

## DEEL 2: PROGRAMMA VAN MAATREGELEN

### 1. Gemotiveerd advies voor het al dan niet moeten nemen van maatregelen

Op basis van de resultaten van het bureauonderzoek kan een advies geformuleerd worden betreffende het al dan niet nemen van bijkomende maatregelen in het kader van het archeologisch vooronderzoek op het projectgebied aan de Beukel in Denderleeuw. De gegevens afkomstig uit het bureauonderzoek worden geconfronteerd met de door de initiatiefnemer geplande bodemingrepen en bouwwerken op het plangebied. Uit deze confrontatie moet duidelijk blijken of bijkomende maatregelen nodig zijn om een goed zicht te krijgen op de aanwezigheid of afwezigheid van archeologische sites op het projectgebied, en eventueel op de datering, bewaarsgraad, aard en verspreiding van de archeologische restanten. Het advies bepaalt, indien nodig, welke specifieke maatregelen getroffen moeten worden.

#### 1.1. Volledigheid uitgevoerde onderzoek

Voorlopig kon een vooronderzoek zonder ingreep in de bodem, in de vorm van een bureauonderzoek, een landschappelijk booronderzoek en een verkennend archeologisch booronderzoek op het plangebied worden uitgevoerd. De resultaten van deze studie leverden echter onvoldoende informatie op om met zekerheid een uitspraak te doen over de af- of aanwezigheid van archeologisch erfgoed op het projectgebied. Andere fases van vooronderzoek konden om juridische, economische en maatschappelijke redenen nog niet uitgevoerd worden. Om de aanwezigheid en eventuele waarde van archeologisch erfgoed op het terrein correct te kunnen inschatten zijn volgende fases van vooronderzoek noodzakelijk na het bekomen van de omgevingsvergunning. In wat volgt wordt een programma van maatregelen opgemaakt voor de geadviseerde onderzoeksfases.

#### 1.2. Afwezigheid van een archeologische site

Op basis van dit onderzoek kan de afwezigheid van een archeologische site niet met zekerheid worden aangetoond.

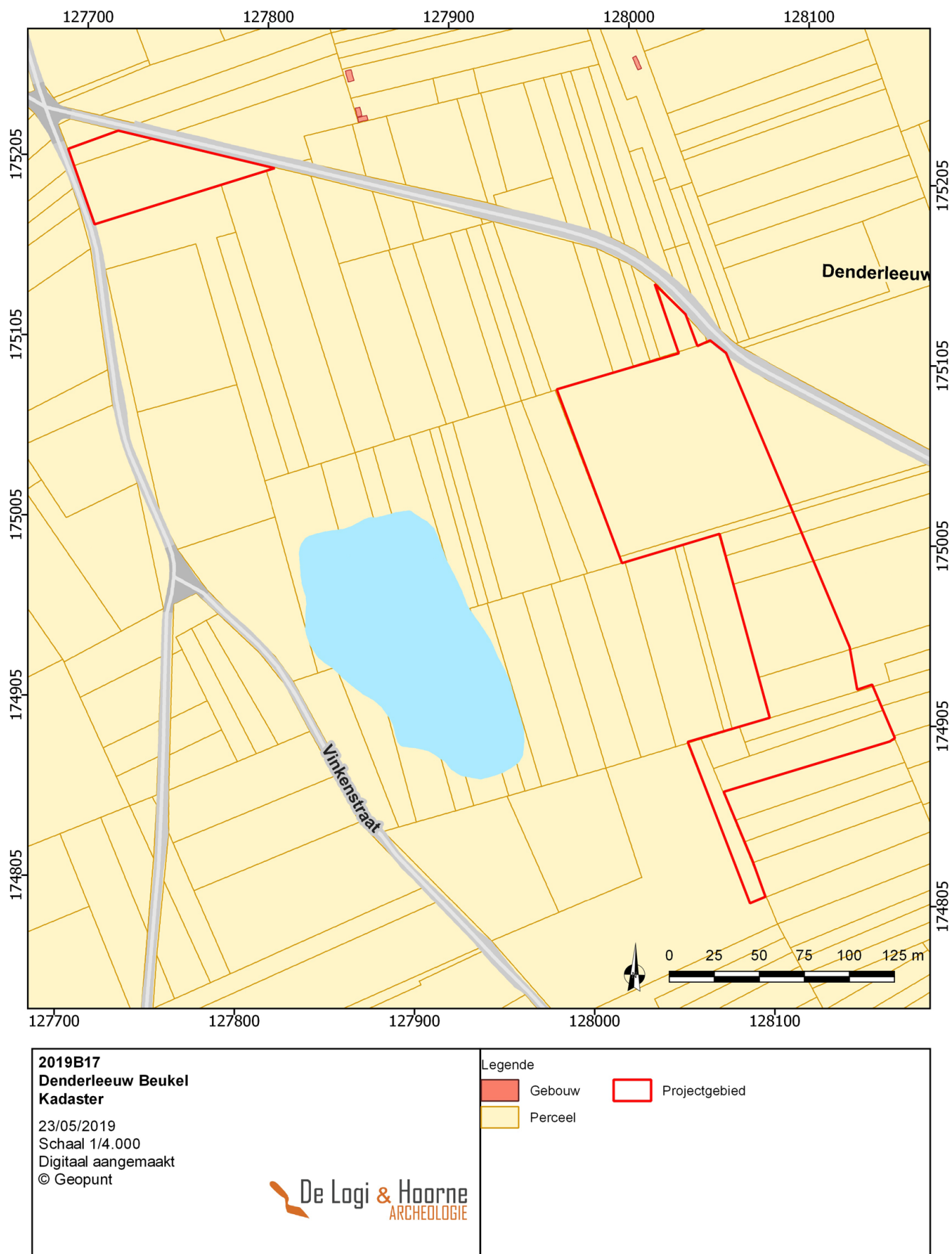
#### 1.3. Randvoorwaarden

De volgende fase(s) van archeologisch onderzoek, met ingreep in de bodem, kunnen pas worden uitgevoerd in uitgesteld traject, na het vrijmaken van de akkers van alle gewassen en het toekennen van de omgevingsvergunning.

#### 1.4. Bepaling van de maatregelen

Aangezien de resultaten van het bureauonderzoek niet toelaten een goede inschatting te maken over de aanwezigheid of afwezigheid van archeologische sites op het projectgebied, zijn verdere fases in het archeologisch vooronderzoek noodzakelijk. In het kader van dit project wordt enerzijds voor de niveaus boven 1,2m een onderzoek met ingreep in de bodem onder de vorm van een proefsleuvenonderzoek geadviseerd. Voor de niveaus onder 1,2m wordt een apart programma van maatregelen voorzien. De uitvoering van deze onderzoeksfase(s) voorafgaand aan het bekomen van een omgevingsvergunning blijkt op economisch en maatschappelijk vlak onmogelijk en onwenselijk. Bovendien kan niet verdedigd worden verder archeologisch vooronderzoek op te leggen tot zeker is dat de gronden daadwerkelijk ontwikkeld — en dus verstoord — zullen worden. Bijgevolg wordt geadviseerd voor een uitvoering van het terreinwerk met ingreep in de bodem in uitgesteld traject. Het terreinwerk kan uitgevoerd worden eens de gronden zijn vrijgemaakt van de gewassen.

Het uitgesteld vooronderzoek tot 1,2m diep bestaande uit de aanleg van proefsleuven zal in twee fasen worden uitgevoerd. Gezien de leem zal ontgonnen worden van noord naar zuid en dit in twee trappen namelijk van roodbakkende leem naar geelbakkende leem, werd na overleg met de opdrachtgevers en in het kader van het vrijmaken van de gronden met betrekking tot de aanwezige gewassen de aanleg van de proefsleuven in 2 fasen gesplitst, waarbij in fase 1 de proefsleuven op de percelen met maïs zullen aangelegd worden. In een tweede fase zullen de 3 resterende sleuven op de percelen met wintertarwe worden aangelegd. Na de uitvoer van deze twee fasen zal een aparte nota worden opgesteld van het vooronderzoek met ingreep in de bodem (niveaus tot 1,20m diep). Een tweede aparte nota zal opgesteld worden voor het vooronderzoek met ingreep in de bodem voor de niveaus dieper dan 1,20m. Het kan zijn dat het uitgesteld vooronderzoek dieper dan 1,2m in verschillende fasen dient uitgevoerd te worden. Het is echter onmogelijk om op dit



Figuur 80: Kadasterkaart met aanduiding van het projectgebied (© AGIV)

moment zicht te krijgen op een zonering, fasering of concrete timing gezien dit ook samenhangt met de regelgeving van natuurlijke rijkdommen en de concrete aanpak van de ontginning die daarvan afhankelijk is, evenals met vraag en aanbod van de markt zelf. Uiteindelijk dient alles ook terug naar landbouwgrond te gaan, waardoor dit een bijkomende complexiteit op kan leveren, waardoor het onmogelijk is een vastliggende zonering en fasering op dit moment weer te geven.

Het uitvoeren van terreinwerk met ingreep in de bodem is noodzakelijk om vast te stellen of zich binnen het plangebied al dan niet archeologische sites bevinden. Pas daarna kan een beslissing genomen worden over de mogelijkheden betreffende in situ of ex situ behoud. In situ behoud is alleen mogelijk op vraag van de initiatiefnemer en indien de site of een zone ervan gespaard blijft van elke toekomstige bodemingreep.

## 2. Programma van maatregelen voor uitgesteld vooronderzoek met ingreep in de bodem (niveaus tot 1,2m diep)

### 2.1. Administratieve gegevens

|                            |                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Locatie projectgebied:     | Denderleeuw omsloten door Beukel en Vinkenstraat.                                                                                                                                  |
| Bounding box (Lambert72):  | punt 1: min. X: 127683,27; max. Y: 175226,07<br>punt 2: max. X: 128191,65; min. Y: 174792,72                                                                                       |
| Kadaster:                  | Denderleeuw, Afdeling 2, Sectie B: 200/2A, 201/2A, 202/2A, 261/2, 262/2, 270/2, 331A, 330A, 321C (partim), 321D (partim), 322A (partim), 326B, 378A, 378B, 377, 379, 376, 383, 384 |
| Oppervlakte projectgebied: | 2,25ha                                                                                                                                                                             |
| Oppervlakte percelen:      | 3,36ha                                                                                                                                                                             |
| Kadasterkaart:             | Figuur 80                                                                                                                                                                          |

### 2.2. Vraagstelling en onderzoeksdoelen in uitgesteld traject

De resultaten van het bureauonderzoek wijzen op een archeologisch behoorlijk tot hoog potentieel van het projectgebied, maar kunnen de aan- of afwezigheid van archeologische sites op het terrein niet met voldoende zekerheid vaststellen. Het doel van het uitgesteld onderzoek met ingreep in de bodem is om na te gaan of er archeologische sporen aanwezig zijn binnen het projectgebied. De onderzoeksvragen die na dit bureauonderzoek nog afdoende beantwoord moeten worden zijn:

- Zijn er indicaties voor de aanwezigheid van één of meerdere archeologische sites?
- Zo ja, wat is de verspreiding, de aard, datering en bewaringsgraad van de sites?
- Welke impact hebben de geplande werken op het archeologisch bodemarchief?
- Wat is het wetenschappelijk kennispotentieel van een eventueel aanwezige archeologische site op lokaal, regionaal en op Vlaams niveau?
- Wat is de aard en waardering van het kennispotentieel?

### 2.3. Onderzoeksstrategie en -methode

Er is bijgevolg aanvullende informatie nodig, waarvoor bijkomende fases van archeologisch vooronderzoek noodzakelijk zijn. Om het projectgebied verder te evalueren wordt een vooronderzoek met ingreep in de bodem onder de vorm een proefsleuvenonderzoek voorgesteld. Deze strategie is wetenschappelijk en economisch gezien de meest efficiënte methode om de vragen die na het bureauonderzoek reesteren te kunnen beantwoorden. Voor de uitgebreide motivering van de te volgen strategie wordt verwezen naar “Deel 2: Verslag van resultaten: 2.3.6. Afweging noodzaak en motivering verder onderzoek”.

#### 2.3.1 Proefsleuvenonderzoek

##### 2.3.1.1. MOTIVERING

De vraag naar het archeologisch potentieel van het projectgebied bleef na de voorgaande fases deels onbeantwoord. Met een proefsleuvenonderzoek wordt een beperkt — maar statistisch representatief — deel van het terrein onderzocht op indicaties voor de aanwezigheid van

archeologische sites. Op basis hiervan moet het mogelijk zijn uitspraken te doen over het archeologisch potentieel van het totale terrein. Bovendien wordt bij dergelijk onderzoek ook informatie ingewonnen over de lokale bodemopbouw, eventuele ongekarteerde verstoringen in de bodem, en de spreiding, datering, bewaringsgraad en aard van eventuele archeologische sites op het plangebied. Deze informatie is bovendien nodig om enerzijds te bepalen of een archeologische opgraving van (een deel van) het plangebied noodzakelijk is en om een gepast programma van maatregelen op te stellen voor een eventuele archeologische opgraving. De methode biedt een groot potentieel aan kenniswinst.

Vooronderzoek door middel van proefsleuven is een efficiënte methode om terreinen te onderzoeken waar geen complexe verticale stratigrafie wordt verwacht, zoals dat hier het geval is. Hoewel er op basis van het aardkundig bureauonderzoek een beperkt potentieel is op een prehistorische artefactensite, kan de aanwezigheid ervan niet geheel uitgesloten worden. Aangezien tijdens een proefsleuvenonderzoek ook aandacht dient besteed te worden aan de lokale bodemopbouw en de mogelijke aanwezigheid van stenen artefacten in de bodem kunnen indicaties voor dergelijke sites ook bij een proefsleuven campagne opgemerkt worden. Indien een goed bewaarde oude bodem wordt aangetroffen, dient het vlak van de proefsleuf volledig geschaafd te worden zodat eventuele steentijdartefacten gerecupereerd kunnen worden.

### 2.3.1.2. VRAAGSTELLING

De resultaten van het bureauonderzoek en landschappelijk onderzoek wijzen op een archeologisch potentieel van het projectgebied, maar kunnen de aan- of afwezigheid van archeologische sites op het terrein niet met voldoende zekerheid vaststellen. Het doel van het proefsleuvenonderzoek is na te gaan of er archeologische sporen aanwezig zijn binnen het projectgebied.

De onderzoeksvragen die na het bureauonderzoek nog afdoende beantwoord moeten worden zijn:

- Wat is de bodemopbouw? Zijn er lokale variaties binnen de bodemgenese?
- Wat is de impact van bodemvormende factoren of processen op het bewaringspotentieel en de bewaringstoestand van het archeologisch erfgoed?
- Zijn er in de proefsleuven relevante archeologische sporen of (steentijd)artefacten aanwezig?

