

Kulstof-14-datering: Nogle åbne spørgsmål (1)

Af cand. polyt. Finn Lykke Nielsen Boelsmand

Indledning

Denne artikel bygger på mit ingeniørspciale Radioaktive dateringsmetoder, 1985¹, hvor jeg bl.a. havde adgang til samtlige offentliggjorte kulstof-14 dateringer 1949-1968 med relation til Ægyptens historie.

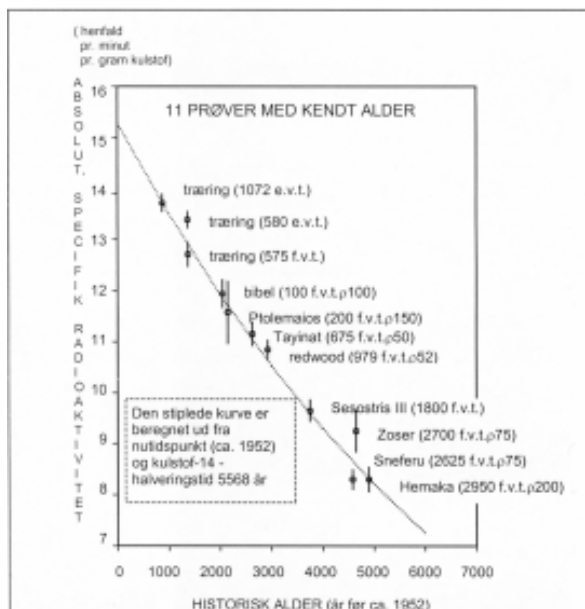
Oversigt

Nogle vigtige årstal og begivenheder i kulstof-14 dateringsmetodens historie:

Årstal	Begivenhed
1949-52	Libbys første kalibreringskurve
1962/68 og før	Gængs ægyptenkronologi (Hayes/Helck)
1966	Yaku-Sugi dendrokronologi
o. 1969	Børstekoglefyr dendrokronologi
o. 1970	Kongres hvor man valgte at bygge kalibreringskurven på dendrokronologi (børstekoglefyr) og ikke ægyptenkronologi ² .
1970	Courvilles ægyptenkronologi

Libbys første kalibreringskurve

Omkring år 1952² offentliggjorde W. F. Libby sin kulstof-14 kalibreringskurve:



Figur 1:
Libbys kalibreringskurve (reproduceret efter Libby, 1952²)

Libbys aldersformel for kulstof-14 datering er:

$$\text{tilsyneladende alder} = t = \frac{5568 \text{ år}}{\ln(2)} \cdot \ln\left(\frac{15.3}{A}\right) \quad (\text{formel 1})$$

Den bygger på den antagelse at aktiviteten af „frisk“ træ er (til alle tider)³:

$$A_0 = 15.3 \frac{\text{henfald}}{\text{gram kulstof} \cdot \text{minut}}$$

Man kan også formulere antagelsen således, „at den kosmiske stråling er konstant (til alle tider)“. Desuden anvender han halveringstiden for kulstof-14³:

$$T_{1/2} = 5568 \text{ år}$$

Formel 1 bruges ved at man måler aktiviteten A'

(enhed, f.eks.: $\frac{\text{henfald}}{s}$), regner om til den specifikke aktivitet A (enhed: $\frac{\text{henfald}}{\text{gram kulstof} \cdot \text{minut}}$) af en

kulstofholdig prøve – og derefter indsætter i formel 1.

For at godtgøre at aldersformlen er rimelig, offentliggjorde Libby kalibreringskurven (figur 1).

Man ser at de 11 målecirkler ligger tæt ved den teoretiske, stiplede kurve. Cirklerne er forsynet med en lodret usikkerhedslinje der viser usikkerheden ΔA på aktivitetsmålingen. Hvis man måler aktiviteten to gange på den samme kulstofprøve, vil man i almindelighed få to forskellige resultater. Det skyldes at radioaktiv henfald er en tilfældig proces (ligesom kast med terninger).

Måler man på en træprøve i tidsrummet t_1 sekunder og får antal henfald til N_1 , så kan A' og A beregnes:

$$A' = \frac{N_1}{t_1} \quad \text{hhv.} \quad A = \frac{A'}{m_1 \cdot 60 \text{ s/min}} = \frac{N_1}{m_1 \cdot t_1 \cdot 60 \text{ s/min}}$$

(kulstofprøven indeholder m_1 gram kulstof; der går 60 s på 1 min).

(N_1 er i virkeligheden et tælleantal der beregnes ud fra et målt tælleantal N' , for selvom man prøver at opfange samtlige henfald fra træprøven ved at omkranse den med Geiger-Müller-rør, vil der være

Sagen kort

Kulstof-14-metoden regnes for den sikreste radiologiske dateringsmetode vi har.

