



Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed  
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en  
Wetenschap

Rapportage  
Archeologische  
Monumentenzorg

238

## Erosie-onderzoek op de Grote Houw Oost in het kader van TOPsites

D.J. Huisman, M. van der Heiden, W. Derickx,  
J.W. de Kort, T. Reimann, J. Schoorl, S. Thasing,  
F. van Egmond, M. van Soest, P. Verplanke,  
J. Wallinga

# **Erosie-onderzoek op de Grote Houw Oost in het kader van TOPsites**

D.J. Huisman, M. van der Heiden, W. Derickx,  
J.W. de Kort, T. Reimann, J. Schoorl, S. Thasing,  
F. van Egmond, M. van Soest, P. Verplanke, J. Wallinga

## Colofon

Rapportage Archeologische Monumentenzorg nr. 238

Erosie-onderzoek op de Grote Houw Oost in het kader van TOPsites

Auteurs: D.J. Huisman, M. van der Heiden, W. Derickx, J.W. de Kort,  
T. Reimann, J. Schoorl, S. Thasing, F. van Egmond, M. van Soest, P. Verplanke, J. Wallinga

Redactie: D.J. Huisman & M. van der Heiden

Illustraties: Auteurs en M. Haars (BCL-Archaeological Support)

Opmaak en productie: Xerox/OBT, Den Haag

ISBN/EAN: 9789057992780

© Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort, 2017

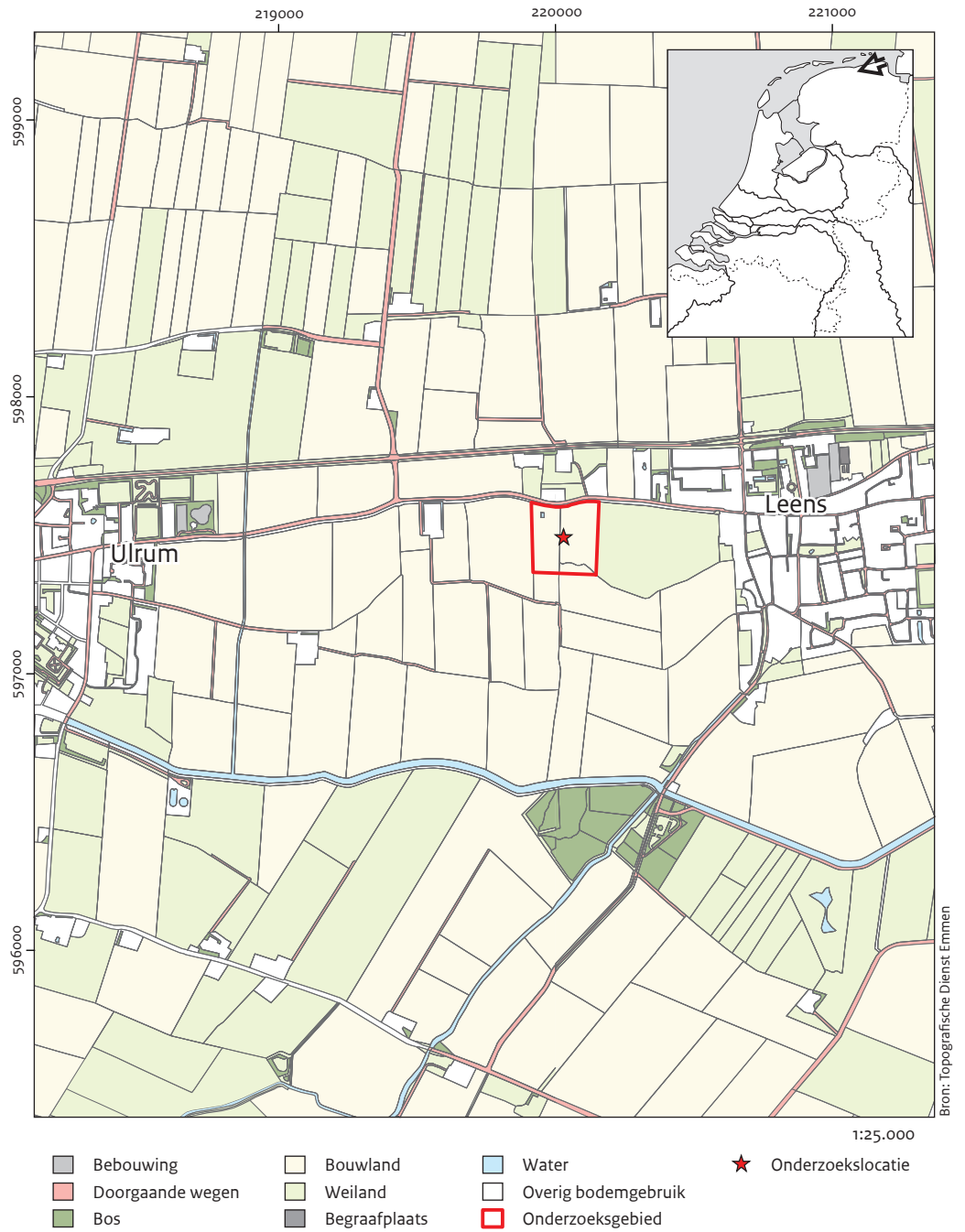
Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

Postbus 1600

3800 BP Amersfoort

[www.cultureelerfgoed.nl](http://www.cultureelerfgoed.nl)

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>Onderzoeksmethode</b>	<b>25</b>	
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>	4.1	Hoogtemetingen	25
1.1	Aanleiding	7	4.2	Booronderzoek	25
1.2	Uitvoering van het onderzoek	7	4.3	Gravend onderzoek	25
1.3	Opbouw van de rapportage	8	4.4	Bemonstering t.b.v. OSL en traceronderzoek	28
1.4	Administratieve gegevens	8	<b>5</b>	<b>Onderzoeksresultaten</b>	<b>29</b>
1.5	Archivering	8	5.1	Inleiding	29
<b>2</b>	<b>Vooronderzoek</b>	<b>9</b>	5.2	Maaiveldhoogtes	29
2.1	Bureauonderzoek	9	5.3	Opbouw wierde	33
2.2	Gespecificeerde archeologische verwachting	13	5.4	Vondsten uit de bouwvoor	40
2.3	Verwachting erosie	15	5.5	Erosie en colluvium	48
2.4	Theorie en methoden erosiemetingen	16	<b>6</b>	<b>Interpretatie van de onderzoeksresultaten</b>	<b>55</b>
2.4.1	Inleiding	16	6.1	Erosieonderzoek	55
2.4.2	Veranderingen in maaiveldhoogte	16	6.2	Fysieke kwaliteit	56
2.4.3	Dieptewaarnemingen van bouwvoor en lagen m.b.v. van handboringen	17	6.3	Evaluatie effectiviteit methoden en technieken	56
2.4.4	Dateringen van afzetting en erosie op monsters uit profielen	17	<b>7</b>	<b>Beantwoording onderzoeksvragen</b>	<b>57</b>
<b>3</b>	<b>Doelstelling en vraagstelling van het onderzoek</b>	<b>23</b>	<b>Literatuur</b>	<b>59</b>	
3.1	Relatie met NOaA en/of andere onderzoekskaders	23	<b>Bijlagen</b>	<b>61</b>	
3.2	Vraagstelling	23			
3.3	Onderzoeksvragen	23			



Afb. 1 De ligging van het onderzoeksgebied

Grote Houw is één van de vier locaties waar in het kader van het TOPsites project onderzoek is uitgevoerd naar de snelheid van erosie. Doel was om te proberen vast te stellen hoe snel op deze locatie erosie plaatsvindt. Bijkomende doelen waren (1) om te testen welke methodes het meest geschikt zijn in een dergelijke context om erosiesnelheden te meten en (2) om te onderzoeken in hoeverre erosie schade toebrengt aan de archeologische vindplaats.

Grote Houw – een terrein van zeer hoge archeologische waarde – bevat een deel van een complexe dubbelwierde. De verschillende methodes die werden getest voor het meten van de erosiesnelheden gaven variabele resultaten:

- Een vergelijking van de maaiveldhoogtes volgens AHN1, AHN2 en een nieuwe ground-based LIDAR opname leverde geen duidelijk beeld op.
- Met booronderzoek zijn aanwijzingen voor erosie gevonden in de vorm van variaties in diktes van de bouwvoor.
- Een intensieve veldkartering leverde een duidelijk beeld van de vondspreiding in relatie tot de ligging van de wierde. Er waren echter geen eenduidige aanwijzingen voor het recent opploegen van vondstmateriaal.
- Vijf profielputten werden gegraven om de bodemopbouw te bestuderen – met aandacht voor de dikte van de bouwvoor en het evt. aanwezig zijn van colluvium.
- OSL analyses (uit de profielputten) bleken vooral geschikt om erosie- en sedimentatieprocessen op langere tijdschalen te onderzoeken. Daarbij was de spreiding aan dateringen binnen één monster van groter belang dan een absolute datering. De metingen gaven een duidelijk beeld van de ontstaansgeschiedenis van de wierde. Erosie of colluviumvorming was niet duidelijk aan te tonen.
- Met metingen van de gehalten aan <sup>137</sup>Cs en plutonium in het profiel bleek het wel mogelijk om schattingen van erosiesnelheden te maken over de periode van ca. 1960 (detonatie van waterstofbommen in de atmosfeer) tot nu. Schatting is dat gedurende deze 50 jaar maximaal 2 mm/jaar erosie is opgetreden.
- De resultaten van <sup>137</sup>Cs oppervlaktemetingen waren op deze locatie niet geschikt om erosie vast te stellen.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De Wet op de Archeologische Monumentenzorg (WAMZ) en het verdrag van Malta – waar de WAMZ op gebaseerd is – geven aan dat behoud in situ de geprefereerde manier is om archeologische vindplaatsen te beschermen. Bij ingrepen is de verstoorder verantwoordelijk voor behouden van archeologie in situ of – als het niet anders kan – ex situ– (d.w.z. door opgraven). Helaas kunnen archeologische vindplaatsen worden aangetast als er geen ingreep is of door werkzaamheden die binnen het toegestane grondgebruik vallen. Deze processen worden ook wel sluipende degradatie genoemd. Op dit moment bestaat er geen financieel vangnet om de gevolgen van dergelijke processen tegen te houden. Om beschermde archeologische vindplaatsen beter te beschermen is in opdracht van de Staatsecretaris van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW) door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) het project TOPsites gestart.<sup>1</sup>

Doel van het project TOPsites is om wettelijk beschermde archeologische monumenten te beschermen tegen de effecten van sluipende degradatie. Het gros van het projectbudget wordt besteed aan fysieke beschermingsmaatregelen. Van sommige degradatieprocessen is echter nog te weinig bekend om noodzaak en urgentie van ingrijpen en maatregelen te kunnen bepalen. Het gaat dan vooral om snelheid van degradatie en gevolgen voor de inhoudelijke en fysieke kwaliteit van de vindplaats. Dit zijn cruciale gegevens: de gevolgen van een bepaalde vorm van degradatie op een vindplaats is essentieel om de ernst ervan te kunnen inschatten. De snelheid van aantasting geeft daarbij de relevantie en urgentie van ingrijpen aan.

Een deel van het TOPsites budget is gereserveerd om onderzoek te doen naar degradatieprocessen zonder dat dit gekoppeld is aan fysieke beschermingsmaatregelen ter plaatse. Twee doelen zijn daarbij aangegeven, te weten snelheid van degradatie in natte context, en (bodem)erosie en -nivellering van vindplaatsen als gevolg van groundbewerking. Het eerste onderzoek is uitgevoerd bij vindplaats

Aartswoudt<sup>2</sup>, terwijl erosie-onderzoek is uitgevoerd bij Schouwen, Grote Houw, Tjessens, Meerssen en Beek.<sup>3</sup> Het hier gerapporteerde onderzoek betreft het erosieonderzoek op de wierde de Grote Houw. Nivellering en erosie zijn een algemeen bekend probleem voor geaccidenteerde terreinen waarop akkerbouw plaatsvindt. Grond zonder vegetatie is gevoelig voor erosie, terwijl ploegen zorgt voor vervlakking en nivelleren van reliëfverschillen. Verschillende tests zijn gedaan, met name in het buitenland, om de snelheid van deze nivellering en erosie te karakteriseren.<sup>4</sup> De resultaten zijn echter niet eenduidig, mede omdat verschillende tijdschalen worden gebruikt.

Om beter grip te krijgen op de snelheid van erosie en nivellering op archeologische vindplaatsen als gevolg van akkerbouw zijn vier locaties uitgezocht. Met opzet is gekozen voor locaties waarvan de verwachting is dat erosie/nivellering sterk is, zodat ze kunnen worden gezien als *worst-case* scenario. Binnen die groep is gekozen voor vindplaatsen waar eerder relevante gegevens zijn verzameld over degradatie en conservering. Twee (Beek-Kelmond en Meerssen – Onderste Herkenberg) liggen in het Limburgse lössgebied; drie andere (Schouwen, Grote Houw en Tjessens) zijn terpen/wierden. Op deze locaties worden verschillende technieken ingezet om erosie en nivellering door de tijd in kaart te brengen.

Dit rapport betreft het onderzoek dat in het kader van TOPsites op de wierde De Grote Houw, gemeente De Marne, werd uitgevoerd.

## 1.2 Uitvoering van het onderzoek

Het veldwerk is door verschillende partijen op verschillende momenten uitgevoerd.

Het LIDAR-onderzoek is uitgevoerd door de firma Hagenaars VOF in september 2013. Booronderzoek is uitgevoerd door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed tussen 24 en 27 maart 2014, gevolgd door het graven van vijf proefputten en bemonsteren van de profielen in september van datzelfde jaar. Dit is uitgevoerd door Wim Jong (veldtechnicus), Menno van der Heiden (senior veldarcheoloog), Jan Willem de Kort (veldarcheoloog) en Maud van Soest

<sup>1</sup> Bazelmans *et al.* 2012.

<sup>2</sup> Theunissen *et al.* in voorbereiding.

<sup>3</sup> Rapporten zijn in voorbereiding: Huisman *et al.*, 2016; Huisman *et al.* 2017; Huisman & de Kort 2017

<sup>4</sup> Bijvoorbeeld Behm *et al.* 2011, Dreibrodt *et al.* 2013, Wilkinson *et al.* 2006.



(stagiair universiteit Wageningen) met assistentie van Mario van IJendoorn (assistent), Bertil van Os (specialist anorganische materialen) en Hans Huisman (onderzoeker bodem en degradatie). Op 16 september 2014 heeft Medusa Explorations geofysische metingen met een Gammaspectrometer uitgevoerd. In april 2014 werd een oppervlaktekartering van archeologische resten uitgevoerd door Sophie Thasing en Priscilla Verplanke van de Rijksuniversiteit Groningen en een groep vrijwilligers.

### 1.3 Opbouw van de rapportage

Dit rapport bestaat met deze inleiding uit zes hoofdstukken. Hoofdstuk 2 beschrijft de resultaten van het bureauonderzoek, met aandacht voor de ligging van het onderzoeksgebied, de landschappelijke en archeologische context en de gespecificeerde archeologische verwachting. Hoofdstuk 3 gaat in op de doel- en vraagstellingen van het onderzoek en hoofdstuk 4 op de wijze waarop het onderzoek is uitgevoerd. In hoofdstuk 5 worden de resultaten gepresenteerd: respectievelijk die van de maai-veldanalyse, de LIDAR-metingen, het boor- en profielputonderzoek, de veldkartering en de uitgebreide monsternamen voor het onderzoek naar tracers en OSL. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de interpretatie van de onderzoeksgegevens en wordt een vergelijking gemaakt met eerder onderzoek. Het rapport sluit af met hoofdstuk 7 waarin de onderzoeksvragen worden beantwoord en conclusies en aanbevelingen worden gedaan.

### 1.4 Administratieve gegevens

Provincie:	Groningen
Gemeente:	De Marne
Plaats:	De Houw
Toponiem:	Grote Houw Oost
Kaartblad:	6F
Coördinaten:	NW 219.913 / 597.619 NO 220.157 / 597.621 ZW 219.920 / 597.366 ZO 220.145 / 597.357
Objectnaam:	HOGH13
Monumentterrein (AMK)	5195
archeologische waarde	terrein van zeer hoge archeologische waarde
OM-nummer:	60795
Complexitype(n):	terp/wierde (BEWV.TW)
Periode:	(Romeinse tijd) – middeleeuwen – nieuwe tijd
Cultuur:	n.v.t.
Huidig grondgebruik:	akker, weiland
Eigenaar:	Dhr. Biemond
Grondgebruiker:	Dhr. Biemond
Beheerder:	Dhr. Biemond
Opdrachtgever:	RCE
Bevoegd gezag:	gemeente de Marne
Opdrachtnemer:	RCE
Projectleider:	D.J. Huisman
Aanvang onderzoek:	maart 2014
Einde onderzoek:	september 2014
Auteurs:	D.J. Huisman, M. van der Heiden, W. Derickx, J.W. de Kort, T. Reimann, J. Schoorl, S. Thasing, F. van Egmond, M. van Soest, P. Verplanke, J. Wallinga
Autorisatie:	B. van Os

### 1.5 Archivering

De documentatie en vondsten zijn tijdelijk opgeslagen bij de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed in Amersfoort en zullen na afronding van het onderzoek worden overgedragen aan het noordelijke provinciale depot. De boorbeschrijvingen en overige digitale documentatie zijn dan te vinden in het e-depot DANS EASY.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> <https://easy.dans.knaw.nl/ui/home>

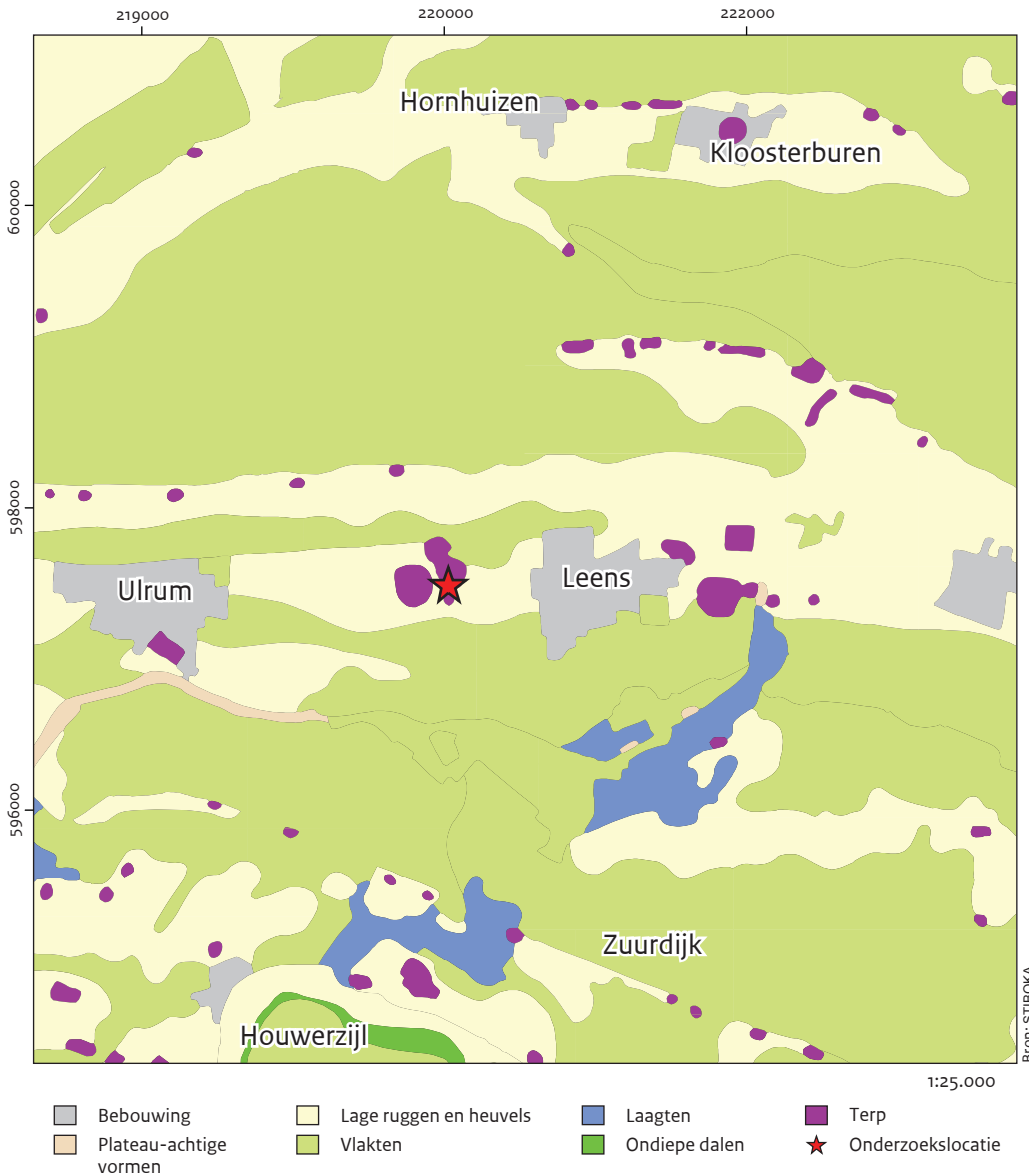
## 2.1 Bureauonderzoek

### Landschappelijke context

Het onderzoeksgebied ligt binnen het Noord-Groningse wad- en kwelderlandschap in het Reitdiepgebied. Dit is een restant van het Hunze systeem, ooit één van de drie grote getijdesystemen van Noord-Nederland (naast Borne en Fivel). De getijdebekkenen van de Hunze zijn opgevuld geraakt met wad- en kwelderafzettingen, terwijl de kustlijn opschoof naar het

noorden. In de laatste fase van opvulling was de Hunze een meanderende rivier geworden.<sup>6</sup>

Het doorgaande proces van kweldervorming zorgde voor aanwas van nieuw land. Wanneer het nieuwe land aan zeezijde werd beschermd door wederom nieuwe kwelders vond kolonisatie plaats in de vorm van wierden. Zo ontstond er na de Romeinse tijd een nieuwe kwelderrug langs de lijn Wehe-Leens-Ulrum-Houwerzijl. Hierna is onder andere de Houw ontstaan als onderdeel van de zogenaamde derde wierden-generatie.



Afb. 2.1 Uitsnede van de geomorfologische kaart waarop duidelijk de hoge kwelderruggen en de daarop gelegen wierden zichtbaar zijn.

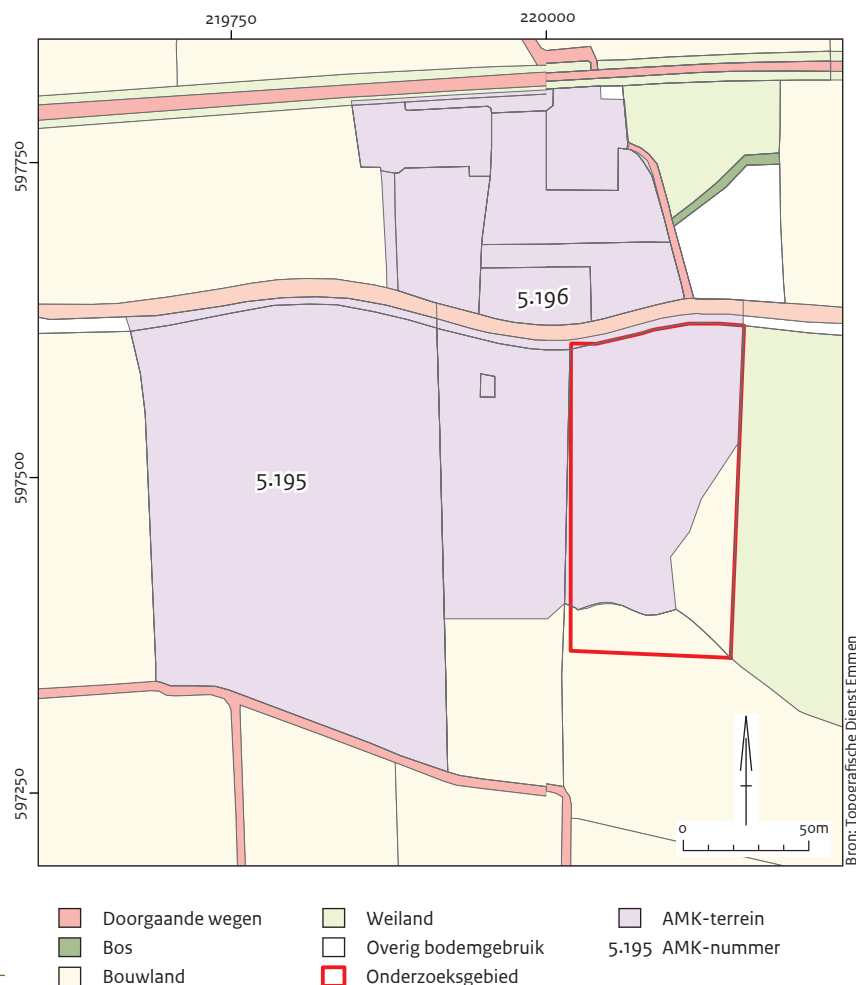
<sup>6</sup> Nieuwhof & Vos in Nieuwhof 2006.

Vanaf de elfde of twaalfde eeuw begon de aanleg van dijken, terwijl in de veertiende eeuw delen van de Hunze gekanaliseerd werden. Hierbij werden sommige delen afgesloten en verlandden volledig. Tegenwoordig is in de loop van het Reitdiep nog de meanderende Hunze te herkennen.

Het wierdenlandschap wordt getypeerd door een onregelmatige structuur, bepaald door de loop van rivieren en kreken. Dit is terug te zien in het meanderende wegenpatroon dat de kwelderruggen volgt en het verkavelingspatroon. Het verder vrij open landschap wordt daarnaast gekenmerkt door kleine reliëfverschillen. Enerzijds zijn daar de natuurlijke oever- en kwelderwallen en anderzijds de antropogene dijken en wierden (afb. 2.1).<sup>7</sup>

### Archeologische context

De Grote Houw is onderdeel van de dubbelwierde De Houw, waar ook de oostelijke Kleine Houw een onderdeel van is (afb. 2.2). De Grote Houw heeft een totale omvang van 8,4 ha en wordt doorsneden door een weg. Onderhavig onderzoek beperkt zich tot het oostelijke perceel ten zuiden van deze weg (3,4 ha). Het onderzoeksgebied ligt dus op het oostelijke deel van de Grote Houw dat ten zuiden van de weg Ulrum-Leens gelegen is. Als onderdeel van de derde wierdegeneratie dateert de oudste fase van De Grote Houw waarschijnlijk rond 600 n.Chr. Vermoedelijk is de structuur van de dubbelwierde in de loop van de tijd ontstaan uit oorspronkelijk kleinere wierden.<sup>8</sup> Afbeelding 2.3 laat zien dat de steilste hellingen voorkomen op de rand van het oostelijke deel van de wierde. Het zuidelijke deel van het oostelijke perceel is vlak.



<sup>7</sup> Landschapsbeheer Groningen 1995, 15.

<sup>8</sup> Landschapsbeheer Groningen 1995, 44.

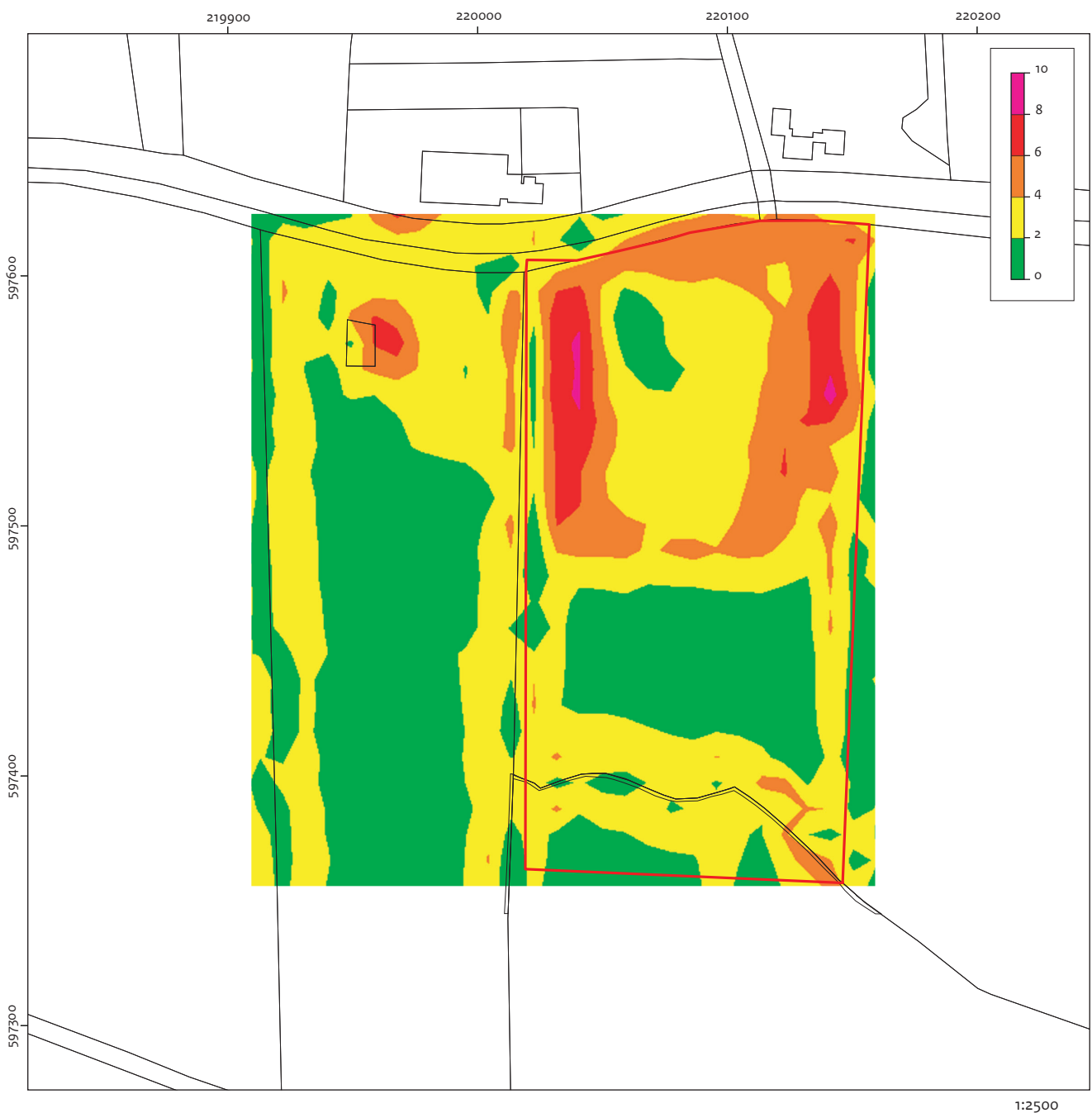
Afb. 2.2 Begrenzings van de monumenten de kleine Houw en de Grote Houw. In het rood het onderzoeksgebied.

