

## Aarhus School of Architecture // Design School Kolding // Royal Danish Academy

### APA-modellen

Peters, Nina Hall; Botfeldt, Knud Bo

*Publication date:*  
2023

*Document Version:*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*  
Peters, N. H., & Botfeldt, K. B. (2023). *APA-modellen: Akkumulation Præservation Alteration*. Det Kongelige Akademi.

#### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

#### Take down policy

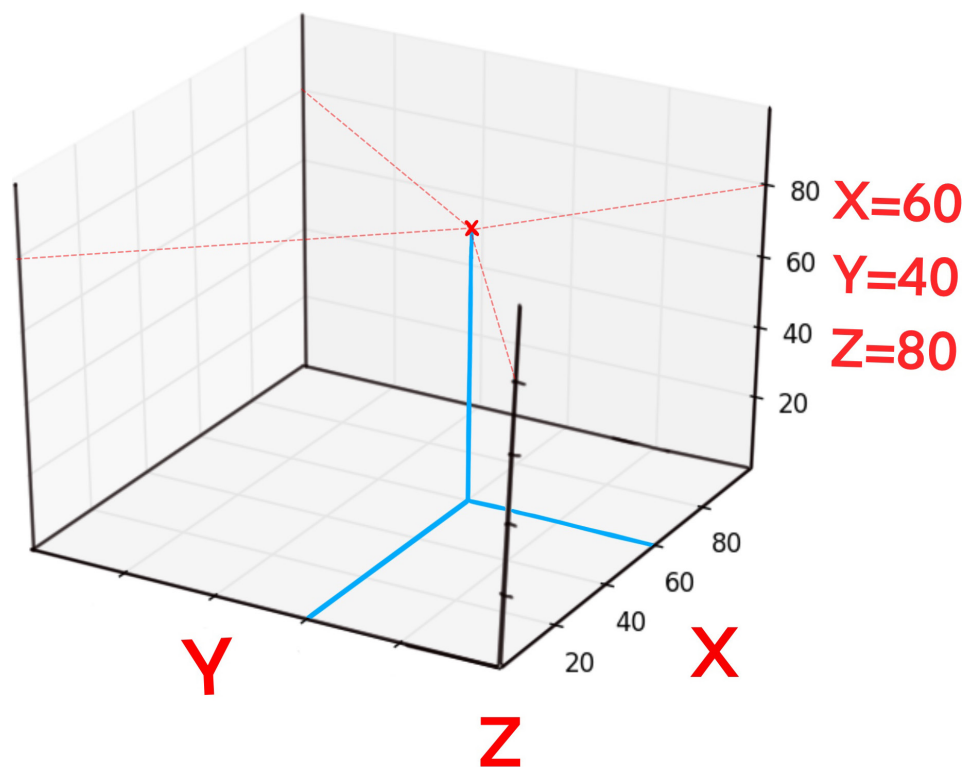
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# APA -modellen

Akkumulation

Proæservation

Alteration



Nina Hall Peters & Knud Botfeldt



Det Kongelige  
Akademi

Arkitektur  
Design  
Konservering

2023

© Det Kongelige Akademi -  
Arkitektur, Design, Konservering  
Institut for Konservering

ISBN: 978-87-7830-890-0  
Forfatter: Nina Hall Peters og Knud Bo Botfeldt  
Udgiver: Det Kongelige Akademi -  
Arkitektur, Design, Konservering

Udgivet elektronisk 2023

Forsidebillede: Nina Hall Peters  
Layout: Karen Borchersen



# Forord

Nærværende kompendium er et værktøjskompendium – og er først og fremmest tænkt som en lærebog for studerende ved Konservatorskolen Naturhistoriske Linje. Eksemplerne i kompendiet er valgt som teoretiske eksempler og oplysningerne om de omtalte fund bør verificeres af andre kilder, hvis de ønskes anvendt.

Vi vil gerne takke følgende personer for deres bidrag  
Lektor Nicoline Kalsbeek (Kalsbeek Consult) og Konservator/præparator Frank Osbæck, Museum Salling Bevaring for korrekturlæsning og faglig sparring.  
Konservator Karen Borchersen, konservatorskolen for layout.

Cand. Scient. Cons. Nina Hall Peters  
&  
Lektor Emeritus Knud Botfeldt

Marts 2023



# Indholdsfortegnelse

APA - Indledning	5
APA - modellen	6
Præservation	7
Akkumulation	7
Alteration	8
Læsning/ anvendelse af 3D koordinatsystemet	10
APA-modellen afprøves på udvalgte emner	11
Harpix	12
Moselig fra en højmose	14
Vanddrukkent arkæologisk træ	16
Vanddrukkent arkæologisk lædersko fra middelalderbylag.	18
Vanddrukkent arkæologisk lædersko fra 1600-tals skibsvrag	20
Decalcificeret knogle (gummiknogle)	22
En hajtand ( <i>Otodus obliquus</i> )	24
Søpindsvin i flint	26
Fugle fra tar-pit i Californien	28
Træfossiler	30
Hvalknogler med pyrit	32
Menneskeknogle	34
Knogler fra <i>Brachiosaurus brancai</i>	36
”Ikaitkrystal”	38
APA Konserverings betragtninger	40
Sammenligning af APA- systemet med de traditionelle fossilkategorier	41
Litteraturliste	42

# APA – Indledning

Dette kompendium er et værktøjskompendium, som skal ses som et tillæg til ”Præparation af Palæontologisk Materiale” fra 2020 skrevet af Knud Botfeldt & Andreas Grinde.

Før læsning af det kompendium læses kap. 3 (Dannelse af Fossiler) i Botfeldt & Grinde, som gerne skulle give et overblik over emnet.

Når man skal behandle et fossil, er man kun ringe hjulpet med overordnede begreber som replacering eller permineralisering. Nærværende kompendium tilbyder en fremgangsmåde kaldet APA -metoden (mere herom senere), som giver et mere nuanceret billede af et konkret fossils muligheder for præparation.

Det er ikke tanken at resultatet af denne metode skal give en helt præcis og en meget detaljeret beskrivelse, men det er tanken at man som præparator /konservator, gennem tre faste spørgsmål, tvinger sig selv rundt om de vigtigste overvejelser.

Det burde absolut være muligt at APA-metoden kunne udvikles, således at man kan sætte præcise værdier på et fossils tilstand. Dette vil dog kræve grundige kvantitative og kvalitative analyser (f.eks. SEM/EDX) – ideen er hermed givet videre hvis en fremtidig studerende måtte ønske et emne for et kandidatspeciale!

Første del af kompendiet er en gennemgang af APA- metodens tre elementer og sammenstillingen af de tre elementer i et 3D koordinatsystem.

Anden del er en gennemgang af udvalgte palæontologiske materialer (fossiler) og jordfund (arkæologiske genstande), hvor APA- metoden afprøves. Eksemplerne er inspireret af virkelige fund; men er egentlig tænkt som teoretiske eksempler. Således er de opgivende værdier kun et kvalificeret gæt fra forfatterens side, og bør/skal kun anvendes som basis for at lære metoden at kende. Præcise værdier forudsætter, præcise analyser !

Der vil ikke forekomme henvisning til litteratur med hensyn til dannelse af fossiler, her henvises til hovedkompendiet Botfeldt & Grinde (2020). Til gengæld vil hvert eksempel i anden del, afsluttes med en henvisning til relevant konserveringslitteratur.

# APA - modellen

Hvordan et fossil (eller en oldsag) bevares er helt afhængig af fundmiljøet.

Et ofte brugt eksempel er knogler hvor den organiske del bevares i et surt anaerobt miljø (f.eks. en høj-mose), mens et basisk aerobt miljø (en køkkenmødding) bevarer den uorganiske del.

Står man med fossilet (eller oldsagen) fjernet fra sit fundmiljø, og kun kan vurdere fossilet uden at kende fundmiljøet, skal man fokusere på tre parametre:

- a. Hvor meget af det originale væv/materiale er bevaret?
- b. I hvilket omfang er der sket en akkumulation af andre udefrakommende materialer, og hvilke "invasive" materiale/ materialer er der tale om?
- c. I hvilket omfang er der sket en kemisk/ fysisk ændring f.eks. en hærdning eller en omkrystallisering af originalmaterialet (evt. i samarbejde med det akkumulerede materiale)?

Punkt 1 kan beskrives kort som præservation = P

Punkt 2 kan beskrives kort som akkumulation = A

Punkt 3 kan beskrives kort som alteration = A

Disse tre parametre burde rent logisk omtales som en PAA-model, men omtales som det mere mundrette APA- model. Da A indgår både som i akkumulation og alteration, forkortes akkumulation til Ak og alteration til Al.

For overskuelighedens skyld kan de tre parametre stilles som et tredimensionelt koordinatsystem, (x, y, z akser).

Med Akkumulation som den ene vandrette akse: x-aksen

Med Alteration som den anden vandrette akse: y-aksen.

Med Præservation som den lodrette z-akse

Hvis man kan udføre meget præcise kemiske/fysiske analyse skulle det altså være muligt at angive et fossil med det tre koordinater x, y, z. Det er dog et meget stort krav at stille. Mindre kan dog også gøre det – f.eks. at man alene ved et rimeligt kvalificeret overslag kan vurdere at mindre end 10 % af originalmaterialet er bevaret. Selv en løs vurdering på "omkring 50 % sådan cirka" kan være en stor hjælp til af afgøre hvilken præparationsmetode man skal vælge og hvad man skal være opmærksom på i konserveringsforløbet.

# Præservation

Forestiller man sig graden af præservation fremstillet på en vektor eller i det tredimensionelle koordinat-system som z-aksen, så vil 100 % bevaring af fossilet (f.eks. en knogle) være at finde i toppen af vektoren og 0 % vil være i bunden af vektoren hvor z-aksen møder x-aksens og y-aksens fælles 0 punkt.

Knogler vil som oftest, alt efter deres fundmiljøer, have en rest af det originale knoglevæv. F.eks. kan knogler fundet i en fosfatmine have et meget højt indhold af originalt materiale - måske 100 - 98 %, også kaldet et ægte fossil. Oftest er andelen af det organiske materiale dog meget lavt. Mens knogler fundet i sur jysk sandjord meget ofte har et meget lavt indhold måske 1-2 % af det originale materiale tilbage. Og så vil der for andre fundmiljøer være alle værdier derimellem.

