



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Analysis of ^{13}C and ^{15}N isotopes from Eurasian Quaternary fossils: Insights in diet, climate and ecology

Kuitemans, M.

Citation

Kuitemans, M. (2020, May 14). *Analysis of ^{13}C and ^{15}N isotopes from Eurasian Quaternary fossils: Insights in diet, climate and ecology*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/87893>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/87893>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/87893> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Kuitens, M.

Title: Analysis of ^{13}C and ^{15}N isotopes from Eurasian Quaternary fossils: Insights in diet, climate and ecology

Issue Date: 2020-05-14

Samenvatting

Fossielen van wolharige mammoeten op een eiland waar de soort uiteindelijk uitsterft, menselijke en dierlijke fossielen op de bodem van de Noordzee, resten van Siberische eenhoorns en uitzonderlijk goed bewaarde botten van 300.000 jaar geleden uit de beroemde archeologische vindplaats Schöningen in Duitsland: dit zijn de hoofdonderwerpen die in dit proefschrift aan bod komen.

De fossiele botten en tanden zijn bestudeerd aan de hand van hun chemische samenstelling, namelijk de relatieve stabiele koolstof- en stikstofisotopenconcentraties. Stabiele isotopengegevens in fossielen van mensen en dieren vormen een waardevolle informatiebron voor de reconstructie van hun dieet en van het milieu waarin zij leefden. Fossiel weefsel is gelinkt aan de chemische samenstelling van het voedsel dat een organisme tijdens zijn leven heeft opgenomen. De stabiele isotopenwaarden van koolstof en stikstof in het botcollageen van bijvoorbeeld herbivoren zijn gerelateerd aan de isotopensamenstelling van dezelfde elementen in de planten die ze eten. Op hun beurt worden de stabiele koolstof- en stikstofwaarden in deze planten (en bodems) beïnvloed door klimatologische en (lokale) omgevingsparameters.

Dit proefschrift bundelt een aantal stabiele isotopenstudies die de auteur de afgelopen jaren heeft uitgevoerd. Het onderzoeksdoel van deze studies is bijdragen aan het begrip van de ecologische omstandigheden tijdens het Pleistoceen/Vroeg-Holoceen in Eurazië door de stabiele isotopensamenstellingen te analyseren van fossielen van zoogdieren die in delen van Eurazië leefden. De focus ligt op fossielen van grote herbivoren uit: 1) een aantal regio's in het Euraziatische deel van het zogenaamde 'mammoetsteppe'-bloom ten tijde van het Laat-Pleistoceen (het Laat-Pleistoceen begint ongeveer 125.000 jaar geleden) en het Vroeg-Holoceen (het Holoceen begint ongeveer 11.700 jaar geleden en is het tijdvak waarin we nu leven), en 2) de paleolithische vindplaatsen bij Schöningen, met een laat Midden-Pleistoceen ouderdom (het Midden-Pleistoceen begint ongeveer 780.000 jaar geleden en gaat vooraf aan het Laat-Pleistoceen).

De meeste stabiele isotopengegevens (behalve die van Schöningen) zijn afkomstig van monsters waarvan de ouderdom is vastgesteld door middel van koolstofdatering (^{14}C -datering). De monsters stammen daarom meestal uit het Holoceen of Laat-Pleistoceen en hebben vaak een maximale ouderdom van ca. 50.000 jaar (dat is namelijk het ^{14}C -dateringsbereik, wat overeenkomt met 45.000 ^{14}C jaar BP of ~ 50.000 jaar geleden). Succesvol stabiele isotopenonderzoek blijft niet beperkt tot monsters binnen het ^{14}C -dateringsbereik. Zolang collageen goed bewaard is gebleven, kunnen ook oudere monsters betrouwbare stabiele isotopengegevens opleveren. Die kunnen vervolgens worden gebruikt om bijvoorbeeld het dieet van specifieke soorten en de milieuomstandigheden verder terug in de tijd te reconstrueren. Dit gaat zelfs terug tot het Vroeg-Paleolithicum (of Oude Steentijd), zoals het onderzoek van de fossielen uit Schöningen - geschat op een ouderdom van ongeveer 300.000 jaar oud - laat zien.

Na de inleiding (**Hoofdstuk 1**), bespreekt **Hoofdstuk 2** de basisprincipes van het onderzoek van stabiele koolstof- en stikstofisotopen, de toepassingen ervan en de gebruikte analytische methoden. Het merendeel van de stabiele isotopengegevens die in dit proefschrift worden besproken, is afkomstig van het Centrum voor Isotopenonderzoek (CIO) van de Universiteit Groningen. De manier waarop de monsters zijn voorbehandeld en gemeten bij het CIO, wordt in het kort beschreven in dit hoofdstuk.