Vondstmateriaal van het terrein bestaat onder andere uit Karolingisch draaischijfardewerk (achtste – negende eeuw), een aantal pingsdorfscherven (elfde - twaalfde eeuw) en meer jonger materiaal. Ook metaalvondsten wijzen op een oudste datering in de middeleeuwen, hoewel

ook een gem uit de Romeinse tijd bekend is van de vindplaats.<sup>9</sup>

Voor zover bekend is het zuidelijke deel van de Grote Houw, op een schuurtje na, altijd onbebouwd geweest. Ten noorden van waar nu

<sup>9</sup> Landschapsbeheer Groningen 1995, 46.



Afb. 2.3 Hellingklassekaart van het Grote Houw terrein ten zuiden van de weg. De relatief steile hellingen rond de wierde zelf en het vlakke voorkomen van het zuidelijke deel van het onderzochte terrein zijn duidelijk zichtbaar.

de weg Ulrum-Leens ligt heeft in ieder geval vanaf de vroege negentiende eeuw bebouwing gestaan. Van 1830 tot 2010 zijn telkens twee erven met bebouwing van wisselende grootte afgebeeld (zie Bijlage 1 voor de topografische kaarten). Na 1905 is op het oostelijke perceel een dobbe gegraven<sup>10</sup>

Het deel van de wierde ten zuiden van de weg is tot ver in de twintigste eeuw in drie percelen verdeeld geweest. De beschikbare kaarten in Bijlage 1 laten zien dat ze in de negentiende eeuw voornamelijk als bouwland in gebruik zijn geweest terwijl ze in de twintigste eeuw vooral grasland waren. In 1967 wordt in ieder geval het westelijke perceel weer omgezet naar bouwland. Tot op de topografische kaart van 1930 (Bijlage 1) is op het westelijke perceel een waterloop aanwezig die kronkelend van noord naar zuid loopt. De waterloop is verdwenen, maar de oorspronkelijke ligging is nog wel in de perceelring terug te vinden. Tussen het oostelijke en westelijke perceel ligt tegenwoordig een sloot. In de jaren 1970 was hier nog sprake van een brede en diepe, ongeplaveide weg.

### Landgebruik

Aan de hand van historische landsgebruikskaarten is het landgebruik op de onderzoekslocatie in kaart gebracht. Speciaal ging de aandacht uit naar erosie versnellende (vergravingen, akkerbouw) en erosie vertragende (o.a. verhard erf) elementen. Het bleek niet altijd mogelijk te zijn om te achterhalen wat de gevolgen van bijvoorbeeld aanplant van een houtwal, het afbreken van een schuur of verschillende teelten op de ondergrond zijn geweest.

Het oudste betrouwbare kaartmateriaal dateert uit de vroege negentiende eeuw. Om het landgebruik van de afgelopen anderhalve eeuw in kaart te brengen zijn de volgende kaarten bestudeerd:<sup>11</sup>

- De kadastrale kaart uit 1832
- De veldminuut van 1850
- Bonneblad uit 1909
- Bonneblad uit 1934
- De topografische kaart uit 1970
- De topografisch kaart uit 2000
- De topografisch vectorkaart uit 2010

In de eerste helft van de negentiende eeuw is het onderzoeksterrein grotendeels in gebruik als akkerland (afb. B1.2 en B1.3). Dit akkerland wordt doorsneden door een sloot die vanuit het noordoosten het onderzoeksgebied binnen komt. Op ongeveer driekwart van het terrein maakt de sloot een knik. Na dit punt krijgt het een kronkelige vorm. Ten zuiden van de sloot is de grond in gebruik als weide. Op de kaart van 1850 is op de westgrens van het onderzoeksgebied een bomenrij te zien. Van de tweede helft van de negentiende eeuw is geen kaartmateriaal voorhanden. Op de kaart uit 1909 is de oostelijke vertakking van de waterloop niet afgebeeld, maar waarschijnlijk is deze wel aanwezig geweest. Op de kaart uit 1934 is de loop weer afgebeeld op exact dezelfde locatie als op de kaart van 1850.

Vanaf 1850 tot 1934 is het onderzoeksgebied grotendeels als weidegrond in gebruik. Enkele kleinere percelen aan de randen ervan zijn in gebruik als akker. De voornoemde sloot is nog steeds aanwezig (afb. B1.4 en B1.5). In 1909 is de bomenrij aan de westgrens van het onderzoeksgebied verdwenen en is hier een wegverharding aangebracht. Deze loopt vanaf de Leensterweg recht naar het zuiden.

Op zowel de topografische kaart van 1970 als die van 2000 en 2010 is het onderzoeksgebied in gebruik als akkerland. De wegverharding tegen de westelijke grens lijkt in 1970 iets verbreed (afb. B1.6). Op de kaart van 2000 is de wegverharding verwijderd en vervangen door een sloot. Deze sluit aan op het oostwest georiënteerde deel van de oude sloot. Het noord-zuid georiënteerde deel van de sloot, die tot 1970 dwars door het onderzoeksgebied liep, is gedempt (afb. B1.7). Het is niet bekend op welke wijze en met welk materiaal de sloot gedempt is. De kaart van 2010 laat een zelfde beeld zien als de kaart van 2000 (afb. B1.8).

De conclusie is dat het land de afgelopen 150 jaar eerst voornamelijk als weidegrond en later in de twintigste eeuw als bouwland in gebruik is geweest. Het heeft al die tijd een agrarische functie gehad en er is geen sprake van bebouwing. De sloot die het perceel altijd doorsnijdt heeft is aan het einde van de twintigste eeuw gedeeltelijk gedempt. Het zuidelijke, min of meer oostwest georiënteerde

<sup>10</sup> Landschapsbeheer Groningen 1995, 46.  
<sup>11</sup> De geïnterpreteerde historische kaarten staan afgebeeld in bijlage 1.

deel van de sloot is heden ten dage nog watervoerend. Langs de westelijke rand van het onderzoeksgebied heeft vanaf het begin van de twintigste eeuw tot in de jaren zeventig van de vorige eeuw een verharde weg naar het zuiden gelopen. Momenteel ligt hier een diepe droge greppel; afb. 2.4.

## 2.2 Gespecificeerde archeologische verwachting

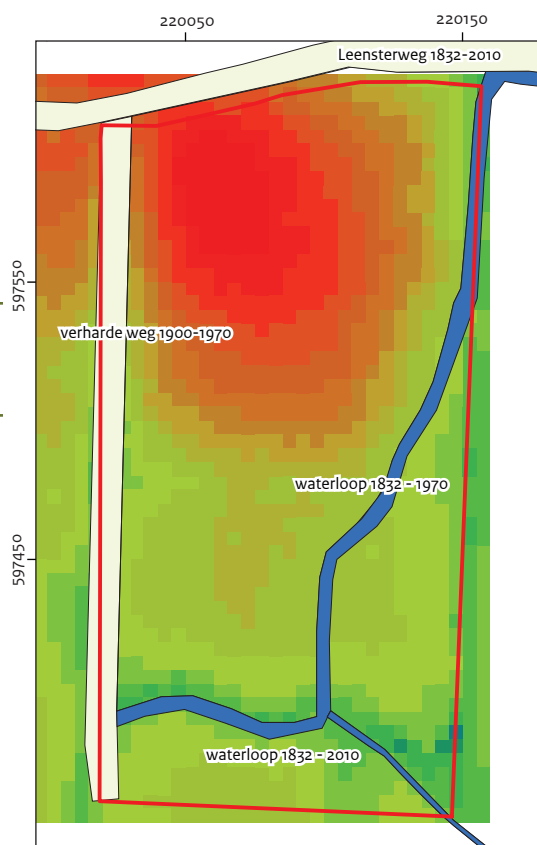
Aan het einde van de jaren zestig is toestemming gegeven om een deel van de wierde te egaliseren. Hiervan is geen kaartmateriaal nagelaten, maar uit beschrijvingen is af te leiden dat het (toen) het hoogste deel aan de oostkant, ten zuiden van de weg Leensen-Ulrum, betreft. Hier is circa 0,5 m afgegraven en de vrijgekomen grond is verspreid over de wierde. De egalisatie heeft vermoedelijk in 1967 plaatsgevonden waarna het land van gras- naar bouwland is omgezet. Eén van de eisen voor de uitvoering was dat medewerkers van het Biologisch Archeologisch Instituut van de Universiteit Groningen de mogelijkheid zouden krijgen om waarnemingen te doen tijdens en na het afgraven. Of van deze mogelijkheid gebruik is gemaakt is niet bekend.<sup>12</sup>

In 1971 is door de Rijksdienst Oudheidkundig Bodemonderzoek (ROB) een veldcontrole uitgevoerd (door R. Klok). Hierbij wordt geconstateerd dat aan de noordoostzijde van de weg een deel van de wierde Grote Houw is weggegraven.<sup>13</sup>

In het voor- en najaar van 1994 heeft is een veldverkenning uitgevoerd op de bouwlanden. Hierbij zijn de velden afgelopen en is vondstmateriaal verzameld.<sup>14</sup>

### Algemeen

Gezien de antropogene genese van de onderzoekslocatie (de wierde) kunnen direct vanaf het maaiveld vondsten en ook sporen verwacht worden. De verspreiding van vondstmateriaal op het oppervlak zal naar verwachting zich over hele wierde uitstrekken, mogelijk met uitzondering van de laagste en meest zuidelijke delen. De bovenste 20-30 cm van de wierde zal door ploegen gehomogeniseerd zijn, maar direct hieronder kunnen intacte wierdelagen verwacht worden.



Afb. 2.4 Belangrijkste potentieel versturende of conserverende elementen op de Grote Houw op basis van de analyse van topografische kaarten.

### Datering

Zoals boven beschreven wordt de oorsprong van de wierde rond 600 n.Chr. geplaatst. Vondstmateriaal is gedateerd uit de achtste tot en met de twaalfde eeuw maar ook jonger materiaal is aangetroffen.

### Complextype

Het complextype is een wierde. Deze kenmerkt zich door een opeenstapeling van ophogingslagen. Binnen een wierde kunnen akkers, tuinen, nederzettingen en grafvelden voorkomen.

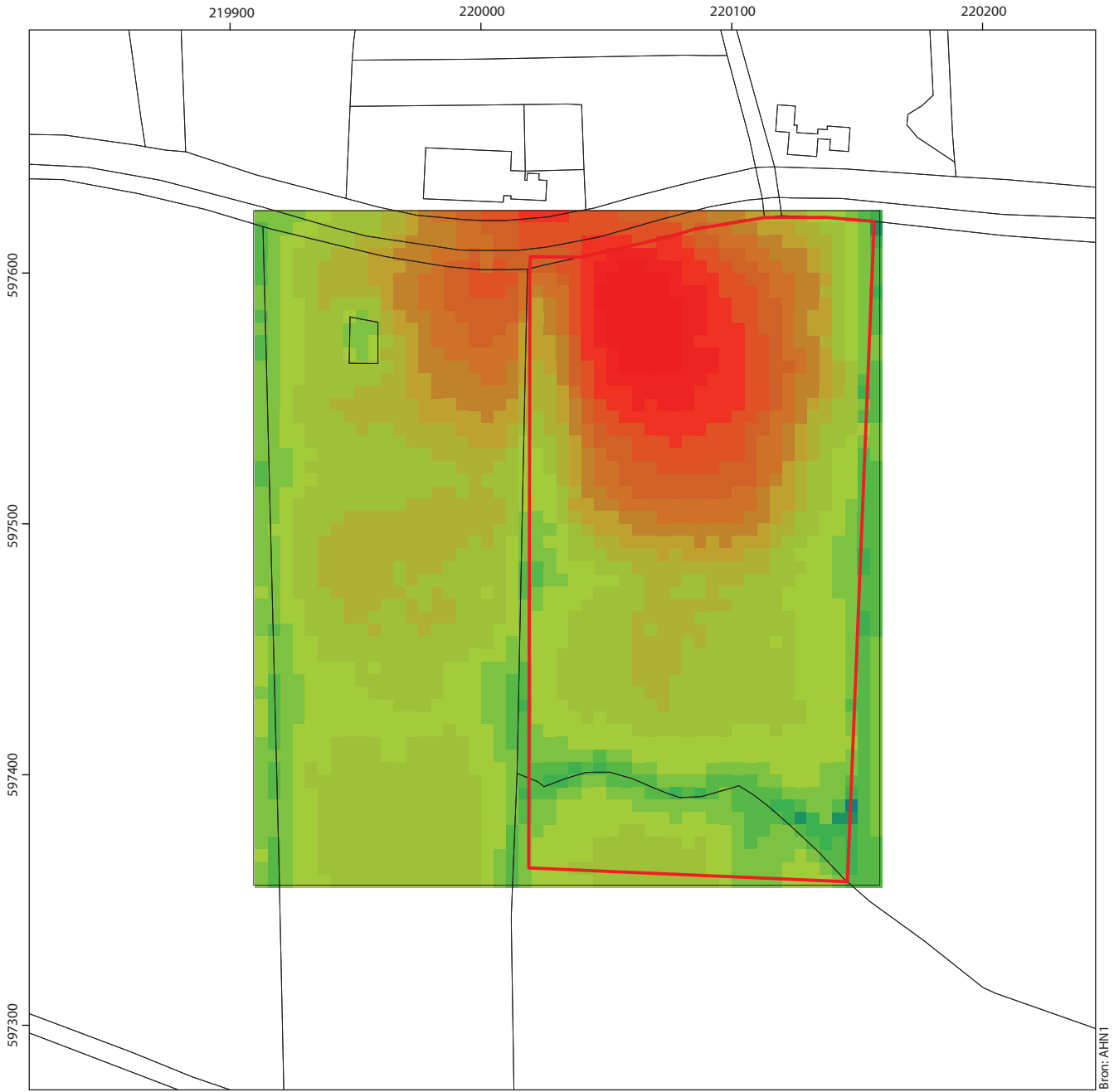
### Omvang

De Grote Houw heeft een totale oppervlakte van 8,4 hectare en wordt door de Leensterweg tussen Leens en Ulrum in tweeën gedeeld (afb. 2.1). Ten noorden van de weg staat bebouwing, de zuidkant is als twee percelen akker in gebruik. De twee percelen worden gescheiden door een sloot. De top van de wierde ligt op het oostelijke perceel op circa 4,0 m NAP (afb. 2.5). Het onder-

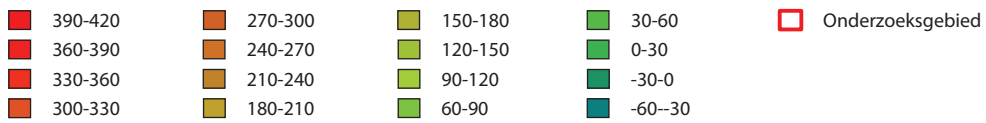
<sup>12</sup> Landschapsbeheer Groningen 1995, 46.

<sup>13</sup> Landschapsbeheer Groningen 1995.

<sup>14</sup> Landschapsbeheer Groningen 1995.



Hoogte in m t.o.v. NAP



Afb. 2.5 Hoogtekaart (AHN1) van het onderzoeksgebied. Hoogtes in cm t.o.v. NAP.

zoeksgebied bestond aanvankelijk uit beide zuidelijke percelen, maar is door omstandigheden (beperkingen vanwege gewas) verkleind tot alleen het oostelijke perceel. Dat deel heeft een totale oppervlakte van bijna 3,4 ha.

### Diepteligging archeologische resten

De gehele wierde is in feite antropogeen. Het is onbekend hoe deze is opgebouwd of tot hoe diep onder het maaiveld zich nog antropogene lagen of sporen bevinden. Aan het oppervlak is aardewerk, bot, steen en metaal gevonden. Dit materiaal dateert van de achtste eeuw tot de negentiende eeuw. Het meeste materiaal ligt op het noordelijke gedeelte van de akker ten zuiden van de weg. Op het zuidelijke deel van het terrein is weinig materiaal gevonden. Opvallend zijn de grote hoeveelheden bot die langs beide slootkanten werden aangetroffen tijdens de veldkartering in 1994.<sup>15</sup>

### Uiterlijke kenmerken

#### *Sporen & structuren*

Wierden zijn opgeworpen ter bescherming tegen overstromingen. Het lijkt derhalve een logische aanname om nederzettingsresten in de wierde te verwachten. Behalve negentiende en twintigste eeuwse nederzettingsresten zijn hier vooralsnog geen sporen van aangetroffen.

Afgravingen en/of ophogingen kunnen vooral verwacht worden op plekken waar bebouwing of bestrating is geweest zoals op de locaties van erven of wegen.

#### *Anorganische artefacten*

Het vondstmateriaal dat zich in en op de wierde bevindt zal bestaan uit basalt (maalsteen), andere natuursteensoorten, baksteen, aardewerk, (venster-) glas en metaal. In principe hoeft er geen verschil in verhouding tussen verschillende vondst-categorieën te zijn tussen de oppervlakte en de afgedekte vondstlagen. Een verschil zal zich eerder uiten in conserveringsgraad en fragmentatie.

#### *Organische artefacten*

Organisch materiaal zal aan het oppervlak voornamelijk uit onverbrand botmateriaal bestaan

omdat andere organische resten worden afgebroken in een bouwvoor. Afgedekte lagen kunnen, afhankelijk van de diepte en conserverende eigenschappen van het sediment ook hout en leer bevatten.

#### *Botanische resten*

Botanische resten zullen zich vooral in de afgedekte vondstlagen bevinden, afhankelijk van de diepte en de conserverende eigenschappen van het sediment.

### Mogelijke verstoringen

In het kader van de ruilverkaveling rond 1967 is een deel van het oostelijke perceel afgegraven. Er is circa 0,5 m afgegraven van de hoge top en deze grond zou over de wierde verspreid zijn.<sup>16</sup>

Tijdens de veldverkenning in 1994 zijn vanaf de kop van de wierde naar de lager gelegen delen erosiegeulen geconstateerd. Braakliggende terreinen zijn in hoge mate vatbaar voor erosie door wind en water. De sloot tussen de twee percelen was dan ook volledig dichtgeslibd met verspoelde grond. Op een "schrale" dag in februari bleek de grond ook te stuiven.<sup>17</sup>

---

## 2.3 Verwachting erosie

---

De verwachting is dat als gevolg van erosie en door ploegen nivellering is opgetreden. Ploegen heeft waarschijnlijk materiaal van de hogere delen van het terrein (dus de top van de wierde) over de lager gelegen delen verspreid. Erosie heeft daarnaast waarschijnlijk gezorgd voor afspoeling van bodemmateriaal, vooral van de steilere delen van het terrein. Op de lager liggende delen van het terrein (d.w.z. wierdevoet en omliggend terrein) zijn de archeologische afzettingen mogelijk afgedekt geraakt met colluvium. Ook in de gedempte watergang kan colluvium zijn afgezet. Waarschijnlijk is verplaatsing van bodemmateriaal door erosie en nivellering vooral opgetreden binnen het perceel: er zijn geen duidelijke aanwijzingen dat materiaal van het perceel af is gespoeld.

<sup>15</sup> Landschapsbeheer Groningen 1995, 46.

<sup>16</sup> Landschapsbeheer Groningen 1995, 47.

<sup>17</sup> Landschapsbeheer Groningen 1995, 47.



---

## 2.4 Theorie en methoden erosiemetingen

---

### 2.4.1 Inleiding

---

De technieken die zijn toegepast in het TOPsites project om erosie te meten, hebben verschillende uitgangspunten. Doordat ze verschillende parameters meten en op verschillende manieren, zullen de resultaten en interpretaties ook verschillende nauwkeurigheden hebben. Hieronder worden de verschillende toegepaste technieken gegroepeerd naar gemeten aspecten. De groepen zijn verder ingedeeld op de waarnemingseenheden, te weten oppervlaktes, dieptes, en ruimtelijke patronen. Daarbinnen wordt onderscheid gemaakt naar profielwaarnemingen, antropogene tracers en archeologisch materiaal.

Waar nodig wordt enige achtergrond gegeven om de resultaten die verderop in het rapport staan te kunnen interpreteren.

---

### 2.4.2 Veranderingen in maaiveldhoogte

---

We proberen het verschil in maaiveldhoogte door de tijd heen in kaart te brengen door verschillende hoogtemetingen op verschillende momenten met elkaar te vergelijken. Hierbij wordt gebruik gemaakt van hoogtegegevens uit het Historische Hoogtemodel Nederland (HHN, 1960-1961<sup>18</sup>), het Actueel Hoogtebestand Nederland 1 (AHN1, 1997 - 2003<sup>19</sup>), het Actueel Hoogtebestand Nederland 2 (AHN2, 2007 - 2013<sup>20</sup>) en ground-based LIDAR metingen ("Light Detection And Ranging metingen vanaf een statief; hierna aangeduid met "LIDAR"). (AHN1 en AHN2 zijn ook beide gebaseerd op LIDAR metingen, maar dan vanuit vliegtuigen). De LIDAR metingen zijn onderdeel van dit project. Een tweede ronde metingen was gepland na twee jaar. Daar is van af gezien toen bleek dat hoogteverschillen op dergelijke korte tijdschalen niet meetbaar zijn (zie paragraaf 5.2).

De AHN bestanden hebben een hogere betrouwbaarheid in hoogteverschillen (precisie) dan in de absolute hoogtes (accuraatheid).<sup>21</sup> De LIDAR metingen zijn veel beter gegeorefereerd – met geodetische metingen op locatie. De precisie en accuraatheid van de historische hoogtepuntengegevens (HHN) is niet bekend. Bij het vergelijken van deze bestanden – met verschillend precisie, accuraatheid en ook meetdichtheden – moet goed met deze verschillen rekening worden gehouden. Onderzoek in Limburg heeft bijvoorbeeld een systematisch verschil in hoogte aangetoond tussen AHN1 en AHN2 dat met 14 centimeter groter is dan de verwachte effecten van erosie.<sup>22</sup> Dit zogeheten 'Baseline effect' is deels te corrigeren met de gemeten hoogteveranderingen van naar verwachting in hoogte onveranderde oppervlaktes zoals verharde wegen. Daarom dienen bij de resultaten van vergelijkingen waarin AHN en HHN worden gebruikt vooral de ruimtelijk patronen van maaiveldveranderingen te worden geïnterpreteerd. Er kunnen dus alleen uitspraken gedaan worden over relatieve verschillen en daaruit afgeleide trends en niet over absolute verschillen.

Tevens moet rekening gehouden worden met het feit dat de maaiveldhoogte op een akkerland in feite geen statisch gegeven is. Zo ligt een vers geploegd land bijvoorbeeld gemiddeld hoger dan een ongeploegde akker. Het is niet altijd bekend wanneer en hoe (met of zonder correctie voor gewas en/of kluiten) de bestaande hoogtebestanden tot stand zijn gekomen. Voor de binnen dit onderzoek uitgevoerde LIDAR metingen geldt dat hier rekening mee gehouden wordt en dat de veldcondities expliciet vermeld worden.

In Grote Houw zijn de hoogteveranderingen uit de laatste decennia geanalyseerd door een vergelijking te maken tussen verschillende bronnen van hoogtedata: de gegevens van de hoogtepuntenkaart uit de jaren '60, AHN1 (jaren '90) en AHN2 (jaren '10). Aanvullend wordt een gedetailleerde opname gemaakt met behulp van ground-based LIDAR (dezelfde techniek als voor de AHN is gebruikt, maar dan vanaf de grond). Deze opname maakt het ook mogelijk om binnen enkele jaren opnieuw nivellering te monitoren. Een belangrijk onderdeel is hierbij de beste manier vinden om het Baseline effect te hanteren (zie boven).

---

<sup>18</sup> Hoogtemetingen t.b.v. de 1:10 000 topografische kaart.

<sup>19</sup> Van der Zon 2013.

<sup>20</sup> Van der Zon 2013.

<sup>21</sup> Heeres 2014.

<sup>22</sup> Heeres 2014.

---

### 2.4.3 Dieptewaarnemingen van bouwvoor en lagen m.b.v. van handboringen

---

Waarnemingen van afzettingen en horizonten in boringen kunnen op twee manieren directe informatie geven over erosieprocessen. In de eerste plaats kunnen verschillen in de dikte van de bouwvoor een indicatie zijn voor verplaatsing van bodemmateriaal, erosie of nivellering. Een lokaal dikkere bouwvoor duidt er op dat een vorm van nivellering heeft plaatsgevonden, veroorzaakt door bijvoorbeeld erosie, ploegen of egalisatie. In de tweede plaats zouden eventueel aanwezige pakketten colluvium kunnen worden herkend.

De diktes van de bouwvoor variëren in de loop van de tijd, bijvoorbeeld door ploegen of inzakken. Voor herhaalde metingen is het vaststellen van de absolute hoogte van de ondergrens van de bouwvoor daarom van belang. Hierom en vanwege de vorenstructuur aan het oppervlak moet in het voorliggende onderzoek rekening worden gehouden met een onnauwkeurigheid van enkele centimeters. In dit onderzoek maken we gebruik van boringen om de dikte van de bouwvoor en eventueel aanwezige colluviumpakketten vast te stellen. In aanvulling hierop zijn vijf ondiepe proefputten gegraven voor nadere bestudering van de bouwvoor en onderliggende pakketten en voor het nemen van monsters en het doen van metingen voor traceronderzoek en OSL-metingen (zie beneden).

---

### 2.4.4 Dateringen van afzetting en erosie op monsters uit profielen

---

#### Inleiding

In het hier gerapporteerde onderzoek is gebruik gemaakt van twee technieken om colluvium afzettingen en erosie te dateren en kwantificeren. Deze zijn gebaseerd op twee soorten metingen aan monsters uit profielen: OSL is gebruikt om afzettingen en erosie te dateren. Antropogene tracers zijn gebruikt om de mate van erosie en sedimentatie te bestuderen in de laatste c. 50 jaar. De wijze waarop we deze technieken hebben toegepast is nieuw;

hieronder wordt de theoretische onderbouwing gegeven.

#### Dateren van sedimentatie met OSL

Het dateren van lagen in profielen met behulp van optisch gestimuleerde luminescentie (OSL) is vooral van nut op locaties waar materiaal is afgezet als gevolg van erosie op andere delen van het terrein. Als dat dunne afzettingen zijn – dus bij een dikker geworden bouwvoor – kan een datering een aanwijzing geven hoe lang geleden de afdekking is ontstaan. Bij dikkere colluviumpakketten met begraven bodems kan in principe worden vastgesteld wanneer het colluvium is afgezet, waarbij de begraven bodems episodes zonder (sterke) colluviatie vertegenwoordigen.

Complicerende factor hierbij is dat bij ploegen – en soms ook bij colluvium-vorming – kwartskorrels vaak niet genoeg aan zonlicht worden blootgesteld<sup>23</sup>. Daarnaast kunnen de activiteiten van bodemdieren (bioturbatie) er voor zorgen dat kwartskorrels dieper in het profiel worden getransporteerd en daar voor een bijmenging met jonger materiaal zorgen. Ook kunnen oudere korrels op dezelfde manier in ondiepere, jongere afzettingen terecht komen.

#### OSL en erosie, colluviatie en landschapsstabiliteit

De complicaties van slechte bleking en bioturbatie kunnen echter ook aanvullende informatie opleveren: Bij de huidige standaardmethode om OSL-metingen uit te voeren – het SAR protocol waarbij SAR staat voor Single Aliquot Regenerative dose – worden de metingen gedaan op een reeks van kleine submonsters ('aliquots'). Gemeten ouderdommen van aliquots kunnen bij heterogene monsters van elkaar verschillen. Gewoonlijk wordt dan geprobeerd om toch tot een datering te komen door het identificeren en negeren van slecht gebleekte ('te oude') of door bioturbatie naar beneden getransporteerde ('te jonge') aliquots. Soms – bijvoorbeeld als afzettingen met verschillende ouderdom gemengd zijn geraakt door een proces als cryoturbatie – kan met statistische technieken de ouderdom van de oorspronkelijke pakketten worden afgeleid. Complicerende factor is dat in één aliquot meerdere korrels van verschillende ouderdom kunnen voorkomen; 'mengmetingen'.

