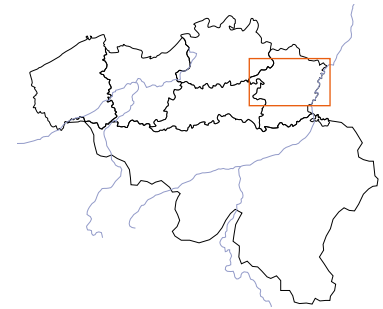


# Laseraltimetrie en de kartering van *Celtic Fields* in de Belgische Kempen: mogelijkheden en toekomstperspectieven



Guido Creemers<sup>1</sup>, Erwin Meylemans<sup>2</sup>, Joyce Paesen<sup>3</sup> & Marc De Bie<sup>4</sup>

## Inleiding

In dit artikel worden de mogelijkheden onderzocht van het gebruik van laseraltimetrische opnames<sup>5</sup>, meer bepaald het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen (DHMV)<sup>6</sup>, voor de kartering van zogenaamde *Celtic Fields* in de Belgische Kempen. Op initiatief van het Gallo-Romeins Museum in Tongeren werd een eerste analyse uitgevoerd in het kader van een masterproef aan de VUB, met gebruik van het 'standaard' gefilterde DHMV<sup>7</sup>. Het toonde duidelijk het grote potentieel aan van dit instrument voor de detectie van *Celtic Fields* in bosgebieden. Geïnspireerd door dit resultaat werd een meer gedetailleerde analyse uitgevoerd aan de hand van het ongefilterde brondatabestand van het DHMV, waarvan de resolutie ongeveer 5 maal hoger is. De analyses en visualisaties van beide datasets werden uitgevoerd door het Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed (VIOE).

Het hier besproken studiegebied is de regio van het Kempisch Plateau en het hierbij aansluitend gebied ten noorden (Bocholts-Kaulille, Overpelt, Lommel, Neerpelt & Peer; zie fig. 1). Binnen deze regio werden enkele zoekzones geselecteerd op basis van enerzijds al gekende *Celtic Fields*, en anderzijds de mogelijkheden van deze zones om goed bewaarde *Celtic Fields* te bevatten<sup>8</sup>. Wat dit laatste betreft werd gezocht naar historisch stabiele bosgebieden<sup>9</sup>.

Deze bijdrage bespreekt de resultaten van deze analyse voor drie *Celtic Field*-complexen: *Ophovenner- Muisvennerheide*, *Kolisbos* en *Lindelse Heide/Holven* (fig. 1). We vergelijken hierbij telkens de resultaten van de DHM-analyses met de gekende archeologische gegevens en met sporen zichtbaar op luchtfoto's.

Eerst wordt een korte stand van zaken gegeven van het onderzoek naar *Celtic Fields* in Noordwest-Europa en in Vlaanderen. Daarna volgt een overzicht van de huidige inzichten in de ontstaansontwikkeling, chronologie en morfologie van *Celtic Field*-complexen, vooral aan de hand van onderzoek uit buurlanden. Vervolgens wordt kort het gebruik van laseraltimetrie bij het archeologisch prospectieonderzoek toegelicht, en dit binnen de internationale context en in Vlaanderen. Tegen deze achtergrond worden verder de doelstellingen, methodologie en resultaten van het gevoerde onderzoek gepresenteerd.

## 1 Het prospectieonderzoek naar *Celtic Fields*

### 1.1 Het onderzoek in Noordwest-Europa

*Celtic Fields*<sup>10</sup> zijn in Noordwest-Europa al lang een algemeen bekend fenomeen. Brongers karakteriseerde ze als "*A prehistoric parcelling system of which the parcels are completely surrounded by low banks consisting of stones, sand or a mixture of the two, and laid out for agricultural purposes.*"<sup>11</sup>. De naamgeving is enigszins misleidend omdat de gekende complexen uitsluitend voorkomen buiten het Keltische kerngebied. Over het precieze ontstaan van *Celtic Fields* lopen de meningen uiteen. Meestal wordt aangenomen dat ze ontstaan zijn in de late bronstijd/vroege ijzertijd. Ze bleven zeker tot in de late ijzertijd bestaan. Verschillende van deze akkercomplexen, gekenmerkt door een typische honinggraatstructuur die de begrenzendes walletjes aanduiden, zijn gedocumenteerd en onderzocht in Nederland, Duitsland, Groot-Brittannië, Ierland en Scandinavië<sup>12</sup>.

<sup>1</sup> Gallo-Romeins Museum, Kielenstraat 15, 3700 Tongeren, gcreemers@limburg.be.

<sup>2</sup> Vlaams Instituut voor het Onroerend erfgoed, Koning Albert II-laan 19 bus 5, 1210 Brussel, erwin.meylemans@rwo.vlaanderen.be.

<sup>3</sup> Craenevenne 28, 3600 Genk, jpaesen@gmail.com.

<sup>4</sup> Vlaams Instituut voor het Onroerend erfgoed, Koning Albert II-laan 19 bus 5, 1210 Brussel, marc.debie@rwo.vlaanderen.be.

<sup>5</sup> Zgn. 'Lidar' (*LIght Detection And Ranging*).

<sup>6</sup> De Man & Brondeel 2004; OC GIS Vlaanderen 2003.

<sup>7</sup> Paesen 2009; Paesen *et al.* 2010.

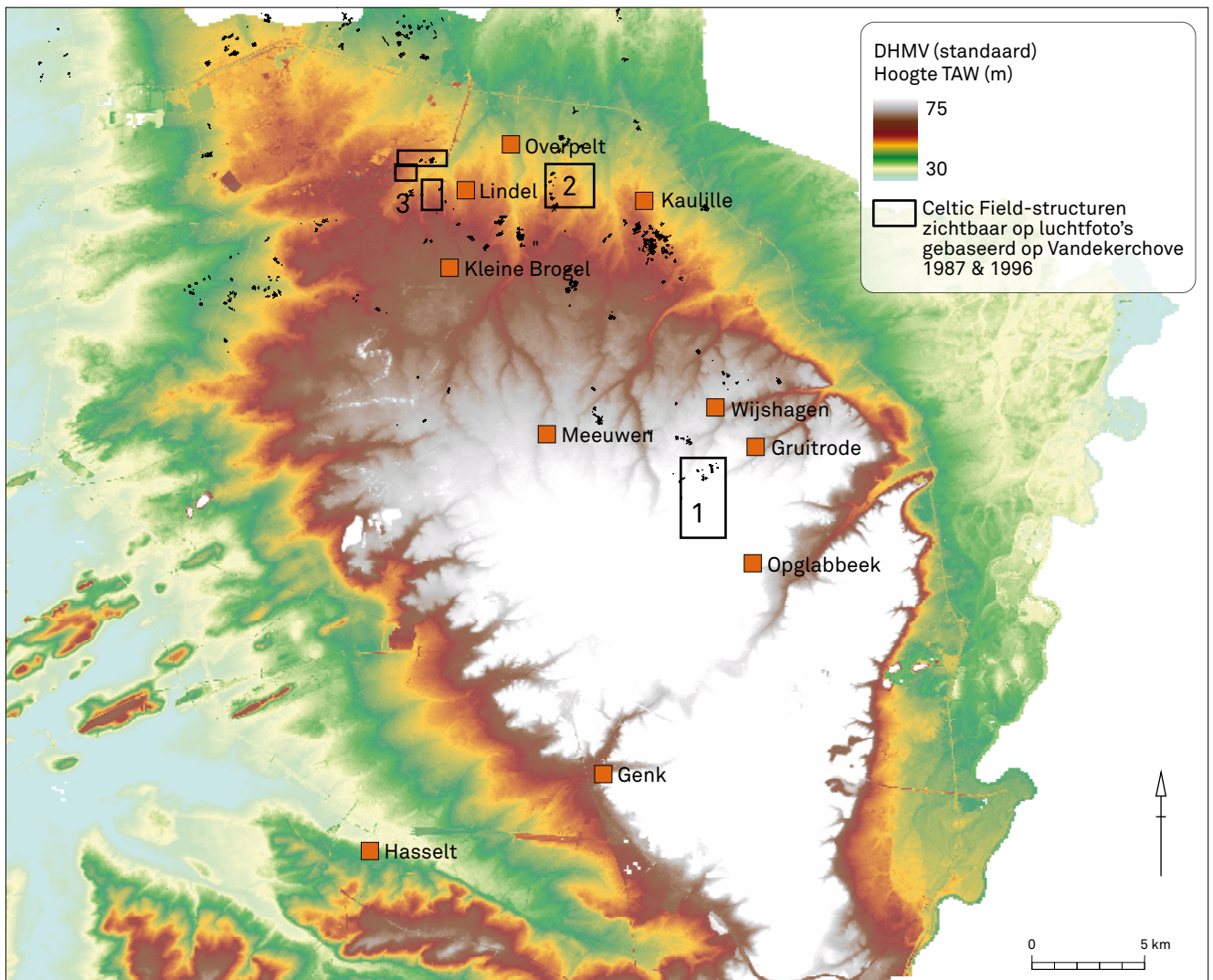
<sup>8</sup> Een belangrijke studie in dit verband is Dufrane 1985.

<sup>9</sup> De kaarten die hiervoor werden gebruikt zijn Ferraris 1771-1777, Bonniver 1830-1839, Vandermaelen 1846-1854, MGI 1877, 1935, NGI 1955, 1975, 1995 en Atlas van de buurtwegen 1841.

<sup>10</sup> Nederlands: *raatakkers*.

<sup>11</sup> Brongers 1976.

<sup>12</sup> Voor een algemeen overzicht zie Spek *et al.* 2003; merkwaardig is dat deze auteurs België of Vlaanderen niet in dit overzicht vermelden. Voor Groot-Brittannië: Bowen & Fowler 1966; Fowler 1983; Fowler 2000. Voor Duitsland: Behre 2000; Zimmermann 1976. Voor Nederland: Jager 2008; Kooistra & Maas 2008; Milikowski 1985; Willemsse 2009; Oude Rengerink 2004. Voor Denemarken: Nielsen 1984 en Nielsen & Clemmensen 1995.



**FIG. 1** DHM van het Kempisch plateau met aanduiding van de onderzoeksgebieden. 1: Muisvenner-Ophoverenheide; 2: Kolisbos; 3: Lindelse Heide/Holven, en aanduiding van andere gekende Celtic Field-complexen op basis van luchtfotografie.

*DEM of the 'Campine Plateau' with indication of the study areas. 1: Muisvenner-Ophoverenheide; 2: Kolisbos; 3: Lindelse Heide/Holven, and indication of other known Celtic Field complexes based on aerial photography.*

De systematische prospectie en kartering van deze akkercomplexen begon vooral vanaf de jaren 70<sup>13</sup>, toen meer en meer luchtfotografische bronnen vlakdekkend beschikbaar werden. Door de goede zichtbaarheid van vele van deze complexen, vooral in akkerland (voornamelijk via *soil marks*) of in weiland (via *shadow marks*), lag de nadruk van het onderzoek vooral op kartering. Opgravingen en natuurwetenschappelijk onderzoek werden in deze periode slechts zeer zelden uitgevoerd, zodat het relatief lang geduurd heeft voordat er enig inzicht kwam in de chronologie en het exacte karakter van deze kleinschalige akkercomplexen (*cf. infra*).

In Nederland werd in de archeologie en het landschapsonderzoek al vanaf 2001 gebruik gemaakt van vlakdekkende la-

seraltimetrische opnames, namelijk het *Actueel Hoogtebestand van Nederland* (AHN)<sup>14</sup>, vergelijkbaar met het *Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen* (*cf. infra*). Toepassing van het AHN maakte duidelijk dat Celtic Field-complexen doorgaans uitgestrekter waren dan op basis van luchtfotografische bronnen bekend was. Daarnaast werden via het AHN ook nieuwe complexen ontdekt. Hierbij blijken Celtic Fields ook voor te komen in gebieden waar ze voorheen niet gekend waren, bijvoorbeeld in de regio van Midden-Limburg (Herkenbosch, Ospel en Venlo)<sup>15</sup>. In Nederland is het AHN dan ook een standaardinstrument geworden voor de evaluatie en het beheer van deze complexen<sup>16</sup>. Het vormt daarbij één van de eerste stappen in het onderzoek en de evaluatie van Celtic Field-systemen<sup>17</sup>.

<sup>13</sup> Brongers 1976; Metz 1976.

<sup>14</sup> Waldus & van der Velde (red.) 2006.

<sup>15</sup> Verhart & Janssen (in druk).

<sup>16</sup> Jager 2008; Oude Rengerink 2004; Willemse 2009.

<sup>17</sup> Spek *et al.* 2010.

## 1.2 Het onderzoek in Vlaanderen

Ook in Vlaanderen lag de nadruk van het onderzoek tot nog toe op prospectie via luchtfotografische bronnen. Brongers vermeldde als eerste enkele *Celtic Fields*, op basis van foto's van het Nationaal Geografisch Instituut (NGI). Hierdoor geïnspireerd voerde Luc Van Impe in de Limburgse Kempen voor het eerst onderzoek op basis van foto's van het Ministerie van Landsverdediging<sup>18</sup>. Later volgde nog aanvullend onderzoek met gebruik van verschillende reeksen luchtfoto's<sup>19</sup>, waarbij prehistorische akkercomplexen in de gemeenten Bocholt-Kaulille, Peer en Meeuwen-Gruitrode geïnventariseerd werden. Ten slotte werd onderzoek uitgevoerd door Vandekerchove, opnieuw op basis van foto's van het NGI<sup>20</sup>. Deze laatste studie omvatte een vlakdekkend onderzoek van een groot gedeelte van de Belgische Kempen, waarbij eveneens nieuwe sporen als *Celtic Fields* werden geïnterpreteerd. Na een evaluatie van deze studie kunnen sommige toewijzingen, vooral in de Antwerpse Kempen, allicht niet als *Celtic Fields* weerhouden worden.

Op basis van een kritische evaluatie van de bovenstaande bronnen is het kerngebied van de verspreiding van *Celtic Fields* in Vlaanderen vooral te situeren op en aan de rand van het Kempisch plateau (fig. 1).

## 2 Celtic Fields: huidige inzichten

Het terreinwerk dat in de laatste decennia werd uitgevoerd was vooral gericht op het beter begrijpen van de opbouw en fasering van *Celtic Fields*. Vooral de walstructuren waren daarbij het voorwerp van onderzoek<sup>21</sup>. Belangrijke nieuwe inzichten, onder andere over het landgebruik, werden vooral verkregen door recente onderzoeksprojecten in Engeland<sup>22</sup>, Duitsland<sup>23</sup> en Nederland<sup>24</sup>. Hieronder volgt een beknopt overzicht.

In Engeland groeide de interesse voor prehistorische akkerbouw al in de jaren 60 en 70. De meeste aandacht ging in die periode naar de *Celtic Fields* en ijzertijdnederzettingen in *Fyfield* en *Overton Downs*<sup>25</sup>. Later vond onderzoek plaats tussen 1992 en 1995. Het was gericht op de conservatie en het beheer van de vele goed bewaarde aarden monumenten (nederzettingen, omheinde plaatsen, versterkte hoogtes en prehistorische akkerlanden) in de *Salisbury Plain Training Area*<sup>26</sup>. Naast het synthetiseren van gekende gegevens werd hierbij ook nieuw onderzoek verricht naar de relatie tussen de aanwezige nederzettingen en de *Celtic Fields*. Daarbij werd onder andere ook geofysisch en paleo-ecologisch onderzoek (mollusken, plantenresten) toegepast. Door het uitvoeren van ruimtelijke analyses gericht op de chronologische ontwikkeling van de *Celtic Field*-complexen, verkreeg men meer inzicht in de transformatie van akkers naar graasland voor vee en de impact van de intensifiëring van de landbouw<sup>27</sup>. Het paleo-ecologisch onderzoek wees op de teelt van spelttarwe en gerst, in geringe mate ook van emmertarwe<sup>28</sup>. De akkercomplexen van de *Salisbury Plain* bereikten hun hoogtepunt op het einde van de ijzertijd en aan het begin van de Romeinse periode<sup>29</sup>.

Bij fosfaatanalyses op *Celtic Fields* in Noordwest-Duitsland werd op basis van het hogere fosfaatgehalte in de wallen (600-900 ppm) ten opzichte van de akkerbodems (50-150 ppm) aangetoond dat bij het akkeren meststoffen werden gebruikt. De meting van het fosfaatgehalte van de verschillende stratigrafische eenheden bracht bovendien aan het licht dat er verschillende opbouwfasen waren in de onderzochte *Celtic Field*-complexen<sup>30</sup>.

