

Kulstof-14-datering: Nogle åbne spørgsmål – 1

Af cand. polyt. Finn Lykke Nielsen Boelsmand

Indledning:

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

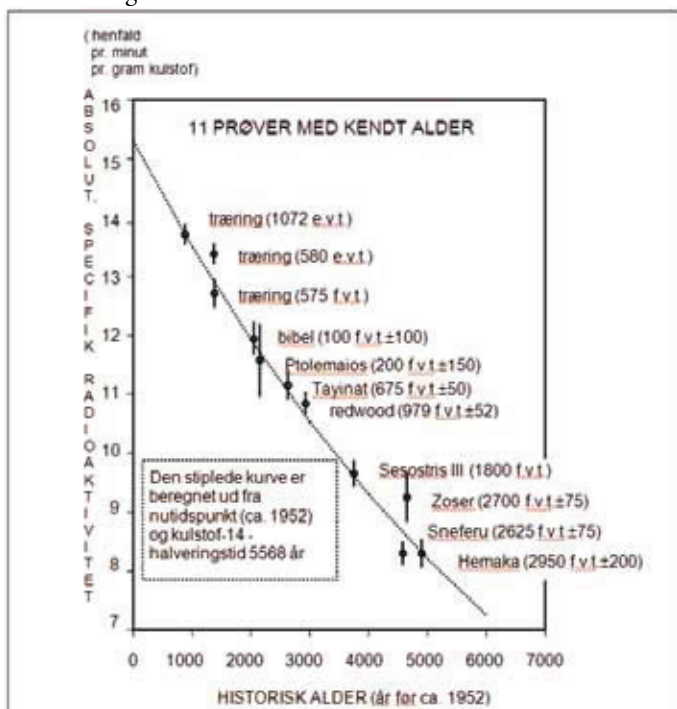
Oversigt:

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 ³ .
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 halverings tiden 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

$$A \text{ (enhed: } \frac{\text{henfald}}{\text{gram kulstof} \cdot \text{minut}} \text{)}$$

af en kulstof holdig prøve – og derefter ind sætter 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 radioaktivt 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 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 tælletal (ΔN_1) vil den absolutte og relative usikkerhed på den specifikke aktivitet A blive:

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

hhv.

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

(Normalfordelte tællel, som radioaktive tællel 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 tællertallet. Man skal altså måle længde på træprøven, så man får så høje tælletal som muligt. Derved mindskes usikkerheden på tællertallet – og dermed usikkerheden på den specifikke aktivitet og alderen i følge 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, Sesostri III, Zoser, Sneferu, Hemaka). Den linje holder sig de næste mange år at kalibreringskurver bygges på dendrokronologi (= træringe) og ægyptenkronologi (= tidstælle). Derfor vil jeg koncentrere mig om de 2 kronologityper.

Hver af de 11 kulstofprøver har desuden en trænings-/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 Esajasbogruille/Dødehavsrulle), er den historiske usikkerhed sat til plus/minus 100 år.
3. for de seks kulstofprøver fra Ægyptens historie, Ptolemaios, Tayinat, Sesostriis 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.

Tællel er nogenlunde normalfordelte. Forudsigelsen passer

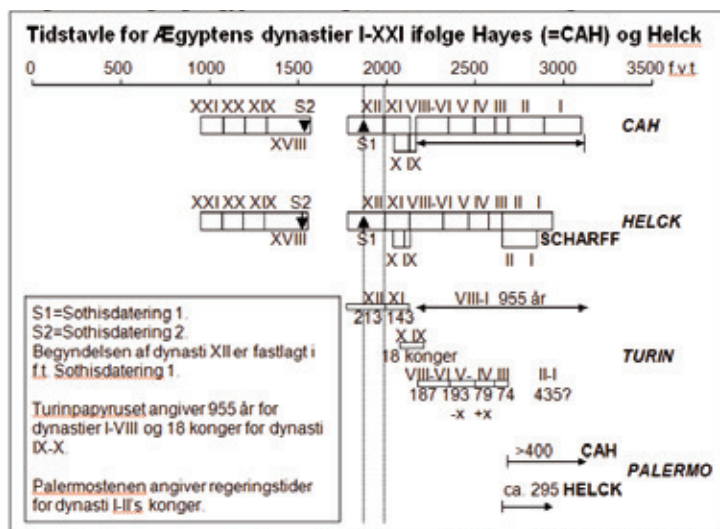
ganske godt, idet $\frac{2}{3} \cdot 11 = 7.3$

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 tælledata, 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 ægypten-kronologi 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 Sæve-Söderbergh og Olsson (1970) ⁵.