Indien er relevante archeologische relictten aanwezig zijn:

- Wat is de aard van de grondsporen (natuurlijke en/of antropogeen)?
- Wat is de bewaringstoestand van deze sporen?
- Welke relevante archeologische structuren of vondstconcentraties zijn aanwezig? Wat is hun verspreiding en de dichtheid?
- Wat is de datering van de sporen en de daarmee gepaarde fasering?
- In welke sporen of bodemhorizonten zijn er steentijdartefacten aanwezig (in situ of secundair materiaal)?
- Kan er een ruimtelijke afbakening (in drie dimensies) gemaakt worden van de zones met archeologische sporen of steentijdartefacten?
- Wat is het type vindplaats (bewoning, artisanal, funerair, religieus, ...) op basis van de aard van de contexten en/of het vondstmateriaal?
- Wat is de impact van de geplande werken op het archeologisch bodemarchief?
- Is er mogelijkheid tot behoud in situ en zijn er eventuele maatregelen nodig om aan het behoudsprincipe te voldoen?
- Indien behoud in situ van het archeologisch erfgoed onmogelijk of onwenselijk is in het kader van de geplande bodemingrepen: kan een afbakening gemaakt worden van bepaalde delen van het terrein die voorafgaand aan de werkzaamheden moeten onderzocht worden?
- Welke site-specifieke vragen moeten bij een eventueel vervolgonderzoek door middel van een opgraving, beantwoord worden?
- Zijn er structuren/sporen met bijzondere aandacht verdienen bij eventueel vervolgonderzoek?
- Welk kennispotentieel heeft de archeologische site op regionaal niveau en in breder perspectief?
- Kan er een inschatting gemaakt worden van de noodzaak en vermoedelijke hoeveelheden van natuurwetenschappelijk onderzoek bij verder vervolgonderzoek?
- Kan er een inschatting gemaakt worden over budget, tijdsduur, personeelsbezetting, personeelskwalificaties en gespecialiseerde begeleiding bij een vervolgonderzoek?

### 2.3.1.3. CRITERIA

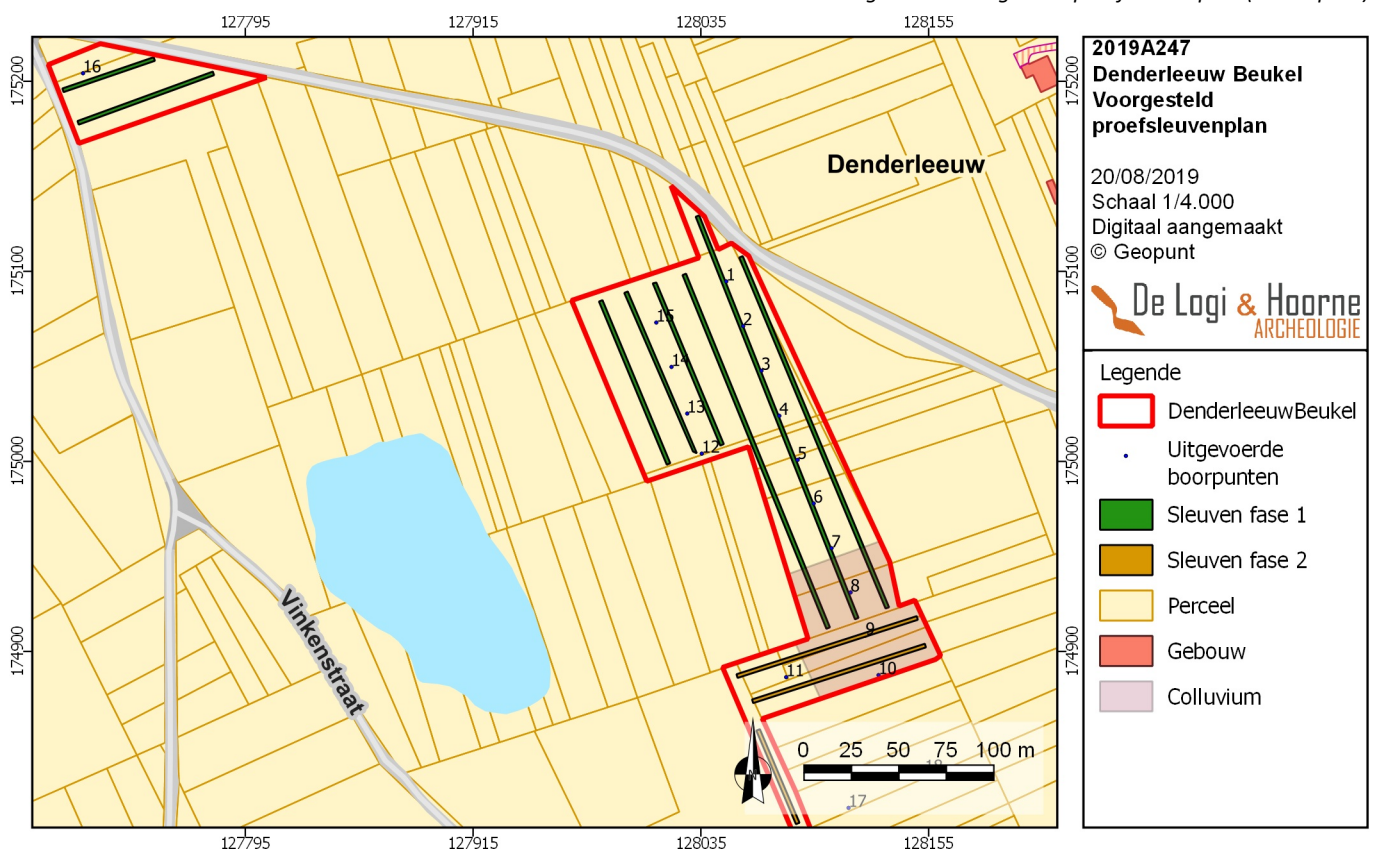
Er zijn geen criteria die toelaten alsnog af te zien van de uitvoering van het proefsleuvenonderzoek in uitgesteld traject, tenzij de beoogde omgevingsvergunning niet verleend wordt. Eventuele afwijkingen van het voorgestelde proefsleuvenplan zijn wel mogelijk. Indien tijdens het onderzoek zou blijken dat de bodem tot een diepte van meer dan 1,3m ten opzichte van het huidige maaiveld is verstoord of nutsleidingen en/of rioleringen in het traject van de sleuven aanwezig zijn, mag de proefsleuf uit veiligheidsoverwegingen onderbroken of verplaatst worden.

Het proefsleuvenonderzoek kan pas worden afgerond wanneer de onderzoeksvragen beantwoord zijn. Dit betekent wanneer de aan- of afwezigheid van archeologische sporen en/of artefacten is vastgesteld en er een programma van maatregelen kan worden opgesteld. Indien er relevante archeologische sporen aanwezig zijn, moet worden geverifieerd of deze dateerbaar zijn en of deze eventueel te linken zijn aan bepaalde activiteiten.

### 2.3.1.4. ONDERZOEKSTECHNIEKEN

Voor de inplanting van de verschillende proefsleuven werd het KLIPplan, met de gekende kabel- en leidinginformatie, geconsulteerd. De proefsleuven en kijkvensters dienen afgegraven te worden met een graafmachine voorzien van rupsbanden en een tandeloze, 2m brede graafbak. Om de diepte van het archeologisch vlak te bepalen, wordt de kraan steeds begeleid door minstens één archeoloog en worden alle verdere voorschriften uit de Code van Goede Praktijk gevolgd. Het projectgebied dient, conform de Code van Goede Praktijk, te worden onderzocht door middel van parallelle continue proefsleuven over de volledige oppervlakte van de betrokken percelen. Hierbij bedraagt de afstand tussen de proefsleuven 15m, as op as. De breedte van de proefsleuven bedraagt minstens 2m. Minstens 10% van het plangebied moet door de aanleg van proefsleuven gedekt worden in een vast grid. Plaatselijk kan het regelmatig patroon wel worden aangepast op basis van de perceelsvorm, bebouwing of door de aanwezigheid van nutsleidingen. Bij een lokale afwijking van deze voorgeschreven strategie zal de tussenafstand tussen de desbetreffende sleuven echter nooit groter zijn dan 15m,

Figuur 81: Voorgesteld proefsleuvenplan (© Geopunt)



tenzij dit om veiligheidsredenen onmogelijk is. Daarnaast dienen de sleuven ter hoogte van de zone B8-9-10 en 18 aangelegd te worden op twee niveaus: een eerste niveau net onder de ploeglaag en een tweede net onder het colluvium. In de rest van het onderzoeksgebied dienen de proefsleuven tot net onder de teelaarde te worden aangelegd.

Daarnaast moet 2,5% van het projectgebied onderzocht worden door middel van kijkvensters en/of dwarssleuven. Indien met de oppervlakte van de proefsleuven al 12,5% van de totale oppervlakte van het plangebied bereikt is én hiermee de vraagstellingen beantwoord kunnen worden, is het mogelijk ervoor te opteren de resterende kijkvensters niet uit te voeren. Het archeologisch potentieel is vastgesteld en extra graafwerken kunnen eventueel aanwezige archeologische sites dan enkel meer schade berokkenen. Alle registraties moeten gebeuren conform de Code van Goede Praktijk.

Het voorgestelde proefsleuvenplan omvat 11 proefsleuven. Binnen zone 1 zijn twee proefsleuven met ONO-WZW-oriëntatie van 51m en 76m gepland. Binnen zone 2 zijn 7 sleuven met een NNO-ZZW oriëntatie variërend tussen 53m en 228m gepland, net als twee sleuven met een ONO-WZW oriëntatie van 95m en 100m gepland. Gezien de leem zal ontgonnen worden van noord naar zuid en dit in twee trappen namelijk van roodbakkende leem naar geelbakkende leem, werd na overleg met de opdrachtgevers en in het kader van het vrijmaken van de gronden met betrekking tot de aanwezige gewassen de aanleg van de proefsleuven in zone 2 geplitst in 2 fasen, waarbij fase 1 de 6 NNW-ZZO-georiënteerde proefsleuven op de percelen met maïs beslaat. In een tweede fase zullen de 3 resterende sleuven op de percelen met wintertarwe worden aangelegd. In totaal kan met dit voorgesteld proefsleuvenplan een totale oppervlakte van 2530m<sup>2</sup> onderzocht worden.

Met dit proefsleuvenschema kan 11,1% van het projectgebied onderzocht worden. Daarnaast dient 2,5% van het projectgebied onderzocht te worden door middel van kijkvensters en/of dwarssleuven. De inplanting van de kijkvensters wordt tijdens het veldwerk bepaald op basis van de meest relevante sporen in de proefsleuven of — in geval van afwezigheid van archeologische sporen — op basis van de meest veelbelovende bodemopbouw. De aanleg gebeurt in functie van een optimale kenniswinst.

#### 2.3.1.5. VOORZIENE AFWIJKINGEN TEN AANZIEN VAN DE CODE VAN GOEDE PRAKTIJK

Indien met de oppervlakte van de proefsleuven al 12,5% van de totale oppervlakte van het plangebied bereikt is én hiermee de vraagstellingen beantwoord kunnen worden, is het mogelijk ervoor te opteren de resterende kijkvensters niet uit te voeren. Het archeologisch potentieel is vastgesteld en extra graafwerken kunnen eventueel aanwezige archeologische sites dan enkel meer schade berokkenen.

### 3. Programma van maatregelen voor uitgesteld vooronderzoek met ingreep in de bodem (niveaus dieper dan 1,20m)

#### 3.1. Administratieve gegevens

|                            |                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Locatie projectgebied:     | Denderleeuw omsloten door Beukel en Vinkenstraat.                                                                                                                                  |
| Bounding box (Lambert72):  | punt 1: min. X: 127683,27; max. Y: 175226,07<br>punt 2: max. X: 128191,65; min. Y: 174792,72                                                                                       |
| Kadaster:                  | Denderleeuw, Afdeling 2, Sectie B: 200/2A, 201/2A, 202/2A, 261/2, 262/2, 270/2, 331A, 330A, 321C (partim), 321D (partim), 322A (partim), 326B, 378A, 378B, 377, 379, 376, 383, 384 |
| Oppervlakte projectgebied: | 2,25ha                                                                                                                                                                             |
| Oppervlakte percelen:      | 3,36ha                                                                                                                                                                             |

#### 3.2. Vraagstelling en onderzoeksdoelen

Het doel van het uitgestelde vooronderzoek met ingreep in de bodem is na te gaan welk potentieel het projectgebied heeft voor de aanwezigheid en bewaring van archeologische vindplaatsen. Dit onderzoek is er dan ook in eerste instantie op gericht de aanwezigheid van vindplaatsen aan te tonen of te weerleggen. Indien deze aanwezig zijn, dient een evaluatie te worden gemaakt van de aard, begrenzing, bewaring en datering van de vindplaats en van de mate waarin de geplande werkzaamheden deze potentiële vindplaats(en) bedreigen. Volgende onderzoeksvragen dringen zich op:

##### 1. Specifiek voor het (paleo)landschappelijk booronderzoek:

- Welke zijn de waargenomen bodemhorizonten, beschrijving + duiding?
- Waardoor kan het ontbreken van een horizont verklaard worden?
- Zijn er tekenen van erosie?
- In hoeverre is de bodemopbouw over het ganse studiegebied intact?
- Wat is de relatie met (paleo)landschap en bodemkundige elementen?

