



Spørgsmål & svar

# 700.000 ÅR GAMMELT DNA

Foredragsarrangement på Statens Naturhistoriske Museum d. 9.10.2013

---

## Morten Allentoft: "Fossilt DNA - et vindue til fortiden"

**Når man sammenligner arters slægtskab ved at lave "parvis nukleotid-distance-analyse" (fx mellem Homo sapiens og den uddøde Denisova-menneskeform), kan en ekstra stor afstand (dvs. fjernt slægtskab), så ikke skyldes, at man kun har ganske lille DNA-information om den ene art (fx Denisova-mennesket)?** Man sammenligner kun en del af genomet, hvor man har information fra begge arter. I dette tilfælde er det hele det mitokondrielle genom (ca. 16.000 basepar), der er sammenlignet.

**Til datering af fossilt DNA, bruger I da kulstof 14-metoden?** Ja, det gør vi normalt. Men efter 50.000 år er der stor set ikke noget kulstof 14 tilbage, så hvis man har et ældre fossil, er man nødt til at benytte andre dateringsmetoder. Det er dog sjældent, at vi arbejder med prøver, der er ældre en 50.000 år, for det er sjældent, at vi kan finde DNA i så gamle prøver.

**Hvordan daterer man gamle knogler, tænder, hår osv.?** Normalt kulstof 14-metoden. Nogle gange daterer man ikke selve prøven, men sammenholder med dateringer af andre ting, der er fundet i samme jordlag.

**Hvordan er hårtotten fra den 4.000 år gamle inuit "Inuk" blevet dateret?** Kulstof 14-metoden.

**Hvor mange skeletter af "hobbitten" har man fundet – og hvornår levede de?** Man har fundet knogler fra 7-8 skeletter og et enkelt næsten komplet kranie. I hulen, hvor man har fundet dem, er der spor efter "hobbitter" i tidsperioden fra 95.000 til 13.000 år siden.

**Hvor langt er I kommet med undersøgelsen af "danskernes genom"?** Ikke så langt endnu. Det er et stort projekt, der vil tage en del år. Lige nu er vi i gang med at identificere de bedste prøver til genom-forskning. Det kræver, at man har mange hundrede gamle prøver, som man "screener" for humant DNA-indhold. Så vælger man de bedste prøver og genererer meget mere data fra disse. I øjeblikket er vi kun på "screenings-stadiet".

**Er de museumsgenstande I benytter til DNA-forskning ikke også i risiko for at være forurenede?** Jo, det kan de sagtens være, og det kan være svært at opdage. Hvis man ser flere udgaver af det samme gen i sin prøve, er det nok fordi, prøven er forurenede. Eller hvis DNA'et i prøven ikke har de karakteristika, som man vil forvente ved gammelt DNA (såsom meget korte DNA-fragmenter).

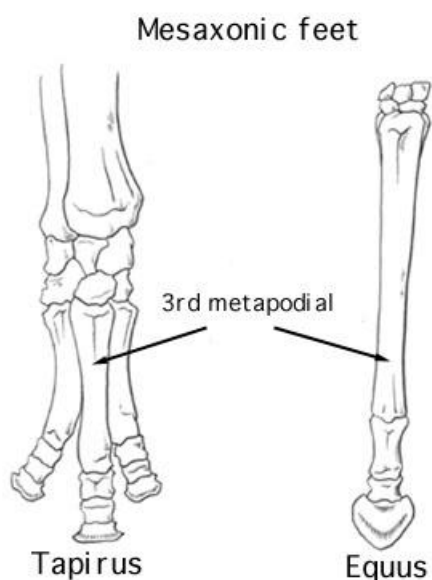
**Hvor fandt man fingerknoglen fra det uddøde Denisova-menneske, og hvor gammel regner man**

**med, at den er? Og hvorfor har man kun fundet en enkelt lille knogle?** Den blev fundet i Denisova-hulen i Sibirien og er ca. 40.000 år gammel. Man har sidenhen fundet nogle tænder og en tåknogle.

**Hvilke temperaturer er mest optimale, hvis DNA skal bevares i lang tid?** Så koldt som muligt! Permafrost, helst.

## Julia Vilstrup: "Sekvenseringen af et 700.000 år gammelt genom"

**Hvilken slags heste-knogle er det i har fundet 700.000 år gammelt DNA i?** Det er en metapodial, som er de knogler, som ligger mellem håndledsknoglerne og fingerknoglerne (eller ankel- og tåknoglerne), men i heste er der kun en metapodial, da de er entåede.



**Hvordan er hesteknoglen blevet dateret til 700.000 år?** Det jordlag ("Gold run tephra"), den blev fundet i, er dateret via fission-track til 735 +/- 88.000 år gammelt. Desuden tyder DNA-skader på en meget høj alder.