Ook bij het onderzoek van *Celtic Fields* in Zeijen (Drenthe, Nederland) werd gebruik gemaakt van fosfaatanalyses. Deze toonden aan dat de akkerlanden in vergelijking met de omliggende heidegronden aanzienlijk hogere fosfaatgehalten hadden, wat opnieuw wijst op het gebruik van meststoffen. De akkercomplexen dateren er uit de ijzertijd en de Romeinse periode<sup>31</sup>. Het onderzoek van botanische resten en pollen in Drenthe toont een open landschap met graslandvegetatie (*Poaceae*), met de aanwezigheid van elzenbos (*Alnus*) in de lagere, nattere gedeelten van het landschap<sup>32</sup>. Ook hier worden verschillende fasen in het ontstaan van de *Celtic Fields* herkend. Het gericht ontwikkelen van de walstructuur lijkt daarbij te situeren in de latere stadia van de *Celtic Field*-ontwikkeling (midden-/late ijzertijd en vroeg-Romeinse periode). Vanaf de midden-ijzertijd wordt een intensivering van het gebruik van de *Celtic Field*-complexen vastgesteld.

De Hingh deelt de ontwikkeling van *Celtic Fields* op in vier fasen<sup>33</sup>. De eerste fase, van het laat-neolithicum tot en met de bronstijd, is een 'pre-Celtic Field'-fase waar er sprake is van extensieve landbouw, die gekenmerkt wordt door een graduele intensifiëring en verschuivingen in de exploitatie van het land. Om een stuk grond klaar te maken, wordt er gebruik gemaakt van de *slash-and-burn*-techniek. Vanaf de late bronstijd tot en met de vroege ijzertijd (fase 2) wordt er systematisch gebruik gemaakt van het eergetouw. Vervolgens worden in de midden-ijzertijd (500-250 v.Chr.)(fase 3) geleidelijk aan de wallen gevormd. De late ijzertijd (fase 4) wordt gekenmerkt door een intensieve grondbewerking en een sterke ophoging van de wallen. De *Celtic Fields* worden waarschijnlijk verlaten in de 1e eeuw na Chr. en vervangen door een 'infield/outfield'<sup>34</sup>-systeem. Dit is een indeling van het land waarbij de intensief gebruikte akkerlanden en weilanden zich rond de nederzetting bevinden, met op grotere afstand de extensief gebruikte weilanden. De wijdere omgeving bestaat uit bosgebied en woeste gronden<sup>35</sup>.

In België zijn er recentelijk nieuwe denkpijlers ontwikkeld over de totstandkoming van de *Celtic Fields* en hun specifieke plaats als regionale economische 'kernen'<sup>36</sup>. De ontwikkeling van het landschap tijdens historische tijden, onder meer het ontstaan van middeleeuwse plaggengronden en stuifzandgebieden, en de bebossing tijdens de eerste helft van 20ste eeuw ten gevolge van de oprichting van de steenkoolmijnen, zijn echter een belangrijke beperking voor een compleet begrip van de bewoningsgeschiedenis van de metaaltijden in deze regio.

18 Van Impe 1977.

19 Creemers et al. 1987, 35-43.

20 Vandekerchove 1987 en 1996.

21 Onder meer door: Fokkens & Roymans 1991; Fokkens 1998; Spek et al. 2003; Zimmerman 1976.

22 Cf. o.a. ook Fries-Knoblach 1996 en 1999.

23 Behre 2000.

24 Spek et al. 2003.

25 Bowen 1978.

26 Fulford et al. 2006, 143-144.

27 *Ibidem*, 1-3 en 143-144.

28 *Ibidem*, 156.

29 McOmish et al. 2002, 152-153.

30 Behre 2000, 139-140.

31 Spek et al. 2003, 147-148.

32 Spek et al. 2003, 155, 162.

33 De Hingh 2000, 34-35.

34 Bloemers & van Dorp (red.) 1991, 283.

35 Spek et al. 2003.

36 Creemers & Van Impe 2009 a & b.

### 3 Het gebruik van laseraltimetrie en het DHM Vlaanderen bij archeologische prospecties en evaluaties

#### 3.1 De principes van laseraltimetrie

Laseraltimetrie, beter bekend als ‘*Airborne Laser Scanning*’ (ALS) of ‘*Light Detection and Ranging*’ (Lidar) is een relatief nieuwe techniek<sup>37</sup>, maar heeft desondanks al een hele evolutie doorlopen. Het basisprincipe berust op het zenden van laserpulsen naar het aardoppervlak vanuit een vliegtuig of een helikopter. Deze pulsen, met ongeveer 25cm diameter, worden gereflecteerd door één of meerdere objecten. Per laserpuls ontstaan er zo één of meerdere echo’s die terug opgevangen worden door een scanner.

Er bestaan momenteel twee verschillende types scanners: enerzijds conventionele (‘*discrete echo*’) en anderzijds zogenaamde ‘*full waveform*’-scanners. Bij de conventionele scanners worden meestal twee (‘*first & last pulse*’) tot maximaal vier gereflecteerde echo’s opgevangen. Bij de opmaak van een DHM van het aardoppervlak worden steeds enkel de ‘*last pulse*’-echo’s gebruikt. Dit betekent dat bijvoorbeeld in een bosgebied het bladerdek, als dit niet te dicht is, gedeeltelijk wordt weggefilterd. Op deze manier kan er, in tegenstelling tot de luchtfotografie, doorheen het bladerdek ‘gekeken’ worden.

De resolutie die met dit soort scanners kan bereikt worden kende recent een enorme vooruitgang. De standaard (gefilterde) producten zoals het DHMV en het AHN die aangemaakt werden in het begin van dit millennium, hebben resoluties van één meetpunt voor enkele tientallen vierkante meters. De brondatabestanden van het DHMV bieden echter een hogere resolutie (cf. *infra*). Momenteel hebben dergelijke scanners de mogelijkheid om met één scan verschillende tientallen meetpunten per m<sup>2</sup> te registreren. Dergelijke scans zijn in Vlaanderen slechts voor een beperkt aantal zones beschikbaar, bijvoorbeeld voor de kustvlakte<sup>38</sup>.

De *full waveform*-scanners registreren de volledige ‘golf’ van de echo’s in een digitale datastroom. Hierdoor kunnen ook andere dan de topografische eigenschappen van objecten in kaart gebracht worden (bv. bodemvochtigheid, aard van begroeiing).

De meeste bestaande laseraltimetriscie opnames, zoals het *Actueel Hoogtebestand Nederland* en het *Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen*, zijn aangemaakt met conventionele scanners.

#### 3.2 Het gebruik van laseraltimetrie voor archeologische prospecties

De meeste toepassingen van laseraltimetrie in de internationale prospectiearcheologie maken tot nog toe gebruik van conventionele scanners<sup>39</sup>. Hierbij staan de mogelijkheden voor de detectie van sites met aarden monumenten in bosgebieden dikwijls centraal<sup>40</sup>. *Full waveform*-scanners bieden de mogelijkheid om meer echo’s die van het lage vegetatiedek afkomstig zijn, te verwijderen. Dit resulteert in een preciezer en meer gedetailleerd model. Er zijn nog niet veel toepassingen bekend binnen de archeologische prospectie<sup>41</sup>.

#### 3.3 Het DHM Vlaanderen en het gebruik ervan in de Vlaamse archeologie

De opnamen voor het *Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen* gebeurden van 2001 tot 2004. Voor 95% van de oppervlakte werd hierbij gebruik gemaakt van laseraltimetrie. Voor sterk bebouwde zones (ca. 5% van Vlaanderen) werd gebruik gemaakt van fotogrammetrie. De technische ondersteuning en verwerking van de gegevens gebeurt door het Agentschap GIS-Vlaanderen. Het standaardbestand dat momenteel voor heel Vlaanderen beschikbaar is heeft een resolutie van 1 meetpunt op 20m<sup>2</sup><sup>42</sup>. Dit bestand is echter een sterk gefilterde versie van het oorspronkelijke brondatabestand, dat een gemiddelde resolutie heeft van 1 meetpunt per 4m<sup>2</sup>.

Ondanks de vele mogelijkheden van het DHM Vlaanderen<sup>43</sup>, werd hiervan tot nog toe slechts sporadisch gebruik gemaakt binnen de Vlaamse archeologie. Voorbeelden zijn bekend in het kader van prospectie<sup>44</sup> en in functie van de evaluatie van aarden monumenten<sup>45</sup>. Het gebruik van zowel het standaardbestand als het brondatabestand in het kader van de evaluatie van de midde-neolithische *causewayed enclosure* van Ottenburg toonde de meerwaarde aan van het ‘hoge’ resolutiebestand voor de detectie van aarden monumenten onder bos<sup>46</sup>.

Voor het *Celtic Fields*-onderzoek dat onderwerp is van dit artikel waren eveneens zowel het standaard DHMV als de brondatabestand beschikbaar. Dit laat toe de mogelijkheden van beide resoluties voor de detectie en kartering van *Celtic Fields* met elkaar te vergelijken.

### 4 Analyse van het DHM Vlaanderen op Celtic Field-complexen

#### 4.1 Vraag- en doelstellingen

De belangrijkste vraagstelling van dit project is het toetsen van de bruikbaarheid van laseraltimetrie, en meer bepaald de verschillende versies van het DHM Vlaanderen, voor de detectie en eerste evaluatie van de bewaringstoestand van *Celtic Fields* in Vlaanderen. Hierbij werden drie projectgebieden gekozen, met name deze waar de eerste analyse van het DHM Vlaanderen de gunstigste resultaten aanduiden, hoewel ook in andere gebieden mogelijke *Celtic Field*-structuren zichtbaar zijn<sup>47</sup>.

De DHM-analyses zijn gericht op het in kaart brengen van de verschillende *Celtic Field*-complexen, waarbij ook getracht wordt een eerste inschatting te maken van hun morfologie en bewaringstoestand. De relatie met het huidige landgebruik is hierbij van groot belang, met name de aanwezigheid van historisch stabiele bosgebieden. Op deze manier kunnen de gaafste delen van de complexen herkend worden, op basis waarvan verdere onderzoeks- en beheersstrategieën kunnen worden opgebouwd.

#### 4.2 Methodiek van de DHM-analyses

De interpolatie, visualisatie en analyse van het DHMV gebeurde met behulp van de GIS-software *ArcGIS 9.2*, met de extensie *Spatial Analyst*. Oorspronkelijk werd de *natural neighbor*-interpo-

37 Wehr & Lohr 1999.

38 Deronde *et al.* 2004.

39 Crutchley & Crow 2009; Holden *et al.* 2002.

40 Devereux *et al.* 2005; Risboll *et al.* 2006; Sittler & Schellberg 2006.

41 Doneus *et al.* 2008.

42 De Man & Brondeel 2004; OC-GIS Vlaanderen 2003.

43 De Man *et al.* 2005.

44 Pieters *et al.* 2006.

45 De Bie & Adriaenssens 2009; Meylemans 2009.

46 Vanmontfort *et al.* 2003; Vanmontfort *et al.* 2006.

47 Paesen 2009.

latietechniek gebruikt<sup>48</sup>. In het overzicht hieronder werd echter telkens gebruik gemaakt van de interpolatietechniek *Inverse Distance Weighted* (IDW)<sup>49</sup>, die analoog is aan de verwerking van het AHN in de Nederlandse *Celtic Field*-karteringen<sup>50</sup>. De aangemaakte rasters hebben een resolutie met rastercellen van respectievelijk 25m<sup>2</sup> (het standaard DHMV) en van 1m<sup>2</sup> (de rasters afgeleid van het brondatabestand). Gezien het grote volume van deze hogeresolutiedata werden slechts de zones verwerkt waar op het standaard DHMV *Celtic Fields* herkend werden. Het standaard DHMV met 'lage' resolutie werd dus gebruikt voor een ruimere prospectie rond de door luchtfotografie gekende complexen, terwijl de brondata werden gebruikt voor een nadere evaluatie en detailkartering.

Voor de visualisatie werden verschillende kleurenschalen en -intervallen getest. Hieruit bleek dat het gebruik van een grijswaardenkleurenschaal meestal het beste resultaat bood.

De rasterbeelden van het standaard DHMV werden 30% doorzichtig gemaakt en gecombineerd met een *hillshade*-verwerking van het DHM, zodat een 2,5 D beeld verkregen werd.

De brondata waren georganiseerd in vliegstroken, waardoor telkens verschillende bestanden per *Celtic Field*-complex moesten geanalyseerd worden. Voor de visualisatie van deze bestanden behielden we deze indeling in vliegstroken. Op die manier kon meer detail weergegeven worden doordat de grijswaarden verdeeld zaten over een beperkt hoogte-interval. Deze beelden werden niet gecombineerd met een *hillshade*-verwerking omdat bleek dat bij deze visualisatiemethode vage sporen verdwenen.

In het hieronder volgende overzicht per *Celtic Field*-complex wordt telkens een algemeen overzicht afgebeeld van de ligging van de *Celtic Fields* in het landschap op basis van het standaard DHMV, alsook de detailbeelden van de verschillende *Celtic Field*-complexen op basis van de brondata. Dit laat ook toe het verschil in mogelijkheden tussen beide producten voor de detectie en kartering van *Celtic Fields* te illustreren. Het overzicht via het standaard DHMV biedt bovendien een goed beeld van de topografische en geomorfologische inplanting van de *Celtic Fields*. Het DHMV toont daarbij een groot aantal andere landschappelijke elementen, zoals de morfologie van stuifzandcomplexen en andere antropogene relicten en sporen van het recentere cultuurlandschap. In het overzicht per complex is ook aandacht voor deze aspecten, vooral wanneer ze een invloed hebben op de detectie of bewaring van de *Celtic Fields*.

Ten slotte experimenteerden we met complexe interpolaties zoals *kriging* en het filteren van de microtopografie van het landschap om de *Celtic Field*-structuren te isoleren<sup>51</sup>. Dit leverde echter geen duidelijke meerwaarden op.

### 4.3 De Muisvenner- en Ophovenerheide in Meeuwen-Gruitrode

#### ◉ Situering en gekende gegevens

De Muisvenner- en Ophovenerheide zijn een bos- en akkergebied gelegen in Meeuwen-Gruitrode, op het centrale gedeelte van het Kempisch plateau (fig. 1). Het gebied bevindt zich nabij

de waterscheidingslijn tussen het Schelde- en het Maasbekken. Gedurende de ijstijden maakte het gebied deel uit van de Maas-Rijndelta. Vooral tijdens het laat-pleistoceen werd de regio bedekt met dekzanden. Verschillende waterlopen, waaronder de Aabeek, de Wijshagerbeek en de Itterbeek, hebben hun bronnen in de directe omgeving. Rond 1870 was het nog steeds onontgonnen gebied<sup>52</sup>, vandaar de vele *heide*-toponiemen. De ontginningsgeschiedenis begon, zoals in een groot gedeelte van de Limburgse Kempen, pas aan het einde van de 19de en het begin van de 20ste eeuw<sup>53</sup>, of zelfs eerder in de jaren 20-30 voor de minder vruchtbare gebieden<sup>54</sup>. Een aantal percelen werd nooit beakkerd en werd ten behoeve van de opkomende mijnbouw aan het begin van de 20ste eeuw dadelijk beplant met inlandse den.

De via luchtfotografie gekende *Celtic Fields* liggen in de akkerlanden aan de oostkant van het staatsbos Muisvenner- en Ophovenerheide (fig. 2). Van Impe merkte ze voor het eerst op in 1977<sup>55</sup>. Later kwamen nog meer structuren aan het licht door onderzoek van verschillende reeksen van luchtfoto's<sup>56</sup>, en werd het gebied ook intens geprospecteerd. Dit leverde verschillende concentraties op van schervenmateriaal uit de metaaltijden en ook verschillende tot dan toe niet gekarteerde grafvelden uit de metaaltijden. Het areaal van de akkercomplexen bleek zich aanzienlijk verder uit te strekken dan oorspronkelijk gedacht. De akkercomplexen werden ook gekarteerd door Vandekerchove<sup>57</sup>. Met de karteringsgegevens van deze studie, vooral deze aangeduid in de Antwerpse Kempen, dient in sommige gevallen echter voorzichtig omgesprongen te worden. Dit vooral omdat ze binnen het bestek van de studie niet konden getoetst worden aan andere reeksen van luchtfoto's. In een aantal gevallen gaat het zeker niet om *Celtic Fields*. We hebben er dan ook voor gekozen om de complexen die door Vandekerchove werden aangeduid weer te geven als rasters op de figuren.