Tabet af originalmaterialet vurderes bedst vha. det vægttab fossilet har. Dette kan ofte gøres rimeligt præcist, andre gange bliver det en noget løs vurdering, især hvis fossilet har akkumuleret andet materiale!!! Dette vil naturligvis sløre resultatet. Mange gange kan alene en vurdering om der overhovedet findes originalmateriale eller ej være en stor hjælp.

Det er vigtigt at vægttabet vurderes ud fra den knogle eller det fossilfragment man arbejder med. En halv lårbensknogle har ikke mistet det halve af sin vægt alene fordi det er en halv knogle. Man skal vurdere hvor meget den halve lårbensknogle har mistet af sin vægt. For knogler der mister hele den organiske del eller store dele af den vil ratio af den organiske del ofte være  $1/3$  af knoglens tørvægt, dvs. at der kun er  $2/3$  af den originale knogle tilbage, når man regner i forhold til vægt.

Tabet af den organiske del bevirker at knoglestrukturen bliver hul og spongiøs - og endnu mere modtagelig for akkumuleret materiale!! Specielt for indkuling gælder at al originalmateriale undtagen carbon forsvinder. For disse fossiler (især plantefossiler) er tabet af originalmateriale meget stort.

# Akkumulation

Akkumuleret materiale er alle de fremmedstoffer der trænger ind i et fossil, f.eks. en knogle. Det er meget ofte mineraler (dvs. salte) som opløses i vand og genudfældes inde i knoglen. Nogle af de mest almindelige mineraler er calcit ( $\text{CaCO}_3$ ), silikater (f.eks.  $\text{SiO}_2$ ), gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ), jernsalte som jernoxider (f.eks.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), jerncarbonat ( $\text{FeCO}_3$ ) og pyrit ( $\text{FeS}_2$ ). Sidstnævnte kan skabe helt specielle problemer (se kap 9 i Botfeldt & Grinde 2020).

Alle materiale der trænger ind i knoglestrukturen, tæller som akkumulation. Således er slam og mudder også akkumulation. Ligeledes virker vand som et akkumulerede stof. For vanddrukne organiske materialer er denne faktor vigtig, specielt for arkæologiske materialer som træ og læder. Det akkumulerede materiale er med til at stabilisere knoglens struktur ved at udfylde hulrummene.

De akkumulerede mineraler der placeres sig i knoglens naturlige hulheder kaldes permineralisering, hvis det akkumulerede materiale erstatter originalmateriale, kaldes det replacering. Finder der både en replacering og en permineralisering sted taler man om en total mineralisering, også kaldet en ægte forstening eller en ægte petrifikation.

En helt speciel form for akkumulation er asfaltimprægnering, hvor dyr der er fanget i en asfalt-sø ender med at blive totalt imprægneret af akkumuleret asfalt.

Man kunne vælge at anse insekter, edderkopper, botanisk materiale, luftbobler og alle andre inklusioner i rav og kopal som akkumulationer; men normalt anses disse som en del af originalmaterialet. MEN præparationsmæssigt kan det være nyttigt at betragte disse emner som akkumulationer, fordi de kan give

spændinger i materialet. Store mængder af luftbobler eller boremel fra insekter kan ændre ravet fysiske fremtræden således at ravet fejlbestemmes!

For opgivelse af nøjagtige værdier for graden af akkumuleret materiale kræves der kvalitative og kvantitative analyser samt diverse scanningsteknikker. Men mindre kan også gøre det!

En vurdering af tilstedeværelse af akkumuleret materiale, kan ofte føre til en revurdering af mængden af originalmateriale, det kan let ske at man vurderer originalmaterialets andel for højt. Især hvis det akkumulerede materiale er udfældet pænt og jævnt og efterlader fossilet i en tilstand som forleder en til at tro at man står med en velbevaret original knogle!

For almindelig brug i værkstedet/laboratoriet vurderes vægten af fossilet og farven og hårdheden på fossilet (nærmere bestemt farven på det akkumulerede materiale). Silikater kan ofte kendes på deres store hårdhed, pyrit på den sorte farve, jerncarbonat på den brune farve. Gips er meget sjældent hvidt, men har taget farve af omgivelserne.

Desuden kan det være en brugbar metode at prøve forsigtigt med en 10 % eddikesyre for at teste for calciumcarbonat, som vil opløses under dannelse af  $\text{CO}_2$ .

Fossiler som ligger i matrix kan være så gennemimpregnerede med akkumulerede materiale, at det kan være endog meget vanskeligt i en udgravning i felten, eller udgravning af et præparat, at skelne mellem matrix og fossil. Ofte er der kun en svag farveforskel (som træder tydeligere frem i våd tilstand) eller fremkomsten af en anden lyd, når skalpellen går fra matrix til fossil !

## Alteration

Mange materialer ændrer sig over tid, især hvis miljøet ændrer sig, f.eks. hvis temperaturen stiger eller falder, trykket stiger eller falder, om materialet ligger aerobt eller anaerobt, om det er vandfyldt eller tørt miljø osv.

Således vil ikait omkrystallisere til calcit, hvis temperaturen stiger over 5-8°C (temperaturen opgives forskelligt i forskellig litteratur) – men 6°C er det mest almindelige (Bjørn 1998 p. 22).

Begge mineraler består af  $\text{CaCO}_3$ , men de har forskellig krystalstruktur. Således kan store "ikait krystaller" makroskopisk ligne ikait, men i virkeligheden består af calcit. Et sådant fossil kaldes pseudomorph. En mere almindelig form for alteration er omkrystalliseringen af den hexagonale aragonit til den trigonale calcit.

Indkulning forekommer når f.eks. planter begravnes hele i begyndelsesfasen, fossilet udsættes herefter for høje tryk og temperaturer og carbonhydrider bliver til ren carbon. Alle kemiske informationer går tabt ved denne proces, men størrelsen (i længden og bredden; men ikke i tykkelsen) og overflade struktur bevares, så det som oftest er muligt at bestemme planten (eller dyret).

Harpix (diterpener) kan krydsbinde ("hærde") og herved bliver harpix til rav. Harpix har kemisk set ikke meget til fælles med rav.

Arkæologisk vanddrukkent læder som er vegetabilsk garvet (lædersko) kan ved fundmiljøer i middelalderbyerne udsættes for jern-ioner, hvilket bevirker at det vegetabilske garvestof går i forbindelse med jern-ioner og danner jern-tannater – altså tilføres læderskoen foruden en vegetabilsk garvning også en metalgarvning (jerngarvning) - hvilket gør læderet stabilt (i vanddrukket tilstand) og farven bliver sorte pga. de dannede jern-tannater.

Moselig der placeres i en højmoser bliver i virkeligheden lagt i garvebad, fordi højmosens spagnum udskiller vegetabiliske garvestoffer (spagnol), som garver dvs. ændrer den "rå hud" på liget.

Replacering sættes ofte med lighedstegn til alteration, og det er også tilfældet når der sker en omkrystalisering- se ovenfor med ikait og calcit. Begrebet replacering bruges imidlertid også om den situation, når et mikro-område i en organisk struktur erstattes 1:1 med et mineral som f.eks. kvarts ( $\text{SiO}_2$ ). Dette kan f.eks. ses på træstykker fra The Petrified Forrest i Arizona hvor man stadigvæk kan tælle årringe og se detaljer i barkstrukturen i nogle af fossilstykkerne trods fossilet nu er en ren kvartsstruktur. Denne form for replacering er ikke en alteration af originalmaterialet men en kombination af materialetab og akkumulation.

## Læsning/ anvendelse af 3D koordinatsystemet

Når man skal bestemme de tre værdier, starter man altid med præservationen (P) som afsættes på z-aksen. Det er et udgangspunkt at vide hvor meget af originalmaterialet der er bevaret. Dernæst bestemmer man akkumulationen (Ak), værdien afsættes på x akse og til sidst alterationen (Al) - værdien afsættes på Y akse.

Når man har bestemt - måske delvis ved skøn - de tre værdier for fossilet P, Ak, Al plottes de ind i 3D koordinatsystemet - der har form som en kube (se fig. 1a og fig. 1b). Og man kan se hvor det pågældende fossile befinder sig i "KUBEN". Dette kan være et nyttigt værktøj og kan bruges i beslutningsprocessen mht. valg af konservering- præparationsmetode.

Om 3D læsningen i virkeligheden kun tiltaler visuelle-mennesker er en mulighed. Den egentlige kvalitet med metoden er nok at konservatoren/ præparatoren bliver tvunget til at besvare de tre spørgsmål for at kunne placere fossilet i "KUBEN".

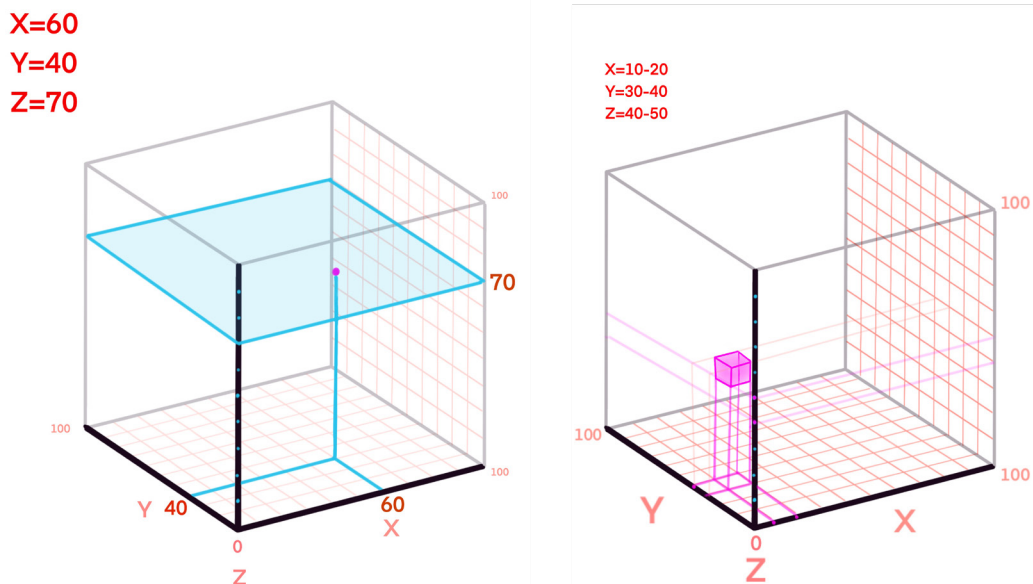


Fig 1a.tv X, Y og Z værdierne er indsat i kuben.  $X=60$ ,  $Y=40$ ,  $Z=70$ . Emnet vil figurere som et punkt.