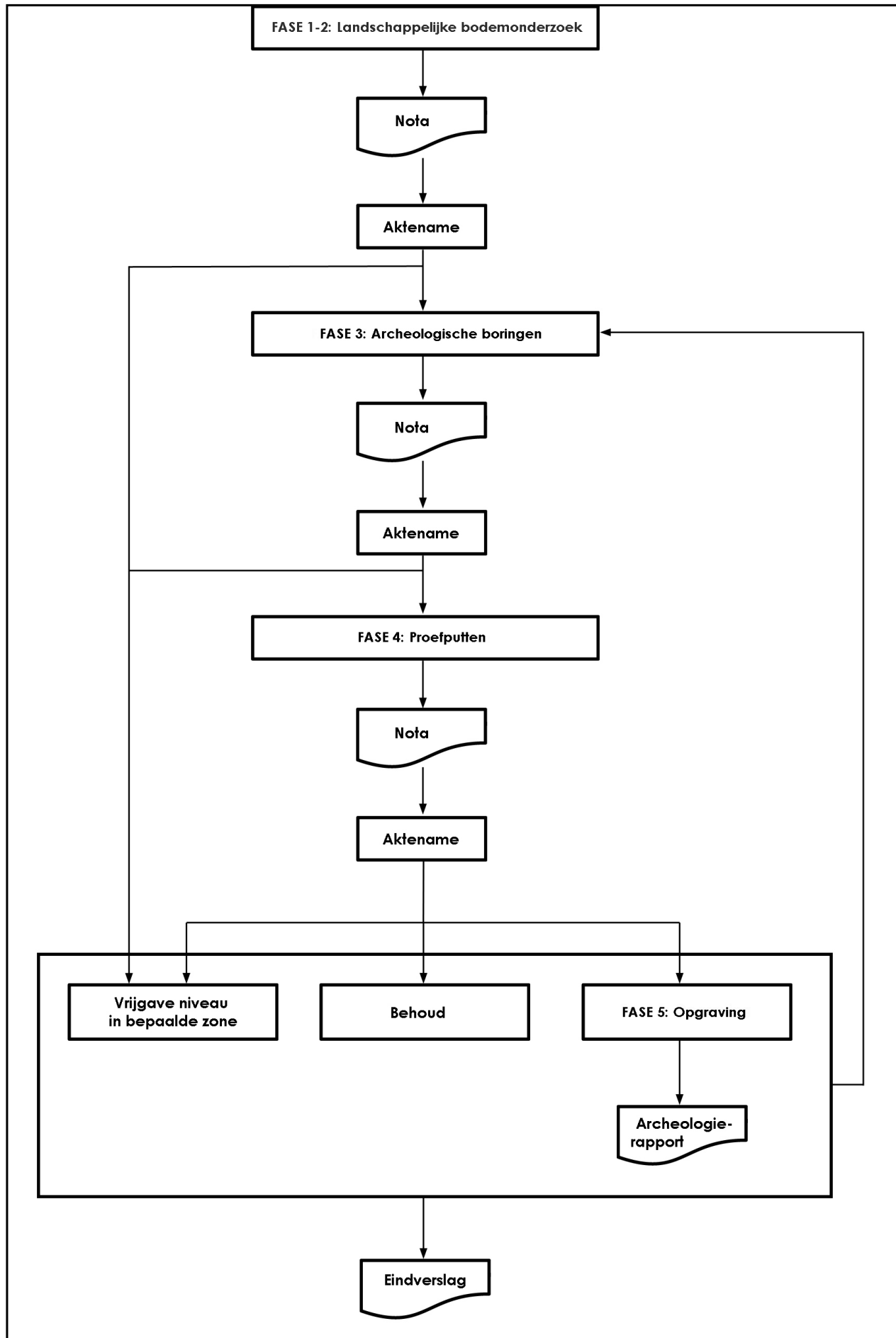
##### 2. Specifiek voor het archeologisch booronderzoek naar vondstclusters:

- Zijn er vindplaatsen in de vorm van vondstclusters aanwezig?
- Wat is de aard van deze vindplaats(en)?
- Wat is de omvang/afbakening van de vindplaats(en)?
- Wat is de bewaringstoestand en/of de intactheid van de vindplaats(en)?
- Wat is de datering van de vindplaats(en)?
- Is er sprake van vindplaatsen in verticaal stratigrafisch verband?

##### 3. Voor zowel archeologische vondstclusters als bodemsporen:

- Wat is de bewaringstoestand van elke archeologische vindplaats?
- Wat is de waarde van elke vastgestelde archeologische vindplaats?
- Wat is de potentiële impact van de geplande ruimtelijke ontwikkeling op de waardevolle archeologische vindplaatsen?
- Voor waardevolle archeologische vindplaatsen die bedreigd worden door de geplande ruimtelijke ontwikkeling en die niet *in situ* bewaard kunnen blijven: Wat is de ruimtelijke afbakening (in drie dimensies) van de zones voor vervolgonderzoek? Welke aspecten verdienen bijzondere aandacht, zowel vanuit methodologie als aanpak voor het vervolgonderzoek?
- Welke vraagstellingen zijn voor vervolgonderzoek relevant?
- Zijn er voor de beantwoording van deze vraagstellingen natuurwetenschappelijke onderzoeken nodig? Zo ja, welke type staalnames zijn hiervoor noodzakelijk en in welke hoeveelheid?

Het onderzoeksdoel van het uitgestelde archeologisch vooronderzoek is geslaagd als na het onderzoek op bovenstaande vragen een antwoord kan geformuleerd worden.



Figuur 82: Stroomschema voor de niveaus dieper dan 1,20m onder het maaiveld (© GATE)

### 3.3. Onderzoeksstrategie, -methodes en -technieken

Het projectgebied maakt deel uit van een groter leemontginningsgebied (totale oppervlakte: ca. 16,7 ha) waarvan bepaalde zones reeds in de jaren 1960, maar ook meer recent werden ontgonnen. De dikte van het Quartaire dek wordt er geschat op ongeveer 30 m, vermoedelijk voornamelijk bestaande uit Laat-Pleistocene afzettingen, en het totale te ontginnen volume wordt gesitueerd in de grootteorde van 911 600 m<sup>3</sup> (ANTEA GROUP 2013).

Volgens de beschikbare milieueffectenrapportage (MER; ANTEA GROUP 2013) zal de leemontginning in verschillende fases verlopen, waarbij het noordelijke deel (maaiveld op + 35,0 m TAW) en het zuidelijke deel (maaiveld op + 29,5 m TAW) van het ontginningsgebied worden ontgonnen tot een diepte van ongeveer + 15 m TAW. Dit betekent dat in het noordelijke en zuidelijke deel leempakketten van respectievelijk 20 en 15 m dik zullen worden ontgonnen.

De omgevingsvergunning in het kader waarvan deze archeologienota werd opgesteld, heeft betrekking op een deelgebied van ca. 2,6 ha binnen het totale leemontginningsgebied, en heeft enkel betrekking op de ontginning van de bovenste deel van het leempakket, tot op ca. + 25m TAW. Dit komt neer op een pakket van maximaal 6 m dik.

Het archeologisch onderzoek van deze afzettingen vormt een grote uitdaging omwille van:

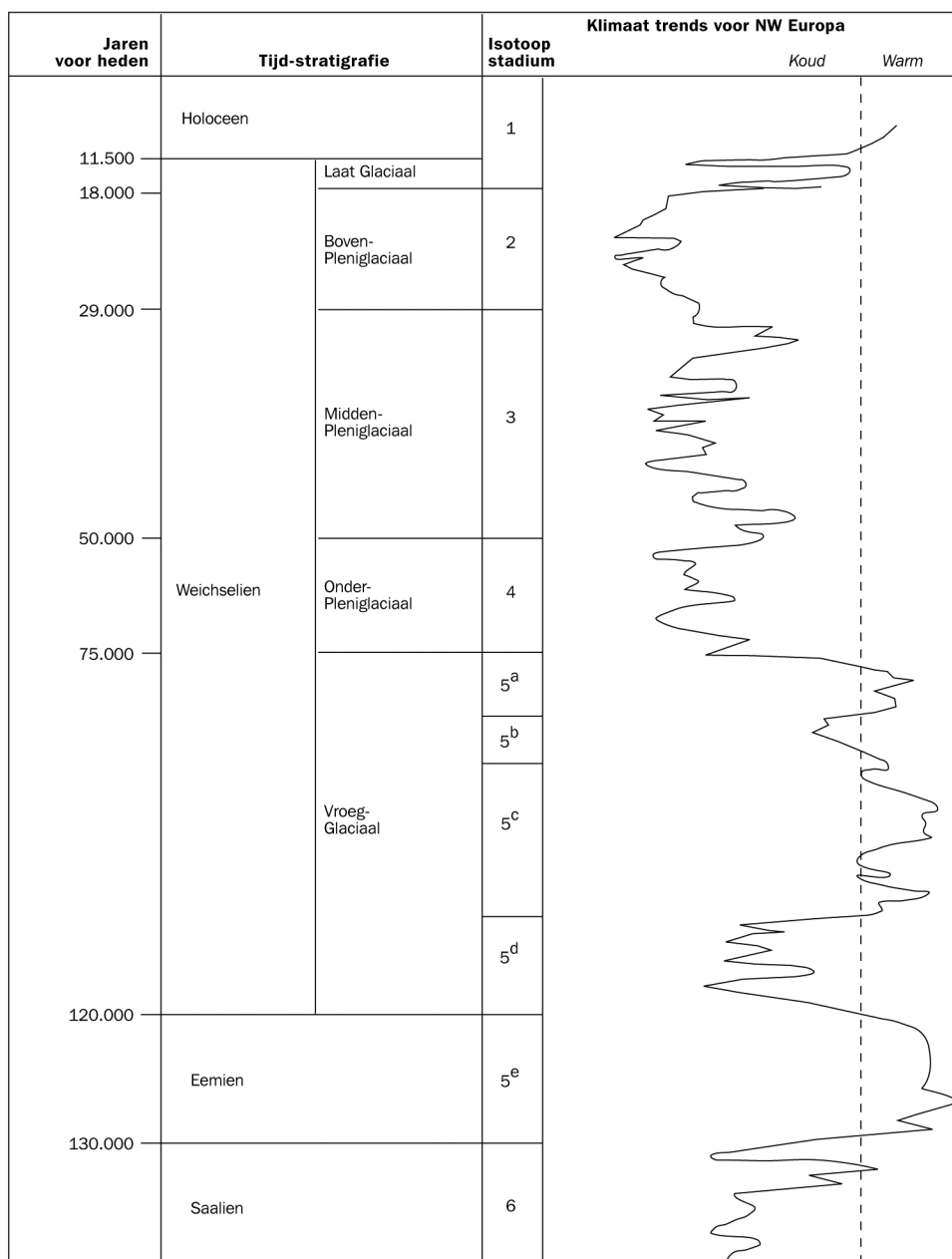
- de uitzonderlijke diepte van de bodemingrepen en dit over een grote oppervlakte;
- de complexiteit van de Midden- en Laat-Pleistocene lithostratigrafische sequenties, bestaande uit diverse fases van eolische loessafzetting en bodemvorming, afgewisseld met erosiefases;
- het feit de geplande ingreep – in tegenstelling tot reguliere dossiers waarbij de verstoring van de ondergrond een gevolg is van de werken – erop gericht is de ondergrond zelf te ontginnen;
- de afwezigheid van precedents die vallen onder het Onroerenderfgoeddecreet van 12 juli 2013.

Hoewel het opsporen van diep begraven paleolithische niveaus reeds het onderwerp vormt van een Plan van Aanpak dat werd uitgewerkt voor de opvolging van de leemontginning in het zuidoosten van Belgisch Limburg (VANMONTFORT 2013), en eveneens informatie beschikbaar is over de methodes en technieken die door het *Institut national de recherches archéologiques préventives* (INRAP) in Noord-Frankrijk worden gehanteerd bij het opsporen van oud- en middenpaleolithische vindplaatsen in gelijkaardige contexten (LOCHT *et al.* 2010), zijn deze strategieën niet afgestemd op het huidige Vlaamse wetgevende kader. Er dient met andere woorden in het kader van dit Programma van Maatregelen een strategie te worden uitgewerkt voor de niveaus dieper dan 1,20 m onder het maaiveld met een fasering die past binnen de huidige Code van Goede Praktijk (CGP, v4).

Uit de grote diepte waarop de archeologische niveaus zich kunnen bevinden en de specifieke aard van de bodemingreep, volgt bovendien de noodzaak om het archeologische onderzoek zo goed mogelijk af te stemmen op de fasering van de leemontginning. Dit gebeurt enerzijds door het landschappelijk bodemonderzoek en waar mogelijk ook het archeologische booronderzoek te laten plaatsvinden voorafgaand aan de start van de ontginning, en anderzijds door de archeologische boringen in de diepere niveaus, de fase van proefputten en mogelijke opgravingen zo goed mogelijk af te stemmen op de fasering van de ontginning.

Rekening houdend met bovenstaande elementen wordt daarom een gefaseerde strategie (Figuur 82) voorgesteld die in de volgende hoofdstukken uit de doeken wordt gedaan. Deze gefaseerde strategie start met een uitgesteld landschappelijk bodemonderzoek (fase 1-2, resulterend in Nota 1), bestaande uit een onderzoek van profielen (subfase 1a) en een landschappelijk booronderzoek (subfases 1b) en een aantal natuurwetenschappelijke analyses (fase 2) die verricht worden op een referentieprofiel. In de nota van dit onderzoek dient een PVM opgenomen te zijn dat de locatie en de niveaus aangeeft van de archeologische boringen (fase 3- Nota 2).

Indien positieve archeologische boringen worden vastgesteld, dient overgeschakeld te worden op een testputtenfase (onder voorbehoud; fase 4 – Nota 3), eventueel gevolgd door een opgravingen (onder voorbehoud; fase 5 – Opgravingsverslag). De noodzaak van fases 4 en fase 5 is daarbij telkens afhankelijk van de inzichten uit de voorafgaande onderzoeksfase.