Verder geven luchtfoto's uit de jaren 80 nog interessante aanvullingen<sup>58</sup>. De *soilmarks* zijn goed herkenbaar vanwege hun honingraatstructuur. Ze zijn licht van kleur en tonen de wallen van de *Celtic Fields*. Op de luchtfoto's van de laatste decennia zijn ze minder goed traceerbaar, en lijken ze door landbouwactiviteiten meer en meer te vervagen.

Het complex heeft een oppervlakte van ten minste 3,5 km x 1,5 km (ongeveer 5 km<sup>2</sup> of 500 ha). Het bevatte gezamenlijk ten minste 2000 akkers van ongeveer 40 x 40 m.

Heel wat vondsten die naar aanleiding van verschillende intensieve inventarisatie- en opgravingscampagnes werden gekarteerd, doen vermoeden dat het plateaugedeelte van de Muisvenner- en Ophovenerheide vanaf het laat-neolithicum en vooral vanaf de bronstijd (o.a. de gekende *Tuudsheuvel*, een grafheuvel uit de midden-bronstijd) geleidelijk aan bezet werd. Hierbij ontstond er binnen dit landschap allicht een eerste vorm van ruimtelijke indeling<sup>59</sup>. Tijdens de ijzertijd duiden de archeologische bronnen op een toename van de bewoningsintensiteit in het gebied. Verschillende vondsten uit het einde van de 19de en

48 Paesen 2009.

49 Voor een bespreking van deze verschillende interpolatietechnieken zie Waldus & Van der Velde (red.) 2006, 6-10.

50 Kooistra & Maas 2008.

51 Zie bv. Humme *et al.* 2006.

52 Dufrane 1985, bijlage landgebruikskaart Limburg rond 1870, op basis van historische kaarten.

53 Allemeersch *et al.* 1988, 69-72; Dufrane 1985, 21; Van Impe 1992a, 256.

54 Burny 1999, 84-86.

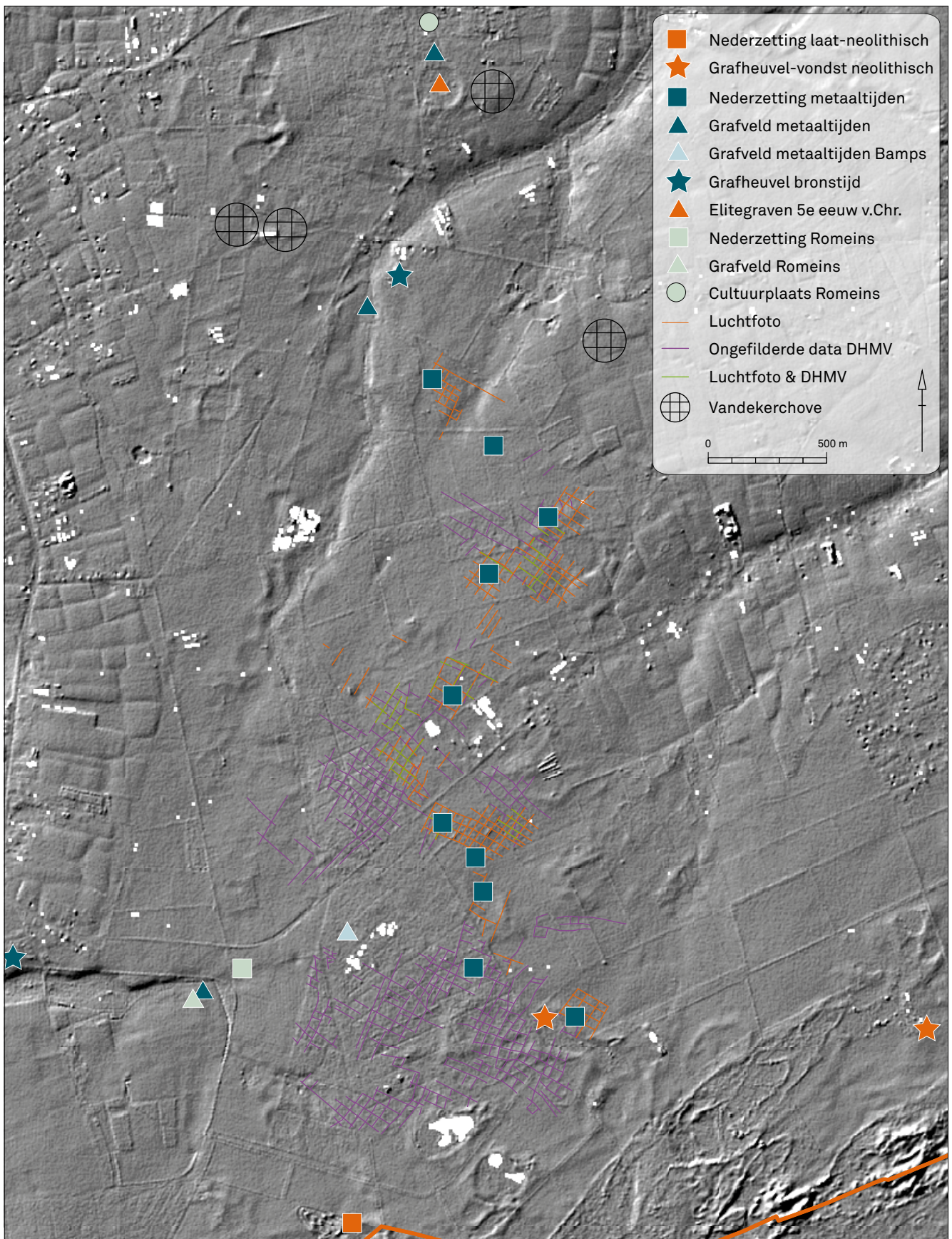
55 Van Impe 1977.

56 Creemers *et al.* 1987, 35-42.

57 Vandekerchove 1987.

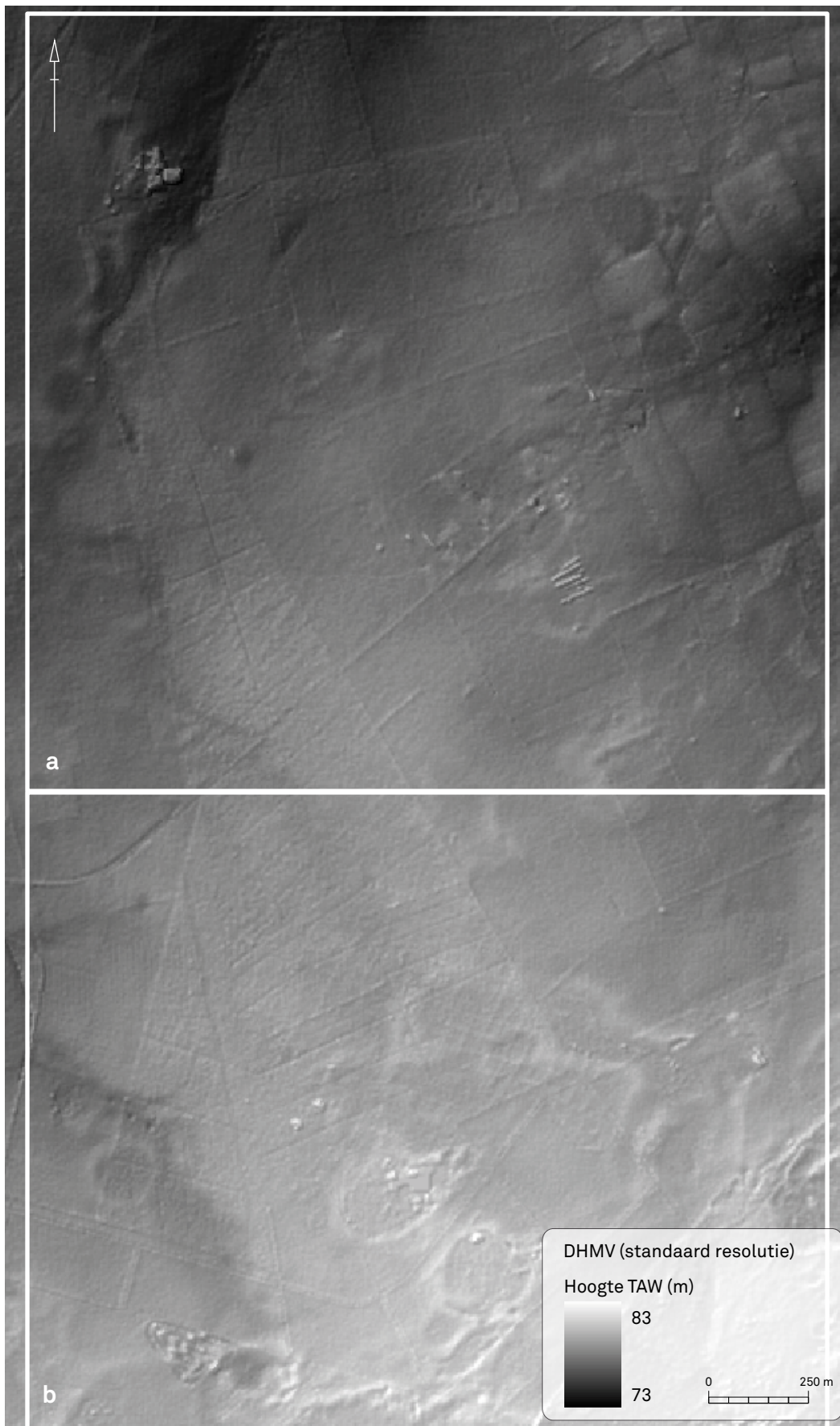
58 Paesen 2009, 72-75 & Luchtfoto Eurosense 26/1/2, uitgave 1987 (opname 1986).

59 Over de ruimtelijke indeling van het landschap tijdens de bronstijd, zie Arnoldussen & Fokkens 2008; Fontijn & Arnoldussen 2006.



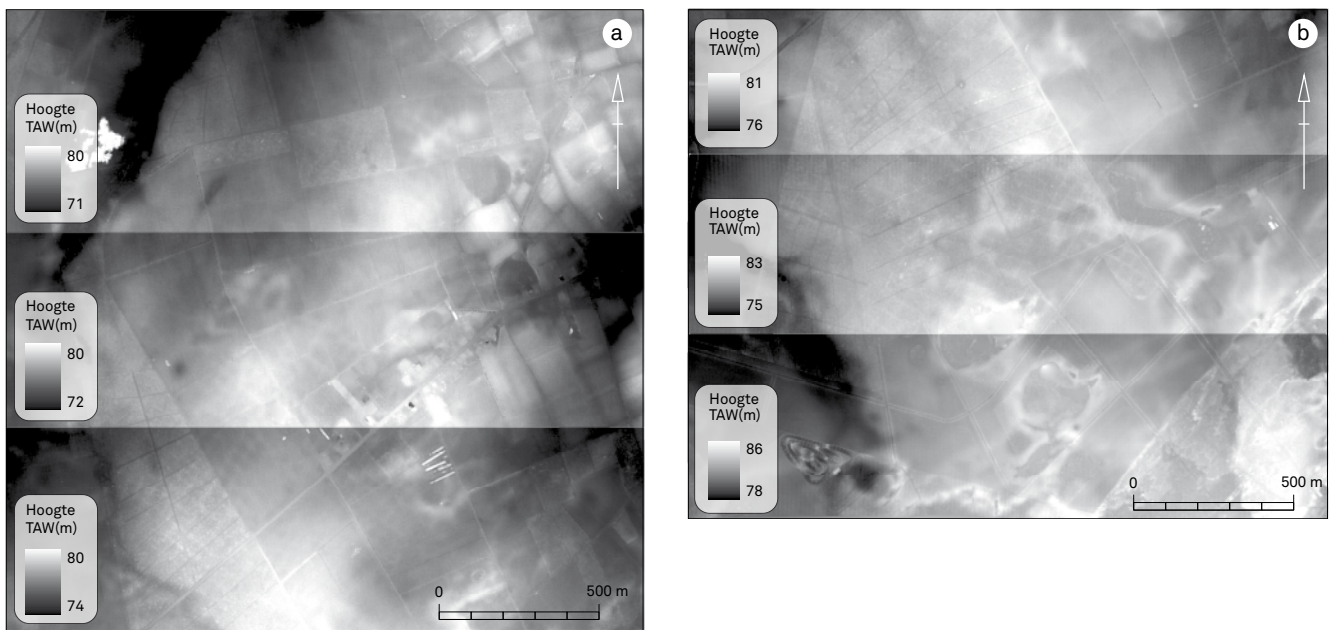
**FIG. 2** De Muisvenner-Ophovenerheide en nabije omgeving op een *hillshade*-verwerking van het DHMV, met aanduiding van de herkende *Celtic Fields* uit luchtfotografie en DHM-analyses, en gekende archeologische vondsten.

*The Muisvenner-Ophovenerheide and surroundings on a hill shade image of the standard-resolution DEM, with indication of the known Celtic Fields based on aerial photographs and DEM analysis, and known archaeological sites.*



**FIG. 3a-b** Beeld van standaardbestand van het DHMV van het Celtic Field-complex van de Muisvenner-Ophovenerheide.

*Image derived from the standard-resolution DEM of the Muisvenner-Ophovenerheide Celtic Field complex.*



**FIG. 4a-b** Beelden van het brondatabestand van het DHMV van het *Celtic Field*-complex van de Muisvenner-Ophovernerheide (cf. fig. 3 voor situering).

*Images derived from the high-resolution DEM of the Muisvenner-Ophovernerheide Celtic Field complex.*

het begin van de 20ste eeuw<sup>60</sup>, maar ook uit de jaren 80 tonen aan dat er tijdens de metaaltijden verschillende grafvelden<sup>61</sup> waren net ten westen en ten noordwesten van de gekende akkercomplexen. Over de duur van de bezetting is niets geweten. De gekende 5de-4de-eeuwse elitegraven van Wijshagen-Rieten en een grafveldje uit de 3de eeuw<sup>62</sup> liggen op slechts 1 km ten noorden van de akkercomplexen. Het is een bekend gegeven dat een opkomende elite zich vaak liet begraven op een geïsoleerde plek, buiten de reguliere grafvelden, op een kruising van wegen of op een goed zichtbare plaats in het landschap. Dit fenomeen is bijvoorbeeld ook voor de elite van de vroege ijzertijd in de Moezelstreek vastgesteld<sup>63</sup>. Mogelijk had deze elite uit de vroege La Tène-periode de controle over de akkercomplexen van Meeuwen-Gruitrode, of zelfs over de bredere regio. Een datering van de akkercomplexen, die een dergelijke hypothese zou kunnen ondersteunen, ontbreekt echter vooralsnog. Ook tijdens het einde van de metaaltijden en tijdens de Romeinse periode bleef de regio bewoond. De bekende gegevens in verband met het

belang van de akkercomplexen van Meeuwen-Gruitrode werden onlangs geëvalueerd<sup>64</sup>.

Op slechts enkele kilometers ten westen en ten noordoosten van het *Celtic Field*-complex van Muisvenner- en Ophovernerheide bevinden zich nog twee kleinere akkercomplexen: Meeuwen-Gielisheide en Bree-Gerkenberg<sup>65</sup>.

#### ◉ Analyses van het DHMV

Het standaard DHMV toont duidelijke en voorheen ongekende *Celtic Field*-structuren in het zuidwestelijke gedeelte van het gekende complex in het meest zuidelijke deel van de huidige bossen. Vaag zijn ook de structuren zichtbaar in het noorden van de boscomplexen en in het akkerland ten oosten hiervan (fig. 3a-b). De analyse van het brondatabestand dat in deze zone een gemiddelde resolutie heeft van ca. 1 meetpunt op 3,2 m<sup>2</sup>, bevestigt en verduidelijkt dit patroon. Vanwege de uitgestrektheid van dit complex wordt deze analyse in twee afbeeldingen voorgesteld (fig. 4a-b).

<sup>60</sup> Onder andere een grafveld te *Donderslag*, Gruitrode: Bauwens-Lesenne 1968; Bamps 1894, 30; Dens 1897, 234; de Loë 1931, 68; Stroobant 1907, 288, die eraan toevoegt: Gruitrode *Donnerslag au radical Thor*. De exacte ligging van het grafveld is niet bekend, maar door de nieuwe gegevens in het kader van deze studie kunnen de zones waarbinnen het grafveld al dan niet gesitueerd kan worden vrij nauwkeurig omschreven worden. De zone waarbinnen dit grafveld zich bevindt, staat op de kaart met een apart symbool afgebeeld (Grafveld Bamps 1894). De *Tuudshewel* in Gruitrode (Mariën 1947; Mariën 1952, 210-211; Roosens 1960) werd destijds verkeerdelijk gelokaliseerd in Wijshagen.

