

University of Groningen

Eindrapportage pingo-project provincie Fryslân 2016-2020

Raemaekers, Daan; Talebi Seyyedsaran, Taravat; Cappers, Reinier

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2021

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Raemaekers, D., Talebi Seyyedsaran, T., & Cappers, R. (2021). *Eindrapportage pingo-project provincie Fryslân 2016-2020*. (66 redactie) (Grondsporen; Nr. 66). Groninger Instituut voor Archeologie, Rijksuniversiteit Groningen.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

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.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Grondsporen 66

Eindrapportage pingo-project provincie Fryslân 2016-2020

Februari 2021

D.C.M. Raemaekers, T. Talebi, R.T.J. Cappers

1. Introductie

In de periode 2016-2020 heeft de provincie Fryslân een project gesubsidieerd waarin het archeologische belang van stuifmeel (pollen) uit pingoruïnes is onderzocht (zaaknummer PF-2016/167791). In dit project stonden de volgende doelen centraal:

- a. Pollenonderzoek aan zeven locaties in de provincie Fryslân, inclusief een standaardrapportage. Deze rapportages zijn afgerond en staan vermeld in tabel 1;
- b. Rapport met een Programma van Eisen voor het vastleggen van palynologische informatie aangaande de antropogene invloed op het landschap in het neolithicum en de vroege bronstijd;
- c. Rapport met een model voor de vangarm van de gemiddelde pingo, gebaseerd op de onder a. genoemde basisrapporten en literatuuronderzoek. In dit rapport worden de volgende vragen beantwoord:
 - Hoe ziet de gemiddelde pingoruïne eruit?
 - Wat is de invloed op de vangarm?
 - Wanneer is het te verwachten dat er tussen nabijgelegen pingoruïnes significante verschillen bestaan in de palynologische gegevens aangaande het onder b. genoemde onderzoeksthema?
- d. Een in GIS aangeleverde catalogus van de in dit project onderzochte pingoruïnes (conform mail S. de Bruijn, 8 december 2020).

In dit rapport worden de onderwerpen genoemd onder b. en c. gerapporteerd.

Projectcode	Rapport
OTJO2	Grondsporen 33
TYPI2	Grondsporen 39
TYP A2	Grondsporen 47
FRCP2-P10	Grondsporen 51
FRCP2-P9	Grondsporen 53
FRCP	Grondsporen 64
FRCAP2	Grondsporen 65

Tabel 1. De onderzochte pingoruïnes met verwijzingen naar de standaardrapportages.



Figuur 1. De ligging van de onderzochte pingoruïnes (figuur E. Bolhuis, GIA).

2. Pingoruïnes

In de laatste ijstijd was de bodem in Noord-Nederland bevroren en ontstonden er honderden ijslenzen in de ondergrond. Door het aangroeien van ijs konden deze ijslenzen uitgroeien tot heuvels. In de geologie worden deze heuvels pingo's genoemd (zie figuur 2). Na de ijstijd smolten de ijslenzen en ontstonden zo relatief kleine en diepe meertjes (pingo-ruïnes), soms met een ringwal van sediment dat van de ijsheuvels was afgeschoven. In de meertjes kwam vegetatie tot ontwikkeling en langzaam groeiden de meertjes dicht. Tijdens deze sedimentatie kwam ook steeds stuifmeel (pollen) van de omliggende vegetatie in sedimentlagen terecht. Daarmee vormen de pingoruïnes een botanisch archief waarin vegetatieontwikkeling en menselijk ingrijpen in de vegetatie zijn vastgelegd. Door middel van stuifmeelonderzoek (palynologie) kan dit archief ontsloten worden (Harris et al. 1988; Woolderink et al. 2014).