---

<sup>23</sup> Zie Roberts et al. 2015 voor uitleg over methode en aanpak.

De gemeten ouderdom van deze aliquots is dan een artefact dat ergens tussen de dateringen van de individuele korrels in ligt. Eigenlijk zou voor dit soort gemengde afzettingen een andere methode moeten worden gebruikt – single grain dating – maar die is extreem tijdrovend. Voor Nederlandse sedimenten is de ervaring dat het percentage kwartskorrels dat gebruikt kan worden voor OSL heel laag is. Als gevolg daarvan komt het vaak voor dat een aliquot niet kan worden gebruikt voor datering. Dat betekent echter ook dat veel van de aliquots slechts één dateerbare korrel bevatten. Met het voorbehoud dat er wel enkele mengmetingen voor zullen komen, kunnen de OSL SAR metingen daardoor worden gebruikt als benadering van de single-grain methodes: De uiterste uitkomsten zullen waarschijnlijk wel goed zijn, maar met name in het midden van de range kunnen wel mengmetingen voorkomen.

De OSL-SAR ouderdomsverdelingen zullen verschillen, afhankelijk van de landschapsposities en erosie-gerelateerde gebeurtenissen:

1. In sedimentaire milieus met weinig of geen bodemvorming wordt goed gebleekt materiaal in dunne laagjes afgezet, die individueel goed dateerbaar zijn en weinig spreiding vertonen. De hele sequentie vertoont idealiter een sequentie die naar boven toe gestaag jonger wordt.
2. Op locaties waar sedimentatie voorkomt tegelijk met bioturbatie – bijvoorbeeld bij colluvium afzettingen – zal in de bovengrond vers sediment gemengd worden met ouder materiaal. Bioturbatie zal doorgaan totdat het pakket dieper is begraven dan de intensief gebioturbeerde zones. Er ontstaat daardoor een sequentie met van beneden naar boven een gestaag jonger wordende datering, maar met meer spreiding dan in de sedimentaire sequentie.
3. Op erosieve landschapsposities zal de bovengrond dunner worden, zodat door ploegen en bioturbatie onderliggende oudere lagen kunnen worden opgenomen in de bouwvoor. Daardoor zal de bovengrond juist een grotere spreiding aan dateringen gaan vertonen, met een scherpe grens naar oudere afzettingen (een hiaat) uit een eerder fase direct eronder.

4. Op stabiele landschapsposities zal de kwarts in de bouwvoor redelijk tot goed gebleekt zijn door bioturbatie en eventueel ploegen. In de laag onder de A-horizont/bouwvoor zal door bioturbatie geregeld materiaal uit de bovengrond worden ingebracht en gemengd worden met ouder bodemmateriaal. Het gevolg is dat OSL dateringen in die laag een grote variabiliteit aan dateringen zal opleveren.

Uit deze opsomming blijkt dat OSL-dateringen volgens het SAR protocol informatie kunnen geven over erosieprocessen en de daaraan gekoppelde tijdschalen. Daarbij is spreiding van de individuele aliquot-dateringen binnen een monster van belang, en de variaties daarin binnen een profiel. Tegelijkertijd mag duidelijk zijn dat nauwkeurige dateringen van gebeurtenissen lastig zijn. Enerzijds, omdat processen als ploegen en bioturbatie gedurende lange tijd spelen of gespeeld hebben en geen gebeurtenissen met een individuele datum zijn. Anderzijds, omdat mengmetingen, incomplete bleking en meeton nauwkeurigheden niet goed los van elkaar kunnen worden geïdentificeerd of gekwantificeerd.

Voor de TOPsites erosie rapportages is een grafische weergave ontwikkeld om de variatie in onbewerkte dateringen van de individuele aliquots in profielen weer te geven (afb. 2.5). Op basis van die weergaves kunnen sedimentaire, colluviale, stabiele en erosieve fasen worden geïdentificeerd met daaraan gekoppeld een indicatie van de periode waarin die processen speelden.

#### **Theorie van het toepassen van tracers**

Menselijke activiteiten hebben er op verschillende manieren voor gezorgd dat specifieke stoffen in het milieu terecht zijn gekomen. Van sommige van die stoffen kunnen we aannemen dat ze min of meer homogeen verdeeld in de bovengrond terecht zijn gekomen. Als naderhand erosie of nivellering voor het verplaatsen van bodemmateriaal heeft gezorgd, zou dat geleid moeten hebben tot (hopelijk meetbare) verschillen in de gehalten van deze stoffen ('tracers') in de bovengrond – d.w.z. in de bouwvoor of natuurlijke A-horizont. Deze metingen zouden daarom gebruikt kunnen worden om vast te stellen hoe veel materiaal

verplaatst is sinds de stoffen in het milieu terecht zijn gekomen

We kunnen beredeneren – met een aantal aannames - hoe groot de afname van een tracer is als gevolg van erosie. De aanpak die we hier kiezen, verschilt van eerder gepubliceerde methodes, in de eerste plaats omdat onze vraagstelling anders is. Standaard wordt erosie uitgedrukt in gewicht verplaatste grond per oppervlak (bijvoorbeeld ton/ha/jaar).<sup>24</sup> Omdat voor dit onderzoek de afname in maaiveldhoogte bepaalt hoe ernstig de erosie is, berekenen we de gemiddelde erosie in mm/jaar. In de tweede plaats werken veel onderzoekers met referentieprofielen, waarvan wordt aangenomen dat geen erosie plaats heeft gevonden in de onderzochte periode. Tenslotte worden meestal bodems natuurlijke (niet geploegde) bodems onderzocht, waarbij de verdeling van een tracer (bijvoorbeeld <sup>137</sup>Cs) in een bodemprofiel vooral met diffusie-modellen wordt benaderd. Bij akkerland daarentegen wordt de verdeling vooral bepaald door de groundbewerking. We gaan er in onze berekeningen van uit dat de tracers bij aanvang zich alleen in de bouwvoor bevinden en dat de effecten van uitloging en bioturbatie verwaarloosbaar zijn.

De meest eenvoudige aanpak zou zijn om aan te nemen dat de concentratie tracer proportioneel afneemt met erosie van de bouwvoor, en dat we dus de erosie relatief ten opzichte van de dikte van de bouwvoor kunnen berekenen; een afname van 10% tracergehalte in een bodemprofiel zou dan overeenkomen met een afname van de dikte van de bouwvoor met 10% (dus 3 cm bij een bouwvoor van 30 cm). We moeten echter rekening houden met groundbewerking tijdens de periode waarin de erosie wordt berekend. Als de bouwvoor in dikte is afgenomen (en alle tracers zich in de bouwvoor bevinden), zal bij de volgende keer ploegen vers, tracer-loos materiaal van onder de bouwvoor worden meegeploegd. Bij slechte menging van de bouwvoor, waarbij bijvoorbeeld materiaal van grotere diepte preferent dichter bij het oppervlak komt te liggen, kan dit effect nog versterkt worden. De volgende keer dat erosie optreedt, zal de hoeveelheid tracer in het afspoelende colluvium zijn verdund met dit nieuw opgeploegde bodemmateriaal. Daardoor zal het gehalte aan tracer minder sterk en minder snel afnemen dan als er niet geploegd was.

De relatie tussen erosie en afname van tracers is daarom afhankelijk de intensiteit en de frequentie van erosie-gebeurtenissen. Helaas kunnen we achteraf niet vaststellen of erosie het gevolg was van vaak voorkomende kleine of enkele grote gebeurtenissen.

Door gebruik te maken van een aangepast samengesteld-interest berekening kunnen de verschillende mogelijkheden worden doorgerekend, onder aanname dat de bouwvoor na ieder bewerking weer als homogeen kan worden gezien.<sup>25</sup> Voor een periode van 50 jaar ligt het aantal gebeurtenissen tussen de 1 (er is eenmaal erosie voorgekomen; 0= geen erosie wordt niet meegenomen) tot 50 (ieder jaar is erosie opgetreden, onder de aanname dat er ieder jaar eenmaal wordt geploegd). Het blijft natuurlijk een benadering waarbij verschillen tussen meerdere gebeurtenissen (in bijvoorbeeld intensiteit en duur) niet kunnen worden meegenomen.

De relatie tussen tracergehaltenes en erosie kan dan worden berekend met de volgende formule:

$Tr_0$  = Gehalte aan tracer bij aanvang\*

$Tr_t$  = Gehalte aan tracer na t jaar erosie (gemeten)

D = Ploegdiepte (mm)

t = Tijd (jaren)

$n_t$  = Aantal keren dat erosie optreedt per t jaar

e = Erosie in mm/gebeurtenis

$E_t$  = Totale erosie (mm) in tijd t

E = Gemiddelde erosie in mm/jaar

\* Deze wordt geschat als gemiddelde in alle gemeten profielen.

$$\frac{Tr_t}{Tr_0} = \left(1 - \frac{e}{D}\right)^{n_t}$$

Voor schatting van de algemene erosiesnelheid moeten we dan erosie per gebeurtenis (e) nog omrekenen naar de gemiddelde erosie in mm/jaar (E). Dat kan door de formules  $e = (E_t)/n_t$  en  $E = E_t/t$  (dus  $e = E*t/n_t$ ) in te voegen:

$$\frac{Tr_t}{Tr_0} = \left(1 - \frac{E t}{D n_t}\right)^{n_t}$$

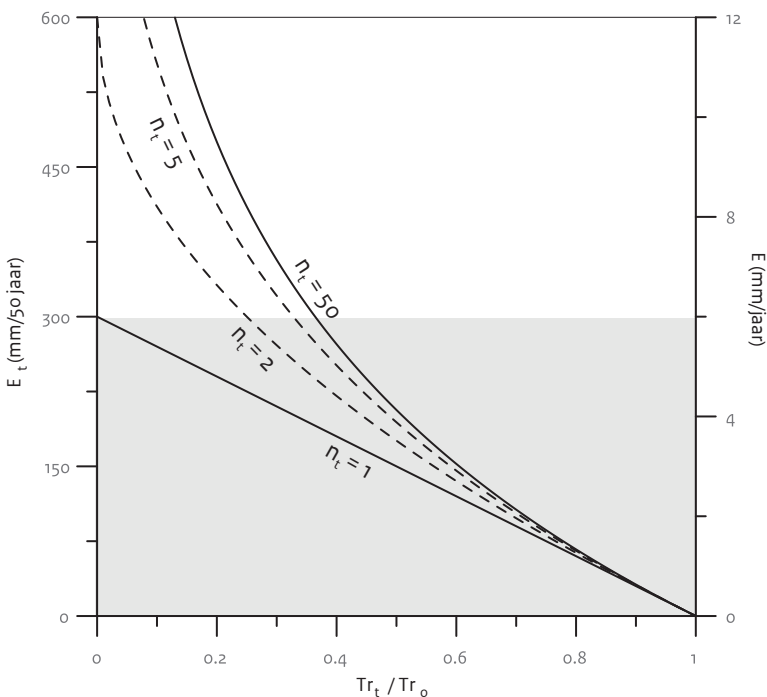
<sup>24</sup> Bijvoorbeeld Wilkinson *et al.* 2006.

<sup>25</sup> Samengesteld interest berekeningen worden vooral gebruikt voor berekeningen aan rente over tegoeden of schulden, waarbij het basisbedrag ieder jaar verandert als gevolg van de rente.

Als we de gemiddelde erosiesnelheid willen berekenen uit de gemeten tracers moeten we deze formule omzetten tot:

$$E = \frac{D n_t \left( 1 - \sqrt[n_t]{\frac{Tr_t}{Tr_0}} \right)}{t}$$

In afbeelding 2.6 wordt aangegeven hoe de verhouding tussen tracergehalte en gemiddelde erosiesnelheid ligt voor verschillende frequenties van erosiegebeurtenissen. Aannames bij deze figuur zijn een periode van 50 jaar sinds tracerdepositie, een bouwvoordikte van 30 cm en één keer per jaar een complete nieuwe menging van de bouwvoor door ploegen. Uit dit figuur wordt niet alleen duidelijk hoe de geschatte erosiesnelheid afhangt van de erosiefrequentie. Ook wordt duidelijk dat deze schat-



Afb. 2.6 Schematische weergaven van de theoretische relatie tussen erosiesnelheden ( $E$ ; erosie per jaar en  $E_t$ ; cumulatieve erosie in 50 jaar) en de relatieve verandering in tracergehalten ( $Tr_t/Tr_0$ , waarbij 0 betekent dat alle tracers zijn verdwenen, terwijl ze bij een waarde van 1 nog geheel aanwezig zijn). Deze relatie wordt weergegeven voor verschillende erosiefrequenties ( $n_t$ , waarbij  $n_t$  staat voor aantal erosie-gebeurtenissen in 50 jaar). Het grijze vlak geeft de ploegdiepte aan (in deze berekening 30 cm).

tingen niet meer betrouwbaar zijn bij sterke erosie; dan heeft een klein (irrelevant) verschil in de metingen al een enorm effect op de berekende erosie. Zeker bij waarden van  $Tr_t/Tr_0 < 0,2$  (overeenkomend met 4,8 mm/jaar als het om één gebeurtenis zou gaan) kan de precieze erosiesnelheid – als het aantal gebeurtenissen onbekend is – niet accuraat voorspeld worden. De diepteverdeling van deze tracers kan ook worden gebruikt om te zien tot welke diepte de bodem is omgewerkt sinds hun depositie; diepere bodemlagen die sinds de tracerdepositie niet meer zijn verplaatst, verploegd of anderszins vermengd zullen geen tracers bevatten.

#### De geteste tracers

Om toegepast te kunnen worden in erosie-onderzoek moeten de bepaalde tracers algemeen voorkomen in de bodem, goed te onderscheiden zijn van natuurlijke gehalten en bij voorkeur binnen een beperkte tijdsperiode zijn afgezet. Bij het huidige erosie-onderzoek is gebruik gemaakt van drie tracers, te weten de gehalten aan antropogeen lood (Pb), aan isotoop 137 van Cesium ( $^{137}\text{Cs}$ ) en de sommatie van de gehalten aan isotoop 239 en 240 van Plutonium ( $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ ; verkort tot  $^{239+240}\text{Pu}$ ). De loodgehalten zijn gemeten met behulp van een handheld XRF, de  $^{137}\text{Cesium}$  gehalten zijn bepaald door Medusa Explorations<sup>26</sup>, en de Plutonium metingen zijn uitgevoerd door Michael Ketterer aan de universiteit van Denver.<sup>27</sup>

Lood wordt al duizenden jaren gebruikt door de mens. Zeker in de Romeinse tijd werd lood in grote hoeveelheden als metaal toegepast. Bovendien kwam het toen vrij als afval bij de winning van zilver. Sinds de Tweede Wereldoorlog werd lood toegepast als antiklop middel in benzine. Lood uit benzine is daardoor als een algemene verontreiniging aanwezig in de Nederlandse bodem. Om antropogeen lood te onderscheiden van de van nature in kleimineralen aanwezig lood kan een correctie worden gemaakt op basis van de gehalten van aluminium, kalium of rubidium. Complicerende factor kan zijn dat verhoogde loodgehalten een eigenschap kunnen zijn van de archeologische vindplaats waarvoor het erosie-onderzoek wordt uitgevoerd.

$^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  en  $^{240}\text{Pu}$  komen in de natuur niet voor. In Nederland zijn er twee mogelijke bronnen voor deze isotopen:

<sup>26</sup> Voor methode, zie van Egmond 2014.

<sup>27</sup> Voor methode, zie Ketterer et al. 2012.

- Van 1958 tot de herfst van 1962 zijn in de Verenigde Staten van Amerika en in de Sovjet Unie proeven gedaan waarbij waterstofbommen hoog in de atmosfeer tot ontploffing werden gebracht (tot ca. 400 km hoogte). Hierdoor is radioactief materiaal, waaronder de genoemde isotopen van Cs en Pu, over het hele noordelijke halfrond verspreid geraakt. Na iedere test duurde het maanden tot jaren voordat alle fall-out was neergekomen. Als aanname van de modellering wordt aangenomen dat de bulk van dit materiaal in 1963 is afgezet.
- Bij de explosie van een kerncentrale in Tsjernobyl (nu Oekraïne) is in 1986 een grote hoeveelheid nucleair materiaal, waaronder isotopen van Cs en Pu, verspreid over Europa. De grootste depositie van dit materiaal is aan Nederland voorbijgegaan (in tegenstelling tot bijvoorbeeld Oekraïne, Wit-Rusland, Roemenië en Zweden), maar enige depositie is er wel geweest.

De halfwaardetijd van  $^{137}\text{Cs}$  is ca. 30 jaar. Dat betekent dat de totale hoeveelheid in de bodem sinds 1986 ongeveer is gehalveerd, en dat van de depositie van 1958 - 1963 nog slechts ongeveer een kwart over is. De halfwaardetijden van plutonium zijn veel langer (24.100 en 6563 voor  $^{239}\text{Pu}$  en  $^{240}\text{Pu}$  respectievelijk), dus in die gehalten is geen meetbare verandering opgetreden. De plutoniumisotopen van de wapentesten hebben een andere onderlinge verhouding dan die zijn vrijgekomen tijdens de Tsjernobyl-explosie. Het is daarom mogelijk om een schatting te maken van het relatieve aandeel van elk van de twee gebeurtenissen op basis van de verhouding  $^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}$ .

### Ruimtelijk verspreiding $^{137}\text{Cs}$

Omdat de combinatie van erosie en ploegen leidt tot verdunning van de bouwvoor met dieper materiaal zou het gehalte aan  $^{137}\text{Cs}$  in de (top van de bouwvoor) af moeten nemen. Dit gehalte is aan het oppervlak meetbaar met een gammaspectrometer. Omdat op locaties waar erosie heeft plaatsgevonden het  $^{137}\text{Cs}$  gehalte lager is kan door dit in kaart te brengen een beeld worden verkregen van de terreindelen waar erosie heeft plaatsgevonden.

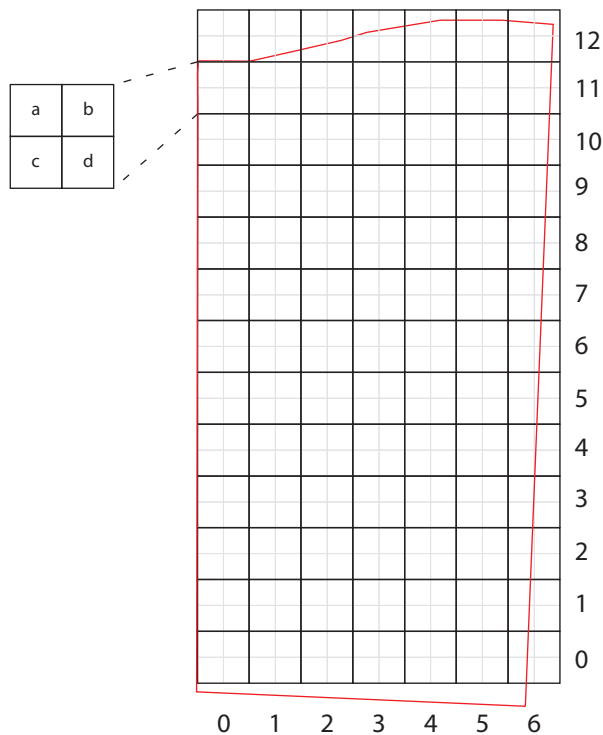
Oppervlaktemetingen met een gammaspectrometer kent een aantal beperkingen: Een gammaspectrometer meet de radioactieve straling uit van nature voorkomende isotopen van kalium, thorium en uranium en van  $^{137}\text{Cs}$ . Ca. 95% van de straling komt uit de bovenste ca. 30 cm van de bodem; het neemt exponentieel af met de diepte. Dat betekent dat:

- de gemeten straling in gehomogeniseerde (geploegde) pakketten lager is dan in ongestoorde natuurlijke bodems (waar immers de meeste straling dicht bij de oppervlakte voorkomt bij dezelfde totale hoeveelheid in een profiel)
- bij pakketten die dieper dan 30 cm zijn gehomogeniseerd – of waar door colluviatie of ophoging  $^{137}\text{Cs}$  dieper dan 30 cm voorkomt – niet het totaal in het profiel aanwezige Cs wordt gemeten
- niet goed gehomogeniseerde (vers gekantelde?) bovengronden een lagere straling geven terwijl het totale gehalte niet is veranderd.

### Onderzoek naar vondsten uit de bouwvoor

Het doel is om inzicht te krijgen of en in hoeverre “nieuwe” (voorheen onverstoorde) wierdelagen worden aangeploegd. Over het onderzoeksgebied is een regelmatig vakkengrid van 10 x 10 m uitgezet (afb. 2.7). Elk vak is systematisch afgelopen waarbij al het keramische vaatwerk is verzameld. Het verzamelde materiaal is beschreven, gedetermineerd, gedateerd, gemeten, gewogen en onderzocht op verse breuken. Ook de datering van het materiaal is van belang. Onafhankelijk hiervan is het onderzoeksgebied als geheel beschreven door één persoon. Hierbij gaat de aandacht uit naar zichtbaarheid, begroeiing, grondkleur, hoeveelheden van aardewerk en botmateriaal. Hierna zijn verspreidingskaarten van het verzamelde keramiek gemaakt en geanalyseerd. De volgende parameters zijn van belang:

- datering
- fragmentatie ((dikte scherf / gewicht) in relatie met datering/type aardewerk)
- verse breuken (in relatie met datering/type aardewerk)
- positie binnen onderzoeksgebied XYZ



Afb. 2.7 De hoofd- en subvakverdeling van het onderzoeksgebied.

Naar verwachting ligt vers materiaal (met meer verse breuken en minder afgerond) vooral op de toppen van de wierde en op de flanken, omdat hier mogelijk verse lagen worden aangeploegd. Afhankelijk van de opbouw van de wierde en de gradiënt van de flank kan het zijn dat op de lage delen en aan de voet van de flanken minder vers materiaal ligt. Naar verwachting is binnen het onderzoeksgebied een hoge fragmentatiegraad de regel. Zowel boven op de wierde als op de lager gelegen delen wordt aardewerk keer op keer verploegd en daardoor gefragmenteerd. Op de top en de flanken vindt mogelijk echter ook aanwas van nieuwe scherven plaats waardoor daar een relatieve kleinere fragmentatiegraad geldt.

De zeggenschap van veldkarteringen kan worden beperkt door bijvoorbeeld variatie in de zichtbaarheid. Dit is deels afhankelijk van de vegetatie, de toestand van de akker (vers geploegd, modder, droogte), maar ook het weer.

## 3 Doelstelling en vraagstelling van het onderzoek

Doel van het onderzoek is het bepalen van de mate en snelheid van erosie en de gevolgen daarvan voor de inhoudelijke en fysieke kwaliteit van de archeologische resten. De informatie die het onderzoek oplevert, vormt input voor het project TOPsites (zie paragraaf 2). Onderstaande paragrafen zijn overgenomen uit het voor het onderzoek opgestelde Programma van Eisen.<sup>28</sup>

### 3.1 Relatie met NOaA en/of andere onderzoekskaders

Erosie en steeds diepere agrarische grondbewerking worden in de NOAA (Hoofdstuk 12, onderdeel 2.12) aangeduid als belangrijke bedreiging van het bodemarchief van terpen en wierden.<sup>29</sup> Deze aanduidingen worden verder niet uitgewerkt met cijfers (b.v. snelheid van erosie of ontwikkeling ploegdpte) en hebben daarom een betere onderbouwing nodig.

In het Terpenproject Friesland (Provincie Friesland/RCE) wordt actief nagestreefd om akkerpercelen op terpen uit productie te halen en zo erosie, nivellering en verstoringen door ploegen tegen te gaan. In het kader van dit project is nivellering/erosie op de terpenrij van Dongjum geanalyseerd op met behulp van hoogtemetingen en <sup>137</sup>Cs gehalten.<sup>30</sup>

Er is echter nog weinig kennis over de snelheid – en dus urgentie voor ingrijpen – van degradatieprocessen in het algemeen, en (dus) ook over die van erosieprocessen.<sup>31</sup> Een belangrijke vraag is op welke tijdschaal erosie meetbaar is: duurt het een jaar of juist enkele decennia voordat er meetbare effecten zijn? Om die kennis op te doen wordt op de Grote Houw een serie verschillende technieken gebruikt die erosie op verschillende tijdschalen meten. De verschillende technieken die worden toegepast, werken elk op een andere tijdschaal (zie beneden).

Op die manier hopen we enerzijds een robuuste schatting te krijgen van de snelheid van erosie en daarmee samenhangende aantasting en veranderingen daarin door de tijd. Anderzijds kunnen we zo een beeld krijgen wat de effectiviteit en voor- en nadelen zijn van de verschillende technieken die kunnen worden toegepast voor het monitoren van deze bedreiging.

### 3.2 Vraagstelling

Welke erosieprocessen zijn van invloed op de (fysieke kwaliteit van) vindplaats De Grote Houw? Met welke snelheid vindt erosie en/of nivellering plaats, en wat is de invloed daarvan op de archeologische resten?

### 3.3 Onderzoeksvragen

1. Wat is de dikte en ouderdom van de verschillende op het terrein voorkomende colluviumlagen en de bouwvoor?
2. In hoeverre is erosie van de laatste decennia aantoonbaar uit variaties in maaiveldhoogtes en in antropogene stoffen in de bouwvoor?
3. In hoeverre is ruimtelijke variatie waarneembaar in de mate van erosie en welke factoren spelen daarbij een rol?
4. Wat is de verspreiding en dichtheid van vondstmateriaal aan het oppervlak en wat zegt dit over de fysieke kwaliteit van de vindplaats?
5. Wat is de effectiviteit van de gebruikte methoden en technieken? Welke aanbevelingen kunnen gedaan worden ten aanzien van toekomstig degradatieonderzoek?

<sup>28</sup> Van der Heiden, Huisman & Doesburg 2014.

<sup>29</sup> Bazelmans *et al.* 2009.

<sup>30</sup> Veenstra & Aalbersberg, 2014.

<sup>31</sup> Huisman 2009, 212.





Het onderzoek is in twee fasen uitgevoerd. Dit had vooral te maken met de beperkte mogelijkheden tot betreding in verband met de gewassen en de oogst daarvan. De gefaseerde uitvoering heeft geen invloed op de opzet en/of de resultaten van het onderzoek gehad. Voor een overzicht van de gehanteerde analysetechnieken van de specifieke monsters en metingen wordt verwezen naar paragraaf 2.3.

## 4.1 Hoogtemetingen

Ground-based LIDAR metingen zijn uitgevoerd in september 2013 door Constructiebureau H.Hagenaars VOF. De LIDAR metingen werden vergeleken met hoogtegegevens uit eerdere periodes, te weten:

- De hoogtepuntenkaart van 1960-1961
- Het Actueel Hoogtebestand Nederland 1 uit 1997-1998
- Het Actueel Hoogtebestand Nederland 2 uit 2012

## 4.2 Booronderzoek

Het booronderzoek is uitgevoerd op 24 en 25 maart 2014. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een edelmanboor met een diameter van 7 cm en de gutsboor met een diameter van 3 cm. De boringen werden beschreven conform SBB 5.2 van NITG-TNO waarin de lithologische beschrijving conform NEN5104 wordt gehanteerd. De boringen werden in een radiaal grid gezet, om de 25 m (afb. 4.1). De boringen werden tot in de natuurlijke ondergrond gezet en dienden primair om de dikte en de verspreiding van het colluvium in kaart te brengen. Secundair worden de boringen gebruikt om de opbouw van de wierde in kaart te brengen.