<sup>61</sup> Creemers & Van Impe 1992. Het grafveldje, te dateren aan het einde van de ijzertijd en het begin van de Romeinse periode, ligt net iets ten westen van het gebied waarin de *Celtic Fields* werden waargenomen.

<sup>62</sup> Van Impe 1989; Van Impe & Creemers 1991. Daarnaast is er net ten zuidwesten van de *Tuudshewel* in het begin van de jaren 80 van de 20ste eeuw een klein grafveldje, vermoedelijk uit de Hallstatt C/D-periode, ontdekt. Het materiaal (een tweetal fragmentaire urnen, vermoedelijk Harpstedturnen) is niet gepubliceerd. Het bevindt zich in het Gallo-Romeins Museum in Tongeren. Mogelijk gaat het hier over het grafveld dat door Dens 1897, 234 bedoeld wordt ('Wijshagen-Riethen').

<sup>63</sup> Kossack 1972; Nortmann 2003 & 2007; Steuer 2006. Het is goed mogelijk dat het bekende 'graf van Eigenbilzen', waarvan we tegenwoordig vermoeden dat het allicht om meerdere graven gaat (Creemers & Van Impe 2009b), ook op een geïsoleerde plek lag ten opzichte van de bewoning in de metaaltijden.

<sup>64</sup> Voor een volledig overzicht van de bekende gepubliceerde en niet-gepubliceerde gegevens zie Creemers & Van Impe 2009a.

<sup>65</sup> Gielisheide: Creemers *et al.* 1987, 41. Gerkenberg: niet gepubliceerd. Beide complexen zijn o.a. goed herkenbaar op luchtfoto's Eurosense 26/1/1 & 18/5/4, uitgave 1987 (opname 1986).





**FIG. 5** Meeuwen-Gruitrode, Ophovenerheide. Zicht op het huidige landschap (© Gallo-Romeins Museum Tongeren).  
*Community of Meeuwen-Gruitrode, Ophovenerheide. A view of the current landscape.*



**FIG. 6** Meeuwen-Gruitrode, Ophovenerheide. Zicht op één van de bosdreven waarin heel vaag een lichte verhoging van een Celtic Field-wal zichtbaar is (© Gallo-Romeins Museum Tongeren).  
*Community of Meeuwen-Gruitrode, Ophovenerheide. Current view of one of the forest roads, on which the slight ridge of a Celtic Field plot is vaguely discernible.*

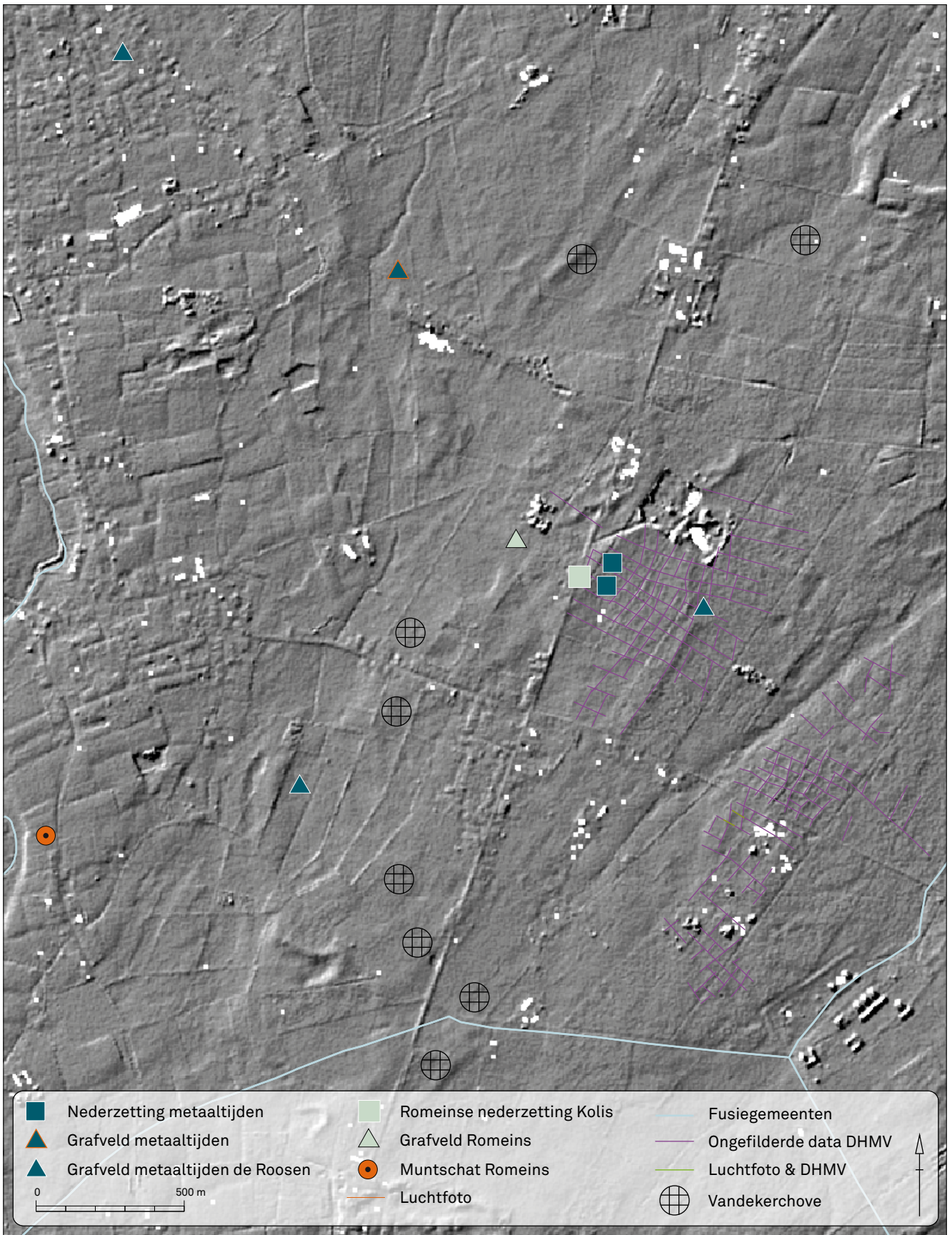
De *Celtic Field*-structuren, waarvan de hoger gelegen wallen duidelijk herkenbaar zijn, kunnen onder nagenoeg het hele bosareaal geïdentificeerd worden. Het complex strekt zich verder uit in het akker- en weiland ten oosten en noordoosten van de bossen (fig. 5). Een aantal van deze relictten is nog zichtbaar als een lichte verkleuring op de orthofoto's van 1986 en van 2003. Ten slotte is nog een aantal veldjes zichtbaar in een kleiner bosareaal ten noorden hiervan. Buiten de hoger vermelde structuren ten oosten en noordoosten van het bosgebied zijn de eerder door luchtfotografie ontdekte *Celtic Fields* niet zichtbaar op de digitale hoogtemodellen (DHM's).

Van noord naar zuid is het zichtbare complex ca. 3,5 km lang, terwijl het een breedte bereikt van ca. 1,5 km. Net zoals de eerder door luchtfotografische bronnen geïdentificeerde sporen, is dit complex noord-oost/zuid-west geïntendeerd. De individuele velden zijn ongeveer 40 x 40 m groot. Op het brondatabestand is het verschil tussen de hoogte van de wallen en de veldjes zelf in het zuidelijke gedeelte van het complex, waar de wallen schijn-

baar het best bewaard zijn, ongeveer 20 tot 30 cm. Uiteraard dienen deze gegevens in de toekomst geïntendeerd te worden door middel van een gedetailleerde terreinopname (fig. 6).

Vooraf aan de westkant tonen de DHM's verder dat het complex vrij scherp begrensd wordt door een lager gelegen zone die de aanzet naar de vallei van de Aabeek vormt. Verschillende lineaire depressies vertrekken van de rand van of op het plateau waarop het *Celtic Field*-complex gelegen is en sluiten aan bij deze vallei. De juiste aard van deze depressies is zonder verder terreinonderzoek niet te duiden.

Een ander fenomeen dat duidelijk zichtbaar wordt op de DHM's is het stuifzandgebied in het zuid-zuidwesten. Het betreft de rand van een uitgestrekt complex dat ook op de bodemkaart is aangeduid. De morfologie van dit stuifzandgebied wordt in deze rand gekenmerkt door enkele cirkelvormige deflatiekommen, waarin zich in enkele gevallen vennetjes hebben ontwikkeld. Dergelijke structuren zijn typisch voor dit gebied<sup>66</sup>. We vermoeden dat deze recente zandverstuivingen onrechtstreeks



**FIG. 7** Het Kolisbos en nabije omgeving op een *hillshade*-verwerking van het DHMV, met aanduiding van de gekende *Celtic Fields* gebaseerd op luchtfotografie en DHM-analyses, en gekende archeologische vondsten.  
*The Kolisbos and surroundings on a hill shade image of the standard-resolution DEM, with indication of the known Celtic Fields based on aerial photographs and DEM analysis, and known archaeological sites.*

hebben bijgedragen tot de conservatie van de akkerwallekes in de topografie van het terrein. De gedeeltelijk overstoven gronden waren immers aan het einde van de 19de en het begin van de 20ste eeuw, toen men de heide ging ontginnen, niet interessant voor akkerbouw. Daardoor heeft men allicht gekozen om er naaldbossen op te planten.

Aan de oostkant van het *Celtic Field*-complex tonen de DHM's dan weer een systeem van 'bolle akkers'. Deze plaggenbodems zijn gedeeltelijk ook aangeduid op de bodemkaart (profielontwikkeling 'm'). Deze ontginningswijze heeft er mogelijk voor gezorgd dat een gedeelte van het *Celtic Field*-complex momenteel niet meer waarneembaar is.

Ten slotte vermelden we nog dat ten zuiden van het *Celtic Field*-complex, in de rand met het stuifzandgebied, duidelijk enkele lineaire 'wallen' zichtbaar zijn, die omwille van hun rechtlijnigheid niet tot het stuifzandcomplex kunnen behoren. Het gaat om twee parallelle structuren van ongeveer 2 km lang, noord-oost-zuidwest georiënteerd, parallel verlopend en ongeveer 80 m van elkaar gescheiden. Ze worden enkel onderbroken door één van de deflatiekommen en recente verstoringen. Gedeelten van deze structuren zijn ook zichtbaar op de recente kleurenorthofoto's, als lichtere verkleuringen. Een andere lineaire 'wal' van ongeveer 1 km lengte lijkt hierbij aan te sluiten. Uiteraard is een verdere karakterisering van deze structuren, en een eventuele relatie met de *Celtic Fields*, zonder nader onderzoek niet vast te stellen.

#### 4.4 Het Kolisbos

##### ◉ Situering en gekende gegevens

Het *Kolisbos* is gelegen op 2,5 km ten zuiden van het centrum van Sint-Huibrechts-Lille (gemeente Neerpelt), vlak bij de gemeentegrenzen van Kaulille (gemeente Bocholt-Kaulille) en Kleine

Brogel (gemeente Peer). Het gebied bestaat tegenwoordig voornamelijk uit bos en akkers. Volgens de kaart van Vandermaelen (1846-1854) was de omgeving rond 1850 nog heidegebied. Rond 1870 was de situatie nog steeds onveranderd<sup>67</sup>. Allicht werd het gebied grotendeels ontgonnen aan het einde van de 19de en het begin van de 20ste eeuw. Daarbij werd ten behoeve van de mijnbouw een aantal percelen dadelijk beplant met inlandse den, waardoor ze nooit aan akkerbouw ten prooi zijn gevallen<sup>68</sup>. Net als de andere gekende akkercomplexen ligt het *Kolisbos* op laatpleistocene dekzanden.

Vandekerchove was de eerste die in de akkerlanden rondom het *Kolisbos Celtic Fields* waarnam<sup>69</sup>. Het is niet duidelijk of deze *Celtic Fields* direct aansluiten bij de reeds bekende complexen van Kaulille<sup>70</sup>. Op dit ogenblik zijn we geneigd te denken dat de *Celtic Field*-complexen zoals ze nu gekarteerd zijn, in combinatie met de gegevens van het DHMV (fig. 7), deel uitmaken van een akkercomplex uit de metaaltijden. Dit staat enerzijds in relatie met een mogelijk kleiner grafveld uit de ijzertijd dat zich aan het *Kolisbos*, op een 400-tal meter ten westen van de Kollisloop binnen het *Celtic Field*-complex bevindt<sup>71</sup>, en anderzijds met het bekende grafveld uit de late bronstijd en de vroege ijzertijd van *de Roosen* in Neerpelt. Dit uitgestrekte grafveld ligt op minder dan 1 km ten noordwesten van de door ons gekarteerde akkercomplexen<sup>72</sup>. Een derde bekende grafveld uit de metaaltijden bevindt zich op iets meer dan 1000 m ten zuidwesten van het *Celtic Field*-complex, op de plaats *Schietheuvel*<sup>73</sup>. Vermits op deze plaats urnfragmenten met kerfneversiering voorkomen, lijkt dit grafveld uit de late bronstijd te dateren. Ten slotte zijn er nog grafvondsten uit de vroege La Tène-periode op de plaats *Smelen*<sup>74</sup>, gelegen ten noordwesten van *de Roosen*. Het is dus wel duidelijk dat de bewoning tijdens de metaaltijden erg intens moet geweest zijn. De aanwezigheid van akkercomplexen hoeft dan ook geen verwondering te wekken.



**FIG. 8** Neerpelt-Kolis: zicht op één van de bosdreeven waarin heel vaag een lichte verhoging van een *Celtic Field*-wal zichtbaar is (© Gallo-Romeins Museum Tongeren).

*Community of Neerpelt. Kolisbos. Current view of one of the forest roads, on which the slight ridge of a Celtic Field plot is vaguely discernible.*

<sup>67</sup> Dufrane 1985, bijlage landgebruikskaart Limburg rond 1870, op basis van historische kaarten.

<sup>68</sup> Allemeersch *et al.* 1988, 69-72; Dufrane 1985, 21; Van Impe 1992a, 256.

<sup>69</sup> Vandekerchove 1987, 101-105, Afb. 18/1235; Vandekerchove 1996, Fig. 5 & 8.

<sup>70</sup> Van Impe 1977.

<sup>71</sup> Claassen 1989, 38-40; Lesenne 1990a, 108.

