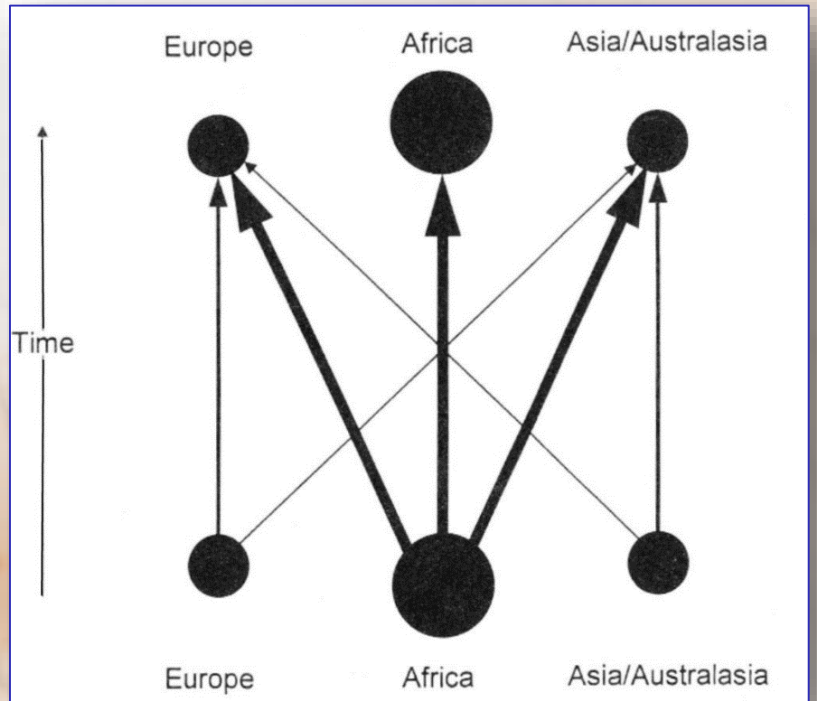
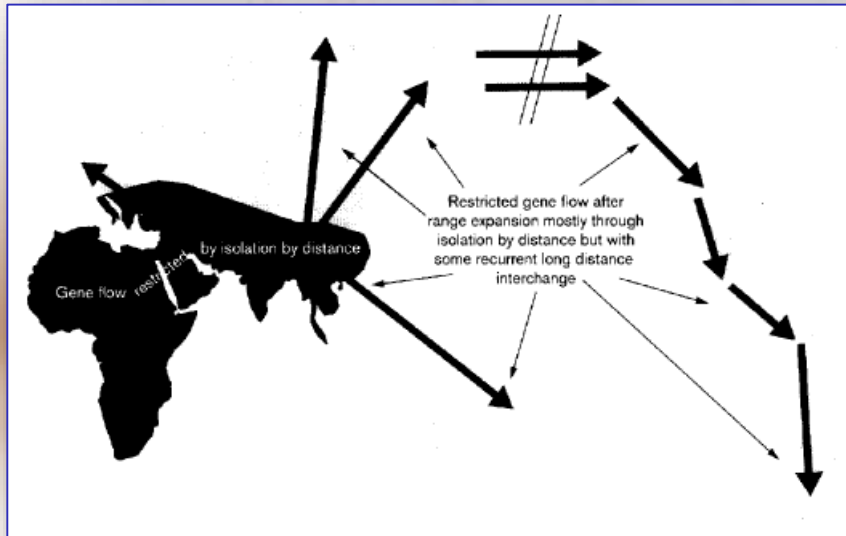
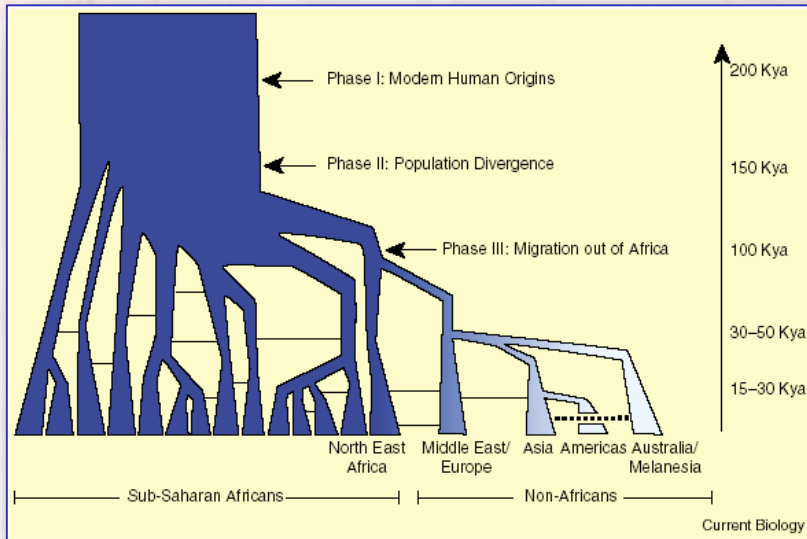


