

Lena Walschap

Den Wijngaert Soo Bevrozen

Methodische bedenkingen bij de beoefening van klimaatgeschiedenis aan de hand van de Leuvense wijnteelt tijdens de kleine ijstijd¹



De druiven worden geplet in oktober, na de oogst. Bron: Walters Art Museum, inv.nr. W425, 10R.

Zorgde een toename aan hagelstormen voor meer heksenverbrandingen en belemmerde regen de efficiëntie van het Mongoolse leger?² Klimaatverandering houdt niet enkel vandaag de samenleving in haar greep. Klimaatgeschiedenis tracht daarom de rol van het klimaat in het verleden te doorgronden. In het licht van de hedendaagse klimaatcrisis heeft dit veld de laatste decennia aan belang gewonnen. Mede door de uitwisseling met de exact-wetenschappelijke tegenhanger, de paleoklimatologie, ziet het er niet naar uit dat hier binnenkort een einde aan komt. De voortdurende ontwikkelingen bevorderen de discussies in het veld, maar er is over de jaren een onevenwichtigheid ontstaan in de soorten onderzoek die het meeste aandacht krijgen. Het probleem is dat slechts een beperkt en eenzijdig aspect van de invloed van het klimaat in de geschiedenis belicht wordt. Aan de hand van het voorbeeld van de neergang van de Leuvense wijnteelt vanaf de late zestiende eeuw verkent dit artikel de beperkingen van een veelgebruikte methode. Deze bestaat uit het correleren van klimaatreconstructies met historische datasets. Vervolgens biedt deze gevalstudie ook enkele voorbeelden van alternatieve methodes die een completer beeld van klimaatverandering kunnen blootleggen.

In de late negentiende eeuw begonnen wetenschappers met het reconstrueren van het klimaat in het verleden.³ In 1967 opende Emmanuel Le Roy Ladurie het onderzoeksveld voor historici met zijn werk *Histoire du climat depuis l'an mil*. Hierin biedt hij een methodologisch kader voor de studie van het klimaat op basis van gegevens uit boomringreeksen, het groeien en slinken van gletsjers en de oogstdata van de wijnbouw.⁴ Sindsdien hebben veel historici reconstructies gemaakt, waarbij zij een breder spectrum aan bronnen kunnen toevoegen aan de data van natuurwetenschappers.⁵ Oorspronkelijk bleef de historische klimatologie beperkt tot het maken van dergelijke reconstructies, vanuit het idee dat de weersgesteldheid het verloop van de geschiedenis niet significant beïnvloed kon hebben. Zelfs volgens grondlegger Le Roy Ladurie zou een verandering van één graad Celsius geen relevant effect op de samenleving gehad hebben. Later gaf hij toe dat zijn uitspraak was ingegeven door de angst om als determinist afgeschreven te worden.⁶ Paleoklimatologische studies veronderstelden in het verleden juist vaak een sterk effect van de weersgesteldheid op historische samenlevingen op basis van ruwe correlaties en een gebrekkige historische

¹ Gebaseerd op de master thesis getiteld *Den wijngaert soo bevrozen. De invloed van de kleine ijstijds op de Leuvense wijnbouw tussen 1400 en 1600* (KU Leuven 2019), waarmee de schrijfster in 2020 de scriptieprijs Brabantse geschiedenis van Erfgoed Brabant, de Historische Vereniging Brabant en het *Noordbrabants Historisch Jaarboek* won.

² Behringer, 'Climatic Change and Witch-Hunting'; Büntgen, en Di Cosmo, 'Climatic and environmental aspects of the Mongol withdrawal'.

³ Pfister, White en Mauelshagen, 'general introduction', 6.

⁴ Le Roy Ladurie, *Histoire du climat depuis l'an mil*.

⁵ Voor een overzicht van verschillende van deze reconstructies zie: White, Pfister en Mauelshagen red., *The Palgrave Handbook of Climate History*.

⁶ Pfister, White en Mauelshagen, 'General introduction', 6-7.

kritiek.⁷ Historici wezen deze resultaten stellig af en stonden aanvankelijk sceptisch ten opzichte van de invloed van klimaatsveranderingen op de samenleving.⁸

Pas vanaf de jaren tachtig groeide, onder druk van de steeds sneller opwarmende aarde, ook onder historici interesse voor de invloed van het klimaat. Onder anderen Tom Wigley en Jan de Vries gaven hiervoor het theoretisch kader aan.⁹ In eerste instantie bleven de studies beperkt tot de concrete, rechtstreekse invloed van het klimaat, bijvoorbeeld op de landbouw. Door de jaren heen kwamen steeds meer vormen van invloed aan het licht, van economische en demografische tendensen tot geweld en pandemieën.¹⁰ In de jaren negentig won ook onderzoek naar de gevolgen voor cultuur en mentaliteit aan belang, met als gevolg een vernieuwde aandacht voor de reactie van tijdgenoten en de strategieën die ze hanteerden om met klimaatsverandering om te gaan.¹¹ De impact van het klimaat is dus een veelzijdig fenomeen: het laat voortdurend zijn sporen na in samenspel met de samenleving.¹² Dergelijk onderzoek staat daarom bekend als *climate-society interaction* onderzoek. Krämer ontwikkelde een model waarin hij verschillende niveaus definieert waarop klimaat en samenleving interacteerden, geordend op de grootte van het verband en hoe rechtstreeks de invloed was.¹³ In een recent artikel stellen Ljungqvist e.a. een nieuwe versie van dit model voor om de interactie met de samenleving op elk niveau nog sterker te benadrukken.¹⁴ Recent opperden Degroot e.a. de term *history of climate and society* om het onderzoek naar het klimaat en zijn effecten op de samenleving te benoemen, met ruimte voor de verschillende disciplines die zich over dergelijke vragen buigen.¹⁵

Parallel ontwikkelde zich het veld van de *Disaster Studies*, dat focust op plotse en extreme fenomenen, vaak gekoppeld aan de weersomstandigheden.¹⁶ Het gaat daarbij bijvoorbeeld over extreme droogte, orkanen, of overstromingen, al dan niet gelinkt aan stormen of overvloedige regenval.¹⁷ Aan de hand van theorieën overgewaaid uit de sociale wetenschappen opperen historici die met de studie van (natuur)rampen bezig zijn interessante methodes en conclusies omtrent de interactie tussen weer en samenleving. Daarin benadrukken ze voornamelijk het belang van de context waarbinnen rampen plaatsvinden, afhankelijk van de maatschappij, de omgeving, instituties en sociale relaties.¹⁸ Niet klimatologische, maar maatschappelijke factoren bepalen of en wanneer extreem weer ook een ramp wordt. Deze tak speelt weliswaar geen grote rol in het debat omtrent de effecten van klimaatverandering op lange termijn.

Ons inzicht in de relatie tussen klimaat en samenleving groeit voortdurend door de vele studies op het kruispunt van verschillende disciplines. Toch spelen er in dit levendig onderzoeksveld problemen: de aandacht is ongelijk verdeeld tussen bepaalde onderwerpen en methoden. Studies die op een grote geografische en tijdschaal een eenduidig verband laten zien, krijgen meer aandacht dan kleinschalige en genuanceerde tegenhangers. Pakkende koppen als 'Klimaatverandering verandert mens in heethoofd: meer geweld door opwarmende aarde' wekken snel belangstelling.¹⁹ Toch zijn de achterliggende studies vaak niet gebaseerd op nauwkeurige en geschikte methoden om de zogenoemde *climate-society interaction* in het verleden te begrijpen. Een veelgebruikte methode om de invloed van het klimaat te achterhalen is het zoeken naar een statistisch verband tussen kwantitatieve historische datasets en temperatuurreconstructies over de lange termijn. Eerdere studies hebben al methodologische risico's blootgelegd in de methode die bestaat uit het correleren van klimaatreconstructies met gekwantificeerde historische datasets.²⁰ Wat zij echter niet benoemen, is dat zelfs indien het onderzoek volledig nauwkeurig gebeurt, de bronnen de kwantificatie van historische processen toestaan en de overeenstemming tussen de onder-

zochte klimaatfenomenen en historische processen klopt, deze methode alsnog slechts een beperkt en eenzijdig aspect van de invloed van klimaat op lange termijn kan blootleggen.

Van Bavel e.a. identificeren drie categorieën van problemen in studies die gebruik maken van lange historische datasets om de gevolgen van klimaatsverandering te identificeren. In eerste instantie zijn er problemen met de inhoud van deze datasets. De ruimtelijke en temporele spreiding van de gegevens wordt vaak meer bepaald door de aard van de historische bronnen dan dat ze een reflectie is van de werkelijke situatie. Hier houden veel studies echter geen rekening mee bij het gebruik van de gegevens. Daarnaast zijn de gekozen variabelen in de historische reeksen vaak niet voldoende representatief. Een tweede probleem betreft het gebruik van de reeksen. Historische gegevens worden uniform behandeld en ongewogen aan klimaatdata gekoppeld zonder rekening te houden met de ruimtelijke en temporele context. Dezelfde weertypes hebben niet overal dezelfde gevolgen en klimaatverandering op lange termijn kan niet zomaar plotse en korte gebeurtenissen in de geschiedenis verklaren. Tot slot brengt ook de interpretatie moeilijkheden met zich mee. Vaak wordt bij correlatie snel een oorzakelijk verband verondersteld, zonder de nodige onderbouwing. Bovendien ontbreekt kennis van de recente historiografie, met als gevolg dat alternatieve verklaringen voor de onderzochte fenomenen gebagatelliseerd worden ten gunste van klimatologische verklaringen. Ook het artikel van Hsiang, Burke en Miguel, waarop bovenstaande kop gebaseerd is, ontsnapte ondanks de publicatie in een belangrijk wetenschappelijk tijdschrift niet aan deze onnauwkeurigheden.²¹

Het risico op problemen met de inhoud, het gebruik en de interpretatie van historische datasets heeft tot gevolg dat in het verleden geregeld foutieve of ongefundeerde conclusies gepubliceerd zijn. De ongebalanceerde aandacht hiervoor is dus problematisch, maar de risico's op methodologische fouten zijn niet onoverkomelijk. Van Bavel e.a. geven drie oplossingen aan: een verbeterde multidisciplinaire dataverzameling en opbouw van reeksen; specifiek en transparant zijn over de onzekerheden van de datasets; en de oorzakelijke verbanden tussen klimaat en samenleving expliciteren.²² Onder deze voorwaarden kan het gebruik van correlaties en datasets over de lange termijn ons meer leren over de gevolgen van klimaatverandering. Toch is het niet voldoende om aan klimaatgeschiedenis te doen door klimaatreeksen aan historische datasets te correleren. Op basis van dergelijk onderzoek kan de interactie van het klimaat met de maatschappij in het verleden niet volledig doorgrond worden, zelfs niet indien nauwkeurig met de datareeksen wordt omgesprongen.

7 Enkele bekende voorbeelden: Huntington, *Civilization and Climate*; Chappell, 'Climatic Change Reconsidered', 347-373.

8 Wigley, Huckstep en Ogilvie, 'Historical Climate Impact Assessments', 558.

9 De Vries, 'Measuring the Impact of Climate on History', 599-630; De Vries, 'Analysis of Historical Climate-Society Interaction', 273-292; Wigley, Ingram en Farmer red., *Climate and history*.

10 Voor een gedetailleerd recent literatuuroverzicht, zie: Ljungqvist, Seim en Huhtamaa. 'Climate and Society in European History'.

11 Brazdil, 'Historical Climatology in Europe', 370.

12 Devroey, *La Nature et le roi*.

13 Pfister en Krämer, 'The relaunch of Historical Climate Impact Research'.

14 Ljungqvist, Seim en Huhtamaa. 'Climate and Society in European History'.

15 Degroot e.a., 'Towards a Rigorous Understanding of Societal Responses to Climate Change'.

16 Voor een recent overzicht, zie: Van Bavel e.a., *Disasters and History*.

17 Enkele voorbeelden: Hannaford, 'Long-Term Drivers of Vulnerability and Resilience to Drought in the Zambezi-Save Area of Southern Africa'; Soens, 'Resilient Societies, Vulnerable People'; Rohland, *Changes in the Air*.