In het huidige landschap zijn pingoruïnes vaak herkenbaar als ronde depressies, maar niet alle ronde depressies zijn pingoruïnes. Op geologische kaarten in Nederland wordt gesproken van dobben als samenvattende term voor deze depressies. Alleen met veldwerk (grondboringen) kan vastgesteld worden of een dobbe een pingoruïne is. Deze laat zich herkennen door de relatief grote dikte van de organische vulling (zie ook Verbers et al. 2018).



Figuur 2. Twee pingo's in de Mackenzie-rivier in Alaska (foto van E. Pike, vrij beschikbaar via commons.wikimedia.org). De geologische situatie in de laatste ijstijd leek sterk op die in het huidige Alaska – de geologische processen die toentertijd in Noord-Nederland leidden tot de vorming van pingo's leiden nu tot de vorming van pingo's in Alaska.

3. Palynologie en de ruimtelijke schaal van het vegetatiebeeld

Algemeen

Pollenonderzoek kan inzichten opleveren in de vegetatieontwikkeling in en rondom de monsterlocatie, in dit geval de pingoruïne. Het is gebruikelijk hierbij drie ruimtelijke schalen te hanteren (Cappers & Neef, 2006):

- lokaal: water- en moerasplanten (dus in de pingoruïne groeiend en als oevervegetatie);
- regionaal: vegetatie rond pingoruïne;
- supra-regionaal: vegetatie op grotere afstand van pingoruïne.

Deze termen zullen ook dit rapport gebruikt worden, waarbij de centrale vraag van het onderzoek juist in deze termen scherp kan worden geformuleerd: kan pollenonderzoek van een pingoruïne gebruikt worden om de supra-regionale vegetatieontwikkeling vast te stellen? Of is het pollenarchief vooral lokaal en regionaal van aard? In de opdracht van de provincie wordt deze vraag als de vangarm omschreven.

Vanuit theoretisch perspectief zijn twee variabelen relevant voor de mate waarin pollen van de supra-regionale vegetatie wordt afgezet in sedimenten van de pingoruïne (Hicks 2001; Hicks et al. 2001). Ten eerste is dat de diameter van de pingoruïne (of een ander depressie waarin sedimentatie en pollenneerslag plaatsvindt). In grote pingoruïnes worden pollen gearchiveerd die afkomstig zijn uit een groot gebied. Dit soort locaties zijn dus erg geschikt voor een algemener, supra-regionaal beeld van vegetatie-ontwikkeling. Andersom geformuleerd: pingoruïnes met een relatief klein diameter, zijn bij uitstek geschikt voor onderzoek naar de lokale en regionale vegetatie-ontwikkeling, en daarmee ook kleinschalige menselijke activiteiten in de nabijheid van de monsterlocatie. Afhankelijk van de vraagstelling (supra-regionaal versus lokaal en regionaal) kunnen dus onderzoekslocaties in grote dan wel klein pingoruïnes worden gekozen.

Een tweede wetmatigheid is dat het signaal van (supra-) regionale vegetatie toeneemt naarmate de vegetatie opener wordt. Indien er minder bomen groeien in de omgeving van de pingoruïne, kan pollen uit een groter gebied in het sedimentbekken terecht komen. Waar de eerste wetmatigheid gebruikt kan worden bij de selectie van de juiste monsterlocatie voor het onderzoek aan een specifieke vraag, komt de tweede wetmatigheid pas tijdens het pollenonderzoek in beeld. Daarmee kan pas tijdens het pollenonderzoek vastgesteld worden dat een onderzoeksvraag van lokale-regionale aard lastiger te beantwoorden is vanwege het grotendeels supra-regionale karakter van de pollenspectra (zie verder onder 5).

Bovenstaande overwegingen betekenen dat het onmogelijk is om aan te geven tot welke afstand van een pingoruïne de regionale vegetatie rijkt en de supra-regionale vegetatie begint. De kracht van het supra-regionale signaal is afhankelijk van de grootte van de pingoruïne, de dichtheid van de vegetatie en de diversiteit van de vegetatie in een gebied. In vegetatief (landschappelijk) homogene gebieden zal het regionale en supra-regionale signaal identiek zijn terwijl in vegetatief (landschappelijk) heterogene gebieden beide signalen wel zijn te onderscheiden. In zo'n situatie kan ook aangegeven worden waar de grens ligt tussen beide zones op basis van de landschappelijke kenmerken. De grens tussen regionale en supra-regionale vegetatie is dus niet a priori gegeven, maar kan de uitkomst van een pollenonderzoek zijn.

