

Isotoper fortæller om fortidens kost

Ved at analysere knogler fra fortidens mennesker for isotoper af kulstof og kvælstof, kan man afsløre, om de spiste føde fra havet eller fra landjorden. At kende kosten er også vigtigt for at kunne lave præcise dateringer med kulstof-14.

Af Jesper Olsen, Jan Heinemeier, Pia Bennike og Anders Fischer

■ I starten af 1980'erne fik mundheldet: "Du er hvad du spiser" en meget konkret betydning. Da demonstrerede Henrik Tauber på Nationalmuseets kulstof-14 laboratorium i København, at kulstofisotoper målt på knogler fra forhistoriske mennesker kunne afsløre deres foretrukne kost. Således kunne han berette, at overgangen fra ældre til yngre stenalder er forbundet med et markant skift i kost. I slutningen af ældre stenalder levede man i høj grad af mad fra havet, mens man i yngre stenalder skaffede sig det meste af føden fra landjorden. I populærvidenskabelige fremstillinger er stenalderens to tidsaldre ofte benævnt henholdsvis jægerstenalderen og bondestenalderen. På baggrund af den nye forskning foreslog Tauber, at der i stedet burde skelnes mellem jægerstenalder (tidlige dele af ældre sten-



Foto: Anders Fischer

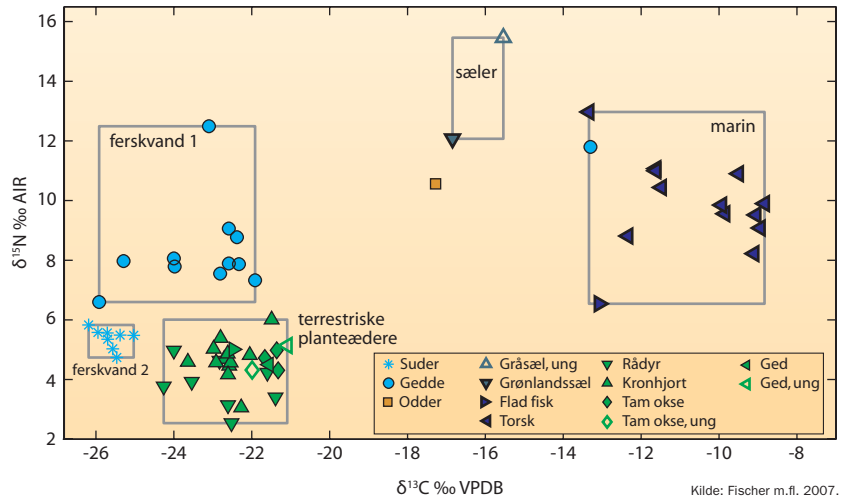
Udgravning af stenalderboplads i Åmosen på Vestsjælland. Bevaringsforholdene for knogler er usædvanligt gunstige i denne mose.

der), fiskerstenalder (sene dele af ældre stenalder) og bondestenalder (yngre stenalder).

Opdagelsen var også vigtig i forhold til at kunne lave præcise dateringer med kulstof-14. Det skyldes, at havet har en tilsyneladende alder på omkring 400 år. Populært kan man sige, at en kulstof-14 datering af levende marine fisk giver en alder på 400 år. Derfor vil dateringer af fortidsmennesker med en havbaseret kost være op til 400 år for gamle i forhold til deres rigtige alder. Vil man lave præcise kulstof-14 dateringer af menneskeknogler er det altså meget vigtigt at vide, hvilken kost de har spist. I dag bruger vi stabile isotoper til at kvantificere forhistoriske menneskers kostsammensætning og benytter denne viden til at korrigere deres kulstof-14 alder.

Figur 1. Figuren viser isotopværdier for en række danske dyr, indrammet efter deres levested. Således udgør terrestriske planteædere en kasse, marine fisk en anden og ferskvandsfisk udgør to kasser. Sidst har sæler fået deres egen kasse. Benytter man kulstof-isotopværdierne (x-aksen), kan man se, at værdierne falder i omtrent to hovedgrupper; en for terrestriske dyr og en for marine dyr (se boks 1).