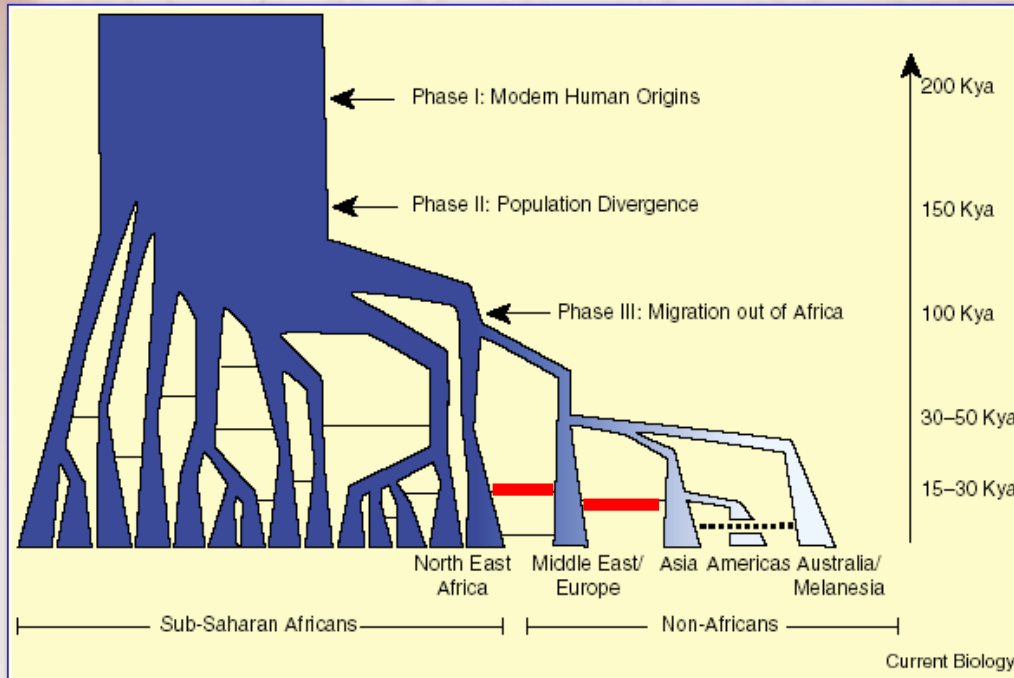
Genový tok v historii člověka a nový model původu



Představy o dávné migraci a genovém toku

- **oba základní modely** původu moderního člověka = musel probíhat genový tok mezi různými geografickými regiony (populacemi) = **musela probíhat migrace**
- rozdíl mezi nimi - **kdy k těmto migracím došlo a po jak dlouhou dobu genový tok probíhal** (2 000 000 vs. 50 000 let)
- **multiregionální model**
 - **meziregionální genový tok** probíhal **v celé prehistorii člověka**, už od první migrace zástupců *Homo erectus* z Afriky (viz anageneze)
 - se bez migrace a genového toku (ať už v rámci nebo mezi geografickými regiony) **neobejde**
- **model nahrazení (Out of Africa)**
 - **genový tok neprobíhal** mezi moderními a archaickými populacemi (kladogeneze)
 - **genový tok neprobíhal ani po jistou dobu mezi moderními populacemi mimo Afriku** – populace byly velmi malé + expandují do nových míst
 - **genový tok byl umožněn až populační explozí** (před asi 50 000 nebo 10 000 lety)

Popsanému stavu genového toku **podle modelu nahrazení** odpovídají výsledky některých prací.