<sup>72</sup> Beex & Roosens 1961; Coninx & Creemers 1988, 18-20; Desittere 1968, 136 & fig 78, 1-3;

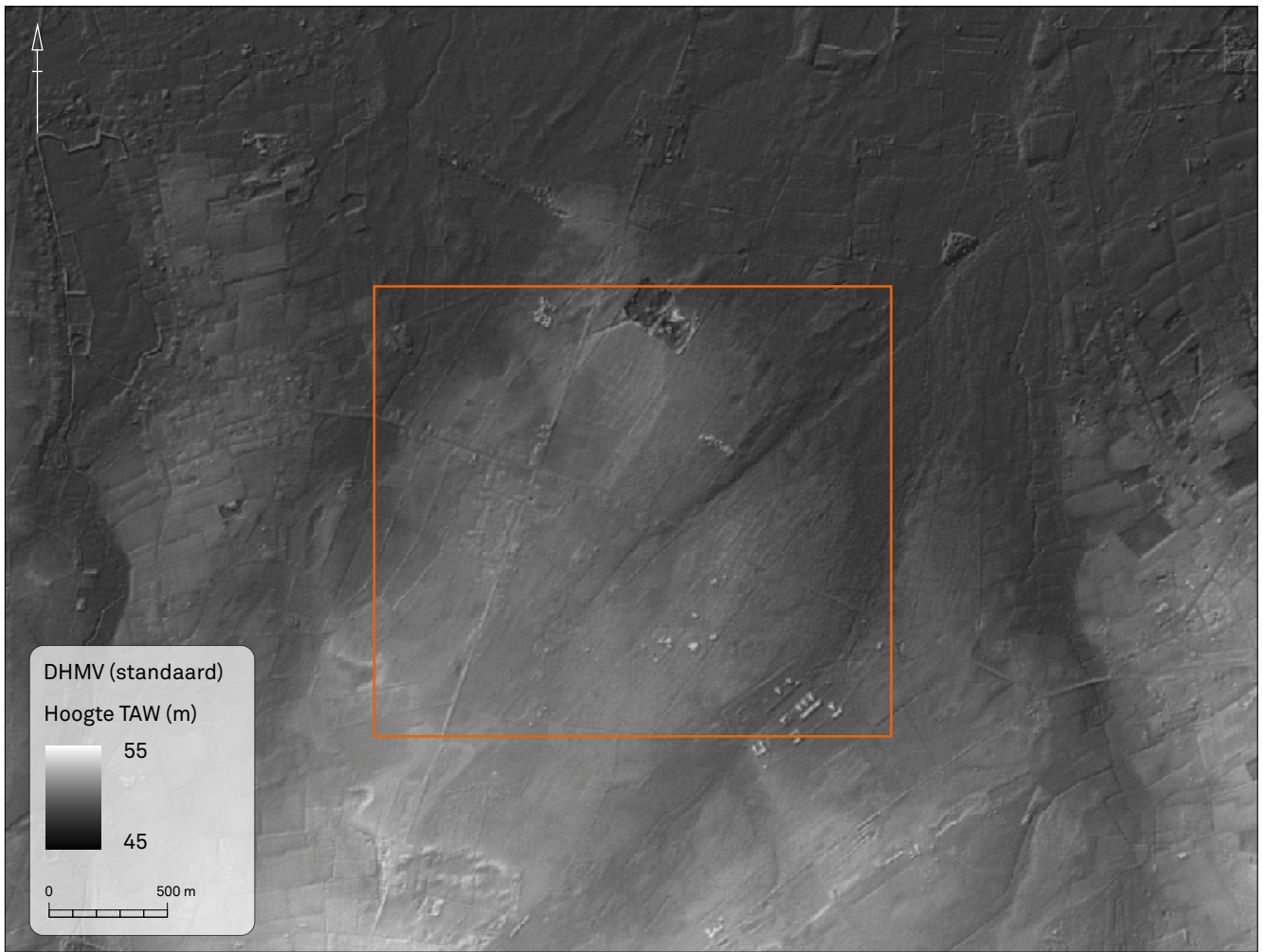
Engels 1982, 63-70; Lanting 1976; Meex 1972, 25-27; Roosens & Beex 1960; Roosens & Beex

1961; Roosens & Beex 1962; Van Impe *et al.* 1973. Bauwens-Lesenne 1968 vermeldt, en dit geldt voor alle oudere vondsten, de volledige bibliografie t.e.m. 1968. De graven die door Stroobant op *Bet-*

*temus Heide* vermeld worden, zouden volgens de opgravers van *de Roosen* ook tot dit laatste grafveld behoord hebben: Roosens & Beex 1960; Stroobant 1921; Meex 1972, Deel I, 27.

<sup>73</sup> Engels 1982, 31-32; Meex 1972, 25; Roosens 1964; Stroobant 1921, 219 e.v.

<sup>74</sup> Coninx & Creemers 1988; Smeesters 1972.



**FIG. 9** Beeld van standaardbestand van het DHMV van het *Celtic Field*-complex van het Kolisbos.  
*Image derived from the standard-resolution DEM of the Kolisbos Celtic Field complex.*

De hier behandelde akkercomplexen zijn gelegen ten oosten van een Romeins grafveldje<sup>75</sup> (fig. 8). Een Romeinse nederzetting<sup>76</sup> die het karakter van een gewone plattelandsbewoning oversteeg, ontwikkelde zich binnen het areaal van het bestaande akkercomplex uit de metaaltijden. Zo is er vrij rijk vondstmateriaal opgegraven (o.a. munten, email-fibulae, paardentuig) en zijn er ook aanduidingen van metaalbewerking. Waarschijnlijk staat deze vermoedelijk belangrijke nederzetting in verband met de vele vondsten uit de Romeinse tijd die in de wijdere omgeving gedaan werden<sup>77</sup>. Helaas is het archeologisch onderzoek dat in het verleden op de *Kolis* is gedaan, al te rudimentair uitgevoerd om er verregaande conclusies uit te trekken. Volgens de opgravers lag er binnen het areaal van de opgegraven Gallo-Romeinse nederzetting ook een woning uit de ijzertijd. Recent archeologisch onderzoek heeft wel een aantal interessante

gegevens met betrekking tot de begrenzing van de Romeinse bewoning en met betrekking tot de bewoning tijdens de metaaltijden opgeleverd<sup>78</sup>. Tijdens dit onderzoek kwamen heel wat handgevormde scherven aan het licht die in elk geval van voor de Romeinse tijd dateren. Hoewel dit materiaal verder gedetailleerd onderzoek vraagt, kan men er met vrij grote zekerheid van uitgaan dat het hier om nederzettingmateriaal gaat, afkomstig van 'zwervende erven'<sup>79</sup>.

#### ⊙ Analyses van het DHMV

Het standaard resolutie DHMV toont duidelijk *Celtic Field*-structuren gelegen in het *Kolisbos* (fig. 9)<sup>80</sup>. Het gaat om twee clusters, van elkaar gescheiden door een zuidwest-noordoostgeoriënteerde lineaire depressie. Deze depressie is ook zichtbaar op de bodemkaart en is ongetwijfeld te interpreteren als een ero-

<sup>75</sup> Claassen 1998, 42-44. Mondelinge mededeling Yvo Coninx.

<sup>76</sup> Claassen 1991; Claassen 1998; Claassen 2003a & b; Coninx & Creemers 1988, 28-29; Indekeu *et al.* 1989, 70; Lesenne 1988 & 1990b; *S.n.*, *Archeologie* 1962, 2, 51.

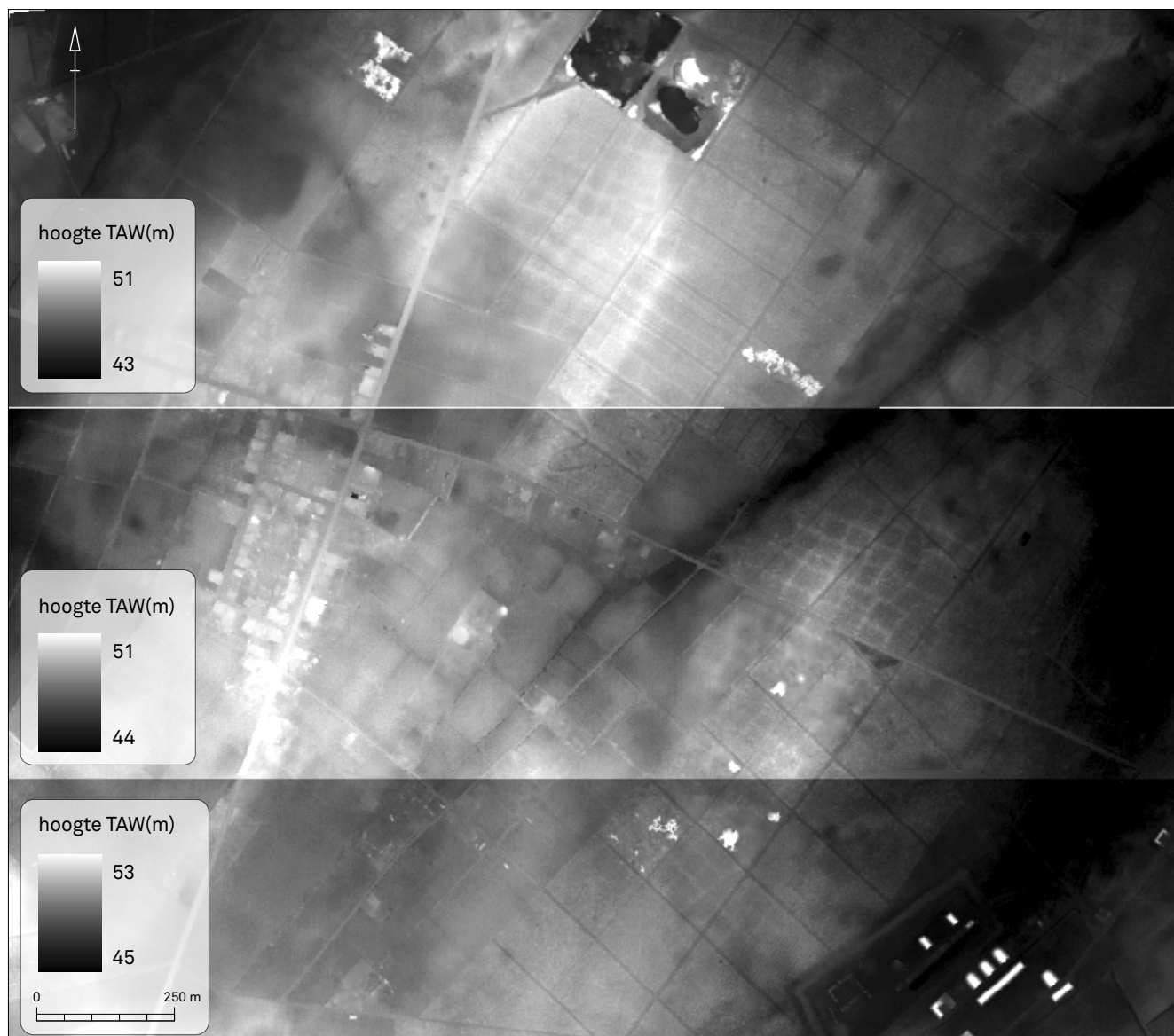
<sup>77</sup> Onder andere een bekende 1e-eeuwse

muntschat van het *Herent*, op ongeveer 2 km ten zuidwesten van de akkercomplexen: Claassen 1965 & 1991, 27-31; Thirion 1967, 128-129 en Romeinse vondsten nabij *Het Hostie/Marsvelden* op iets meer dan 1 km ten oosten van de akkercomplexen, op het grondgebied van Kaulille: Claassen 1991, 26; Schuermans 1863, 180-181, voetnoot 2.

<sup>78</sup> Joosten & Vaes 2006.

<sup>79</sup> Dit areaal kan naar het noorden wat uitgebreid worden door oppervlaktevondsten, vondstmelding Yvo Coninx.

<sup>80</sup> Paesen 2008, 56 & fig. 127-132.



**FIG. 10** Beelden van het brondatabestand van het DHMV van het Celtic Field-complex van het Kolisbos.  
*Images derived from the high-resolution DEM of the Kolisbos Celtic Field complex.*

siegeul. Het complex dat gelegen is in het noordwesten bevindt zich direct ten zuiden van de huidige zandontginningen. Deze zijn op het DHMV duidelijk zichtbaar. Buiten het bosgebied zijn geen Celtic Field-structuren zichtbaar.

De analyse van het brondatabestand, dat in deze zone een gemiddelde resolutie heeft van 1 meetpunt op 3,9 m<sup>2</sup> (fig. 10), laat toe beide Celtic Field-complexen en de individuele velden beter en duidelijker te herkennen en af te bakenen. Ten opzichte van het standaard DHMV zijn er bovendien bijkomende akkers vaag zichtbaar, vooral in het zuiden van de zuidoostelijke cluster. Zoals op de *Ophovener-Muisvennerheide* betreft het velden van ongeveer 40 x 40 m grootte. De best bewaarde structuren vertonen hoogteverschillen van ongeveer 20 cm tussen de wal en de velden.

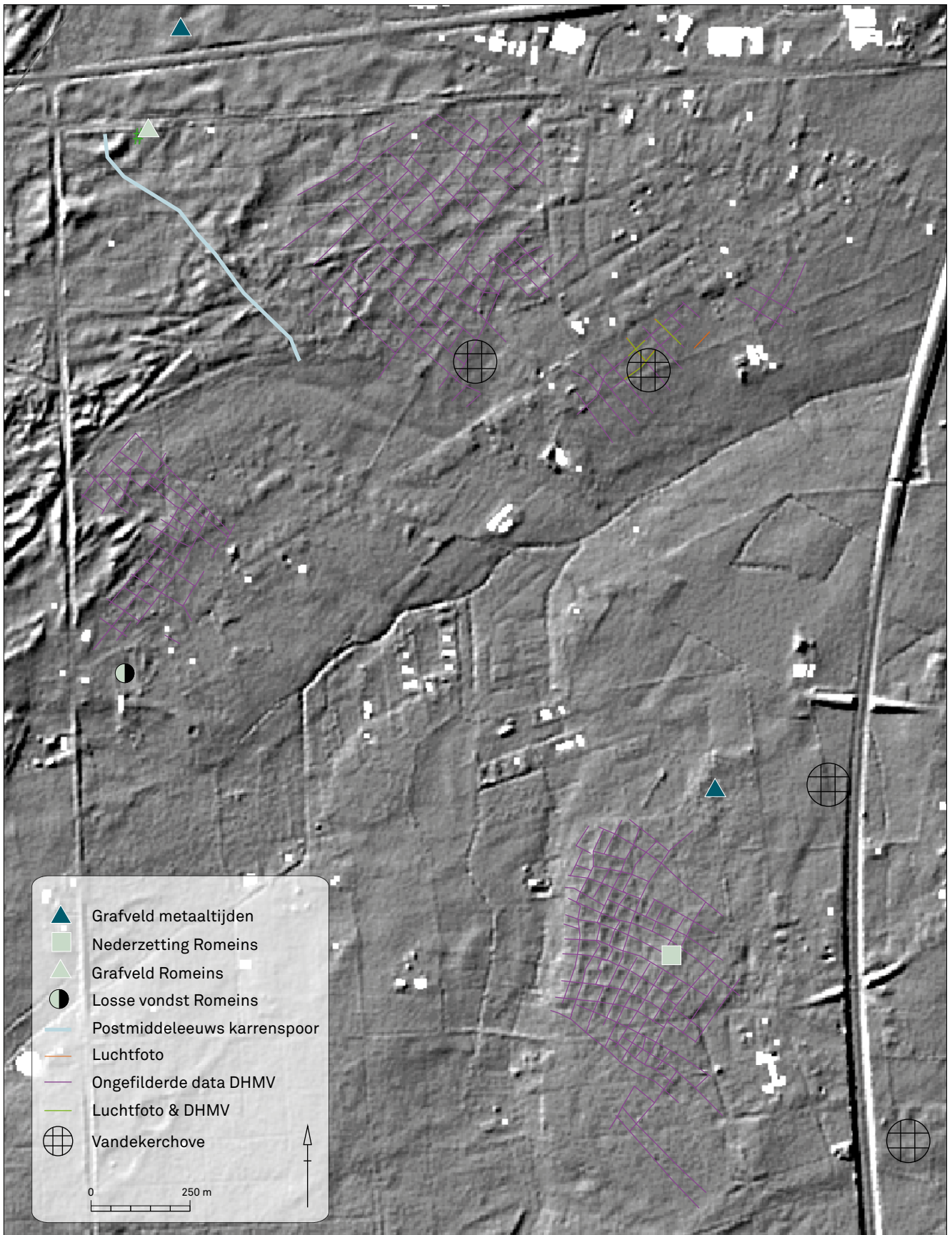
#### 4.5 Lindelse heide & Holven

##### ◉ Situering en gekende gegevens

Het gebied ligt op een drietal kilometer ten zuidwesten van de dorpskern van de gemeente Overpelt, ten westen van het gehucht *Lindel*, aan de zuidoost en de noordwestkant van de Gortebuitenloop. Vandekerchove<sup>81</sup> detecteerde al enkele *soilmarks* ten noorden van de *Lindelse Heide*. Het gebied is sinds lang bekend als een archeologisch rijke zone (fig. 11). De geschiedenis van de opgravingen gaat ter plekke terug tot het einde van de 19de eeuw. In de tweede helft van de 20ste eeuw viel de regio ten prooi aan fervente grafplunderaars. Toch vonden er ook verschillende wetenschappelijke opgravingen plaats. Het grafveld *Hunnebergen* werd al beschreven door Charles Dens<sup>82</sup>. Naar aanleiding van een herbebossing in de jaren 80 van de vorige eeuw werd er

81 Vandekerchove 1987.

82 Dens 1897.



**FIG. II** De Lindelse Heide/Holven en nabije omgeving op een *hillshade*-verwerking van het DHMV, met aanduiding van de gekende *Celtic Fields* gebaseerd op luchtfotografie en DHM-analyses, en gekende archeologische vondsten.

*The Lindelse Heide/Holven and surroundings on a hill shade image of the standard-resolution DEM, with indication of the known Celtic Fields based on aerial photographs and DEM analysis, and known archaeological sites.*



**FIG. 12** Overpelt-Holven. Zicht op één van de boscomplexen waarin vaag lichte verhogingen van *Celtic Field*-structuren zichtbaar zijn (© Joyce Paesen).