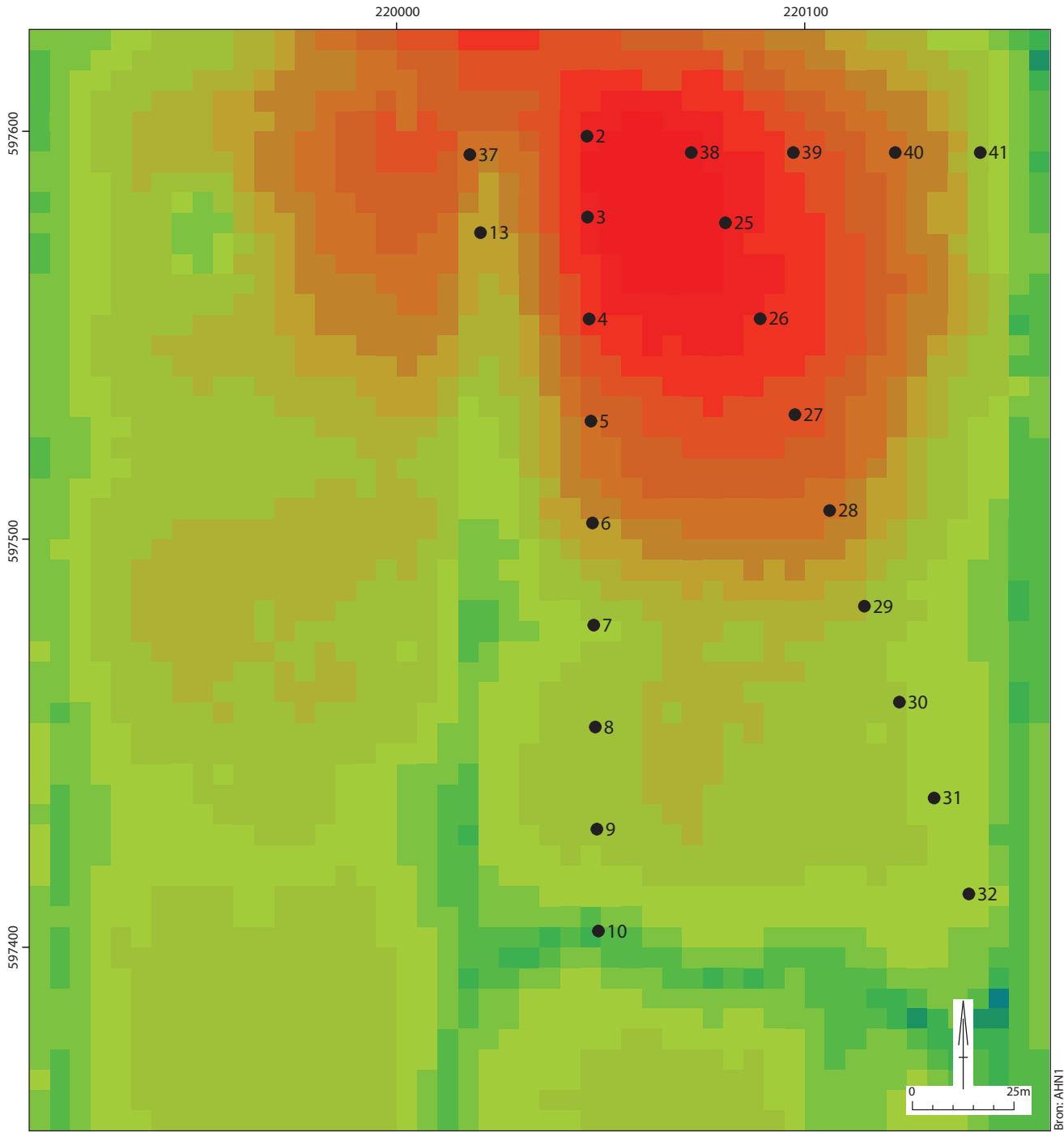
Een beperking van dit onderzoek was de moeilijke herkenbaarheid van colluvium in de boor. Het is gebleken dat bij onderzoek op wierden het onderscheid tussen wierdelagen en colluvium niet altijd kan worden vastgesteld bij booronderzoek.

## 4.3 Gravend onderzoek

Het gravend onderzoek is uitgevoerd op 15 en 16 september 2014. Op basis van de resultaten van onderzoeken naar het landgebruik, de maaiveldhoogtes, de vondsten uit de bouwvoor en het hier bovengenoemde booronderzoek werd een aantal locaties uitgekozen om kleine profielputten te graven. De putten zijn primair aangelegd om het colluvium en de bouwvoor in profiel te kunnen onderzoeken. Op deze wijze kunnen enerzijds de interpretaties van het booronderzoek verder gepreciseerd worden en anderzijds de colluviumlagen gedateerd worden. Dat laatste is gedaan met specifieke monstername ten behoeve van OSL-dateringen en traceronderzoek ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ , Pb).

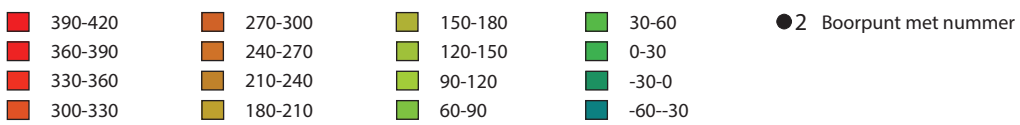
Er zijn vijf profielputten gegraven van 2 x 1 m groot. Eén op het hoge gedeelte van de wierde, één op de flank en twee in het lagere gedeelte. Een laatste put is aan de rand van de sloot tussen het westelijk en oostelijk perceel gegraven. Vermoedelijk bevindt zich op deze locatie het dikste en meest duidelijke colluviumpakket. Het gravend onderzoek ten behoeve van de ouderdomsbepalingen richtte zich primair op de bouwvoor en het colluvium. De ontgravingen reikten niet dieper dan de bouwvoor en eventueel colluvium. De profielputten beslaan hiermee maximaal in totaal 0,03% van het onderzoeksgebied en 0,01% van het hele monumentterrein (AMK 5196).

De profielputten zijn in lagen opgegraven waarbij het vondstmateriaal ook in deze laag eenheden is verzameld. Van iedere put is één profiel gedocumenteerd en bemonsterd. De documentatie bestaat uit een foto, een tekening op schaal inclusief NAP-hoogtes. Ongestoorde archeologische lagen zijn vrijwel niet bereikt tijdens het gravend onderzoek; het zijn bouwvoor en colluviumlagen die werden gedocumenteerd. Indien bij het gravend onderzoek sporen werden herkend, zouden deze op vlakniveau worden gedocumenteerd en verder niet verstoord.

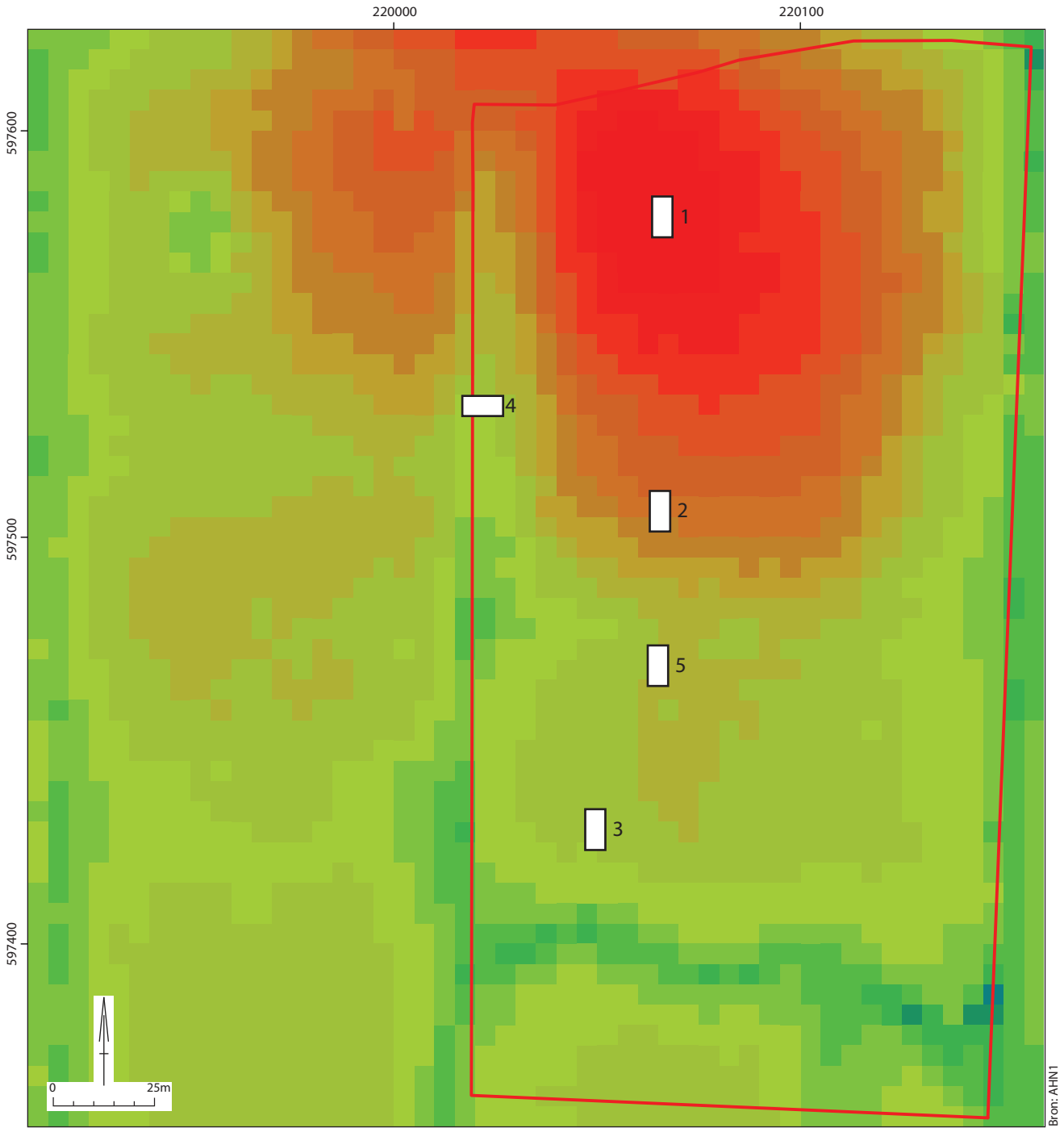


Bron: AHN1

Hoogte in m t.o.v. NAP



Afb. 4.1 Strategie booronderzoek op ondergrond van het AHN1 (met maaiveldhoogte in cm t.o.v. NAP). Met in zwarte punten de (genummerde) boorpunten.



Hoogte in m t.o.v. NAP

<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:red; border:1px solid black;"></span> 390-420	<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span> 270-300	<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span> 150-180	<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:lightgreen; border:1px solid black;"></span> 30-60
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span> 360-390	<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span> 240-270	<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:lightgreen; border:1px solid black;"></span> 120-150	<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:green; border:1px solid black;"></span> 0-30
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span> 330-360	<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:lightgreen; border:1px solid black;"></span> 210-240	<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:green; border:1px solid black;"></span> 90-120	<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:darkgreen; border:1px solid black;"></span> -30-0
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:lightgreen; border:1px solid black;"></span> 300-330	<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:green; border:1px solid black;"></span> 180-210	<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:darkgreen; border:1px solid black;"></span> 60-90	<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:teal; border:1px solid black;"></span> -60--30

1 Proefput met nummer  
 Onderzoekgebied

Afb. 4.2 Locatie van de vijf profielputten. Voor de zichtbaarheid zijn de profielputten 5x vergroot afgebeeld (vanuit het centrum in alle richtingen).

---

#### 4.4 Bemonstering t.b.v. OSL en traceronderzoek

---

Ten behoeve van OSL-dateringen zijn in het veld monsters genomen uit alle aangetroffen lagen onder de bouwvoor. De bouwvoor is in vier gevallen voor OSL bemonsterd; doel was hierbij vooral om vast te stellen hoe groot de variatie was in ouderdom binnen OSL-ASR dateringen uit een moderne bouwvoor. De monsters werden genomen door ca. 20 cm lange, grijze PVC-buizen in de wand te slaan en af te sluiten. De monsters zijn vervolgens overgedragen aan het NCL Lab (Wageningen) voor OSL-analyse.

Monsters voor de tracers  $^{137}\text{Cs}$  en  $^{239+240}\text{Pu}$  werden zoveel mogelijk genomen op dezelfde dieptes als de OSL-monsters, maar voor deze metingen werd wel altijd de hele bouwvoor bemonsterd. De  $^{137}\text{Cs}$ -monsters werden verzameld in speciaal daarvoor verkregen ronde monsterdozen van doorzichtig plastic (ca.  $\frac{1}{4}$  liter), en werden opgestuurd naar MEDUSA voor analyse. De  $^{239+240}\text{Pu}$ -monsters van ca. 5-10 gram werden genomen in monsterzakken. In het lab van de Universiteit van Wageningen zijn ze gegloeid tot  $500^\circ\text{C}$ , en vervolgens opgestuurd naar het laboratorium van Northern Arizona University in Denver voor de analyses (met behulp van ICP-MS).

In het veld zijn hand-held XRF metingen gedaan aan de profielen voor indicatieve waarden van de loodgehaltes. Omdat loodmetingen met handheld-XRF worden beïnvloed door het bodemvochtgehalte werd uit ieder profiel een ongestoord monster genomen van 500 x 150 mm. Dit monster werd eerst aan de lucht gedroogd, waarna met de hand-held XRF (Thermo Scientific Niton XL3t Gold+) chemische analyses werden gedaan. Hierbij werd gemeten met een bodemprogramma (Cu, Zn mining mode). Omdat de tweede meetserie van de gedroogde monsters betrouwbaarder is en een hogere ruimtelijke dichtheid heeft wordt alleen die hier gerapporteerd.

Ten behoeve van de ruimtelijke  $^{137}\text{Cs}$  analyse heeft Medusa Explorations BV in 2014 een opname gemaakt met een gammaspectrometer (MS4000) op een quad. Medusa heeft de meet-spectra gestabiliseerd en geanalyseerd naar de concentratie van de afzonderlijke isotopen volgens de Full Spectrum Analysis methode. Deze puntgegevens zijn gebruikt om kaarten van de concentratie aan isotopen in de bovenste 30 cm van de bodem te maken met Inverse Distance Weighting (zoekcirkel 30 m, power 2, smoothing 3) en een gridgrootte van 0,5 m.

## 5.1 Inleiding

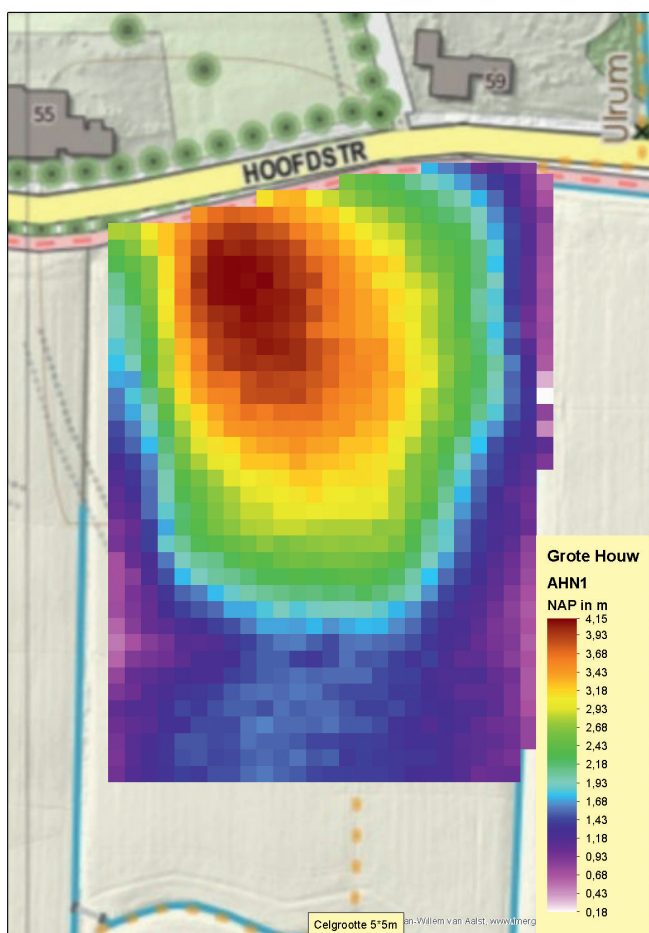
De onderzoeksresultaten worden min of meer per deelonderzoek, thematisch geclusterd gepresenteerd. In paragraaf 5.7 worden algemene conclusies getrokken op basis van de resultaten.

## 5.2 Maaiveldhoogtes

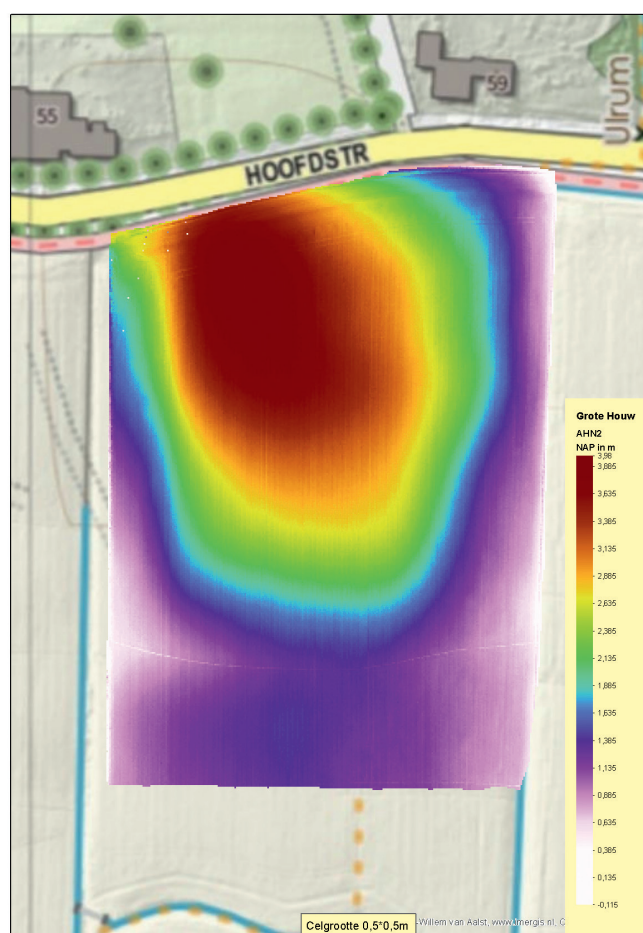
De resultaten van de diverse soorten hoogtemetingen staan weergegeven in afbeelding 5.1. (AHN1), 5.2 (AHN2) en afbeelding 5.3. (ground-based LIDAR). De resultaten van de verschilberekeningen worden weergegeven in afbeelding 5.4. en 5.5 (histogram en kaart verschil AHN1 –

AHN2) en 5.6 en 5.7 (histogram en kaart AHN2 en LIDAR). Hierbij is telkens de maaiveldhoogte van het dichtste grid herberekend en in lijn gebracht met het minder dichte grid. In beide gevallen is de oudere opname afgetrokken van de meer recente (dus een negatieve waarde wijst op een verlaging van het maaiveld).

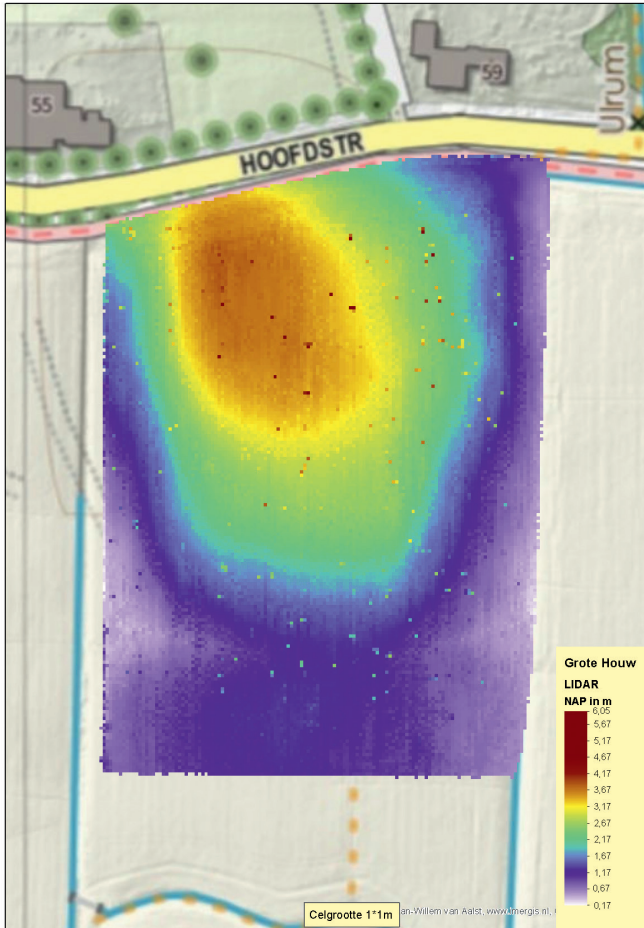
De resultaten van de vergelijking tussen de verschillende hoogtemetingen bleken om verschillend redenen minder eenvoudig dan bij aanvang van het project aangenomen werd. Gehoopt werd op de ideale situatie dat de absolute hoogtemetingen in de verschillende datasets nauwkeurig genoeg waren (dus een hoge accuraatheid) om veranderingen in maaiveld door erosie en nivellering te kunnen vaststellen. Mocht blijken dat de absolute hoogtemetingen minder nauwkeurig waren, was evengoed de verwachting dat de relatieve hoog-



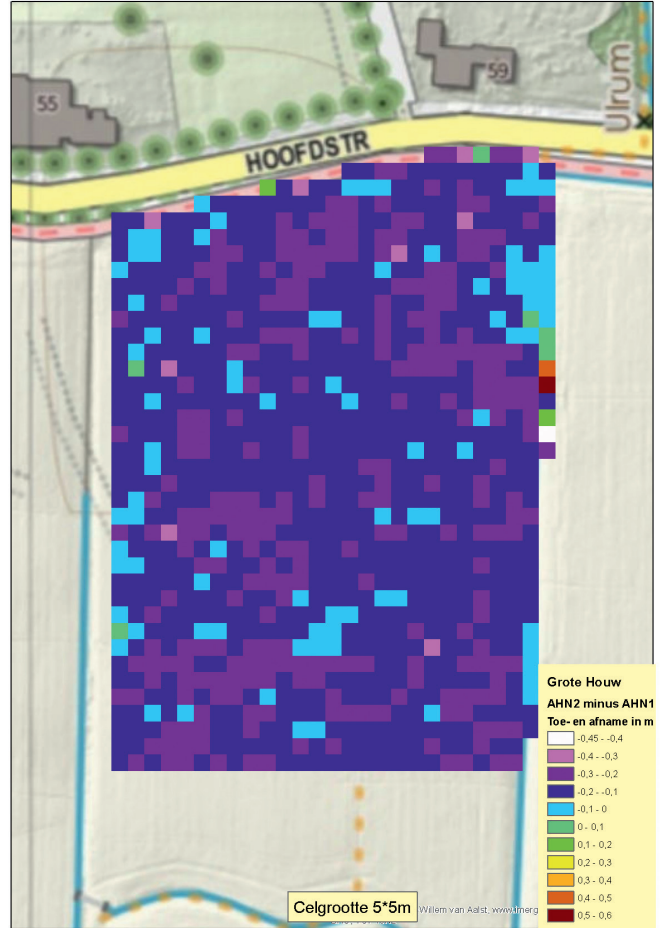
Afb. 5.1 AHN1 beeld van het onderzoeksterrein. De vierde is duidelijk zichtbaar in het noordelijke deel van het perceel.



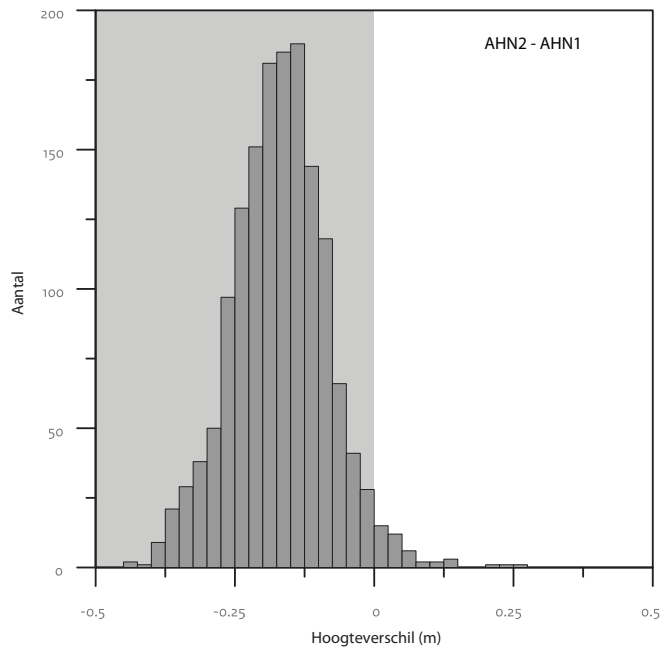
Afb. 5.2 AHN2 beeld van het onderzoeksterrein. De waarnemingsdichtheid is veel hoger dan in afbeelding 5.1. Aan de noordkant is insporing zichtbaar.



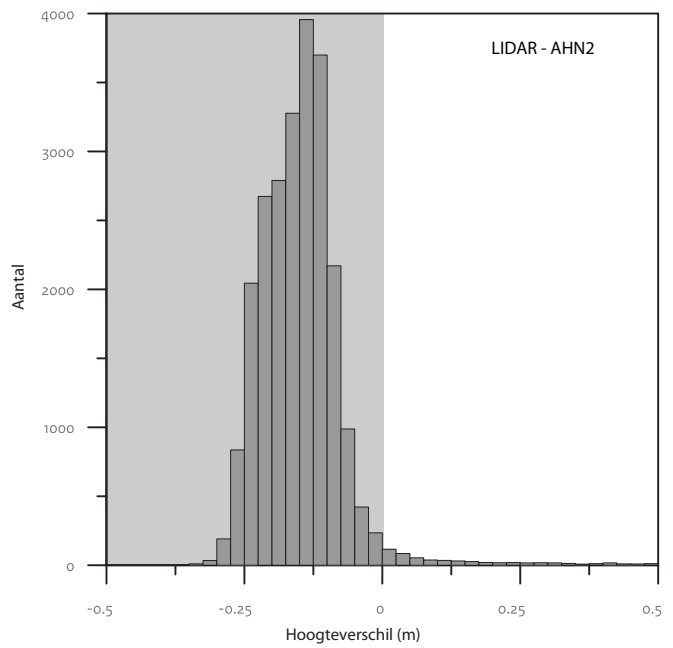
Afb. 5.3 LIDAR opname van het onderzoeksterrein. Het patroon lijkt sterk op dat in afbeelding 5.2.



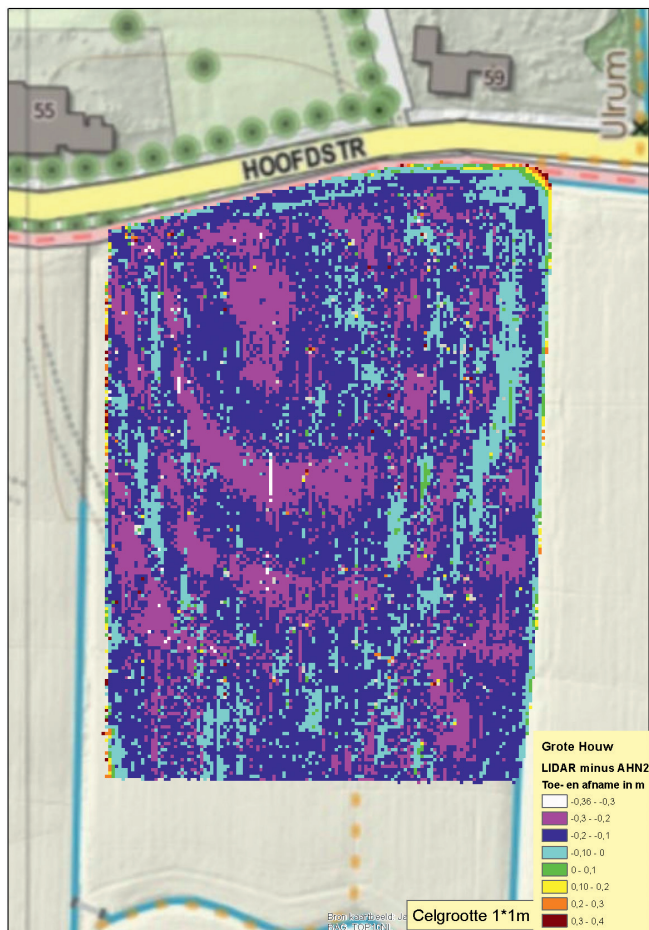
Afb. 5.5 Ruimtelijk beeld van de verschillen in hoogtes tussen AHN2 en AHN1. Het lijkt vooral gedomineerd te zijn door ruis.



Afb. 5.4 Histogram van de verschillen in hoogtes tussen AHN2 en AHN laat een systematisch verschil zien.



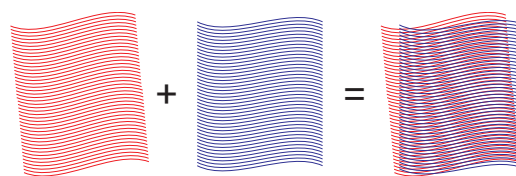
Afb. 5.6 Histogram van de verschillen in hoogtes tussen LIDAR en AHN2 met eveneens een systematisch verschil.



Afb. 5.7 Ruimtelijk beeld van de verschillen in hoogtes tussen LIDAR en AHN2 met schijnbaar concentrische ringen op en rondom de wierde.

teverschillen (reliëf) afdoende precies waren (dus een hoge precisie) om in ieder geval geïdentificeerde zones te kunnen identificeren.

Onderzoek heeft duidelijk gemaakt dat de nauwkeurigheid van de hoogtepuntenkaart van 1960 - 1961, AHN1 (afb. 5.1) en AHN2 (afb. 5.2) niet genoeg is om absolute waarden voor maaiveldveranderingen af te leiden die kleiner zijn dan enkele decimeters. Het vergelijken van deze hoogtemodellen van het maaiveld blijkt dus te onnauwkeurig te zijn voor erosiemetingen.<sup>32</sup> De histogrammen die worden gepresenteerd in afbeelding 5.4 en 5.6 kunnen daarom niet als absolute erosiewaarden worden geïnterpreteerd. Om deze reden richt de vergelijking hier zich er alleen op om te onderzoeken in hoeverre de precisie genoeg is om ruimtelijke patronen te herkennen in maaiveldveranderingen die het gevolg zouden kunnen zijn van erosie of nivellering.