Fig 1b th X; Y og Z værdierne er indsat i kuben. Fordi de alle tre værdier er opgivet som et interval, vil emnet figurere som en terning. Hvis kun en værdi (f.eks. X) er et interval vil det være en streg, hvis det kun er to værdier der er et interval (f.eks. X og Y) vil det være en firkantet flade.

Det er **ikke meningen** at de tre værdier  $x + y + z$  tilsammen skal give 100 %.

Hver akse virker individuelt. Uafhængigt af P og Ak kan Al godt være 100 % i sig selv, det betyder blot at intet materiale i fossilet er originalt materiale. Enten er det originale materiale erstattet af andre materiale eller det originalmateriale er omkrystalliseret eller en kombination af begge dele.

Hvad P og Ak angår vil der være en mere direkte sammenhæng. F.eks. kan der, hvis P har en lav værdi, være mere plads til akkumuleret materiale, men hvis P har en meget lav værdi, kan det også betyde at det akkumulerede materiale ikke har noget værtsmateriale at sætte sig på.

Man kunne således forvente at P og Ak var omvendt proportionale, og det kan også være tilfældet, men det er ikke nogen regel !

At bestemme P er i princippet ikke så svært (hvad det dog ofte er i praksis) man skal blot afgøre hvor meget af det originale materiale der stadigvæk er i fossilet i forhold til hvor meget der var til en start. Ofte udtrykt ved vægt.



At bestemme akkumuleringen er en anelse mere upræcis. Man kunne forledes til at tro at 100 % Ak betyder at fossilet udelukkende består af akkumuleret materiale – sådan som det er tilfældet med et søpindsvin i flint (se pp. 26-27). I dette kompendium forstås 100 % akkumulation som at mængden af de akkumulerede stoffer har nået den max-værdi der er mulig – dvs. at akkumulationsprocessen er tilendebragt. Således vil materialer som vanddrukkent træ og læder næsten altid være 100 % akkumulerede alene i kraft af mætningen med vand.

## APA-modellen afprøves på udvalgte emner

Nedenstående er en afprøvning af APA modellen på en række fossiler og oldsager.

Der stilles de klassiske tre spørgsmål til materialet. Præservation (P), akkumulation (Ak) og Alteration (Al). Svarene til de tre spørgsmål skulle gerne kunne bruges til at blive klogere på hvilket konserveringsforløb man efterfølgende kan vælge.

Fig 1. viser tre gennemskårne ammonitter med eksempler på akkumulation.



Fig. 1 Tre gennemskårne ammonitter fra Erfoud i Marokko, dateret til Kridttid (136-65 millioner år). Hulrummene (kamrene) er blevet permineraliseret med forskellige materialer, fordi de tomme ammonit-skaller har skiftet miljø (flyttet fysisk) og dermed udsat for akkumulation fra forskellige miljøer, f.eks. materialer som slam, kvarts, pyrit. Ammonitten tv er kun blevet permineraliseret i få af kamre mens resten stadigvæk er tomme. I midten ses overvejende udfældning af  $\text{SiO}_2$ . I ammonitten th er det pyrit (sortfarve) og slam (brunfarve). Foto Nina Hall Peters.



# Harpix

I dette eksempel vælges at betragte harpix som et fossil i sig selv, og ikke kun som matrix for insekter og lignende.

1. Præservation – Materialetab.

Harpix vil tabe omkring 20 % af monoterpenerne som start på ravidannelsesprocessen.

Så P kan max være 80 % i forhold til originalmaterialet.

2. Akkumulation.

De materialer der akkumuleres i materialet, må nødvendigvis komme ind mens harpixen endnu er blød.

Der kan være tale om insekter, edderkopper, stjernehaar fra eg og andre botaniske materialer, jord, fjer fra fugle osv., osv. Det eneste materiale der kan akkumuleres inde i fast rav er vand, som kan opfylde hulrum.

Udfældning af pyrit på rav er ganske almindelig. Den pyrit der udfældes er altid udfældet på overfladen - aldrig inde i ravmassen. Men en overflade kan jo godt være en smal men dyb revne i materialet. Akkumuleringen af insekter med mere er ganske lav vægtmæssigt set (omend ofte interessant), og Ak bliver normalt under 1 %. Udfældes store krystaller af pyrit i ravets revner kan Ak komme en anelse højere op i vægt.

3. Alteration.

Den originale harpix bliver til rav, dvs. der sker en betydelig alteration med originalmaterialet.

Denne ændring kan sammenlignes med den hærdning som moderne hærdplaste a la epoxy gennemløber. Ved hærdningen svinder materialet en smule, hvilket ofte giver spændinger i materialet, som man skal være opmærksom på i det videre konserveringsforløb.

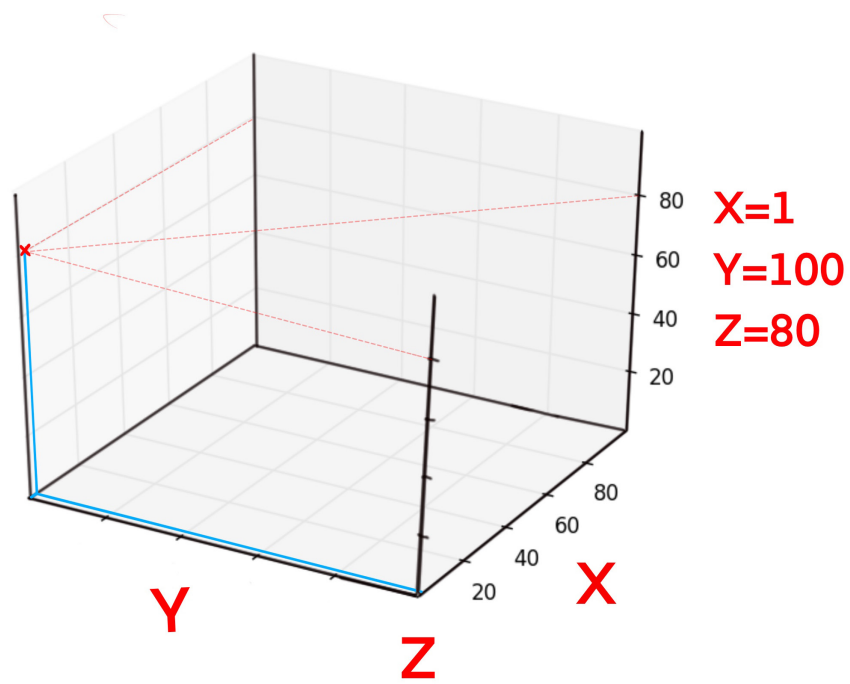
Man bør være opmærksom på at ikke alt harpix bliver til rav ! Enkelte stykker forbliver intakt harpix (måske omkring 1 % af den samlede fundmængde), og dette materiale egner sig naturligvis til analyser af hvilket slags harpix det originale materiale egentlig er. Disse ikke altererede stykker tåler absolut ikke samme konserveringsbehandling som rav.

Hvis der ses bort fra de ganske få undtagelser, vil Al være 100 % eller ganske tæt herpå.

Se fig. 2.

## Konserveringslitteratur:

Botfeldt, K. B. (2020) Rav. 3.udg. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Konservatorskolen, København. 55 p.



---

Fig 2. Rav på 47,5 kg fra Vestsumatra. Datering 15-25 millioner år  
(Foto Lauritz.com).

# Moselig fra en højmose

## Præservation.

Lig (typisk humane fra Før Romersk Jernalder, 400 BC til år 0) der kommer i en sur højmose, vil gennemgå et stort materialetab. I knogler og tænder vil den uorganiske del forsvinde helt eller delvist. Præcis hvor meget P skal sættes til er meget individuelt, men et ikke helt urealistisk gæt er omkring 50 -60 %. Dvs. store dele af det originale materiale forsvinder pga. bevaringsforholdene i mosen. I Danmark er der fundet mange moselig, de to kendteste er Tollundmanden udstillet på Silkeborg Museum og Grauballemanden udstillet på Moesgård Museum.

## Akkumulation.

Moseliget vil akkumulere vand, hvilket vil få det til at svulle op. Spagnummen i højmosen producerer spagnol som også trænger ind i liget sammen med humusstoffer fra mosen.

Mere om spagnol i næste paragraf. Humusstofferne vil vedblive at akkumulere i liget i hele "deponeringsperioden", og disse humusstoffer har vist sig at være drilagtige ved datering med C14. Således er Tollundmandens og Grauballemandens arkæologiske alder blevet dateret ældre og ældre i takt med at man renser dateringsprøverne for humusstoffer bedre og bedre.

Al sættes til 100 % dette skyldes vandindholdet, mængden af garvestoffer og humusstoffer er vægtmæssigt ikke voldsomt.

## Alteration.

Spagnummen i højmosen producerer spagnol. Dette stof virker som et vegetabilsk garvestof (om end ikke så effektiv som almindelige garvestoffer). Dvs. det originale materiale (hud, hår og negle) bliver altereret ved at blive garvet. Al kan vel også i dette tilfælde sættes til 100 %.

Se fig. 3.

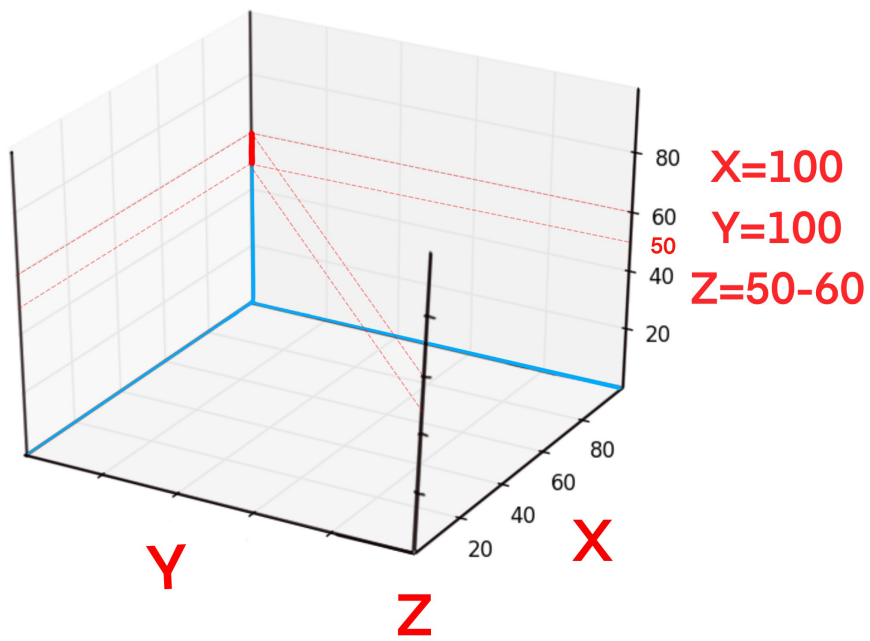
## Konserveringslitteratur:

Der findes pt ikke en metode der kan anbefales. Ved et nyt fund bør man orientere sig i hvordan de tidligere fund er konserveret og forsøg at drage erfaringer herfra.

