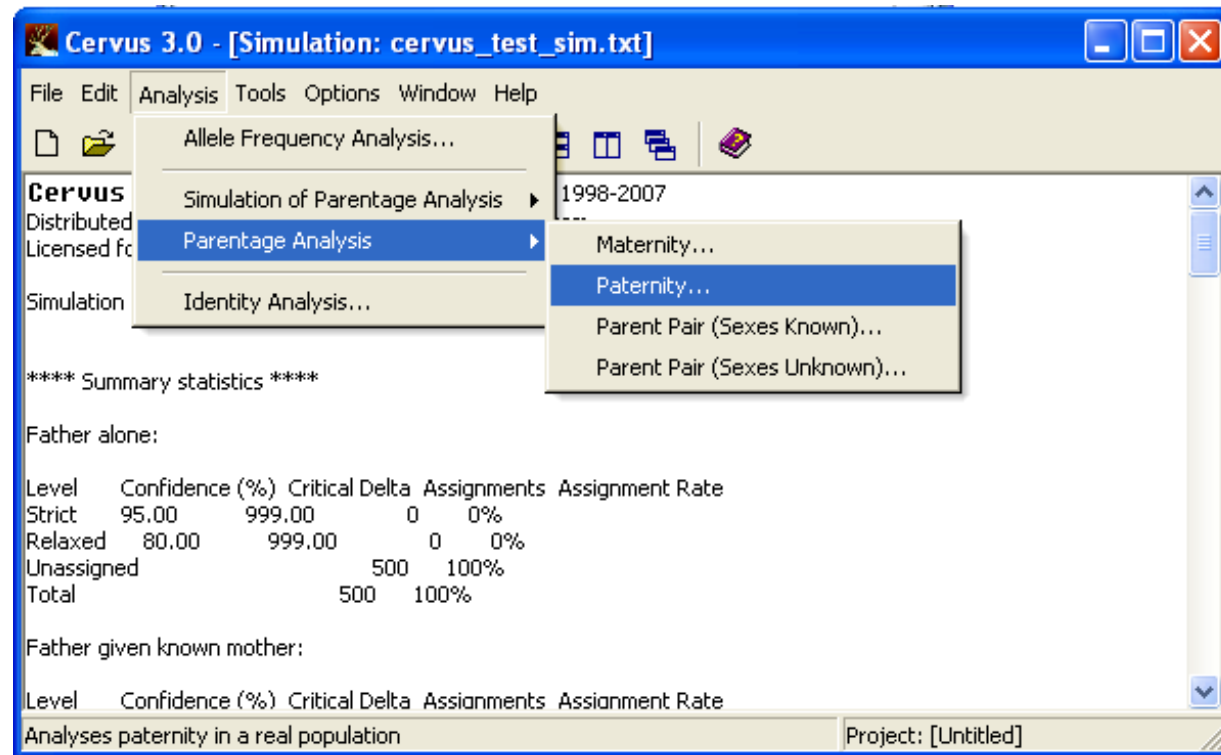
Analýza dat

3) Vlastní určení paternity (a/nebo maternity)

Kroky před

a) vytvoření souboru s mláďaty

b) vytvoření souboru s potenciálními otci (resp. matkami)



Analýza dat

3) Vlastní určení paternity

Parentage Wizard - Step 1

Offspring data

Offspring file
mladata.csv

Select...

Includes header row

Offspring ID in column 1

Includes known parents

ID in column 0

Includes candidate parents

First ID in column 0

OK

Cancel

<< Back

Next >>

Help



Parentage Wizard - Step 2

Candidate parent data

OK

Cancel

Candidate father file
otcove.csv

Select...

<< Back

Next >>

Header row

Candidate parent IDs appear as:

One column for all offspring

One row for each offspring

One column for all offspring

Candidate ID in column 0

Help

Analýza dat

Parentage Wizard - Step 3

Genetic data

Genotype file
genotypy.csv
Select...