Stabiele isotopenwaarden kunnen worden gemeten in monsters die afkomstig zijn van allerlei lichaamsweefsels van mensen en dieren, zoals haar, botten en tanden. De hier gepresenteerde studies maken voornamelijk gebruik van (bulk)collageen uit bot. Collageen is rijk aan koolstof en stikstof. Het is het meest voorkomende eiwit in zoogdieren en het draagt bij aan de elasticiteit van beenderen. Voordat collageen geschikt is voor onderzoek naar stabiele isotopen wordt het chemisch geïsoleerd in een laboratorium.

Stabiele isotopen worden gemeten met behulp van massaspectrometrie (MS). Voor isotopenverhoudingen is een speciale vorm van MS ontwikkeld: isotopenratio massaspectrometrie (IRMS). De machine werkt met moleculaire gassen. Daarom moet het collageen van het beoogde monster eerst worden verbrand, waarbij de gassen CO_2 en N_2 vrijkomen. Pas dan kunnen de isotopenwaarden van respectievelijk koolstof en stikstof gemeten worden. De isotopenverhouding verkregen uit een monster wordt vergeleken met die van referentiemateriaal en wordt weergegeven in zogenaamde δ -waarden (deltawaarden). De numerieke waarden voor δ zijn erg klein. Daarom worden ze uitgedrukt in promille (‰, gelijk aan 10^{-3}).

Hoofdstuk 3 bespreekt een grote dataset van $\delta^{13}\text{C}$ -waarden (stabiele koolstofwaarden) en $\delta^{15}\text{N}$ -waarden (stabiele stikstofwaarden) van wolharige mammoeten (*Mammuthus primigenius*) uit het Laat-Pleistoceen en het Holoceen uit Noordoost-Siberië. Dit gebied werd min of meer continu bewoond door de wolharige mammoet vanaf zijn verschijnen (~ 400.000 jaar geleden) tot zijn uitsterven (~ 4.000 jaar geleden).

De meest recente wolharige mammoet met een leeftijd van 3685 ± 60 ^{14}C jaar BP komt van het legendarische eiland Wrangel in de Noordelijke IJszee, ten noorden van het vasteland van het Russische district Tsjokotka. Het doel van de stabiele isotopenstudies van de Oost-Siberische mammoet, is het volgen van mogelijke verschuivingen in de stabiele koolstof- en stikstofdata die samenvallen met wereldwijde klimaatveranderingen, zoals waargenomen in andere delen van het mammoetsteppe-bioom. Bovendien wijzen de studies uit of het dieet van de mammoet en daarmee het stabiele isotopensignaal in het fossiele botweefsel veranderde toen de soort zijn uitsterven naderde. Speciale aandacht wordt gevestigd op de Holocene gegevens van fossielen afkomstig van Wrangel; gegevens die bijdragen aan onze kennis van de omstandigheden waaronder de laatste mammoeten leefden.

De data onthullen een opmerkelijke stabiliteit in $\delta^{13}\text{C}$ - en $\delta^{15}\text{N}$ -waarden van skeletresten van de wolharige mammoet in Noordoost-Siberië tijdens het laatste deel van het Laat-Pleistoceen. Deze continuïteit van stabiele isotopenwaarden staat in schril contrast met de gepubliceerde gegevens van monsters van wolharige mammoeten en andere grote herbivoren uit Europa en Alaska. Nog opmerkelijker, wolharige mammoeten handhaafden vergelijkbare $\delta^{13}\text{C}$ - en $\delta^{15}\text{N}$ -waarden gedurende het Holoceen. Dat blijkt met name uit de resultaten van gemeten fossielen van wolharige mammoeten van het eiland Wrangel, waar ze tot ongeveer 2100 v.Chr. leefden. De stabiele isotopengegevens geven aan dat Holocene mammoeten van Wrangel zich met bronnen voedden die dezelfde isotopenverhouding hadden als die op het vasteland van Noord-Siberië tijdens het laatste deel van het Laat-Pleistoceen. Dit suggereert, althans in brede zin, dat het dieet van de mammoeten op Wrangel niet wezenlijk veranderde gedurende het Laat-Pleistoceen en Holoceen.