Kronologien er hængt op på vores tidsakse ved hjælp af de 2 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 Turinpapyruset

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:

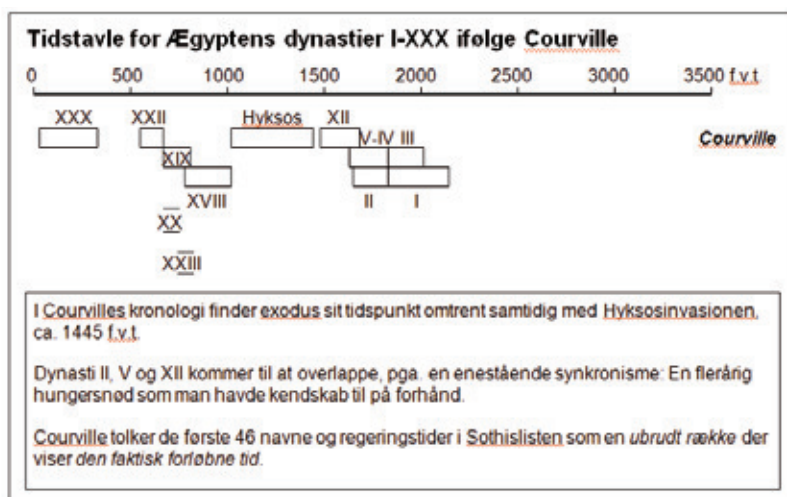
Mellemøstens kronologier er forbundne, idet bl.a. Babylons, Assyriens, Israels og Ægyptens skrevne historie indeholder synkronismer (= henvisninger til samme historiske hændelse, f.eks. indbyrdes slag.)

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 Mel-



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

lemøsten m.h.t. nøjagtigt optegnede årstavler (de såkaldte eponymlister)).

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.)

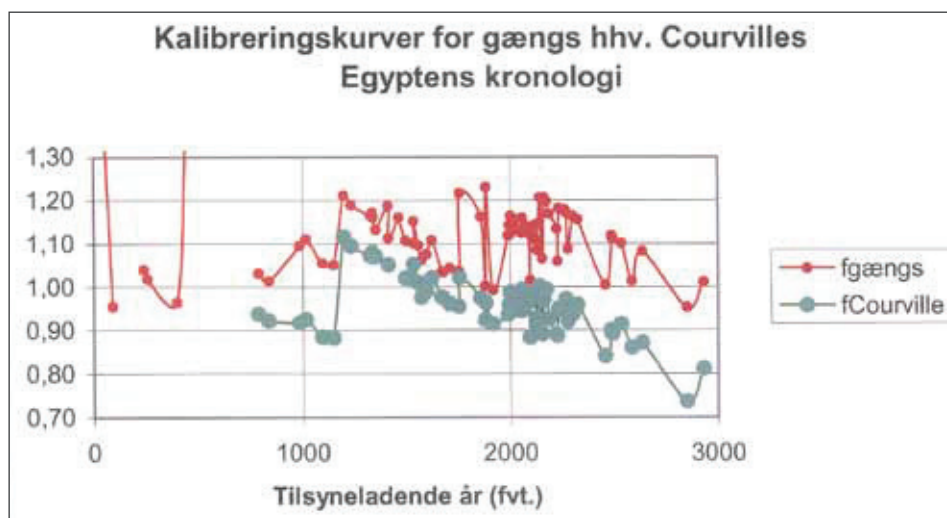
Hvilken af de 2 ægyptenkronologier giver den mest rimelige kalibreringskurve? Spørgsmålet kan efter min mening ikke besvares entydigt – men man kan bemærke om der optræder "urimelige" sving på korrektionskurverne. "Urimelige" sving kan være en indikation på manglende for mange samtidigheder af dynastier. 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.):

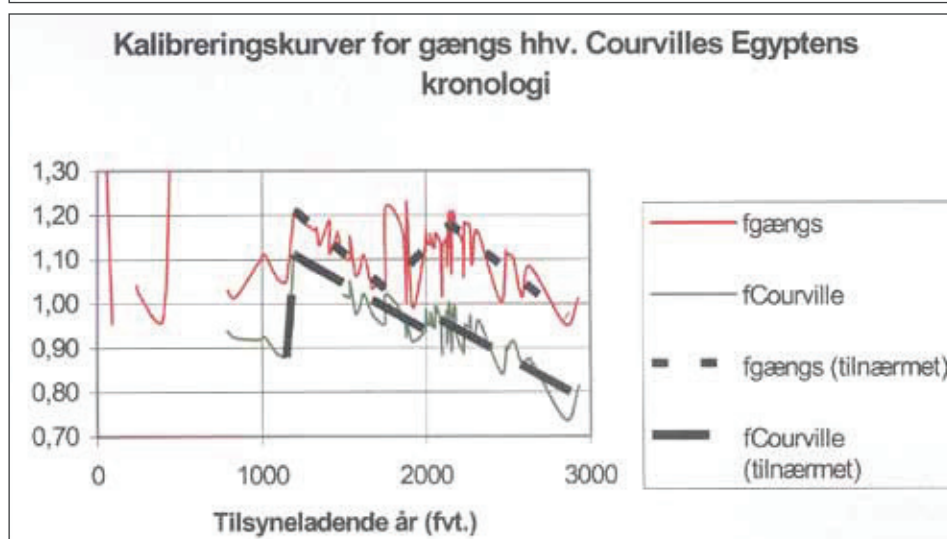
$$\text{tilsyneladende år (f.v.t.)} = \text{tilsyneladende alder} - \text{årstal for målingen}$$

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.