Start orientering med:

Asingh, P. (2009) Grauballemanden – portræt af et moselig. Gyldendal, Korotan. 243 p.

Ogilvie, T. (2019) Conserving Bog Bodies: The Key Questions. Journal of Wetland Archaeology vol 19, pp. 67-88.



*Fig. 3. Tollundmanden er fundet i en højmose ved tørvegravning. Dateringen er 405-384 BC. Udstillet på Silkeborg Museum.*

## Vanddrukkent arkæologisk træ

Der findes talrige eksempler på vanddrukkent træ fra alle perioder i Danmarks Oldtid.

Mest kendt er Skuldelevskibene i Roskilde.

Nogle fund har en velbevaret kerne især egetræ, andre fund består næsten kun af en midt-lamel af lignin, som holdes udspilet ved hjælp af vand.

### Præservation

P kan i tilfælde af, at det kun er lignin der er bevaret, sættes meget præcist, fordi man kan måle/veje hvor stort træ-indholdet er i disse træstykker. Så P kan måske sættes til 5 %, dvs. 5 % af originalmaterialet er bevaret. Stort set al cellulosen er forsvundet

### Akkumulation

Den voldsomt nedbrudte træstruktur bevarer sin form og delvist sit udseende fordi strukturen bliver spilet ud med vand som er akkumuleret i træstrukturen. Ak kan i dette tilfælde sættes til 100 %.

Konserveringsproblemet bliver at erstatte vandet (som virker så udmærket som udfyldningsstof i våd tilstand) med et andet stof f.eks. PEG 2000.

Erstattes vandet ikke med et andet stof, vil strukturen kollapse.

Se fig. 4.

### Alteration

Det ligninskellet der er bevaret bliver (så vidt vides) ikke udsat for alteration.

Al sættes derfor til 0 %.

### Konserveringslitteratur:

Andersen, L. M. (1993) Frysetørring af Arkæologisk træ. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Århus. 256 p.

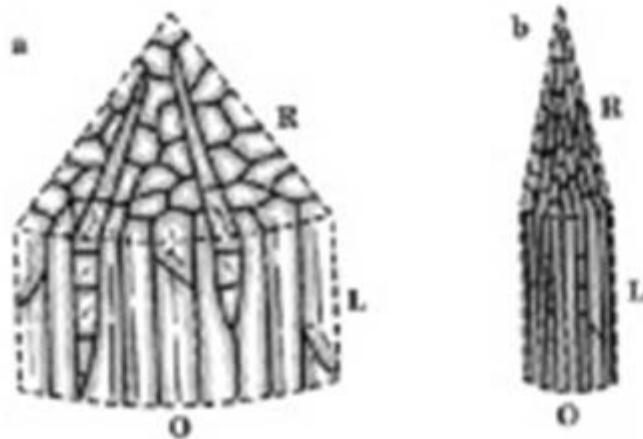
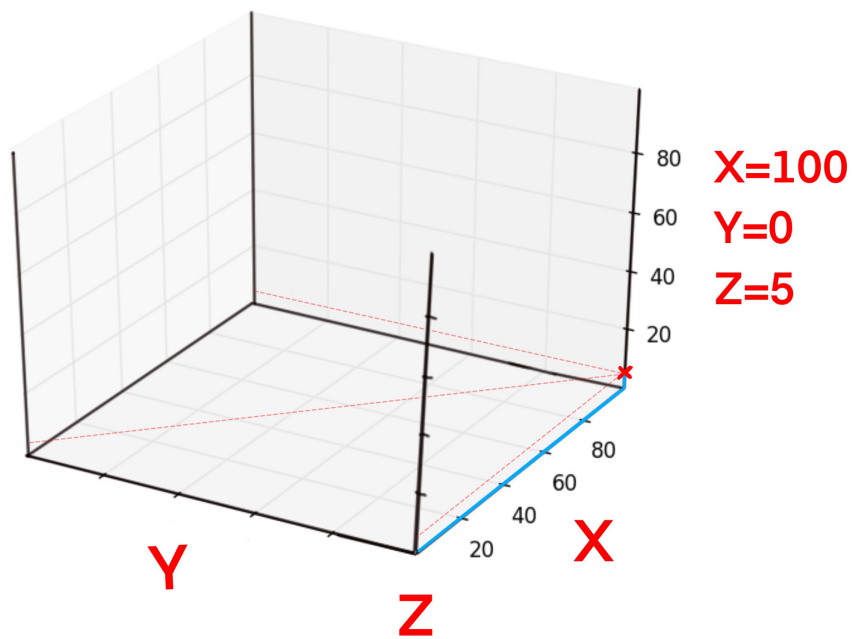


Fig. 4 Kollaps af nedbrudt træstruktur a) Træestykke med åben cellestruktur før tørring (R-radialretning, L-længderetning og O -omkreds)  
b) Træestykket efter tørring og kollaps. Tegning Andersen 1993, p. 34.

## Vanddrukkent arkæologisk lædersko fra middelalderbylag.

### Præservation.

En vegetabilsk garvet lædersko fra et middelalder by-lag, vil stort set ikke have noget materialetab af originalmaterialet, bortset måske fra en smule fedt.

P sættes derfor til mellem 95-100 %.

### Akkumulation.

Læderskoen vil akkumulere vand, som vil kvælde læderstrukturen. Desuden vil opløste jern-ioner og andre urenheder fra by-laget udfælde i læderet. Det vanddrukkne by-lag med middelalderfund kan før udgravningen betragtes som en forsejlet balje med jord, vand, afføring og fund.

Al sættes til 100 % pga. akkumulationen af vand. Akkumulationen af jernforbindelser betyder ikke meget vægtemæssigt. Imidlertid kan det konstateres at læderskoen har akkumulere jern-ioner fordi læderet bliver mørkt/sort.

### Alteration.

Det originale vegetabilsk garvede læder bliver udsat for en ekstra garvning - nemlig en jerngarvning. De udefra kommende jern-ioner danner sammen med det originale garvestof en jerntannat som gør læderet meget mørkt eller sort. Så længe læderet er vanddrukkent er denne jerngarvning med til at stabilisere læderstrukturen. Hvis læderet tørres vil jerntannaterne være en nedbrydningsfaktor.

Læderet bliver altså i høj grad udsat for alteration (jerngarvning). Al sættes til 95-100 %.

Se fig. 5.

### Konserveringslitteratur:

Botfeldt, K. B. & Hovmand, I. (2007) Konservering af arkæologisk vanddrukkent læder. Meddelelser om Konservering, 2, p. 25-31.



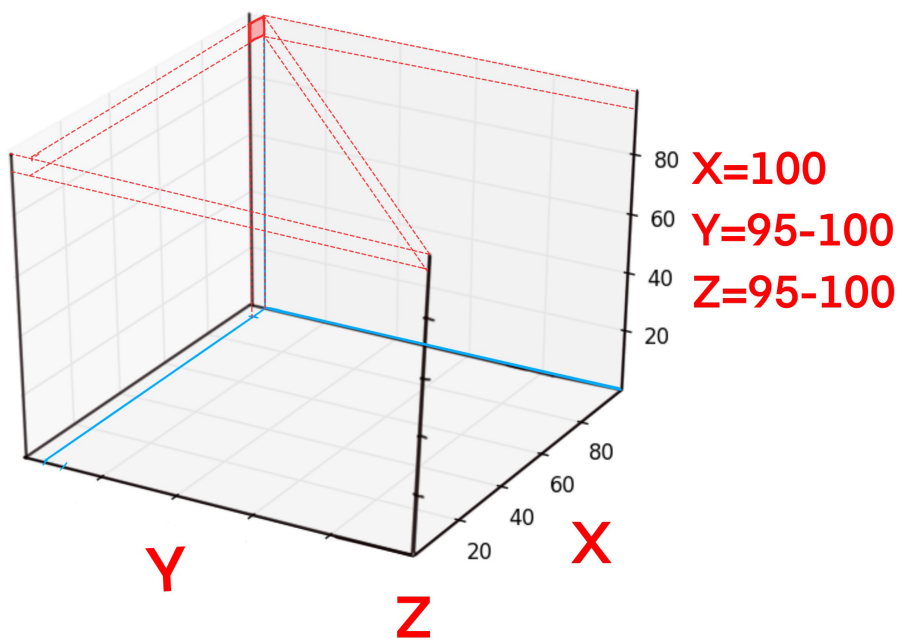


Fig. 5 To middelaldersko fra Svendborg (ca. år 1300). Den øverste (del af sko) er ikke behandlet og er derfor sort af jerntannater. Den nederste er behandlet, jerntannaterne er fjernet. Foto Knud Botfeldt.



# Vanddrucket arkæologisk lædersko fra 1600-tals skibsvrag

## Præservation.

En vegetabilsk garvet lædersko der findes på et 1600tals havfundet skibsvrag, vil få udvasket sine garvestoffer, som føres væk af vandet/strømmen, og læderskoen vil i større og større grad blive som et u-garvet stykke hud.

Materialetabet af originalmateriale (læder dvs. hud + garvestof) bliver derfor betydeligt, Måske så meget som 70-80 %. Dvs. P sættes til 20-30 %.

## Akkumulation.

Læderskoen vil akkumulere (salt)vand og derfor kvælde op. Ak sættes til 100 %.

## Alteration.

Den originale læderstruktur altereres ikke. Materialet nedbrydes, opløses og føres bort af strømmen. Der er ikke tale om en alteration men om en gradvis nedbrydning. Konserveringsmæssigt skal disse lædersko betragtes på linje med meget nedbrudt arkæologisk træ, f.eks. skal man bruge højmolekylære PEG (2000) og ikke en lavmolekylær som ellers bruges på læder fra by lag. Al er altså 0 %. Se fig. 6.

## Konserveringslitteratur:

Botfeldt, K. B. & Hovmand, I. (2007) Konservering af arkæologisk vanddrucket læder. Meddelelser om Konservering, 2, p. 25-31.