18 Blaikie, e.a., *At Risk*; Van Bavel e.a., *Disasters and History*, 1-10.

19 Kraaijvanger, 'Klimaatverandering verandert mens in heethoofd'.

20 Van Bavel e.a., 'Climate and Society in Long-Term Perspective'; Selby, 'Positivist Climate Conflict Research: A Critique'; Contreras, 'Correlation is Not Enough'.

21 Van Bavel e.a. 'Climate and Society in Long-Term Perspective'; Hsiang, Burke en Miguel, 'Quantifying the Influence of Climate on Human Conflict'.

22 Van Bavel e.a., 'Climate and Society in Long-Term Perspective', 11-13.

De oplossingen die Van Bavel e.a. aanreiken kunnen niet verhinderen dat in het kwantificatieproces van historische evoluties veel informatie verloren gaat; ze benadrukken enkel het belang om hierover transparant te zijn. Onderbelicht blijven de sociaaleconomische, politieke en culturele context, en de alternatieve verklarende factoren van historische evoluties. Deze zijn per definitie zeer lokaal en niet eenvoudig te veralgemeniseren, zeker niet voor de lange periodes en grote gebieden waarover dergelijk kwantitatief onderzoek meestal handelt. Zelfs indien er uitstekende bronnen voorhanden zijn en het onderzoek nauwkeurig wordt uitgevoerd, kan de invloed van het klimaat op de samenleving niet worden losgekoppeld van de lokale omstandigheden.²³ Het veld van de *disaster studies* benadrukt al jaren dat weer- en natuurfenomenen enkel rampen worden afhankelijk van het vermogen of onvermogen van de samenleving om er mee om te gaan.²⁴ Hoewel dit voor het proces van klimaatverandering in het algemeen evenzeer het geval is, blijft onderzoek hiernaar op zoek gaan naar een veralgemeenbare invloed van het klimaat. De wisselwerking tussen klimaat en samenleving staat centraal in *climate-society interaction* onderzoek. Desondanks blijft de aanname dat het klimaat een eigenstandige factor is in het onderzoek hardnekkig. Dit heeft niet enkel gevolgen voor de kwaliteit van het onderzoek, maar ook voor de toepassing van de conclusies op de huidige klimaatsopwarming.

Naast het nuance- en contextverlies speelt een nog groter probleem: studies die gebruik maken van klimaatreconstructiereeksen om statistische vergelijkingen te maken met kwantitatieve historische data, focussen vaak niet op de verschijnselen van klimaatsverandering die het meeste effect hadden. De klimaatgeschiedenis richt zich te zeer op de voortdurende vernieuwingen van reconstructies van de veranderingen in gemiddelde zomertemperatuur. Deze evolutie in de zomertemperaturen wordt geregeld als enige of belangrijkste vorm van klimaatverandering behandeld, soms zelfs voor aspecten van de samenleving die er geen of nauwelijks invloed van ondervonden. Zelfs wanneer de zomertemperatuur van belang was, is de verschuiving in gemiddeldes niet doorslaggevend: verhoogde variabiliteit en een toename aan extremen zetten de samenleving veel meer onder druk. Hetzelfde geldt voor korte maar hevige weersfenomenen zoals stormen en hagelbuien.²⁵

Wanneer de methoden van grootschalig kwantitatief onderzoek worden toegepast op een kleinschalige gevalstudie, worden de beperkingen ervan duidelijk. In het onderzoek naar de neergang van de Leuvense wijnbouw in de late zestiende eeuw maakte ik gebruik van verschillende methodologieën, waaruit de noodzaak van een combinatie hiervan bleek. Enkel dan kunnen de vele aspecten van klimaateffecten en vooral de samenhang hiervan met de sociaaleconomische en culturele context doorgrond worden.²⁶ Dit artikel beperkt zich niet tot theoretische kritiek, maar illustreert de beperkingen van het eenzijdig gebruik van veralgemeniserend kwantitatief onderzoek concreet aan de hand van het voorbeeld van de neergang van de Leuvense wijnbouw in de late zestiende eeuw. Dit is een unieke gevalstudie, die de meerwaarde van alternatieve methoden blootlegt, met name door het gebruik van datasets enerzijds en de herwaardering van historische klimaatomschrijvingen anderzijds.

Wijnbouw in Leuven

Vandaag staat Leuven vooral als bierstad bekend en als zetel van de brouwerij van Stella Artois. In het verleden was dit anders. Het zuiden van het hertogdom Brabant was, hoewel vandaag vaak vergeten, tussen de twaalfde en zestiende eeuw een prominente wijnstreek.

In de late middeleeuwen kon Leuven gelden als het toonbeeld hiervan: wijngaarden bedekten de meeste heuvels in de stad en haar omgeving.²⁷ Het aantal en de omvang van de wijngaarden wijzen erop dat een aanzienlijk deel van de bevolking betrokken was bij de Leuvense wijnproductie. Het was dan ook een arbeidsintensieve teelt, zeker in een klimaat dat er niet ideaal voor was. De stokken hadden het hele jaar zorg nodig; ze moesten beschut en gesnoeid worden om de druivenoogst mogelijk te maken. De benodigde mest en het hout voor deze beschuttingsdruiven de productieprijs de hoogte in. Desondanks was de kwaliteit minder dan die van wijn uit klimatologisch gunstiger gebieden. De arbeids- en kapitaalintensiviteit van de Leuvense wijnbouw maakte dan ook dat de teelt sterk beïnvloed kon worden door externe factoren.²⁸



Wijngaardwerkers aan het werk. Bron: Walters Art Museum, Baltimore MD, inv.nr. W425, 3R.

23 Walschap, 'In Vino Veritas'.

24 Blaikie e.a., *At Risk*; Van Bavel e.a., *Disasters and History*, 1-10.

25 Pfister, 'Weeping in the snow', 31-86.

26 Walschap, 'In Vino Veritas'.

27 Van Werveke, 'Comment les établissements religieux belges', 643-644; Jaspers, *De Leuvense Wijnaccijns*, 21-22.

28 Van Uytven, *Stadsfinanciën en stadseconomie te Leuven*, 298-305.

Aan het einde van de zestiende eeuw verdwenen de meeste wijnranken van de Leuvense heuvels. Hoewel enkele wijngaarden bleven bestaan tot in de achttiende eeuw, vormde de druiventelst slechts een schim van wat deze geweest was. Onderzoekers hebben zowel het ongunstige klimaat ten tijde van de kleine ijstijd als de verslechterende sociaaleconomische omstandigheden als verklaring geopperd voor het verdwijnen van de wijnindustrie in verschillende regio's in Europa.²⁹ De realiteit bevindt zich ergens in het midden: beide verklaringfactoren kunnen niet los van elkaar gezien worden. Het was juist de wederzijdse versterking die de wijnbouw ten onder deed gaan. Klimaatverandering maakte de teelt nooit onmogelijk, maar wel meer risicovol. Toen economische moeilijkheden aan het einde van de zestiende eeuw de kans op winst beperkten, waren tijdgenoten niet langer bereid deze risico's te nemen. De druk op de Leuvense wijnteelt ontstond dus door een samenloop van lage oogsten vanwege klimaatverandering en lage winsten vanwege de slechte economische omstandigheden.³⁰ Hieruit blijkt al dat de kunstmatige afzondering van klimaatfactoren, zoals dat gebeurt in veel onderzoek gebaseerd op langetermijnklimaatreconstructies, niet het hele antwoord kan geven.

De casus van de Leuvense wijnbouw met zijn relatief beperkte schaal en grote beschikbaarheid van gegevens leent zich uitstekend voor het blootleggen van de voor- en nadelen van verschillende benaderingen en methodes in de klimaatgeschiedenis. Hierna gaan we eerst nader in op de beperkingen van de toepassing van correlaties die temperatuurreconstructies over een lange periode verbinden met kwantitatieve historische datareeksen. De problematiek van het wegfilteren van de sociaaleconomische context om tot een kwantificering van historische fenomenen te komen, komt daarbij als eerste aan bod. Vervolgens wordt het gevaar van een eenzijdige blik op de gemiddelde zomertemperaturen als maatstaf voor klimaatverandering besproken. In het tweede deel stelt dit artikel verschillende alternatieve benaderingen voor die deze problemen kunnen verhelpen. Een creatief gebruik van de klimaatreeksen kan daar meerwaarde bieden. Nog belangrijker is de herwaardering van lokale kwalitatieve klimaatomschrijvingen, zowel algemene omschrijvingen als rechtstreekse meldingen hoe het weer en het klimaat impact hadden op tijdgenoten.

Historische datareeksen en gemiddelde zomertemperaturen: valkuilen geïllustreerd aan de hand van de Leuvense wijnbouw

Het verband tussen wijnbouw en de zomertemperatuur werd al in het prille begin van de klimaatgeschiedenis opgemerkt: Le Roy Ladurie publiceerde in zijn *Histoire du climat depuis l'an mil* een reeks oogstdata van de wijnbouw in Bourgondië, zodat hiermee een reconstructie van het klimaat gemaakt zou kunnen worden.³¹ Wijn is sindsdien meermaals gebruikt als *proxy*, dat wil zeggen een indirecte variabele die gebruikt kan worden om niet direct meetbare verschijnselen uit het verleden te reconstrueren.³² Hoewel er soms kritiek volgde op het gebruik van wijngegevens om systematische reconstructies te maken, hadden veranderende temperaturen in ieder geval gevolgen voor de productie.³³ Ook Pfister en Landsteiner constateerden dit in hun onderzoek naar de invloed van het klimaat op de wijnopbrengst in verschillende regio's in Centraal-Europa.³⁴ De evolutie van de omvang van de wijnbouw lijkt op het eerste gezicht relatief eenvoudig te kwantificeren, bijvoorbeeld door te kijken naar de ontwikkeling van de jaarlijkse opbrengst. Het correleren van een dergelijke cijferreeks aan klimaatveranderingen lijkt dus een zinnige methode om het effect van klimaatverandering op de wijnbouw in de vijftiende en zestiende eeuw te tonen. Toch

zal uit het voorbeeld van de Leuvense wijnbouw blijken dat ze niet voldoende kan zijn om de werkelijke effecten van klimaatverandering te doorgronden.

Om een statistisch verband te onderzoeken tussen klimaat en samenleving zijn twee componenten nodig: enerzijds een kwantitatieve klimaatreconstructiereeks, anderzijds een historische datareeks. Voor deze eerste component werden voor Leuven in de vijftiende en zestiende eeuw twee temperatuurreeksen geselecteerd die op verschillende manieren opgesteld werden. Een dergelijke reconstructie kan het werkelijke klimaat nooit helemaal benaderen en elke methode heeft zijn voor- en nadelen. Het is dus noodzakelijk om de selectie van de reeksen hierop af te stemmen. Door een combinatie van verschillende reconstructiemethoden kan het werkelijke klimaat het dichtste benaderd worden.³⁵

Reconstructies kunnen gebaseerd zijn op informatie uit de natuur of uit historische bronnen. Daarnaast kunnen deze gegevens rechtstreeks of als *proxy* naar voren komen. Aspecten van het weer als temperatuur, neerslag en het aantal uren zon hebben een sterke invloed op de natuurlijke processen op aarde. Vaak kunnen uit de zichtbare aspecten van deze processen conclusies getrokken worden over het klimaat dat ze gevormd heeft. Deze gelden dan als *proxies*, die onrechtstreeks inzicht geven in de weersgesteldheid in het verleden.³⁶ De meest gebruikte *proxy* betreft groeiringen van bomen. Zowel de afstand tussen deze jaarringen als de dichtheid van het hout kan informatie geven over de temperatuur in het groeiseizoen.³⁷ De omzetting van deze natuurlijke *proxies* naar accurate temperatuurreconstructies spreekt niet vanzelf, omdat niet altijd eenduidig vastgesteld kan worden welke weertypes de resultaten in de *proxies* veroorzaakt hebben. Zo hebben bepaalde weertypes slechts met vertraging effect, is niet altijd duidelijk hoe bijvoorbeeld neerslag en temperatuur zich tot elkaar verhouden, en is het onderscheid tussen de seizoenen vaak moeilijk vast te stellen. Bovendien komen extremen vaak minder tot hun recht en komen deze uitschieters onderling vaak niet overeen.³⁸ Deze studie naar het verdwijnen van de Leuvense wijnbouw maakte gebruik van de reconstructie van Luterbacher e.a. Deze is gebaseerd op dendroklimatologie en reconstrueert voor ieder jaar tussen 138 voor Christus en 2003 de afwijking van de Europese zomertemperatuur (juni-augustus) ten opzichte van de referentieperiode 1951-2000.³⁹

Niet enkel uit de natuur kan informatie over het klimaat in het verleden afgeleid worden, ook historische documenten zijn daarvoor waardevol. Dit kan opnieuw onrechtstreeks, in de vorm van *proxies*, maar historische bronnen hebben het voordeel rechtstreekse informatie te geven over het weer in het verleden. Het kan daarbij gaan om zowel verhalende bronnen (zoals weerdagboeken, journalen, brieven, annalen en kronieken) als administratieve bronnen (zoals landbouwrekeningen of opbrengsten van riviertollen).⁴⁰ Op

29 Landsteiner, 'The crisis of wine production'; Pfister, 'Die Fluktuationen der Weinmosterträge'; Van Uytven, *Stadsfinanciën en stads-economie te Leuven*, 298-305; Clauzel, 'Le vin et la bière à Lille', 149-167; Jaspers, *De Leuvense Wijncijns*, 95-105.