**Hvordan har du lært de avancerede DNA-teknikker, I arbejder med? Er det på biologisk uddannelsen?** I forbindelse med, at jeg lavede mit speciale på Center for GeoGenetik og senere også under min ph.d.-uddannelse.

**Hvorfor bevares DNA bedst i knogler, der har ligget i kolde og tørre omgivelser?** DNA nedbrydes hele tiden, men i levende organismer bliver det repareret, dvs. i døde organismer bliver DNA'et

over tid nedbrudt og skadet. Man har så fundet ud af, at denne nedbrydningseffekt er langsommere i kolde og tørre områder. Det er ikke kun i knogler, men også i hår, planterester og fossilt fæces - det er dog som oftest, knogler man finder.

**Hvem fandt hesteknogle, og hvordan fik museet fingre i den?** Den blev fundet i 2003 af nogle af vores samarbejdspartnere i Canada, som ikke har den sekvenseringseksperise, som vi har på Center for GeoGenetik og Danmarks high-throughput Sekvenseringscenter, så vi startede et samarbejde.

**Hvor meget har det kostet at lave DNA-undersøgelsen af hesteknogle?** I sekvenseringsomkostninger alene har det kostet mere end 1 million kroner at sekvensere det 700.000 år gamle genom. Det inkluderer ikke engang alle reagensomkostningerne til DNA-udvinding, DNA-bibliotek og sekvenseringsreagenser.

**Er I blevet verdensberømte, når nu I er dem, der har fundet det ældste DNA i verden?** Det vil jeg nu ikke sige, men måske er vi blevet kendt indenfor fossilt DNA-forskningsverdenen. Men det er kun et spørgsmål om tid, før nogen andre sekvenserer et endnu ældre genom.

## Bent Lindow: "Hestenes oprindelse og evolution"

**Kan du anbefale nogle gode artikler omkring aldersbestemmelse ved hjælp af isotoper (fx O18- og C14-isotoper)?**

14C-datering: På dansk vil jeg anbefale artiklerne om kulstof 14-datering på Den Store Danske og evolution.dk:

[http://www.denstoredanske.dk/It,\\_teknik\\_og\\_naturvidenskab/Elektricitet/Kernekraft\\_og\\_kerneteknik/kulstof\\_14-datering](http://www.denstoredanske.dk/It,_teknik_og_naturvidenskab/Elektricitet/Kernekraft_og_kerneteknik/kulstof_14-datering)

<http://www.evolution.dk/evolution/geologi-og-evolution/hvilken-alder-har-et-fossil/absolut-alder/>

18O-isotoper: Der er desværre ikke skrevet så meget om brugen af O-isotoper til at studere temperaturændringer i fortiden på dansk. Jeg vil anbefale, at man læser afsnittet "Temperaturer og isotoper" på side 12-15 i tidsskriftet *Geoviden 2006 (4)*. Det giver en introduktion til brugen af ilt-isotoper, når undersøger temperaturer i fortiden.

En pdf af *Geoviden 2006 (4)* kan hentes her: <http://geocenter.dk/xpdf/geoviden-4-2006.pdf>

**Hvordan kan man datere de forskellige heste-arters og heste-slægters uddøen? Er det ved hjælp af "Kulstof 14-metoden"?** Kulstof 14-metoden kan desværre ikke bruges til at måle de fossile hesteknoglers alder, da den kun rækker 60.000 år tilbage i tiden. I stedet gør man noget tilsvarende; man måler på andre radioaktive isotoper, som kalium (<sup>40</sup>K) og argon (<sup>40</sup>Ar), der rækker endnu længere tilbage end <sup>14</sup>C. Desuden måler man ikke direkte på de fossile knogler, men i stedet på de geologiske lag, der ligger omkring knoglerne. Man kan læse mere om datering af fossiler vha.

geologiske lag og radioaktive isotoper i artiklen "Hvor gammelt er et fossil" fra tidsskriftet *Kaskelot*. Den kan hentes her:

[http://snm.ku.dk/skole\\_og\\_gymnasietjenesten/gymnasieportalen/inspiration/jordens\\_geologi/lin\\_dow2013\\_hvorgammelteretfossil.pdf/](http://snm.ku.dk/skole_og_gymnasietjenesten/gymnasieportalen/inspiration/jordens_geologi/lin_dow2013_hvorgammelteretfossil.pdf/)

**Hvad er forskellen på en "slægt" (fx den nulevende heste-slægt *Equus*) og en "art" (fx de otte nulevende hestearter)?** En slægt er en overordnet samlebetegnelse for en eller flere arter. Det er noget som mennesker har fundet på, for let at kunne afgrænse og klassificere levende og uddøde dyr og planter. Der er faktisk ikke nogen strikt videnskabelig definition på, hvad en slægt er. Men forskerne er dog ret enige om, at en slægt skal kendetegnes ved følgende: Alle arterne indenfor en slægt skal have samme fælles stamform – det vil sige at alle de otte nulevende hestearter på et tidspunkt i fortiden har haft en fælles stamform: en art som over tid er splittet op og har udviklet sig til alle de otte arter.