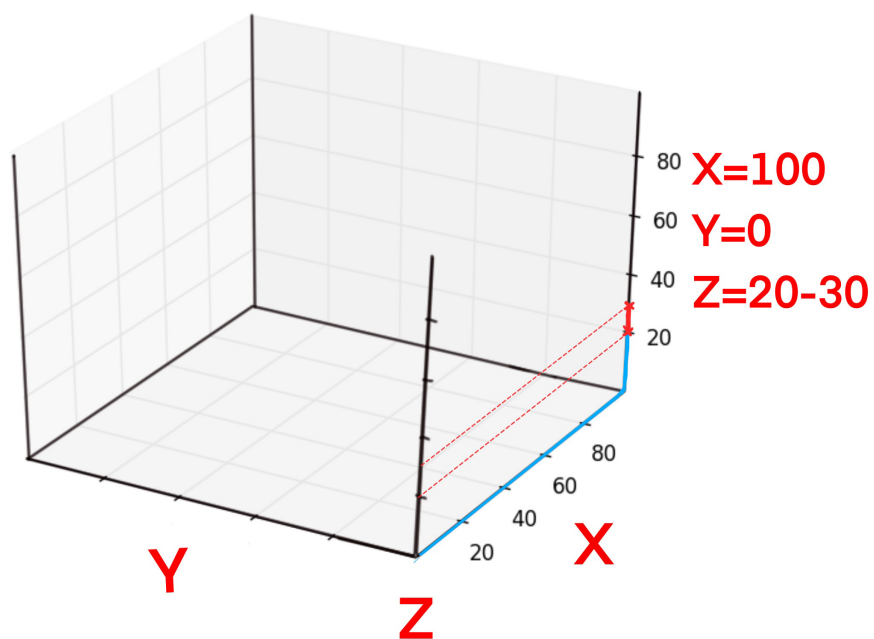


Fig 6. To lige store lædersko (før udtørring). Den øverste (1600 tal havfund fra vrug i Store Bælt) har ingen konservering fået. Den nederste (ca. 1300 fra Svendborg by-lag) er renset og frysetørret. Foto Knud Botfeldt.

## Decalcificeret knogle (gummiknogle)

Knoglefund fra en ældre stenalderboplads Star Carr (England) datering 9000 BC. Fundet i et surt vand-drukkent miljø.

### Præservation.

Den decalcificerede knogle har tabt store dele af det uorganiske stof – op til 2/3 af sin tørvægt. Den delvist bevarede organiske del udgør 1/3 af vægten. P sættes derfor til at der er bevaret mellem 35-50 % af det originale materiale.

### Akkumulation.

Der er ofte akkumuleret gips (calciumsulfat \*2 H<sub>2</sub>O) i disse knogler. Calciumfosfaten fra knoglerne bliver opløst af svovlsyre fra fundmiljøet i Star Carr, og kan herefter danne gips (som er meget tungt opløselig), som udfældes i knoglestrukturen. Ak sættes til omkring 10% i forhold til gips. Desuden vil vand også være akkumuleret i strukturen, samlet sættes Ak til 100 %.

Se fig. 7.

### Alteration.

Der sker ikke nogen alteration med originalmaterialet. Der er for de mest nedbrudte knogler kun collagen tilbage i strukturen. Al sættes derfor til 0 %.

### Konserveringslitteratur:

Botfeldt, K. B. (2020) Konservering af Knogler, tak og tænder. 2. udg. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Konservatorskolen, København. 51 p.

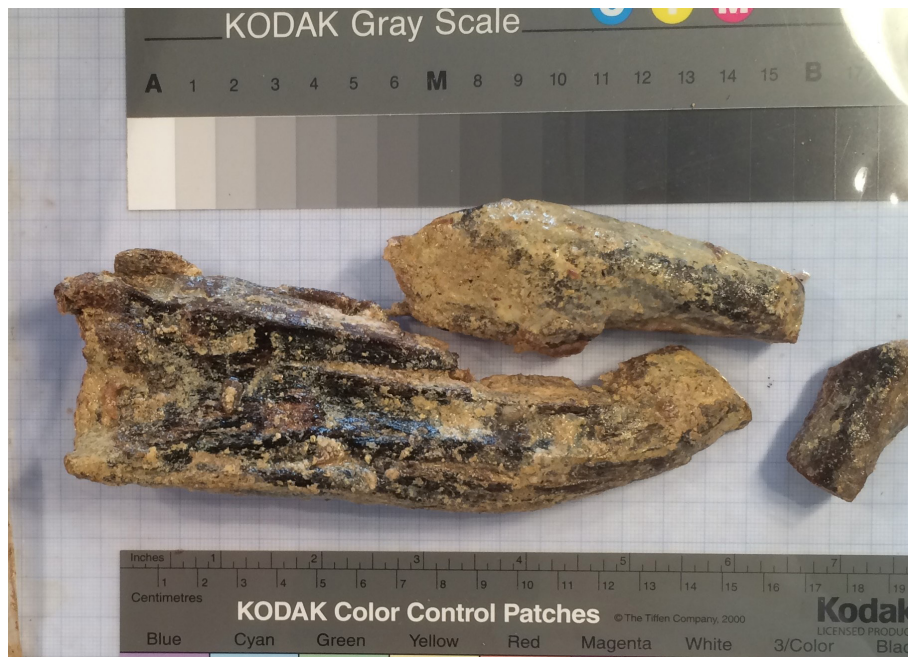
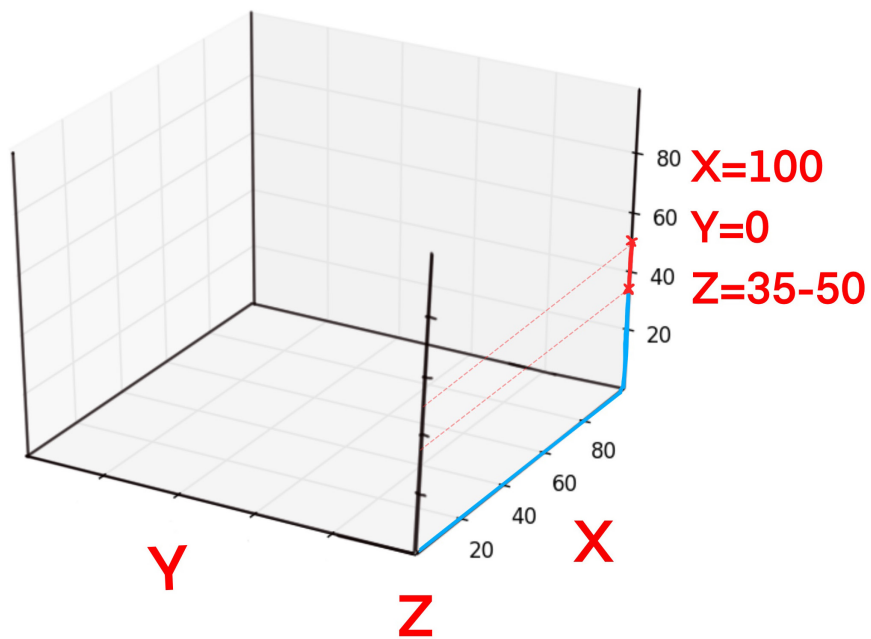


Fig 7. Knogle (muligvis af hjort) fundet på den engelske boplads Star Carr (ca. år 9000 BC). Fundmiljøet er målt til pH 2,5.  
Foto Børge Madsen.

## En hajtand (*Otodus obliquus*)

Det anvendte eksempel er en hajtand fra en 6-8 meter lang haj, fra Khouribka i Marokko dateret til senkridt (ca. 65 millioner år).

### Præservation.

Stort set al originalmateriale er bevaret. Materialetabet er ganske beskedent. P kan sættes til 95-98 %.

### Akkumulation.

Der er sket en ganske svag akkumulation således at emaljen i tanden er svagt misfarvet af salte (jernsalte ?) fra fundmiljøet. Ak er mindre end 1 %.

### Alteration.

Der er ikke sket nogen registreret form for alteration. Al sættes til 0 %.

Hajtanden er hvad der betegnes som et ægte fossil, dvs. et fossil som består af originalmaterialerne.

Se fig. 8.

### Konserveringslitteratur:

Botfeldt, K. B. (2020) Konservering af Knogler, tak og tænder. 2. udg. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Konservatorskolen, København. 51 p.

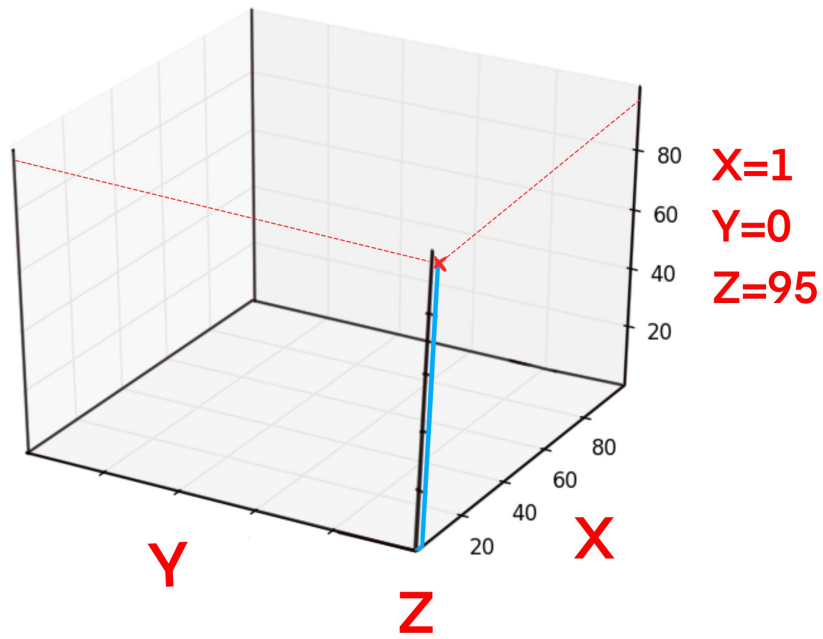


Fig. 8 En hajtand fra en 6-8 meter lang haj. Fra Khouribka i Marokko dateret til senkridt (ca. 65 millioner år). Foto Nina Hall Peters.

## Søpindsvin i flint

Fund fra Danske strande (typisk Senkridttid 70 – 65 millioner år).

### Præservation.

Al originalmateriale er væk. P sættes til 0 %.