30 Walschap, 'In Vino Veritas'.

31 Le Roy Ladurie, *Histoire du climat depuis l'an mil*.

32 Zoals in Chuine e.a., 'Historical Phenology'.

33 García de Cortázar-Atauri e.a., 'Climate Reconstructions from Grape Harvest Dates', 599-608; Keenan, 'Grape Harvest Dates Are Poor Indicators of Summer Warmth', 255-256.

34 Pfister, 'Die Fluktuationen der Weinmosterträge'; Landsteiner, 'The crisis of wine production'.

35 Brönnimann, Pfister en White, 'Archives of Nature and Archives of Societies', 35.

36 Brönnimann, Pfister en White, 'Archives of Nature and Archives of Societies', 28-29.

37 Schneider e.a., 'Revising Midlatitude Summer Temperatures', 4556-4562; Ludescher e.a. 'Setting the Tree-Ring Record Straight', 3017-3024.

38 Pfister, C. e.a., 'Tree-Rings and People', 191-198.

39 Luterbacher e.a., 'European Summer Temperatures since Roman Times'.

40 Brazdil, 'Historical Climatology in Europe', 370-374.

basis van dergelijke bronnen wordt een indexering opgesteld om een systematische reeks te bekomen. De omschrijvingen voor ieder jaar worden daarbij in vaste categorieën ingedeeld. De reconstructie van Buisman, die als tweede reeks in de studie naar de Leuvense wijnbouw gebruikt werd, is gebaseerd op een uitgebreide collectie historische documenten, waaruit hij de klimaatgegevens per jaar samenbracht. Dit werk bevat een negenschalige indexering gebaseerd op het model van IJnsen.⁴¹ Een moeilijkheid bij de indexering van klimaatomschrijvingen is de paradox van de schaal: hoe meer categorieën het model bevat, hoe nauwkeuriger de reconstructie maar ook hoe groter het risico op een arbitraire indeling is.⁴² Waar reconstructies op basis van natuurlijke informatie uitblinken in hun systematische onderlinge meetbaarheid en hun continuïteit over langere tijd en verschillende plaatsen, zijn klimaatomschrijvingen op basis van historische documenten chronologisch en geografisch sterk versnipperd. Bovendien verschillen ze in stijl, genre en auteurs. In tegenstelling tot natuurlijke reconstructies zijn het vooral de meer extreme jaren die naar voren treden. Nauwkeurige historische kritiek en een accurate datering zijn dus uitermate belangrijk.⁴³ Buisman vergeleek daarom zijn indexreeksen met enkele oudere reeksen voor deze periodes om fouten te corrigeren. De initiële indeling werd ten slotte opnieuw verwerkt om overeen te komen met een normaalverdeling.⁴⁴

a. Kwantificatie en het verlies aan nuance

Gezien het grote aantal temperatuurreconstructies die voorhanden zijn, is de selectie ervan eenvoudig, mits met de nodige aandacht verricht. Moeilijker is de tweede component, de opbouw van een lange systematische reeks van historische data om de evolutie van de temperaturen mee te vergelijken. De wijninkomsten zoals die genoteerd staan in de rekeningen van de Tafel van de Grote Heilige Geest van de Sint-Pietersparochie in Leuven vormen een waardevolle *proxy* voor de omvang van de wijnproductie tussen 1400 en 1600. De Heilige-Geesttafel bezat verschillende wijngaarden verspreid over de stad, enerzijds voor de bedeling aan de armen op bepaalde feestdagen, anderzijds als bron van inkomen voor de werking van de instelling. Naast de bedeling voor armen bracht deze charitatieve instelling de wijn eveneens op de markt.⁴⁵ In de vroege vijftiende eeuw bedroeg de omvang van de wijngaarden naar schatting 32 are en 60 m²; tegen de eerste helft van de zestiende eeuw was dit areaal verdrievoudigd.⁴⁶ Een deel van deze wijngaarden werd rechtstreeks beheerd, een ander deel werd verpacht in ruil voor een overwegend vaste hoeveelheid wijn in natura. De wijngaarden lagen verspreid over verschillende heuvels in de stad, waardoor ze een interessante steekproef vormen van de totale wijnproductie. De heuvels bestonden steeds uit hetzelfde type ijzerzandsteen en er is geen aanwijzing voor variatie of verandering in de teeltprocessen, hoewel kleine afwijkingen niet uitgesloten kunnen worden. Ook het boekhoudkundig systeem van de rekeningen veranderde niet over de jaren. De reeks leent zich dus uitstekend om te komen tot kwantificering van de wijnproductie, na enkele bewerkingen om de dateringen en inhoudsmaten uniform te maken. De datering dient steeds overeen te komen met het jaar waarin de wijn geproduceerd was en niet met het rekenjaar waarin ze genoteerd was. Wanneer de oogst buiten het rekenjaar viel, diende de datering dus aangepast te worden. Daarnaast moest de veelheid aan inhoudsmaten omgerekend worden tot één eenheid.⁴⁷

De reeks voldoet aan alle voorwaarden voor kwantificering en geeft dus relevante informatie over het belang van de wijnbouw in Leuven tussen 1400 en 1600.⁴⁸ Om de productiviteit per oppervlakte weer te geven, die het sterkst beïnvloed werd door de temperatuur,

dient ze verder bewerkt te worden. In dit proces gaat echter andere informatie verloren die eveneens van belang is om de redenen voor het verdwijnen van de wijnproductie te begrijpen. Een vergelijking met de temperatuurreconstructies van zowel Luterbacher e.a. als Buisman kan dit nader illustreren.

	Totale inkomsten	Inkomsten per pachter	inkomsten zelf-beheerde gronden	Inkomsten zelf-beheerde gronden met éénzelfde oppervlakte
Zomertemperatuur Luterbacher	,052	,233**	,339*	,622*
Zomertemperatuur Buisman	,197*	,178*	,365**	,649**

* Correlatie is significant tot op 0.05. (95% kans dat deze correlatie door een werkelijke overeenkomst veroorzaakt wordt)

** Correlatie is significant tot op 0.01. (99% kans dat deze correlatie door een werkelijke overeenkomst veroorzaakt wordt)

Bron: Buisman, duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen; Luterbacher, 'European Summer Temperatures since Roman Times'; RAL, COO, inv. nr. 1254-1296.

Figuur 1. Spearman Correlatiecoëfficiënten temperatuur- en wijninkomstreeksen

De eerste reeks (figuur 2) geeft de totale wijninkomsten weer zoals ze in de bronnen vermeld staan. Deze reeks vertoont enkele periodes van stabiliteit, doordat de wijngaarden voor een vaste prijs in natura verpacht werden. Indien de Heilige-Geesttafel de wijngaarden rechtstreeks beheerde, verschilden de inkomsten jaarlijks sterker. Ze waren bovendien in verhouding hoger, aangezien de bruto-inkomst genoteerd werd. De correlatie met de zomertemperaturen volgens Buisman is significant, maar heeft slechts een beperkte correlatiecoëfficiënt.⁴⁹ Met de zomertemperaturen volgens Luterbacher is er geen significante correlatie. Dit is niet verwonderlijk, omdat de evolutie van deze reeks sterk beïnvloed wordt door factoren die weinig of niet rechtstreeks van de klimaatomstandigheden afhingen. Beslissingen in verband met het beheer van de wijngaarden zijn in deze reeks mee gekwantificeerd, maar zijn ook afhankelijk van de sociaaleconomische context. Zo is er de keuze om meer of minder wijngaarden te bezitten, meer of minder te verpachten of juist meer wijngaarden onder eigen beheer te brengen. In studies waarin deze context onvoldoende betrokken wordt, bijvoorbeeld vanwege de grote temporele schaal of onnauwkeurige bronnenkritiek, vindt geen verdere bewerking van de reeks plaats en geldt dit vertekende beeld als conclusie van het onderzoek.

41 Buisman, *Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen I: tot 1300*, 142-177.

42 Brazdil e.a., 'Historical Climatology in Europe', 376.

43 Brazdil e.a., 'Historical Climatology in Europe', 373-375.

44 Een normaalverdeling is symmetrisch ten opzichte van het gemiddelde. Het gemiddelde, de mediaan en de modus van de verdeling zijn gelijk aan elkaar. De mediaan is het middelste getal in de waarnemingen als men de getallen op volgorde zet. De modus is de waarneming die het vaakst voorkomt. Buisman, *Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen I: tot 1300*, 142-177.

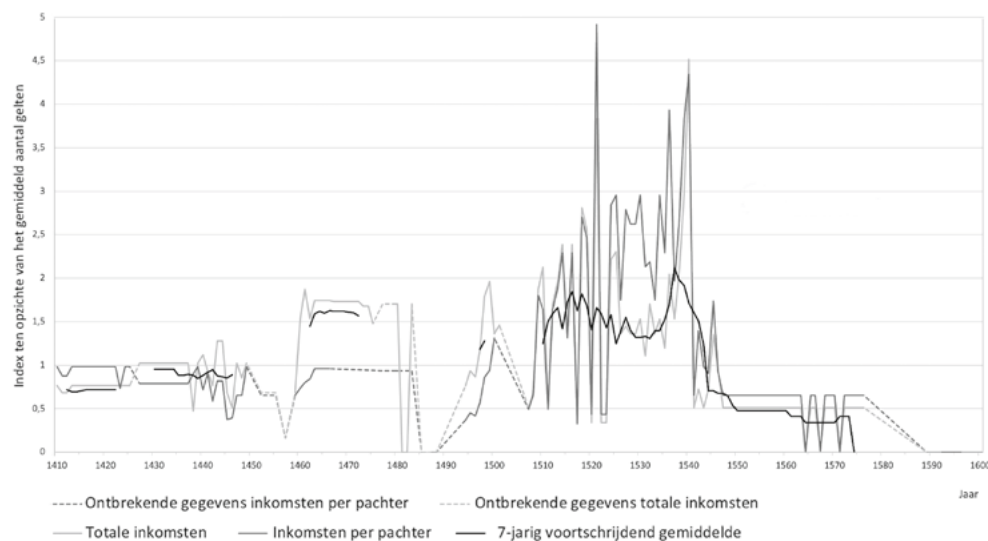
45 Voor meer informatie: Walschap, 'In Vino Veritas', 45-46; Blockmans en Prevenier, 'Armoede in de Nederlanden', 524-532.

46 Een accurate hedendaagse omrekening van een vierdeel ontbreekt. De bovenstaande schatting is gebaseerd op de aanname dat het om een vierde bunder gaat, gelijk aan een dagmaal. Zie: Van Uytven, *Stadsfinanciën en stadseconomie*, XVII.

47 Uit de rekeningen blijkt een omzetting van 1 ame = 4 vierdelen = 50 gelten = 100 potten. Dit is een verbetering van de omzettingen die Bourguignon en Van Uytven hanteerden. Zij baseerden zich op deze zelfde rekeningen, maar hun omzettingen kwamen onderling niet overeen en stroken beiden niet met de nieuwe bevindingen. Bourguignon, *Inventaire des archives de l'Assistance*, CXXXII-CXXXIII; Van Uytven, *Stadsfinanciën en stadseconomie*, XVII.