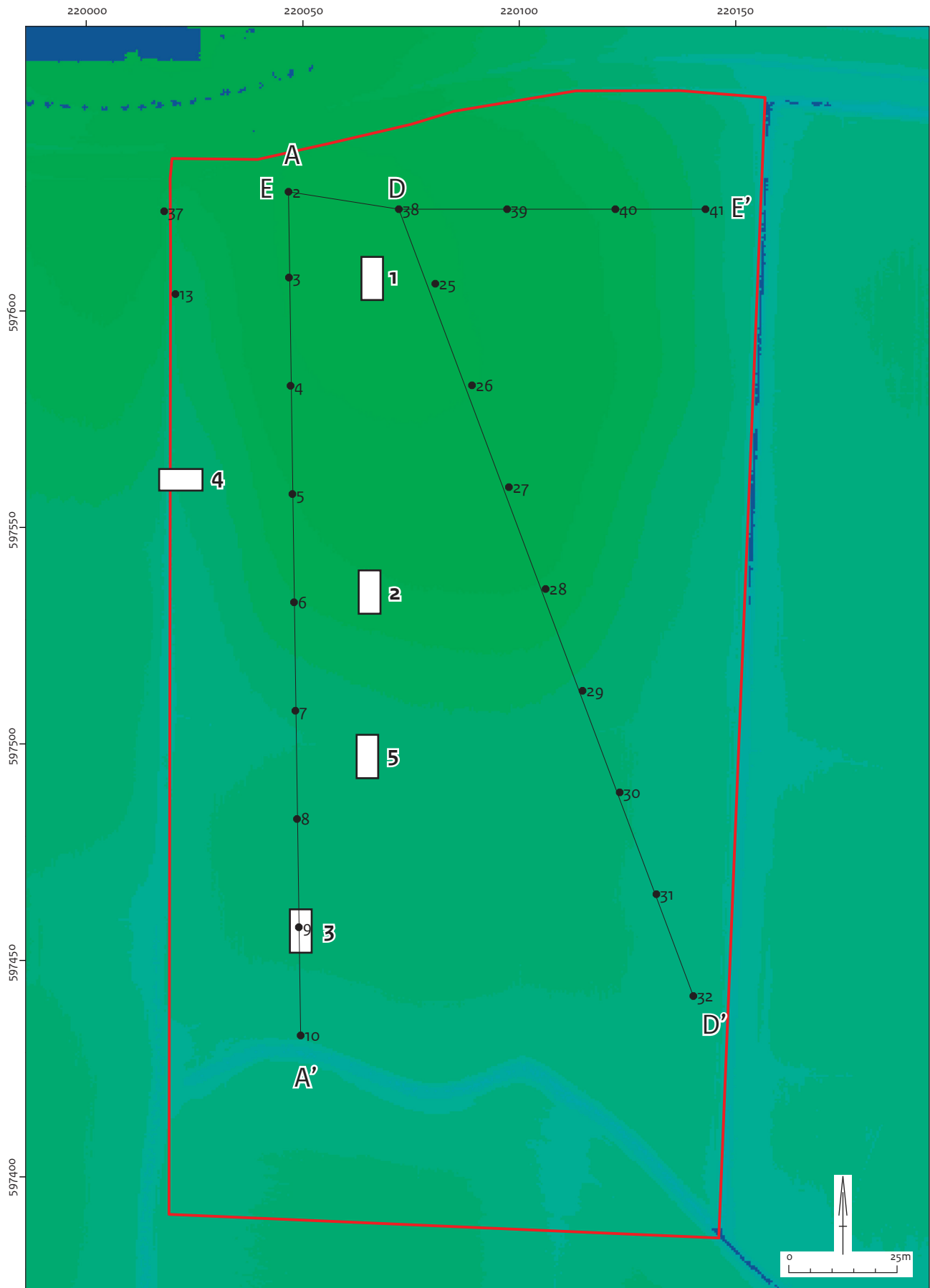


Afb. 5.8 Ontstaan van een zogenaamd Moiré patroon als gevolg van het combineren van twee sets van parallelle lijnen met een iets verschillende hoek.

Het verschil tussen het AHN1 en AHN2 (afb. 5.5) geeft een beeld dat wordt gedomineerd door ruis. Kennelijk is de ruis die in de twee modellen voorkomt groter dan de verschilwaarden tussen de twee datasets. De verschilkaart tussen het AHN2 en groundbased LIDAR geeft een verrassend patroon van concentrische ringen rondom het hoogste deel van de wierde (afb. 5.7). Dit patroon heeft echter niets te maken met erosieprocessen of met andere reële maaiveldveranderingen: het zijn zogenaamde Moiré patronen die ontstaan als twee patronen van parallelle lijnen onder een zwakke hoek over elkaar gelegd worden. In dit geval veroorzaakt door interferentie van de patronen van ploegvoren die enigszins gebogen lopen (afb. 5.8 voor een voorbeeld waarbij een min of meer vergelijkbaar patroon ontstaat). Omdat dit interferentiepatroon zorgt voor schijnbare hoogteverschillen van enkele decimeters zal het afleiden van erosie met deze methode ook niet

<sup>32</sup> Heeres 2014.





● 2 Boorpunt met nummer    □ 1 Proefput met nummer    □ Onderzoeksgebied    A Boorraailetter

Afb. 5.9 Boorpunten- en profielkaart. De witte rechthoeken zijn uitvergroete (5x) profielputten.

werken. Wat wel zichtbaar lijkt te zijn is de ligging van de bij benadering N-Z lopende sloot die na 1970 gedempt is (zie hoofdstuk 2). Mogelijk dat de vulling nog enige klink heeft vertoond.

### 5.3 Opbouw wierde

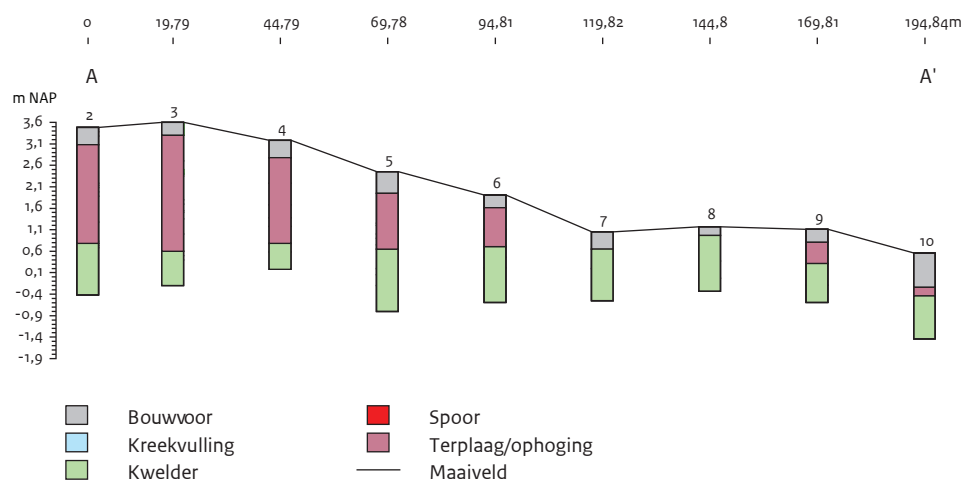
Hoewel zowel het boor- als het gravende onderzoek niet als primair doel hadden om de wierde gedetailleerd in kaart te brengen, is met de gegevens wel een duidelijk beeld van de opbouw te verkrijgen. In deze paragraaf wordt ook het vondstmateriaal dat is verzameld tijdens het veldwerk behandeld. Het vondstmateriaal dat met de veldkartering is verzameld wordt in

paragraaf 5.5 behandeld. De monsternamen in de profielputten wordt in paragraaf 5.6 behandeld.

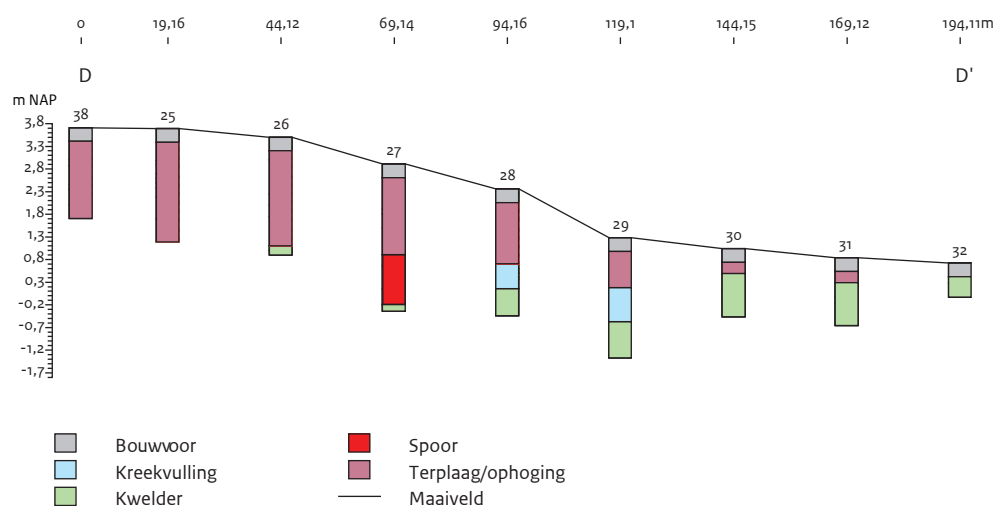
#### Booronderzoek

Van de 41 geplande boringen zijn er 40 gezet (afb. 5.9).<sup>33</sup> Boring 1 is niet gezet, omdat deze zich buiten het onderzoeksgebied, naast het fietspad bleek te bevinden. De boringen zijn tot in de natuurlijke ondergrond gezet.

De natuurlijke ondergrond, die in het zuidelijke deel van het onderzoeksgebied min of meer aan de oppervlakte ligt (boring 7 en 8) is in vrijwel iedere boring aangeboord (zie afb. 5.10, 5.11 en 5.12). Het niveau ligt op 0,60 – 0,80 m NAP en kent een gering reliëf. In het zuiden ligt de top van de natuurlijke ondergrond hoger dan in het noorden. Ter hoogte van boring 29 en 7 ligt de



Afb. 5.10 Boorprofiel A-A'.



Afb. 5.11 Boorprofiel D-D'.

<sup>33</sup> De volledige boorbeschrijvingen zijn alleen bij de digitale versie van dit rapport bijgevoegd. De gegevens zijn tevens neer te laden via DANS easy.

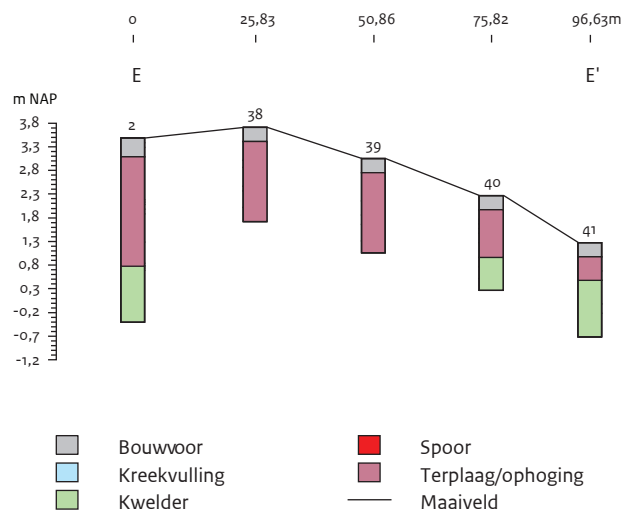
top wat lager om vervolgens naar het noorden toe weer iets te stijgen. Ditzelfde reliëf is nu nog te zien. De geologische ondergrond bestaat bovenin uit kalkloos, structuurloos, matig siltig zand en zandige klei. In dit pakket zijn regelmatig fosfaatvlekken waargenomen. Hieronder bevindt zich een gelaagd zandpakket. De diepste boring is tot 1,37 m - NAP gezet. Gelaagdheid of structuur is vaak niet waargenomen in de hoogste niveaus van de natuurlijke ondergrond. Dit zou kunnen wijzen op een stilstand in sedimentatie waardoor er bodemvorming heeft kunnen plaatsvinden. Ter hoogte van boring 28 en 29 zijn kreekvullingen aangetroffen (zie afb. 5.11). Boring 28 laat tussen 0,61 en 0,16 m NAP een sterk humeuze kleilaag met daaronder een 20 cm dikke laag rietveen met onverbrand bot zien. In boring 29 is tussen 0,18 m NAP en 0,27 m - NAP een zwak humeus kleipakket met fragmenten verbrande klei en fosfaatvlekken aangeboord. Onderin is de klei zwart en sterk humeus. De natuurlijke lagen worden afgedekt met antropogene ophogingspakketten. Op basis van de boorgegevens zijn deze pakketten slecht te vervolgen en verschillen ze sterk in samenstelling en dikte. De lagen zijn 5 tot 70 cm dik en bestaan over het algemeen uit siltige, grijsbruine tot grijze klei. In de lagen is aardewerk, puin, botmateriaal en fosfaatvlekken aangetroffen. In een aantal boringen zijn op verschillende hoogtes lagen van zwak kleiig veen aangeboord (boring 2 t/m 5). De lagen variëren in dikte van 5 tot 90 cm. Deze lagen komen grofweg op twee

niveaus voor, tussen 0,6 en 1,3 m NAP en tussen 1,7 en 2,4 m NAP. Daarnaast zijn in sommige lagen duidelijke resten van riet en hout aangetroffen. Ook zijn vermoedelijke mestlagen aangetroffen zonder duidelijk herkenbare plantenresten.

In boring 27 is onder het antropogene ophogingsniveau een pakket zandig veen met aardewerk en botmateriaal gevonden. Het pakket reikt van 0,91 m NAP tot in de natuurlijke ondergrond op 0,19 m - NAP en is ruim een meter dik. Het pakket is geïnterpreteerd als vulling van een spoor, mogelijk een waterput.

In profiel DD' laat alleen de meest zuidelijke boring 32 een opbouw zonder antropogene ophogingslagen zien. Hier is de bouwvoor direct op een natuurlijke ondergrond gelegen. In profiel AA' ontbreken de wierdelagen in boring 7 en 8. Opvallend genoeg is in de boring ten zuiden van deze twee boorlocaties weer een antropogeen pakket waargenomen (boring 9). De locatie van deze boring komt overeen met de lichte verhoging in het landschap ten zuiden van de wierde (afb. AHN2). De afwijkende bodemopbouw van boring 10 kan verklaard worden door de nabijheid van de sloot. Deze is vermoedelijk meerdere malen uitgebaggerd geweest waarbij materiaal uit de sloot weer is opgebracht op het naastliggende terrein

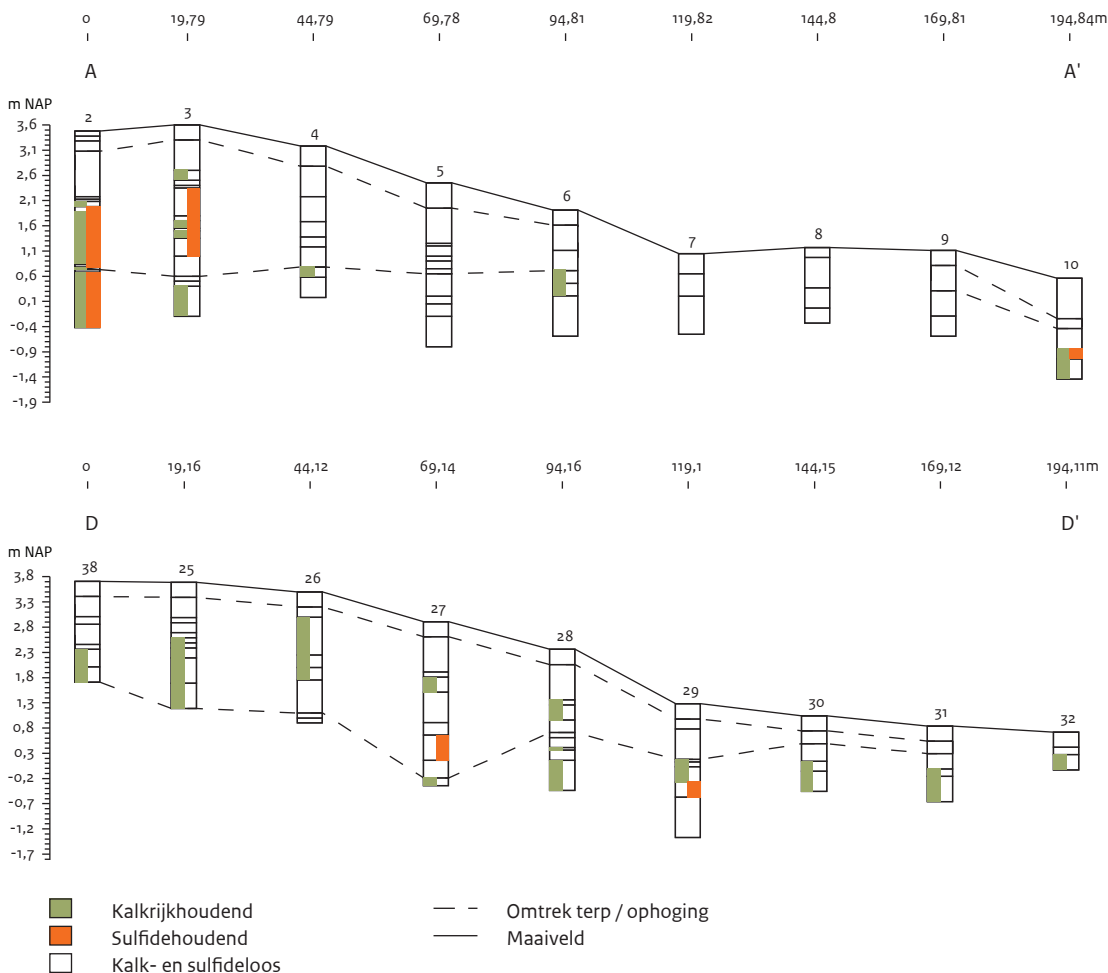
Over vrijwel het hele onderzoeksgebied is een bouwvoor waargenomen van 30 cm dik met her en der een uitschieter van 10 cm naar beneden of naar boven. De bouwvoor bestaat over het algemeen uit gehomogeniseerde, matig humeuze, sterk siltige klei. Ten zuiden van het wierdelichaam bestaat de bouwvoor uit matig siltig zand of zandige klei (vanaf boring 8 en 30).



Afb. 5.12 Boorprofiel E-E'.

### Kalk- en sulfidegehaltenes

Tijdens het booronderzoek zijn de lagen onderzocht op aanwezigheid van kalk- en sulfidehoudende mineralen. Deze kunnen worden gebruikt om uitspraken te doen over de conserverende eigenschappen van de lagen en daarmee over de fysieke staat van de archeologische vindplaats. Dit deel van het onderzoek beantwoordt geen onderzoeksvragen, maar wordt hier voor de volledigheid gerapporteerd. De resultaten worden in afbeelding 5.13 per laag weergegeven voor de profielen AA' en DD' (zie afb. 5.9 voor de locatie van de profielen).



Afb. 5.13 boorprofielen AA' en DD' met kalk- en sulfidewaardes per laag.

De wierdelagen bleken over het algemeen kalk- en in mindere mate sulfidehoudend. Sulfides zijn weinig aangetroffen in de boringen en zijn alleen op meer dan 1 m diep onder het maaiveld op het hoogste deel van de wierde aangetroffen. Kalk is vaker aangetroffen en in vrijwel iedere boring is wel een kalkhoudend niveau aangetroffen. De aanwezigheid van kalk verschilt sterk per boring en per niveau. In het algemeen geldt dat de lagen in het hoge deel van wierde het meeste kalkrijk zijn. Er is echter geen duidelijke relatie tussen de wierdelagen en de kalk- en sulfidegehaltes vast te stellen.

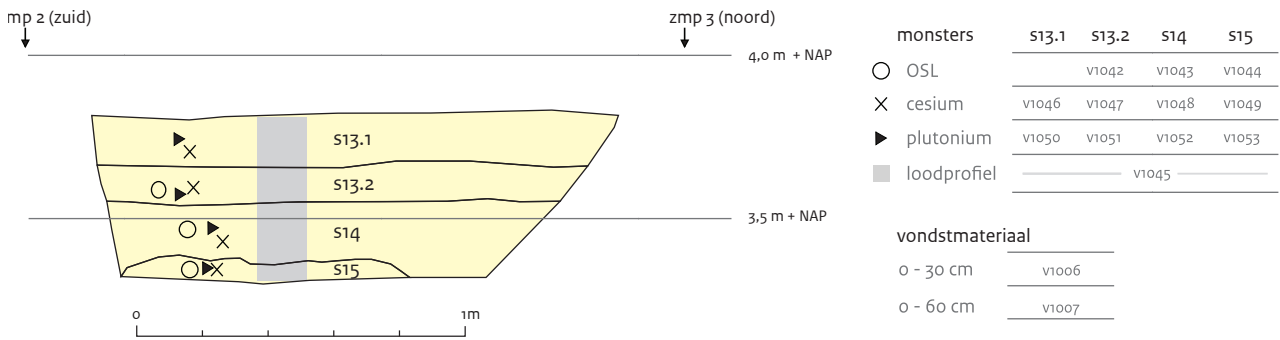
De aanwezigheid van kalk is een indicatie dat de conserveringsomstandigheden voor bot in het algemeen goed zijn geweest. In de sulfidehoudende en dus zuurstofloze en vaak waterverzadigde lagen kan ander organisch materiaal zoals hout, botanische resten en zelfs leer ook goed

bewaard zijn gebleven. Hier zijn dan ook lagen met veel organisch materiaal aangetroffen (zie ook tabel 5.2).

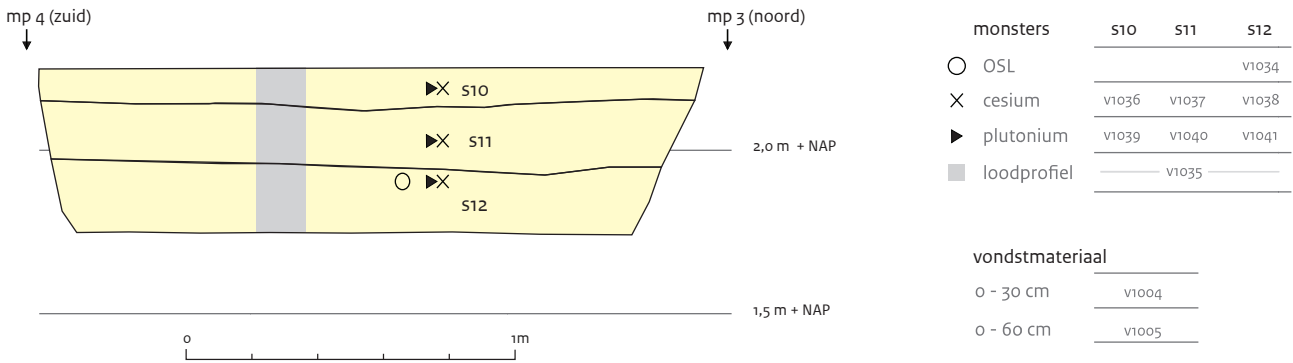
#### Profielputten

In totaal zijn er, verspreid over de wierde, vijf profielputten gegraven (afb. 5.9). De putten zijn gegraven tot een diepte waarbij de grens van de bouwvoor met de onderliggende liggen duidelijk onderscheiden kon worden. De putten zijn handmatig, schavend op diepte gebracht. Het vondstmateriaal is waar mogelijk per spoor verzameld en anders per put per laag van 30 cm (i.e. bouwvoor en daaronder).

Vervolgens zijn de bouwvoor en de eventuele onderliggende wierdelagen bemonsterd. Er zijn pvc-buizen geplaatst voor OSL-dateringen, er zijn metalen bakken ingeslagen voor lood onderzoek en er zijn grondmonsters genomen



Afb. 5.14 Profiel en monsters werkput 1; verticale schaal = horizontale schaal.



Afb. 5.15 Profiel en monsters werkput 2.

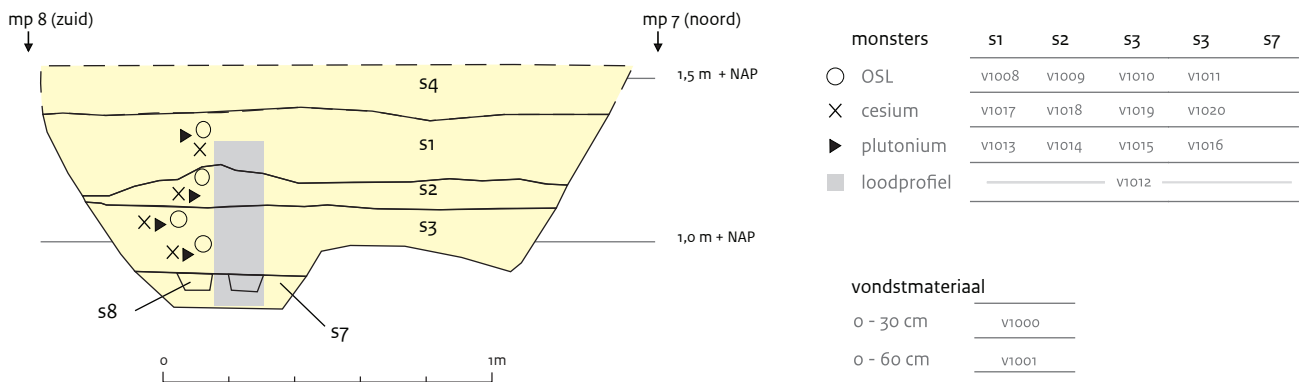
voor onderzoek naar cesium- en plutoniumgehaltenes. In deze paragraaf worden de profielen lithologisch en archeologisch beschreven. De monsterlocaties alsmede de resultaten van de analyses worden in paragraaf 5.6 behandeld.

Werkput 1 is gelegen op de top van de wierde en is tot 50 cm – mv gegraven (3,33 m NAP). In het profiel zijn drie sporen onderscheiden (afb. 5.14). Spoor 13 is de bouwvoor en bestaat uit twee vullingen. De bovenste vulling (13.1) is 18 cm dik en bestaat uit grijsbruin, matig siltig zand en bevat puin en houtskool. Onderin de laag is een baan van lichtgrijze, rommelige zandlaagjes te zien. De onderste vulling is 10 cm dik en bestaat ook uit grijsbruin, matig siltig zand met stukjes puin en houtskool.

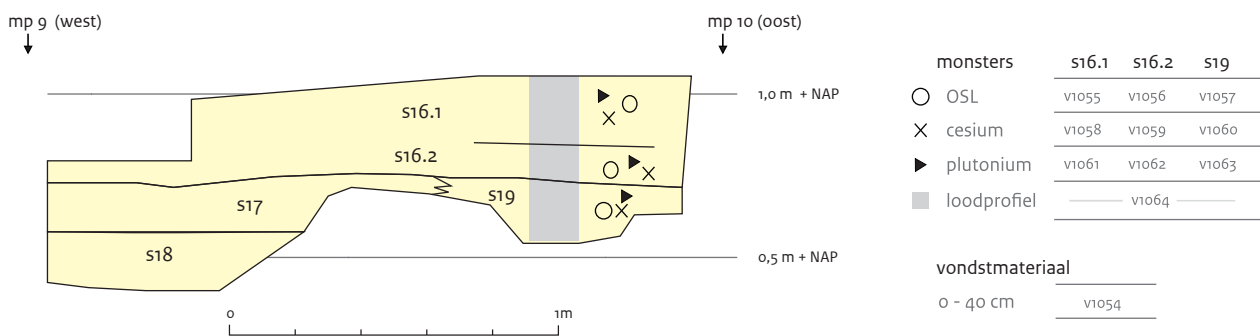
Onder de bouwvoor zijn nog twee lagen onderscheiden. Spoor 14 is een ca. 20 cm dik pakket van bruingrijze, zandige klei, is zeer compact en bevat puin en houtskool. Spoor 15 is een lichtgrijs pakket van uiterst siltige, gevlekte klei. In deze laag is baksteen aangetroffen.

Werkput 2 is gelegen op het lage einde van de zuidflank van de wierde en is 50 cm diep aangelegd (tot 1,75 m NAP). De bouwvoor is opgesplitst in twee vullingen (afb. 5.15). De bovenste vulling (S10) is 10 cm dik en bestaat uit grijsbruin, matig siltig zand met lichtgrijze zandvlekken. De onderste vulling (S11) is 15 cm dik en bestaat uit bruingrijs, zwak siltig zand met rommelig gelaagde zandvlekken. Vooral in de onderste vulling (S11) zijn fijnkorrelig puin, houtskool en plantenresten aangetroffen. Onder de bouwvoor bevindt zich een minimaal 20 cm dikke, zeer compacte, zandige kleilaag (S12). Onderin de put wordt waarschijnlijk net een andere laag aangesneden. In deze laag is het sediment donkerder en kleiiger. Hier neemt de hoeveelheid puin toe en is ook bot gevonden.

Werkput 3 is de meest zuidelijke put op het onderzoeksterrein en is aangelegd op de kleine verhoging ten zuiden van de wierde. De put is tot ca. 70 cm –mv gegraven (0,45 m NAP). De bouwvoor (S1 en S2) is in deze put niet het bovenste spoor (afb. 5.16). Bovenop de bouwvoor is namelijk nog een laag aanwezig van



Afb. 5.16 Profiel en monsters werkput 3.