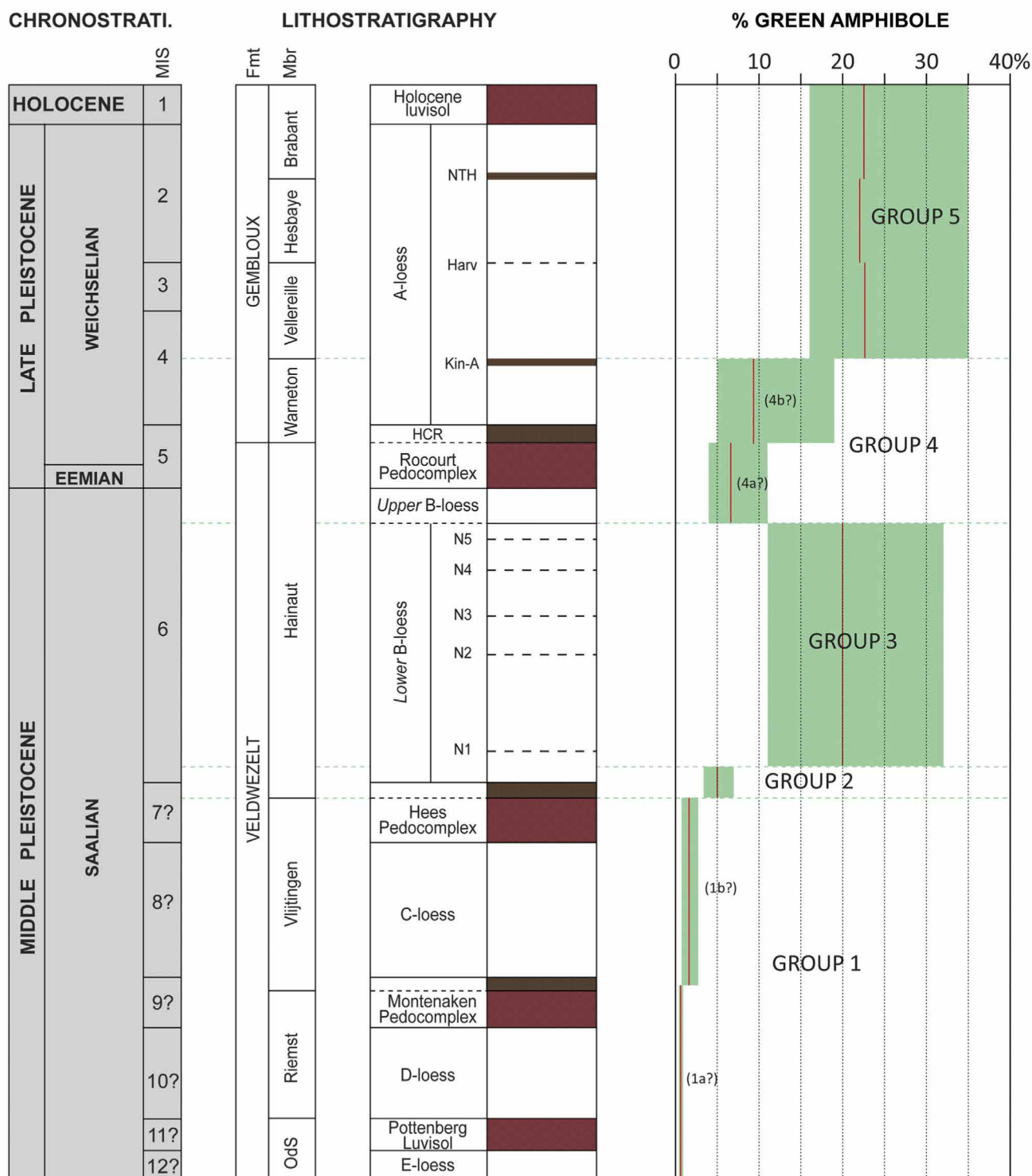
Figuur 83: Evolutie van het klimaat in Noordwest-Europa tijdens het laat-Pleistoceen (126-11,7 ka)  
(© DEEBEN et al. 2005: fig. 2)

Gezien (1) de dikte van het te onderzoeken pakket (tot max. 6 m dik), (2) de wijze van ontginnen waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen roodbakkende en geelbakkende leem, en (3) het feit dat mogelijk meer dan één niveau met potentieel voor de aanwezigheid van vondstclusters uit het midden- of laatpaleolithicum aanwezig kan zijn, is het mogelijk dat fases 3 tot en met 5 meerdere malen doorlopen moeten worden. Hierdoor ontstaan verschillende 'lussen' van onderzoek opgebouwd uit archeologisch booronderzoek (fase 3) > proefputten in functie van steentijdvindplaatsen (fase 4) > opgraving (fase 5) waarbij telkens een ander (dieperliggend) niveau onderzocht wordt. Bijkomende fases 3, 4 en 5 resulteren bijgevolg in extra nota's en opgravingsverslagen.

De modaliteiten van de verschillende fases van het uitgestelde vooronderzoek worden in onderstaande paragrafen verder toegelicht. Op voorhand een zonering of fasering opstellen blijkt onmogelijk gezien dit afhankelijk is van de aanpak van de ontginning zelf en de regelgeving daarrond.



*Figuur 84: Lithostratigrafische referentiesequentie voor de Midden-Belgische loessregio  
(© PIRSON et al. 2018a: fig. 5; naar HAESAERTS et al. 2011b)*



Figuur 85: Schematische voorstelling van de lithostratigrafische referentiesequentie voor de Midden-Belgische loessregio, met aanduiding van het aandeel aan groene amfibool (© Pirson et al. 2018a: fig. 7, naar Haesaerts et al. 2011b).

### 3.3.1. Fase 1-2: Landschappelijk bodemonderzoek

Het landschappelijk bodemonderzoek dat wordt voorgesteld voor de bodemniveaus dieper dan 1,20 m onder het maaiveld, dient deel uit te maken van een interdisciplinaire benadering die naast landschappelijke boringen ook natuurwetenschappelijk en aardkundig onderzoek (bij vooronderzoek; zie *infra*) omvat. Dit landschappelijk bodemonderzoek heeft in de eerste plaats als doel inzicht te verwerven in de aardkundige opbouw en de ontstaansgeschiedenis van de diepere ondergrond en de evolutie van het landschap gedurende het Midden-Pleistoceen (781

-126 ka), het Laat-Pleistoceen (126 - 11,7 ka) en het Holoceen (11,7 ka tot heden).

Het gaat bijgevolg om een zeer lange periode die verschillende cycli van koude ijstijden (glacialen) en warmere tussenijstijden (interglacialen) omvat (Figuur 83). Deze klimaatwijzigingen worden weerspiegeld in de bodemopbouw, waarin fases van loess-sedimentatie en bodemvorming elkaar afwisselen met als resultaat een uitgebreide loess-paleosol sequentie. Dergelijke sequenties vormen een belangrijk bodemarchief dat toelaat de wijzigingen in klimaat en milieu in detail te bestuderen, maar zijn vaak ook uiterst complex aangezien belangrijke delen kunnen ontbreken ten gevolge van erosie. Bepaalde delen kunnen ook sterk vervormd zijn ten gevolge van cryoturbatie. Onderzoek van gelijkaardige loess-paleosol sequenties elders in België, Noord-Frankrijk en Nederlands Limburg heeft uitgewezen dat in verschillende stratigrafische posities archeologische niveaus aanwezig kunnen zijn (zie bijvoorbeeld ANTOINE *et al.* 2014; BOSQUET *et al.* 2011; BRINGMANS 2006; DE PUYDT 1922; HAESAERTS *et al.* 2011a; HÉRISSON *et al.* 2016; LOCHT *et al.* 2016; MICHEL 1978; PARIS *et al.* 2017; PIRSON *et al.* 2018b; ROEBROEKS 1988; VAN DER SLOOT *et al.* 2011; VAN BAELEN *et al.* 2017; VAN BAELEN 2017; VERMEERSCH *et al.* 1985). Het archeologische potentieel strekt zich met andere woorden uit over de ganse sequentie.

Gezien de grote tijdsdiepte, de complexiteit van het bodemarchief en de mogelijke aanwezigheid van meerdere archeologische niveaus op grote diepte kunnen onderzoeksstrategieën die gangbaar zijn in Laat-Glaciaal en Holocene contexten niet zomaar overgenomen worden. Nog meer dan in dergelijke Laat-Glaciaal en Holocene contexten is het daarom van belang om in een eerste fase van het onderzoek een zeer grondig inzicht te verwerven in de opeenvolgende stratigrafische eenheden, met name loessafzettingen, (restanten van) bodems, colluvium, etc., de aardkundige kenmerken en ouderdom van deze afzettingen, de formatieprocessen die hierbij een rol speelden en de variatie die hierin aanwezig is in het projectgebied.

Dit inzicht dient verkregen te worden aan de hand van een uitgebreid interdisciplinair aardkundig en natuurwetenschappelijk onderzoek (bij vooronderzoek) dat toelaat de waargenomen sequenties in het projectgebied te correleren met het bestaande litho- en chronostratigrafisch kader voor de Midden-Belgische loessregio (Figuur 84-Figuur 85; HAESAERTS *et al.* 2011). Vanuit deze correlatie kan vervolgens een archeologisch verwachtingsmodel worden geformuleerd waarbij op geïnformeerde wijze stratigrafische niveaus die geen potentieel hebben voor de aanwezigheid van goed bewaarde midden- en laatpaleolithische occupatieniveaus worden uitgesloten, terwijl de niveaus die wel over een dergelijk potentieel (kunnen) beschikken, geselecteerd kunnen worden voor verder onderzoek.

### 3.3.2. Registratie bestaande profielen ( subfase 1a)

Om een eerste inzicht te verwerven in de opeenvolgende stratigrafische eenheden die in het projectgebied kunnen worden verwacht, dienen een aantal (diepe) profielwanden die op dit moment reeds beschikbaar zijn (bijvoorbeeld in de groeve grenzend aan het onderzoeksgebied), geregistreerd te worden. Deze lithostratigrafische sequenties, die lokaal veel variatie kunnen vertonen, geven een eerste algemeen beeld van de opeenvolgende loessafzettingen, paleobodems en erosiefases die ter hoogte van het projectgebied in de ondergrond aanwezig kunnen zijn en laten toe de stratigrafische sequenties die vervolgens in het onderzoeksgebied in de landschappelijke boringen (zie *infra*) worden vastgesteld beter te begrijpen.

Wij zouden daarbij voorstellen om, rekening houdend met de variatie in bodemopbouw die op de bestaande profielwanden kan worden geobserveerd, om de 50 m een profiel schoon te maken (i.e. in totaal 9 profielen), te fotograferen en te registreren<sup>1</sup>. Indien dit interval na evaluatie te groot blijkt omwille van een zeer complexe stratigrafie, dienen bijkomende profielen te worden schoon gemaakt en geregistreerd.

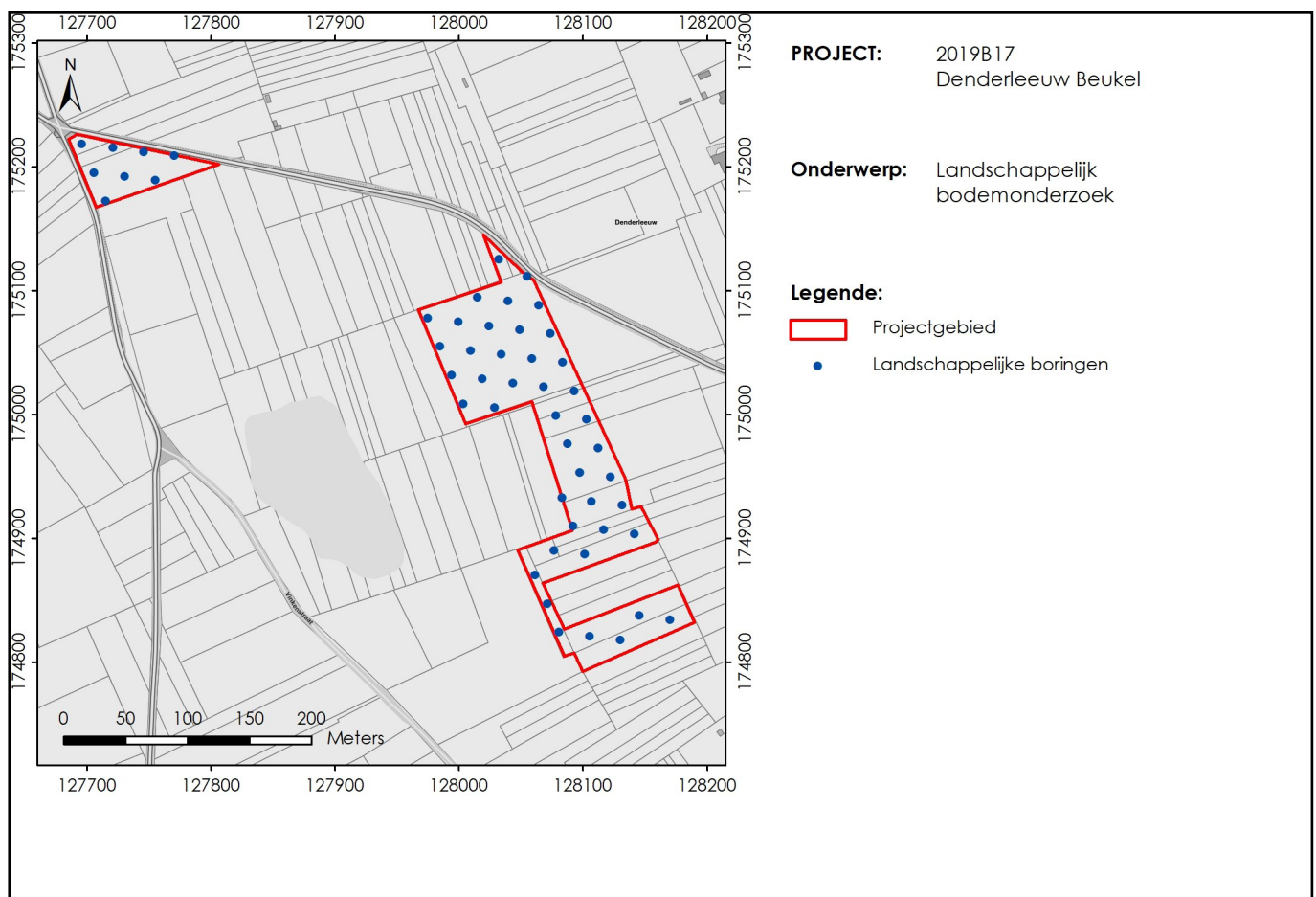
De registratie omvat, conform de CGP, een gedetailleerde beschrijving van de opeenvolgende aardkundige eenheden, alsook een locatiebepaling van de profielen aan de hand van xyz-coördinaten (planimetrie in Lambert-coördinaten; altimetrie ten opzichte van de Tweede Algemene Waterpassing).

<sup>1</sup> Het fotograferen en registreren dient op zodanige manier uitgevoerd te worden dat van de schuine wand en de verschillende aardkundige eenheden die hierop worden onderscheiden TAW-waarden kunnen bepaald worden. Het fotograferen kan daarbij bijvoorbeeld met behulp van een drone worden gedaan.

Bij één van deze profielen, het zogenaamde referentieprofiel, dient de volledige lithostratigrafische sequentie vervolgens bemonsterd te worden voor aardkundig en natuurwetenschappelijk onderzoek (bij vooronderzoek; zie *infra*), met het oog op een correlatie met het bestaande litho- en chronostratigrafisch kader voor de Midden-Belgische loessregio. Deze bemonstering gebeurt in eerste instantie door middel van dubbele pollenbakken (i.e. naast elkaar) bij voorkeur op eenzelfde profiel en zo dicht mogelijk bij het projectgebied, maar kan indien niet alle aardkundige eenheden op eenzelfde profiel aanwezig zijn desnoods ook over twee (of meer) profielen gespreid worden. Deze bemonstering dient op rechte, verticale profielen te gebeuren. De schuine wanden van de leemgroeve te Denderleeuw mogen echter niet recht worden gezet omwille van veiligheidsredenen. De bemonstering zal daarom op een schuine wand moeten worden uitgevoerd. Dit betekent dat er in het veld een nauwkeurige registratie dient te gebeuren van de werkelijke diepte van de gelaagdheid. Belangrijk is dat alle waargenomen aardkundige eenheden bemonsterd worden en niet enkel de aanwezige (paleo) bodems of stabilisatiehorizonten (i.e. oude “loopoppervlakken”). Archeologische niveaus hoeven immers niet enkel geassocieerd te zijn met deze (paleo) bodems en stabilisatiehorizonten, voor zover deze laatste nog als dusdanig bewaard zijn gebleven en herkenbaar zijn. Aangezien opeenvolgende (paleo) bodems ver uit elkaar kunnen liggen in tijd en bovendien gedeeltelijk of volledig geërodeerd kunnen zijn, is het eveneens belangrijk een zo gedetailleerd mogelijk beeld te verkrijgen van de tussenliggende sedimenten, de snelheid waarmee deze werden afgezet, de formatieprocessen die hierbij een rol speelden en de aanwezigheid van eventuele hiaten.