Campbell and Tishkoff (2008, 2010)

Genový tok na obrázku znázorňují horizontální spojení mezi populacemi

- po většinu období **probíhal pouze mezi africkými populacemi**
- **mezi ostatními populacemi probíhal pravděpodobně nejdříve až před 30 až 15 000 lety (v době populační exploze)**

Váhy se naklánějí na stranu modelu nahrazení.

Ovšem na základě výsledků z poslední doby víme, že:

- byl **nalezen genový tok** mezi Neandrtálci a moderními Euro-asiaty (Green *et al.*, 2010)
- byl **nalezen genový tok** mezi Děnisovany a moderními Melanésany (Krause *et al.*, 2010)

Váhy se naklánějí na stranu multiregionálního modelu.

- **přestože migrace/genový tok stačí k dosažení pozorovaných hodnot genetických vzdáleností, nedokazuje to, že migrace/genový tok je pouze jediným faktorem, který má na to vliv**
- jinými slovy, **historie člověka může být ve skutečnosti kombinací obou mechanismů**
- jak populačního větvení, tak i genového toku
- **stopy fylogenetického větvení mohou být už dávno smazány právě působením genového toku** (podobně jako stopy o regionálním původu u multiregionálního modelu)
- sledujeme tak pouze nejmladší migrační vlnu

Je zřejmé, že na základě genetických poznatků **nelze uspokojivě využít ani jeden ze dvou testovaných modelů.**

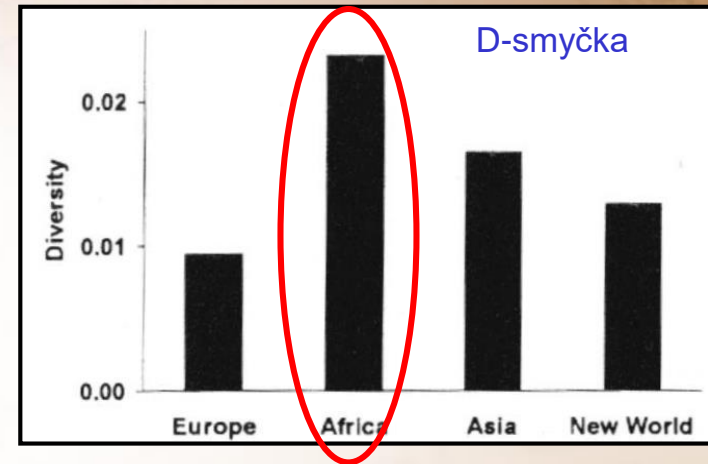
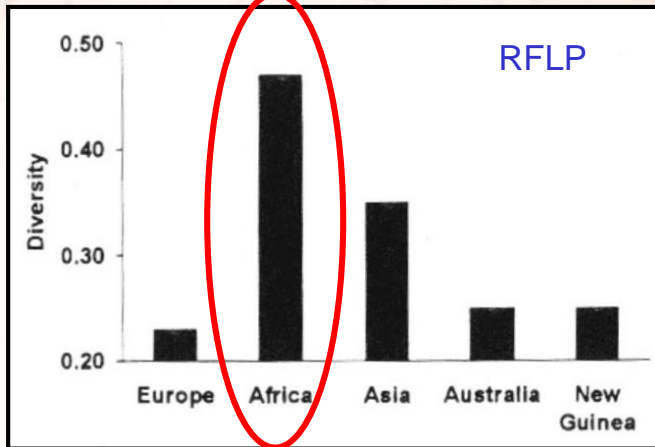
Nový model původu moderního člověka

V úvahách o nejlepší modelu původu založeném na genetických poznatcích další posun přineslo vyhodnocení **genetické rozmanitosti uvnitř** jednotlivých **regionálních populací** a **odlišností mezi nimi** (rozmanitost mezi populacemi navzájem).