48 De Kraker en Fernandes, 'Investigating the correlation', 296.

49 Significant tot op $p < 0,05$ niveau.



Figuur 2. Jaarlijkse totale inkomsten en inkomsten per pachter (Bron: RAL, COO, inv. nr. 1254-1296)

Correlaties met de temperatuurreksen bieden slechts relevante informatie indien de reeksen verder verfijnd worden. In eerste instantie kan dit door de reeks weer te geven als het gemiddelde inkomen dat ieder jaar per pachter geïnd werd. Een significante correlatie met een coëfficiënt van 0,178 voor Buisman en 0,233 voor Luterbacher maakt duidelijk dat de zomertemperaturen deze reeks meer rechtstreeks beïnvloedden.⁵⁰ De sterkte ervan is echter nog steeds beperkt.

Pachters betaalden meestal een vaste hoeveelheid wijn per jaar. Deze pachtsom in natura werd echter aangepast aan de omstandigheden en in jaren met een slechte oogst betaalden velen de som niet of niet volledig, omdat de wijngaard hiervoor niet voldoende had opgebracht.⁵¹ Hoewel ook de pachtsommen dus door de kwaliteit van de oogst en bijgevolg de weersomstandigheden beïnvloed werden, gebeurde dit niet rechtstreeks. Het is dus nodig een derde wijnreeks op te stellen, waarin enkel de inkomsten van de wijngaarden opgenomen zijn die de Heilige-Geesttafel rechtstreeks beheerde. Daarbij werden de jaren waarin de oppervlakte hiervan met zekerheid gelijk bleef, eveneens apart genomen. Pas hier komen sterkere correlaties naar voren, met een coëfficiënt van 0,339 voor Luterbacher en 0,365 voor Buisman.⁵² De reeks waarin de oppervlakte van de wijngaarden met zekerheid gelijk bleef, correleert nog sterker, met significante coëfficiënten van meer dan 0,6.⁵³ De variatie in de zomertemperatuur blijkt dus alsnog overeen te komen met die in de wijnopbrengst. De correlaties op zich drukken geen causaliteit uit, maar samen met ander bewijs kan hieruit de invloed van de temperatuur op de groei van de wijnranken afgeleid worden.

Hoewel de laatste reeks dus als enige nauwkeurig genoeg is om met de klimaatgegevens gecorreleerd te worden, is de aanvullende informatie gering. De meest geschikte reeks voor statistische methodes is zodoende niet de meest geschikte reeks om de gevolgen van klimaatverandering te begrijpen. In eerste instantie is het aantal datapunten waarvoor de historische bronnen voldoende zekerheid geven beperkt: de uiteindelijke reeks bestaat uit slechts zes datapunten. Hoewel de kans op een foutpositieve correlatie klein is, beperkt dit de nauwkeurigheid van statistische bewerkingen en berekeningen.⁵⁴ Zelfs in het geval



Figuur 3. Inkomsten van de zelf-beheerde gronden (Bron: RAL, COO, inv. nr. 1254-1296)

van een kritisch opgestelde dataset is verfijning van de reeks tot op dit punt van nauwkeurigheid niet bijzonder zinnig. Dat de temperatuur de opbrengst per oppervlakte van de wijngaarden kan beïnvloeden is weinig verrassend. Interessanter is de manier waarop en sterkte waarmee zich dit in de samenleving uitte. Dit is nu juist afhankelijk van die sociaal-economische omstandigheden en keuzes van tijdgenoten die tijdens de kwantificatie van de reeks uit de gegevens verwijderd zijn. Door het hoge niveau van abstractie, zeker indien de reeks voor een grote geografische of temporele schaal informatie moet verschaffen, gaan relevante inzichten in de reacties en aanpassingsstrategieën van tijdgenoten verloren. Om het werkelijke effect van veranderingen in de zomertemperaturen op de maatschappij in het verleden te begrijpen kunnen klimatologische en sociaaleconomische factoren dus niet van elkaar losgekoppeld worden.⁵⁵ Dit verlies aan informatie is een eerste reden waarom ook nauwkeurig uitgevoerde correlaties tussen klimaatreconstructies en historische datasets maar een klein deel van het effect van het klimaat aan het licht kunnen brengen. Het probleem ligt echter niet enkel bij het opstellen of gebruik van de historische dataset. Ook de selectie van klimaatreeksen is niet zo evident als hij op het eerste gezicht lijkt.

b. Niet enkel gemiddelde zomertemperaturen

De paleoklimatologie is een veld dat bijzonder snel evolueert. Alleen al in het laatste jaar zijn er tientallen studies gepubliceerd die de temperatuur in het verleden over een lange termijn trachten te reconstrueren of eerdere reconstructies samenbrengen of verbeteren.⁵⁶ Gemiddelde zomertemperaturen zijn voor paleoklimatologen eenvoudiger te reconstrueren dan die in andere seizoenen.⁵⁷ Hierdoor komen dergelijke reconstructies vaker voor

50 Significant tot op $p > 0,01$ niveau en $p < 0,05$ niveau respectievelijk.

51 RAL, COO, inv.nr. 1259, rekeningen 1460-1466.

52 Significant tot op $p < 0,05$ niveau en $p > 0,01$ niveau respectievelijk.

53 Significant tot op $p < 0,05$ niveau.

54 Forstmeier, Wagenmakers en Parker, 'Detecting and Avoiding Likely False-Positive Findings, 1941-1968'.

55 Walschap, 'In Vino Veritas', 64-66.

56 Bothe en Zorita, 'Proxy Surrogate Reconstructions', 341-369; Bowen e.a., 'Joint Inversion of Proxy System Models', 65-78; Kaufman e.a., 'A Global Database of Holocene Paleotemperature Records'; Klippel e.a., 'Differing Pre-Industrial Cooling Trends', 729-742; Ljungqvist e.a., 'Ranking of Tree-Ring Based Hydroclimate Reconstructions'; St. George en Esper, 'Concord and Discord', 278-281.

57 Matthews en Briffa, 'The "Little Ice Age"', 24; Pfister, Camenisch, en Dobrovolný, 'Analysis and Interpretation', 115.

en wordt veel aandacht besteed aan het continu verfijnen ervan. De veelvuldige nieuwe publicaties hebben een grote aantrekkingskracht op onderzoekers die geïnteresseerd zijn in de interactie tussen klimaat en samenleving. Daarom wordt de gemiddelde zomertemperatuur regelmatig als enige factor van klimaatverandering gebruikt, zelfs in studies waar dit weertype helemaal niet relevant voor was.

Dit gebruik van de zomertemperatuur als enige factor brengt twee problemen met zich mee. Ten eerste is het de vraag of een verandering in de zomertemperatuur wel een relevant effect had. Wijnranken zijn voor een goede en omvangrijke oogst voornamelijk afhankelijk van een voldoende warme en zonnige zomer.⁵⁸ Voldoende zonlicht en warmte in de laatste maanden voor de oogst zorgen bovendien voor druiven met een zoetere smaak, wat de kwaliteit van de wijn opdrijft. In de winter is de gemiddelde temperatuur minder van belang: de wijnranken zijn beter bestand tegen een lage temperatuur. Enkel als het kwik meerdere dagen onder -20° C zakt, kan dit schade aanrichten. Het kan verscheidene jaren duren voordat deze schade hersteld is.⁵⁹ Weliswaar is niet enkel het gewastype van belang, de geografische omstandigheden zijn dat eveneens. De gemiddelde zomertemperatuur beïnvloedde de wijnbouw, maar dit was niet in ieder gebied even doorslaggevend. Leuven bevond zich op een klimatologisch grensgebied, waar wijnbouw net mogelijk was indien het klimaat zich gunstig toonde. Net als vele andere gebieden in Europa, zoals Engeland, de Zuidelijke Nederlanden, Zuid-Duitsland, Hongarije, Zwitserland en Oostenrijk, waren de wijngaarden aangeplant tijdens het meer gunstige, warmere klimaat van de volle middeleeuwen.⁶⁰ In deze grensgebieden kon een klein verschil in temperatuur ertoe leiden dat de productiviteit van de wijnteelt onder de ondergrens zakte. Eerder onderzoek wees al op de afkoeling tijdens de kleine ijstijd als oorzaak van het verdwijnen van de teelt in deze gebieden.⁶¹ In zuidelijker gelegen gebieden had een even grote afkoeling niet dezelfde gevolgen. In Dijon bijvoorbeeld waren de oogsten tussen 1560 en 1609 gemiddeld genomen uitzonderlijk laat, maar bleef de sector overeind.⁶²

Ook in de gevallen waarop de zomertemperatuur geen bijzonder grote invloed had, wordt deze toch geregeld betrokken. Een voorbeeld zijn de vele studies naar de gevolgen van klimaatsverandering voor de productie van graan en, in verband hiermee, voor de graanprijzen en de algemene economie. Als onontbeerlijk gewas is graan een interessante keuze om de invloed van klimaatveranderingen nader te bestuderen. De omvang van de graanproductie, het moment van de oogst en de graanprijzen zijn bovendien op het eerste gezicht eenvoudig te kwantificeren parameters, die zich lenen voor een statistische benadering van de correlatie met klimaatreconstructies. Voor de graanproductie is de zomertemperatuur echter van ondergeschikt belang.⁶³ Voor graan is de temperatuur in de lente relevant maar vooral neerslag in de herfst en tijdens het oogstseizoen is doorslaggevend.⁶⁴ Toch baseren verschillende studies naar het effect van klimaatsverandering op de graanproductie en daarmee samenhangende processen zich deels of volledig op correlaties met de gemiddelde jaartemperaturen.⁶⁵ Welke de meest doorslaggevende weertypes zijn wordt niet enkel door het type gewas bepaald, maar ook door de geografische locatie ervan. In Subsahara-Afrika bijvoorbeeld is neerslag voor de landbouw per definitie van groter belang dan temperatuur. Studies zoals die van Lee en Zhang uit 2015 houden hier echter geen rekening mee in hun onderzoek naar het verband tussen temperaturen en het voorkomen van gewelddadige conflicten.⁶⁶

Een tweede en belangrijker probleem is dat zelfs wanneer de zomertemperatuur van invloed was, dit zelden het meest invloedrijke aspect van klimaatverandering was. Dit is enerzijds omdat het om zomertemperaturen gaat, anderzijds omdat het om gemiddeldes

gaat. In de eerste plaats zijn andere weersfenomenen vaak meer doorslaggevend: afhankelijk van het onderzochte fenomeen en van de regio, waren de gevolgen van veranderingen in neerslagpatronen, wintertemperaturen of seizoenverschuivingen veel groter.⁶⁷ Ook de nadruk op gemiddeldes in dergelijke reconstructies heeft te maken met de context waarin ze gemaakt worden. Paleoklimatologen maken dergelijke reconstructies meestal niet voor hetzelfde doel als waarvoor klimaathistorici ze gebruiken. De eersten beogen de evolutie van het klimaat beter te begrijpen, niet om reeksen beschikbaar te stellen teneinde het effect op de samenleving in het verleden te kennen.⁶⁸ Voor het eerste doel is het nodig de langetermijnevolutie van gemiddeldes te kennen, maar het effect van die gemiddelde evolutie van de temperatuur is beperkt. Dit is een punt dat sceptici al jaren aanhalen om het belang van de algemene afkoeling tijdens de zogenoemde kleine ijstijd tussen 1300 en 1850 te minimaliseren.⁶⁹ De consensus onder klimatologen en historici is echter dat de kleine ijstijd zich wel degelijk liet voelen, maar dat het hierbij niet enkel om een lineaire afkoeling gaat: regionale verschillen, verhoogde variabiliteit en een toename aan klimaatextremen zijn allemaal kenmerkend voor deze periode van klimaatsverandering.⁷⁰ Dat gemiddelde veranderingen in de temperatuur weinig verschil zouden maken, wil dus niet zeggen dat klimaatverandering geen groot effect kon hebben. Hoewel de mythe dat de kleine ijstijd niets meer was dan een daling in temperaturen, al sinds lange tijd ontkracht is, krijgt het belang van deze andere aspecten te weinig aandacht.⁷¹

Ook voor de wijnbouw zijn andere klimaateffecten relevanter dan de zomertemperatuur alleen. Net als voor graan, is een droge zomer belangrijk voor een goede oogst. Overdadige neerslag is nefast, enerzijds omdat er dan minder zonneschijn is, en anderzijds omdat dit tot schimmelvorming en verrotting van de druiven kan leiden.⁷² Bovendien is er bij een neerslag van ongeveer 800 mm of meer per jaar een verhoogd gevaar voor ziektes. In de lente kunnen een plotse vorst of hagelbui de oogst vernietigen. Hoe later in het jaar, hoe groter de gevolgen zijn.⁷³ Denk bijvoorbeeld aan de catastrofale aprilse vorst, die onder andere de Franse wijnteelt ook anno 2021 sterk kon bedreigen. Zelfs in een periode die gemiddeld veel warmer is dan de zestiende eeuw, kan de onstabiele van klimaatsverandering dergelijke weerfenomenen veroorzaken.⁷⁴ Dergelijke weersverschijnselen behoren niet tot de algemene, gemiddelde veranderingen die de eerder besproken klimaatreconstructies blootleggen, maar waren voor de keuze om de Leuvense wijnbouw stop te zetten veel relevanter. De

58 Pfister, 'Weeping in the snow', 31-86.

59 Buisman, *Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen I: tot 1300*, 31; Avermaete, *De wijnbouw in Oost-Brabant*, dl. 1, 28.