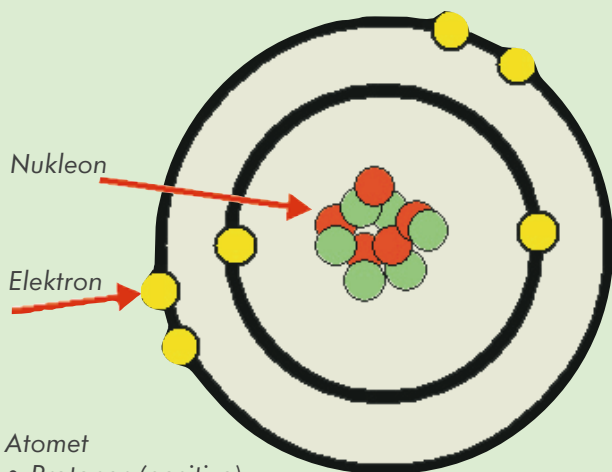
Kulstof-14 er en isotop til almindeligt kulstof, kulstof-12. Hvor almindeligt kulstof har 12 protoner og neutroner i kernen, har kulstof-14 to ekstra neutroner. Kemisk reagerer de to former for kulstof næsten ens, dvs. kulstof-14 indbygges i en del af de CO₂-molekyler der dannes i Jordens kulstofkredsløb.

Så længe en plante eller et dyr lever, optages de to former for kulstof i organismen i et bestemt forhold. Men når organismen dør, låses alt fast: Der optages ikke mere nyt materiale i organismen. I et træstykke vil der så fx ske det at det radioaktive kulstof-14 forsvinder (det henfalder), og det sker i et målbart tempo. Det vil altså sige at man ved at måle kulstof-14-indholdet på en prøve, kan finde ud af hvor gammel den er. Temmelig nøjagtigt endda.

Metoden bygger på følgende antagelse:

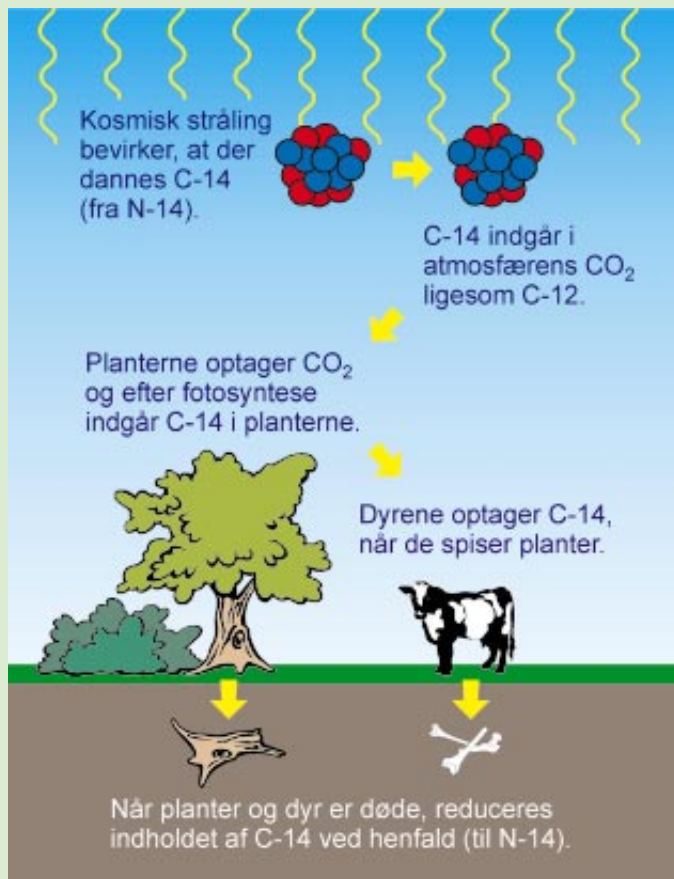
Dannelsen af kulstof-14 i levende træer sker i samme omfang til alle tider. Eller sagt på en anden måde: Den kosmiske stråling er til alle tider konstant.

Dateringsmetoden bygger på statistiske beregninger, så for at få „rettet metoden ind“ efter virkeligheden, har metodens opfinder, Libby, foretaget en kalibrering (justering) af den i forhold til hvad man véd om tings alder ud fra træers årringe og historiske begivenheder.



Atomet

- Protoner (positive)
- Neutroner (neutrale)
- Elektroner (negative)



Artiklen gennemgår hvor stor betydning fx. ægyptisk kronologi har for denne proces. Radioaktivt henfald kan nemlig ikke måles i absolutte tal, men må beregnes statistisk.