Wat zijn de conclusies van ons onderzoek?

In eerste instantie lijken de resultaten van ons onderzoek op zeven locaties te wijzen op vooral een supra-regionaal beeld van de vegetatie omdat de pollendiagrammen in algemene zin op elkaar lijken. Deze conclusie is echter onjuist. Deze overeenkomsten zijn het gevolg van het voorkomen van bomen en kruiden die in Noord-Nederland karakteristiek zijn voor een specifieke palynologisch-klimatologische zone, het Atlanticum. In deze periode is er sprake van een 'Atlantisch oerbos'. Deze bosvegetatie betekent dat het uitgevoerde pollenonderzoek per definitie een sterk lokaal en regionaal signaal kent, maar door de relatief homogene (en niet of nauwelijks door mensen beïnvloedde) vegetatie steeds opnieuw wordt aangetoond.

Dit Atlantisch oerbos is een gemengd loofbos. Variatie in de samenstelling van dit loofbos is op lokaal en regionaal niveau te relateren aan verschillende factoren. Hier onderscheiden we abiotische en biotische factoren. De abiotische factoren zijn de variatie in bodemeigenschappen, waaronder grondsoort en hoogteverschillen (die gekoppeld zijn aan variatie in grondwaterstand). De biotische factoren zijn de verschillen in zaadverspreiding, competitie tussen planten, en de eventuele invloed van mensen (branden, kappen, akkerbouw, nederzettingen) en dieren (bijvoorbeeld begrazing).

De grote overeenkomsten in het vegetatiebeeld van de zeven locaties zal, naast de palynologisch-klimatologische zone, bepaald zijn door de abiotische factoren. Zonder uitzondering betreft ons onderzoek pingoruïnes die in de lagere delen van het landschap liggen. Dat betekent dat de natuurlijke vegetatie op alle locaties erg op elkaar lijkt. Pingoruïnes op de hogere delen van het landschap zullen naar verwachting bedekt zijn met een vegetatie waarin eik een grotere rol speelt. Bovendien zijn dit waarschijnlijk ook de landschapszones waar een groter antropogeen signaal gevonden kan worden omdat dit landschapszones zijn die mogelijk bij voorkeur ontbost werden (zie hieronder).

De grote mate van overeenkomsten, als gevolg van de gedeelde palynologisch-klimatologische zone en de gedeelde landschappelijke ligging, gaat toch gepaard met belangrijke verschillen. Het zijn juist deze verschillen – en de conclusie dat deze verschillen op regionale schaal aanwezig waren – die toekomstig onderzoek van pingoruïnes van belang maken. Wij zien twee duidelijke verschillen. Ten eerste zijn in verschillende pollendiagrammen aanwijzingen gevonden voor brand. De pollenspectra met verbrande plantenresten komen niet overal in dezelfde periode voor. Ten tweede zijn de aanwijzingen voor ontbossing zeer divers. Bij FRCO, TYP A2 en FRCP2-g zien we het eerste signaal in het vroege Atlanticum, en dateren ze maximaal enige eeuwen uit elkaar; bij TYPI2 is dit signaal pas zo'n vierduizend jaar later zichtbaar (in het Subboreaal). Het ontbreken van gelijktijdige signalen van ontbossing geeft aan dat de schaal waarop de ontbossing plaatsvond relatief beperkt was. De precieze omvang is niet te bepalen, maar duidelijk van regionale aard.