60 Fagan, *The Little Ice Age*; Pfister, 'Die Fluktuationen der Weinmosterträge'; Landsteiner, 'The crisis of wine production'. Voor Noordwest Europa spreekt men hier van de *Medieval Climate Anomaly*, een periode gekenmerkt door gemiddeld hogere temperaturen.

61 Blom, *De opstand van de natuur*; Fagan, *The Little Ice Age*.

62 Le Roy Ladurie, *Histoire humaine et comparée du climat*, 349-366.

63 Pfister en Brazdil, 'Social Vulnerability to Climate', 120-121.

64 Pfister, 'Weeping in the snow', 31-86.

65 Bijvoorbeeld: De Kraker en Fernandes, 'Investigating the correlation'; Zhang e.a., 'The causality analysis of climate change'. Pei e.a. betrekken wel neerslag maar schrijven de invloed daarvan af op basis van een insignificante regressieanalyse zonder rekening te houden met seizoenverschillen: Pei e.a., 'Short- and Long-term Impacts', 169-80.

66 Van Bavel e.a., 'Climate and Society in Long-Term Perspective', 9; Lee en Zhang, 'Quantitative Analysis of Climate Change'.

67 Pfister, 'Weeping in the snow', 31-86.

68 Bijvoorbeeld Kaufman e.a., 'A Global Database'. Het abstract van dit artikel omschrijft het doel van hun database als volgt: *This database can be used to reconstruct the spatiotemporal evolution of Holocene temperature at global to regional scales.*

69 Le Roy Ladurie, *Histoire du climat depuis l'an mil*.

70 Matthews en Briffa, 'The "Little Ice Age"', 24; Christian Pfister e.a., 'Early Modern History'.

71 Een uitzondering hier is het veld van de *disaster studies*, maar hierin wordt de link met klimaatveranderingen over langere termijn niet gemaakt.

72 Buisman, *Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen I: tot 1300*, 31.

73 Avermaete, *De wijnbouw in Oost-Brabant*, dl. 1, 28.

74 Baert, 'Franse wijnboeren vechten tegen vorst maar vrozen grootste misoogst in decennia'.

verhoogde variabiliteit, met meer uitschieters of anomalieën in temperatuur of neerslag en toename van extreme weertypes als uitvloeisel van klimaatverandering, zette de samenleving onder druk.⁷⁵ Er zijn andere, meer kwalitatieve methoden nodig om het belang hiervan zichtbaar te maken, zoals we hierna laten zien.

Alternatieve reeksen en waardevolle omschrijvingen

De term 'kleine ijstijd' geeft een enigszins verwarrend beeld van lineaire afkoeling van het klimaat. Veelvuldig gebruikte voorstellingen zoals de schilderijen met winterlandschappen en de *frost fairs*, kermissen op de bevroren Theems in Londen, versterken dit idee. Dit eenzijdige beeld is echter niet correct, achter deze simpele term gaat een veel complexer klimaatbeeld schuil.⁷⁶ Verschillende studies tonen een grote geografische en temporele variëteit van de weerspatronen tijdens de kleine ijstijd, maar een rode draad is een toenemende hoeveelheid neerslag en een lagere wintertemperaturen tussen 1300 en 1850.⁷⁷ Belangrijk is ook de toename van extreem weer, in de vorm van anomalieën in de temperaturen en neerslaghoeveelheden, en van extreme weertypes zoals hagel, vorst of stormen.⁷⁸ Dit aspect van klimaatverandering krijgt voornamelijk aandacht binnen het veld van de *disaster studies*. Hoewel vaak tijdelijk van aard, konden deze klimaatontwikkelingen ook op lange termijn een grote impact hebben.

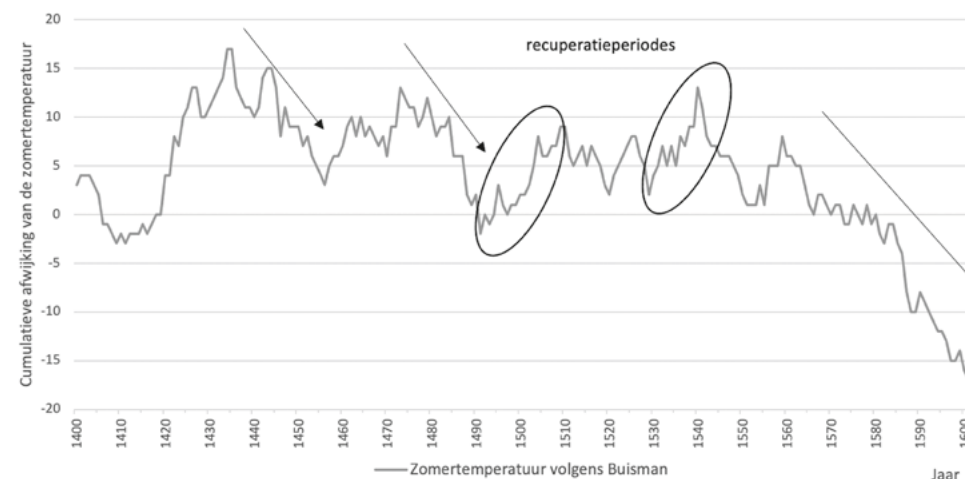


Activiteiten op het ijs: een typisch beeld van de kleine ijstijd. Avercamp, Hendrik, Winterlandschap met schaatsers, olieverf op doek, ca 1608, Rijksmuseum Amsterdam.

Er zijn twee manieren waarop deze aspecten van klimaatverandering nader onderzocht kunnen worden. In eerste instantie kunnen de vele langetermijnreconstructies die voorhanden zijn, op alternatieve en meer creatieve wijze gebruikt worden om andere informatie weer te geven dan enkel de gemiddelde evoluties. Ten tweede is de herwaardering van een ander type klimaatdata noodzakelijk, namelijk kwalitatieve weersomschrijvingen. Deze kunnen zowel extremen als anomalieën beter blootleggen. Bovendien staan ze toe de unieke impact op lokale schaal te begrijpen.

a. Het verborgen potentieel van langetermijnklimaatreconstructies

De beschikbare langetermijnklimaatreconstructies bieden een tot dusver grotendeels onontgonnen potentieel om periodes van klimaatextremen en anomalieën te kunnen blootleggen. Te korte herstelperiodes konden grote gevolgen hebben voor gewassen en voor de samenleving in het algemeen. Deze kunnen blootgelegd worden door de temperaturen cumulatief weer te geven. Dugmore, Keller en McGovern gebruiken deze methode in hun studie naar het effect van het klimaat op de kolonies van de Noormannen op Groenland en IJsland. Zij stellen vast dat periodes van langdurig slecht weer meer invloed hebben op de samenleving wanneer er geen afwisseling is met recuperatieperiodes.⁷⁹ De gevalstudie van de Leuvense wijnbouw illustreert eveneens de waarde van deze methode. Voldoende herstelmogelijkheden tussen periodes van ongunstig klimaat was belangrijk voor de wijnbouw. Indien de druivenstokken geen tijd kregen om zich te herstellen tussen koudere periodes, beïnvloedde dit de oogst sterker dan één extremer jaar.



Figuur 4. Cumulatieve zomertemperaturen volgens Buisman. Bron: Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen, Buisman

Om de temperatuur cumulatief weer te geven werden de waarden van zomers die kouder zijn dan gemiddeld afgetrokken van het totaal van de voorgaande jaren, en warmere zomers opgeteld. Figuur 4 en 5 geven dit weer. Een daling moet geïnterpreteerd worden als een opeenvolging van zomers die kouder zijn dan normaal, en andersom. De grafiek van Buisman brengt drie periodes van langdurig koude zomers aan het licht, met name van ongeveer 1430 tot 1460, van 1480 tot 1500 en van 1560 tot 1600. De laatste is duidelijk de langste en de koudste, en kende bovendien geen herstelperiodes. Deze periodes komen

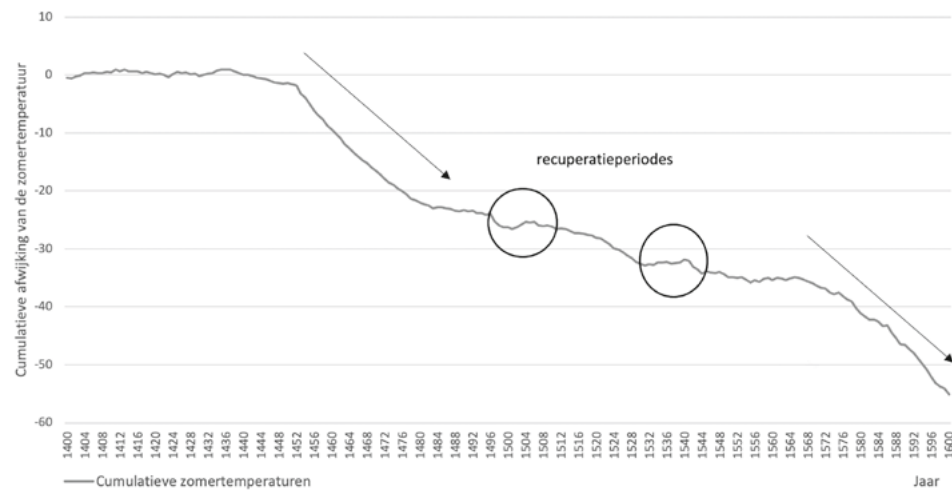
75 Pfister, *Wetternachhersage*.

76 Matthews en Briffa, 'The "Little Ice Age"'.
77 Matthews en Briffa, 'The "Little Ice Age"', 24.

78 Brazdil e.a., 'Historical Climatology in Europe – the State of the Art', 396-402.

79 Dugmore, Keller en McGovern, 'Norse Greenland Settlement', 12-36.

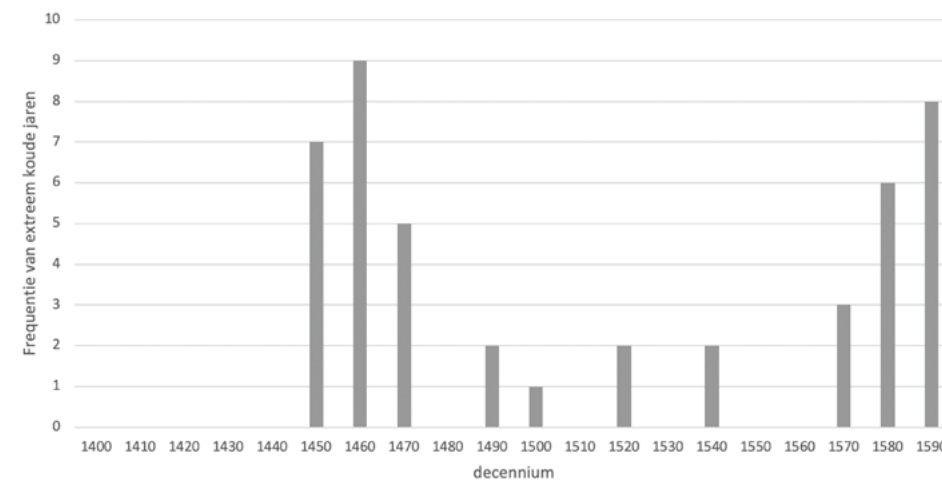
80 De Vries, 'Measuring the Impact of Climate on History', 604-605.