Artiklens forfatter går ud fra at kulstof-14-metoden giver korrekte måleresultater og prøver så at følge konsekvensen af nogle af de beslutninger man må tage, omkring de kalibreringskurver man skal bruge når man skal „oversætte“ måleresultaterne til „rigtige“ årstal. Hvis disse kalibreringskurver derimod fører til oplagte urime-ligheder, kan man ende med at måtte så tvivl om dem. Målingen er så at sige god nok, tolkningen skal man til gengæld være mere varsom med.

synkronisme – henvisning til samme historiske hændelse
dendrokronologi – datering ud fra træernes årringe

nogle henfald der ikke registreres i rørene, blandt andet pga.: At nogle henfald rammer ved siden af rørene, at nogle henfald ikke har energi nok til at trænge ind i rørene, og at et rør har en „dødtid“ for nye henfald umiddelbart efter en registrering. Med i beregningen af N_1 er også at rørene måler en

baggrundsstråling som ikke skyldes træprøven. Den skal fratrækkes målingen på træprøven og bidrager til usikkerheden.)

Pga. den statistiske usikkerhed på radioaktive tællel₁ vil den absolutte og relative usikkerhed på den specifikke aktivitet A blive:

$$\Delta A = \frac{\Delta A'}{m_1 \cdot 60 \text{ s/min}} = \frac{\Delta N_1}{m_1 \cdot t_1 \cdot 60 \text{ s/min}} = \frac{\sqrt{N_1}}{m_1 \cdot t_1 \cdot 60 \text{ s/min}} \text{ hhv.}$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\sqrt{N_1}}{N_1} = \frac{1}{\sqrt{N_1}} \text{ (formel 2)}$$

(Normalfordelte tællemaal, som radioaktive tællemaal nogenlunde antages at være, har usikkerheden:

$$\Delta N_1 = \sqrt{N_1} \text{ .)}$$

Af formel 2 ses at den relative usikkerhed er omvendt proportional med kvadratroden af tællemaalet. Man skal altså måle længe på træprøven, så man får så høje tællemaal som muligt. Derved mindskes usikkerheden på tællemaalet – og dermed usikkerheden på den specifikke aktivitet og alderen ifølge formel 1.

Libbys kalibreringskurve bygger på fire kulstofprøver der er træringe (træring, redwood), én kulstofprøve der er fra Israels historie (bibel= omslag fra Esajasbogrulle/Dødehavsrulle) og seks kulstofprøver der er fra Ægyptens historie (Ptolemaios, Tayinat, Sesostris III, Zoser, Sneferu, Hemaka). Den linje holder sig de næste mange år at kalibreringskurver bygges på dendrokronologi (= træringe) og ægyptenkronologi (= tidstavle). Derfor vil jeg koncentrere mig om de to kronologityper.

Hver af de 11 kulstofprøver har desuden en *trærings-/historisk usikkerhed*:

- 1) for de tre „træring“-prøver er den sat til 0 – for „redwood“-prøven er den sat til plus/minus 75 år.
- 2) for kulstofprøven fra Israels historie, „Bibel“ (omslag fra Esajasbogrulle/Dødehavsrulle), er den historiske usikkerhed sat til plus/minus 100 år.
- 3) for de seks kulstofprøver fra Ægyptens historie, Ptolemaios, Tayinat, Sesostris III, Zoser, Sneferu, Hemaka, er den historiske alder sat til hhv. plus/minus 200 år, plus/minus 50 år, 0 år, plus/minus 75 år, plus/minus 75 år og plus/minus 200 år. Disse usikkerheder er ikke direkte usikkerheder i Ægyptens kronologi. De historiske usikkerheder skyldes også at træprøven ikke altid kan henføres til en bestemt faraos bestemte regeringsår, men snarere at man kan afgrænse den således at den må være samtidig med eller noget efter en bestemt farao. Man kan også være nødt til at gøre antagelser om hvor mange år der går fra et træ bliver fældet, til træet bliver anvendt til en sarkofag el.lign. Som „HISTORISK ALDER (år før ca. 1952)“ har Libby anvendt den bedste alder efter gængs ægyptenkronologi.