4. Aanwijzingen voor menselijke activiteiten

Algemeen

Peeters et al. (2017: 197) onderscheiden vier vormen van menselijke activiteiten, zoals die met pollenonderzoek onderzocht kunnen worden:

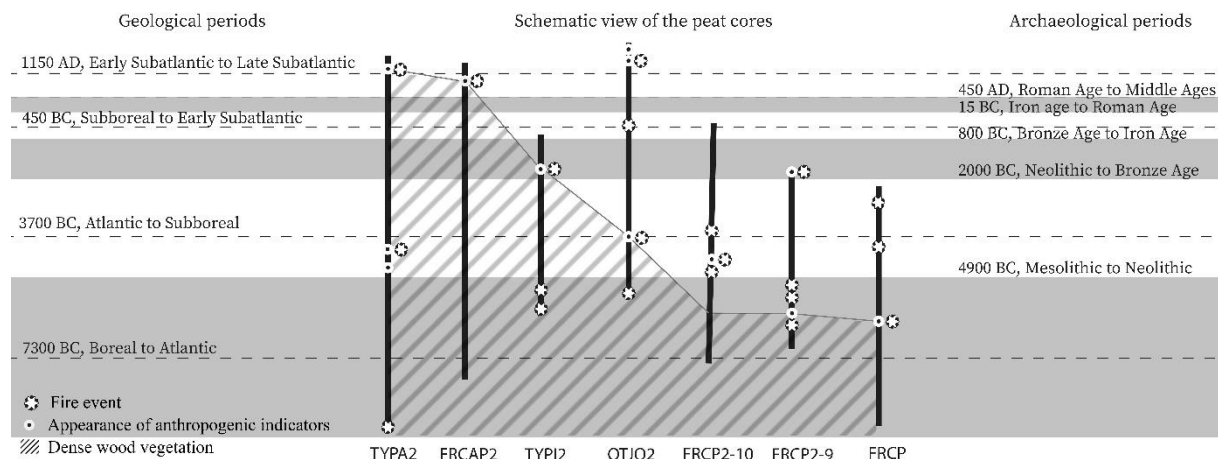
1. Menselijke aanwezigheid: regionale signalen die geïsoleerd in een pollendiagram voorkomen (één spectrum) zonder kwalitatieve en kwantitatieve gevolgen voor de vegetatie;
2. Menselijke beïnvloeding: regionale en herhaalde signalen met beperkte kwantitatieve en geen kwalitatieve gevolgen voor de vegetatie;
3. Menselijke beïnvloeding: wijdverbreide geïsoleerde signalen en/of continue signalen met beperkte kwantitatieve en kwalitatieve veranderingen in de vegetatie;
4. Menselijke *impact*: regionale of wijdverbreide continue signalen van kwalitatieve en kwantitatieve veranderingen van de vegetatie.

Wat zijn de conclusies van ons onderzoek?

Dit raamwerk is bij uitstek geschikt de patronen die zichtbaar zijn in de zeven pollendiagrammen te interpreteren (zie figuur 3). Ten eerste verschillen de aanwijzingen voor ontbossing sterk tussen de onderzochte locaties. Er is geen sprake van een fase waarin er op veel locaties begonnen is met ontbossing. Dat betekent dat ontbossing op regionale schaal en naar behoefte plaatsvond.

Ten tweede zijn de aanwijzingen voor brand divers. Mogelijk dat deze/sommige signalen antropogeen van aard zijn. Aangezien ontbossing en brand niet corresponderen lijkt ontbossing niet door *slash and burn* te hebben plaatsgevonden.

Ten derde valt op dat het antropogene signaal in de zeven locaties beperkt is. Om te onderzoeken of dit het gevolg is van de landschappelijke ligging van de zeven locaties of kenmerkend is voor het gebied op supra-regionale schaal (of zelfs de gehele provincie), is vergelijkbaar onderzoek op andere type locaties zinvol. Mogelijk zijn de hogere delen van het landschap zones waar een groter antropogeen signaal gevonden kan worden omdat dit landschapszones zijn die mogelijk bij voorkeur ontbost werden ten behoeve van akkerbouw. Bij toekomstig pollenonderzoek naar de eerste signalen van ontbossing is het van groot belang pingoruïnes in de hogere delen van het landschap te onderzoeken.