Header row

ID in column: 1

First allele in column: 2

OK
Cancel
<< Back
Next >>
Help



Parentage Wizard - Step 4

Cervus files

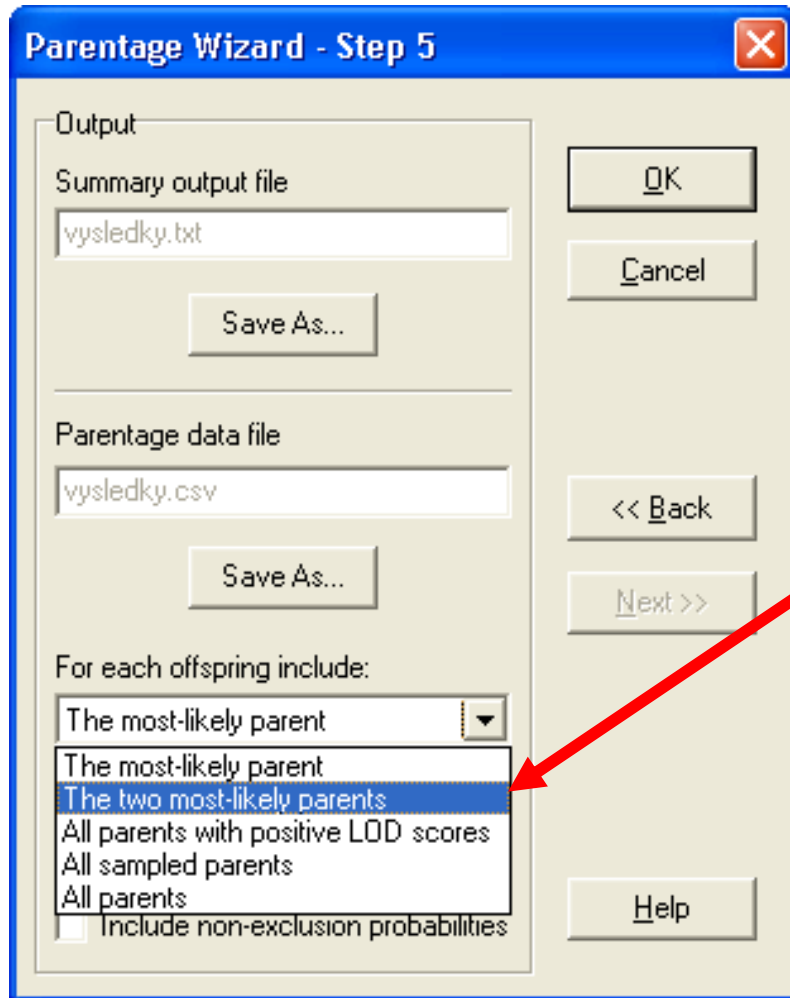
Allele frequency data
cervus_summary.alf
Select...

Header row

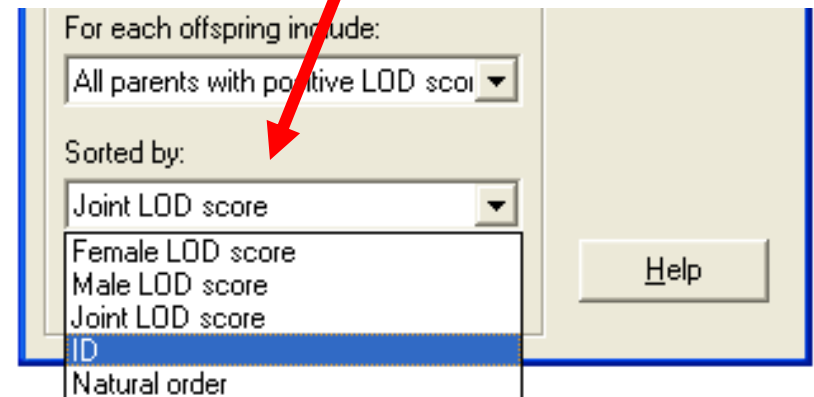
Simulation data
cervus_test_sim.sim
Select...