Figur 5. Kalibreringskurver og tilnærmede kalibrerings-kurver 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. 2000-2010 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.+litteraturlitlæg: 450 s.+II: 28 s.+litteraturappendix: 92 s.
- ² W. F. Libby: *Radiocarbon Dating*. The University of Chicago Press, 1952.
- ³ I nyere gymnasielærebøger anvendes halveringstiden 5730 år og $A_0=16.0$.
- ⁴ T. Sæve-Söderbergh og I. U. Olsson. "Radiocarbon Variations and Absolute Chronology". Uppsala (1970).
- ⁵ ⁴, side 35-55.
- ⁶ D. A. Courville: "The Exodus Problem and its Ramifications". Challenge Books, Loma Linda, California, 1971.

FAQ/OSS til C14-metoden

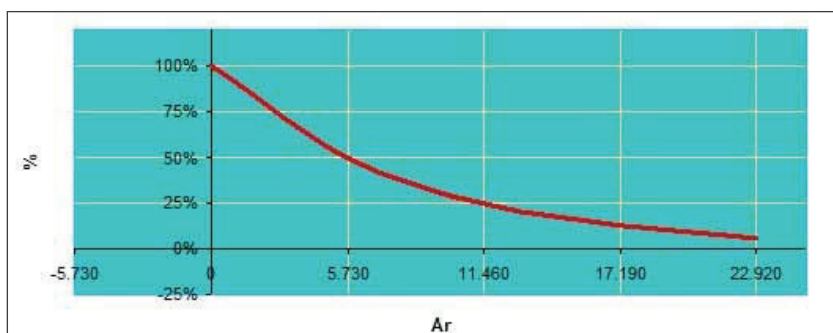
På sitet www.skabelse.dk findes en FAQ, dvs. en art brevkasse med Ofte Stillede Spørgsmål (hvorfor den danske betegnelse er en OSS). For at gøre lidt reklame for denne mulighed for folk med netforbindelse, tager vi lige et par eksempler her som alle handler om kulstof-14-metoden. Alle svarene her er 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 ægyptenkronologi 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-blødder man har fundet i en knækket dinoknogle?

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.



Figur 1. Henfaldskurve for C-14.

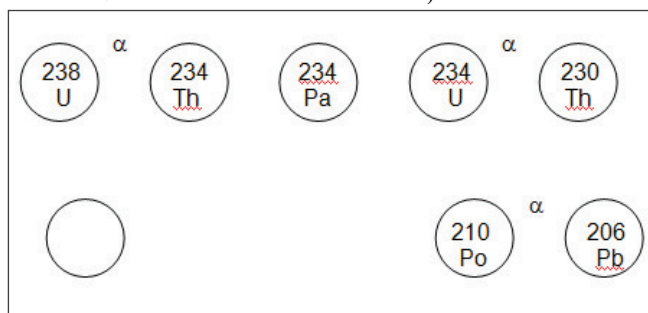
Hvis man kan, hvorfor gør man det så ikke? Er man bange for at få "nogle forkerte resultater"? For en C-14-datering af en dino vil selvfølgelig dementere antagelsen om at den kan være over 70 mio. år gammel? Men man afholder sig vel ikke fra at lave dateringer blot fordi de er teoretisk umulige?

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 fejdateringer 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 forurenet. 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. Enkeltpersoner 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 forureningsproblemet, at klædet kan være forurenet med bakterier fra en langt senere tid? Hvordan komme ud over et evt. forureningsproblem?

Kulstof-14 dateringen af Jesu Ligklæde kan 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 forurenet, eller om der kan være andre fejlkilder.



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

Hvordan beregner man et radioaktivt stof 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.

Kulstof-14-datering: Nogle åbne spørgsmål – 2

Af cand. polyt. Finn Lykke Nielsen Boelsmand

Indledning

Denne artikel bygger på mit ingeniørspéciale: 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:

- rodnettets størrelse
- stærke vinde, tornadoer
- lys, plads omkring træet
- løv på træet
- ældning
- frøsætning
- svedning af ild (skovbrande), lynnedslag
- fysiske angreb på træet, herunder hug, stik og insekter

Et træ gror ikke lige meget i alle retninger, så vækstlaget er ikke helt ringformet eller lige tykt hele vejen rundt. Nogle gange er

det kun et buet stykke i den ene side af træet. Hvis man ikke vil fælde træet, kan man i stedet tage nogle boreprøver fra flere sider af træet og sammenligne dem for at finde middeltykkelsen af vækstlagene. Imidlertid kan det være svært at se en sammenhæng mellem middeltykkelsen af vækstlagene og målinger af nedbøren foretaget på meteorologiske vejrstationer i nærheden af de pågældende træer. Træerne i et område (selv af samme art)