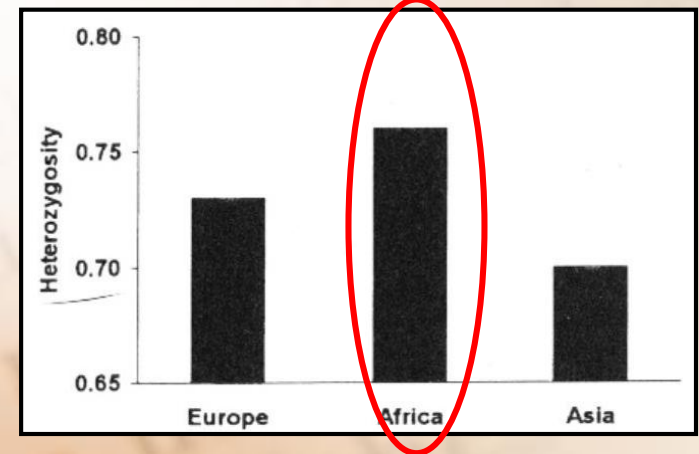
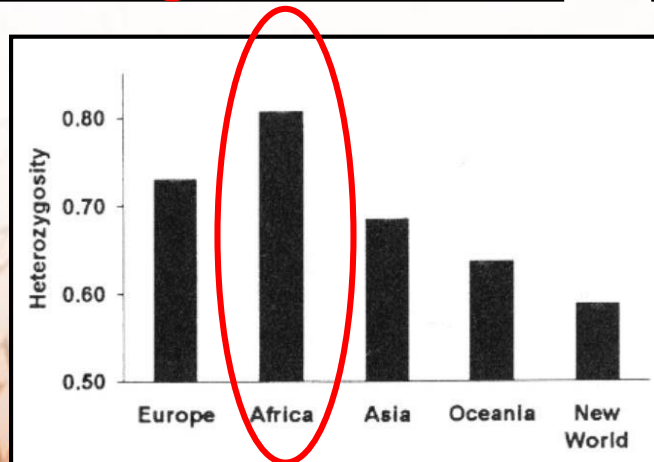


Rozmanitost vnitř afrických populací

mtDNA



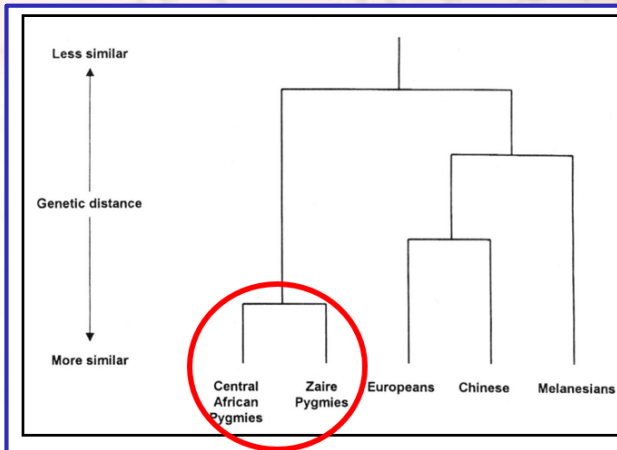
mikrosatelity



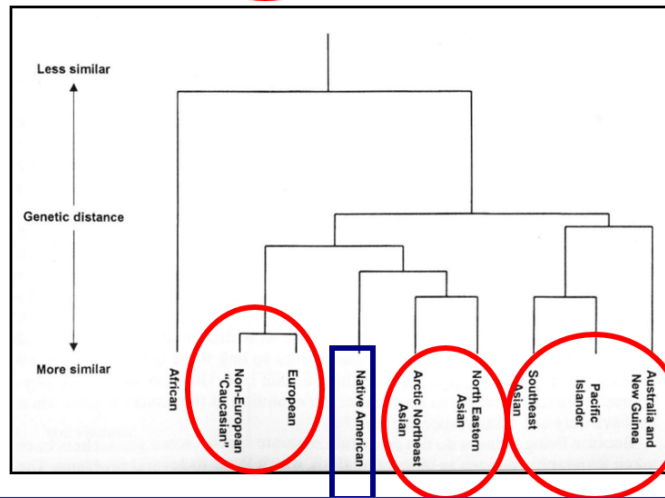
• **africké populace jsou** v porovnání s ostatními populacemi v řadě znaků **geneticky nejrozmanitější**

• to lze vysvětlit jejich **větším stářím** (nahromadily více mutací) oproti neafrickým populacím, které se od afrických odštěpily migrací (v souladu s modelem Out of Africa)

Odlíšnost afrických populací



99 RFLP polymorfizmů (Bowcock *et al.*, 1991)



120 klasických genetických markerů
(Cavalli-Sforza *et al.*, 1994)