<< Back
Next >>
Help

Analýza dat



výběr zobrazení
výsledků analýzy



Výstup

- před otevřením souboru s výstupem je třeba opět vyměnit čárky za středník
- mismatch – neseďící alely, nemožné zdědit po rodičích (může být ale způsoben nějakou chybou)
- non-exclusion probability – pravděpodobnost, že nepříbuzný kandidát není vyloučen jako rodič

Výstup

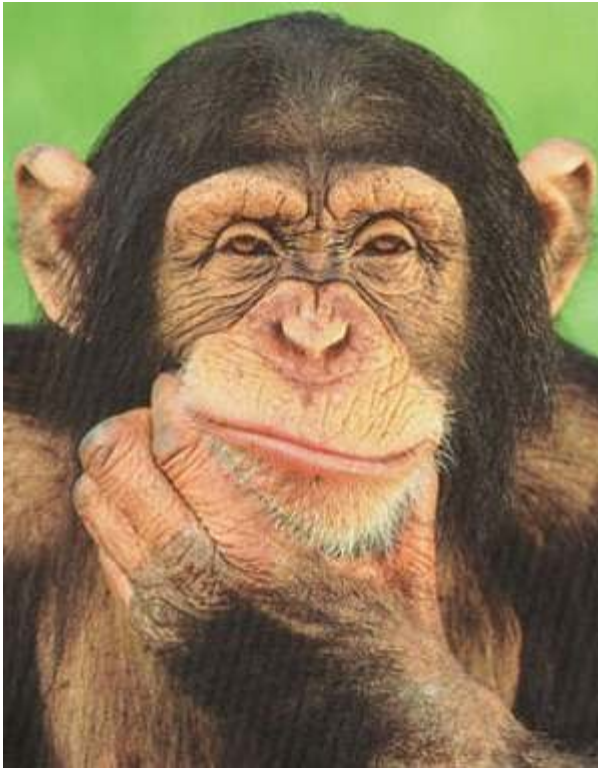
- LOD skóre – přirozený logaritmus pravděpodobnosti
 - menší než 0 – spíše není rodičem
 - rovný 0 – může být a nemusí být rodičem
 - větší než 0 – může být rodičem
- hodnota Delta – rozdíl mezi dvěma nejbližšími LOD skóre. Její kritická hodnota je vypočítávána při simulacích

Výstup

- znak * označuje otce/matky určené s 95% pravděpodobností
- znak + označuje otce/matky určené s 80% pravděpodobností
- znak – označuje nejpravděpodobnějšího otce/matku, který ale není určen jako rodič

VÝSTUP

PŘÍKLADY



matka, otec, mládě,
alela, LOD skóre....

PŘÍKLAD 1

- máme 5 mlád'at, známe jejich matky
- existuje 10 potencionálních otců, každý z kandidátů může být otcem každého z mlád'at
- soubory: genotypy, mlád'ata, otcové

PŘÍKLAD 2

- máme 5 mlád'at, neznáme jejich matky ani otce, zajímají nás jen matky
- existuje 10 potenciálních matek pro všechna mlád'ata
- soubory: jen genotypy2, ostatní soubory je třeba vytvořit

PŘÍKLAD 3

- 10 mlád'at, neznáme ani otce, ani matku
- k dispozici genotypy 10 samců a 15 samic
- soubory – jen genotypy3, zbytek je třeba vytvořit

PŘÍKLAD 4

- opět 5 mlád'at, známe jejich matky
- pro každé mládě existují 4 kandidátní otcové (označení kand, číslo mláděte, písmeno a-d)
- soubory – pouze genotypy⁴, zbytek třeba vytvořit