De terrestriske planteædere har alle lave kvælstof-isotopværdier, hvorimod både ferskvandsfisk og marine fisk generelt har høje isotop-værdier. Sælerne viser de højeste kvælstof-isotopværdier, hvilket skyldes deres høje placering i fødekæden.



Kilde: Fischer m.fl. 2007.

Dyrenes isotopværdier

Kulstof og kvælstof har hver to stabile isotoper. Kulstof-isotoperne har atommasserne 12 og 13 og kvælstof-isotoperne 14 og 15. Ved kemiske reaktioner vil den ene af isotoperne have en større sandsynlighed for at deltage i reaktionen end den anden. Således optager planter forholdsvis flere kulstof-12 atomer end kulstof-13 atomer gennem fotosyntesen. Når man måler på denne forskel, angiver man afvigelsen fra en standard i promille. Negative isotop-værdier betyder, at der er færre tunge isotoper og positive, at der flere tunge isotoper i forhold til standarden, som for kulstofs vedkommende er en bestemt marin kalksten, mens den for kvælstof er atmosfærisk luft.

For at kunne bedømme hvad forhistoriske mennesker har spist er det nødvendigt at kende isotopværdierne for deres foretrukne fødeemner. Det viser sig, at landdyr har kulstof-isotopværdier fra -24 ‰ til -21 ‰, hvorimod de marine dyr har kulstof-isotopværdier fra -13 ‰ til -9 ‰ (se figur 1). Man kan altså skelne landdyr fra marine dyr alene på baggrund af deres kulstof-isotopværdier. Dog har det vist sig, at ferskvandsfisk har kulstof-isotopværdier som er meget lig dem, man finder for landdyr.

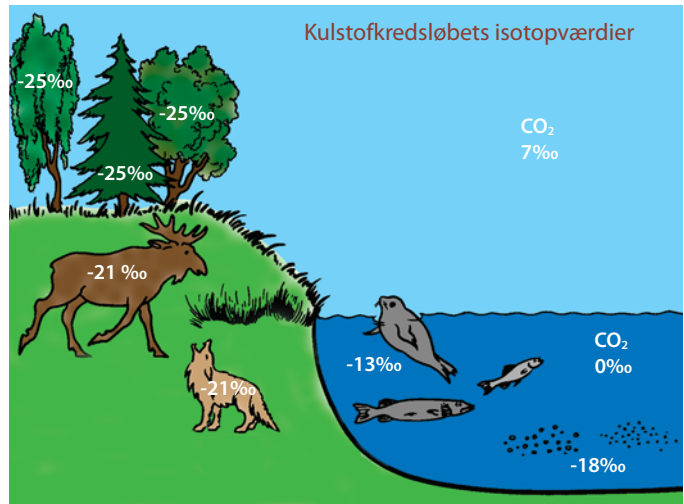
For at kunne skelne ferskvandsfisk fra landdyr er man derfor nødt til også at anvende kvælstof-isotoperne. Kvælstof-isotoperne afspejler hvilket niveau i

Boks 1: Fraktionering af isotoper

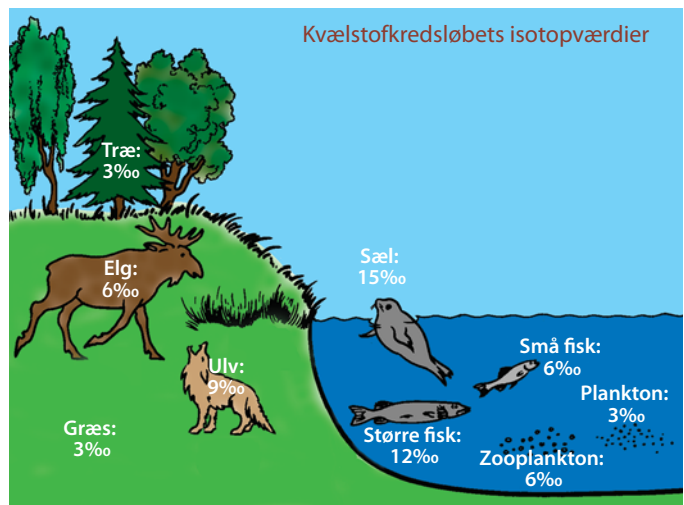
I kulstofkredsløbet sker der en fraktionering af kulstofisotoper. Når planter optager luftens kuldioxid via fotosyntesen, optager de relativt færre atomer af kulstof-13 end kulstof-12. Planter indeholder derfor færre kulstof-13 atomer end luftens kuldioxid. Planter, der lever i havet, optager ligeledes kuldioxid gennem fotosyntesen, men forholdene i havet adskiller sig fra dem på landjorden ved, at den kuldioxid, planterne i havet optager, først skal opløses i vandet. Når luftens kuldioxid optages i havet sker der også en fraktionering, således at opløst kuldioxid i havvand indeholder lidt flere kulstof-13-atomer end luftens kuldioxid.