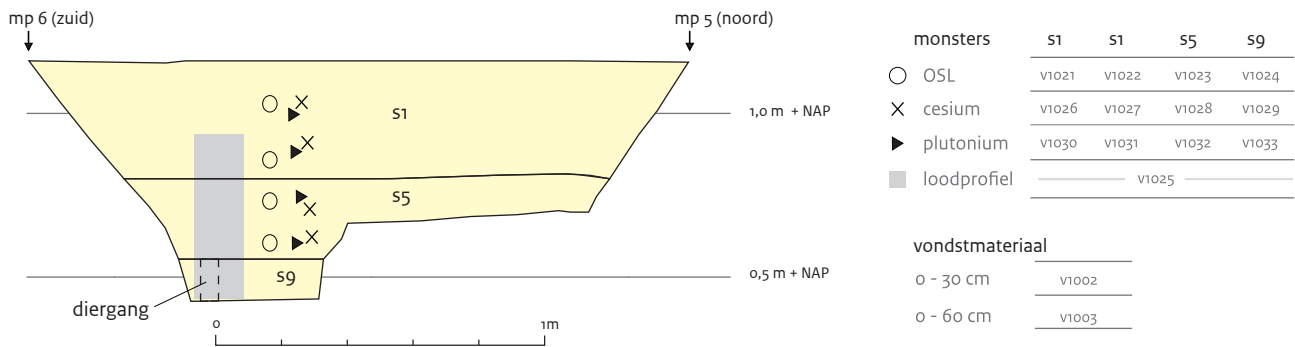


Afb. 5.17 Profiel en monsters werkput 4.

zeer los zand (s4). Deze laag vormt de bovenste 10 cm van de akker en kan aan de bouwvoor worden toegerekend maar lijkt apart opgebracht. Deze laag wordt verder buiten beschouwing gelaten. De vaste bouwvoor bestaat uit twee lagen (s1 en s2). De bovenste laag (s1) is 18 cm dik en bestaat uit bruin grijs, matig siltig zand met enkele lichtgrijze zandvlekken. De laag bevatte losse plantenresten (zeer recent), puin en houtskool. Hieronder ligt de 5 tot 10 cm dikke tweede vulling (s2) die een zelfde vulling heeft maar met lichtgrijze zandvlekken. Onder de bouwvoor ligt een 20 cm dikke wierdelaag (s3) van licht bruin grijs, matig siltig zand met enkele kleibrokjes. Onderin kleurt de laag lichtgrijs en zijn ijzervlekken waargenomen. De laag bevat puin en houtskool. Onder spoor 3 is, op 0,55 m NAP, een lichtgrijze, matig siltige zandlaag met ijzer- en fosfaatvlekken gelegen (s7). Mogelijk is dit de natuurlijke ondergrond. In deze laag zijn twee mogelijke ploegsporen waargenomen (s8). De 8 cm dikke en 5 cm diepe sporen hebben een vulling van grijs, matig siltig, gevlekt zand.

Werkput 4 is aan de zijkant van het perceel gegraven, net ten oosten van de sloot. De put is maximaal tot 65 cm – mv diep (0,35 m NAP). De bouwvoor is 30 cm dik en bestaat uit twee vullingen (afb. 5.17). De bovenste (s16.1) onderscheidt zich voornamelijk van de onderste (s16.2) door de aanwezigheid van losse plantenresten. Beide vullingen zijn verder rommelige vullingen van bruin grijs, matig siltig zand met lichtgrijze, rommelige zandlaagjes. Onder de bouwvoor ligt een grijs tot lichtgrijze, matig siltig zandige wierdelaag van 20 cm dik (s17 en s19). In deze laag is verbrande leem, puin en houtskool aangetroffen. Onderin het profiel op ca 0,55 m NAP is de natuurlijke ondergrond aangesneden (s18). Deze bestaat uit grijs, matig siltig zand met ijzervlekken.

Werkput 5 is gegraven op de kleine depressie in het terrein ten zuiden van de wierde. De put is tot een maximale diepte van 70 cm – mv (0,43 m NAP) aangelegd (afb. 5.18). De bouwvoor (s1) is hier bijna 40 cm dik en bestaat uit bruin grijs, matig siltig zand met lichtgrijze zandvlekken. Bovenin zijn er losse plantenresten ingeploegd.



Afb. 5.18 Profiel en monsters profielput 5.

Verder bevat de laag puin en houtskool. De laag eronder is 25 cm dik en bestaat uit licht bruingrijs, matig siltig zand (s5). De laag bevat wel archeologische indicatoren als stukjes puin en houtskool, maar in zeer lage aantallen en ook zeer klein van omvang. Hieronder is een minimaal 15 cm dikke laag van lichtgrijs, matig siltig zand aangesneden (s9). Deze fosfaatrijke laag is als natuurlijke laag geïnterpreteerd.

#### Vondstmateriaal

Tijdens het ontgraven van de putten is materiaal per arbitraire laag verzameld. Over het algemeen is het materiaal per 30 cm verzameld. Met behulp van de geïnterpreteerde boorprofielen zijn de vondsten aan de sporen te koppelen (tabel 5.1).

Tijdens het booronderzoek zijn naast een enkele scherf ook botanische monsters genomen (tabel 5.2). De monsters zijn genomen uit lagen die schijnbaar rijk zijn aan organische stof (o.a. mestlagen). Voor dit onderzoek zijn deze lagen niet relevant, omdat ze niet gebruikt kunnen worden voor het vaststellen van erosiesnelheden. Ze worden dan ook niet meegenomen in deze rapportage.

Het merendeel van het materiaal dateert uit de (vroeg) middeleeuwen.<sup>34</sup> Het is opvallend hoe gering het aandeel post-middeleeuws materiaal is. Alleen de bouwvoor van werkput 3 heeft recente scherven opgeleverd en in de bouwvoor van werkput 2 is zeventiende/achttiende-eeuws materiaal aangetroffen. In de andere putten wordt zowel in de bouwvoor als in de terplaag

Tabel 5.1 vondstmateriaal uit werkputten.

Put	Spoor	Aard	Diepte	Datering	Beschrijving	Vnr
1	13	bouwvoor	0 - 30 cm	9 <sup>e</sup> eeuw	dikwandig materiaal, sommige fragmenten hebben schelpengruis	1006
1	14	terplaag	30 - 60 cm	9 <sup>e</sup> - 13 <sup>e</sup> eeuw	o.a. aardewerk met schelpgruis	1007
2	10 en 11	bouwvoor	0 - 30 cm	17 <sup>e</sup> - 18 <sup>e</sup> eeuw	geglazuurd aardewerk en pingsdorfachtig aardewerk, fijne zandmagering	1004
2	12	terplaag	30 - 60cm	VME - 9 <sup>e</sup> eeuw	kogelpot aardewerk fragmenten, 1 fragment pingsdorf	1005
3	1 en 2	bouwvoor	0 - 30 cm	REC	loodglazuur aardewerk, baksteen	1000
3	3 en 8	terplaag	30 - 70 cm	12 <sup>e</sup> - 14 <sup>e</sup>	aardewerk en bouwkeramiek	1001
4	16	bouwvoor	0 - 40 cm	VME	vroegmiddeleeuwse kogelpotfragmenten	1054
5	1	bouwvoor	0 - 30 cm	13 <sup>e</sup> - 15 <sup>e</sup> eeuw	porselein, geglazuurd aardewerk en laat pingsdorf-fragment.	1002
5	5	terplaag	30 - 60 cm	11 <sup>e</sup> eeuw		1003

<sup>34</sup> Het aardewerk is gedetermineerd door E. Taayke van het Noordelijk Archeologisch Depot.

**Tabel 5.2 monsters en vondsten uit boringen.**

Boring	Raai	Diepte (cm)	Categorie	Datering	Vnr
29	D	30-50	aardewerk	middeleeuwen	1109
27	D	275-310	botanisch monster	middeleeuwen	1105
28	D	200-220	botanisch monster	middeleeuwen	1100
27	D	225-275	botanisch monster	middeleeuwen	1103
27	D	200-225	botanisch monster	middeleeuwen	1102
3	A	180-190	botanisch monster	middeleeuwen	1101
4	A	220-230	botanisch monster	middeleeuwen	1104

eronder middeleeuws materiaal gevonden. Het is evident dat de meeste aangesneden terplagen een (vroeg) middeleeuwse datering hebben, maar het is op basis van de weinige scherven die ook nog eens een brede range van ouderdommen per verzamelde context geven niet mogelijk om gedetailleerde uitspraken te doen over de exacte dateringen van de verschillende lagen.

Uit de dateringen van de vondsten uit de bouwvoor komt geen helder erosiepatroon naar voren. Het is wel zo dat in de werkput op het hoogste deel van de terp vroeg-middeleeuws aardewerk in de bouwvoor is aangetroffen wat in de lagere putten niet het geval is. Alleen in werkput 4, aan de westzijde van de terp, is ook vroeg-middeleeuws aardewerk in de bouwvoor gevonden.

#### **Conclusies m.b.t. opbouw wierde**

De wierde Grote Houw Oost is opgeworpen op een natuurlijke ondergrond op ca. 0,6 m NAP. De top van de natuurlijke ondergrond wordt geïnterpreteerd als gebioturbeerde kwelderwal. In een aantal boringen zijn aanwijzingen gevonden voor de aanwezigheid van kreekvullingen.

In de toplagen van de kwelderwal zijn regelmatig fosfaatvlekken aangetroffen. Hier is echter niet mee aan te tonen of er direct op de kwelderwal bewoning of andere activiteiten hebben plaatsgevonden. De wierde is op het natuurlijke vlak opgeworpen en reikt tegenwoordig tot maximaal 3,8 m NAP. Het is uit de boringen en profielen niet duidelijk geworden hoe de wierde in de tijd gevormd is. Op basis van het vondstmateriaal is het evident dat de meeste terplagen die in de profielputten zijn aangesneden een

(vroeg) middeleeuwse datering hebben. Het betreft hier echter alleen de bovenste lagen van de wierde, op de hoogste delen bevinden zich hieronder nog ruim twee meter aan ophogingslagen.

De wierdelagen bestaan over het algemeen uit siltige klei en variëren sterk in dikte (5 tot 70 cm dik). Er is uit de boringen en profielen geen consistent profiel te reconstrueren waarmee de interne stratigrafie van de wierde enigszins verbeeld kan worden. Hiervoor verschillen de waarnemingen te sterk. Vreemd is dit niet, gezien de onderlinge afstand van minstens 25 meter en de grote variabiliteit in de antropogene lagen in wierden. In de boringen in het noordwestelijke deel van het onderzoeksterrein (boring 2 t/m 5) zijn op verschillende niveaus lagen aangeboord die als mestlagen geïnterpreteerd kunnen worden. Wat diepte betreft lijken de lagen binnen twee bereiken te vallen. Enerzijds tussen 0,6 en 1,3 m NAP en anderzijds tussen 1,7 en 2,4 m NAP.

In boring 27 zijn aanwijzingen voor een grondspoor aangetroffen. Hier zijn vanaf een diepte van 0,91 m NAP tot ver in de natuurlijke ondergrond (0,19 m – NAP) sterk venige pakketten aangetroffen. De pakketten bevatten (onverbrand) botmateriaal en aardewerk. Vermoedelijk is hier een waterput aangeboord. De bouwvoor is gemiddeld 30 cm dik en is in vrijwel alle profielen op te splitsen in twee lagen (15-20 cm dik en 15-10 cm dik). Op de grens tussen de twee lagen is een rommelig bandje van lichtgrijs zand zichtbaar (Afb. 5.19). In het veld is aangenomen dat de bovenste vulling is gevormd door recente ploegactiviteiten, hiervan getuigen ook de losse plantenresten.





Afb. 5.19 Veldfoto van put 1. Een dunne band met lichter gekleurde insluitsels is vaag zichtbaar in de bouwvoor.

De onderste vulling zou dan een oudere ploegvoor zijn. Dat zou betekenen dat de algemene ploegdiepte in de jaren afgenomen is tot ca. 20 cm. De tijdsdiepte van dit veronderstelde proces is onbekend.

Eén van de doelen van het borende en gravende onderzoek was het vaststellen van colluvium, wat op de lagere delen van de wierde verwacht werd. Colluvium is echter nergens aangetroffen. Ook niet in de profielput aan de slootkant (werkput 4). De opbouw van het profiel wijkt hier niet af van de rest van de overige waarnemingen.

Het hoogste punt van de wierde is in het noordwesten ter hoogte van boring 38 en werkput 1 op 3,80 m NAP. Naar het oosten toe loopt het niveau binnen 75 meter naar 1,3 m NAP. Hier is het einde van de wierde niet waargenomen in de boringen. De zuidoostelijke raai DD' laat over 100 meter een geleidelijke daling naar 2,3 m NAP zien. Dan na een knik van 1 meter naar 1,3 m NAP (boring 29) een zeer geleidelijke daling naar 0,85 m NAP over 50 meter. In de laatste boring in deze raai (32) zijn geen wierdelagen meer vastgesteld. De noord-zuid georiënteerde raai AA' laat een geleidelijke afname in hoogte zien van 3,5 m NAP tot 1,9 m NAP over 90 meter (tot boring 6). Dan is ook hier een knik waar te nemen naar 1,0 m NAP waarna het maaiveld een lichte stijging naar 1,2 m NAP vertoont (boring 8

en 9). Opvallend genoeg zijn in de boringen 7 en 8 geen wierdelagen aangetroffen. In boring 9 daarentegen weer wel.

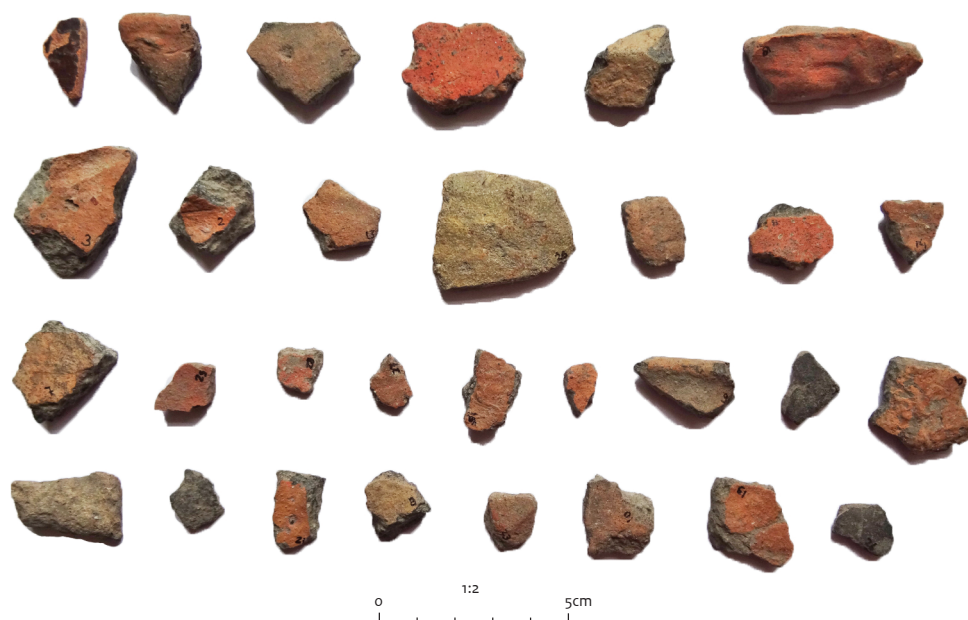
#### 5.4 Vondsten uit de bouwvoor

Het onderzoeksgebied is ingedeeld in vakken van 10 x 10 meter. Het veld is afgelopen door een team van studenten van de Universiteit Groningen en vrijwilligers op een geploegde akker op een droge, zonnige dag. Al het keramische vaatwerk dat aan het oppervlak werd aangetroffen is per vak verzameld. Vervolgens is het verzamelde materiaal beschreven, gedetermineerd, gemeten en gewogen. In het bijzonder is er aandacht besteed aan de breukvlakken van de aardewerkscherven. Het doel van de veldkartering is het vaststellen in hoeverre (voorheen onverstoorde) wierdelagen worden aangeploegd. Door het bestuderen van de verspreiding van de scherven en de fragmentatiegraad en het onderzoeken van de breukvlakken wordt getracht deze vraag te beantwoorden.

##### Algemeen

In totaal zijn er 1655 vondsten verzameld met een totaal gewicht van 6,2 kilo. Van dit totaal zijn 1621 aardewerkscherven bestudeerd en beschreven. De overige fragmenten waren voor dit deel van het onderzoek niet van belang. Dit waren bijvoorbeeld pijpenkopjes en -steeltjes en spinsteentjes.

Veruit het grootste deel van het vondstmateriaal bestaat uit kogelpotfragmenten, daterend tot 750-1400 n.Chr. (75,7%). Tevens is er veel modern aardewerk (daterend vanaf 1350 n.Chr.) aangetroffen (15,7%). De overige aardewerkcategorieën zoals onder andere het Pingsdorf en Badorf aardewerk hebben alle slechts een klein aandeel in het materiaal (respectievelijk 2,5% en 1,2%).



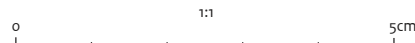
Afb. 5.20 impressie van vondstmateriaal uit één vak (2-10-A). (Foto: P. Verplanke)



Afb. 5.21 Kogelpotscherf uit vak 3 8 B (foto: P. Verplanke, geen schaal).

Vrijwel al het materiaal is sterk gefragmenteerd. 91,4% van de fragmenten weegt minder dan 10 gram. 38,9% weegt zelfs minder dan 2 gram. Het gemiddeld gewicht per vak is 24,5 gram en een vak bevatte gemiddeld zes tot zeven aardewerkfragmenten. De inhoud van een goed gevuld vak is te zien op afbeelding 5.20. Een groot deel van het materiaal was sterk verveerd.

Een uitzondering op de talloze minuscule kogelpotfragmenten werd in vak 3-8-B gevonden: een randscherf van 82,6 gram (afb. 5.21). De kogelpotscherf kon op basis van de compleetheit van de rand in de twaalfde eeuw n.Chr. gedateerd worden.



Afb. 5.22 Spinsteen uit vak 3 8 B (foto: P. Verplanke).

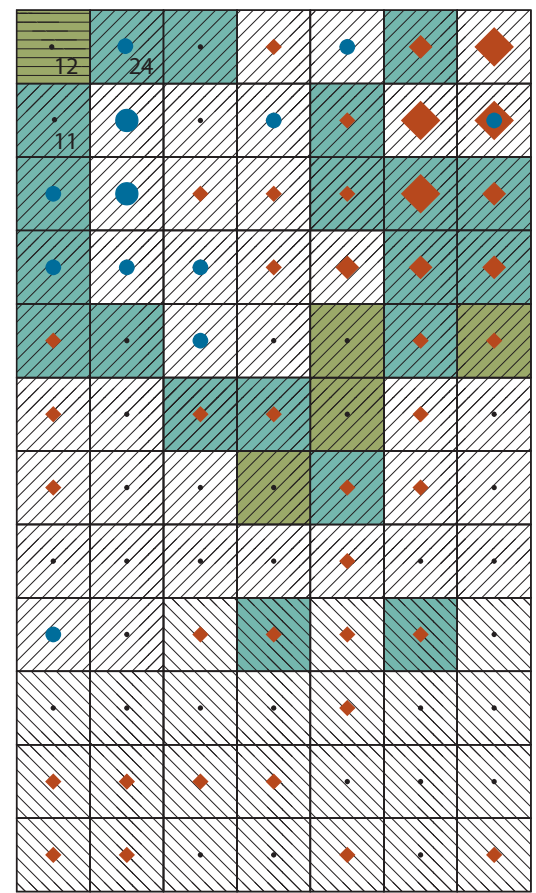


Afb. 5.23 Spinsteen uit vak 1 8 A (foto: P. Verplanke).

In hetzelfde vak werd een spinsteen aangetroffen (afb. 5.22). Ook in vak 1-8-A werd een spinsteen gevonden (afb. 5.23). Deze spinsteen is vervaardigd uit edelhertgewei en rijkelijk versierd (determinatie door Johan van Gent, mondeling mededeling). In vergelijking met het overige aangetroffen materiaal waren deze vondsten spectaculair te noemen.

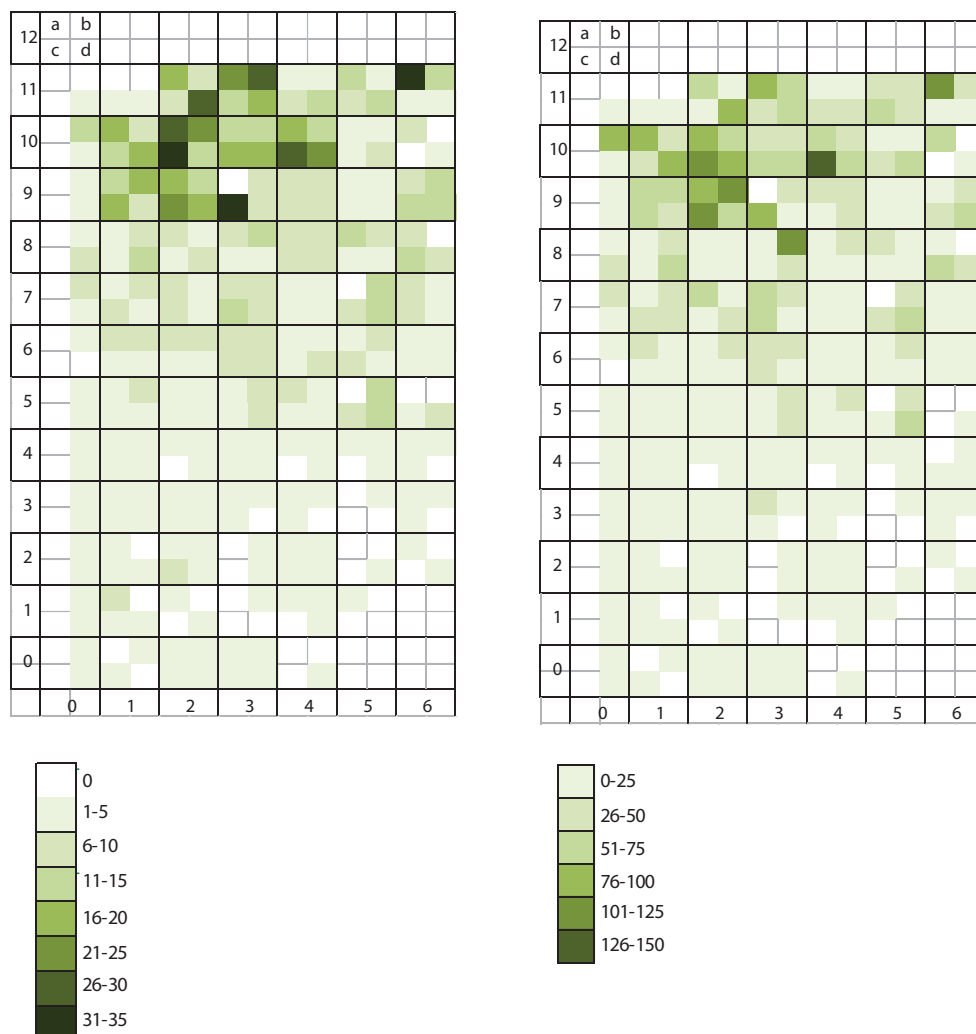
#### Algemene vakbeschrijving

Voor het onderzoeksgebied is ook een algemene beschrijving gemaakt van het maaiveld. Hierbij zijn vakken van 20 x 20 m individueel beschreven aan de hand van de volgende parameters: de kleur van de grond, de aanwezigheid vegetatie (gras), de aanwezigheid van keramisch bouw-materiaal en van dierlijk botmateriaal (afb. 5.24). In slechts enkele vakken groeide een grote hoeveelheid gras. Verder is er een duidelijk verschil tussen het zuidelijke deel waar helemaal geen gras groeit en het noordelijke deel waar dat vaak wel het geval is. Het zuidelijke kwart van onderzoeksgebied is de grond grijsbruin gekleurd terwijl de rest bruingrijs is. Het verschil is vrij consistent en vermoedelijk reflecteert dit een verschil in het klei/zand gehalte van de grond waarbij het zuiden zandiger is. Op ongeveer driekwart van het onderzoeksgebied is spoorvorming aangetroffen: hier loopt een lineaire verdieping van oost naar west (zie ook afbeelding 5.3). De verdieping ligt precies in het laagste deel tussen de noordelijk gelegen wierde en de zuidelijke hogere grond (zie ook paragraaf 5.4). Opvallend genoeg is in bijna ieder vak wel een fragment aardewerk of bot gezien. De hoogste concentraties liggen op de hoge delen van de wierde in het noorden.



Aanwezigheid gras	Grondkleur
Veel gras	Bruingrijs
Weinig gras	Donkerbruin
Geen gras	Grijsbruin
<b>Keramiek</b>	<b>Botmateriaal</b>
Veel fragmenten	Veel fragmenten
Enkele fragmenten	Enkele fragmenten
Een fragment	Een fragment

Afb. 5.24 Algemene vakbeschrijving.



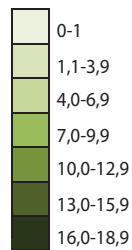
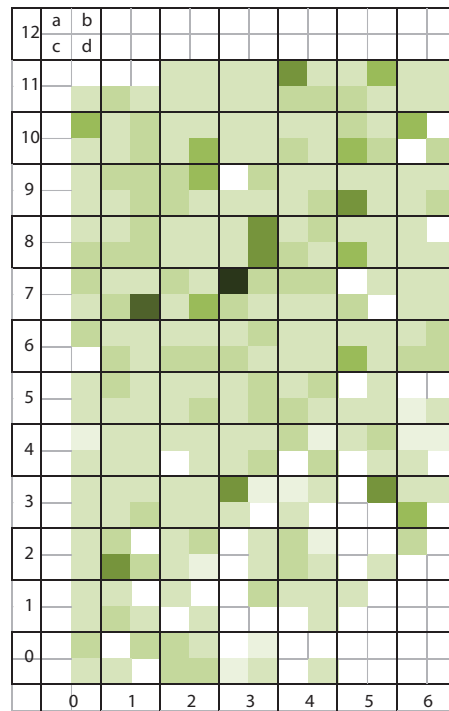
Afb. 5.25 Totaal aantal (links) en gewicht (rechts) van scherven in ieder vak.

### Verspreiding van het materiaal

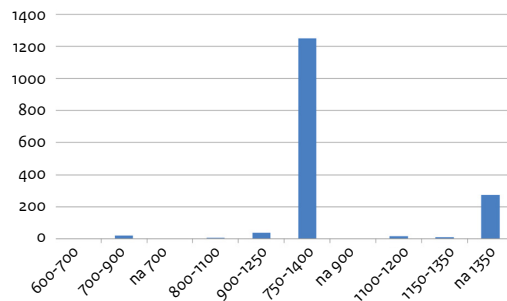
Aan de hand van de verspreidingskaarten kan geconcludeerd worden dat op het hoogste deel van het onderzoeksgebied veruit het meeste materiaal is aangetroffen. Dit geldt zowel voor de verspreiding in aantallen als de verspreiding in grammen (afb. 5.25). Richting het zuiden, het lagere deel van het onderzoeksgebied, is aanzienlijk minder materiaal gevonden zoals ook binnen de lijn der verwachting – dat vondstmateriaal zich concentreert op de wierde – viel.

In het noordwestelijke deel van het gebied is in één vak (6-11-A) een hogere concentratie aan vondstmateriaal te zien. Hier werden maar liefst

33 scherven aangetroffen terwijl in de omliggende vakken niet meer dan 12 scherven zijn verzameld. De oorzaak van deze verschillen is onduidelijk, maar moet mogelijk gezocht worden in verschillen tussen waarnemers. In afbeelding 5.26 is het gemiddelde gewicht van de scherven per vak aangegeven. Dit is een afgeleide maat voor de gemiddelde grootte en dus fragmentatiegraad van de scherven in de vakken. In het noordelijke deel liggen over het algemeen de zwaardere/grotere scherven, maar het verschil met het zuidelijke deel is niet groot. De zwaarste scherven in de zuidelijke vakken waren voornamelijk jongere vondsten (datering na 1350).



Afb. 5.26 Gemiddelde gewicht van scherven per vak.



Afb. 5.27 Aantal aangetroffen scherven per periode.

**Dateringen**

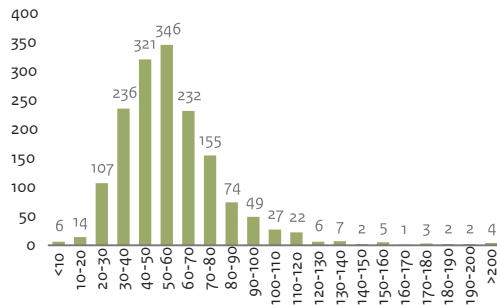
Zoals al aangegeven in het vorige hoofdstuk bestond het overgrote deel van het verzamelde materiaal uit kogelpot-aardewerk, met een datering van 750 tot 1400 n.Chr. In afbeelding 5.27 zijn de totale aantallen per datering weergegeven.

De oudste scherven (600 – 900 n.Chr.) zijn voornamelijk op het noordelijke deel, dus de top van de wierde zijn aangetroffen (afb. 5.28). Verreweg de grootste groep aardewerk, het kogelpotaardewerk daterend van 750 tot 1400, is geconcentreerd op het noordoostelijke deel van de wierde maar is ook verspreid over het zuidelijkere deel (afb. 5.29). Zowel het materiaal dat dateert van na 1350 n.Chr. en het materiaal dat dateert tussen 900 en 1250 n.Chr. kennen een enigszins gelijke verdeling over het gehele onderzoeks-terrein (afb. 5.28 en 5.29). Al is ook bij deze groepen een kleine concentratie in het noordelijk deel zichtbaar.

**Mate van afronding en determineerbaarheid**

Om de mate van afronding vast te stellen zijn twee verschillende modellen gebruikt, namelijk de berekening van Raemaekers (model 1a) en het model bedacht door Verplanke & Thasing om op het oog de mate van afronding vast te stellen (model 1b). De mate van afronding is echter niet de enige factor die bepaalt hoe indicatief het materiaal nog is, dit wordt ook sterk beïnvloed door de oorspronkelijke locatie van de scherf op het vaatwerk. De afronding in verhouding tot de determineerbaarheid is daarom interessant. De mate van determineerbaarheid, of indicatieve waarde, wordt gemeten met model 2.