Hvis man betragter Libbys kurve, kan man se at otte af de 11 målingers lodrette usikkerhedslinjer skærer den stiplede kurve, mens tre af de 11 målinger ligger uden for. Det er forventeligt. Hvis

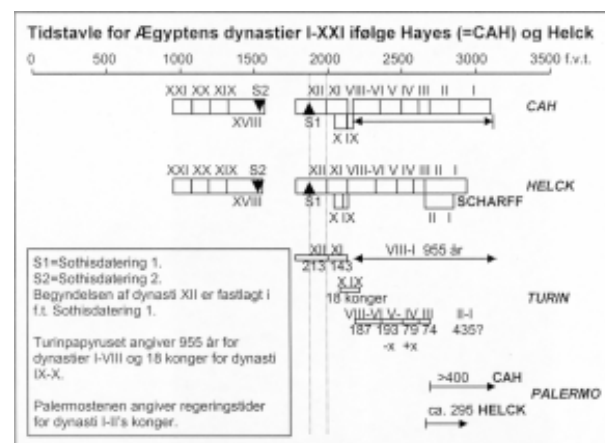
målinger er normalfordelte, forventes det at 2/3 rammer inden for usikkerheden og 1/3 uden for. Tællemaal er nogenlunde normalfordelte. Forudsigelsen passer ganske godt, idet $\frac{2}{3} \cdot 11 = 7.3$.

I formel 1 kaldes aldersberegningen *tilsyneladende alder* for at fremhæve at den nok skal korrigeres for at finde den rigtige alder. Umiddelbart tyder Libbys kurve ikke på at den behøver særligt store korrektioner – de 11 målecirkler ligger jo tæt på den stiplede kurve. Man bemærker dog at f.eks. Zoserprøven falder flere hundrede år ved siden af. (Det skyldes ikke kun statistisk usikkerhed på tællemaal, for andre laboratoriers senere måling viser noget af det samme.) Der er altså brug for en ny kalibreringskurve (= en kurve der viser omsætning fra *tilsyneladende alder* til *faktisk alder*) bygget på enten ægyptenkronologi eller dendrokronologi. *Hvad gør man hvis man får fremstillet flere kalibreringskurver der ikke stemmer overens?*

Gængs ægyptenkronologi

Enhver ægyptenkronologi bygger bl.a. på Ægyptens, Babylons, Assyriens og Israels kongelister og skrevne historie. Desuden arkæologiske fund.

I figur 2 er vist gængs ægyptenkronologi⁴, som den så ud i 1968 og før:



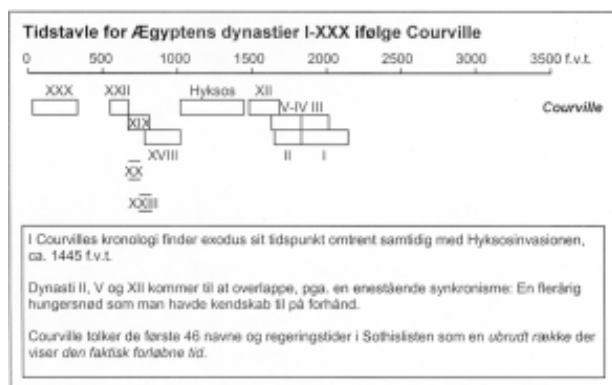
Figur 2. Gængs ægyptenkronologi (Hayes (1962) og Helck (1968)). Reproduceret efter Säve-Söderbergh og Olsson (1970)⁵.

Kronologien er hængt op på vores tidsakse ved hjælp af de to astronomiske dateringer, såkaldte Sothisdateringer: S1 og S2. Det er beretninger om stjernen Sothis' (Sirius') opgang på en bestemt kalenderdato ifølge den egyptiske kalender. Ved beregninger kan man finde hvilket årstal f.v.t. (før vor tidsregning) det må være sket. Dateringen er imidlertid ikke uden usikkerhed – bl.a. fordi tolkningen af den bygger på sene historiske kilder. Hvis tolkningen er korrekt, har man med stor nøjagtighed fastlagt dynasti XII og XVIII på vores

tidsakse. Hvis tolkningen er forkert, får man stor usikkerhed ind i gængs ægyptenkronologi. I forhold til S1 er dynasti I til XI beregnet ud fra de forskellige kongelister og tolkning af Turin-papyrusen og Palermostenen. Disse tolkninger er ikke uden usikkerhed, hvilket man bl.a. kan se af at Hayes, Helck og Scharff er uenige. I forhold til S2 er dynasti XIX-XXX (ikke alle er vist på figur 2) beregnet ud fra de forskellige kongelister. Desværre findes der mange kongelister som ikke stemmer helt overens – så man kommer ikke uden om (stor) usikkerhed i regeringstider og dynastilængder. Mere alvorlig er dog spørgsmålet: *Kan man være sikker på den gængse ægyptenkronologis rækkefølge og samtidighed/manglende samtidighed af de 30 dynastier?*

Courvilles ægyptenkronologi

I figur 3 er vist Courvilles ægyptenkronologi, 1970⁶:



Figur 3: Courvilles ægyptenkronologi (reproduceret efter Courville, 1970⁶).