Denne forskel på isotopindhold beskrives ved en isotopværdi, der angiver afvigelsen i kulstof-13 indholdet i forhold til en reference. Referencematerialet er en bestemt marin kalksten, hvis isotopværdi defineres som 0 ‰. Landplanter har således en kulstof-isotopværdi på -25 ‰, mens havplanter har værdier på -18 ‰. Man kan altså på denne baggrund skelne havplanter fra landplanter. Ligeledes kan man skelne marine dyr og terrestriske dyr på baggrund af deres kulstof-isotopforhold eftersom denne forskel bibeholdes op gennem fødekæden.

Med kvælstof-isotoperne er det muligt at skelne mellem fødekædeniveauer, idet der sker en berigelse af kvælstof-15 op gennem fødekæden. For hvert trin op i fødekæden, vil der relativt være flere og flere kvælstof-15 atomer i forhold til kvælstof-14. For kvælstofisotoperne opgiver man ligeledes en værdi i forhold til en reference, der i dette tilfælde er



Etter Kerstin Lidén, 1995.



Etter Kerstin Lidén, 1995.

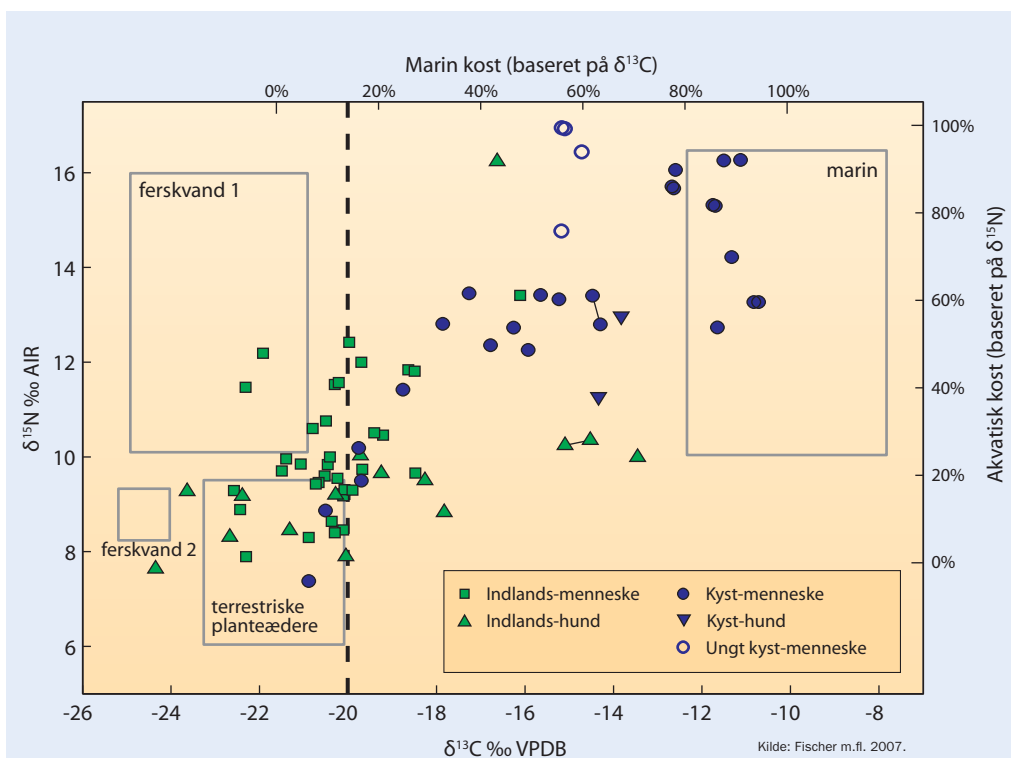
atmosfærisk luft. For hvert trin i fødekæden stiger isotopværdien med 3 ‰. Således stiger værdien fra ca. 3 ‰ for græs til ca. 6 ‰ for en elg, der jo lever af planter. Ulven har en værdi på 9 ‰, da den jo hovedsagligt lever af andre