*Community of Overpelt. Holven. Current view in one of the forested areas, with Celtic Field ridges faintly visible.*

een urnenveld uit de late bronstijd/vroege ijzertijd opgegraven<sup>83</sup>. In hetzelfde gebied, iets naar het zuiden, situeerde zich ook een Romeinse nederzetting, die evenwel aan schatgravers ten prooi gevallen is. Ten noorden van de Gortebuitenloop werd in 1957 een Gallo-Romeins grafveldje opgegraven<sup>84</sup>. Dit grafveldje bevond zich in de onmiddellijke omgeving van een Romeinse nederzetting<sup>85</sup>. Ten noorden hiervan situeerde zich een belangrijk grafveld uit de ijzertijd, met ten minste 100 graven, in Overpelt-Kruiskiezel. Het grafveld werd bij het ontginnen van de heide in de jaren 57-60 vrijwel volledig leeggeplunderd door tientallen grafplunderaars. Zo werd het plotseling nationaal nieuws. Het groeide uit tot wellicht het meest schrijnende geval van schatgraverij dat België ooit gekend heeft<sup>86</sup>. Naast een vrij rijk graf met glazen kralen, kwamen er ook Schrägrand- en Harpstedturnen voor. De site is vermoedelijk voornamelijk in de Hallstatt C- en

D-periode te situeren. Ten slotte is er nog de ontdekking van een vrijwel complete *dolium*<sup>87</sup> iets meer naar het zuiden. Het is dus duidelijk dat de regio vanaf de late bronstijd tot en met de Romeinse periode een rijke bewoning gekend heeft. Gezien de ontdekking van verschillende bekerscherven, gaat de ontginningsgeschiedenis er mogelijk, net als in Meeuwen-Gruitrode, terug tot het laat-neolithicum<sup>88</sup>.

Uiteraard moet hier niet noodzakelijk sprake zijn van bewoningscontinuïteit. Net als voor het akkercomplex aan de *Kolis* in Neerpelt stelt zich hier de vraag in welke periode de *Celtic Fields* te dateren zijn (fig. 12). Op het eerste gezicht zijn ze hier eerder in verbinding te brengen met de belangrijke grafvelden uit de metaaltijden van *Kruiskiezel* en *Hunnebergen*. Enkel toekomstig onderzoek op de akkercomplexen zelf kan hierover zekerheid brengen.

<sup>83</sup> Dens 1897; Janssen 1987; Janssen & Van Impe 1987; Engels 1982, 87-88; Meex 1972, 29; Paesen 2008; Van Impe 1992b, 535-537.

<sup>84</sup> Creemers 1988, 30-31; Vanderhoeven 1973. Het grafveldje bevond zich net ten zuiden van de spoorweg Antwerpen-Gladbach.

<sup>85</sup> Claassen 1957, 190-197.

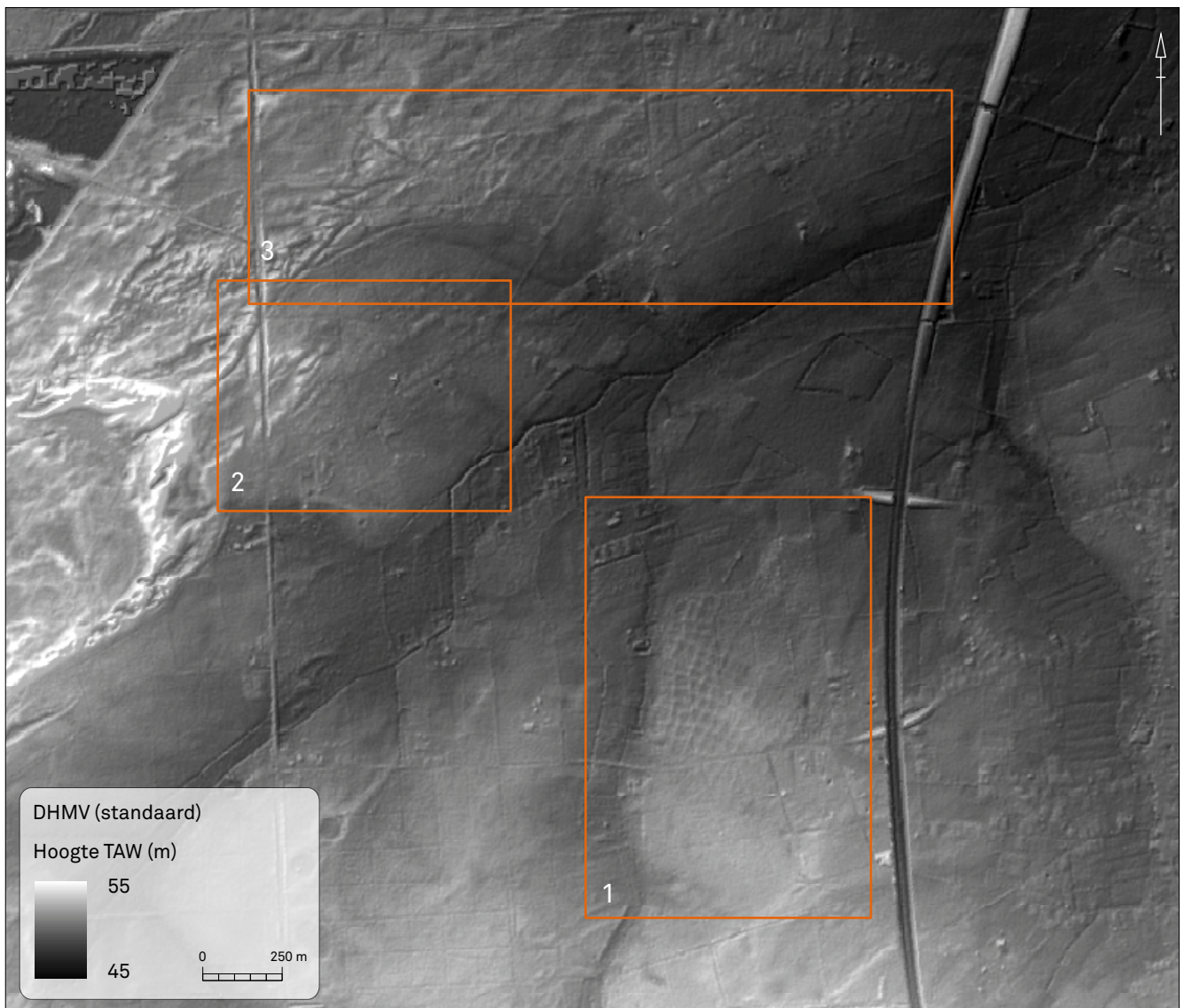
<sup>86</sup> Claassen 1962; De Laet 1957; De Laet 1961; De Laet 1979, fig. 219; Engels 1982, 46-55; Engels 1985; Goossens 1964; Goossens & Janssens 1966; Meex

1972, 28. Krantenartikels: 'Belangrijk Urnenveld ontdekt in de Heide te Overpelt. Meer dan zeventig urnen uitgegraven door amateur-oudheidkundigen – weinig interesse voor geschiedkundig document', *Belang van Limburg* 6 juni 1957; 'Oude urnen te Overpelt en Lommel opgegraven', *Het Volk*, 7 maart 1957; 'Découvertes archéologiques dans la campine limbourgeoise', *La Libre Belgique*, 24 mei 1957; Dit grafveld bevond zich ten noorden van de spoorweg, net ten oosten van de weg Hasselt-

Eindhoven. Een aantal urnen kwam in het Gallo-Romeins Museum in Tongeren terecht.

<sup>87</sup> Net zoals een aantal ijzertijdvondsten en de vondsten van het Romeinse grafveldje van *Kruiskiezel*, thans bewaard in het Gallo-Romeins Museum in Tongeren. Claassen 1959.

<sup>88</sup> Bauwens-Lesenne 1968, 193, 195, 201, 286 & 288; De Laet 1979, 329; Mariën 1952, 138-139; Smeulders 1980, 13-14.



**FIG. 13** Beeld van standaardbestand van het DHMV van het *Celtic Field*-complex van de Lindelse Heide/Holven. Image derived from the standard-resolution DEM of the Lindelse Heide/Holven Field complex.

◉ Analyses van het DHMV

Op het standaard resolutie DHMV zijn verschillende tot nog toe ongekende *Celtic Field*-complexen zichtbaar in *Lindelse Heide* en *Holven* (fig. 13), respectievelijk ten noorden en ten zuiden van de *Holvense beek*.

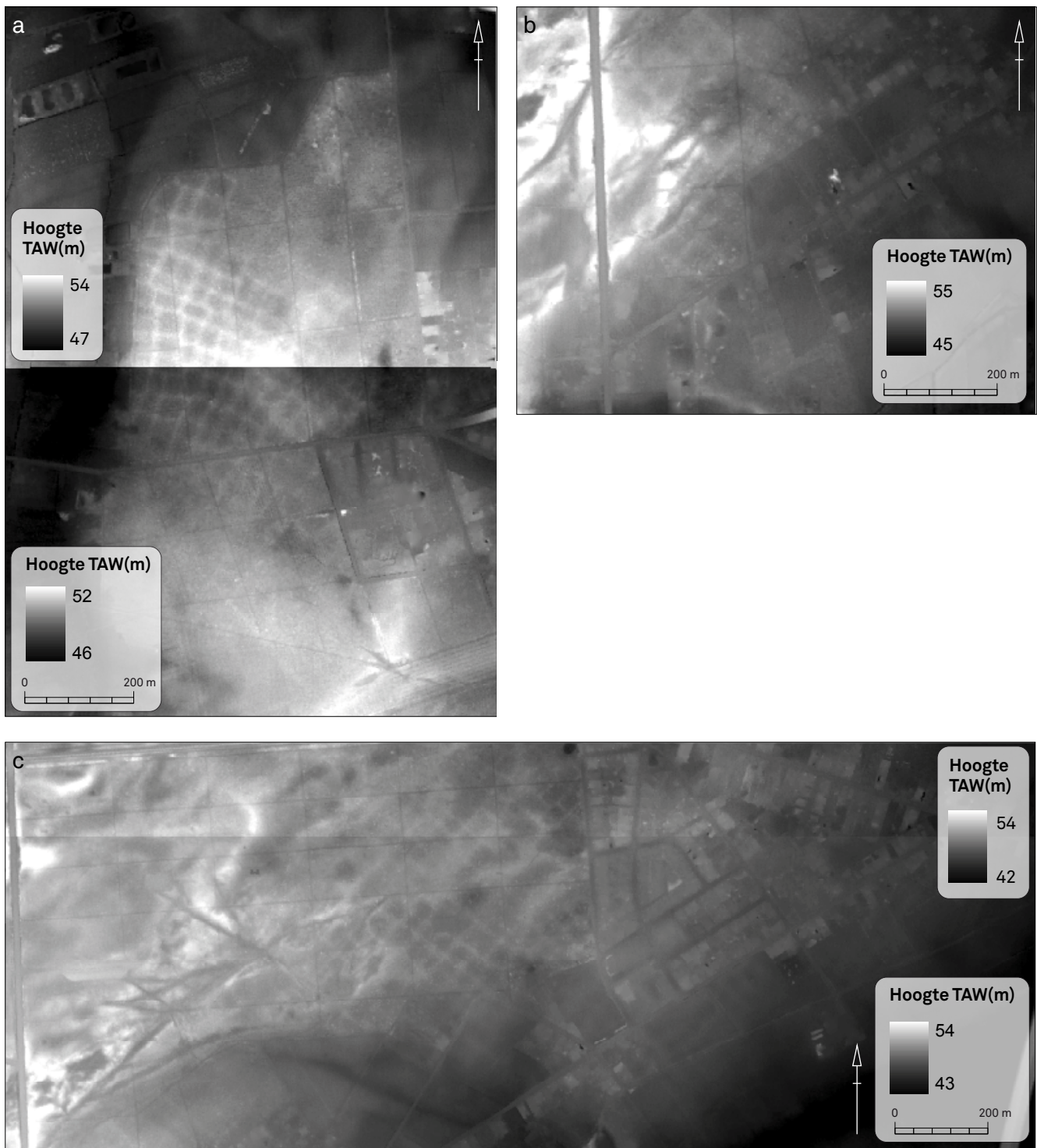
De meest zuidelijke cluster (1 op fig. 13) is enkel zichtbaar in het bosgebied. De analyse van de brondata (fig. 14a) toont hier zeer duidelijk de velden. Zoals in de andere gebieden zijn ze ongeveer 40 op 40 m groot, en eveneens ruwweg zuidwest-noordoost georiënteerd. Het hoogteverschil tussen de wallen en de velden zelf varieert van 20 tot 40 cm.

Ten noorden van de *Holvense beek* zijn twee zones (2 & 3 op fig. 13) met *Celtic Field*-structuren zichtbaar, die ongetwijfeld tot hetzelfde complex behoren. De duidelijkste structuren zijn

eveneens in bosgebied gelegen (fig. 14b-c). Ook ten zuiden en ten zuidoosten van de bewoningskern *Holheide* zijn in akker- en weilanden echter vage structuren zichtbaar. In het bosgebied wordt het complex in het westen begrensd door een gefixeerd stuifzandgebied.

Het complex aan de *Lindelse Heide* wordt aan de noordwestzijde abrupt afgesneden. De oorzaak hiervan is mogelijk een laatmiddeleeuwse ontginning, waarschijnlijk weiden of hooigronden die op de kaart van Ferraris duidelijk waar te nemen zijn aan de zuidkant van de *Holvense beek* en in de omgeving van de *Gortebuitenloop*. Mogelijk houden de karrensporen die in 1984 ontdekt werden<sup>89</sup>, en die van de *Kruiskiezel*/Pools militair kerkhof zuidoostwaarts liepen naar de *Gortebuitenloop*, verband met deze ontginning.





**FIG. 14a-b-c** Beelden van het brondatabestand van het DHMV van het Celtic Field-complex van de Lindelse Heide/Holven.  
*Images derived from the high-resolution DEM of the Lindelse Heide/Holven Celtic Field complex.*

## 5 Synthese

Tot voor kort lag de nadruk van het onderzoek van *Celtic Fields* in Noordwest-Europa bijna uitsluitend op kartering, vooral via luchtfotografie. Terreinevaluaties en opgravingen op deze akkercomplexen zijn vooralsnog schaars: hierdoor zijn vele aspecten zoals de chronologie, de opbouw of het landgebruik tot nog toe weinig gekend. Zoals enkele recentere studies<sup>90</sup> aantonen, biedt het toepassen van natuurwetenschappelijke methodes (geo-chemisch onderzoek, paleo-ecologie, micromorfologie...) in dit verband goede onderzoeksmogelijkheden.

Ook in Vlaanderen bestond het onderzoek naar *Celtic Fields* bijna uitsluitend uit kartering via luchtfotografie, door de studie van verschillende reeksen luchtfoto's vanaf de jaren 70 tot op heden<sup>91</sup>. Een evaluatie van deze gegevens toont aan dat het kerngebied van de verspreiding van de *Celtic Fields* in Vlaanderen te situeren is op het Kempisch Plateau en in de randzone daarvan.

Gestimuleerd door de goede resultaten van het gebruik van het *Algemeen Hoogtebestand Nederland* (AHN) bij de kartering en evaluatie van *Celtic Fields* in Nederland<sup>92</sup>, voerden we een onderzoek uit naar de mogelijkheden van de verschillende bestanden van het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen (DHMV) voor een evaluatie van de gekende *Celtic Field*-complexen. Hierbij werd gezocht naar historisch stabiele bosgebieden binnen en in de omgeving van de door luchtfotografie gekende sporen, in de hoop goed bewaarde akkersystemen te herkennen. De gebruikte technologie - laseraltimetrie - is immers in staat om gedeeltelijk doorheen het bladerdek te 'kijken'. In een eerste fase en gebruikmakend van het standaardbestand van het DHMV (resolutie van ongeveer 1 meetpunt op 20 m<sup>2</sup>) werden hierbij inderdaad in verschillende zones vooralsnog onbekende, goede bewaarde en uitgestrekte *Celtic Field*-complexen herkend<sup>93</sup>. De beste resultaten van deze analyse werden geboekt op de complexen van de *Muisvenner/Ophovenerheide*, het *Kolisbos* en de *Lindelse Heide/Holven*.

In een tweede fase werd het brondatabestand van het DHMV, met een gemiddelde resolutie van 1 meetpunt op 4 m<sup>2</sup>, gebruikt om deze complexen nauwkeuriger te karteren. Ten opzichte van de analyses van het standaardbestand van het DHMV toont deze kartering in alle zones bijkomende elementen. Bovendien kunnen op basis van dit bestand vrij nauwkeurige metingen worden uitgevoerd op de verschillende aarden monumenten, zodat nu al een eerste evaluatie van de dimensies en bewaringstoestand van de verschillende complexen kan gemaakt worden. In verschillende zones binnen de drie geanalyseerde complexen kan de bewaringstoestand als goed ingeschat worden. De hoogteverschillen van de wallen ten opzichte van de omsloten akkertjes, die met het blote oog evenwel niet of nauwelijks waarneembaar zijn, bedragen 20 tot 40 cm. Door de analyses van beide DHM's worden ook andere structuren zichtbaar, zoals de morfologie van het stuifzandlandschap en een aantal andere aarden monumenten. Verder terreinonderzoek zal moeten uitwijzen hoe deze zich verhouden tot de aanwezigheid en bewaring van de *Celtic Fields*.