Mellemøstens kronologier er forbundne, idet bl.a. Babylons, Assyriens, Israels og Ægyptens skrevne historie indeholder synkronismer (= henvisninger til samme historiske hændelse, f.eks. indbyrdes slag.)

Derfor vil en omtolkning af én af dem uvægerligt medføre omtolkninger af de øvrige. Udover de skrevne historier kan man også udlede synkronismer fra arkæologisk materiale.

Courville tvivler så meget på de to Sothisdateringer at han ikke vil bygge sin kronologi på dem. Han nævner i hundredvis af eksempler hvor arkæologi og Israels historie *systematisk* afviger nogle århundreder – afvigelser der ofte er blevet klandret Israels skrevne historie. Da de arkæologiske delperioder imidlertid hænger på Ægyptens kronologi, antager Courville at problemet snarere skyldes at gængs ægyptenkronologi er forkert anbragt på tidsaksen – altså at de to Sothisdateringer må være forkerte. Uden de to Sothisdateringer bruger Courville naturligvis alle tilgængelige kongelister til at opbygge sin kronologi, ligesom

også gængs ægyptenkronologi gør, men han vægter kilderne anderledes. Bl.a. bruger han den tolkning af kongelisten Sothislisten at de første 46 navne og regeringstider er en ubrudt række der viser den faktisk forløbne tid. (Slutningen af Sothislisten er desværre forvansket med navne og regeringstider der ikke følger det system.) Han ender med en kronologi (se figur 3) som han mener giver meget bedre overensstemmelse mellem arkæologi og skrevne kilder – især Israels skrevne historie.

Eksempel: Fra Israels historie ved man at Kong Akab havde et elfenbenspalads. Man finder rester af en elfenbensbygning, men i arkæologiske lag der ifølge gængs ægyptenkronologi anses for meget yngre end Kong Akab – det kan altså ikke være hans palads, eller? Mon ikke det er Akabs elfenbenspalads, og de arkæologiske delperioder skal fremrykkes så det stemmer? I Courvilles kronologi kommer fundet til at passe med Akabs regeringsperiode.

(At Israels skrevne historie er meget nøjagtig, fremgår af Thieles bog 1959, hvor han får 396 ud af 400 henvisninger til regeringstider for Israel hhv. Juda til at stemme nøjagtigt overens. De resterende fire er måske fejlskrivninger? Faktisk kan de resterende fire også være korrekte, hvis man antager nogle hidtil ukendte coregenser. Ved hjælp af Thieles israelskronologi har man kunne afklare et enkelt dunkelt punkt i Assyriens kronologi, der ellers er flagskibet i Mellemøsten m.h.t. nøjagtigt optegnede årstavler (de såkaldte eponymilister)).

Kalibreringskurver bygget på gængs hhv. Courvilles ægyptenkronologi

I perioden 1949-68 er der offentliggjort ca. 89 kulstof-14 dateringer med relevans for Ægyptens kronologi. Ud fra så mange som muligt af dem (det er ikke alle 89 der kan historisk indplaceres på figur 2 hhv. 3), er beregnet følgende korrektionsfaktorer for tilsyneladende alder:

$$\text{faktisk alder}_{\text{gængs}} = f_{\text{gængs}} \cdot \text{tilsyneladende alder}$$

$$\text{faktisk alder}_{\text{Courville}} = f_{\text{Courville}} \cdot \text{tilsyneladende alder}$$

I tidsskriftet Radiocarbon, hvor de fleste af de 89 dateringer er offentliggjort, fortsatte man med at beregne tilsyneladende alder ved hjælp af halveringstiden 5568 år selvom halveringstiden faktisk blev målt mere nøjagtigt til 5730 år. (En korrektion for lidt forkert halveringstid er kun en lille korrektion, og ved at fortsætte med 5568 i beregningerne kan man sammenligne alle offentliggjorte tilsyneladende aldre.)