dyr. Tilsvarende går de marine kvælstof-isotopværdier fra 3 ‰ for plankton helt op til 15 ‰ for sæler. Man kan bemærke hvorledes man med kvælstof-isotoperne kan se, at den marine fødekæde er meget længere end den terrestriske.



Foto: Anders Fischer

Ca. 7000 år gammel knogle af et 4-5-års-barn fra bopladsen på Argusgrunden i Smålandsfarvandet. De små huller er mærker efter udtagning af isotopprøver - som viste, at pågældende individ primært havde fået sin proteinkost fra havet, og på dødstidspunktet ikke længere blev ammet.



Kilde: Fischer m.fl. 2007.

Figur 2. Figuren viser målinger af isotopværdier af kulstof og kvælstof for forhistoriske mennesker og hunde fra Danmarks stenalder. Der skelnes mellem individer fra kyst og indland. Med kyst mennes lokaliteter, som befandt sig i direkte nærhed af datidens kystlinje. Lokaliteterne flere kilometer fra datidens kystlinje benævnes indland.

Fødeemne-kasserne fra figur 1 er overført til figur 2, og er rykket med +3 ‰ i kvælstof-isotopværdierne for at tage hensyn til skiftet i fødekædeniveau fra dyr til menneske (se boks 1). Kulstof-isotopværdierne er ligeledes rykket +1 ‰ for at tage hensyn til skiftet i fødekædeniveau fra dyr til menneske.

Hvis et individs isotopværdier er indeholdt i kassen for terrestriske planteædere, betyder dette, at individet har levet af terrestriske planteædere.

Tilsvarende har et individ indeholdt i den marine kasse fået sin føde fra havet. Befinder et individ sig derimod udenfor en af fødeemne kasser har vedkommende haft en kost bestående af fødeemner fra to eller flere kasser. Bemærk, at de unge individer har højere kvælstof-isotopværdier.

fødekedden, dyret befinder sig på. Hver gang man bevæger sig et skridt op i fødekæden, stiger kvælstof-isotopværdien med ca. 3 ‰ (se figur 1).

Isotoperne sladrer om forhistorisk kost

Ved at måle kulstof og kvælstof-isotopværdier på forhistoriske menneskeknogler og sammenligne disse med isotopværdierne for dyr kan man vurdere menneskets fødegrundlag.

Vi har, som eksempel, brugt metoden til at undersøge kostsammensætningen hos mennesker og hunde fra Danmarks stenalder, primært Åmosen på Sjælland. Hunde æder ofte samme føde som deres herrer og kan derfor anvendes som stedfortrædere for mennesker i denne slags undersøgelser. Knoglerne stammer både fra kystbopladser og lokaliteter ved moser og søer flere kilometer fra datidens kystlinje. Analyserne viser, at kystindividerne hovedsagligt har haft en marin kost samt at indlandsindividerne hovedsagligt har haft en terrestrisk kost (se figur 2). Det viser sig dog også, at langt størstedelen af alle individer har haft en kost bestående af både marin og terrestrisk føde, samt at enkelte har haft en kost hvor ferskvandsfisk har været en ret stor bestanddel.

Hvis et individ har kulstof-isotopværdier højere end -20 ‰, har det med sikkerhed haft et marint fødeindtag. Når et individ fra en indlands-lokalitet har så høje kulstof-isotopværdier, betyder det, at dette individ har haft mulighed for at benytte sig af havets ressourcer ved eksempelvis at have tilbragt en del af året ved kysten eller gennem samhandel med folk bosat ved kysten. På denne måde fortæller isotopværdierne også noget om menneskernes adfærd.

En sjov detalje er, at meget unge individer har relativt høje kvælstof-isotopværdier. De ligger således højere i fødekæden end ældre individer. Dette kan skyldes, at de er blevet ammet og modermælken på denne måde har placeret spædbarnet højere i fødekæden.