Figuur 3. De vergelijking van de aanwijzingen voor ontbossing en houtskool in de zeven pollendiagrammen. De locaties zijn geordend op basis van de ouderdom van de eerste ontbossingen (figuur T. Talebi, GIA).

5. Programma van Eisen voor het vastleggen van palynologische informatie uit pingoruïnes aangaande de antropogene invloed op het landschap

Fase 1. Waardering van de veenvulling

Vastgesteld moet worden in welke mate (en tot welke diepte) sedimenten verstoord zijn als gevolg van uitdroging, grondbewerking (ploegen) en afgraven. De beoordeling van deze verstoring in relatie tot de conservering van pollen kan niet door visuele inspectie worden gedaan, maar vraagt om beperkt palynologisch onderzoek.

Indien palynologisch onderzoek niet direct na afloop van de monsternamen in het veld plaatsvindt, dienen de boorkernen zorgvuldig bewaard te worden. De kernen moeten in een koelkast worden bewaard. Boorkernen zijn ook in een koelkast beperkt houdbaar en moeten binnen vijf jaar worden onderzocht.

Het waarderend pollenonderzoek kan op de standaardwijze plaatsvinden en maakt duidelijk wat de kwaliteit van conservering is en welke palynologisch-klimatologische zones vertegenwoordigd zijn. Op basis hiervan kan besloten worden of een pollenkern (gedeeltelijk) geschikt of ongeschikt is voor pollenanalyse: is de conservering voldoende en is de gewenste zonering vertegenwoordigd? Om te kunnen corrigeren op variatie in sedimentatie en daaraan gekoppelde variatie in pollendichtheid, kan een tracer worden toegevoegd waardoor absolute tellingen gedaan kunnen worden (dit is standaardpraktijk). Geadviseerd wordt een interval van 50 cm tussen de te waarden monsters te hanteren.

Fase 2. Datering

Pingo-ruïnes hebben een pollenarchief voor de laatste fase van het Pleistoceen en een groot deel van het Holoceen. Dit archief leent zich voor een breed spectrum aan vraagstellingen. Deze kunnen betrekking hebben op bijvoorbeeld de verandering van de voedsel economie (overgang jagen/verzamelen > landbouw), maar ook op de invloed van veranderende omgevingsvariabelen op de vegetatie (bijvoorbeeld de invloed van klimaatsveranderingen en lokale hydrologie). Pollenonderzoek kan variatie in de vegetatie in beeld brengen en daarmee ook de mogelijkheden en beperkingen van de vegetatie in relatie tot de mens. Dat betekent dat de geschiktheid van een pollenkern voor onderzoek niet alleen afhangt van de conservering van pollen, maar ook van de datering van de kern.

Wij adviseren meer dan vaak gebruikelijk te investeren in C14-dateringen om een goede selectie voor vervolgonderzoek mogelijk te maken. Het is hierbij van belang botanisch materiaal te selecteren van planten die op het land groeiden (geen waterplanten) om zo een reservoir effect te vermijden. C14-dateringen kosten vooral tijd. De investering in C14-dateringen helpt vroegtijdig te bepalen welke delen van een kern relevant zijn: de kosten voor pollenonderzoek (de tijd die nodig is voor prepareren en tellen en voor de rapportage) zijn veel hoger. Standaard zijn de volgende dateringen nodig:

- Datering voor de start van de opvulling van de pingoruïne, ongeacht de lithologie (gyttja of veen);
- Datering van elke verandering in lithologie, teneinde hiaten in kaart te brengen;
- Datering van het hoogste onverstoord deel van de kern.