- vytvořily se klastry:
 - Evropa-Střední Východ-Severní Afrika
 - Severovýchodní Asie
 - Jihovýchodní Asie-Austrálie-Oceánie
 - původní obyvatelé Ameriky jsou v klastru Severovýchodní Asie = migrace
- a opět Afrika jako geneticky nejodlišnější

africké populace jsou v porovnání s ostatními populacemi v řadě znaků **geneticky nejodlišnější**

- i tuto odlišnost lze **vysvětlit větším stářím afrických populací** (mladší oddělené populace jsou si navzájem podobnější než s populací, od které se původně oddělily – vliv genového posunu)
- avšak **to by platilo, pokud by byly africké populace od ostatních izolovány**, tedy **neprobíhal by s nimi genový tok**

- africké **populace** a populace mimo Afriku **jsou však populacemi stejného druhu = s genovým tokem mezi nimi musíme počítat**
- pokud uvážíme rovnoměrný **genový tok** mezi africkými a mimoafrickými (zejména asijskými) populacemi, pak **bychom očekávali, že:**
 - **rozmanitost afrických populací bude vlivem vzájemného genového toku stejná jako u populací neafrických**

genový tok



zvětšuje rozmanitost *uvnitř*
zmenšuje rozdíly *mezi*

Problém však je, že **africké populace jsou** v řadě znaků nejen **geneticky nejrozmanitější, ale současně i geneticky nejodlišnější** (jak ukazují předchozí obrázky).

Pro takový stav **potřebujeme uvažovat méně intenzivní genový tok do afrických populací** než naopak a než je mezi neafrickými populacemi navzájem

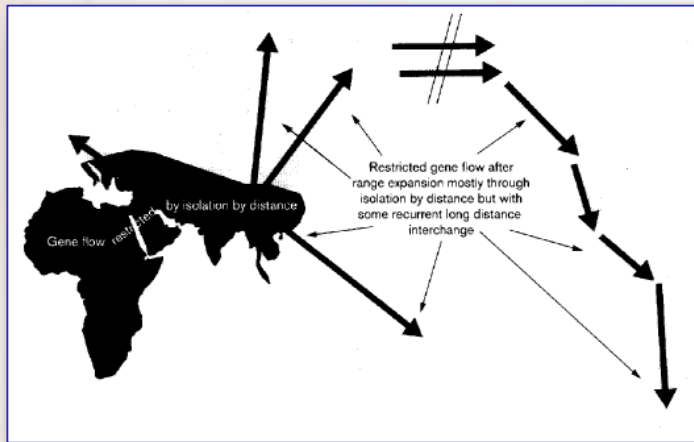
menší genový tok



zmenšuje rozmanitost *uvnitř*
zvětšuje rozdíly *mezi*

Izolaci v genovém toku nebo jeho menší intenzitu do afrických populacích lze do jisté míry vysvětlit izolací geografickou vzdáleností podle Templetonova modelu.

Templetonův model:



(Templeton 1997)

- **genový tok mezi Afrikou a Asií nebo Afrikou a Evropou je slabší než mezi asijskými a evropskými populacemi z důvodu geografické izolace vzdáleností** = asijské a evropské populace jsou si proto podobnější (silnější genový tok dělá populace podobnějšími)
- tento model nijak nezohledňuje velikost populací

Templetonův model však byl pouze prvním pokusem o vysvětlení a předpokládal vzdálenost jako jediný vliv.

Dnes však na základě genetických poznatků zejména o velikosti populací můžeme tento model považovat za zastaralý, protože odlišnou velikost populací nebere v úvahu.

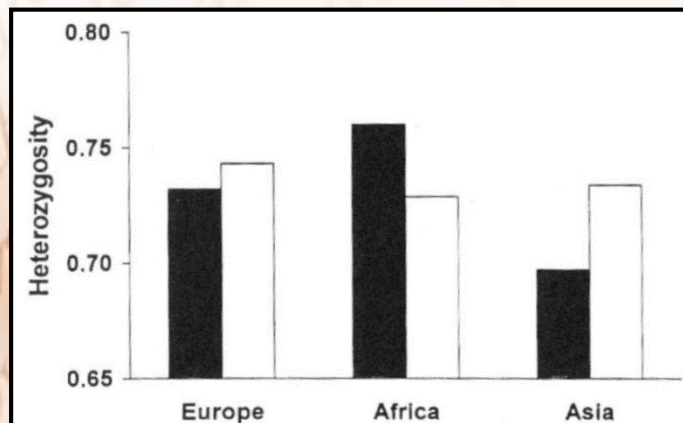
Model „Mostly out of Africa“

Relethford a Harpending (1995) – **přicházejí s novým modelem**, který tuto odlišnost ve velikosti populací a velikosti genového toku bere v úvahu