De combinatie van de gekende gegevens uit de eerdere luchtfotografische studies met de nieuwe gegevens van de DHM-analyses tonen zeer uitgestrekte *Celtic Field*-complexen, met duizenden individuele akkertjes die waarschijnlijk gedurende verschillende eeuwen bezet bleven in een exploitatiesysteem van 'zwerfende erven'. Als we deze akkercomplexen kaderen binnen de bekende archeologische gegevens over vindplaatsen, zien we dat ze gelegen zijn in gebieden met een lange bewoningsgeschiedenis, gaande van het laat-neolithicum tot de Romeinse periode. Mogelijk gaat de ontstaansgeschiedenis van deze gestructureerde landschappen terug tot de midden-bronstijd, hoewel we voor die periode zeker nog niet kunnen spreken over *Celtic Fields*<sup>94</sup>. Het zwaartepunt van de vondsten situeert zich echter in de Hallstatt C/D-periode, met verschillende grafheuvels, nederzettingen en oppervlaktevondsten. Het is momenteel evenwel niet duidelijk of er chronologisch een (direct) verband is met de akkercomplexen. Verdere ruimtelijke analyses en terreinonderzoek zullen moeten uitmaken hoe deze sites en hun onderlinge relaties moeten geïnterpreteerd worden en hoe de evolutie in de organisatie en het gebruik van het landschap zich hiertoe verhoudt.

## 6 Conclusies en aanbevelingen

Het project toont duidelijk de bruikbaarheid van het DHM Vlaanderen aan voor het in kaart brengen van *Celtic Fields*. Naast het herkennen van meer structuren kan men met het hogere resolutiebestand van dit DHM bovendien vrij nauwkeurig de morfologie van de akkercomplexen herkennen, waarbij een eerste inschatting van hun bewaringstoestand kan gemaakt worden.

Deze analyse is een bijzonder belangrijke basis voor het uitvoeren van verder terreinonderzoek, enerzijds met wetenschappelijke doelstellingen, anderzijds gericht op het beheer van dit kwetsbaar erfgoed.

Onderzoek van deze landschappen, met behulp van natuurwetenschappelijke methoden zoals micromorfologie, paleo-ecologie enz., dient dus ook gericht te zijn op inhoudelijke vraagstukken zoals met betrekking tot opbouw, chronologie, landgebruik en de relatie met andere aanwezige sites en vondsten.

Ten slotte bieden resultaten die op basis van ons onderzoek bekomen werden eveneens perspectieven om de analyses op basis van het DHMV uit te breiden naar andere gebieden, gecombineerd met historisch onderzoek naar historisch stabiele percelen. Ongetwijfeld zullen hierbij nog *Celtic Field*-complexen, en ook andere archeologisch relevante structuren, aan het licht komen.

## Dankwoord

Speciale dank gaat uit naar de volgende personen: Linda Bogaert (Gallo-Romeins Museum Tongeren), Yvo Coninx (Heemkundige Kring Neerpelt), Ferdi Geerts (Museum Barrier Lommel), François Joosten (Heemkundige Kring Sint-Huibrechts-Lille), Guido Schalenbourg (Gallo-Romeins Museum Tongeren), Luc Van Impe, Peter Van den Hove (Agentschap Ruimte en Erfgoed).

90 Behre 2000; Spek *et al.* 2003.

91 Brongers 1976; Creemers *et al.* 1987; Paesen

2009; Vandekerchove 1987 en 1996; Van Impe 1977.

92 Jager 2008; Kooistra & Maas 2008; Willemsse

2009; Oude Rengerink 2004.

93 Paesen 2009; Paesen *et al.* 2010.

94 Arnoldussen & Fokkens 2008; Fontijn &

Arnoldussen 2006.

## Summary

### Laser altimetry and prospecting for Celtic Fields in the Campine Plateau in Belgium: possibilities and perspectives for the future

This study presents the potential of LiDAR datasets for the purpose of mapping and surveying prehistoric field systems, so-called Celtic Fields. In particular, this paper focusses on the use of Digital Elevation Models (DEMs), in this case the Digital Elevation Model of Flanders (DHMV). The Celtic Fields discussed here are situated on the Campine Plateau and the adjacent area to the north, in the province of Limburg, Belgium. Within this range, smaller study areas were selected for their potential for the detection of new well-preserved Celtic Fields, on the basis of known Celtic Fields, discovered by aerial photographs, and the presence of historically stable woodlands.

The use of LiDAR datasets and DEMs is a relatively new technique and has shown great potential when used in woodland areas, because it allows us to 'see through' the woodland canopy. The quality of LiDAR data has improved significantly over recent years, with increasing resolution of the datasets. The DHMV covers the entire area of Flanders. The standard resolution dataset has a mean resolution of 1 measure point/20m<sup>2</sup>. For this study the unfiltered high-resolution dataset, i.e. the original format, was also used, with a mean resolution of 1 measure point/4m<sup>2</sup>. An initial analysis was conducted as part of a Master's dissertation at the *Vrije Universiteit Brussels*. Seven areas were selected for this project, using aerial photographs and the DHMV. This project demonstrated the presence of unknown Celtic Fields in woodland areas and the potential of LiDAR data for surveying. For this article three areas were selected that showed the best results for the detection of Celtic Field Systems, the *Muisvenner/Ophovenerheide*, *Kolisbos* and *Lindelse Heide/Holven*.

The Celtic Fields in these three areas were closely examined using the unfiltered high-resolution dataset, and subjected to a further screening using IDW interpolation. This was done using the ArcGIS 9.2 software package, with the Spatial Analyst extension.

The *Muisvenner/Ophovenerheide* is situated on the Campine Plateau, in the municipality of *Meeuwen-Gruitrode*. It consists of woodland and arable/pasture. Celtic Fields were first discovered here as soilmarks in 1977, using aerial photographs. It was

then verified, using historical maps, whether the woodlands in the area were historically stable. Using the DHMV, new Celtic Fields were discovered in woodland adjacent to the arable fields where the soilmarks were first discovered. The Celtic Field System covers a surface of about 500 hectares; the individual fields are approximately 40 m by 40 m. Other archaeological features were discovered in the landscape as well, such as medieval fields.

*Kolisbos* is a woodland area that stretches out across three municipalities (*Neerpelt, Kaulille-Bocholt and Peer*). The woodland is interspersed with arable and pasture. The known Celtic Fields are situated just at the border between the agricultural fields and the woodland area; they were first discovered in 1987 using aerial photographs. Further analysis using DTM models has revealed a large number of additional Celtic Field plots. In the near vicinity of the field systems there are other known archaeological sites, including several Bronze Age cemeteries and a Roman settlement. The latter is situated within the complex of the field systems.

*Lindelse Heide* and *Holven* are two woodland areas in the municipality of *Overpelt*. This area has long been known to be of high archaeological interest (e.g. a Late Bronze Age/Early Iron Age urn field, a Roman settlement, etc.) Celtic Fields were first sighted in 1987 on aerial photographs, just north of the *Lindelse Heide*. Like all the other case studies, this area was also subjected to LiDAR-analysis; the results showed numerous new Celtic Field plots. The complex thus identified is both extensive and very well preserved.

Until recently the focus of the study of Celtic Field Systems was on mapping the phenomenon using aerial photographs. Field surveys and excavations are rarely carried out on these prehistoric field systems, leaving many aspects of the development of these fields, such as usage, unexplored. New methods using scientific techniques, such as geochemical analysis, paleoecological analysis etc., have the potential to provide new information. But the combination of aerial photographs and DTM is a step forward towards surveying and mapping these field systems and will provide new input for the set-up of management plans for these archaeological sites.

## Bibliografie

- ALLEMEERSCH L., GEUSENS J., STEVENS J. & RASKIN L. 1988: *Heide in Limburg*, Tielt.
- ARNOLDUSSEN S. & FOKKENS H. 2008: *Bronze Age settlements in the Low Countries*, Oxford.
- BAMPS C. 1894: *Le Limbourg primitif ou Aperçu sur les découvertes d'antiquités antérieures à la domination romaine faites dans le Limbourg belge*, Hasselt.
- BAUWENS-LESENNE M. 1968: *Bibliografisch repertorium van de oudheidkundige vondsten in Limburg, behoudens Tongeren-Koninksem*, Oudheidkundige repertoria Reeks A: Bibliografische repertoria 8, Brussel.
- BEEG G. & ROOSENS H. 1961: Een grafmonument in het urnenveld 'De Roosen' te Neerpelt (Belgisch Limburg), *Helinium* 1, 135-137.
- BEHRE K.E 2000: Frühe Ackersysteme, Düngemethoden und die Entstehung der Nordwestdeutschen Heiden, *Archäologisches Korrespondenzblatt* 30-1, Mainz.
- BLOEMERS J.H.F. & VAN DORP T. (red.) 1991: *Pre- & Protohistorie van de Lage Landen*, Houten.
- BOWEN H.C. 1978: *Celtic Fields and Ranch Boundaries in Wessex*. In: LIMBREY S. & EVANS J. (red.), *The Effect of Man on the Landscape: the lowland zone*, C.B.A Research Report 21, London.
- BOWEN H.C. & FOWLER P.J. 1966: Romano-British rural settlements in Dorset and Wiltshire. In: THOMAS CH. (red.), *Rural Settlement in Roman Britain, Papers given at a C.B.A. Conference held at St. Hugh's College Oxford 1965*, C.B.A. Research report 7, London, 43-64.
- BRONGERS J.A. 1976: *Air photography and celtic field research in the Netherlands*, Nederlandse Oudheden 6, Amersfoort.
- BURNY J. 1999: *Bijdrage tot de historische ecologie van de Limburgse Kempen (1910-1950)*, Publicatie van het natuurhistorisch Genootschap in Limburg 42, Maastricht.
- CLAASEN A. 1957: Archeologisch overzicht betreffende de vroegste geschiedenis van de Limburgse Kempen, *Het Oude Land van Loon* 12, 195-197.
- CLAASEN A. 1959: Romeinen in de Noorder Kempen, *Limburg* 38-5, 133.
- CLAASEN A. 1962: Gebroken potten, *Limburg* 9-10, 242-250.
- CLAASEN A. 1965: Romeinse vondsten, *Limburg* 44, 282-283.
- CLAASEN A. 1989: Opgravingen Grafheuvel op Kolisbos, *Het Liller Heem* 7-1, 38-40.
- CLAASEN A. 1991: Romeins in de Kempen, *Van Vrueger Joären* 20, 30-35, 39.
- CLAASEN A. 1998: *Een belangrijke Gallo-Romeinse nederzetting aan het Kolisbos*, Overpelt.
- CLAASEN A. 2003a: Archeologie: "verrassende vondsten", *Het Liller Heem* 21-2, 77-88.
- CLAASEN A. 2003b: Romeinse ijzerwinning, *Het Liller Heem* 21-3, 112-116.
- CONINX I. & CREEMERS G. 1988: Het einde van de prehistorie: de Romeinen (57 v.C. - 476 n.C.) In: CREEMERS G. (red.), *Een blik terug. Het grafveld "De Roosen" te Neerpelt en de archeologie van Noord-Limburg*, Neerpelt, 28-29.
- CREEMERS G. 1988: *Een blik terug. Het grafveld "De Roosen" te Neerpelt en de archeologie van Noord-Limburg*, tentoonstellingscatalogus, Neerpelt.

- CREEMERS G., MAES K., VAN IMPE L. & VERMEERSCH P.M. 1987: *Potten kijken. Een blik op het archeologisch onderzoek in Meeuwen-Gruitrode*, tentoonstellingscatalogus, Meeuwen.
- CREEMERS G. & VAN IMPE L. 1992: De inheems-Romeinse begraafplaats te Wijshagen Plokrooi (gem. Meeuwen-Gruitrode, Limburg), *Archeologie in Vlaanderen* II, 41-53.
- CREEMERS G. & VAN IMPE L. 2009a: Strategic Position and Economic Background of Early La Tène Elite in North-East Belgium. The Wijshagen Example. In: *Kelten am Rhein. Akten der dreizehnten Internationalen Keltologiekongresses. Erster Teil. Archäologie. Ethnizität und Romanisierung, Beihefte der Bonner Jahrbücher* 58-1, 101-108.
- CREEMERS G. & VAN IMPE L. 2009b: Eigenbilzen (Belgique, Limbourg). Une famille aristocratique de l'âge du Fer contrôlant la région. In: CESSION-LOUPPE J. (red.), *Les Celtes aux Racines de l'Europe. Actes de Colloque tenu au Parlement de la Communauté française de Belgique et au Musée royal de Mariemont les 20 et 21 octobre 2006*, Monographies du Musée Mariemont 18, Morlanwelz, 115-122.
- CRUTCHLEY S. & CROW P. 2009: *The Light Fantastic. Using airborne lidar in archaeological survey*, Rapport English Heritage, Swindon.
- DE BIE M. & ADRIAENSSENS S. 2009: Digitaal Hoogtemodel. In: BAETÉ H., DE BIE M., HERMY M. & VAN DEN BREMPT P. (red.), *Miradal. Erfgoed in Heverleebos en Meerdaalwoud*, Leuven, 74-75.
- DE HINGH A.E. 2000: *Food production and food procurement in the Bronze Age and Early Iron Age (2000-500 BC). The organization of a diversified and intensified agrarian system in the Meuse-Demer-Scheldt region (The Netherlands and Belgium) and the region of the river Moselle (Luxemburg and France)*, Leiden.
- DE LAET S.J. 1957: Een urnenveld vernield, *L'Antiquité Classique* 26, 153.
- DE LAET S.J. 1961: *Opgravingen en vondsten in de Limburgse Kempen. II. Enkele nota's over het urnenveld van Overpelt-Kruiskiezel*, *Archaeologia Belgica* 55, Brussel (= *Limburg* 40, 5-6, 139-158).
- DE LAET S.J. 1979: *Prehistorische Kulturen in het zuiden der Lage Landen*, Wetteren.
- DE LOË A. 1931: *Belgique Ancienne. Catalogue descriptif et raisonné* II. *Les âges du métal*, Brussel.
- DE MAN J. & BRONDEEL M. 2004: Het digitaal hoogtemodel Vlaanderen, *Geo-info* 2, 47-56.
- DE MAN J., CORDEMANS K., VERKEYN J. & MESTDAGH H. 2005: A Laser Based Digital Elevation Model. New Possibilities for Flemish Archaeologists In: BOURGEOIS J. & MEGANCK M. (red.), *Aerial Photography and Archaeology 2003. A Century of Information*, Gent, 151-161.
- DENS CH. 1897: Etude sur les tombelles de la Campine, *Annales de la Société d'Archéologie de Bruxelles*, 233-255.
- DERONDE B., HOUTHUYS R., STERCKX S., DEBRUYN W. & FRANSAER D. 2004: Sand Dynamics along the Belgian Coast based on Airborne Hyperspectral Data and Lidar Data, *Earsel Proceedings* 3.1, 26-33.
- DESITTERE M. 1968: *De Urnenveldenkultuur in het gebied tussen Neder-Rijn en Noordzee. Deel A + B*, Dissertationes Archaeologicae Gandenses XI, Gent.
- DEVEREUX B.J., AMABLE G.S., CROW P. & CLIFF A.D. 2005: The potential of airborne lidar for detection of archaeological features under woodland canopies, *Antiquity* 79, 648-660.
- DONEUS M., BRIESE C., FERA M. & JANNER M. 2008: Archaeological prospection of Forested Areas using full-waveform airborne Laser scanning, *Journal of Archaeological Science* 35, 882-893.
- DUFRANE F. 1985: *Bos en heide in Limburg*, Brussel.