Op basis hiervan kan (een deel van) een pollenkern ten behoeve van het onderzoek aan een specifieke onderzoeksvraag worden geselecteerd.

Fase 3. Pollenanalyse

De uitvoering van de pollenanalyse kan plaatsvinden volgens de protocollen die al jaren vastliggen. Belangrijk is bij het opstellen van het onderzoeksplan na te denken over het interval tussen de pollenmonsters – welke onderlinge afstand tussen de pollenmonsters past het best bij de onderzoeksvraag? Voor algemene vegetatie-ontwikkeling kan volstaan worden met grotere intervallen (bijvoorbeeld elke 10 cm); voor het monitoren van kleinere veranderingen in de vegetatie (zoals kleinschalige successie of veranderingen in (een deel van) de vegetatie door bijvoorbeeld ingrepen van de mens) zijn kleinere intervallen nodig. Te denken valt hierbij aan een interval van 1 cm. Daarbij kan getrapt gewerkt worden: eerst met groter interval en dan inzoomen op specifieke delen met een kleiner interval.

Bij de analyse van antropogene pollenindicatoren is het van belang onderscheid te maken tussen primaire indicatoren (pollen van gewassen) en secundaire indicatoren (pollen van wilde planten die in akkers groeien). Pollen van gewassen betreft doorgaans dat van granen (peulvruchten zijn insectenbestuivers waardoor depositie van pollen erg beperkt is). Bij granen is het van belang om zo specifiek mogelijk te determineren (dus liefst op geslacht: rogge-gerst-tarwe). Dit onderscheid is van belang omdat deze graansoorten verschillen in de dispersie van pollen waarbij zowel natuurlijke verspreiding als verspreiding tijdens gewasbewerking een rol speelt. Deze twee variabelen verschillen significant tussen granen. Rogge is een windbestuiver terwijl gerst en tarwe zelfbestuivers zijn. Dit heeft te maken met het verschil tussen bedekte granen en naakte granen en (2) met type gewasbewerking (dorsen en ontkaften) en (3) de locatie waar dat gebeurt (akker versus nederzetting) (Cappers & Neef 2021). Bij determinatie op geslachtsniveau kan er dus meer inzicht verworven worden over de nabijheid van akkers dan wel nederzettingen.

6. Conclusies

De archeologische relevantie van pingoruïnes

Pingoruïnes zijn een belangrijke landschapseenheid voor de conservering van pollen uit het Laat Glaciaal en het Holoceen. Pollenonderzoek kan gebruikt worden voor inzichten in de vegetatieontwikkeling voor deze hele periode en levert daarmee belangrijke inzichten op over de invloed van de mens op het landschap. Een kleine omvang van pingoruïnes betekent dat deze locaties vooral erg geschikt zijn voor het onderzoeken van de vegetatie en de vegetatieontwikkeling op lokaal-regionale schaal. Op basis van de lange onderzoeksgeschiedenis van de vegetatieontwikkeling in Nederland zijn er bovendien veel pollendiagrammen beschikbaar die ons informeren over de supra-regionale ontwikkelingen. Hiervoor is geen structureel aanvullend onderzoek nodig.

De kleine ruimtelijke schaal waarover pingoruïnes ons kunnen informeren sluit goed aan bij veel archeologisch onderzoek, waarbij vaak een specifieke vindplaats dan wel een klein gebied centraal staan. Op basis van onderzoeksvragen die chronologisch aansluiten bij de vindplaats of het gebied is pollenonderzoek aan sedimenten afkomstig uit een pingoruïne dus heel geschikt om zowel de natuurlijke vegetatie te reconstrueren, als de invloed van de mens op die vegetatie.

Hoe lokaal is regionaal?