Figuur 5. Cumulatieve zomertemperaturen volgens Lutenbacher. Bron: European summer temperatures since Roman times, Lutenbacher

sterk overeen met de moeizame jaren voor de wijninkomsten van de Heilige-Geesttafel, voornamelijk de latere twee. De data van Lutenbacher, weergegeven in figuur 5, wijken volgens deze notatiemethode opvallend af van die van Buisman. De reden hiervoor is het verschil in wat beide auteurs als een 'normale' zomertemperatuur beschouwen. Lutenbacher neemt meer zomers als buitengewoon koel waar, vanwege het hedendaagse referentiepunt. Aangezien hij met kleinere intervallen werkt, geeft de grafiek ook minder heftige schommelingen weer. Door de verschillende reconstructiemethoden is het niet nuttig om beide reeksen rechtstreeks met elkaar te vergelijken, maar ze kunnen wel elk iets zeggen over het verloop van het klimaat en de relatie met de wijnbouw. Bij het interpreteren van de cumulatieve gegevens op basis van Lutenbacher moet vooral op de snelheid van de dalingen gelet worden om de koudste periodes te identificeren. Dan vallen twee fases van opeenvolgende koele zomers op, namelijk de tweede helft van de vijftiende eeuw en de laatste dertig jaar van de zestiende eeuw. De jaren tussen 1500 en 1570 laten een lichte daling zien, maar kenden, in tegenstelling tot de eerdergenoemde periodes van sterke daling, wel enkele recuperatieperiodes. Deze worden gekenmerkt door korte stijgingen in de grafiek. De Leuvense wijnbouw kende moeizame periodes aan het einde van de vijftiende en de zestiende eeuw, hoewel ze daartussen een belangrijke groeiperiode doormaakte. Opnieuw komt dit dus overeen met de evolutie van de zomertemperaturen en de recuperatieperiodes.

De toename aan anomalieën zoals extreem koude jaren kan eveneens visueel weergegeven worden. Inzicht in de decennia waarin deze uitzonderlijk vaak voorkwamen, maakt het mogelijk om dit aspect van klimaatverandering te onderzoeken in zijn effect op de samenleving. In navolging van de methode van De Vries wordt uitgegaan van een extreem jaar als de temperatuur meer dan de standaardafwijking verschilt van het gemiddelde.⁸⁰ Figuur 6 geeft de frequentie van extreem koude zomers weer op basis van de gegevens van Lutenbacher. Er zijn duidelijk twee periodes met een toename van extreem koude zomers zichtbaar, namelijk de periode tussen 1450 en 1479, en de laatste drie decennia van de zestiende eeuw. Hoewel de laatste periode overeenkomt met die van beperkte of onbestaande inkomsten van de Heilige-Geesttafel, is dit voor de vijftiende eeuw niet het geval.



Figuur 6. Extreme zomers Lutenbacher. Bron: European summer temperatures since Roman times, Lutenbacher

De frequentie van uitzonderlijk koude zomers kan dus niet zonder meer in verband worden gebracht met de evolutie van de wijnbouw. Eerder dan klimaat-anomalieën was het dus de toename aan extreme weertypes, zoals hagelbuien, stormen en noodweer, die de wijnbouw onder druk zette.

b. Klimaatomschrijvingen en kwalitatieve methoden.

Om de toename in frequentie van dergelijke extreme weertypes als hagelbuien, stormen en noodweer eveneens in onderzoek te kunnen betrekken, zijn andere bronnen en bijgevolg een andere methode noodzakelijk. Zoals eerder omschreven kunnen klimaatgegevens uit natuurlijke bronnen gehaald worden, maar ook uit historische archieven. Hoewel indexeringen uit historische bronnen steeds gebaseerd zijn op omschrijvingen van het klimaat door tijdsgenoten, worden ze voornamelijk in hun indexvorm gebruikt. Toch bevatten de omschrijvingen zelf een schat aan concrete, specifieke klimaatinformatie en de manier waarop klimaatgevolgen zichtbaar werden. Extreme weertypes zoals hagelbuien, stormen en noodweer komen in historische bronnen veelvuldig aan bod, terwijl deze bijzonder moeilijk te reconstrueren zijn op basis van natuurlijke *proxies*. Een nadeel is weliswaar dat deze omschrijvingen minder systematisch zijn, want niet elk lokaal weertype werd gerapporteerd en de vermeldingen zijn niet allemaal bewaard. Het precieze voorkomen kan dus niet op basis van historische bronnen gereconstrueerd worden maar ze geven wel een indicatie van de frequentie.⁸¹ Vanwege de verschillende geografische schaal kunnen deze frequentiereeksen niet rechtstreeks met wijndata vergeleken worden. Hier is dus een andere methode nodig: de kwalitatieve studie van de omschrijvingen van het klimaat uit het verleden.

Het gebruik van historische omschrijvingen om het klimaat in het verleden te doorgronden brengt risico's met zich mee, waardoor met name de exacte wetenschappen deze methode te snel afschrijven. Doordat extreme weerevenementen voor tijdsgenoten meer

81 Brazdil e.a., 'Historical Climatology in Europe', 370-375.

82 Brazdil e.a., 'Historical Climatology in Europe', 376.

memorabel waren dan periodes met een gemiddeld klimaat, zal hierover meer geschreven en dus overgeleverd zijn. Bovendien overdreven de auteurs vaak in hun rapportages van deze weertypes.⁸² Hoewel dit een accurate indexering bemoeilijkt, ligt hierin de sleutel waarom deze bronnen zo relevant zijn om het belang van de toenemende klimaatextremen te begrijpen. In plaats van op zoek te gaan naar systematiek over een langere periode, kan er gefocust worden op concrete weersinformatie op kleine schaal en het rechtstreekse effect op de maatschappij. Dit effect wordt in de omschrijvingen vermeld, wat twijfel over causaliteit die bij correlaties heerst, grotendeels kan wegnemen.

Ook in de kritiek dat historische omschrijvingen enkel het weer op een bepaald moment kunnen illustreren en niet de evolutie van het klimaat, ligt een verborgen kracht. De manier waarop het klimaat zich uitte in verschillende weertypes, was namelijk de enige manier waarop het rechtstreeks van belang was voor tijdsgenoten. Pas vanaf de late zeventiende eeuw kreeg het begrip 'klimaat' een gelijkaardige invulling als vandaag; daarvoor werd over klimaatsverandering als verschuiving van trends over een langere periode niet nagedacht.⁸³ Verschillende studies hebben het voorkomen van verhoogde variabiliteit, klimaatanomalieën en extreem weer tijdens de kleine ijstijd aangetoond.⁸⁴ Samen met deze bevindingen kunnen historische omschrijvingen van weersfenomenen ons leren hoe tijdsgenoten de gevolgen van klimaatverandering beleefden.



Een sneeuwballengevecht in Vlaanderen c. 1510. Bron: Walters Art Museum, Baltimore MD, inv.nr. W425, 12R

Het is dus uitermate interessant om deze omschrijvingen rechtstreeks in klimaathistorisch onderzoek te gebruiken. Een goede historische kritiek is belangrijk om de grote variëteit aan brontypes, auteurs en dateringssystemen te kunnen stroomlijnen en de informatie klaar te maken voor verder onderzoek. Hoewel deze stap steeds aan de indexering van een historische klimaatreconstructie voorafgaat, wordt deze niet altijd geëxpliciteerd. Camenisch geeft tal van omschrijvingen uit historische bronnen weer in haar werk *Endlöse Kalte*. Deze ordent ze echter niet chronologisch, maar met het oog op de indexering die zij hierop baseert. Daardoor zijn de omschrijvingen niet eenvoudig toe te passen in verder onderzoek.⁸⁵ Buisman bundelde de historische weersomschrijvingen wel per jaar. Hier was het bijeenbrengen van verschillende omschrijvingen voor de Lage Landen het hoofddoel; pas in tweede instantie werden deze geïndexeerd. Hoewel de omschrijvingen zelf al bijzonder waardevol zijn voor verder onderzoek, kreeg de indexering tot nog toe het meeste aandacht van andere onderzoekers.⁸⁶

Het voorbeeld van de Leuvense wijnbouw kan de waarde van kwalitatief onderzoek aan de hand van historische weersomschrijvingen illustreren. Er bestaat een opvallende overeenkomst tussen de weersomschrijvingen die Buisman compileerde en de opbrengst van de wijnteelt van de Heilige-Geesttafel in Leuven. In 1439 bijvoorbeeld was de wijnopbrengst per pachter het hoogst van de hele eerste helft van de vijftiende eeuw. De winter was dat jaar voor het eerst na enkele koude jaren op rij zeer zacht. Maart en april waren droog en deze droogte liep door in de zomer. Dat betekent dat de vele uren zonneshijn tijdens de zomer de wijnbouw bevorderden. Er waren echter ook enkele natte periodes, die in onder andere Vlaanderen en Haspengouw tot schade leidden.⁸⁷ Voor de wijnbouw zijn dergelijke korte maar hevige regenbuien minder problematisch, aangezien wijn meestal op heuvels verbouwd wordt en dus minder last heeft van overstromingen. Het is vooral langdurige regenval waar de wijnteelt onder te lijden heeft, maar die bleef die zomer uit. De weersomschrijvingen kunnen de wijnopbrengst van dit jaar dus verklaren: in dit geval zorgde in het bijzonder de overwegend droge en zonnige zomer voor een goede oogst.

In 1517 daarentegen bedroegen de inkomsten van de Tafel slechts 50 gelten en de gronden die rechtstreeks onder eigen beheer vielen, leverden zelfs helemaal niets op.⁸⁸ De winter was lang en er was gedurende zeven weken vorst. Toch stonden veel wijngaarden, zoals die in Metz en Westfalen, er in het begin van de lente goed bij, wat erop wijst dat de temperaturen ondanks de lange winter nooit extreem diep gezakt waren. Een plotse koude die eind april optrad, leidde echter tot vorst en sneeuwval die veel bloesems beschadigde. Tot slot was ook augustus zeer nat, waardoor de druiven moeilijk konden rijpen, de oogst laat plaatsvond en beperkt was in omvang.⁸⁹ De winter van 1521 kende dan weer nauwelijks vorst en in maart werd het alweer warm. De lente was zacht en werd gevolgd door een droge zomer, wat met veel zonne-uren gepaard gaat. In sommige gebieden teisterde een lokale storm of stortvloed de landbouw, maar de oogst van de Heilige-Geesttafel was opvallend goed in verhouding tot de moeizame jaren voor- en nadien.⁹⁰

83 Mauelshagen, 'Climate as a Scientific Paradigm', 573-580.

84 Matthews en Briffa, 'The "Little Ice Age"', 24.

85 Camenisch, *Endlose Kälte*.

86 De indexering werd, afzonderlijk van de omschrijvingen, ook in het Engels gepubliceerd: Van Engelen, Buisman en IJnsen, 'A Millennium of Weather'.

87 Buisman, *Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen II: 1300-1450*, 552-557.

88 RAL, *COO*, inv.nr. 1266, Rekening 1517-1518.

89 Buisman, *Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen III: 1450-1575*, 331-343.

90 RAL, *COO*, inv.nr. 1267, rekening 1520-21; Buisman, *Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen III: 1450-1575*, 353-362.

91 Buisman, *Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen III: 1450-1575*, 53-58.

Een probleem is dat lokale weersfenomenen in de bronnen niet altijd beschreven worden. In 1457 bijvoorbeeld lijkt het weer gunstig te zijn geweest voor de wijnbouw: na een winter met enkele korte periodes van vorst volgde een natte lente. De zomer was echter droog en warm, waardoor de druiven goed konden rijpen. In Dijon en Bourgondië vond de wijnoogst vroeger plaats dan in jaren.⁹¹ Toch waren de inkomsten van de Heilige-Geesttafel dat jaar laag en konden twee van de drie pachters hun pacht som niet betalen. De totale inkomsten bedroegen hierdoor slechts 50 gelten.⁹² Een aannemelijke verklaring hiervoor is dat een lokale storm of hagelbui de wijnoogst in Leuven vernietigd had, hoewel andere verklaringen niet uitgesloten kunnen worden. Voor dat jaar in het bijzonder zijn er weinig bronnen over de lente en zomer voorhanden.⁹³ Voor zekerheid over dergelijke lokale fenomenen schieten de bronnen dus soms tekort.