- pro čtyři regiony (sub-saharská Afrika, Evropa, Austrálie a Východní Asie) použili dvě **sady údajů o heterozygotnosti**:
 - první sadu představovalo **57 kranio-metrických měření současných lidí**
 - a druhá sada představovala **93 alel 37 klasických genetických markerů**

Předpoklad:

pokud je velikost populací v různých geografických regionech přibližně stejná, pak bychom měli sledovat **shodu mezi očekávanou a pozorovanou heterozygotností** (rozmanitostí)

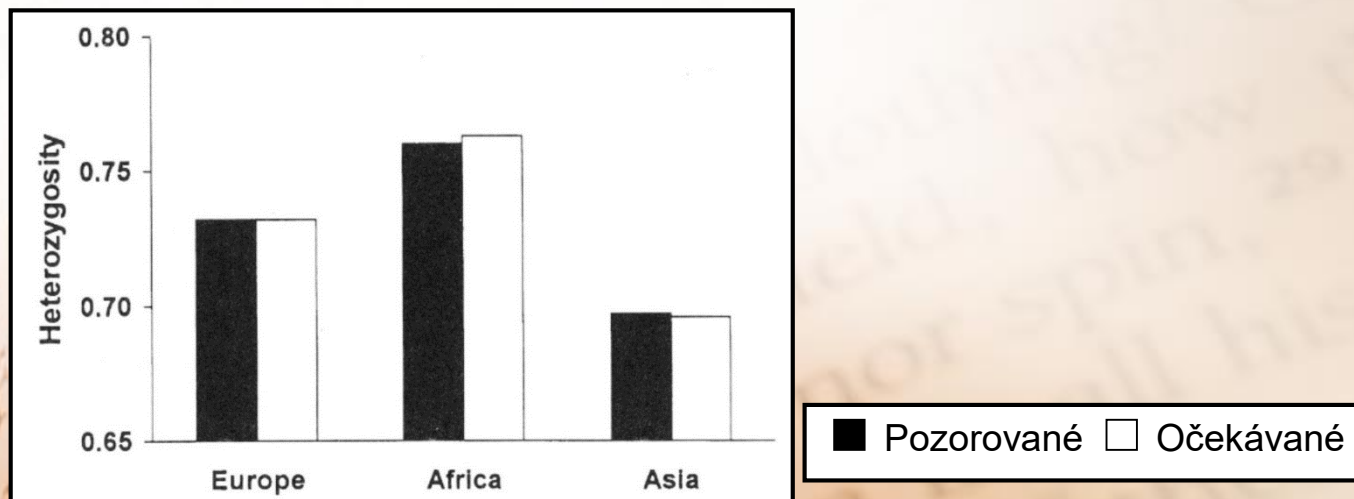


■ Pozorované □ Očekávané

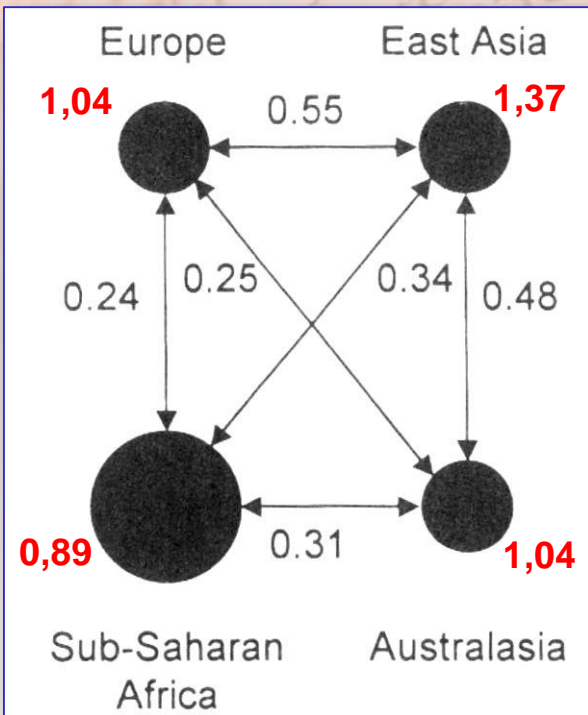
- subsaharský africký vzorek však vykazuje větší variabilitu než je očekávaná