Het uitgevoerde project is bijzonder vanwege de geringe afstand tussen de onderzoekslocaties. Zes van de zeven locaties liggen binnen een afstand van 5 km van elkaar. Wij concluderen dat zelfs binnen deze straal de pingoruïnes een uniek verhaal vertellen. Dat betekent dat het pollensignaal een zeer lokaal karakter heeft. Het is op basis van dit onderzoek niet mogelijk vast te stellen of pingoruïnes met een nog kleinere onderlinge afstand, bijvoorbeeld enkele honderden meters, wel een identiek beeld van de vegetatie en de vegetatieontwikkeling opleveren.

Is het mogelijk een selectie van pingoruïnes te maken en toch alle variatie te beschermen?

Gezien het grote aantal pingoruïnes in de provincie Fryslân is het logisch na te denken over een strategie waarbij een deel van de pingoruïnes wordt beschermd, met de ambitie daarmee wel de variatie in vegetatieontwikkeling en menselijk handelen veilig te stellen. Dit onderzoek heeft niet kunnen aantonen dat deze selectie mogelijk is.

Verder onderzoek?

Dit pollenonderzoek heeft zich gericht op het vaststellen van de mate van overeenkomst van de verschillende pingoruïnes, waarbij de aandacht specifiek uitging naar het eerste signaal van ontbossing. Deze vraag is duidelijk beantwoord: deze signalen zijn niet synchroon, maar vinden in elke pingoruïne op een ander moment plaats. Daarmee is dit onderzoek afgerond.

Bij toekomstig onderzoek op nieuwe locaties kan ervoor gekozen worden dit onderzoek te detailleren door met kleinere intervallen en meer C14-dateringen de chronologische resolutie te verkleinen. Ook zou deze vraag verder onderzocht kunnen worden door in andere regio's hetzelfde onderzoek uit te voeren. Wij pleiten vooral voor pollenonderzoek aan pingoruïnes die zich in de hogere delen van het landschap bevinden. Mogelijk zijn op die locaties duidelijkere signalen van menselijk ingrijpen in de vegetatie zichtbaar.

References

- Cappers, R.T.J. & R. Neef (2006), *Handbook of plant palaeoecology*. Groningen Archaeological Studies no. 19. Groningen, Barkhuis.
- Cappers, R.T.J. & R. Neef (2021; 2nd edition), *Handbook of plant palaeoecology*. Groningen Archaeological Studies no. 19. Groningen, Barkhuis.
- Harris, S.A., H.M. French, J.A. Heginbottom, G.H. Johnston, B.Ladanyi, D.C. Sego, R.O. van Everdingen (1988), *Glossary of permafrost and related ground-ice terms*. Associate Committee on Geotechnical Research, National Research Council of Canada, Ottawa).
- Hicks, S. (2001), *The use of annual arboreal pollen deposition values for delimiting tree-lines in the landscape and exploring models of pollen dispersal*. Review of Palaeobotany and Palynology 117, 1-29.
- Hicks, S., H. Tinsley, A. Huusko, C. Jensen, M. Hätterstrand, A. Gerasimides & E. Kvavadze (2001), *Some comments on spatial variation in arboreal pollen deposition: First records from the Pollen Monitoring Program (PMP)*. Review of Palaeobotany and Palynology 117, 183-194.
- Peeters, J.H.M., Raemaekers, D.C.M., Devriendt, I.I.J A.L.M., Hoebe, P.W., Niekus, M.J.L.Th., Nobles, G.R. & Schepers, M. (2017), *Paradise lost? Insights into the early prehistory of the Netherlands from development-led archaeology*. Amersfoort: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (Nederlandse Archeologische Rapporten 62).
- Verbers, A., B. Dijkstra & U. Vegter (2018), *Pingoruïnes. Bijzondere landschapselementen vragen om bijzondere aandacht*. Het Nederlands Landschap. Tijdschrift voor landschapsgeschiedenis 36, 58-63.
- Woolderink, H.A.G., W.Z. Hoek, C. Kasse (2014), *Late Weichselian permafrost distribution and degradation, A pingo based reconstruction for the Netherlands*. Master thesis, Utrecht University, Faculty of Geosciences, Department of Physical Geography.