Afb. 5.30 Individuen geordend naar de mate van afronding aan de hand van model 1a. De verticale as geeft het aantal individuen weer en de horizontale as de afrondingscategorieën waarin de individuen vallen (van <10 (volledig afgerond) naar >200 (geen afronding)).

**Model 1a: mate van afronding (Raemaekers)**

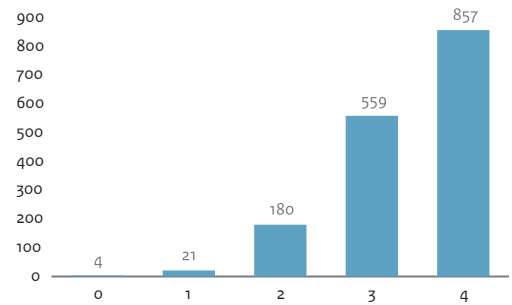
Het model van Raemaekers<sup>35</sup> wordt uitgevoerd in drie stappen, welke elk een maat opleveren, namelijk de volgende:

1. Bepaal het gewicht (gr) van de scherf. Wanneer aangenomen wordt dat het soortelijk gewicht van het materiaal min of meer vaststaat, dan is dit een maat voor het formaat van de scherf.
2. Deel het gewicht door de wanddikte (mm): dit is een maat voor het oppervlak van de scherf.
3. Meet de grootste diameter (mm) en deel die vervolgens door maat 2. Dit is de maat van afronding.

Maat 3 komt voor op een schaal van <10 tot >200 in stappen van 10. Daarbij is de categorie <10: volledig afgerond, en de categorie >200: bevat geen sporen van afronding (Afb. 5.30).

**Model 1b: mate van afronding**

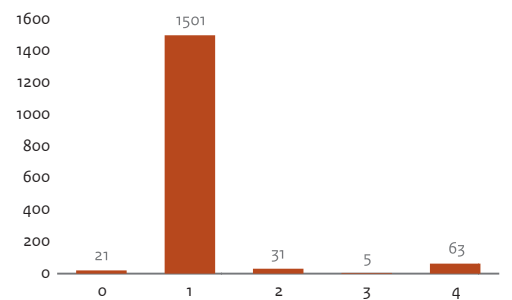
Het hier gebruikte model is gebaseerd op een macroscopische waarnemingen van fysieke eigenschappen waarbij de scherf wordt ingedeeld in afrondingsschalen wordt ingedeeld. De scherven in schaal 0 bevatten zeer verse breukvlakken, de scherven die in schaal 4 vallen hebben geen verse breukvlakken en zijn compleet afgerond (Afb. 5.31). Het voordeel van dit model naast dat van Raemaekers is dat de betekenis van het indexnummer direct duidelijk is op basis van waarneming, namelijk de zichtbare staat waarin het materiaal verkeert.



Afb. 5.31 Individuen geordend naar de mate van afronding aan de hand van model 1b. De verticale as geeft het aantal individuen weer en de horizontale as de afrondingscategorieën waarin de individuen vallen (van 4 (geen verse breuken, volledig afgerond) naar 0 (verse breuken, geen afronding)).

**Model 2: afronding in relatie tot determineerbaarheid**

De grootte van de scherf in relatie tot de determineerbaarheid is in dit model verdeeld over categorieën met een schaal van 0-4 (afb. 5.32). Daarbij is alles binnen categorie 0 volledig onherkenbaar, of te wel geen indicatieve waarde. Bij categorie 1 is de aardewerksoort herkenbaar. Bij categorie 2 is de vorm herkenbaar (kom, pot, pan e.d.). Bij categorie 3 is er keuze uit meerdere typen die het mogelijk kunnen zijn en bij categorie 4 is het fragment herleidbaar tot één type.



Afb. 5.32 De mate van indicatieve waarde onder de individuen, verdeeld over een schaal van 0 t/m 4. Daarbij heeft categorie 0 geen indicatieve waarde, en categorie 4 is herleidbaar tot een type.

Categorie 0 zou veel groter zijn geweest als al het materiaal waarvan onduidelijk is of het aardewerk betreft door alle deelnemers van de akker was geraapt. Ook kan per persoon verschillen wat diegene als aardewerk in slechte

<sup>35</sup> D.C.M. Raemaekers (RUG) pers. comm.

staat herkent. Sterk verweerd roodbakkend aardewerk lijkt bijvoorbeeld sprekend op baksteenpuin, vermoedelijk is daardoor met name deze soort aardewerk ondervertegenwoordigd geraakt.

Indexcategorie 2 vertegenwoordigd maar liefst 92% van het geheel. Deze categorie bestaat uit aardewerk dat slecht herkenbaar is door twee mogelijke oorzaken. De eerste mogelijkheid is dat de locatie op de vaatwerkvorm waarvan de scherf afkomstig niet indicatief is. De wand is bijvoorbeeld over het algemeen weinig indicatief in vergelijking met een rand. De andere, tweede mogelijkheid is dat de individu te versleten was om nog herkenbaar te zijn.

#### Overeenkomst modellen 1 en 2.

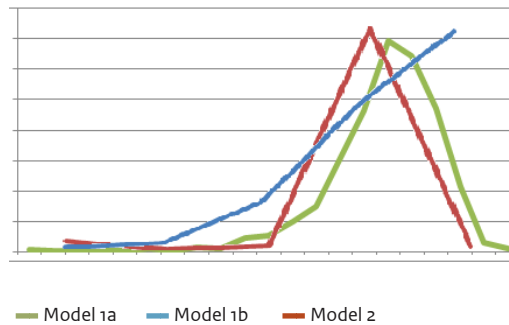
Als alle drie de modellen op gelijke wijze van positief naar negatief zijn geordend, valt op dat een gelijke soort curve ontstaat (afb. 5.33). Voor de modellen 1a en 1b geldt dat positief betekent zeer verse breukvlakken en negatief volledig afgerond. Voor model 2 geldt dat positief betekent dat de scherf tot op type determineerbaar is en negatief volledig onherkenbaar.

Duidelijk is dat alle curves pieken op vrijwel hetzelfde punt. Uit de gecombineerde gegevens blijkt heel duidelijk dat het merendeel van het verzamelde materiaal onbruikbaar is voor verder (kwalitatief) onderzoek. Hierbij moet in beschouwing worden genomen dat tijdens de veldkartering alleen de nog goed als aardewerk herkenbare stukken zijn meegenomen en dat dus veel onherkenbaar materiaal niet van de akker is geraapt.

Het verspreidingsbeeld van de verschillende fragmentatiegraden is zeer uniform. In het gehele onderzoeksgebied is een zelfde combinatie van scherven met verse breukvlakken en zeer afgeronde fragmenten zichtbaar. Er is geen gebied te herkennen waarin de scherven meer of juist minder afgerond waren.

#### Conclusie Veldkartering

De veldkartering van de Grote Houw heeft ruim 6 kilo aan aardewerk opgeleverd. Het materiaal heeft enig inzicht gegeven over de verspreiding van de verschillende bewoningsperioden van de wierde. Het is gebleken dat verreweg het meeste



Afb. 5.33 Overzicht van de combinatie van alle drie modellen. De y-as geeft het aantal individuen weer, de x-as de waarden van positief (links; zeer verse breukvlakken/tot type determineerbaar) naar negatief (rechts; volledig afgerond/geen indicatieve waarde). Er staan geen waarden bij de grafiek omdat voor de ongelijke schaalverdeling tussen de modellen is gecorrigeerd.

materiaal op het hoogste punt (het noordwestelijke deel) van de wierde te vinden is. Het oudste materiaal (datering van 600 tot 900 n.Chr.) komt het meest op het hoogste deel voor. Dit geldt ook voor de jongere periodes maar deze scherven kennen een ruimere verspreiding. In het noordelijke deel liggen over het algemeen de zwaardere, grotere scherven, maar het verschil met het zuidelijke deel is niet groot.

Het verspreidingspatroon van de verschillende fragmentatiegraden laat een uniform beeld zien waarbij geen duidelijke zones met meer of minder gefragmenteerde scherven voorkomen. Onderzoek aan de breukvlakken en fragmentatie aan de hand van modellen 1a en 1b toont aan dat het grootste deel van de scherven sterk afgerond en dus weinig verse breukvlakken vertoont. Ook volgens model 2, waarin de relatie tussen de afronding en determineerbaarheid werd beschreven, is te zien het slecht herkenbare aardewerk verreweg het grootste aandeel heeft.

Uit het verzamelde aardewerk zijn er geen aanwijzingen voor het recent aanploegen van intacte antropogene lagen (met grotere stukken keramiek). Zelfs het afgeronde en gefragmenteerde materiaal ligt nog bij benadering op de plek waar het waarschijnlijk gedeponeerd is.



## 5.5 Erosie en colluvium

### Inleiding

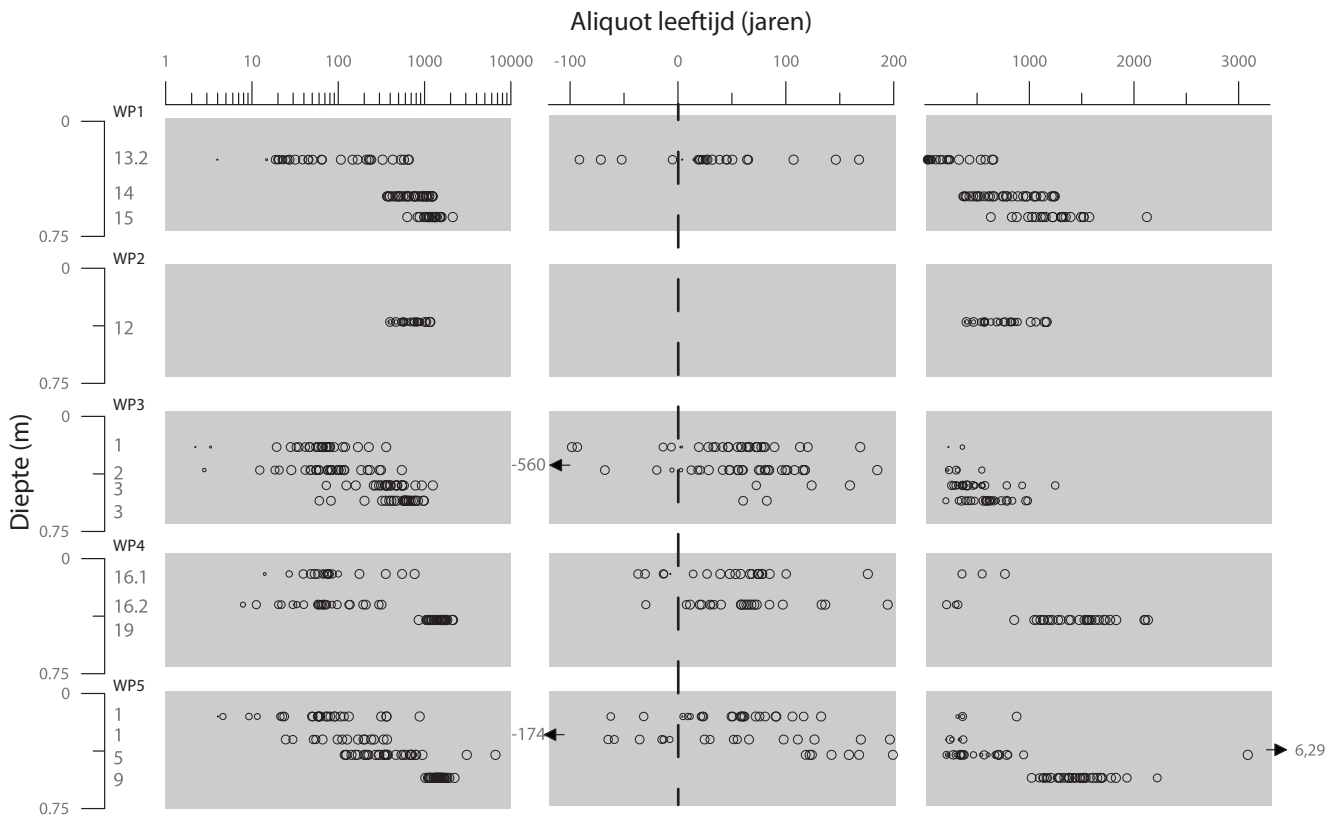
In paragraaf 5.4 staat een overzicht van de monsters die zijn genomen t.b.v. tracer-onderzoek en OSL metingen in elk van de profielen. Tijdens het veldonderzoek zijn ook de oppervlakte-metingen van <sup>137</sup>Cs gedaan.

### OSL-metingen

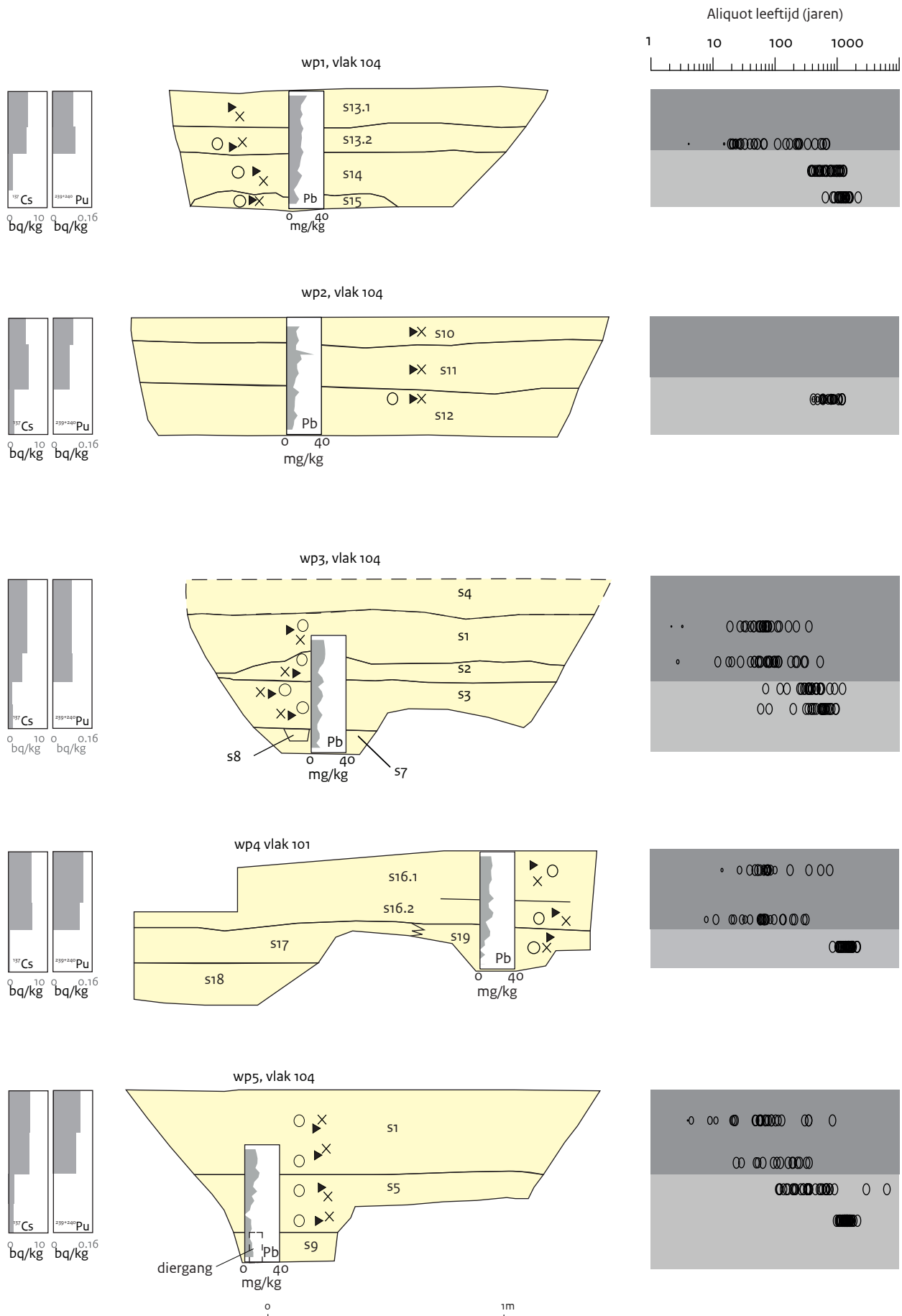
De resultaten van de OSL-metingen staan in afbeelding 5.34. In deze weergave wordt de datering van ieder submonster (aliquot) weergegeven in het profiel op een tijdas. De tijdas is ingedeeld in verschillende periodes (elk met een andere schaal). Het linkerdeel is een logaritmische schaal met alle metingen. Het middelste deel beslaat de laatste 200 jaar. Door spreiding in de OSL-methode komen hier ook schijnbare

dateringen uit de toekomst voor, vandaar dat het huidige jaar als verticale onderbroken lijn is aangegeven. Het rechterdeel beslaat de periode van 200 tot 3300 jaar geleden. Hieronder worden de dateringen per werkput beschreven (afb. 5.34 en 5.35).

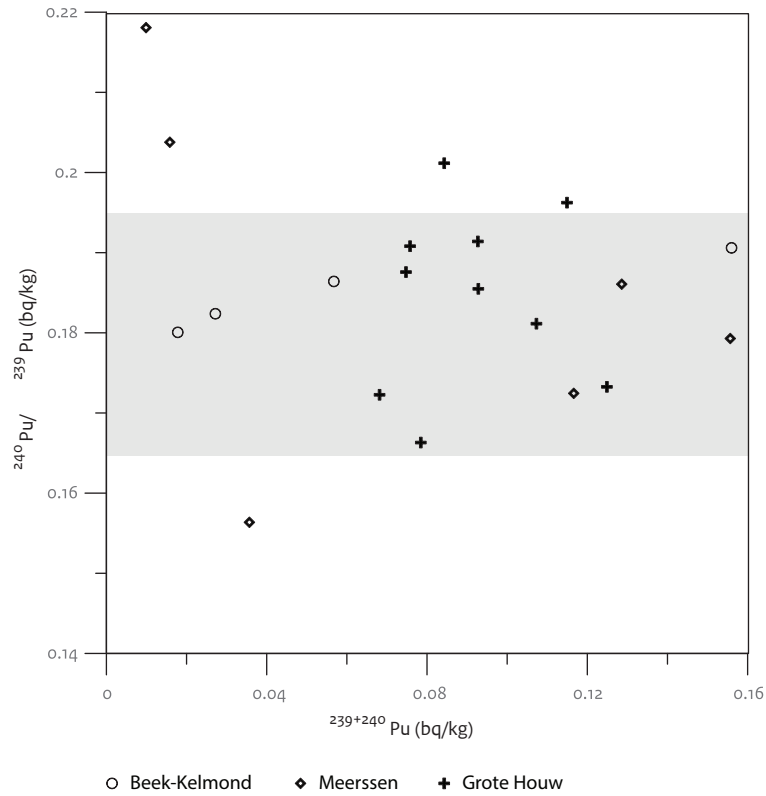
Het profiel in werkput 1 geeft in zijn onderste twee monsters clusters die grofweg een ouderdom hebben tussen 400 en 1000 AD (spoor 15) en tussen 600 en 1200 AD (spoor 14). Het bovenste monster (onderin de bouwvoor; spoor 13.2) geeft een gemengd beeld met een groepje dateringen ca. 1500 AD, maar ook een serie die vooral in de laatste decennia lijkt te liggen. Gebrek aan jongere dateringen in het middelste monster (spoor 14) zou een gevolg kunnen zijn van erosie; een eventueel jongere laag van waaruit bioturbatie nieuwere dateringen zou kunnen toevoegen moet verdwenen zijn. Het cluster relatief oude



Afb. 5.34 De verdeling van SAR-OSL waarden per diepte, uitgesplitst in verschillende periodes. Ieder punt geeft een datering van een aliquot; alle aliquots uit één monsters staan op een rij op de monsterdiepte. De puntgrootte is een maat voor de betrouwbaarheid van de meting aan het aliquot (hoe kleiner hoe minder betrouwbaar). Let op dat de tijdschaal voor elke periode anders is. De werkputten en de bemonsterde sporen staan links weergegeven



Afb. 5.35 Gecombineerde weergave van de uitkomsten van de metingen van tracers (Pb, Zn, <sup>137</sup>Cs en <sup>239+240</sup>Pu) en de SAR-OSL metingen weergegeven met één logaritmische tijdas. De bouwvoor is aangegeven in de OSL-grafieken met een donkerder grijswaarde. Verticale en horizontale schaal identiek. OSL-gegevens met schaal staan in afbeelding 5.34.



Afb. 5.36 Verhouding tussen Pu isotopen ( $^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}$ ) afgezet tegen het totaalgehalte aan deze isotopen ( $^{239+240}\text{Pu}$ ) voor de drie in het kader van TOPsites onderzochte vindplaatsen.

datering in het bovenste monster zou dan het gevolg kunnen zijn van de inmenging door ploegen van ongebleekt sediment. Evengoed kan het een weerslag zijn van beperkte bioturbatie.

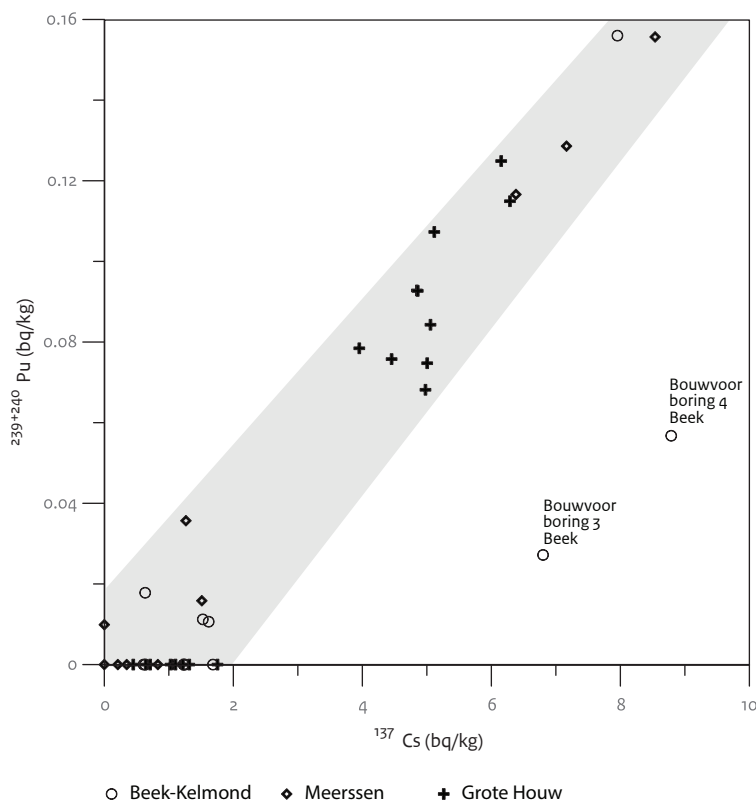
In werkput 2 vertoont het enige genomen monster (direct onder de bouwvoor; spoor 12) een vrij homogeen cluster in de late middeleeuwen, zonder jongere dateringen. Dat kan duiden op een erosief profiel.

In werkput 3 vertonen de onderste twee monsters (spoor 3) deels overlappende clusters met laat-middeleeuwse dateringen – met een paar jongere uitbijters. De bovenste twee monsters (spoor 2 en 1) laten clusters zien met dateringen van de laatste eeuw met enkele oudere uitbijters. Deze oudere uitbijters komen mogelijk door slecht gebleekt colluvium dat in de bouwvoor is opgenomen, maar zou ook kunnen duiden op het opnemen van slecht gebleekt materiaal van onder de bouwvoor. In combinatie met enkele jonge uitbijters in de

diepere monsters lijkt dit een vrij stabiel profiel te zijn.

In werkput 4 geeft het onderste monster (spoor 19) een duidelijk cluster met dateringen uit de vroege middeleeuwen. De andere twee monsters (spoor 16.1 en 16.2) geven een typisch bouwvoor-profiel met recente dateringen, maar ook kleine bijmengingen van ouder materiaal. Deze opeenvolging lijkt te duiden op een erosief profiel.

Werkput 5 laat in de onderste twee monsters (spoor 5 en 9) een opeenvolging zien van vroeg-middeleeuws tot laat-middeleeuws materiaal. Het ondiepste monster van deze twee laat naast het laat-middeleeuwse cluster ook enkele dateringen uit de negentiende eeuw zien. De bovenste twee monsters (spoor 1) geven weer het typische bouwvoor-patroon van dateringen uit de laatste eeuw met enkele oudere uitbijters. Met name de bijmenging van jonger materiaal in het één-na-onderste monster en afnemende ouderdom met de diepte is een aanwijzing dat



Afb. 5.37 Verhouding tussen de gehalten aan  $^{137}\text{Cs}$  en  $^{239+240}\text{Pu}$  in alle onderzochte vindplaatsen. Symbolen als in figuur 5.36. Het grijze vlak geeft de spreiding binnen de correlatie. De twee afwijkende monsters (bouwvoor in twee van de locaties in Beek-Kelmond) zijn apart aangegeven.

het hier om een accumulerend of in ieder geval stabiel profiel gaat.

Op basis van de OSL-dateringen zouden met name profielen 1, 2 en mogelijk 4 als erosief kunnen worden gezien. Profielen 3 en 5 zijn stabiel of accumulerend. Opgemerkt moet worden dat de verschillen tussen de profielen niet zo groot zijn als bijvoorbeeld op de loesshellingen van Beek-Kelmond<sup>36</sup> en Meerssen-Herkenberg<sup>37</sup>, dus deze resultaten moeten met enige terughoudendheid worden bekeken.

### Tracers

De variatie in de gehalten aan verschillende tracers staan gepresenteerd in afbeelding 5.35 samen met de SAR OSL-gegevens op een logaritmische tijdschaal.

### Lood

De loodgehalten in de profielen van Grote Houw laten een vrij variabel beeld zien met lage gehalten en zeer sporadisch uitschieters (afb

5.35). Uit de diepteprofielen blijkt geen duidelijk antropogeen patroon. Als we kijken naar de verhouding tussen lood en kalium of rubidium (een manier om verontreiniging te onderscheiden van natuurlijke gehalten<sup>38</sup>) lijken vrijwel alle monsters natuurlijke gehalten te hebben.

In deze profielen lijkt het er op dat de hoeveelheid antropogeen lood te laag is om de effecten van erosie te kunnen weergeven. Waardoor dit komt (weinig verontreiniging, verontreinigingen grotendeels uitgespoeld of beide) kan met onze gegevens niet worden vastgesteld.

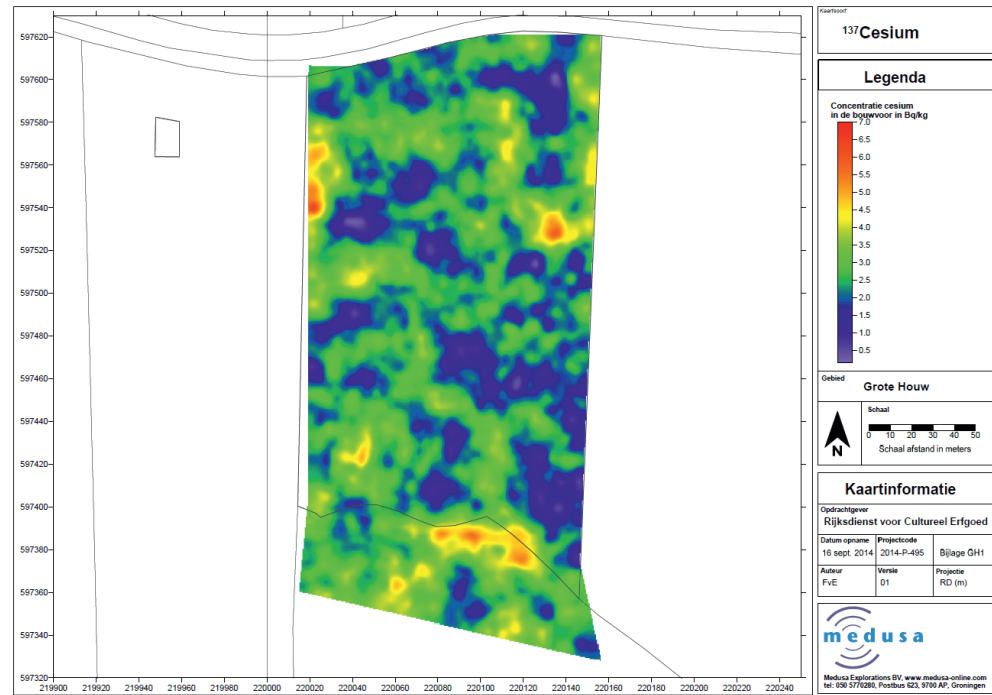
### Cesium en Plutonium

De  $^{137}\text{Cs}$  en  $^{239+240}\text{Pu}$  isotopen kunnen afkomstig zijn van twee verschillende gebeurtenissen, namelijk de wapentesten in de periode 1958 – 1962 en de Tsjernobyl explosie in 1986. Hoe groot de relatieve bijdrage van die twee gebeurtenissen aan de gemeten gehalten is, is belangrijk, want dat bepaalt de lengte van de periode waarover erosie geschat kan worden.

<sup>36</sup> Huisman et al. 2017a.

<sup>37</sup> Huisman et al. 2017b.

<sup>38</sup> Huisman 1998; Tebbens 1999.