- DUSAR M., MATTHIJS J., DREESEN R. & POESEN J. 2007: *Cirkelvormige depressies in de vlakke van Bochoolt*, *Likona* jaarboek 2007, 20-35.
- ENGELS A.M. 1982: *De brons- en ijzertijdvondsten in Limburg ten westen van de Itterbeek. Een status quaestionis*, Onuitgegeven licentiaatsverhandeling KULeuven.
- ENGELS A. 1985: De Brons- en IJzertijd te Lommel, *Te Lommele op die Campine* 11-1, 3-30.
- FOKKENS H. 1998: *Drowned Landscape - The occupation of the western part of the Frisian-Drentian plateau, 4400 BC-AD 500*, Assen/Amersfoort.
- FOKKENS H. & ROYMANS N. 1991: *Nederzettingen uit de bronstijd en de vroege ijzertijd in de lage landen*, Nederlandse Archeologische Rapporten 13, Amersfoort.
- FONTIJN D. & ARNOLDUSSEN S. 2006: Towards familiar landscapes? On the nature and origin of Middle Bronze Age Landscapes in the Netherlands, *Proceedings of the Prehistoric Society* 72, 289-317.
- FOWLER P.J. 1983: *The Farming of Prehistoric Britain*, Londen.
- FOWLER P. 2000: *Landscape Plotted and Pieced. Landscape History and Local Archaeology in Fyfield and Overton, Wiltshire*, Reports of the Research Committee of the Society of Antiquaries of London 64, London.
- FRIES-KNOBLACH J. 1996: "Celtic field"-Systeme in Dorset, England, *Archaeologia Austriaca* 90, 260-263.
- FRIES-KNOBLACH J. 1999: Celtic-Field-Systeme bei Dorchester (Dorset, England), *Bericht der Römisch-Germanische Kommission* 80 (2001), 215-355.
- FULFORD M.G., POWELL A.B., ENTWISTLE R. & RAYMOND F. 2006: *Iron Age and Romano-British Settlements and Landscapes of Salisbury Plain*, Wessex Archaeology Report 20, Salisbury.
- GEBHARDT H. 1976: Bodenkündliche Untersuchung der Eisenzeitliche Ackerfluren von Flögeln-Haselhörn, Kr. Wesermünde, *Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet* 11, 91-100.
- GEERTS F. 1987: Karresporen op de Dorperheide (Overpelt), *Te Lommele op die Campine* 13-4, 85-87.
- GOOSSENS A. 1964: Overpelt: grafurne met sieraden, *Archeologie* 2, 69.
- GOOSSENS A. & JANSSENS P. 1966: Een urn met sieraden, gevonden te Overpelt, *Hades* 14, 2-3.
- HOLDEN N., HORNE P. & BEWLEY R. 2002: High Resolution digital airborne mapping and archaeology. In: BEWLEY R.H. & RACZKOWSKI W. (red.), *Aerial Archaeology. Developing Future Practice*, Amsterdam, 173-180.
- HUMME A., LINDENBERGH R. & SUEUR C. 2006: Revealing *Celtic Fields* from Lidar using Kriging based Filtering. In: MAAS H.G. & SCHNEIDER D. (red.), *Proceedings of the ISPRS Commission V Symposium. 'Image Engineering and Vision Metrology'*. Dresden, Germany, 25-27 september 2006, 36, 5.
- INDEKEU B., GEERTS F. & KNAEPEN R. 1989: *Door het zand getekend. Bijdragen over landschap en verleden van de Kempense grensgemeente Lommel*, Publicaties van de vzw Museum Kempenland 5, Lommel.
- JAGER S.W. 2008: *Celtic Fields in Zuid-Drenthe: archeologisch vooronderzoek: een inventariserend bureauonderzoek*, RAAP-rapport 1731, Weesp.

- JANSSEN L. 1987: Aardewerk uit de urnenveldentijd te Overpelt op de Lindelse Heide, *Limburg* 46-5, 177-180.
- JANSSEN J. & VAN IMPE L. 1987: Overpelt-Lindel (Limb.): urnenveld 'Hunnenberg', *Archeologie* 2, 166.
- JOOSTEN F. & VAES J. 2006: Verslag prospectie 2005, de Kolis, Neerpelt, *Het Liller Heem* 24-2, 81-88.
- KOOISTRA M.J. & MAAS G.J. 2008: The widespread occurrence of Celtic field systems in the central part of the Netherlands, *Journal of Archaeological Science* 35, 2318-2328.
- KOSSACK G. 1972: Prunkgräber. Bemerkungen zu Eigenschaften und Aussagewert. In: KOSSACK G. & ULBERT G. (red.), *Studien zur vor- und frühgeschichtlichen Archäologie* 1, München (Münchner Beiträge zur Vor- und Frühgeschichte Ergänzungsband 1/1), 3-33.
- LANTING J.N. 1976: Zwei C14-datierte Funde von spätbronzezeitlicher Keramik mit Kerbschnittverzierung, *Helinium XVI*, 55-61.
- LESENNE M. 1988: Sint-Huibrechts-Lille, *Archeologie* 1988-1, 68.
- LESENNE M. 1990a: Sint-Huibrechts-Lille (Limb.), *Archeologie* 1990, 108.
- LESENNE M. 1990b: Sint-Huibrechts-Lille, *Archeologie* 1990, 118.
- MARIEN M.E. 1947: Bell Barrow et Disc Barrow, *L'Antiquité Classique* 16, 358-359.
- MARIËN M.E. 1952: *Oud-België. Van de eerste landbouwers tot de komst van Caesar*, Antwerpen.
- MCOMISH D., FIELD D. & BROWN G. 2002: *The Field Archaeology of the Salisbury Plain Training Area*, Swindon.
- MEEUX F. 1972: *De urnenveldenkultuur in het gebied tussen Beneden-Maas en Schelde in de IJzertijd. Een studie over de geografische verspreiding van de grafvelden en enkele aardewerksoorten*, Onuitgegeven licentiaatsverhandeling KULeuven.
- METZ W.H. 1976: New Aerial Photographs of "Celtic Fields" in Drente, *Helinium XVI*, 62-69.
- MEYLEMANS E. 2009: Analyse van de morfologie en bewaringstoestand van een deel van het Romeinse aquaduct van Tongeren (prov. Limburg) met gebruik van het DHMV en erosiemodellering, *Relicta. Archeologie, Monumenten- en Landschapsonderzoek in Vlaanderen* 4, 81-98.
- MILIKOWSKI E. 1985: Archeologische luchtkartering van het gebied Eersel-Riethoven-Bergeijk. In: SLOFSTRA J., VAN REGTEREN ALTENA H.H. & THEUWS F. (red.), *Het Kempenproject 2. Een regionaal-archeologisch onderzoek in uitvoering*, Waalre, 79-85.
- NIELSEN V. 1984: Prehistoric field boundaries in Eastern Denmark, *Journal of Danish Archaeology* 3, 135-163.
- NIELSEN V. & CLEMMENSEN N.C. 1995: Surveying of ancient field systems - Danish experiences, *Tools and Tillage* 7, 147-171.
- NORTMANN H. 2003: Dead warriors and their communities in the Hünsrück-Eifel-Culture. In: BOURGEOIS J., BOURGEOIS I. & CHERRETTÉ B. (red.), *Bronze Age and Iron Age Communities in North-Western Europe*, Koninklijke Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten, Brussels, 135-150.

- NORTMANN H. 2007: Überlegungen zu Grüppengröße und Sozialhierarchie in der Hünserück-Eifel-Kultur. In: TREBSCHKE P., BALZER I., EGGLE C., KOCH J.K., NORTMANN H. & WIETHOLD J. (red.), *Die unteren zehntausend - auf der Suche nach den Unterschichten der Eisenzeit*, Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas 47, Langenweissbach, 11-17.
- OC-GIS-Vlaanderen 2003: Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen, *Nieuwsbrief GIS-Vlaanderen* 16, Brussel.
- OUDE RENGERINK J.A.M. 2004: *Beheersgebied Wekeromse Zand. Een inventariserend archeologisch onderzoek. Kartering en waardering Celtic Fields*, RAAP-rapport 1019, Amsterdam.
- PAESEN J. 2008: *Funeraire tradities in de late bronstijd-vroege ijzertijd te Overpelt-Hunneberg*, Onuitgegeven verhandeling VUBrussel.
- PAESEN J. 2009: *Gebruik van het digitaal hoogtemodel in de archeologie: onderzoek naar "celtic fields" in de Limburgse Kempen*, onuitgegeven master proef VUBrussel.
- PAESEN J., CREEMERS G., MEYLEMANS E. & DE BIE M. 2010: Hernieuwd Celtic Fields onderzoek in de Limburgse Kempen, *Lunula Archaeologia protohistorica* 18, 151-153.
- PIETERS M., SCHIETECATTE L., ZEEBROEK I., BAETEMAN C., DEFORCE K., JANSEN I., MEYLEMANS E. & VAN LAECKE J. 2006: The Belgian Polders, Flanders: a test case 2002-2006. In: DYSON L., JOHNSON C., HEPPELL E. & PIETERS M. (red.), *Archaeological Evaluations of Wetlands in the Planarch Area of North West Europe*, 39-54.
- RISBOL O., GJERTSEN A.K. & SKARE K. 2006: Airborne laser scanning of cultural remains in forest: some preliminary results from a Norwegian project. In: CAMPANA S. & FORTE M. (red.), *From space to place*, BAR British Archaeological Reports International Series 1568, 107-112.
- ROOSENS H. 1960: Wijchmaal en Wijshagen (Limburg), *L'Antiquité Classique*, 416.
- ROOSENS H. 1964: Neerpelt: Urnenvelden, *Archeologie* 1, 22-23.
- ROOSENS H. & BEEEX G. 1960: *Onderzoek van het urnenveld op de "Roosen" te Neerpelt in 1959*, Archaeologia Belgica 48, Brussel (= *Limburg* 39-1960, 59-142).
- ROOSENS H. & BEEEX G. 1961: *De opgravingen in het urnenveld "De Roosen" te Neerpelt in 1960*, Archaeologia Belgica 58, Brussel (= *Het Oude Land van Loon* 16-1961).
- ROOSENS H. & BEEEX G. 1962: *Het onderzoek van het urnenveld "De Roosen" te Neerpelt in 1961*, Archaeologia Belgica 65, Brussel (= *Het Oude Land van Loon* 17-1962, 145-173).
- SCHUERMAN H. 1863: Exploration de quelques tumulus de la Hesbaye, *Bulletin des Commissions royales d'Art et d'Archéologie* 2, Brussel.
- SITTLER B. & SCHELLBERG S. 2006: The potential of LIDAR in assessing elements of cultural heritage hidden under forest canopies of overgrown by vegetation: Possibilities and limits in detecting microrelief structures for archaeological surveys. In: CAMPANA S. & FORTE M. (red.), *From Space to Place. From space to place*, BAR British Archaeological Reports International Series 1568, 117-122.
- SMEESTERS J. 1972: Neerpelt: IJzertijd-graf, *Archeologie* 1972-2, 61-62.
- SMEULDERS F.V. 1980: Lommel, archeologisch bekeken, *Te Lommele op die Campine* 6-1, 12-19.
- SPEK TH., GROENMAN-VAN WAATERINGE W., KOOISTRA M. & BAKKER L. 2003: Formation and land-use history of Celtic fields in north-west Europe. An interdisciplinary case study at Zeijen, The Netherlands, *European Journal of Archaeology* 6-2, 141-173.



SPEK TH., SNOEK M., VAN DER SANDEN W., VAN DER HEIJDEN F., STÖVER J., THEUNISSEN L. & GREVING K. 2010: *Waardering van Celtic field-terreinen in Drenthe. Een verkennend methodologisch onderzoek*, Rapporten Archeologische Monumentenzorg 141, Amersfoort.

STEUER H. 2006: Fürstengräber, Adelsgräber, Elitegräber: Methodisches zur Anthropologie der Prunkgräber. In: VON CARNAP-BORNHEIM C., KRAUSSE D. & WESSE A. (red.), *Herrschaft-Tod-Bestattung. Zu den vor- und Frühgeschichtlichen Prunkgräber als archäologisch-historische Quelle*, Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie aus dem Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Kiel, Band 139, 11-26.

STROOBANT L. 1907: Quel est l'âge des tombelles de la Campine?, *Fédération archéologique et historique de Belgique. Annales du XXe Congrès*, Gand.

STROOBANT L. 1921: Les nécropoles à incineration de Neerpelt, *Bulletin de la Société d'Anthropologie de Bruxelles* 36, Brussel.

THIRION M. 1967: *Les trésors monétaires gaulois et romains trouvés en Belgique*, Cercle d'Etudes numismatiques. Travaux 3, Brussel.

VANDEKERCHOVE V. 1987: "Celtic Fields" in de Belgische Kempen. Een onderzoek van kaartbladen 8, 9, 17 en 18, onuitgegeven licentiaatsverhandeling KULeuven.

VANDEKERCHOVE V. 1996: Celtic Field research in the Belgian Campine. In: LODEWIJCKX M. (red.), *Archeological and historical aspects of West-European society. Album amicorum André Van Doorselaer*, Leuven, 67-76.

VANDERHOEVEN M. 1973: Een Romeinse begraafplaats te Overpelt (Belgisch Limburg). In: VAN ES W.A., HUBRECHT A.V.M., STUART P., MANK W.C. & WYNIA S.L. (red.), *Archeologie en Historie. Opgedragen aan H. Brunsting bij zijn zeventigste verjaardag*, Bussum, 383-392.

VAN IMPE L. 1977: *Sporen van oude akkersystemen in de Limburgse Kempen*, Bijdragen tot de studie van het Brabants Heem 16, Brabantse Oudheden opgedragen aan Gerrit Beex bij zijn 65ste verjaardag, Eindhoven, 101-110.

VAN IMPE L. 1989: Découvertes récentes de tombes 'aristocratiques' de la tradition Hallstatt/La Tène dans le nord-est de la Belgique. Rapport préliminaire. In: *La civilisation de Hallstatt, bilan d'une rencontre, Etudes et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège* 36, Liège, 275-289.

VAN IMPE L. 1992a: Noodopgravingen in een vallei en in het bos: twee aparte voorbeelden. In: *Spürensicherung. Archäologische Denkmalpflege in der Euregio Maas-Rhein. Kunst und Altertum am Rhein. Landschaftsverband Rheinland. Führer des Rheinischen Landesmuseums Bonn und der Rheinischen Amtes für Bodendenkmalpflege* 163, 255-269.

VAN IMPE L. 1992b: Onderzoekingen op voorhistorische begraafplaatsen. In: *Spürensicherung. Archäologische Denkmalpflege in der Euregio Maas-Rhein. Kunst und Altertum am Rhein. Landschaftsverband Rheinland. Führer des Rheinischen Landesmuseums Bonn und der Rheinischen Amtes für Bodendenkmalpflege* 163, 535-549.

VAN IMPE L., BEEEX G. & ROOSSENS H. 1973: *Het urnenveld op "De Roosen" te Neerpelt*, *Archaeologia Belgica* 145, Brussel.

VAN IMPE L. & CREEMERS G. 1991: Aristocratische graven uit de 5de/4de eeuwen v.Chr. en Romeinse cultusplaats op de 'Rieten' te Wijshagen (Gem. Meeuwen-Gruitrode), *Archeologie in Vlaanderen* I, 55-73.

VANMONTFORT B., DE MAN J., LANGOHR R., CLARYS B. & VAN ROMPAEY A. 2003: De neolithische site van Ottenburg/Grez-Doiceau geëvalueerd. Een archeologische toepassing van het Digitaal Hoogtemodel (DHM)-Vlaanderen, *Notae Praehistoricae* 23, 129-133.

VANMONTFORT B., DE MAN J., VAN ROMPAEY A., LANGOHR R. & CLARYS B. 2006: De evaluatie van bodemerisatie op de neolithische site van Ottenburg/Grez-Doiceau In: COUSSERIER K., MEYLEMANS E. & IN 'T VEN I. (red.), *CAI-II: Thematisch inventarisatie- en evaluatieonderzoek*, Brussel, 17-28.

VERHART L. & JANSSEN M. (in druk): Een Celtic Field op de Steenheuvel bij Herkenbosch, *Jaarboek Vereniging Roerstreek*, Roermond.

WALDUS W.B. & VAN DER VELDE H.M. (red.) 2006: *Archeologie in vogelvlucht. Toepassingsmogelijkheden van het AHN in de Archeologie*, Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 6, Amsterdam.

WEHR A. & LOHR U. 1999: Airborne laser scanning-an introduction and overview, *ISPR Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 54.2-3, 68-82.

WILLEMSE N.W. 2009: *Onderzoeksgebied Solsche Gat te Drie, gemeente Ermelo. Archeologisch vooronderzoek Celtic Field: een bureau- en inventariserend veldonderzoek (verkenning)*, RAAP-rapport 1374, Amsterdam.

ZIMMERMAN W.H. 1976: Die eisenzeitlichen Ackerfluren - Typ 'Celtic Field' - von Flögeln-Haselhörn, *Kreis Wesermünde. Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet* 11, 79-90.