De waardering van pollen en de  $^{14}\text{C}$ -dateringen kunnen verricht worden op de pollenbakken, in tegenstelling tot de magnetische susceptibiliteit (MS) en de OSL-dateringen. MS kan immers niet verricht worden op een staal in een metalen pollenbak. Dit betekent dat het referentieprofiel apart (en eveneens continu) dient bemonsterd te worden voor MS d.m.v. daartoe geschikte

**Figuur 86:** Voorstel 25 x 25 m boorgrid voor het landschappelijk bodemonderzoek in fase 2. Het betreft een verspringend driehoeksgrid waarbij een afstand van 21.65 m werd gehanteerd tussen de verschillende boorraaien en de afstand tussen de boorpunten op eenzelfde raai 25 m bedraagt. De locatie van de boorpunten is louter indicatief en kan aangepast worden aan de specifieke terreinomstandigheden (© GATE)



plastic recipiënten. De metingen op deze stalen kunnen daarna in het labo worden uitgevoerd. De bemonstering van OSL dient volgens de gekijkte methode te gebeuren.

Intussen werd reeds één profiel in de aangrenzende groeve opgeschoond en geregistreerd. Hieruit blijkt dat er verschillende horizonten aanwezig zijn en dat één horizont (ca. +29/30 m TAW) belangrijke gelijkenissen vertoont met de getongde Nagelbeek-horizont (*Nagelbeek Tongued Horizon*), een belangrijke *marker horizon* die gedateerd wordt omstreeks 22 000 jaar geleden (FRECHEN *et al.* 2001; GULLENTOPS 1954; HAESEARTS *et al.* 1981, 2011b; VAN DEN HAUTE *et al.* 1998; VAN BAELEN 2017). Verder onderzoek moet deze identificatie bevestigen. Voorts komen verschillende gleyige toendra-bodems / polygonale toendra-bodems voor. Deze observaties bieden een eerste inzicht in de opbouw van de ondergrond in de onmiddellijke omgeving van het projectgebied, maar de studie van bijkomende profielen is noodzakelijk om een beter inzicht te kunnen krijgen in de aanwezige variatie.

### 3.3.3. Landschappelijke boringen (subfase 1b)

In tweede instantie dient in het volledige onderzoeksgebied een (paleo)landschappelijk booronderzoek conform de CGP (hoofdstuk 7.3) uitgevoerd te worden. Het doel van dit booronderzoek bestaat erin de lithostratigrafie van het projectgebied in kaart te brengen en na te gaan in welke mate deze waarnemingen overeenkomen met - of afwijken van - de profielwaarnemingen uit fase 1. Dit (paleo)landschappelijk booronderzoek kan gebeuren door middel van twee verschillende technieken: hetzij door het volledige onderzoeksgebied mechanisch af te boren, hetzij door middel van een combinatie van mechanische boringen en *cone penetration tests* (CPT) met een videocamera en elektrische conductiviteitsmeter (DELVOIE *et al.* 2016a, 2016b; VERHEGGE *et al.* 2018). In dit tweede geval blijft steeds noodzakelijk een minimaal gedeelte mechanische boringen (verhouding 1 op 3) uit te voeren, teneinde de verkregen data op een correcte manier te kunnen interpreteren.

Gezien de vorm en omvang van het projectgebied, de dikte van het Quartaire dek en de verwachte lokale bodemgesteldheid, adviseren wij dat de uitvoering van fase 2 zou gebeuren door middel van mechanische boringen ( $\varnothing = 5$  cm, bij voorkeur 8 à 10cm), geplaatst in een verspringend driehoeksgrid waarbij de afstand tussen de aanliggende boorpunten maximaal 25 m bedraagt. Dit komt voor het projectgebied neer op een totaal van ca. 46 boringen. De locatie van deze boorpunten wordt indicatief weergegeven in Figuur 85.

Deze boringen reiken minstens tot de basis van de ontginningsfase waarop de aangevraagde omgevingsvergunning betrekking heeft (i.e. tot + 25 m TAW), maar gaan bij voorkeur minstens tot aan de basis van alle op deze locatie geplande ontginningsfases gezien de intentie van de opdrachtgever om na deze ontginningsfase een nieuwe omgevingsvergunning aan te vragen voor de ontginning van de diepere leemniveau's (i.e. tot +15 m TAW). In dit laatste geval gaan de boringen bijgevolg dieper dan de profielobservaties uit fase 1. Door deze boringen onmiddellijk over de volledige diepte te plaatsen wordt echter vermeden dat op een later tijdstip een bijkomend (paleo)landschappelijk booronderzoek moet plaatsvinden op dezelfde locatie. Het valt eveneens aan te raden deze mechanische boringen waar mogelijk te combineren met eventuele mechanische boringen die de opdrachtgever zelf wenst te plaatsen om een beter inzicht te verkrijgen in de opbouw van de te exploiteren niveaus.

De lokalisering van de boorpunten gebeurt met xyz-coördinaten (planimetrie in Lambert-coördinaten; altimetrie ten opzichte van de Tweede Algemene Waterpassing). De mechanische boringen dienen uitgevoerd te worden aan de hand van een systeem met gesloten *liners*. De boven- en onderkant, alsook de volgorde van de *liners* per boorpunt wordt duidelijk op de boorkernen aangegeven. Deze *liners* worden vervolgens – in afwijking met de CGP – in een labo geopend, geregistreerd en gefotografeerd/ingescand<sup>2</sup>. De lithostratigrafische beschrijving, interpretatie en correlatie van de verschillende boorkernen, en de correlatie met de profielwanden uit fase 1, gebeuren conform de CGP.

<sup>2</sup> Op deze gefotografeerde/gescande boorkolommen kunnen de kleurcontrasten worden bijgewerkt waardoor moeilijke leesbare niveaus beter zichtbaar worden.

Fases 1 en 2 worden uitgevoerd door een aardkundige<sup>3</sup> en een veldwerkleider en staan onder leiding van een erkend archeoloog. De veldwerkleider beschikt over aantoonbare ervaring in archeologisch onderzoek naar steentijdvindplaatsen. Bij de correlatie en interpretatie van de boorkolommen en profielen dient bovendien beroep gedaan te worden op de wetenschappelijke ondersteuning van een specialist-aardkundige met ervaring in de studie van loess-paleosol sequenties, aantoonbaar op basis van publicaties en een specialist in paleolithische archeologie, eveneens aantoonbaar op basis van publicaties.

Op de hierboven beschreven wijze kan het landschappelijk bodemonderzoek een goede inschatting geven van de variatie in de lokale bodemontwikkeling, -complexiteit en -bewaring en kan aldus een betrouwbaar advies verleend worden naar de noodzaak en uitvoeringsmodaliteiten van het (eventuele) archeologisch vervolgonderzoek of naar een vrijgave van de onderzochte bodemniveaus. Het is daarom van groot belang om dit onderzoek integraal, met andere woorden over de ganse diepte van de geplande verstoring, uit te voeren en dit in een vroeg stadium van het onderzoekstraject.

Bovenstaand traject van landschappelijk bodemonderzoek zal het mogelijk maken om enerzijds niveaus die geen potentieel hebben voor de aanwezigheid van goed bewaarde midden- en laatpaleolithische occupatieniveaus uit te sluiten voor vervolgonderzoek, en anderzijds niveaus die wel over een dergelijk potentieel beschikken of waarvan het potentieel onbepaald is, te identificeren. Op basis van de aanwezigheid en bewaring van deze laatste groep van niveaus kunnen vervolgens binnen het projectgebied zones worden afgebakend voor archeologisch vervolgonderzoek. Ook hierbij dient het advies van de specialist-aardkundige ingewonnen te worden.

De criteria die gehanteerd worden om te bepalen in welke mate bepaalde aardkundige eenheden potentieel hebben voor de aanwezigheid van midden- en laatpaleolithische occupatieniveaus dienen ondermeer rekening te houden met volgende elementen:

- Middenpaleolithische assemblages werden in het verleden reeds aangetroffen in bepaalde aardkundige eenheden. Deze eenheden beschikken bijgevolg over een duidelijk potentieel. Indien echter enkel deze eenheden worden geselecteerd voor verder onderzoek, bestaat het risico op een cirkelredenering: aansluitend dienen daarom ook andere aardkundige eenheden waarvoor het potentieel onbepaald is verder onderzocht te worden.

- In onze streken, evenals in Noord-Frankrijk, werden tot nog toe geen indicaties voor menselijke aanwezigheid aangetroffen in sedimenten die werden afgezet tijdens de koudste fase van de laatste ijstijd, met name tijdens de tweede helft van het Onder-Pleniglaciaal (i.e. tweede helft van MIS 4) (Di Modica *et al.* 2016): vermoedelijk was het klimaat gedurende deze periode veel te koud voor menselijke occupatie. Loessafzettingen uit deze periode lijken dan ook een laag potentieel te hebben voor de aanwezigheid van middenpaleolithische vindplaatsen.

- De aanwezigheid van grote geulen impliceert niet noodzakelijk dat de opvulling van deze geulen geen potentieel meer heeft. Indien het geulen van Pleistocene ouderdom betreft, kan niet *a priori* worden uitgesloten dat in deze opvulling geen archeologische niveaus bewaard zijn gebleven.

...

Onze kennis over midden- en laatpaleolithische vindplaatsen in de Midden-Belgische loessregio is zéér beperkt, wat betekent dat zelfs het beste archeologische verwachtingsmodel dat op basis van het landschappelijk bodemonderzoek geformuleerd kan worden, nooit volledig sluitend kan zijn. Het kan met andere woorden nooit worden uitgesloten dat tijdens de ontginning vondsten worden aangetroffen in associatie met bodemkundige eenheden met een eerder laag (of onbepaald) potentieel waarin geen archeologisch booronderzoek werd uitgevoerd. Gezien de schaarse kennis over het midden- en laatpaleolithicum in regio's is het echter van groot belang dat ook deze contexten verder gewaardeerd en indien nodig opgegraven kunnen worden.

<sup>3</sup> Aangezien het pre-Holocene afzettingen en bodems betreft, wordt conform de CGP (hoofdstuk 10.2.1) geopteerd voor een aardkundige in plaats van een assistent-aardkundige.

### 3.3.4. Aardkundig en natuurwetenschappelijk onderzoek bij vooronderzoek (fase 2)

Aardkundig onderzoek bij archeologisch vooronderzoek is gericht op het verzamelen, onderzoeken en aanleveren van aardkundige gegevens die de archeologische waardering ondersteunen en versterken (CGP hoofdstuk 10). Natuurwetenschappelijk onderzoek bij vooronderzoek is daarentegen gericht op (1) het inzamelen van vondsten en stalen die ertoe bijdragen de eventuele aanwezigheid van archeologisch erfgoed, en meer bepaald de natuurwetenschappelijke component van dit erfgoed, in te schatten en de bewaringstoestand en het potentieel ervan in kaart te brengen, en (2) het aanleveren van kwaliteitsvolle natuurwetenschappelijke analyses die de archeologische interpretatie ondersteunen en versterken. In het kader van dit vooronderzoek is staalname voor natuurwetenschappelijk onderzoek noodzakelijk om dateringen te bekomen aan de hand van natuurwetenschappelijke dateringsmethoden.

In combinatie met de lithostratigrafische data, laten de resultaten van deze analyses toe een zo volledig mogelijk beeld te krijgen van de ouderdom van de aardkundige eenheden. De volgende aardkundige staalnames worden voorgesteld voor het referentieprofiel (of de referentieprofielen) uit fase 1.

#### 3.3.4.1. Magnetische susceptibiliteit

Magnetische susceptibiliteit is de mate waarin materiaal magnetisch wordt als gevolg van blootstelling aan een magnetisch veld (DALAN 2014). Het is een niet-destructieve methode die informatie levert over (de variatie van) klimaat en milieu in het verleden. Het achterliggende principe hierbij is dat bodemhorizonten gekenmerkt worden door een magnetische susceptibiliteit die verschilt van deze van de (tussenliggende) loessafzettingen. Door de magnetische susceptibiliteit van de opeenvolgende aardkundige eenheden op regelmatige afstanden te meten bekomt men een curve die gebruikt kan worden voor correlatie met andere sequenties uit eenzelfde onderzoeksgebied, of voor de correlatie met andere terrestrische sequenties of diepzeesequenties. Deze analyse dient te worden toegepast op het volledige referentieprofiel.

#### 3.3.4.1. Luminescentiedatering van een sedimentmonster

Luminescentiedatering van een sedimentmonster bepaalt het moment waarop dit sediment werd afgezet en begraven. Dit wordt berekend op basis van de sterkte van het luminescentiesignaal dat wordt uitgezonden door bepaalde mineralen, zoals kwarts- of veldspaat, die aanwezig zijn in het sediment. Dit signaal wordt op nul gezet wanneer de mineralen worden blootgesteld aan hitte of aan zonlicht. Wanneer het sediment daarna begraven wordt, worden deze mineralen blootgesteld aan natuurlijke straling in de ondergrond. Hoe langer de begraaf tijd en blootstelling aan deze straling, hoe hoger de geabsorbeerde energie en hoe sterker het luminescentiesignaal.

Het betreft een groep aan nauw verwante dateringsmethodes (OSL, IRSL, post-IR IRSL, ...) waarvan het bereik ver teruggaat in de tijd, tot verschillende honderd duizenden jaren geleden. Het precieze bereik varieert in functie van de gekozen methode. Luminescentiedateringen laten bijgevolg toe de verschillende stratigrafische sequentie in Denderleeuw (absoluut) te dateren. Hierbij wordt aanbevolen verschillende aardkundige eenheden, verspreid over de sequentie, te bemonsteren en te dateren.

Er dienen minstens 12 OSL-dateringen te gebeuren op het referentieprofiel, waarbij zeker in, boven en onder elke paleosol een monster dient te worden genomen.

#### 3.3.4.3. <sup>14</sup>C-datering bovenste niveaus

<sup>14</sup>C-datering is een radiometrische dateringsmethode waarbij op basis van het radioactief verval van het isotoop koolstof-14 de ouderdom van organische materialen bepaald wordt (Taylor 2014). Deze absolute dateringstechniek heeft een bereik tot 40 000 – 50 000 jaar geleden. Bij conventionele <sup>14</sup>C-datering zijn doorgaans monsters van 0.5 tot 10 g koolstof nodig, terwijl bij gebruik van AMS (*accelerator mass spectrometry*) technologie ook veel kleinere monsters (van 0.5 tot 1 mg koolstof) gedateerd kunnen worden. Voor het referentieprofiel dienen minstens 5 <sup>14</sup>C-dateringen voorzien te worden.