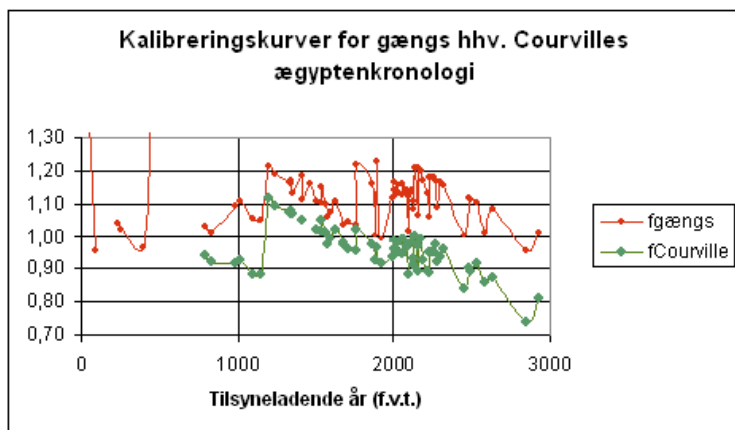
Hvilken af de to ægyptenkronologier giver den mest rimelige kalibreringskurve? Spørgsmålet kan efter min mening ikke besvares entydigt – men man kan bemærke om der optræder „urimelige“ sving på korrektionskurverne. „Urimelige“ sving kan være en indikation på manglende/for mange

samtidigheder af dynastier. Det er langt fra alle 30 dynastier der findes offentliggjorte kulstof-14 dateringer fra – nogle dynastier har også efterladt sig meget lidt arkæologisk materiale.

Korrektionsfaktorerne er nemmest at overskue, hvis man i stedet for tilsyneladende alder laver en graf som funktion af *tilsyneladende år (f.v.t.)*:

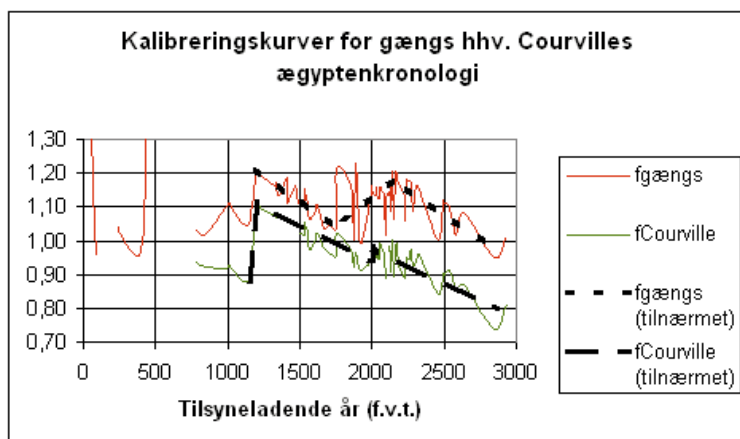
$$\text{tilsyneladende år (f.v.t.)} = \text{tilsyneladende alder} - \text{årstal for målingen}$$

Eksempel: Hvis målingen er udført ca. 1966 og giver den tilsyneladende alder 4050 år, bliver det tilsyneladende år (f.v.t.) = 2084.



Figur 4. Kalibreringskurver for gængs hhv. Courvilles ægyptenkronologi.

De to kurver har en del mindre hakker, bl.a. fordi der er statistisk usikkerhed på tællel. Derudover har de nogle næsten lineære stykker som er fremhævet på figur 5:



Figur 5. Kalibreringskurver og tilnærmede kalibreringskurver for gængs hhv. Courvilles kronologi.

Tre konklusioner ud fra figur 5:

- 1) Den tilnærmede, gængse kurve har et zigzag-forløb hvor det midterste stykke svarer til tilsyneladende år ca. 1750-2150 f.v.t., eller faktisk år ca. 1880-2890 f.v.t. Sothisdateringen S1 ligger ved ca. 1871 f.v.t. Hvis zigzag-forløbet opfattes som urimeligt, kunne man få en mere lige kurve ved fremrykning af Sothisdatering S1. Man kan altså stille spørgsmålstegn ved om S1 skal tolkes så gammel. (Man kunne også få en mere lige kurve ved omtolkning af både S1 og S2.)
- 2) Den tilnærmede Courville kurve har et zigzag-forløb hvor det 3. stykke svarer til tilsyneladende år ca. 2000-2100 f.v.t., eller faktisk år ca. 1760-1930 f.v.t. Grænsen mellem dynasti IV-V og III respektive dynasti II og I ligger ved ca. 1830 f.v.t. Hvis zigzag-forløbet opfattes som urimeligt, kunne man få en mere lige kurve ved fremrykning af denne grænse. Man kan altså stille spørgsmålstegn ved om grænsen mellem dynasti IV-V og III respektive dynasti II og I skal tolkes så gammel.
- 3) Det første stykke på den tilnærmede Courville-kurve har et meget lodret forløb og svarer til tilsyneladende år ca. 1150-1200 f.v.t., eller faktisk år ca. 780-1550 f.v.t. Imidlertid findes der et lignende (dog knapt så stort) stykke med et meget lodret forløb på den tilnærmede, gængse kurve. Jeg vil derfor opfatte det som unøjagtighed i den arkæologiske bestemmelse af nogle af kulstofprøverne.