Årstal	Begivenhed
1949-52	Libbys første kalibreringskurve ²
1962/68 og før	Gængs ægyptenkronologi (Hayes/Helck) ³
1966	Yaku-Sugi dendrokronologi ⁴
Ca. 1969	Børstekoglefyr dendrokronologi
Ca. 1970	Kongres hvor man valgte at bygge kalibreringskurven på dendrokronologi (børstekoglefyr) og ikke ægyptenkronologi ⁵ .
Ca. 1971	Courvilles ægyptenkronologi ⁶

Fra starten af kulstof-14 metoden (ca. 1950) indtog dendrokronologi/træringe og Ægyptens historie en central betydning for at kunne fremstille en kalibreringskurve.

Dendrokronologi/træringe

Det er en alment udbredt opfattelse at *træringe viser træets alder og klimaet* i de år det har groet – at en trærings tykkelse er et mål for årets nedbørmængde. Ved nærmere undersøgelse viser det sig at det på ingen måde er så enkelt. I 1941 skrev Waldo S. Glock, som selv er dendrokronolog, en stor oversigtsartikel⁷ hvor han samler sin egen viden og viden fra ca. 200 artikler skrevet af dendrokronologer 1935-1941 og før. Der er mange der har prøvet at sammenligne træringene med klimaet (især regnmængden), men ifølge Glock er der mange flere faktorer der har betydning for et træs vækst, bl.a.:

- vækstsæsonens længde
- temperaturen, herunder frostperioder
- regnmængden
- fordelingen af regnmængden på årets måneder
- tørkeperioder
- anden nedbør end regn (sne og tåge)
- kronens fangst af nedbøren
- fordampningen
- jordunderlagets beskaffenhed
- røddernes dybde

kan have meget forskellige vækstlag. På nogle af dem viser en boreprøve tynde og tykke lag – på andre omtrent lige tykke lag. *Hvilket af træerne viser så klimaet? Det gør de alle sammen.* For at forstå hvornår et træ gror, må man undersøge jordfugtigheden. Glock inddeler træerne i tre grupper. Dem der gror hvor fugtigheden er nær maksimal, nær minimal eller optimal (som han kalder det). De maksimale har vand nok. Når de gror, er det ikke fordi det har regnet. De optimale er dem der får regn når de har brug for det. De minimale gror ofte i områder hvor jorden tørrer ud imellem regnskyllene, og træets vækst standser. Der kendes eksempler hvor efterårsregn giver anledning til fornyet vækst. Det giver så træerne *to ringe på et år*.

Antal træringe giver altså også en *tilsyneladende alder*. Hvis man sammenligner levende træer i et område, viser det sig at deres ringmønstre ikke er ens. Vælger man dem ud som f.eks. har en håndfuld meget tynde ringe (såkaldt diagnostiske ringe) imellem mellemtykke og tykke ringe, har man mulighed for at matche de diagnostiske ringe med andre træers diagnostiske ringe. Finder man desuden døde træer der har diagnostiske ringe der matcher de ældste diagnostiske ringe af et levende træ, kan man bygge kronologien længere bagud i tiden. I sidste ende er der selvfølgelig en grænse for hvor gamle døde træer man kan finde – eller tyde.

En sådan serie af matchende træer kaldes en *dendrokronologi*. For at styrke dendrokronologien prøver man at bygge flere og flere træer ind i den, så man får større sikkerhed for de diagnostiske ringes placering. I praksis støder man på det problem at to træer matcher de diagnostiske ringe, men med et lidt forskelligt antal ringe imellem dem. Det kan så tolkes på to måder: *Enten mangler det ene træ ringe, eller også har det andet træ ekstra ringe*. En dendrokronologis sikkerhed afgøres ved hjælp af statistiske tal såsom følsomhed og seriekorrelationskoefficient.

Seriekorrelationskoefficienten – er det tal der måler hvor godt 2 kurver stemmer overens i et vist antal punkter. Et tal tæt ved 1 betyder god overensstemmelse, og et tal tæt ved 0 betyder dårlig overensstemmelse.

Undervejs i opbygningen af dendrokronologien har man kasseret de træer som ikke indeholdt diagnostiske ringe, samt af og til opgivet at indpasse visse træer. *Man kan så overveje hvad statistisk sikkerhed betyder når man har fravalgt træer?* Imidlertid kan man ikke gøre det bedre.

Redwood/Sequoia

Indtil 1956 var de ældste (dvs. tilsyneladende ældste, nemlig dem med flest ringe) kendte levende væsener *Sequoia sempervirens*/Redwood og *Sequoia giganteum*/Big Tree som kun findes naturligt i de californiske bjerge. Der er fundet redwoods med ca. 2200 ringe og Big Trees med op til ca. 3000-3212 ringe.