#### 3.3.4.4. Palynologische waarderungen

De palynologische waarderungen bestaan uit twee luiken, met name een kwalitatieve en een

kwantitatieve waardering. Door middel van een kwalitatieve waardering kan achterhaald worden of er in een bepaald staal pollen en sporen aanwezig zijn. Daartoe ondergaat het staal de standaard procedure voor palynologische preparatie en wordt het vervolgens onder de microscoop bekeken. Daarbij wordt in tabelvorm notitie gemaakt van de rijkdom, de bewaringstoestand en indien van toepassing de belangrijkste pollen- en sporentypes, aanwezigheid van houtskool en non-pollen palynomorfen (schimmelsporen, algen, resten van dieren en planten). Op basis van deze waarnemingen wordt beoordeeld of kwantitatieve waardering mogelijk is.

De bemonstering dient, indien mogelijk, te gebeuren op een opgeschoonde, rechte (eventueel getrapte) profielwand<sup>4</sup> en in stukken van maximaal 1,10m (om stockage in koeling te vergemakkelijken) met een verticale overlap van minstens 10 cm..

Hierbij dient de mogelijkheid opgehouden te worden om aanvullende monsters te nemen of aanvullende metingen uit te voeren op bepaalde aardkundige eenheden die aanwezig zijn in de boorkernen uit het landschappelijke bodemonderzoek (fase 2) of die zichtbaar zijn in profielen die in de loop van de ontginning worden blootgelegd.

De monsternamen en de uiteindelijke selectie van monsters voor analyse dient te gebeuren in overleg met de specialist-aardkundige en de instanties die analyses in kwestie zullen uitvoeren. Er dient rekening gehouden te worden met een lange omlooptijd voor de verwerking en datering van de OSL-monsters. Mochten de OSL-resultaten op zich laten wachten en er uit de studie van de profielen en de overige natuurwetenschappelijke analyses (i.e. de waardering van pollen, magnetische susceptibiliteit en de <sup>14</sup>C-dateringen) voldoende naar voor zijn gekomen wat de volgende archeologische stappen dienen te zijn, dan moet er niet gewacht worden tot het binnenkomen van de resultaten om over te gaan tot het afwerken van de nota van het landschappelijk bodemonderzoek. De resultaten van de OSL-dateringen kunnen dan verwerkt worden ofwel in een 'nota van verdere verwerking' (wanneer het traject zou eindigen) ofwel in één van de latere nota's of rapportages. Verder dient er op te worden toegezien dat de stalen voor pollenanalyse voorafgaand aan de analyse steeds gekoeld bewaard worden en dat de pollenbakken, de stalen die worden genomen voor magnetische susceptibiliteit en de geprepareerde pollenresidus gearchiveerd worden voor mogelijke vervolganalyses.

### 3.3.5. Fase 3: Archeologisch booronderzoek (onder voorbehoud)

Wanneer de resultaten uit het landschappelijk bodemonderzoek hiertoe aanleiding geven, is volgens de CGP een fase van vooronderzoek met ingreep in de bodem bestaande uit archeologische boringen voorgeschreven om de aanwezigheid en de bewaring van vondstclusters uit het midden- of laatpaleolithicum te evalueren.

Dit archeologische booronderzoek volgt in principe de fasering van de leemontginning, waarbij eerst enkel de bovenste, roodbakkende leem (maximaal ca. 3 m dik) wordt geëxploiteerd, en vervolgens pas de dieperliggende, geelbakkende leem. Deze geelbakkende leem wordt ontgonnen tot + 25 m TAW, i.e. de maximale ontginningsdiepte voorzien in het kader van de omgevingsvergunning waarop deze archeologienota betrekking heeft.

Het archeologisch booronderzoek zal zich daarom eerst concentreren op alle geselecteerde zones en niveaus ter hoogte van de roodbakkende leem. Na de ontginning van deze roodbakkende leem zullen vervolgens de dieperliggende zones en niveaus die geselecteerd werden voor een vervolgonderzoek worden onderzocht door middel van archeologische boringen. Bij het onderzoek van dit geelbakkende leempakket, dient onderaan een marge van ca. 1 m genomen te worden ten opzichte van de maximale diepte van de ontginningsfase die het onderwerp is van deze omgevingsvergunning. De opdrachtgever kan echter ook (vanuit kostenefficiëntie) opteren om de aanwezige potentiële archeologische niveaus in zowel de roodbakkende als de geelbakkende leem in één beweging te bemonsteren met behulp van mechanische boringen (zie *infra*).

In de CGP wordt binnen het archeologische booronderzoek een fase van verkennende, met indien nodig daaropvolgend een fase van waarderende archeologische boringen voorgeschreven om de

<sup>4</sup> Hierbij dient in rekening te worden gebracht dat de groeve grenzend aan het projectgebied over schuine wanden beschikt.

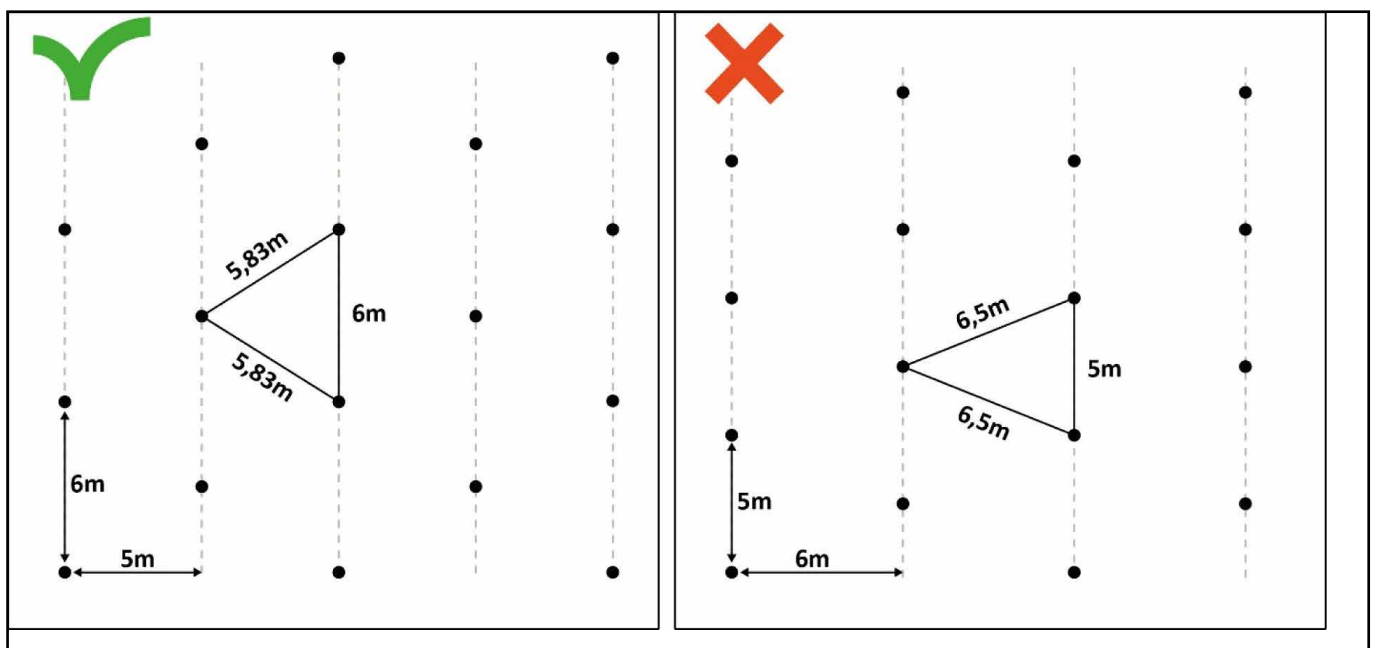
aanwezigheid en de bewaring van archeologische (prehistorische) vondstclusters te evalueren. De verkennende fase (CGP hoofdstuk 8.4) heeft als doel vondstclusters op een systematische wijze op te sporen. De afbakening van de zone(s) voor deze eerste fase van archeologische boringen, dit wil zeggen de omvang en locatie van deze zone(s), alsook het niveau in kwestie, zijn afhankelijk van de inzichten uit het voorgaande landschappelijke bodemonderzoek. Het doel van de waarderende fase (CGP hoofdstuk 8.5) is eventueel aangetroffen vondstclusters verder te evalueren. De afbakening van de zone(s) voor de waarderende boringen is op zijn beurt afhankelijk van de resultaten van het verkennend booronderzoek. Het gebied waarin het archeologisch booronderzoek dient plaats te vinden, komt overeen met maximaal het ganse onderzoeksgebied, maar kan dus ook aanzienlijk kleiner zijn, een gegeven waarover op dit moment nog geen uitspraken kunnen worden gedaan. In de CGP wordt aangegeven dat de boorgrids e boorgrids van verkennend en waarderend archeologisch booronderzoek minimaal respectievelijk 10 x 12 m en 5 x 6 m dienen te bedragen.

Verschillende recente evaluatiestudies van archeologisch booronderzoek in onze regio's tonen echter duidelijk aan dat een resolutie van 10 x 12 m vaak onvoldoende is om vondstclusters van kleine omvang en/of met lage vondstdichtheden op een correcte en systematische manier in kaart te brengen (CROMBÉ & VERHEGGE 2015; NOENS & VAN BAELEN 2014; VERHAGEN *et al.* 2011, 2013). Tevens bestaat het vermoeden dat dergelijke kleine vondstclusters, al dan niet met een lage vondstdichtheid, een zeer belangrijk onderdeel vormen van het (tot dusver grotendeels ongekende) prehistorische archeologische bestand, maar omwille van hun beperkte zichtbaarheid maar al te vaak - met andere woorden quasi systematisch - over het hoofd worden gezien. Dit geldt niet enkel voor het mesolithicum, maar ook voor midden- en laatpaleolithicum, hoewel onze huidige kennis voor deze twee laatste periodes vooralsnog beperkter is. Dezelfde studies tonen aan dat meer eenduidige en betrouwbare resultaten voor het opsporen van dergelijke vindplaatsen kunnen verkregen worden door gebruik te maken van een boorgrid met een hogere resolutie van ca. 5 m.

Op basis van deze inzichten adviseren we daarom om in het kader van dit project geen onderscheid te maken tussen een verkennende en een waarderende fase van archeologische boringen, maar om voor elke 'lus', bestaande uit archeologisch booronderzoek < proefputten in functie van steentijdvindplaatsen < opgraving, slechts één fase van archeologisch booronderzoek te voorzien waarbij een boorgrid met een resolutie van 5 x 6 m wordt gehanteerd.

Hierbij worden de raaien op een afstand van 5 m van elkaar geplaatst, terwijl de afstand tussen de boorpunten op eenzelfde raai 6 m bedraagt (Figuur 86). Op deze wijze wordt een verspringend driehoeksgrid bekomen. Bovenstaande werkwijze komt neer op ca. 360 boringen per hectare en dit per geselecteerd niveau. Hierbij dient nogmaals te worden opgemerkt dat het precieze aantal

Figuur 86: Links wordt een verspringend 5 x 6 m boorgrid conform de CGP weergegeven. Rechts toont een verspringend 5 x 6 m boorgrid dat niet conform de CGP is (©Van Gils & Meylemans 2018: fig. 9).



uit te voeren archeologische boringen afhankelijk is van de resultaten van het landschappelijk bodemonderzoek en afhankelijk is van de resultaten van het landschappelijk bodemonderzoek. Gaat het om boringen binnen een boordiepte van 1,20 m, dan kunnen deze manueel worden uitgevoerd met een Edelmanboor ( $\varnothing=12$  cm), mits de bodem niet te hard is uitgedroogd. Wanneer dit wel het geval is, dient overgeschakeld te worden op mechanische boringen. Indien de boordiepte meer dan 1,20 m bedraagt, dient sowieso overgeschakeld te worden op mechanische boringen. De maximale diameter van mechanische boringen bedraagt (vooralsnog) 10 cm. Mochten in de nabije toekomst grotere diameters voorhanden komen, dient de voorkeur gegeven te worden aan een diameter van 12 cm of meer.

De inzichten omtrent de variatie in opbouw en bewaring van de bodem uit het eerdere landschappelijk bodemonderzoek en de correlatie met de profielwanden en met het litho- en chronostratigrafische kader voor de Midden-Belgische loessregio, worden tijdens het archeologische booronderzoek waar nodig verfijnd door middel van gedetailleerde observatie, registratie en interpretatie van het opgeboorde sediment. Vervolgens worden relevante bodemniveaus bemonsterd (met in acht name van een marge van 20 cm boven én 20 cm onder dit niveau) en nat gezeefd over een maaswijdte van maximum 2 mm. Na het drogen van het zeefresidu wordt dit droog zeefresidu onder leiding van een steentijdspecialist geïnspecteerd op de aanwezigheid van archeologische indicatoren.

Deze opeenvolging van handelingen (boren > registratie > bemonstering > zeven > drogen > uitselecteren > analyse) vormt de basis voor een evaluatie van de aanwezigheid en bewaring van vondstclusters en een advisering naar ofwel (1) vervolgonderzoek door middel van proefputten indien één of meer archeologische indicatoren werden aangetroffen, ofwel (2) een vrijgave van het onderzochte niveau in een bepaalde zone indien geen archeologische indicatoren werden aangetroffen.

Het hier voorgestelde archeologisch booronderzoek wordt minimaal uitgevoerd conform de CGP (hoofdstuk 8.4 en 8.5) en staat onder leiding van een veldwerkleider met aantoonbare ervaring in archeologisch onderzoek naar steentijdvindplaatsen. Ervaring in (complexe) loesscontexten vormt een pluspunt.

In Noord-Frankrijk gebeurt het opsporen van (diep) begraven midden- en laatpaleolithische vindplaatsen in loess-paleosol sequenties op lijntracés (niet in de context van leemontginningen) veelal aan de hand van mechanisch gegraven putten (van ca. 2 x 2 m; Depaepe & Séara 2010). Het sediment wordt daarbij in dunne laagjes afgegraven en vervolgens naast de proefput gestort, waar het door een archeoloog met steentijdervaring wordt gecontroleerd op de aanwezigheid van archeologische indicatoren. Deze werkwijze is voor de opdrachtgever echter geen optie gezien de leempakketten in functie van de ontginning zo weinig mogelijk geroerd mogen worden.