I en senere artikel vil jeg vende tilbage til disse tre konklusioner ved at sammenholde dem med konklusioner ud fra kalibreringskurver bygget på dendrokronologier.

Litteraturliste

- ¹ Finn Lykke Nielsen: *Radioaktive dateringsmetoder*. Civilingeniørspéciale. DTU, Afd. f. Elektrofysik, 1985. I: 80 s. + litteraturlæg: 450 s. + II: 28 s. + litteraturappendix: 92 s.
- ² W. F. Libby: *Radiocarbon Dating*. The University of Chicago Press, 1952.
- ³ I nyere gymnasielæreboøger anvendes halveringstiden 5730 år og $A_0 = 16.0$.
- ⁴ T. Säve-Söderbergh og I. U. Olsson. "Radiocarbon Variations and Absolute Chronology". Uppsala (1970).
- ⁵ *ibid.*, side 35-55.
- ⁶ D. A. Courville: "The Exodus Problem and its Ramifications". Challenge Books, Loma Linda, California, 1971.

FAQ/OSS til C14-metoden

På sitet www.skabelse.dk findes en FAQ, dvs. en art brevkasse med Ofte Stillede Spørgsmål (hvorfor den danske betegnelse er en OSS). For at gøre lidt reklame for denne mulighed for folk med netforbindelse, tager vi lige et par eksempler her som alle handler om kulstof-14-metoden. Alle svarene her er begået af C-14-artiklens forfatter, *cand. polyt. Finn Lykke Nielsen Boelsmand*.

Hvad kan man bruge kulstof-14-metoden til, og hvad kan man ikke bruge den til?

Den kan give den *tilsyneladende* alder. For at omsætte den til *den faktiske alder* kræves en kalibreringskurve, som siden 1970 traditionelt er bygget på børstekoglefyr-træringe – men den kan også bygges på f.eks. Courvilles ægypten-kronologi eller Yaku-Sugi-dendrokronologi som giver en helt anden kalibreringskurve. For meget store *tilsyneladende* aldre kan man ikke fremstille særligt nøjagtige kalibreringskurver.

Hvor langt går C14-metoden tilbage? Vil man fx kunne bruge dateringsmetoden på de T-Rex-bløddele man har fundet i en knækket dino-knogle?

Man kan bestemme den *tilsyneladende* alder „langt tilbage“, men man kan ikke oversætte den til faktisk alder uden meget stor usikkerhed. Der er også en naturlig grænse for *tilsyneladende* alder: Hvis den *tilsyneladende* alder er større end et vist antal halveringstider for kulstof-14, f.eks. $4 \cdot 5568$ år = ca. 22.000 år, får man også stor usikkerhed på den *tilsyneladende* alder. Når man så ikke har en pålidelig kalibreringskurve for store *tilsyneladende* aldre, bliver oversættelsen til faktisk alder yderligere usikker.

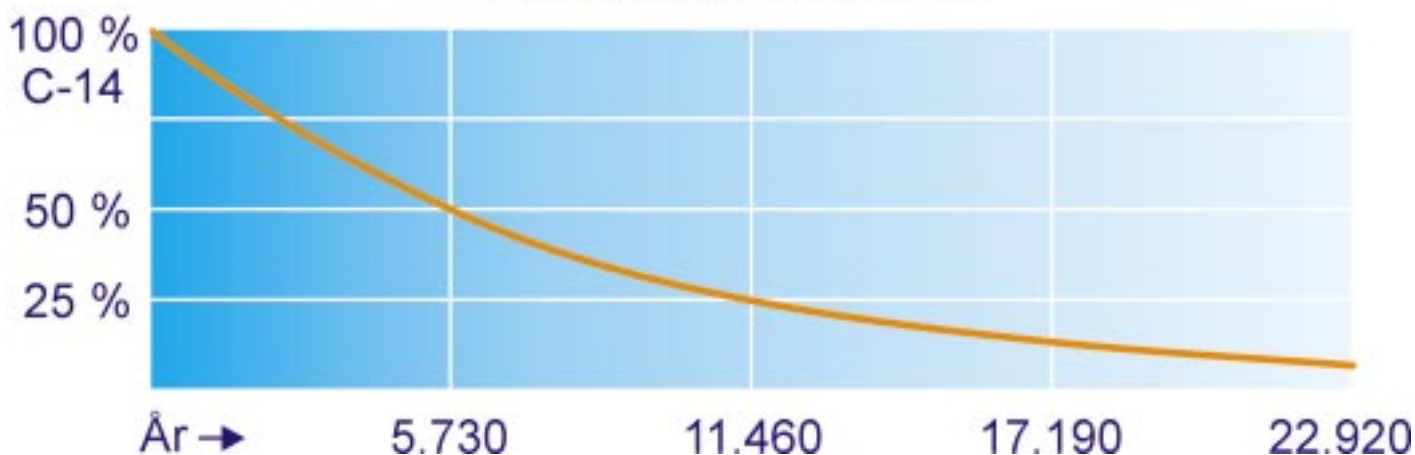
Hvis man kan, hvorfor gør man det så ikke? Er man bange for at få „nogle forkerte resultater“? For en C-14-datering af en dino vil selvfølgelig dementere antagelsen om at den kan være over 70 mio. år gammel? Men man afholder sig vel ikke fra at lave dateringer blot fordi de er teoretisk umulige?