Yaku-sugi/Cryptomeria japonica

I 1966 offentliggjorde K. Kigoshi og H. Kobayashi⁴ en dendrokronologi for japanske yaku-sugi træer der rakte ca. 2000 træringe tilbage i tiden. (Faktisk er dendrokronologien (ifølge ⁴) lavet ud fra ét træ, så man har ikke usikkerheden med at matche flere træers diagnostiske ringe.) Her vises tendensen i yaku-sugi dendrokronologien i forhold til Libbys kalibreringskurve fra 1952.

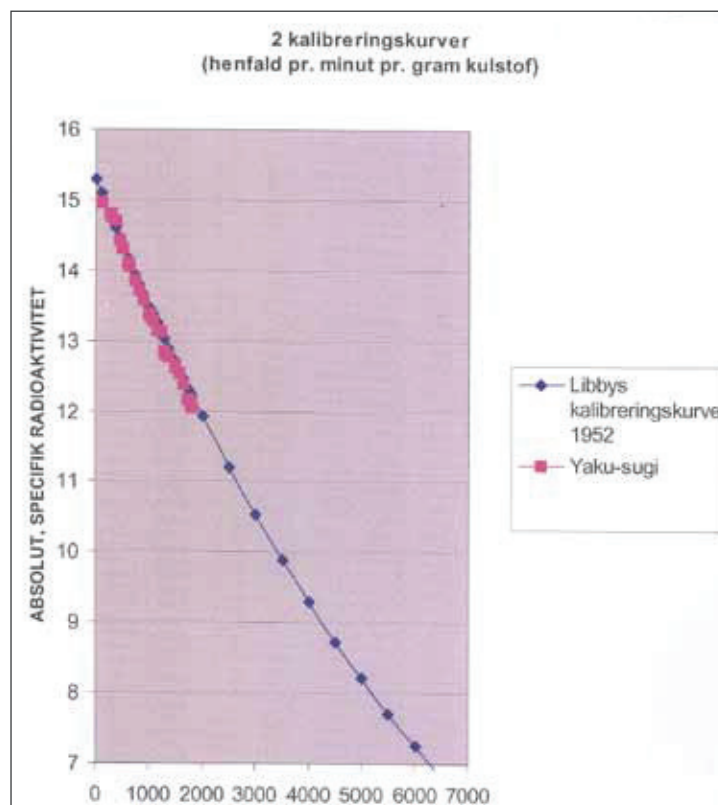
Yaku-sugi dendrokronologien viser at man ved kulstof-14 metoden vil måle en lavere absolut, specifik radioaktivitet end forventet. Derfor kommer man til at overvurdere aldre, hvis man antager at Yaku-sugi-dendrokronologiens tilsyneladende aldre er de korrekte. *Man må derfor indføre en korrektionsfaktor:*

$$\text{faktisk aldre}_{\text{Yaku-sugi}} = f_{\text{Yaku-sugi}} \cdot \text{tilsyneladende aldre} \quad (\text{formel 1})$$

Sammenholdes *korrektionsfaktorer* for Yaku-sugi-dendrokronologi og de to ægyptenskronologier (gængs hhv. Courville), fås figur 2 og 3.

Figur 2 viser de *fuldstændige* kalibreringskurver, og i figur 3 er vist *udsnittet* mellem korrektionsfaktor 0.70 og 1.30. Figur 4 er lig figur 3, men tilføjet en trendlinje for Yaku-sugi-målepunkterne.

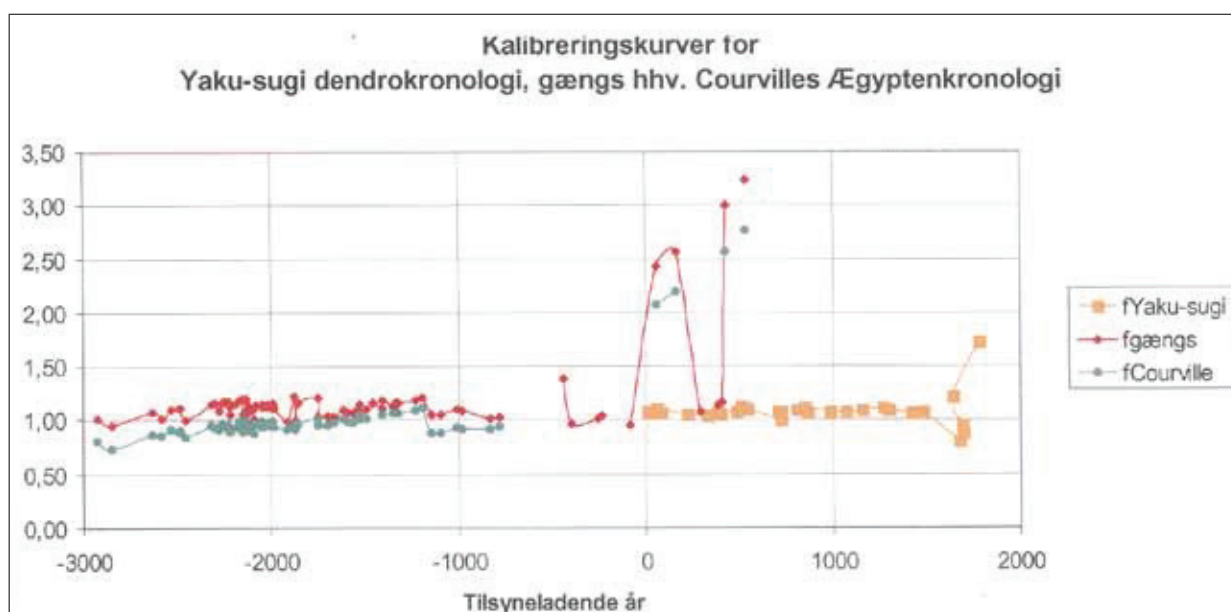
Bemærk, at korrelationskoefficienten for trendlinjen er meget lav (= 0.0139), hvilket betyder at der ikke kan drages nogle nøjagtige konklusioner fra den.