### **3.3.6. Fase 4: Proefputten in functie van steentijd artefactensites (onder voorbehoud)**

Positieve boorpunten dienen in een volgende fase (fase 4) verder gewaardeerd te worden door middel van proefputten en testvakken. Proefputten in functie van steentijd artefactensites zijn erop gericht om via de opgraving van een beperkt maar representatief deel van een terrein, uitspraken te doen over de archeologische waarde van het gehele terrein (CGP hoofdstuk 8.7). Ter hoogte van het positieve boorpunt wordt machinaal (onder begeleiding van een steentijdarcheoloog) tot onmiddellijk boven de beoogde aardkundige eenheid een proefput van minstens 25 m<sup>2</sup> groot aangelegd waarbij het boorpunt centraal binnen de proefput komt te liggen. Indien deze aardkundige eenheid dieper dan 1,2 m onder het loopoppervlak (i.e. het tijdelijke niveau tot waarop werd ontgonnen) in de groeve ligt, dient de proefput omwille van veiligheidsredenen getrapt te worden aangelegd. Het vlak van de proefput wordt vervolgens manueel opgeschaafd tot onmiddellijk boven het niveau in kwestie en het vlak wordt ingedeeld in een grid bestaande uit vakken van 50 x 50 cm. In een verspringend 2 m-grid worden vervolgens een reeks testvakken van 50 x 50 cm manueel opgegraven in spits van 5 cm (Figuur 87). Voor een proefput van 5 x 5 m komt dit overeen met 8 testvakken.

Het opgegraven sediment wordt nat gezeefd over een maaswijdte van maximum 2 mm. Na het drogen van het zeefresidu wordt dit droog zeefresidu onder leiding van een steentijdspecialist

geïnspecteerd op de aanwezigheid van archeologische indicatoren.

Deze testvakken worden in spits van 5 cm verdiept tot de volledige aardkundige eenheid waarmee het archeologische niveau geassocieerd is, is opgegraven. Bovendien worden onder deze aardkundige eenheid twee extra spits opgegraven. Alle testvakken worden tot op eenzelfde diepte opgegraven. Indien de testvakken dieper dan 30 cm dienen te worden opgegraven en indien uit de inspectie van het gedroogde zeefresidu blijkt dat de bovenste zes spits (= 30cm) geen archeologische indicatoren bevatten, kan eventueel machinaal een tweede vlak worden aangelegd op de bodem van de proefput om de diepere spits op te graven.

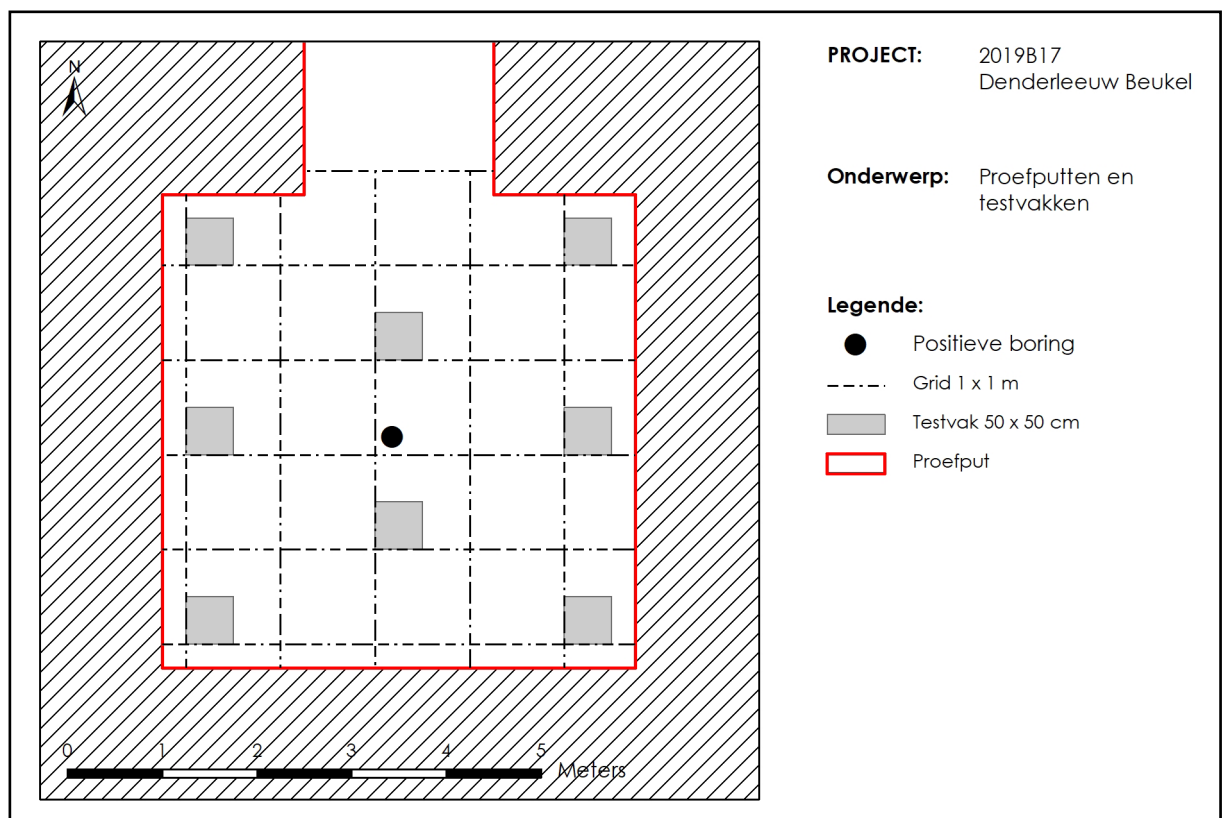
Na de opgraving van deze testvakken worden de vrijgekomen profielen op de proefputwanden en de wanden van de testvakken geregistreerd conform de CGP (incl. fotogrammetrische registratie) en beschreven door een aardkundige. Het hier voorgestelde proefputten- en testvakkenonderzoek wordt minimaal uitgevoerd conform de CGP (hoofdstuk 8.7) en staat onder leiding van een veldwerkleider met aantoonbare ervaring in archeologisch onderzoek naar paleolithische vindplaatsen.

Op basis van de resultaten van deze vijfde fase wordt inzicht verkregen in de aanwezigheid en behoudenswaardigheid van eventuele midden- of laatpaleolithische vondstspredingen in het onderzochte gebied. Op basis van deze informatie dient vervolgens een advisering te worden geformuleerd naar ofwel (1) een vrijgave van het onderzochte niveau indien geen behoudenswaardige vondstcluster(s) werd(en) aangetroffen in een bepaalde zone van het projectgebied, ofwel (2) een behoud *in situ*, ofwel (3) een vervolgonderzoek in de vorm van een opgraving indien één of meer behoudenswaardige vondstcluster(s) werden aangetroffen.

### 3.3.7. Fase 5: Opgraving steentijd artefactensites (onder voorbehoud)

Indien tijdens fase 4 behoudenswaardige midden- of laatpaleolithische vondstclusters worden aangetroffen en deze niet door middel van een planaanpassing *in situ* behouden kunnen worden, dient er conform de CGP (hoofdstuk 18) overgeschakeld te worden op een opgraving. Hierbij wordt een opgraving voorgesteld op basis van de kwadrantenmethode (CGP hoofdstuk 18.2), waarbij in uitzonderlijke omstandigheden (*infra*) voor een beperkte zone kan worden overgeschakeld naar

Figuur 87: Proefput met testvakken in verspringend 2 m grid (@GATE)



een opgraving met 3D-registratie van de artefacten (CGP hoofdstuk 18.2). Het uitgangspunt blijft echter steeds de opgraving in vakken volgens de van de kwadratenmethode.

Vooreerst dient een voldoende groot opgravingsvlak machinaal te worden aangelegd rond de positieve proefput (marge van 20 m per positieve proefput). Het opgravingsvlak dient machinaal aangelegd te worden onder begeleiding van een veldwerkleider met aantoonbare steentijdervaring (*infra*) tot boven het bewuste archeologische niveau met inachtneming van een zekere marge. Vervolgens wordt het vlak manueel met de schop tot onmiddellijk boven dit archeologische niveau verdiept. Daarna wordt een gridsysteem aangelegd bestaande uit vakken van 50 x 50 cm dat identiek is aan het gridsysteem gebruikt tijdens het onderzoek van de testvakken uit fase 5 zodanig dat de resultaten van beide onderzoeksfases compatibel zijn. Deze vakken dienen vervolgens te worden opgegraven in spits van 5 cm dikte, waarna het opgegraven sediment nat gezeefd wordt over een maaswijdte van maximum 2 mm. Na het drogen van het zeefresidu wordt dit droog zeefresidu onder leiding van een steentijdspecialist geïnspecteerd op de aanwezigheid van archeologische indicatoren.

In uitzonderlijke omstandigheden (vb. bij het aantreffen van haarden of andere uitzonderlijke vondsten) kan indien nodig een beperkte zone in de opgravingsput opgegraven worden met 3D-registratie van artefacten. Hierbij is van belang dat het opgraven en zeven eveneens dient te verlopen volgens het hierboven vermelde grid- en vakkensysteem van 50 x 50 cm.

Het opgraven dient te worden gestaakt wanneer het archeologische niveau over zijn volledige diepte werd opgegraven en de onderliggende steriele afzettingen zijn bereikt.

In de loop van de opgraving en na de afronding ervan dienen op verschillende locaties in de opgravingsput profielen geregistreerd te worden door de aardkundige. Hieronder bevinden zich minstens twee profielen, in een rechte hoek ten opzichte van elkaar, die doorheen de vondstcluster(s) lopen. De profielen worden ook fotogrammetrisch geregistreerd. De hier voorgestelde opgraving wordt minimaal uitgevoerd conform de CGP (hoofdstuk 18) en staat onder leiding van een veldwerkleider met aantoonbare ervaring in archeologisch onderzoek naar paleolithische vindplaatsen in (complexe) loesscontexten.

### 3.3.7.1. AARDKUNDIG EN NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK BIJ ARCHEOLOGISCHE OPGRAVINGEN

Het aardkundig onderzoek (CG hoofdstuk 21) en het natuurwetenschappelijk onderzoek (CG hoofdstuk 20) dat wordt uitgevoerd in het kader van een archeologische opgraving is gericht op het aanleveren van kwaliteitsvolle analyses die op basis van aardkundige en natuurwetenschappelijke data de archeologische interpretatie onderbouwen en versterken. Tijdens eventuele archeologische opgravingen in het kader van dit project dient daarom zeker rekening gehouden te worden met de volgende analyses.

#### 3.3.6.1.1. Palynologie

Palynologie (of pollenanalyse) is uitermate geschikt om aan de hand van pollen en sporen - indien deze bewaard zijn - inzicht te krijgen in vegetatie en landschap. Soms kan palynologie ook inzicht verschaffen in de datering van de bodemkundige eenheid.

#### 3.3.6.1.2. Korrelgrootteanalyse

Korrelgrootteanalyse is een analytische techniek die veelvuldig gebruikt wordt binnen de geowetenschappen en waarbij door middel van een laboratoriummeting de opbouw en de verdeling van het minerale deel van het onverharde sediment worden bestudeerd (López 2017, Dinoloket<sup>5</sup>). Hierbij wordt gekeken naar de grootte van de aanwezige korrels en hoe deze verschillende groottes verdeeld zijn. Door middel van deze analyse kan inzicht verworven worden over de omstandigheden waaronder en de manier het sediment werd afgezet. Hierbij kan onder andere achterhaald worden of het gaat om een zuiver eolische loessafzetting of dat er ook andere afzettingsmechanismen een rol hebben gespeeld. Bij korrelgrootteanalyse worden lange sequenties over een regelmatige afstand bemonsterd.

#### 3.3.6.1.3. Micromorfologie

Micromorfologie behelst de analyse van de bodem op microscopische schaal aan de hand

van onverstoorte bodemonsters in de vorm van slijpplaten (MacPhail 2014). Deze analyses kunnen antwoorden bieden op diverse vragen die verband kunnen houden met zowel natuurlijke bodemvorming als de antropogene impact op de bodem. In het kader van dit project wordt micromorfologisch onderzoek hoofdzakelijk aangewend om de genese van aardkundige eenheden en de ontwikkeling van het landschap beter te begrijpen. Bemonstering gebeurt door middel van brede monsterbakken.

#### 3.3.6.1.4. *Loss on ignition*

Bij LOI of *loss on ignition* wordt een staal sediment gewogen, vervolgens in een oven verbrand en tenslotte opnieuw gewogen. Op die manier kan het organische gehalte en het kalkgedeelte van het sediment bepaald worden, wat inzicht kan bieden in de genese van een bepaalde aardkundige eenheid.

#### 3.3.6.1.5. Archeozoologisch onderzoek (onder voorbehoud)

Dit behelst de studie van dierlijke resten die worden aangetroffen tijdens archeologisch onderzoek. Organische resten zijn echter niet altijd bewaard gebleven in loess-paleosol sequenties.

Bijzondere aandacht dient geschonken te worden aan malacologisch onderzoek, de studie van mollusken (i.e. weekdieren). Wanneer aanwezig in (bepaalde delen van) loess-paleosol sequenties, kunnen deze belangrijke informatie leveren het over paleomilieus en -klimaat en de wijzigingen die hierin zijn opgetreden doorheen de tijd.

#### 3.3.6.1.6. $^{14}\text{C}$ -datering (*supra*)

Mogelijk dienen bijkomende monsters genomen te worden om het archeologische niveau (beter) te dateren.

#### 3.3.6.1.7. OSL-datering (*supra*)

Mogelijk dienen bijkomende monsters genomen te worden om het archeologische niveau (beter) te dateren. Verder dient een post voorzien te worden voor analyses die mogelijk kunnen worden toegepast, met name:

#### 3.3.6.1.8. Analyse groene amfibool (optioneel)

De studie van zware mineralen in loess-paleosol sequenties kent in de Noordwest-Europese loessgordel een lange onderzoekstraditie. Uit onderzoek van loessafzettingen in Midden-België, Nederlands Limburg en Noord-Frankrijk blijkt dat in het bijzonder het aandeel aan groene amfibool belangrijke indicaties levert over de ouderdom van de loessafzettingen (PIRSON *et al.* 2018a). Op basis van het percentage aan groene amfibool worden hierbij in de loessafzettingen van MIS 11 tot MIS 1 (i.e. de laatste 400.000 jaar) vijf groepen onderscheiden (Figuur 85). Zo worden loessafzettingen die gerekend worden tot het Lid van Vellereille, het Lid van Hesbaye en het Lid van Brabant (groep 5) bijvoorbeeld gekenmerkt door een beduidend hoger percentage aan groene amfibool ten opzichte van afzettingen die behoren tot het Lid van Warneton (groep 4). Ook loessafzettingen ouder dan MIS 6 (groep 1) beschikken over erg lage percentages groene amfibool.

In combinatie met beschrijvingen van de lithostratigrafische sequentie vormt deze methode een belangrijk hulpmiddel dat in vele gevallen toelaat loessafzettingen aan een welbepaalde groep toe te wijzen en bijgevolg deze afzettingen ook dateert. Zo kan een Pleistocene interglaciale bodem of pedocomplex met een hoge concentratie aan groene amfibool bijvoorbeeld enkel dateren uit MIS 5 (PIRSON *et al.* 2018a). Deze methode laat bijgevolg eveneens toe de chronostratigrafische positie van archeologische assemblages te verfijnen. Voor het onderzoek van de groene amfibool worden de verschillende aardkundige eenheden (in de pollenbakken) bemonsterd.