For at tilhøre den samme slægt, skal alle arterne indenfor have de samme karakteristiske træk i deres udseende, skelet og DNA, som gør dem let genkendelige og umiddelbart forskellige fra andre arter. Træk som for eksempel gør muligt at se forskel på en hest og en tapir. Tænk på "slægt" som en stor kasse, der indeholder flere mindre kasser (:arterne). Den store slægtskasse "*Equus*" indeholder otte mindre kasser (:de otte hestearter - *Equus ferus*; *Equus africanus*; *Equus grevyi* osv.). De otte mindre kasser har en række træk er fælles for dem alle sammen (: en enkelt hov på hver fod; en manke; evnen til at svede; nogle bestemt DNA-mutationer osv.) som viser at de tilhører samme slægt.

Hver af arterne har så også nogle træk, som er helt særlige for kun den art og som ikke findes hos de andre arter i slægten – træk der afgrænser den fra de andre arter. Det er heller ikke nemt at definere hvad en art er, men normalt bruger man det "biologiske artsbegreb": medlemmer af den samme art er i stand til at parre sig og få leve- og yngledygtigt afkom med hinanden under naturlige forhold.

Definitionen holder dog ikke helt, for nogle normalt adskilte arter kan faktisk godt få yngledygtigt afkom sammen i naturen (for eksempel Grevys Zebra og Almindelig Zebra).

**Vil de nulevende otte hestearter også uddø på et tidspunkt?** Ja. De vil enten uddø eller udvikle sig til nye arter, der er forskellige fra deres stamformer. Det er skæbnen for alle Jordens dyrearter før eller siden.

**Hvilke fordele/ulemper er der ved kun at have en enkelt tå på hvert ben (som de nulevende heste har) i modsætning til flere tæer, som mange af de uddøde heste havde?** Det er et rigtig godt spørgsmål, som palæontologerne faktisk ikke har et svar på endnu. Der er klart forskelle i funktion, men det er svært at sammenligne, nu hvor alle de tretåede heste er uddøde. Det er klart, en-tåede heste ikke var "bedre" end tretåede; en- og tretåede heste levede side om side igennem millioner af år, og derfor må begge formers fødder have været lige gode til det, de skulle. Så det er kun tilfældighedernes spil, der har medført at der kun findes en-tåede heste i nutiden.

Men man har flere forslag og hypoteser til, hvad forskelle kunne betyde:

En tretået fod kan have været en fordel på relativt blød undergrund – som en skovbund – hvor deres større overflade har forhindret dyrene i at synke ned. Nogle arter af tretåede heste udviklede meget lange og kraftige sidetæer. De samme arters tænder viser, at de var tilpasset en diæt næsten udelukkende af løv og blade fra træerne – rigtige skovheste.

Andre tretråede levede i mere områder med åbne skov eller savanne i Nordamerika. De gik på den kraftige mellemste tå, og de to spinklere ydertæer rørte kun jorden når de løb. Forstenede fodspor fra de disse tretåede heste viser, at de sandsynligvis løb i gangarten tølt (ligesom nutidens islandske heste) og opbygningen af deres muskler og sener i benene var noget forskellig fra entåede heste.

De entåede heste er kendetegnet ved en stor kraftig hov, og underbenet har veludviklede støttende sener. Deres tænder viser at de var næsten udelukkende græsædere. Det svarer til en evolution mod at leve i åbent land med en fast undergrund, hvor man må bevæge sig langt over store afstande for at finde områder med friskt græs og følge med nedbør og regntider. Det veludviklede senesystem i underbenene er nemlig med til at spare på energien, når man løber og trav over store afstande. Trav er relativt stivbenet gangform, og det kan have styrket evolutionen af stærke, energibesparende sener og en enkelt hov.

I modsætning hertil, har de savannelevende, tretåede heste i Nordamerika der også leve af græsser, ikke tilpasset sig til at flytte sig over så store afstande som de entåede heste.

At have kun en tå/hov på hvert ben må klart have været en evolutionær fordel til at leve som græsæder på stepper og savanner, for det er udviklet uafhængigt af hinanden to gange i hestenes udvikling. Dels i den udviklingslinje som fører til nutidens heste (slægten *Equus* og den uddøde *Dinohippus*) og i en anden, nu uddød udviklingslinje (slægterne *Pliohippus* og *Astrohippus*).