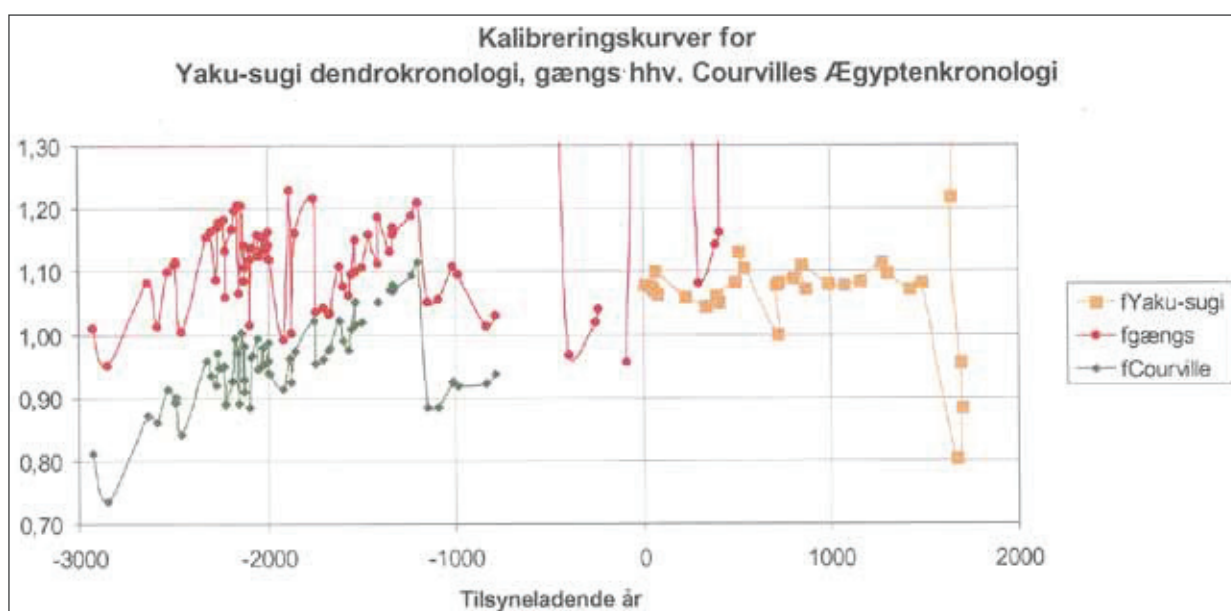
Figur 1. Sammenligning mellem Libbys kalibreringskurve (ca. 1952) og en kalibreringskurve beregnet ud fra Yaku-Sugi dendrokronologien (data: Kigoshi 1966).

Fire konklusioner ud fra figur 2-4:

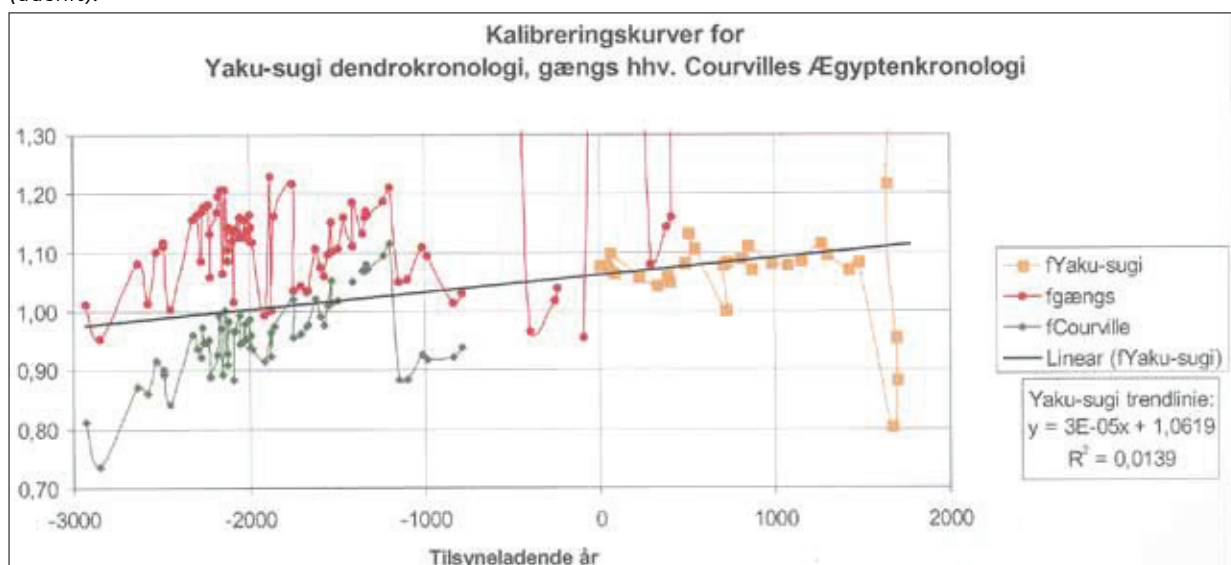
1. Yaku-sugi kurven har nogle store udsving i perioden 1479-1777 e.v.t. som kan have mange årsager, f.eks. forurening af de yderste vækstlag med fremmed kulstof (perioden er *tilsyneladende alder*, dvs. den alder man får ved brug af Libbys aldersformel uden korrektion; det gælder også de følgende perioder i konklusionerne). Desuden har kurven et moderat udsving i perioden 537-703 e.v.t. som imidlertid kun bygger på én måling. Derfor antages dette udsving at være en fejlbestemmelse. Kurvens øvrige målepunkter ligger nogenlunde pænt på en linie med korrektionsfaktorer i intervallet 1.04-1.13, altså tilsyneladende alder skal forøges 4-13% for perioden ca. 0-1500 e.v.t.
2. Yaku-sugi kurven har en overlappende periode med gængs ægyptenskronologi (og faktisk identisk for Courvilles ægyptenskronologi). Det er perioden 293-408 e.v.t., hvor den gængse kurve ligger systematisk over Yaku-sugi kurven, men har omtrent parallelle forløb. Korrektionsfaktoren ligger i intervallet 1.04-1.16, altså tilsyneladende alder skal forøges 4-16% for denne periode. At den gængse kurve ligger systematisk over Yaku-sugi kurven med ca. 4-8% kan enten tolkes som om Yaku-sugi-dendrokronologien lider af 4-8% manglende ringe, eller at den gængse historie overvurderer alderen med 4-8% (hvilket er ca. 60-130 år). Endelig kan det være en arkæologisk fejldatering af tre prøver? For denne periode er der ikke nogen forskel på gængs og Courvilles ægyptenskronologi, så den samme konklusion gælder begge ægyptenskronologier.



Figur 2. Kalibreringskurver for Yaku-sugi-dendrokronologi og de to ægyptenskronologier (gængs hhv. Courville).



Figur 3. Kalibreringskurver for Yaku-sugi-dendrokronologi og de to ægyptenskronologier (gængs hhv. Courville) (udsnit).



Figur 4. Kalibreringskurver for Yaku-sugi-dendrokronologi og de to ægyptenskronologier (gængs hhv. Courville) (udsnit) og trendlinie for Yaku-sugi-målepunkterne.

3. Forlænger man den lineære tendens af Yaku-sugi-kurven tilbage til perioden 500-0 f.v.t., ses den ramme den gængse kurve *nogenlunde*. Det er den periode hvor gængs og Courvilles ægyptisk kronologi afviger væsentligt mindre fra hinanden end for ældre perioder. (Derfor ville Yaku-sugi-kurvens trendlinie også ramme Courvilles kurve *nogenlunde* hvis den var tegnet ind for denne periode.)
4. Forlænger man den lineære tendens af Yaku-sugi-kurven tilbage til perioden 3000-500 f.v.t. ses den at ramme både den gængse kurve og Courvillekurven, men på forskellige steder. I perioden 1198-788 f.v.t. rammer den tættest ved den gængse kurve. I perioden 1916-1198 f.v.t. rammer den tættest ved Courvillekurven. (Man erindrer at der i denne artikels 1. del⁹ blev foreslået at fremrykke dynasti I-XII i gængs ægyptisk kronologi, så kalibreringskurven undgik sit zigzag-forløb.) Yaku-sugi-dendrokronologiens trendlinie *peger på* at gængs ægyptisk kronologi har overvurderet alderen af dynasti I-XII.
5. Med den usikkerhed der ligger i Yaku-sugi-dendrokronologiens trendlinies lave korrelationskoefficient (=0.0139), kan man kun konkludere at dens forlængelse er *i overensstemmelse med* at gængs ægyptisk kronologi overvurderer alderen af dynasti I-XII. Man kan ikke udlede det som et faktum alene ud fra Yaku-sugi-dendrokronologien.