### Akkumulation.

Søpindsvinet er bevaret alene i kraft af akkumuleret materiale – i dette tilfælde flint ( $\text{SiO}_2$ ). Det indre aftryk af et dyr kaldes en stenkerne. Ak = 100 %.

### Alteration.

Der er ikke sket nogen alteration af originalmaterialet, da der intet originalmateriale findes i søpindsvinet. Al sættes til 0 %.

Se fig. 9.

### Konserveringslitteratur:

Botfeldt, K. B. & Grinde, A. (2020) Præparation af palæontologisk materiale. 2 udg. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Konservatorskolen, 126 p.



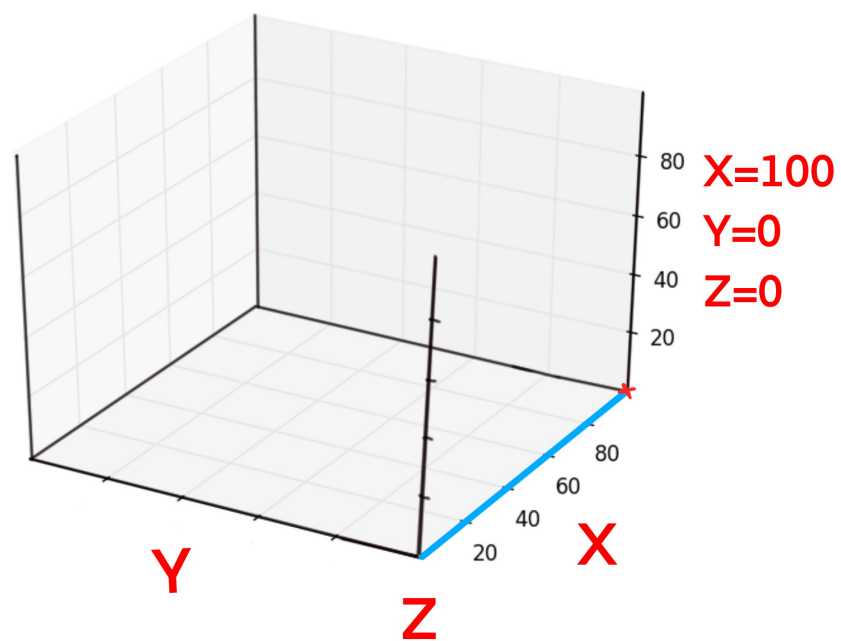


Fig 9. Forstenede søpindsvin (stenkerner) i flint fundet på danske strande. Datering typisk senkridttid. Foto Henrik Granat.



# Fugle fra tar-pit i Californien

Det anvendte eksempel er fugleknogler. Dateringen kunne være år 10.000 BC.

## Præservation

Fugle fanget i en asfalt-sø, drukner og bliver totalt imprægneret med asfalt (bitumen)  
AI fuglens originalt materiale bliver bevaret. P sættes til 100 %.

## Akkumulation.

Asfalt / tjære trænger ind overalt i fuglen og gennemimprægnerer denne. Ak sættes til 100 %.

## Alteration.

Alt originalt materiale bliver ændret til hvad man kunne kalde "asfalt garvet".  
Det vil sige AI kan sættes til 100 %.  
Se fig. 10.

## Konserveringslitteratur:

Botfeldt, K. B. & Grinde, A. (2020) Præparation af palæontologisk materiale. 2 udg. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Konservatorskolen, København. 126 p.

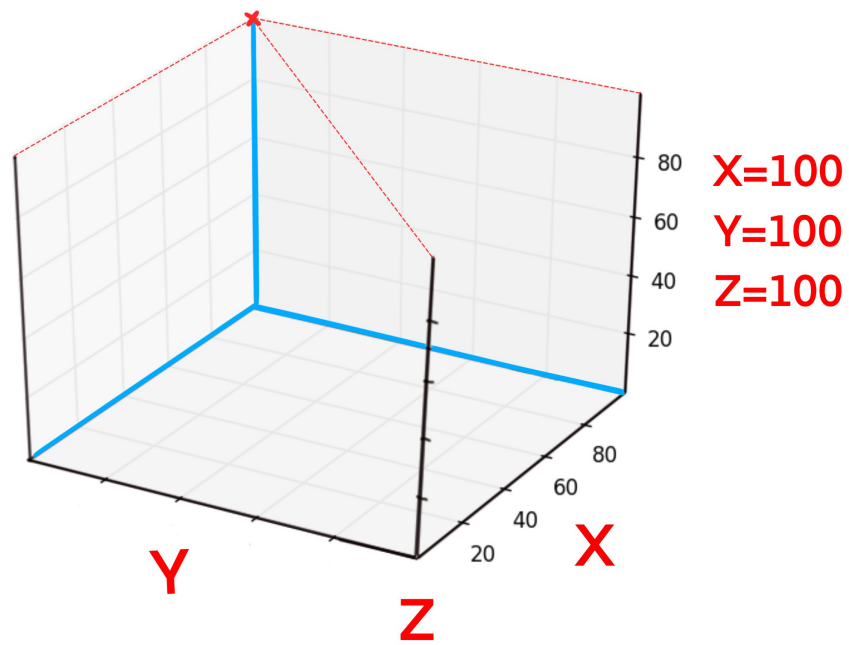


Fig 10. Knogler fra den uddøde californiske kalkun (*Melagris California*). I alt er der fund fra 791 individer i La Brea Tar Pit. Foto La Brea Tar Pit Museum.

# Træfossiler

Fra The Petrified Forrest i Arizona datering til Jura ca. 225 millioner år.

## Præservation.

Intet eller meget lidt originalt materiale er bevaret. Fossilerne består næsten udelukkende af SiO<sub>2</sub> (silica). P sættes til 1 %.

## Akkumulation.

Alt træmateriale er udskiftet med Silica. Noget er replaceret således at årringe og barkstruktur står bevaret i silica. Der er sket en replacering af originalt materiale med silica 1:1.

Andet er blot en udfyldning af strukturen som det sker ved permineralisering.

Akkumulationen sættes til 99 %.

## Alteration

Der findes muligvis en smule originalt materiale bevaret som små minimale øer i silicaen.

Om dette materiale kan beskrives som altereret kan ikke umiddelbart afgøres.

Under alle omstændigheder er der tale om så små mængder at værdien af Al sættes til 0 %.

Se fig. 11.

## Konserveringslitteratur:

Botfeldt, K. B. & Grinde, A. (2020) Præparation af palæontologisk materiale. 2 udg. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Konservatorskolen, København. 126 p.

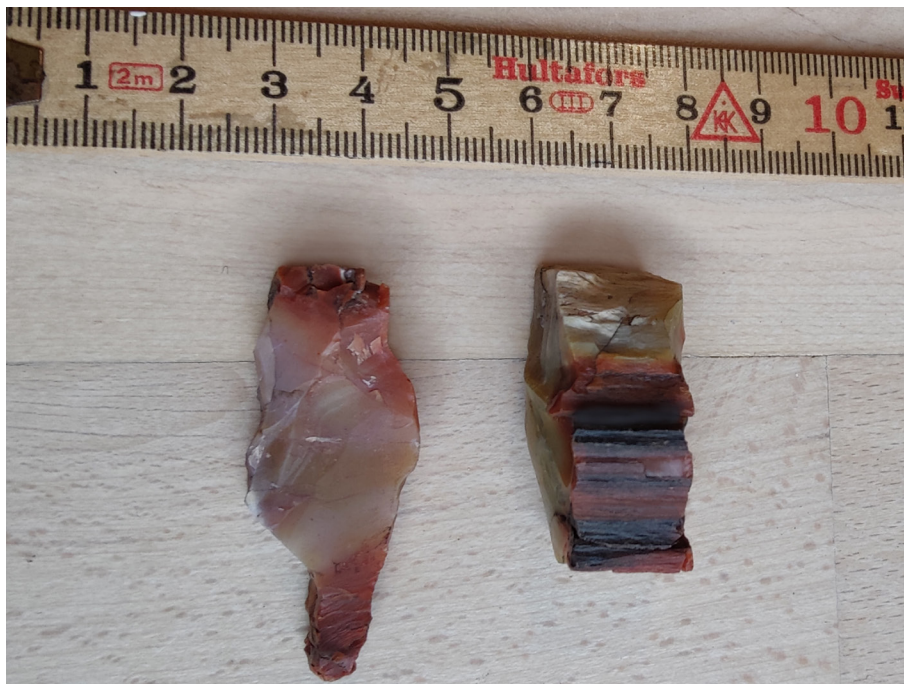
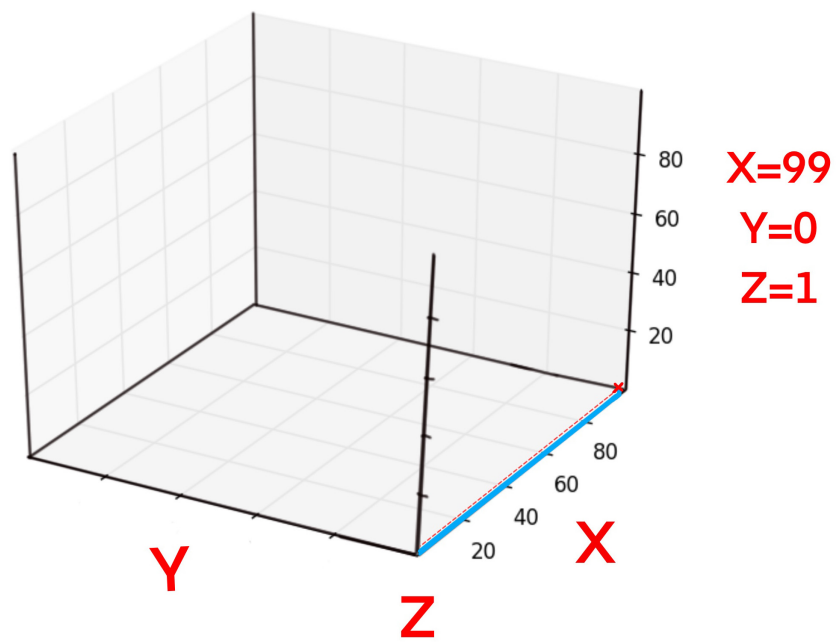


Fig. 11. To træfossiler The Petrified Forrest i Arizona datering til Jura ca. 225 millioner år. Tv ses en permineralisering uden karakteristika fra originalen, Th ses en mineralisering af den originale bark. Foto Nina Hall Peters.

## Hvalknogler med pyrit

Hvalknogler fra Gram lergrav (Miocæn ca. 10 millioner år).