Waar Hoofdstuk 3 gegevens over de omstandigheden van de oostkant van het mammoetsteppe ecosysteem beschrijft, richt **Hoofdstuk 4** zich op isotopengegevens van fossielen afkomstig uit het westelijk deel van de mammoetsteppe, namelijk het Noordzeegebied. Tijdens het Weichselien (de laatste ijstijd) daalde de zeespiegel drastisch en een landmassa, die kan worden beschouwd als de westelijke uitbreiding van de Noord-Europese vlakte, verbond het Europese continent met Groot-Brittannië. Deze landmassa werd doorsneden door grote rivieren en was begroeid met een karakteristieke mammoetsteppevegetatie. De grote hoeveelheid fossielen, waaronder overblijfselen van de Neanderthaler en anatomisch moderne mens, geven aan dat het gebied werd bewoond door de typische mammoetsteppefauna met soorten als de wolharige mammoet, de wolharige neushoorn (*Coelodonta antiquitatis*) en grote carnivoren zoals holenhyena's (*Crocuta spelaea*) en holenleeuwen (*Panthera spelaea*). In de afgelopen decennia zijn duizenden fossiele overblijfselen verzameld, vaak vanuit een stratigrafisch verstoorte context. Om de vondsten desondanks in een chronologische context te kunnen plaatsen, is de ouderdom van veel fossielen bepaald met behulp van de koolstofdatering. Dit heeft geresulteerd in een grote dataset met ^{14}C -gegevens en $\delta^{13}\text{C}$ - en $\delta^{15}\text{N}$ -waarden, van zowel dieren als mensen. Deze gegevens worden gepresenteerd en besproken in Hoofdstuk 4.

Een deel van de resultaten van de stabiele isotopenmetingen is vergelijkbaar met die van gepubliceerde data van omnivoren, herbivoren en carnivoren die in het verleden elders in Noordwest-Europa vergelijkbare gebieden bewoonden. Daarnaast bevat deze grote Noordzee-dataset soorten waarvan $\delta^{13}\text{C}$ - en $\delta^{15}\text{N}$ -gegevens voorheen niet of nauwelijks bekend waren, zoals bosolifant (*Palaeoloxodon antiquitatis*), otter (*Lutra lutra*), veelvraat (*Gulo gulo*) en reuzenalk (*Pinguinus impennis*).

De stabiele isotopengegevens kunnen worden gebruikt om verder in te zoomen op vragen met betrekking tot dierlijke fossiele overblijfselen van het Noordwestelijke Europese vasteland en het Verenigd Koninkrijk. Bovendien wordt een grote hoeveelheid

nieuwe stabiele isotopengegevens voor grote zeezoogdieren en menselijke resten uit de Noordzee gepresenteerd. De meeste menselijke botten hebben $\delta^{15}\text{N}$ -waarden die wijzen op een dieet bestaande uit onder andere aquatische voedselbronnen. De $\delta^{13}\text{C}$ -waarden van de Mesolithische mensen zijn over het algemeen indicatief voor zoetwatervoedsel. De $\delta^{13}\text{C}$ -waarden van menselijke botten uit latere periodes wijzen op een gemengd dieet van mariene, zoetwater en terrestrische voedselbronnen.

Deze studie, gebaseerd op een grote hoeveelheid meetgegevens, illustreert dat een verzameling van losse vondsten zonder een stratigrafische context toch een waardevolle bijdrage kan leveren aan de reconstructie van de leefomgeving in het verleden.

Fossiele overblijfselen van de karakteristieke Pleistocene megafauna in Zuidoost-Europa en aangrenzende gebieden in Azië tonen aan dat het mammoetsteppe-bloom zich ook tot in die regio's uitstrekte. **Hoofdstuk 5** presenteert gegevens van een zeer tot de verbeelding sprekende uitgestorven diersoort die leefde in het zuidelijke deel van de mammoetsteppe, namelijk de 'Siberische eenhoorn' (*Elasmotherium sibiricum*). Algemeen werd aangenomen dat deze gigantische soort neushoorn in de steppezone van Oost-Europa en Azië leefde tot ca. 200.000 jaar geleden. Recent gepubliceerde ^{14}C -gegevens van fossielen van verschillende vindplaatsen leveren echter overtuigend bewijs dat deze diersoort pas veel later uitstierf, namelijk tijdens het Laat-Pleistoceen. Veranderingen in de omgevingscondities kunnen mogelijk het uitsterven van de soort verklaren. Een bijkomend, interessant onderwerp is het dieet van *Elasmotherium*. De soort heeft extreem hoogkronige kiezen zonder wortel; een kenmerk van een aanpassing aan voedsel dat een zeer hoge mate van slijtage aan het gebit veroorzaakt. Bij het eten van plantenwortels komt er veel zand mee, wat betekent dat de tanden van het dier snel slijten. De $\delta^{13}\text{C}$ - en $\delta^{15}\text{N}$ -waarden van de Siberische Eenhoorn vormen een belangrijke proxy in het debat over het dieet van deze Siberische eenhoorn. De gegevens wijzen op een zeer gespecialiseerd dieet en ondersteunen het idee van de consumptie van ondergrondse plantendelen. De $\delta^{13}\text{C}$ - en $\delta^{15}\text{N}$ -waarden van de Siberische eenhoorn verschillen sterk van die van andere fossiele neushoorns uit Eurazië.