Fergusons børstekoglefyr-dendrokronologi (1970) behandles først i en kommende artikel.

Litteraturliste

- ¹ Finn Lykke Nielsen: *Radioaktive dateringsmetoder*. Civilingeniørspéciale. DTU, Afd. f. Elektrofysik, 1985. I: 80 s.+litteraturlitillæg: 450 s.+II: 28 s.+litteraturappendix: 92 s.
- ² W. F. Libby: *Radiocarbon Dating*. The University of Chicago Press, 1952.
- ³ ⁵, side 35-55.
- ⁴ Kunihiko Kigoshi og Hiromi Kobayahi. *Radiocarbon*, bind 8, side 54-56 (1966).
- ⁵ T. Sæve-Söderbergh og I. U. Olsson. *Radiocarbon Variations and Absolute Chronology*. Uppsala (1970).
- ⁶ D. A. Courville: *The Exodus Problem and its Ramifications*. Challenge Books, Loma Linda, California, 1971.
- ⁷ Waldo S. Glock: *Growth Rings and Climate*. The Botanical Review, bind 7, nr. 12, side 649-713 (1941).
- ⁸ Finn Lykke Nielsen Boelsmand: *Kulstof-14-datering: Nogle åbne spørgsmål (1)*, Origo nr. 98, marts 2006, side 22-26.
- ⁹ Konklusion 1, side 26.

Louis Pasteur

Af: Finn Boelsmand, lektor i fysik og kemi.

Louis Pasteur (udtales: LU.i pa(æ). STØR) (1822-1895), fransk kemiker og mikrobiolog,

- undersøgte effekten af polariseret lys på kemiske forbindelser
- viste at ved gæring af alkohol og mælk kan gær reproducere uden brug af ilt (Pasteur-effekten)
- konkluderede at gæring og fordærvning af mad skyldes mikroorganismer og kunne forhindres ved at ødelægge eller hæmme dem (ex pasteurisering af vineddike, vin, øl, mælk)
- Indenfor biologien argumenterede han imod teorien om spontan genese, ifølge hvilken dyr kunne opstå af sig selv, blot de rette forhold var til stede. F.eks. skulle der i en lukket kasse med gamle klude og korn kunne opstå mus. Denne tanke, der går tilbage til Aristoteles, anses i dag for absurd.
- fandt en kur mod silkeormsygdomme, som fik betydning for fransk silkeindustri
- fandt (1881) en måde at isolere og svække sygdomsskim. Fandt en vaccine imod fåre miltbrand og kyllinge-kolera
- fandt (ca. 1885) en vaccine imod rabies (=hundegalskab). Grundlagde (1888) Pasteur instituttet for rabies-forskning, forebyggelse og behandling.



Figur 1. Louis Pasteur

"Der findes ikke en kategori af videnskab som skulle kaldes *anvendt* videnskab. Der er videnskab og anvendelser af videnskab, bundet sammen som frugter på træet der bærer dem." *Louis Pasteur, oversat*

"Hvad angår observationer, fremmer tilfældet kun det forbedrede sind." *Louis Pasteur, oversat*

"Man behøver ikke at spørge en der lider: Hvilket land kommer du fra og hvad er din tro? Man behøver kun at konstatere: Du lider, det er nok ..." *Louis Pasteur, oversat*

"Jeg er overbevist om at Videnskab og Fred vil triumfere over Ignorance og Krig, at lande vil forene sig for at opbygge i stedet for at ødelægge, og at fremtiden tilhører dem som har gjort mest for den lidende menneskehed." *Louis Pasteur, oversat*

"... kunstideal, videnskabsideal, evangeliske dyder, deri ligger kilderne til store tanker og store gerninger; de reflekterer alle lyset fra den Uendelige." *Louis Pasteur, oversat*

"Jo mere jeg ved, jo mere nærmer min tro sig den bretonske landmands. Hvis jeg vidste alt ville jeg have en tro som den bretonske landmand." *Louis Pasteur, oversat*

Litteratur:

http://da.wikipedia.org/wiki/Louis_Pasteur <http://www.answers.com/topic/louis-pasteur>

<http://www.answers.com/topic/louis-pasteur>

http://en.wikiquote.org/wiki/Louis_Pasteur

<http://www.evene.fr/citations/louis-pasteur>

<http://www.linternaute.com/citation/auteur/louis-pasteur/17533/>

Fastfission http://en.wikipedia.org/wiki/File:Tableau_Louis_Pasteur.jpg

Ordsprog af Louis Pasteur:

"Jeg er på tærsklen til mysterier, men sløret bliver tyndere og tyndere." *Louis Pasteur, oversat*