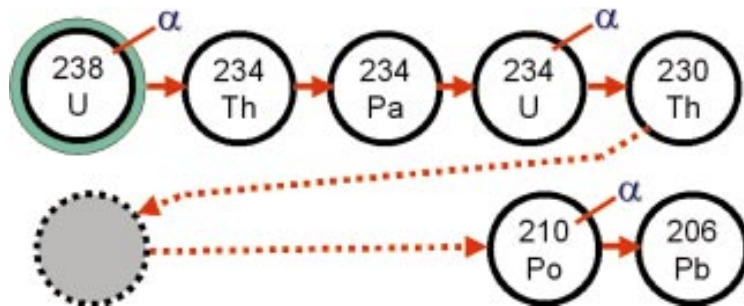
Jeg vil ikke påstå at kulstof-14-laboratorier fuser med data. Det enkelte laboratorium bør offentliggøre sine data, men har altid lov til at vælge hvilke de vil offentliggøre – det vil naturligt undlade at offentliggøre fejldateringer og vil nok ikke udføre ret mange dateringer på dinoer, enten fordi de anses for alt for gamle til kulstof-14 metoden, eller også er de i så dårlig stand at kulstoffet vil være forurennet. Der er offentliggjort nogle få dateringer i Radiocarbon af olie, kul o.l., men der er tale om *ynge* olie og kul ifølge gængs geologi. Enkelt personer kan jo altid indsende en prøve til datering og betale de 5.000-10.000 kr. det koster, men man bør nok gøre op med sig selv først om prøven er nøjagtigt udtaget og behandlet, og om man i alle tilfælde vil offentliggøre resultatet?

Hvis der er usikkerhed om C-14-metodens resultater, hvad er din kommentar så til at „Jesu Ligklæde“ (ligklædet fra Torino) ud fra en C-14-datering er erklæret for en forfalskning? Kan målemetodens usikkerhed være så stor at klædet rent faktisk godt kan være fra år 30 eller deromkring? Hvad med forurenings-problemet, at klædet kan være forurennet af bakterier fra en langt senere tid? Hvordan komme ud over et evt. forureningsproblem?

Kulstof-14 dateringen af Jesu Ligklæde kan

Henfaldskurve for C-14





Henfaldsserie fra uran (U) til bly (Pb). Se på første trin: Uran-238 vil gerne slippe en alfapartikel, dvs. et heliumatom (He). He har α -nr 2 og α -masse 4. Trækker vi disse to fra Uran-238 med α -nr. 92, vil vi få et grundstof der har massen $238-4 = 234$ og α -nr. $92-2 = 90$. Bohrs periodiske system afslører at vi nu står med grundstoffet thorium (Th).

være korrekt. Vatikanet besluttede på forhånd at dateringen skulle offentliggøres, *uanset dens resultat* – en god beslutning! Man står så bagefter og kan undre sig over om kulstofprøven kunne være forurennet, eller om der kan være andre fejlkilder.

Hvordan beregner man et radioaktivt stofs henfaldstid? Hvor véd du fx fra at ^{14}C halveres på 5.568 år? Jeg har fundet en angivelse der siger 5.730 år. Den påstår til gengæld at man kan bestemme en prøves alder med en sikkerhed helt ned til ét år. Det kan vel ikke være rigtigt hvis man ikke er enig om halveringstiden?

Libby anvendte halveringstiden 5568 år. Nogle årtier senere blev den bestemt mere nøjagtigt til 5730 år, men man fortsatte med at bruge 5568 år til den tilsyneladende alder i *radiocarbon* – for at kunne sammenligne på tværs af alle årgange. I dag er den nok bestemt ganske nøjagtigt ved kunstig radioaktivitet.

Man kan nok bestemme aktiviteten med så høj nøjagtighed at man kan beregne den tilsyneladende alder med nøjagtigheden 1 år. Der er så stadig større usikkerhed ved oversættelsen til faktisk alder ved hjælp af en kalibreringskurve.