### Præservation.

Det anaerobe miljø har bevaret hvalknoglerne i Gram Lergrav. Det er svært at sætte P til en bestemt værdi; men der er rimelig meget originalt uorganiske materiale bevaret. Der kun ganske lidt organisk materiale tilbage – lad os i denne sammenhæng sige P= 80 %.

### Akkumulation.

Der er akkumuleret ler og pyrit ( $\text{FeS}_2$ ) i materialet. Så længe fundet ikke er udgravet (dvs. det opbevares anaerobt) vil pyritformen være stabil. Pyrit er kun en del af det akkumulerede materiale, dette består også af blandede lerminerale.

Al sættes forsigtigt til 20 % .

Se fig. 12.

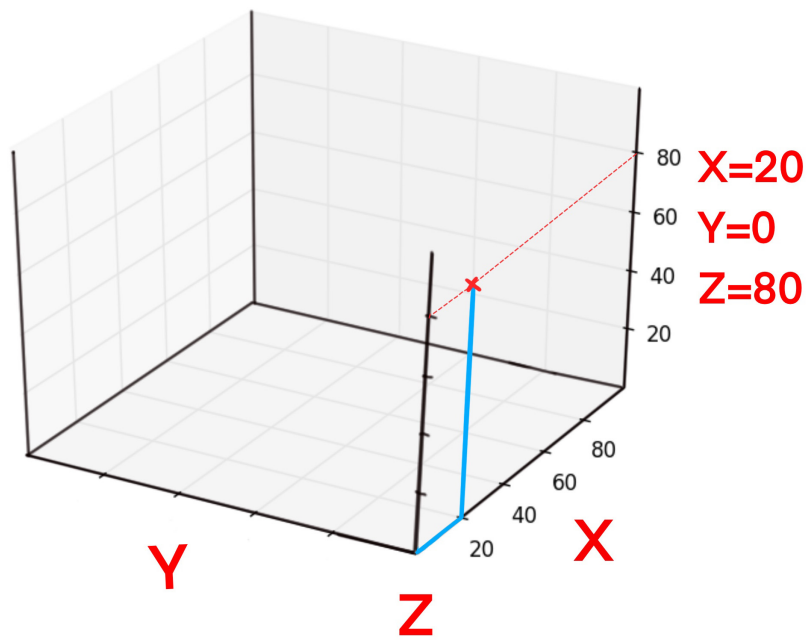
### Alteration.

Når pyrit udsættes for moderat til høj RH % og ilt omdannes  $\text{FeS}_2$  sammen med vand og ilt til svovlsyre og  $\text{FeSO}_4$ , hvilket resulterer i at den originale knogle ødelægges af svovlsyrer.

Fænomenet kaldes pyritssyge eller svovlpest – og kræver konserveringsbehandling. Der er ikke tale om en alteration, men om en nedbrydning fordi fossilet bliver flyttet fra sit fundmiljø. Det er fuld ud muligt at bevare pyritfossiler hvis de opbevares korrekt. Al sættes derfor til 0 %.

### Konserveringslitteratur:

Botfeldt, K. B. & Grinde, A. (2020) Præparation af palæontologisk materiale. 2 udg. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Konservatorskolen, København. 126 p. – specielt kap 9.



*Fig. 12. Fossil bardehval (*Uranocetus gramensis*) fra sen Miocæn (ca. 10 millioner år siden). Udstillet på Museum Sønderjyllands udstilling ved Gram Lergrav. Foto Museum Sønderjylland.*

# Menneskeknogle

Det valgte eksempel er fra Æbelholt kloster (Dansk middelalder).

Præservation.

Knoglen har bevaret den uorganiske del og har kun et lille indhold af organisk materiale.

P sættes til 75 %.

## Akkumulation.

Der er kun i ringe grad tale om akkumuleret materiale – der er en smule misfarvning i overfalde pga. udfældede salte (mest jernsalte), men det er kun ganske lidt.

Ak sættes til under 1 %.

## Alteration.

Der er ikke sket nogen form for alteration med originalmaterialet. Al sættes til 0 %.

Se fig. 13.

## Konserveringslitteratur:

Botfeldt, K. B. (2020) Konservering af Knogler, tak og tænder. 2. udg. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Konservatorskolen, København. 51 p.



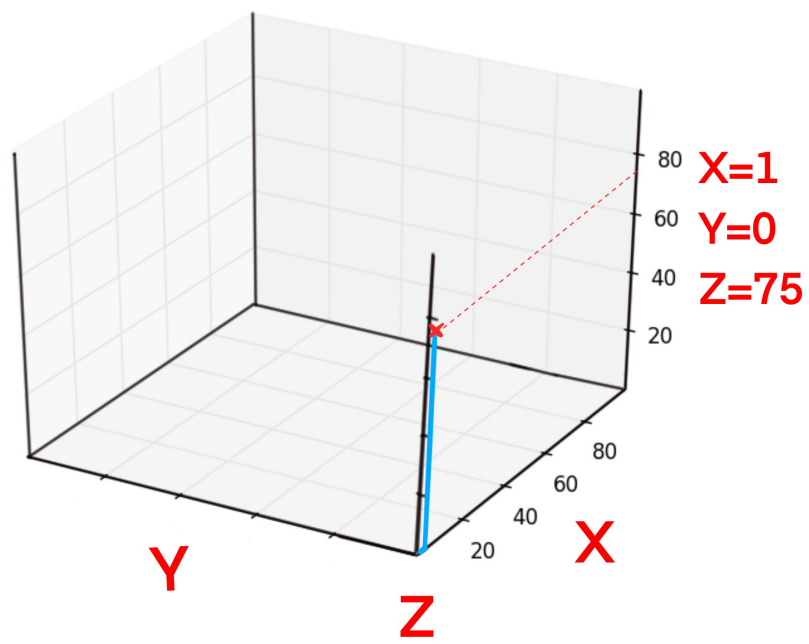


Fig. 13. Cirka 40-årig kvinde med foster, fra Æbelholtkloster. Klosteret er oprettet i år 1176. Foto Æbelholtkloster Museum.



# Knogler fra *Brachiosaurus brancai*

*Brachiosaurus brancai* er udstillet på Museum für Naturkunde i Berlin. Datering Jura (200- 145 millioner år). Verdens største udstillede dinosaur, hvor de originale knogler er anvendt.

## Præservation.

Der er formentlig bevaret en lille andel af det originale materiale. P sættes til 20 %.

## Akkumulation.

Originalt materialet er for størstedelen erstattet med mineraler (formentlig?) – der er altså tale om en replacering. Derudover er alle hulrum fyldt op med mineraler, altså en permineralisering.

Knoglen er tæt på en total permineralisering.

Ak sættes til 90 %.

## Alteration.

Originalt materialet er der ikke meget af, og det har så vidt vides ikke været udsat for alteration. Al sættes forsigtigt 0 %.

Se fig. 14.

## Konserveringslitteratur:

Botfeldt, K. B. & Grinde, A. (2020) Præparation af palæontologisk materiale. 2 udg. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Konservatorskolen, København. 126 p.

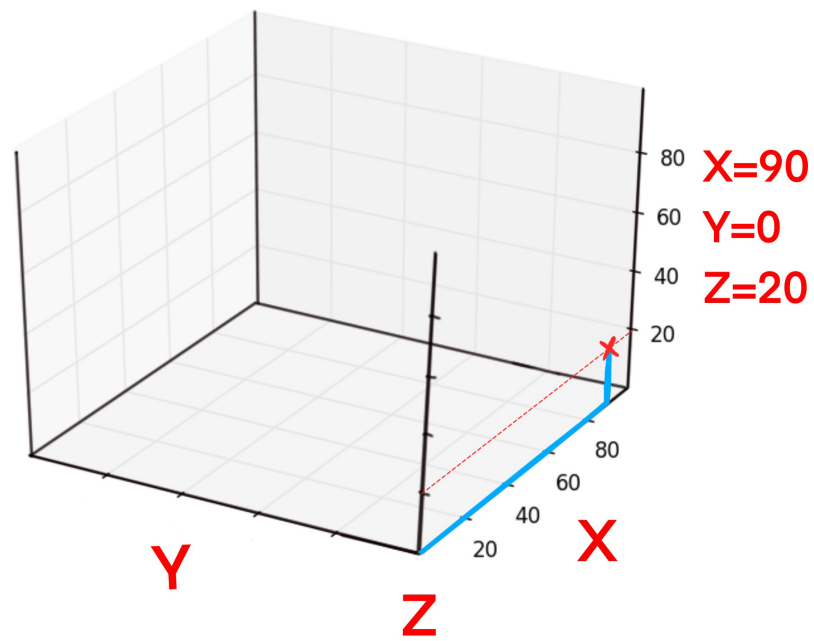


Fig. 14. *Brachiosaurus brancai* er udstillet på Museum für Naturkunde i Berlin. Datering Jura (200- 145 millioner år). Verdens største udstillede dinosaur, hvor de originale knogler er anvendt. Foto Museum, W. Harre

## ”Ikaitkrystal”

Det valgte eksempel er en ”Ikaitkrystal” fra moleret på Mors.

Ikait er en calciumcarbonatkrystal ( $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) som ustabil over 5-8°C.

Ikaitøjler er især kendt fra Ikkafjorden i Grønland, men findes også f.eks. i Rusland og i moleret på Mors.

Ikait dannes under helt særlige geologiske forhold (Bjørn 1998).

### Præservation.

Når Ikait bliver udsat for temperaturer over cirka 5-8°C, omdannes dette mineral til calcit.

Herved tabes gittervandet. Hvis calcitkrystallen dannes inden i og udfylder ”Ikaitformen” vil den nye calcitkrystal have en stor porøsitet – omkring 35 % af volumen (pga. tabet af de 6 gittervand). Denne porøsitet opfyldes dog af calcit (se akkumulation), så det ender med at blive en massiv opfyldning af calcit.

P sættes derfor til 65 % vol. svarende til ca. 50 % W/W.

### Akkumulation.

Der sker en fuldstændig akkumulation da alle hulrum fyldes med udfrakommende calcitkrystaller, og i mindre grad jernsalte mm.

Al sættes til 100 %.