#### 3.3.6.1.9. Analyse van tefra's (optioneel)

In het oostelijk deel van de Midden-Belgische loessregio wordt in sommige loess-paleosol sequenties vulkanische tefra's, afkomstig uit de Duitse Eiffel, aangetroffen. Het gaat meer bepaald om drie verschillende tefra's die met het blote oog kunnen worden waargenomen en die belangrijke *marker horizons* vormen in Laat-Pleistocene sedimenten.

| Tefra             | Datering      | Stratigrafische positie                                              | Verspreiding                                                                                 | Referentie             |
|-------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Laacher See tefra | 12.920 cal BP | Holocene bodem < Lid van Brabant < Gembloux Formatie                 | Oost-België, Denemarken, Duitsland, Frankrijk, Italië, Nederland, Polen, Zweden, Zwitserland | Riede et al. 2011      |
| Eltville tefra    | ca. 20 ka     | Lid van Hesbaye < Gembloux Formatie                                  | Oost-België, Duitsland, Nederland                                                            | Pouclet & Juvigné 2009 |
| Rocourt tefra     | 90 – 74 ka    | Humeuze Complex van Remicourt < Lid van Warneton < Gembloux Formatie | Oost-België, Nederland                                                                       | Pouclet et al. 2008    |

Volgens de beschikbare spreidingskaarten worden de Laacher See tefra en de Roucourt tefra enkel in het oostelijk deel van de Midden-Belgische loessregio aangetroffen, terwijl de Eltville tefra ook meer naar het westen aanwezig kan zijn. Aangezien Denderleeuw zich mogelijk echter ook net ten westen van het spreidingsgebied van de Eltville tefra bevindt, valt de relevantie van tefrochronologie voor het projectgebied bijgevolg af te wachten. Mogelijk biedt de magnetische susceptibiliteitsanalyse inzicht in de al of niet aanwezigheid van tefra's.

Voor het onderzoek van tefra's worden verschillende aardkundige eenheden in bulk bemonsterd (50 à 100gr).

### 3.4. Voorziene afwijkingen ten aanzien van de Code van Goede Praktijk

Met betrekking tot de fases van archeologische boringen (onder voorbehoud) worden de volgende afwijkingen ten opzichte van de CGP voorzien:

In de meeste dossiers wordt na afloop van het archeologisch onderzoek dat uitgevoerd wordt in het kader van een archeologienota, het projectgebied in kwestie volledig vrijgegeven. Aangezien de opdrachtgever in dit dossier echter de intentie heeft om na afloop van de ontginningsfase waarop deze archeologienota betrekking heeft (tot + 25 m TAW) ook de diepere niveaus in een volgende ontginningsfase te exploiteren (tot + 15 m TAW), kunnen enkel de niveaus tot + 25 m TAW (en niet de volledige terreinen) worden vrijgegeven.

## 4. Bibliografie

ANTEA GROUP. 2013. Leemontginning Aalstwegel Denderleeuw, Definitief MER (Vandersanden Steenfabrieken nv). Onuitgegeven rapport, Antwerpen.

ANTOINE P., GOVAL E., JAMET G., COUTARD S., MOINE O., HÉRISSON D., AUGUSTE P., GUÉRIN G., LAGROIX F., SCHMIDT E., ROBERT V., DEBENHAM N., MESZNER S. & BAHAIN J.-J. 2014. Les séquences loessiques pléistocène supérieur d'Havrincourt (Pas-de-Calais, France): stratigraphie, paléoenvironnements, géochronologie et occupations paléolithiques. *Quaternaire* 25 (4): 321-368.

BOSQUET D., HAESAERTS P., DAMBLON F., JARDÓN GRINER P. & RYSSAERT C. 2011. LE GISEMENT PALÉOLITHIQUE DE REMICOURT – EN BIA FLO I. In: TOUSSAINT M., DI MODICA K. & PIRSON S. (eds) Le Paléolithique moyen en Belgique. Mélanges Marguerite Ulrix-Closset (Les chercheurs de la Wallonie hor-série n° 4, ERAUL 128). Université de Liège & Société royale belge d'Etudes géologiques et archéologiques, Luik: 375-374.

BRINGMANS P. 2006. *Multiple Middle Palaeolithic Occupations in a Loess-soil Sequence at Veldwezelt-Hezerwater, Limburg, Belgium*. Onuitgegeven doctoraatsverhandeling, KU Leuven.

CROMBÉ P. & VERHEGGE J. 2015. In search of sealed Palaeolithic and Mesolithic sites using core sampling: the impact of grid size, meshes and auger diameter on discovery probability. *Journal of Archaeological Science* 53: 445-458.

DALAN R. 2014. Magnetic susceptibility of soils and sediments in environmental archaeology. In: Smith C. (ed.) *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer, New York: 4595-4598.

DEEBEN J., DRENTHE E., VAN OORSOUW M.-F. & VERHART L. 2005. *De Steentijd van Nederland (Archeologie 11-12)*. Stichting Archeologie, Meppel.

DELVOIE S., BOULVAIN F., CHARLIER R. & COLLIN F. 2016. Detailed characterization of the Late Pleistocene loess sequence stratigraphy of Remicourt (Hesbaye region, Belgium) with cone penetration tests. *Geologica Belgica* 19 (3-4): 281-289.

DELVOIE S., PIRSON S., CHARLIER R. & COLLIN F. 2016. Étude de la séquence stratigraphique des loess de la carrière de Romont (Eben-Emael, Belgique) par une campagne géotechnique. *Notae Praehistoricae* 36: 5-21.

DE PUYDT M. 1922. Liège Paléolithique. Le Gisement de Sainte-Walburge dans le Limon Hesbayen. Note Complémentaire n° I. *Bulletin de l'Institut Archéologique Liégeois* 47: 1-13.

FRECHEN M., VAN VLIET-LANOË B. & VAN DEN HAUTE P. 2001. The Upper Pleistocene Loess Record at Harmignies, Belgium. High Resolution Terrestrial Archive of Climate Forcing. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 173: 175-195.

GULLENTOPS F. 1954. *Contributions à la Chronologie du Pléistocène et des Formes du relief en Belgique (Mémoires de l'Institut Géologique de l'Université de Louvain 18)*. Katholieke Universiteit Leuven, Leuven.

HAESAERTS P., JUVIGNÉ E., KUYLO., MUCHER H. & ROEBROEKS W. 1981. Compte rendu de l'excursion du 13 juin 1981, en Hesbaye et au Limbourg néerlandais, consacrée à la chronostratigraphie des loess du Pléistocène supérieur. *Annales de la Société Géologique de Belgique* 104: 223-240.

HAESAERTS P., DI MODICA K. & PIRSON S. 2011a. Le gisement paléolithique de la Sablière de Gritten (province de Liège). In: Toussaint M., Di Modica K. & Pirson S. (Eds) Le Paléolithique moyen en Belgique. Mélanges Marguerite Ulrix-Closset (Les chercheurs de la Wallonie hor-série n° 4, ERAUL 128). Université de Liège & Société royale belge d'Etudes géologiques et archéologiques, Luik: 359-374.

HAESAERTS P., PIRSON S. & MEIJS E., 2011b. *Quaternary Lithostratigraphic Units (Belgium): Revised lithostratigraphy of the aeolian loess deposits (Romont Group)*. National Commission for Stratigraphy Belgium, Subcommission Quaternary: <https://ncs.naturalsciences.be/quaternary/lithostratigraphy>

HÉRISSON D., COUTARD S., GOVAL E., LOCHT J.-L., ANTOINE P., CHANTREAU Y. & DEBENHAM N. 2016. A new key-site for the end of Lower Palaeolithic and the onset of Middle Palaeolithic at Etrécourt-Manancourt (Somme, France). *Quaternary International* 409: 73-91.

LOCHT J.-L., SEILIER N., COUTARD S., ANTOINE P. & FERAY P. 2010. La détection de sites du Paléolithique ancien et moyen dans le nord de la France: une approche particulière. In: Depaepe P. & Séara F. (eds) *Le diagnostic des sites paléolithiques et mésolithiques, Actes du séminaire des 5 et 6 décembre 2006 (Les cahiers de l'Inrap n°3)*. Inrap, Parijs: 49-57.

LOCHT J.-L., HÉRISSON D., GOVAL E., CLIQUET D., HUET B., COUTARD S., ANTOINE P. & FERAY P. 2016. Timescales, space and culture during the Middle Palaeolithic in northwestern France. *Quaternary International* 411: 129-48.

LÓPEZ G.I. 2017. Grain size analysis. In: Gilbert A.S. (ed.) *Encyclopedia of Geoarchaeology (Encyclopedia of Earth Science Series)*. Springer, Dordrecht: 341-348.

MACPHAIL R.I. 2014. Archaeological Soil Micromorphology. In: SMITH C. (ed.) *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer, New York: 356-364.

MICHEL J. 1978. Les Industries Paléolithiques de la Carrière Hélin à Spiennes. *Helinium* 18: 35-67.

NOENS G. & VAN BAELEN A. 2014. Gerichte prospectie naar (prehistorische) vondstclusters I: enkele boorsimulaties gericht op een evaluatie van de onderlinge afstand tussen boorpunten binnen een driehoeks raster. *Notae Praehistoricae* 34: 27-50.

PARIS C., DENEUVE E., FAGNART J.-P., COUDRET P., ANTOINE P., PESCHAUX C., LACARRIÈRE J., COUTARD S., MOINE O. & GUÉRIN G. 2017. Premières observations sur le gisement gravettien à statuettes féminines d'Amiens-Renancourt 1 (Somme). *Bulletin de la Société préhistorique française* 114 (3): 423-444.

PIRSON S., BAELE J.-M., BALESCU S., HAESAERTS P., JUVIGNÉ E., MEIJS E. & SPAGNA P. 2018a. Green amphibole distribution as a stratigraphic tool in loess sequences from Belgium: A review. *Quaternary International* 485: 183-198.

PIRSON S., SPAGNA P., DELVOIE S., BOSQUET D., DI MODICA K., HAESAERTS P., JUVIGNÉ E. & VAN DER SLOOT P. 2018b. NOUVELLES RECHERCHES À L'ANCIENNE SABLIÈRE GRITTEN. *NOTAE PRAEHISTORICAE* 38: 99-137.

POUCLET A., JUVIGNÉ E. & PIRSON S. 2008. The Rocourt Tephra, a widespread 90-74 ka stratigraphic marker in Belgium. *Quaternary Research* 70: 105-120.

POUCLET A. & JUVIGNÉ E. 2009. The Eltville tephra, a late Pleistocene widespread tephra layer in Germany, Belgium and The Netherlands; Symptomatic compositions of the minerals. *Geologica Belgica* 12 (1-2) : 93-103.

RIEDE F., BAZELY O., NEWTON A.J. & LANE C.S. 2011. A Laacher See-eruption supplement to Tephrobase: Investigating distal tephra fallout dynamics. *Quaternary International* 246: 134-144.

ROEBROEKS W. 1988. *From Find Scatters to Early Hominid Behaviour: A Study of Middle Palaeolithic Riverside Settlements at Maastricht-Belvédère (The Netherlands) (Analecta Praehistorica Leidensia 21)*. University of Leiden, Leiden.

TAYLOR R.E. 2014. Radiocarbon Dating in Archaeology. In: Smith C. (ed.) *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer, New York: 6226-6235.

VAN BAELEN A. (ed.) 2017. *Onderzoek naar de stratigrafie van de lösssequentie en de daarin aangetroffen artefacten op De Kaap bij St. Geertruid (RAM 236)*. Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort.

VAN BAELEN A., HUS J.J., LEHMKUHL F., MEIJS E.P.M., SCHULTE P., VAN PEER P. & ZENS J. 2017. *The Lower to Middle Palaeolithic Transition in Northwestern Europe. Evidence from Kesselt-Op de Schans*. Leuven University Press, Leuven.

VAN DEN HAUTE P., VANCRAEYNST L. & DE CORTE F. 1998. The Late Pleistocene loess deposits and palaeosols of eastern Belgium: new TL age determinations. *Journal of Quaternary Science* 13 (5): 487-497.

VAN DER SLOOT, HAESAERTS P. & PIRSON S. 2011. Les sites du Mont Saint-Martin. In: Toussaint M., Di Modica K. & Pirson S. (eds) *Le Paléolithique moyen en Belgique. Mélanges Marguerite Ulrix-Closset (Les chercheurs de la Wallonie hor-série n° 4, ERAUL 128)*. Université de Liège & Société royale belge d'Etudes géologiques et archéologiques, Luik: 385-394.

VAN GILS M. & MEYLEMANS E. 2018. *Prospecteren naar steentijd artefactensites – versie 1*. Agentschap Onroerend Erfgoed, Brussel.

VANMONTFORT B. 2013. *Archeologische opvolging van de begraven, pleistocene niveaus in het kader van de leemontginning in Limburg: Plan van Aanpak (EPA rapport 39)*. Onuitgegeven rapport, Leuven.

VERHAGEN J.W.H.P., RENSINK E., BATS M. & CROMBÉ P. 2011. *Optimale strategieën voor het opsporen van Steentijdvindplaatsen met behulp van booronderzoek. Een statistisch perspectief (RAM 197)*. Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort.

VERHAGEN J.W.H.P., RENSINK E., BATS M. & CROMBÉ P. 2013. Establishing discovery probabilities of lithic artefacts in Palaeolithic and Mesolithic sites with core sampling. *Journal of Archaeological Science* 40: 240-247.

VERHEGGE J., CROMBÉ P. & VAN DEN WIJNGAERT M. 2018. Prehistoric landscape mapping along the Scheldt by camera- and conductivity CPT-E. In: Hicks M.A., Pisanò F. & Peuchen J. (Eds) *Cone Penetration Testing 2018 – Proceedings of the 4th International Symposium on Cone Penetration Testing (CPT'18)*, 21-22 June, 2018, Delft, The Netherlands. Delft University of Technology, Delft: 663-668.

VERMEERSCH P.M., LAUWERS R., VAN PEER P., MUNAUT A.V. & GULLENTOPS F. 1985. Un site Magdalénien à Kanne (Limbourg). *Archaeologica Belgica* 1: 17-54.

Geraadpleegde digitale bronnen:

Code van goede praktijk voor de uitvoering van en rapportering over archeologisch vooronderzoek en archeologische opgravingen en het gebruik van metaaldetectoren, versie 4.0. Brussel, agentschap Onroerend Erfgoed:

<https://www.onroerenderfgoed.be/de-code-van-goede-praktijk>