De conservering van collageen in fossielen met een ouderdom tot 50.000 jaar is vaak beter dan die van fossielen die veel ouder zijn. **Hoofdstuk 6** bespreekt de koolstof- en stikstofisotopengegevens die succesvol zijn gemeten in dierlijke fossielen uit Schöningen in de Duitse deelstaat Nedersaksen. Vanwege de leeftijd van de botmonsters (~ 300.000 jaar oud) is speciale aandacht besteed aan de conserveringsgraad van het collageen. Schöningen is een zeer belangrijke archeologische vindplaats die in de jaren '90 van de vorige eeuw wereldwijde bekendheid kreeg door de ontdekking van zorgvuldig vervaardigde houten speren. Deze werden gevonden te midden van een grote hoeveelheid fossielen van geslachte dieren, met name van paarden.

Het onderzoek toont aan dat een groot deel van de fossielen een uitstekende conservering heeft, niet alleen op macroscopisch niveau, maar ook op moleculair

niveau. $\delta^{13}\text{C}$ - en $\delta^{15}\text{N}$ -waarden zijn gemeten aan fossielen van vijf taxonomisch verschillende groepen: Elephantidae, Rhinocerotidae, Equidae, Cervidae en Bovidae. De isotopengegevens geven onder andere informatie over hoe het landschap er toentertijd uitzag en dan met name over de mate van bebossing.

De resultaten van de in de hoofdstukken 3-6 gepresenteerde casestudies zijn geïntegreerd en bediscussieerd in **Hoofdstuk 7**. Bovendien wordt naar aanleiding van de gepresenteerde gegevens een aantal intrigerende onderwerpen extra uitgelicht, zoals afwijkende $\delta^{15}\text{N}$ -resultaten, problemen met betrekking tot het gebruik van geschikte modelsoorten, en het uitsterven van de wolharige mammoet tijdens het Laat-Pleistoceen.

De gepresenteerde resultaten leveren een bijdrage aan bestaande wetenschappelijke debatten. Zo geven de grote hoeveelheid $\delta^{13}\text{C}$ - en $\delta^{15}\text{N}$ -waarden van Holocene wolharige mammoeten van het eiland Wrangel een duidelijker beeld van de omstandigheden waarin mammoeten leefden vlak voor het uitsterven van de soort. Daarnaast leveren de $\delta^{13}\text{C}$ - en $\delta^{15}\text{N}$ -waarden van fossielen uit Schöningen een bijdrage aan het debat over de omgevingsfactoren waarin de mensachtigen opereerden.

Bovendien tonen de resultaten dat stabiele isotopenanalyse een belangrijke aanvullende bijdrage kan leveren op resultaten die verkregen zijn met andere archeologische methoden. Dit wordt geïllustreerd door de stabiele isotopengegevens van de Siberische eenhoornfossielen en die van de paarden uit Schöningen. Zo ondersteunen de $\delta^{15}\text{N}$ -gegevens dat het dieet van de paarden uit Schöningen voor een aanzienlijk deel uit bladeren en twijgen bestond. Hun morfologisch afwijkende kiezen wijzen tevens in die richting.

Ook illustreren de resultaten van Schöningen dat de ouderdom van fossielen op zichzelf geen beperkende factor hoeft te zijn voor het verkrijgen van $\delta^{13}\text{C}$ - en $\delta^{15}\text{N}$ -data. Als de $\delta^{13}\text{C}$ - en $\delta^{15}\text{N}$ -analyse van botcollageen van oude monsters op voorhand wordt uitgesloten op basis van hun ouderdom, missen we mogelijk belangrijke informatie. Stabiele isotopengegevens van de bosolifanten zou dan bijvoorbeeld niet gemeten zijn. Terwijl die van bosolifanten uit Schöningen (zie Hoofdstuk 6) en het Noordzeegebied (zie Hoofdstuk 4) echter onthulden dat deze olifanten opvallend hogere $\delta^{15}\text{N}$ -waarden hebben ten opzichte van die van andere, gelijktijdig levende, grote terrestrische herbivoren. Dit patroon doet sterk denken aan een veelbesproken fenomeen van hogere $\delta^{15}\text{N}$ -waarden van wolharige mammoeten ten opzichte van andere Laat-Pleistocene herbivoren. Deze nieuwe informatie wijst erop dat dit $\delta^{15}\text{N}$ -fenomeen karakteristiek voor olifantachtigen kan zijn.

Al met al draagt dit proefschrift, een studie van stabiele isotopengegevens van zoogdierfossielen, bij aan onze kennis van de ecologische omstandigheden tijdens het Pleistoceen/Vroeg-Holoceen in Eurazië.