Model „Mostly out of Africa“

- tento **rozdíl** v předpokladech je tedy **způsoben regionální variabilitou populační velikosti**
- pokud velikost populací přepočítali a velikost populací upravili (pro kranio-metrické údaje poměr velikosti populací Afriky, Asie, Evropy a Austrálie) na **0,5 : 0,167 : 0,167 : 0,167** a pro mikrosatelity Afrika 0,73 : Asie 0,09 : Evropa 0,18
- pak **potvrdili shodu** mezi pozorovanými a předpokládanými hodnotami



- tyto odvozené relativní velikost populací odvozené z kranio-metrických dat (**50 % pro Afriku a po 17 % pro ostatní regiony** (3x17) použili v následujícím modelu



- obrázek ukazuje výsledek tohoto velmi zjednodušeného modelu
- čísla jsou odhadem počtu migrantů mezi populacemi na jednu generaci
0,24 až 0,55, **průměrná hodnota 0,36 migrantů na generaci**, což zhruba odpovídá dřívějším poznatkům (1 migrant na tři generace)

Relethford a Harpending (1995)

Závěry z tohoto modelu:

- 1) samotnou migrací je možné dospět k pozorovaným hodnotám genetických odlišností mezi regiony
- 2) tento model ukazuje, že celkový počet migrantů na generaci směřujících do Afriky (0,89) je menší než do jakéhokoliv jiného regionu (> 1)

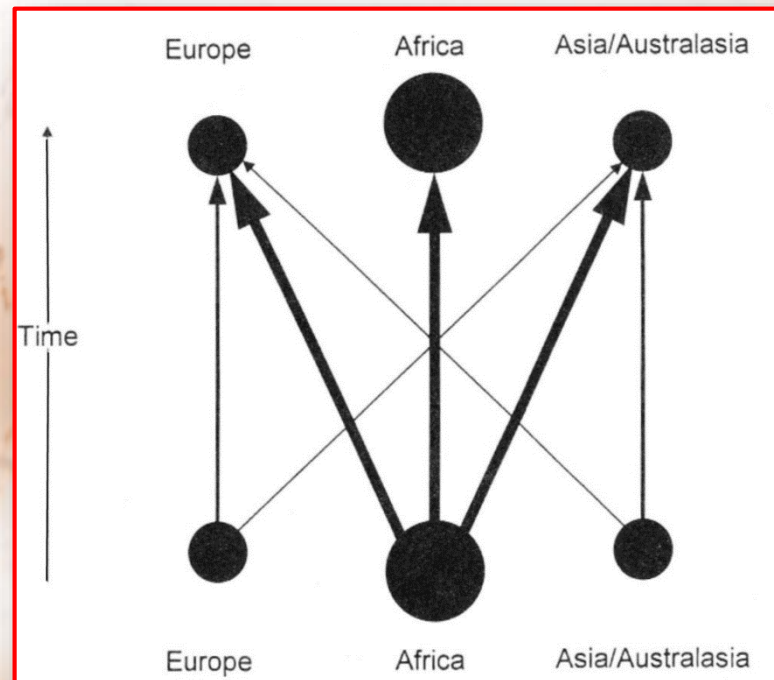
Tento malý počet migrantů v kombinaci s větší velikostí africké populace ukazuje na **malou rychlost genového toku do Afriky než mezi ostatními regiony** = větší genetická odlišnost i rozmanitost africké populace. Vznikl model „Mostly out of Africa“

„Mostly out of Africa“

(John Relethford, 2001)

Model „Mostly out of Africa“

- kombinuje africký původ (Out of Africa) s následný genovým tokem i mezi populacemi archaického a moderního člověka
- genový tok probíhá přitom převážně z Afriky (jako kolébky moderního druhu)
- převažující genový tok z africké než do africké populace pak způsobuje její větší odlišnost od populací neafrických



Epilog

Žádné množství pokusů nikdy nemůže dokázat, že jsem měl pravdu. Jediný pokus však kdykoliv může dokázat, že jsem se mýlil. (Albert Einstein)

První polovinu života stráví člověk tím, aby se zbavil falešných představ o svých předcích, druhou tím, aby je vštípil svým dětem. (Winston Churchill)