Een alternatieve manier om dergelijke kwalitatieve klimaatgegevens te bekomen kan een oplossing bieden. De bronnen waarop historische datareeksen gebaseerd zijn, bieden vaak rechtstreeks informatie over het klimaat: indien tijdgenoten merkbare gevolgen van het weer ondervonden, zal dit ook rechtstreeks uit de bronnen naar voren komen. Ze bieden dus informatie over de meest lokale en relevante weertypes en bovendien wordt de impact ervan rechtstreeks duidelijk. Zo vermelden de rekeningen van de Heilige-Geesttafel die de cijfers voor de omvang van de Leuvense wijnbouw leverden, geregeld hoe zware winters en hagelstormen de oogst belemmerden. In 1564 noteerde de ontvanger: ... *Want den wyngaert overmids den grooten vorst in den wyntertyt deser rekeningen also vervrosen is geweest in vuegen men dien ter eerden heeft moeten afsnyden ende men also daeraff egheenen wyn en heeft gehadt...*⁹⁴ Ook in 1572 kon de wijn van eigen wijngaarden niet verkocht worden, *want inden voirleden winter den wijngaert te gronde afgesneden was, doer dijen des selven bevrosen was alsoo inden wijntijd 72 mijdt niet alles geproffiteert...*⁹⁵

Dergelijke vermeldingen gaan in veel onderzoek in het kwantificatieproces verloren. Zelfs indien er bij het opstellen van de datasets melding van wordt gemaakt, lezen of benutten latere gebruikers van de dataset deze niet.⁹⁶ Deze vermeldingen zijn echter essentieel voor het begrip van de klimaatinvloed op de onderzochte factor. Bovendien bieden ze inzicht in het weer en de klimaatsverandering in ruimer onderzoek, mits ze met de nodige historische kritiek worden samengebracht in algemene collecties. Weersomschrijvingen uit historische bronnen en het bijhorend kwalitatief onderzoek worden vaak ten onrechte afgeschreven, maar hierin ligt nu net de sleutel voor nieuwe en concrete resultaten om *climate-society interaction* beter te begrijpen. Bundelingen van lokale bronnen in een overzicht zoals dat van Buisman zijn buitengewoon waardevol om klimaatonderzoek te doen. Er dienen dus meer van dit soort klimaatreconstructies verzameld te worden. Een openbare database waarin een ruim publiek suggesties kan doen voor interessante bronnen met klimaatomschrijvingen kan daarin een sleutelrol spelen. Hoewel er al enkele van dergelijke studies van goede kwaliteit gepubliceerd zijn, is het nodig de collectie verder uit te breiden.

Conclusie

Onderzoek dat op kwantitatieve wijze klimaatreconstructies aan historische datareeksen verbindt, brengt de nodige valkuilen met zich mee en kan zelfs in het beste geval slechts een beperkt aspect van de impact van het klimaat blootleggen. Dit heeft om te beginnen te maken met de onmogelijkheid om de eigenheid en nuance van het lokaal niveau te kwantificeren. Zelfs indien uitstekende bronnen voorhanden zijn, wordt deze bijkomende informatie uit de datareeks verwijderd voordat er correlaties op toegepast kunnen worden. Bovendien gaat dergelijk onderzoek niet in op de aspecten van klimaatverandering die het meeste invloed hadden. Reconstructies van gemiddelde zomertemperaturen zijn populair, maar de zomertemperatuur had niet altijd een grote invloed. Het hangt af van de geografische en temporele context van het onderzochte fenomeen, en of het fenomeen werkelijk verband houdt met de zomertemperatuur. Zelfs indien de zomertemperatuur van belang is, is de invloed van de gemiddelde evolutie ervan beperkt. Belangrijker zijn een toenemende variabiliteit, klimaatanomalieën en extreme weertypes. Hoewel klimatologen en historici er al lang consensus over hebben bereikt dat deze tijdens de kleine ijstijd vaker voorkwamen, komt dit aspect van klimaatverandering niet voldoende aan bod in studies naar de impact ervan. Ook voor de toekomst mag de rol van extreem weer en verhoogde variabiliteit niet onderschat worden.⁹⁷ Zoals Oreskes, Stainforth en Smith stellen: *While climate models consistently suggest that the mean global temperature of the planet will rise, mean global temperature is not what any one person, state, or nation will be adapting to. Human beings will be adapting to changes in the weather at the places where they live and a host of concomitant local effects of climate change that ensue from such changes.*⁹⁸ Er is dus dringend behoefte aan meer onderzoek over de manier waarop deze veranderingen zich in het verleden voltrokken hebben.

Paleoklimatologische reconstructies kunnen ook informatie blootleggen over herstelperiodes en het belang van klimaatanomalieën indien ze op een meer creatieve manier gebruikt worden. Het is dus nodig om het onderste uit de kan te halen bij de analyse ervan. Een andere aanpak is echter nog belangrijker: er is een onderwaardering van historische weersomschrijvingen als bron om *climate-society interaction* te achterhalen. Tot nog toe worden deze voornamelijk gezien als een tussenstap in de ontwikkeling van klimaatindexen, maar de omschrijvingen zelf bieden veel meer informatie. Ze tonen rechtstreeks hoe het weer dat met klimaatverandering gepaard ging, voor tijdgenoten van belang was. Bronnen over het fenomeen waarop de invloed van het klimaat onderzocht wordt, bieden bovendien een uniek inzicht in de lokale nuances. Uitgegeven historische weersomschrijvingen zijn zeldzaam. Er is dus behoefte aan meer van dergelijke reconstructies. Gezien informatie in verband met het klimaat verspreid is over een breed scala aan bronnen, kunnen goed beheerde databases, die historici aanvullen met informatie die ze tijdens hun onderzoek tegenkomen, soelaas bieden. Ook vrijwilligersprojecten of *citizen science* kunnen klimaatinformatie verspreid over een enorme variëteit aan bronnen helpen samenbrengen. Natuurlijk is een nauwkeurige historische kritiek noodzakelijk om de verschillende vermeldingen te kunnen interpreteren en met elkaar vergelijken. Enkel na deze kritiek is de informatie bruikbaar voor verder onderzoek.

92 RAL, *COO*, inv.nr. 1259, Rekening 1457-1458.

93 Camenisch, *Endlose Kälte*, 244.

94 RAL, *COO*, inv.nr. 1277, Rekening 1564-1565.

95 RAL, *COO*, inv.nr. 1284, Rekening 1571-1572.

96 Van Bavel e.a. 'Climate and Society in Long-Term Perspective', 8.

97 Schiermeier, 'Droughts, Heatwaves and Floods'.

98 Oreskes, Stainforth en Smith, 'Adaptation to Global Warming', 1013.

99 De Vries, 'Analysis of Historical Climate-Society Interaction', 625.

Meer dan theoretische speculatie kan een concreet voorbeeld de noodzaak van een verschuiving in de methodologie van *climate-society interaction* onderzoek illustreren. De methode die bestaat uit het correleren van zomertemperatuurreeksen aan historische datareeksen toepassen op een lokale gevalstudie, maakt de beperkingen ervan duidelijk. Wanneer de reeks van wijninkomsten van de Heilige-Geesttafel zo bewerkt wordt dat ze de opbrengst per oppervlakte zo precies mogelijk weergeeft, is ze het meest bruikbaar voor dergelijke correlaties. In dit proces gaat echter essentiële contextinformatie verloren, zoals het beheer van de wijngaarden. De nuances van de lokale gevalstudie gaan zodoende verloren. De invloed van het klimaat op keuzes ten aanzien van beheer zijn echter interessanter om de *climate-society interaction* te begrijpen dan de rechtstreekse invloed ervan op het gewas in kwestie. Dit haalde Jan de Vries al aan in zijn eerste verkenning van de methodes voor onderzoek naar de impact van het klimaat.⁹⁹ Keuzes in verband met het beheer en andere adaptatiestrategieën zijn nooit enkel van het klimaat afhankelijk, maar worden altijd bepaald door de sociaaleconomische en culturele context. Ze kunnen dus niet in een simpele correlatie vervat worden.

Het voorbeeld van de Leuvense wijnbouw maakt duidelijk hoe beperkend het is om enkel de invloed van de gemiddelde zomertemperatuur te bestuderen. Veel belangrijker was bijvoorbeeld het gebrek aan recuperatieperiodes tussen slechte jaren. Bovendien is de meerwaarde van kwalitatieve methoden aan de hand van historische weersomschrijvingen duidelijk. Enkel deze bieden informatie over weersverschijnselen op de kortere termijn. De gevolgen van een late vorst, storm of hagelbui waren voor de omvang van de wijnbouw veel desastreuzer dan de gemiddelde evolutie van de temperaturen.

Het beste resultaat kan alleen maar verkregen worden door verschillende methodes te hanteren, om concrete en vergelijkbare verbanden te onderzoeken, de causaliteit te bepalen en een uitgebreide selectie aan weertypes te betrekken. Het gebruik van meer kwalitatieve methoden is daarom essentieel. Bovendien bestaat er geen afzonderlijke invloed van het klimaat. Geen enkele studie ontkent dat de sociaaleconomische context van belang was, maar te vaak wordt alsnog een poging ondernomen om de klimaatgevolgen daaruit uit te zuiveren. Zonder aandacht voor alternatieve verklaringenmodellen, per definitie specifiek voor elke locatie, kan de interactie tussen klimaat en samenleving niet doorgrond worden. Ook de Leuvense wijnbouw verdween uiteindelijk door het samenkomen van onlosmakelijke aspecten van klimaat en samenleving. Het ongunstige klimaat van de kleine ijstijd leidde tot slechte oogsten en een verlaagde kwaliteit van de wijn, die in samenloop met de economische achteruitgang in de late zestiende eeuw op hun beurt leidden tot verminderde winsten, een afnemende vraag en een verminderde bereidheid om in de teelt te investeren. Zonder het gecombineerd gebruik van verschillende methoden en een grote nadruk op de lokale context was dit niet aan het licht gekomen.

Lijst van afkortingen

RAL = Rijksarchief Leuven.

Lijst van archivalia

Leuven, Rijksarchief,

Commissie Openbare Onderstand, inv.nr. 1254-1296: Jaarrekeningen van de inkomsten en de uitgaven van de Grote Heilige-Geesttafel, voorgelegd aan de vier momboors of provisoren door de ontvangers. 1372-1601.

Baltimore (USA), Walters Art Museum,

Ex Libris inv.nr. W425, Prayer Book, circa 1520-1530.