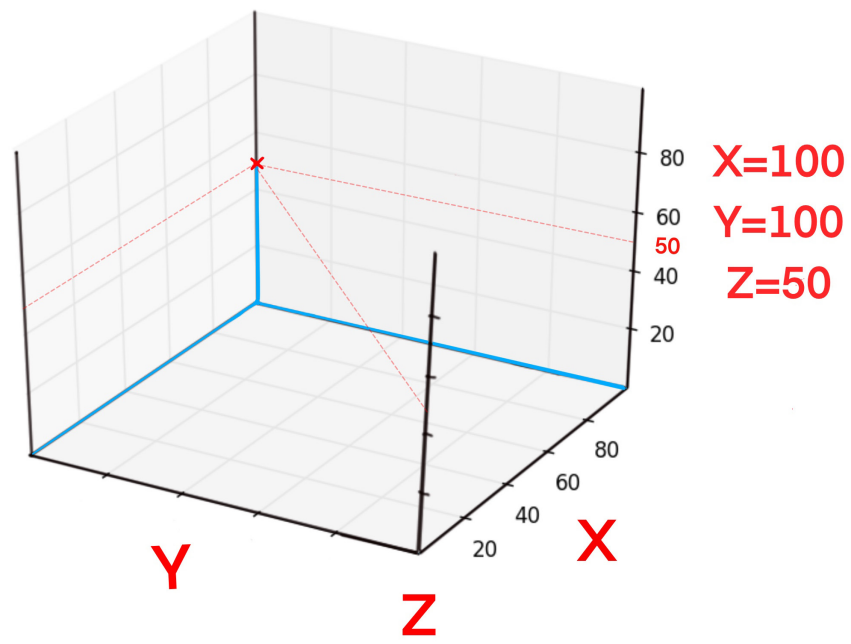
### Alteration.

Ikait krystallet bliver totalt replaceret af calcit. Dog har krystallen makroskopiske stadigvæk en Ikaitstruktur. Men mikroskopisk vil hele ”ikaitkrystallen” være udfyldt med calcit. En sådan krystal kaldes en pseudomorph. Al sættes til 100 %.

Se fig. 15.

### Konserveringslitteratur:

Botfeldt, K. B. & Grinde, A. (2020) Præparation af palæontologisk materiale. 2 udg. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Konservatorskolen, 126 p.



*Fig. 15. Calcitkrystal pseudomorph efter Ikait fundet i Ejerslev molergrav på Mors af Bent S e Mikkelsen. Foto Ole Johnsen.*

# APA Konserverings betragtninger

De fleste konserveringstiltag, hvad angår fossiler, handler om at præparere fossilet ud af matrix og derefter rense resterne af matrix væk fra fossilet.

Dette kompendium omhandler hvordan man bestemmer det frilagte fossil eller den udgravede oldsag. Hvert enkelt fossil eller oldsag bør betragtes individuelt, men det giver også mening at samle nogle betragtninger i forhold til APA- systemet.

## Høj Præservations %

Har P (præservation) den højeste værdi eller i hvert fald en høj værdi, bør/kan man tage udgangspunkt i hvordan man ellers ville behandle originalmaterialet, f.eks. hvordan man ville konservere en knogle eller tand. Når man har valgt en metode, ser man på om det også harmonerer med Ak (akkumulationen) og Al (Alterationen) for det pågældende emne.

## Høj Akkumulations %

Har Ak en høj værdi (evt. den højeste værdi) bør / skal man tage udgangspunkt i det akkumulerede materiale. F.eks. handler konservering af vanddrukne materialer (høj Ak pga. vandet) om at erstatte vandet med et andet materiale, således at emnet ikke kollapser. Eller hvis P har rimelig høj værdi kan man foretage en kontrolleret tørring.

Det giver langt mere mening at betragte et mineraliseret træ (dvs. som består af f.eks.  $\text{SiO}_2$ ) som et mineral end som et stykke træ. Her kan Ak være op til 100 %.

Består det akkumulerede materiale af pyrit, består konserveringstiltaget i at fjerne eller neutralisere de ustabile pyrit-forbindelserne (dvs. oxidationprodukterne) – dette gælder især når Ak er høj, men gælder i alle de tilfælde hvor pyrit optræder som akkumulationsmateriale.

For akkumulerede materialer skal man overveje tre forhold:

- Skal man fjerne det akkumulerede materiale?
- Skal man betragte fossilet / oldsagen som primært bestående af det akkumulerede materiale ?
- Skal man behandle / neutralisere det akkumulerede materiale ?

Når man har valgt en egnet konserveringsmetode, undersøger man hvordan denne metode reagerer med originalmaterialet – og man undersøger om der er sket en alteration og om det derved opståede materiale samarbejder med den metode man har valgt.

## Høj Alterations %

Har Al en høj værdi skal / bør man betragte materialet som et ændret materiale. Således skal hærdet harpix konserveres som rav og ikke som harpix.

Pseudomorphe Ikait-krystaller skal betragtes som Calcit krystaller og ikke som Ikait.

Moselig fra højmoser har mere karakter af halvgarvet læder, end af hud på grund af alterationen i mosen.

Har emnet været udsat for alteration skal / bør man vælge sine konserveringsmetoder ud fra dette faktum. Og så sekundært se på om der stadigvæk findes lommer af originalmateriale og akkumuleret materiale som der skal tages hensyn til i konserveringsprocessen.

# Sammenligning af APA- systemet med de traditionelle fossilkategorier

De traditionelle fossilkategorier f.eks. permineralisering, replacering, indlejring i rav, pyritisering og fosfatisering har vist sit værd når man ønsker at tale om et fossil. Man er dårligt hjulpet som konservator / præparator med kun at bruge disse kategorier. Der er ingen fælles logik i denne type af fossilkategorier, replacering refererer til en proces, pyritisering til et materiale og fosfatisering til et fundmiljø! Kategorierne er valgt ud fra Walker & Ward (2007) Fossiler i Farver.

Permineralisering betyder at der er sket en akkumulation – af et sekundært mineral.

Men om dette mineral er kemisk ustabil (f.eks. pyrit) eller fysisk ustabil (f.eks. slam) oplyses ikke. Om der udelukkende er tale om permineralisering oplyser kategorien heller ikke. Som regel kører permineralisering parallelt med en replacerings-proces – hvilket kan ændre konserverings- strategien i forhold til en ”ren” permineralisering.

Replacering betyder at originalmaterialet er erstattet med andet materiale. Det dækker i APA sammenhæng over to forskellige processer. Når Argonit omdannes til Calcit så er der tale om en alteration. Hvor originalmaterialet stadigvæk er til stede; men blot i en ændret krystallinsk form (rekrystallisering). Dvs. at der stadigvæk er et vist sammenfald i materialerne. Konserveringsmæssigt er der ikke nogen forskel på hvordan man behandler  $\text{CaCO}_3$  som begge materialer består af.

Når træet fra Petrified Forrest i Arizona stadigvæk har bevaret bark i kvarts-strukturen er der tale om en kombination af nedbrydning af originalmaterialet som erstattes af et udefrakommende materiale som akkumuleres (se pp. 30-31) i dette tilfælde kvarts.

Set med konservator øjne vil originalmaterialet og fossilmaterialet være vidt forskellige og kræve helt forskellig konservering.

Indlejring i rav. Denne betegnelse indeholder to meget forskellige kategorier af indlejringer af f.eks. insekter. Den ene hvor hele insektet er gennemimpregneret med harpixmasse som senere er hærdet til rav. Dvs. først sker der en akkumulation af harpix, dernæst en alteration af harpixmassen til rav. Det er kun det ydre af dyret der er bevaret. Den anden kategori er hvor harpixmassen har frembragt en ”lomme” uden harpix inde i massen. Insekter der bevares i denne ”lomme” er ægte fossiler. Insekterne kan fjernes helt eller delvist og anvendes til analyser. Begge kategorier er betegnet som indlejring i rav; men konservering strategien er naturligvis helt forskellig.

Pyritisering refererer til at fossilet har akkumuleret mineralet pyrit. Om akkumulationen er sket ved permineralisering, replacering eller en kombination (mineralisering) kan man ikke udlede af kategorien. Fælles for pyritfossiler er at de reagerer med selv relativt beskedne fugtmængder og mineralet nedbrydes hvorved der dannes svovlsyre. Det er altså akkumulationsmaterialet der altererer. Ordet pyritisering indikerer at fokus er på det pyrit som nedbrydes og derved skaber problemer; men for den der ønsker at konservere disse fossiler er det også nødvendigt at vide hvordan det forholder sig med originalmaterialet!

Fosfatisering lyder som om fossilet har gennemgået en proces der indbefatter fosfatforbindelser. I virkeligheden betyder det blot at fossilet er fundet i et fosfatholdigt miljø. Mange fossiler bliver fundet i fosfatminer. Fosfatholdige fossiler (dvs. knogler) bliver beskyttet ved at ligge i et kompakt fosfat-lag. Nedbrydningsmekanismerne rammer de yderste lag af fosfatkoncentrationen, og de indre dele af laget bliver ikke udsat for nedbrydning. Der er altså tale om ægte fossiler, hvor originalmaterialet er bevaret. Imidlertid vil det altid være nyttigt at overveje om der er sket en akkumulation således at der er fremmed fosfat i kogle (fossilet). Dette kan have betydning for senere analyser.

Ovenstående betragtninger er medtaget blot for at reklamere for altid at bruge APA metoden, og ikke nøjes med de traditionelle kategorier.

# Litteraturliste

- Andersen, L. M. (1993) Frysetørring af Arkæologisk træ. Det kongelige danske Kunstakademi, Århus. 256 p.
- Bjørn, B. (1998) Ikait ved Grønland: et sjældent mineral vokser i Ikkafjorden. *GeologiskNyt* 1/98, pp. 20-22.
- Asingh, P. (2009) Grauballemanden – portræt af et moselig. Gyldendal, Korotan. pp. 47-65.
- Botfeldt, K. B. (2020) Rav. 3.udg. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Konservatorskolen, København. 55 p.
- Botfeldt, K. B. (2020) Konservering af Knogler, tak og tænder. 2. udg. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Konservatorskolen, København. 51 p.
- Botfeldt, K. B. & Grinde, A. (2020) Præparation af palæontologisk materiale. 2 udg. Det Kongelige Danske Kunstakademi, Konservatorskolen, København. 126 p.
- Botfeldt, K. B. & Hovmand, I. (2007) Konservering af arkæologisk vanddrukkent læder. *Meddelelser om Konservering*, 2, pp. 25-31.
- Ogilvie, T. (2019) Conserving Bog Bodies: The Key Questions. *Journal of Wetland Archaeology* vol 19, pp. 67-88.
- Walker, C & Ward, D. (2007) Fossiler i Farver. Politikens Forlag, Hong Kong, pp. 12-13.