Literatuur

- Avermaete, T. *De wijnbouw in Oost-Brabant (13-16^e eeuw) met bijzondere aandacht voor de regio Leuven* (Master-scriptie Katholieke Universiteit Leuven 1996).
- Baert, D., 'Franse wijnboeren vechten tegen vorst maar vrezten grootste misoogst in decennia', *Vrt nws* (10 april 2021), geraadpleegd via www.vrt.be/vrtnws/nl/2021/04/10/frankrijk-misoogst-wijn-vorst/ op 31 mei 2021.
- Bavel, B.J.P. van, e.a., 'Climate and Society in Long-Term Perspective: Opportunities and Pitfalls in the Use of Historical Datasets', *WIREs Climate Change* 10 nr. 6 (2019).
- Bavel, B.J.P. van, e.a., *Disasters and History: The Vulnerability and Resilience of Past Societies* (Cambridge 2020).
- Behringer, W., 'Climatic Change and Witch-Hunting: The Impact of the Little Ice Age on Mentalities', *Climatic Change* 43 nr. 1 (1999) 335-351.
- Blaikie, P., e.a., *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters* (Londen en New York 1994).
- Blockmans, P., en W. Prevenier, 'Armoede in de Nederlanden van de 14e tot het midden van de 16e eeuw. Bronnen en problemen', *Tijdschrift voor Geschiedenis* 88 (1975) 524-532.
- Blom, P., *De opstand van de natuur: een geschiedenis van de Kleine IJstijd (1570-1700) en het ontstaan van het moderne Europa* (Amsterdam en Antwerpen 2017).
- Bothe, O. en E. Zorita, 'Proxy Surrogate Reconstructions for Europe and the Estimation of Their Uncertainties', *Climate of the Past* 16 nr. 1 (2020) 341-369.
- Bourguignon, M., *Inventaire des archives de l'Assistance publique de la ville de Louvain, Travaux du cours pratique d'archivéconomie donné pendant l'année 1927 II* (Tongeren 1933).
- Bowen, G.J. e.a., 'Joint Inversion of Proxy System Models to Reconstruct Paleoenvironmental Time Series from Heterogeneous Data', *Climate of the Past* 16 nr. 1 (9 januari 2020) 65-78.
- Brazdil, R. e.a., 'Historical Climatology in Europe – the State of the Art', *Climatic Change* 70 nr. 3 (2005) 363-430.
- Brönnimann, S., C. Pfister en S. White, 'Archives of Nature and Archives of Societies' in: S. White, C. Pfister, en F. Mauelshagen, red., *The Palgrave Handbook of Climate History* (London 2018) 27-36.
- Buisman, J., *Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen*, (6 dln.; Franeker 1995-2015).
- Büntgen, U. e.a., 'Prominent Role of Volcanism in Common Era Climate Variability and Human History', *Dendrochronologia* 64 (2020).
- Büntgen, U. en N. Di Cosmo, 'Climatic and environmental aspects of the Mongol withdrawal from Hungary in 1242 CE', *Scientific Reports* 6 nr. 25606 (2016).
- Camenisch, C., *Endlose Kälte: Witterungsverlauf und Getreidepreise in den Burgundischen Niederlanden im 15. Jahrhundert* (Basel 2015).
- Chappell, J.E., 'Climatic Change Reconsidered: Another Look at "The Pulse of Asia"', *Geographical Review* 60 nr. 3 (1970) 347-373.
- Pfister C. e.a., 'Early Modern History' in: S. White, C. Pfister en F. Mauelshagen, red., *The Palgrave Handbook of Climate History* (London 2018) 265-295.
- Chuine, I. e.a., 'Historical Phenology: Grape Ripening as a Past Climate Indicator', *Nature* 432 nr. 7015 (2004) 289-290.
- Clauzel, D., 'Le vin et la bière à Lille à la fin du Moyen Age: approches quantitatives', *Publications du Centre Européen d'Etudes Bourguignonnes* 47 (2007) 149-167.
- Contreras, D., 'Correlation is Not Enough – Building Better Arguments in the Archaeology of Human-Environment Interactions' in: D. Contreras, red., *The Archaeology of Human-Environment Interactions: Strategies for Investigating Anthropogenic Landscapes, Dynamic Environments, and Climate Change in the Human Past* (New York 2017) 3-22.
- Degroot, D. e.a., 'Towards a Rigorous Understanding of Societal Responses to Climate Change', *Nature* 591 nr. 7851 (2021) 539-550.
- Devroey, Jean-Pierre. *La nature et le roi: environnement, pouvoir et société à l'âge de Charlemagne (740 - 820)* (Paris 2019).

- Dugmore, A.J., C. Keller en T.H. McGovern, 'Norse Greenland Settlement: Reflections on Climate Change, Trade, and the Contrasting Fates or Human Settlements in the North Atlantic Islands', *Arctic Anthropology* 44 nr. 1 (2007) 12-36.
- Engelen, A.F.V. van, J. Buisman en F. IJnsen, 'A Millennium of Weather, Winds and Water in the Low Countries' in: P.D. Jones e.a., red., *History and Climate: Memories of the Future?* (Boston 2001) 101-124.
- Fagan, B.M., *The Little Ice Age: How Climate Made History 1300-1850* (New York 2002).
- Forstmeier, F., E.J. Wagenmakers en T.H. Parker, 'Detecting and Avoiding Likely False-Positive Findings – a Practical Guide', *Biological Reviews* 92 nr. 4 (2017) 1941-1968.
- García de Cortázar-Atauri, I. e.a., 'Climate Reconstructions from Grape Harvest Dates: Methodology and Uncertainties', *The Holocene* 20 nr. 4 (2010) 599-608.
- Hannaford, M.J., 'Long-Term Drivers of Vulnerability and Resilience to Drought in the Zambezi-Save Area of Southern Africa, 1505-1830'. *Global and Planetary Change* 166 (2018) 94-106.
- Hsiang, S.M., M. Burke en E. Miguel, 'Quantifying the Influence of Climate on Human Conflict', *Science* 341, nr. 6151 (2013).
- Huntington, E., *Civilization and Climate* (New Haven 1915).
- Jaspers, K., *De Leuvense Wijnaccijns: een Hoeksteen van de Stadsfinanciën (1345-1520)* (masterscriptie Katholieke Universiteit Leuven 2018).
- Kaufman, D. e.a., 'A Global Database of Holocene Paleotemperature Records', *Scientific Data* 7 nr. 115 (2020).
- Keenan, D.J., 'Grape Harvest Dates Are Poor Indicators of Summer Warmth', *Theoretical and Applied Climatology* 87 nr. 1 (2007) 255-256.
- Klippel, L. e.a., 'Differing Pre-Industrial Cooling Trends between Tree Rings and Lower-Resolution Temperature Proxies', *Climate of the Past* 16 nr. 2 (2020) 729-742.
- Kraaijvanger, C., 'Klimaatverandering verandert mens in heethoofd: meer geweld door opwarming aarde', *Scientias* (2013), geraadpleegd via www.scientias.nl/klimaatverandering-verandert-mens-in-heethoofd-meer-geweld-door-opwarmende-aarde/ op 10 maart 2021.
- Kraker, A.M.J. de, en R. Fernandes, 'Investigating the correlation between monthly average temperatures and tithes proxy data from the Low Countries', *Climatic Change* 119 nr. 2 (2013) 291-306.
- Landsteiner, E. 'The crisis of wine production in late sixteenth-century Central Europe. Climatic causes and economic consequences', *Climatic Change* 43 nr. 1 (1999) 323-334.
- Le Roy Ladurie, E., *Histoire du climat depuis l'an mil* (Paris 1967).
- Le Roy Ladurie, E., *Histoire humaine et comparée du climat. Canicules et glaciers XIIIe -XVIIIe siècles* (Paris 2004).
- Lee, H.F. en D.D. Zhang, 'Quantitative Analysis of Climate Change and Human Crises in History' in: M.-P. Kwan e.a., red., *Space-Time Integration in Geography and GIScience: Research Frontiers in the US and China*, (Dordrecht 2015) 235-267.
- Ljungqvist, F.C. e.a., 'Ranking of Tree-Ring Based Hydroclimate Reconstructions of the Past Millennium', *Quaternary Science Reviews* 230 (2020).
- Ljungqvist, F.C., A. Seim en H. Huhtamaa, 'Climate and Society in European History', *WIREs Climate Change* 12 nr. 2 (2020).
- Ludescher, J. e.a., 'Setting the Tree-Ring Record Straight', *Climate Dynamics* 55 nr. 11 (2020) 3017-3024.
- Luterbacher, J. e.a., 'European Summer Temperatures since Roman Times', *Environmental Research Letters* 11 nr. 2 (2016).
- Matthews, J.A., en K.R. Briffa, 'The "Little Ice Age": Re-Evaluation of an Evolving Concept', *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography* 87, nr. 1 (2005) 17-36.
- Mauelshagen, F., 'Climate as a Scientific Paradigm – Early History of Climatology to 1800' in: S. White, C. Pfister en F. Mauelshagen, red., *The Palgrave Handbook of Climate History* (London 2018), 565-588.
- Oreskes, N., D.A. Stainforth en L.A. Smith, 'Adaptation to Global Warming: Do Climate Models Tell Us What We Need to Know?', *Philosophy of Science* 77, nr. 5 (2010) 1012-1028.
- Pei, Q. e.a., 'Short- and Long-term Impacts of Climate Variations on the Agrarian Economy in Pre-industrial Europe' *Climate Research* 56, nr. 2 (2013) 169-180.
- Pfister, C., 'Die Fluktuationen der Weinmosterträge im Schweizerischen Weinland vom 16. bis ins frühe 19. Jahrhundert', *Schweizer Zeitschrift für Geschichte* 31 (1981) 445-491.
- Pfister, C., *Wettermachersage: 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496-1995)* (Bern 1999).
- Pfister, C., 'Weeping in the snow: The second period of Little Ice Age-type impacts, 1570-1630' in: W. Behringer, red., *Cultural Consequences of the Little Ice Age* (2005) 31-86.
- Pfister, C. e.a., 'Tree-Rings and People – Different Views on the 1540 Megadrought. Reply to Büntgen et al. 2015', *Climatic Change* 131 nr. 2 (2015) 191-198.
- Pfister, C., en R. Brazdil, 'Social Vulnerability to Climate in the "Little Ice Age": An Example from Central Europe in the Early 1770s', *Climate of the Past* (2006) 115-129.
- Pfister, C., en D. Krämer, 'The relaunch of Historical Climate Impact Research: a timely challenge for Historical Climatology', paper gepresenteerd op het congres Historical Climatology: Past and Future, Paris 2011, geraadpleegd via www.hist.unibe.ch/e11168/e52524/e69145/e186327/e186367/PFISTER-KRAEMER_SOA-Impact_ger.pdf (6) juli 2021).
- Pfister, C., S. White en F. Mauelshagen, 'General Introduction: Weather, Climate, and Human History' in: S. White, C. Pfister en F. Mauelshagen, red., *The Palgrave Handbook of Climate History* (London 2018) 1-17.
- Pfister, C., C. Camenisch en P. Dobrovolný, 'Analysis and Interpretation: Temperature and Precipitation Indices' in: S. White, C. Pfister en F. Mauelshagen, red., *The Palgrave Handbook of Climate History* (London 2018) 115-130.
- Rohland, E., *Changes in the Air. Hurricanes in New Orleans from 1718 to the Present* (New York 2018).
- Schiermeier, Q., 'Droughts, Heatwaves and Floods: How to Tell When Climate Change Is to Blame', *Nature* 560 nr. 7716 (2018) 20-22.
- Schneider, L., e.a., 'Revising Midlatitude Summer Temperatures Back to A.D. 600 Based on a Wood Density Network', *Geophysical Research Letters* 42 nr. 11 (2015) 4556-4562.
- Selby, J., 'Positivist Climate Conflict Research: A Critique', *Geopolitics* 19 nr. 4 (2014) 829-856.
- Soens, T., 'Resilient Societies, Vulnerable People: Coping with North Sea Floods Before 1800', *Past & Present* 241 nr. 1 (2018) 143177.
- St. George, S. en J. Esper, 'Concord and Discord among Northern Hemisphere Paleotemperature Reconstructions from Tree Rings', *Quaternary Science Reviews* 203 (2019) 278-281.
- Uytven, R. van, *Stadsfinanciën en stadseconomie te Leuven van de XIIIe tot het einde der XVIe eeuw*. Verhandelingen van de Koninklijke Vlaamse Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België. Klasse der Letteren 23 nr. 44. (Brussel 1961).
- Vries, J. de, 'Measuring the Impact of Climate on History: The Search for Appropriate Methodologies', *The Journal of Interdisciplinary History* 10, nr. 4 (1980) 599-630.
- Vries, J. de, 'Analysis of Historical Climate-Society Interaction' in: R.W. Kates, J.H. Ausubel en M. Berberian, red., *Climate Impact Assessment. Studies of the Interaction of Climate and Society*, SCOPE 27 (Chichester 1985) 273-292.
- Walschap, L., 'In Vino Veritas. Klimatologische en socio-economische verklaringen voor de neergang van de Leuvense wijnteelt', *TSEG - The Low Countries Journal of Social and Economic History* 17 nr. 3 (2020) 37-73.
- Werveke, H. van, 'Comment les établissements religieux belges se procuraient-ils du vin au haut moyen âge?', *Revue Belge de Philologie et d'Histoire* 2 (1923) 643-662.
- White, S., C. Pfister en F. Mauelshagen, red., *The Palgrave Handbook of Climate History* (London 2018).
- Wigley, T.M.L., M.J. Ingram en G. Farmer, red., *Climate and history: studies in past climates and their impact on man* (Cambridge 1985).
- Wigley, T.M.L. e.a., 'Historical Climate Impact Assessments' in: R.W. Kates, J.H. Ausubel en M. Berberian, red., *Climate Impact Assessment. Studies of the Interaction of Climate and Society*, SCOPE 27 (London 1985) 529-563.
- Zhang, D.D. e.a., 'The causality analysis of climate change and large-scale human crisis', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 nr. 42 (2011) 17296-17301.