Afb. 5.38 Verdeling van  $^{137}\text{Cs}$  over het terrein zoals gemeten door MEDUSA

Als de metingen op alle drie de locaties tegelijk bekeken worden, kunnen hierover uitspraken gedaan worden:

De verhouding tussen de Pu isotopen afkomstig uit wapens is anders dan de verhouding die hoort bij plutonium dat afkomstig is uit kerncentrales.<sup>39</sup> De metingen aan de monsters uit Grote Houw, Meerssen<sup>40</sup> en Beek-Kelmond<sup>47</sup> gezamenlijk vertonen een isotopenverhouding die overeenkomt met die uit wapens, en sterk afwijkt van plutonium uit kerncentrales (afb. 5.36). Hieruit blijkt dat de aangetroffen gehalten aan plutonium moeten worden toegeschreven aan de wapentesten en dat er geen significante bijdrage is van plutonium uit Tsjernobyl.

Uit de verhouding tussen de gehalten aan  $^{239+240}\text{Pu}$  en  $^{137}\text{Cs}$  (afb. 5.37) blijkt dat er in het algemeen een goede positieve correlatie is tussen de twee gehalten, zonder duidelijke offset. De enige uitzondering hierop zijn twee van de drie bouwvoormonsters uit Beek-Kelmond, waar de  $^{137}\text{Cs}$  gehalten hoger zijn dan verwacht op basis van de  $^{239+240}\text{Pu}$  waarden (zie verder dat rapport voor een discussie over die uitbijters). Op basis van deze gegevens kan in het algemeen aangenomen worden dat de gemeten isotopen van niet alleen plutonium maar ook van cesium worden gedomi-

neerd door de fall-out van de wapentesten, en dat de bijdrage van Tsjernobyl verwaarloosbaar is. Consequentie hiervan is dat er in het geval van Grote Houw (net als Meerssen) van uit gegaan mag worden dat variatie in de gehalten aan tracers een weerslag is van ca. 50 jaar erosie. De grafieken met diepte met de gehalten aan de gemeten cesium en plutonium- isotopen in de bouwvoor van Grote Houw (afb. 5.35) laten zien dat deze isotopen vrijwel alleen voorkomen in de bouwvoor. Binnen de bouwvoor lijken de gehalten vrij constant te zijn.

De berekende gehalten per profiel en de daarop gebaseerde erosiesnelheden staan weergegeven in tabel 5.3. Put 1 en 2 blijken zowel in  $^{137}\text{Cs}$  als in  $^{239+240}\text{Pu}$  gehalten onder het gemiddelde te vertonen, dus hier vindt waarschijnlijk erosie plaats. De andere locaties hebben gehalten boven het gemiddelde, en liggen dus op stabiele tot accumulerende locaties. Gemiddelde schattingen van de erosiesnelheden in werkput 1 ligt tussen de 0,7 (Cs) en 1,8 (Pu) mm/jaar; d.w.z. grofweg tussen de 3,5 en 10 cm in 50 jaar. In werkput 2 ligt het tussen de 1,6 (Pu) en 1,7 (Cs) mm/jaar, dus grofweg 8 cm in 50 jaar (een opvallend consistent beeld als je beide isotopen vergelijkt). In de andere profielen is geen erosie vastgesteld.

<sup>39</sup> Ketterer et al. 2012.

<sup>40</sup> Huisman et al. 2017b.

**Tabel 5.3 Berekening van erosiesnelheden op basis van de variatie in <sup>137</sup>Cs en <sup>239+240</sup>Pu.**

Put	137 Cs						239+240 Pu					
	Diepte Cs-monster t.o.v. MV (cm)	137-Cesium (Bq/kg)	Cs totaal spoor (Bq)	Cs totaal profiel (Bq)	Cs afname t.o.v. gemiddelde (%)	Erosiesnelheid mm/jaar (50 jaar periode) Cs	Diepte Pu-monster t.o.v. MV (cm)	239Pu + 240Pu (Bq/kg)	Pu totaal spoor (Bq)	Pu totaal profiel (Bq)	Pu afname t.o.v. gemiddelde (%)	Erosiesnelheid mm/jaar (50 jaar periode) Pu
3	22	5,00 (0,38)	10,34 (0,79)	15,06 (1,31)	-15,6 (1,3)	Geen	25	0,074 (0,005)	0,154 (0,011)	0,217 (0,016)	-6,77 (0,52)	Geen
3	40	3,95 (0,07)	3,162 (0,06)				41	0,078 (0,006)	0,062 (0,005)			
3	50	1,02 (0,33)	1,562 (0,45)				50	0	0			
3	59	1,31 (0,35)	0				60	0	0			
5	12	5,11 (0,29)	11,62 (0,78)	14,52 (1,37)	-11,4 (1,0)	Geen	15	0,107 (0,009)	0,233 (0,012)	0,233 (0,012)	-14,7 (0,77)	Geen
5	24	4,84 (0,37)	0				26	0,092 (0,001)	0			
5	43	1,10 (0,24)	1,765 (0,39)				40	0	0			
5	53	0,71 (0,12)	1,136 (0,19)				55	0	0			
2	10	4,45 (0,14)	3,562 (0,11)	12,09 (1,16)	7,204 (0,6)	0,74 (0,31)	10	0,075 (0,003)	0,060 (0,002)	0,146 (0,006)	27,77 (1,29)	1,84 (0,38)
2	28	4,97 (0,41)	6,306 (0,52)				28	0,068 (0,003)	0,086 (0,004)			
2	40	1,75 (0,41)	2,222 (0,52)				40	0	0			
1	9	5,05 (0,32)	4,719 (0,30)	9,823 (0,97)	24,60 (2,4)	1,66 (0,64)	5	0,084 (0,004)	0,078 (0,003)	0,152 (0,004)	24,88 (0,74)	1,62 (0,26)
1	20	4,85 (0,41)	3,886 (0,33)				22	0,092 (0,000)	0,074 (0,000)			
1	36	1,21 (0,14)	1,217 (0,14)				33	0	0			
1	45	0,44 (0,28)	0				45	0	0			
4	12	6,15 (0,16)	8,613 (0,23)	13,64 (0,41)	-4,71 (0,1)	Geen	5	0,124 (0,003)	0,174 (0,005)	0,266 (0,009)	-31,1 (1,14)	Geen
4	27	6,28 (0,17)	5,030 (0,13)				25	0,114 (0,005)	0,091 (0,004)			
4	40	0,64 (0,06)	0				36	0	0			

In de eerste kolom staan de boringnummer. Vervolgens volgt voor <sup>137</sup>Cs achtereenvolgens de monstertieptes, de concentratie per monster (met onzekerheid tussen haakjes) en de hoeveelheid per spoor (op basis van de dikte van het betreffende spoor). De volgende drie kolommen geven vervolgens (1) de totale hoeveelheid in het profiel (een optelling van alle sporen), (2), het verschil tussen deze hoeveelheid en het gemiddelde (3) de op basis hiervan berekende erosiesnelheid uitgaand van 50 jaar erosie. Ditzelfde wordt vervolgens herhaald voor <sup>239+240</sup>Pu in de volgende kolommen. Het aantal decimalen is zoals gerapporteerd door het lab en waar mee is gerekend, en is geen weergave van de nauwkeurigheid.

De waardes in werkput 3-5 zijn hoger dan gemiddeld, wat overeenkomt met een accumulatie. Omdat werkput 3 niet ver van een sloot ligt, is het mogelijk dat accumulatie hier mede het gevolg is van het uitbaggeren van die sloot. De ruimtelijke verdeling in  $^{137}\text{Cs}$  zoals gemeten door Medusa Explorations<sup>42</sup> (afb. 5.38) laat een vlekkelig patroon zien. De gehalten kunnen overigens niet 1-op-1 worden vergeleken met de gehalten zoals bepaald uit de profielen. Drie

locaties met verhoogde waardes vallen op: één in het zuiden, één in het noordoosten en in het noordwesten. De eerste twee (Z, NW) betreffen slootkanten waar sediment logischerwijs accumuleert. De derde locatie (NO) ligt bij een voormalige greppel. Mogelijk kijken we hier naar het effect van accumulatie van geërodeerde bovengrond. Voor de rest is het patroon zodanig vlekkelig dat geen conclusies kunnen worden getrokken.

---

<sup>41</sup> Huisman *et al.* 2017a.

<sup>42</sup> Van Egmond 2014.

## 6 Interpretatie van de onderzoeksresultaten

### 6.1 Erosieonderzoek

De wierde Grote Houw Oost is opgeworpen op een natuurlijke ondergrond op ca. 0,6 m NAP. De wierde reikt tegenwoordig tot 3,8 m NAP en is in gebruik als akkerland. De analyse van topografische kaarten wijst uit dat het onderzoeksgebied vanaf 1832 afwisselend als akker en weidegrond in gebruik is geweest. Tussen 1970 en 2000 is een sloot gedempt. Het is vooralsnog onbekend of dat met lokale grond is gebeurd of dat deze grond is aangevoerd. In diezelfde periode is een verharde weg aan de oostkant van het onderzoeksgebied verwijderd en is daar een sloot uitgegraven. Er is uit de boringen en profielen geen consistent doorlopend profiel te reconstrueren waarmee de interne stratigrafie van de wierde verbeeld kan worden. Wel evident is dat er een 30 cm dikke bouwvoor aanwezig is waaronder direct de terplagen liggen. Deze lagen hebben een (vroeg) middeleeuwse datering. Het ruim twee meter dikke pakket onder deze lagen is niet gedateerd. De bouwvoor is in vrijwel alle profielen op te splitsen in twee vullingen (15-20 cm dik en 15-10 cm dik). De bovenste vulling is gevormd door recente ploegactiviteiten en de onderste vulling is een oudere ploegvoor. Op basis van OSL-dateringen kan gesteld worden dat de afname in ploegdiepte de afgelopen 100 jaar is gebeurd.

Aan de hand van het booronderzoek is geen erosie of accumulatie van sedimenten vastgesteld. Het bleek niet mogelijk om eventueel colluvium te onderscheiden van de terplagen. Uit de oppervlaktekartering komt een concentratie van het oude aardewerk (600 tot 900 n. Chr.) op de hogere delen van de wierde naar voren. Verder geven de resultaten van de veldkartering geen aanleiding om recent aanploegen van ongestoord archeologisch materiaal te veronderstellen. Zo zijn er geen verse breuken in het aardewerk aangetroffen, grote fragmenten ontbreken nagenoeg en ook is de fragmentatiegraad hoog. Alles wijst erop dat er geen vers materiaal is opgeploegd. De verspreidingspatronen van de ouderdom van vondstmateriaal in de bouwvoor lijkt eerder met de archeologische resten in verband te brengen dat met erosievervalsingen.

In tabel 6.1 staan de resultaten van de verschillende onderzoeken uit de profielputten naar erosie uiteengezet.

**Tabel 6.1 Resultaten erosieonderzoek.**

	Materiaal	PB	<sup>137</sup> Cs	<sup>239+240</sup> Pu	OSL
Put 1	mogelijk erosie	-	erosie	erosie	mogelijk erosie
Put 2	-	-	erosie	erosie	mogelijk erosie
Put 3	-	-	stabiel	stabiel	stabiel / accumulatie
Put 4	mogelijk erosie	-	stabiel	stabiel	mogelijk erosie
Put 5	-	-	stabiel	stabiel	stabiel / accumulatie

Zowel in put 1 als in put 4 is aardewerk uit de vroege middeleeuwen in de bouwvoor aangetroffen. In andere putten is er jonger materiaal direct onder de bouwvoor gevonden. Dit is een mogelijke aanwijzing voor erosie in werkput 1 en 4. In put 4 zou tussen 1970 en 2000, bij het verwijderen van de verharde weg die daar lag, de bovenlaag verwijderd kunnen zijn. Dit zou dan evenwel betekenen dat de hoge concentratie van Cs en Pu grotendeels door colluvium wordt veroorzaakt, of door het recent menselijk handelen verplaatsen van bodemmateriaal.

De resultaten van de OSL metingen geven aan dat de hoger gelegen gedeelten van het terrein (put 1, 2, 4) mogelijk te lijden hebben gehad van erosie, terwijl er aanwijzingen zijn voor een stabiel landschap of zelfs sedimentatie op de dieper gelegen locaties (3,5).

Het onderzoek naar de loodgehaltes in de profielen heeft geen informatie over eventuele erosie opgeleverd. Op basis van het traceronderzoek naar plutonium en cesium wordt geschat dat op dit terrein op de meest erosieve locaties (de top van de wierde) gemiddeld grofweg 1-2 mm/jaar erosie heeft plaatsgevonden in de afgelopen 50 jaar. De totale erosie in die periode ligt dan tussen de 3,5 en 10 cm. Het is echter mogelijk dat een accumulatie van slootbagger in put 3 voor een overschatting van de erosiesnelheid heeft geleid.



---

## 6.2 Fysieke kwaliteit

---

De fysieke kwaliteit van de vindplaats is goed te noemen. Er zijn geen grootschalige verstoringen aangetroffen tijdens het onderzoek en ook zijn de aanwijzingen voor hevige erosie afwezig. De conserverende kwaliteiten van de terplagen zelf zijn sterk wisselend. Vooral in het hoge deel van de wierde bevinden zich kalkrijke en sulfiderijke lagen. Beide zijn indicatoren voor een zuurstof-arme (-loze) context waardoor eventueel aanwezig organisch materiaal geconserveerd zal blijven. Tevens draagt kalk bij aan de instandhouding van botmateriaal. Maar de aanwezigheid van beide indicatoren is niet consistent door de terplagen heen. Vooral het gehalte kalk wisselt heel sterk per laag en per boring, volkomen in lijn met de waargenomen grote variabiliteit op korte afstand van de verschillende sporen en lagen.

---

## 6.3 Evaluatie effectiviteit methoden en technieken

---

In dit onderzoek is een hele serie technieken gebruikt om te proberen erosie te meten en om te bepalen wat de gevolgen zijn voor een archeologische vindplaats. Op basis van deze uitkomsten kunnen we concluderen:

- Dat een studie van percelering en landgebruik in het verleden een meerwaarde heeft bij het interpreteren van hier gebruikte meetgegevens.

- Dat het vergelijken van hoogtebestanden (als AHN en LIDAR) niet geschikt zijn om erosiesnelheden van minder dan 2 cm/jaar te meten, en met teveel ruis gepaard gaat om met enige zekerheid erosiemetingen te doen in akkerland op een tijdspanne van minder dan 10 jaar.
- Dat het zeer lastig is om uitspraken te doen over hoe lang vondstmateriaal al aan het oppervlak ligt. Hoewel het bepalen van recente breukvlakken bij aardewerk relatief subjectief is, geven de gegenereerde verspreidingspatronen toch een inzicht in de erosieprocessen. De methode Raemaekers (gebaseerd op gewicht/dikte) geeft in kwantitatief opzicht betrouwbaarder uitkomsten.
- Dat lood geen geschikte erosie-tracer is in deze context doordat de concentraties te laag zijn
- Dat de enige schatting van erosiesnelheid gemaakt kon worden op basis van fall-out tracers als  $^{137}\text{Cs}$  en  $^{239+240}\text{Pu}$ , die zijn afgezet als gevolg van atmosferische kernproeven tussen 1958 en 1962. Deze schatting (van 1-2 mm/jaar gemiddeld) is met de nodige aannames en benaderingen gedaan, dus moet voorlopig als indicatief gezien worden en niet als hard cijfer.
- Dat de totale hoeveelheid tracers in de bouwvoor mede, maar niet alleen, afhankelijk is van de dikte van de bouwvoor.
- Dat oppervlaktemetingen van  $^{137}\text{Cs}$  met een gammaspectrometer ter plekke niet nauwkeurig genoeg lijken te zijn om de effecten van erosie op deze locatie in kaart te kunnen brengen, mede doordat de dikte van de bouwvoor een rol speelt in de verdeling van deze isotoop over het terrein.

## 7 Beantwoording onderzoeksvragen

- 1 *Wat is de dikte en ouderdom van de verschillende op het terrein voorkomende colluviumlagen en de bouwvoor?*

De bouwvoor is gemiddeld 30 cm dik en is in vrijwel alle profielen op te splitsen in twee vullingen (15-20 cm dik en 15-10 cm dik). Vaak worden de twee vullingen gescheiden door een dunne laag van lichtgrijs zand. De bovenste vulling is gevormd door zeer recente ploegactiviteiten, hiervan getuigen ook de losse plantenresten. De onderste vulling is een oudere ploegvoor. Vermoedelijk is de algemene ploegdiepte in de jaren afgenomen tot ca. 20 cm. De tijdsdiepte van dit proces is onbekend, maar afgaande op de OSL-dateringen is de afname van de ploegdiepte in de afgelopen eeuw gebeurd.

Het is niet mogelijk gebleken om colluviumlagen te onderscheiden, noch in de boor, noch in de profielen.

- 2 *In hoeverre is erosie van de laatste decennia aantoonbaar uit variaties in maaiveldhoogtes en in antropogene stoffen in de bouwvoor?*

De enige methode die nauwkeurig genoeg is om erosie aan te tonen is gebaseerd op verschillen in de hoeveelheden fall-out isotopen als  $^{137}\text{Cs}$  en  $^{239+240}\text{Pu}$  in de bouwvoor. Hiermee konden erosie-snelheden worden geschat die lagen tussen de 0,4 en 1,9 mm/jaar. Deze verschillen hangen deels af van de dikte van de bouwvoor, maar concentratieverschillen spelen ook een rol. OSL bleek niet geschikt om recente erosie aan te tonen, maar blijkt wel een goede indicatie te zijn voor erosie- en colluviatieprocessen die op langere tijdschalen spelen.

- 3 *In hoeverre is ruimtelijke variatie waarneembaar in de mate van erosie en welke factoren spelen daarbij een rol?*

De oppervlakte-metingen van  $^{137}\text{Cs}$  bleken geen ruimtelijk patroon te geven dat kon worden geïnterpreteerd als het gevolg van erosie. Ook uit de verschillende metingen van de hoogten (HHN, AHN<sub>1</sub>, AHN<sub>2</sub> en Lidar) kan geen informatie over erosie worden afgeleid. De  $^{137}\text{Cs}$  en  $^{239+240}\text{Pu}$  hoeveelheden in de profielen geven aan dat er wel ruimtelijke variatie is.

- 4 *Wat is de verspreiding en dichtheid van vondstmateriaal aan het oppervlak en wat zegt dit over de fysieke kwaliteit van de vindplaats?*

Verreweg het grootste deel van de zes kilo aardewerk dat is verzameld tijdens de veldkartering is op het hoogste punt van de wierde gevonden (het noordwestelijke deel). Daarbij komt dat het oudste materiaal (van 600 tot 900 n.Chr.) ook vooral geconcentreerd is op het hogere deel, terwijl het jongere materiaal overal wordt gevonden. Opvallend genoeg laat het verspreidingspatroon van de mate van fragmentatie en afronding een uniform beeld over de gehele wierde zien. De scherven op het hoge deel zijn dus niet *verser*. De methode Raemaekers geeft een veel duidelijker beeld dan de schatting van afronding en voorkomen van recente breuken. Het afgeronde en sterk gefragmenteerde aardewerk geeft aan dat er geen verse (terp)lagen worden aangeploegd.

- 5 *Wat is de effectiviteit van de gebruikte methoden en technieken? Welke aanbevelingen kunnen gedaan worden ten aanzien van toekomstig degradatieonderzoek?*

Veel van de hier geteste methoden bleken niet geschikt om de erosiesnelheden te meten. In de meeste gevallen waren ze te onnauwkeurig (bijvoorbeeld  $^{137}\text{Cs}$  oppervlaktekartering en Pb), of waren de effecten te onduidelijk (AHN/LIDAR verschillen).

De tracers  $^{137}\text{Cs}$  en  $^{239+240}\text{Pu}$  gaven als enige wel waardes waaraan recente erosie kon worden afgelezen. De schatting van de snelheden is gebaseerd op een aantal aannames, waardoor de schattingen vooral als indicatie moeten worden gezien. Nader onderzoek naar en gebruik van deze isotopencombinatie, b.v. met grotere monsterdichtheden - zou de betrouwbaarheid van de schatting kunnen verbeteren.

De oppervlaktekartering leverde een beeld op dat aansluit op de bevindingen van de  $^{137}\text{Cs}$  en  $^{239+240}\text{Pu}$  tracers. Hiermee is dit, hoewel niet nauwkeurig, wel een geschikte methode om erosie aan te onderzoeken als het wordt gecombineerd met andere metingen.

OSL bleek vooral geschikt om erosie en depositie op tijdschalen van (tientallen) eeuwen te bepalen. Het is echter wel een goede ondersteunende techniek – in combinatie met tracers – om de landschappelijke ontwikkeling en erosiegevoeligheid van een vindplaats te onderzoeken.

De historisch-topografische landgebruik analyse ten slotte, is nuttig. Het is een meerwaarde bij de interpretatie van de meetgegevens.

Voor toekomstig onderzoek, waarbij het schatten van mate van erosie van belang is, is het aan te raden om een combinatie van  $^{137}\text{Cs}$  en  $^{239+240}\text{Pu}$  als tracers en OSL als ondersteuning en landschapsontwikkeling toe te passen. Een extra voordeel van deze combinatie is dat ze ook een indicatie kunnen geven van de mate van bioturbatie op een vindplaats en de timing ervan. De dikte van de bouwvoor geeft echter – zeker in situaties waar de erosie zeer sterk is – ook een goede indicatie.

- Bazelmans, J., H. Groenedijk, G. de Langen, J. Nicolay & A. Nieuwhof** 2009: *De Late prehistorie en protohistorie van Holoceen Noord-Nederland*. Nationale Onderzoeksagenda Archeologie, Hoofdstuk 12, Amersfoort.
- Bazelmans, J., H. Berrens, M. de Boer, G. de Bruijn, V. Eichberger, K. Hendriks, R. Lauwerier, M. Manders, L. de Wit** 2012: *Uitvoeringsplan voorstellen beleidsreactie evaluatie archeologiewetgeving*, Amersfoort.
- Behm, H., A. Bräuning, F. Ende, K. Hartsch, W.-A. Schmidt, A. Schob, M. Strobel, F. Ueberfuhr, R. Vogt, J. Voss, & Th. Westphalen** 2011: *Archäologie und Landwirtschaft*, Osnabrück.
- Dreibrodt, S., H. Jarecki, C. Lubos, S.V. Khamnueva, M. Klamm, H.-R. Bork** 2013: *Holocene soil formation and soil erosion at a slope beneath the Neolithic earthwork Salzmünde (Saxony-Anhalt, Germany)*, *Catena* 107, 1–14.
- Egmond, F. van,** 2014: *Cesium metingen aan monsters en veld*. Meerssen, Beek-Kelmond Grote Houw, Groningen (Rapport 2014-P-495).
- Heeres, G.C.,** 2014: *Sediment erosion at archeological sites in Limburg, The Netherlands*, Wageningen (Master thesis Wageningen Universiteit).
- Heiden, M. van der,** 2014a: *Plan van Aanpak degradatieonderzoek Schouwen, Groningen*, Amersfoort.
- Heiden, M. van der,** 2014b: *Plan van aanpak tweede fase onderzoek erosie en colluvium op de Grote Houw, gemeente Marne, Amersfoort*.
- Heiden, M. van der, D.J. Huisman & J. van Doesburg** 2014: *Programma van Eisen degradatieonderzoek Grote Houw, Groningen*, Amersfoort.
- Huisman, D.J.,** 1998: *Geochemical characterization of subsurface sediments*, Wageningen (Proefschrift Universiteit Wageningen).
- Huisman, D.J.,** 2009: *Degradation of archaeological remains*, Den Haag
- Huisman, D.J. & J.W. de Kort (red.)** 2017: *Kelmond-Beekerveld (gemeente Beek); erosieonderzoek in het kader van TOPsites*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 237).
- Huisman, D.J., T. de Groot & J.W. de Kort (red.)** 2017: *Meerssen – Onderste Herkenberg; erosieonderzoek in het kader van TOP-sites*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 239).
- Huisman, D.J., M. van der Heiden, & W. Derickx** 2016: *Erosie onderzoek op Schouwen*, Amersfoort (Beknopte Rapportage Archeologische Monumentenzorg 25).
- Ketterer, M. E., J. Zheng & M. Yamada** 2012: Applications of transuranics as tracers and chronometers in the environment, in: M. Baskaran (ed.), *Handbook of environmental isotope geochemistry*, Berlijn, 395-417.
- Landschapsbeheer Groningen,** 1995: *Wierden voor het voetlicht*, Groningen.
- Nieuwhof, A.,** 2006: *De wierde Wierum (provincie Groningen). Een archeologisch steilkantonderzoek*, Groningen (Groningen Archaeological Studies 3).
- Roberts, R.G, Z. Jacobs, B. Li, N.R. Jankowski, A.C. Cunningham & A.B. Rosenfeld** 2015: Optical dating in archaeology: thirty years in retrospect and grand challenges for the future, *Journal of Archaeological Science* 56, 41-60.
- Tebbens, LA.,** 1999: *Late Quaternary evolution of the Meuse fluvial system. A reconstruction based on bulk sample geochemistry and forward modelling*, Wageningen (Proefschrift Universiteit Wageningen).
- Theunissen. E.M. I. Roorda, B. van Os, W. Derickx, H. Huisman, J. Colenberg, G. Mauro,** in voorbereiding, *Topsite Aartswoud, naar een betere bescherming*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg).
- Veenstra, H.W. & G. Aalbersberg** 2014: *Monitoring erosie op de AMK-terreinen 5G-63, 5G-64, 5G-65 en 5G-66 te Dongjum, gemeente Franekeradeel; geofysisch en AHN-onderzoek*, Weesp (RAAP-notitie 4263).
- Wilkinson, K., A. Tyler, D. Davidson & I. Grieve** 2006: Quantifying the threat to archaeological sites from the erosion of cultivated soil, *Antiquity* 80, 658-670.
- Zon, N. van der,** 2013: *Kwaliteitsdocument AHN2*, <http://www.ahn.nl> (laatst bekeken 5-9-2016).



**Bijlage I Topografisch kaartmateriaal**

**Bijlage II OSL metingen**

# Bijlage I

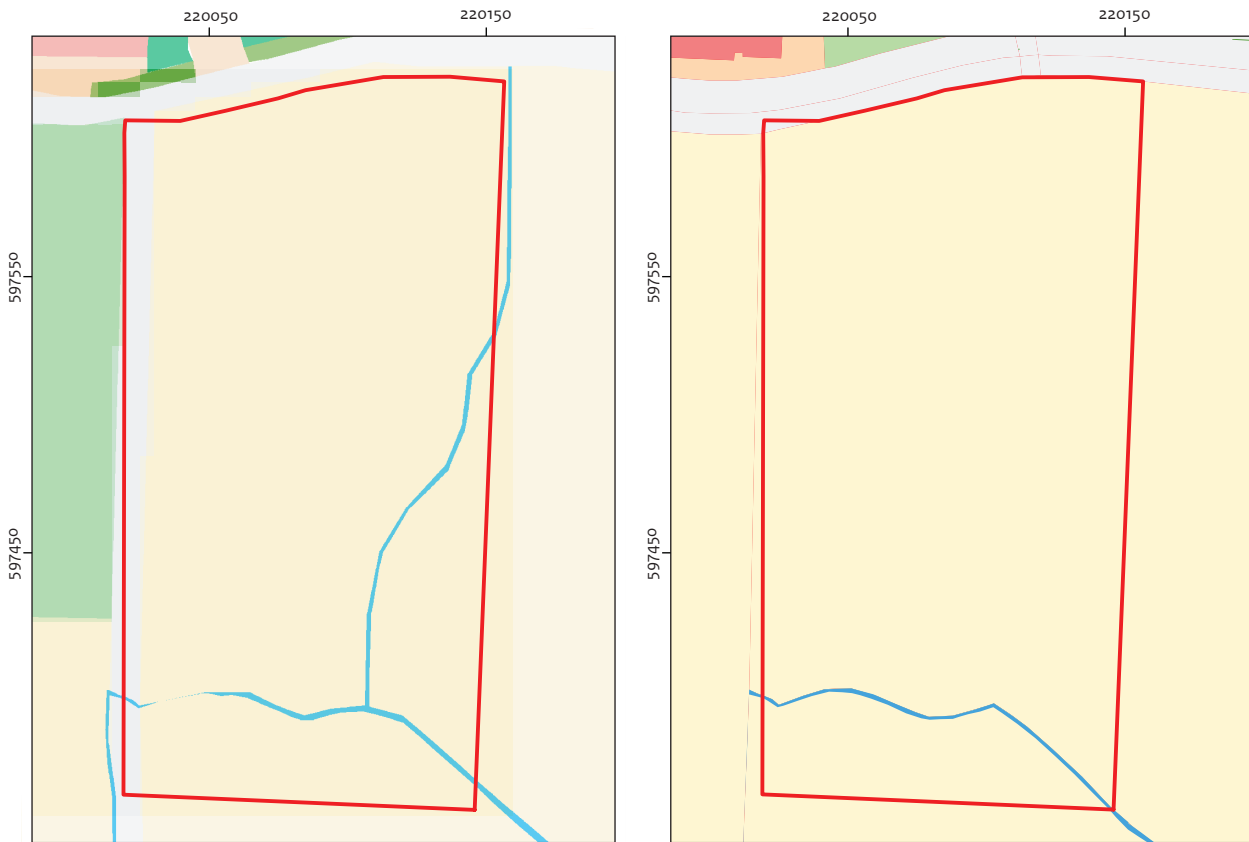
## Topografisch kaartmateriaal



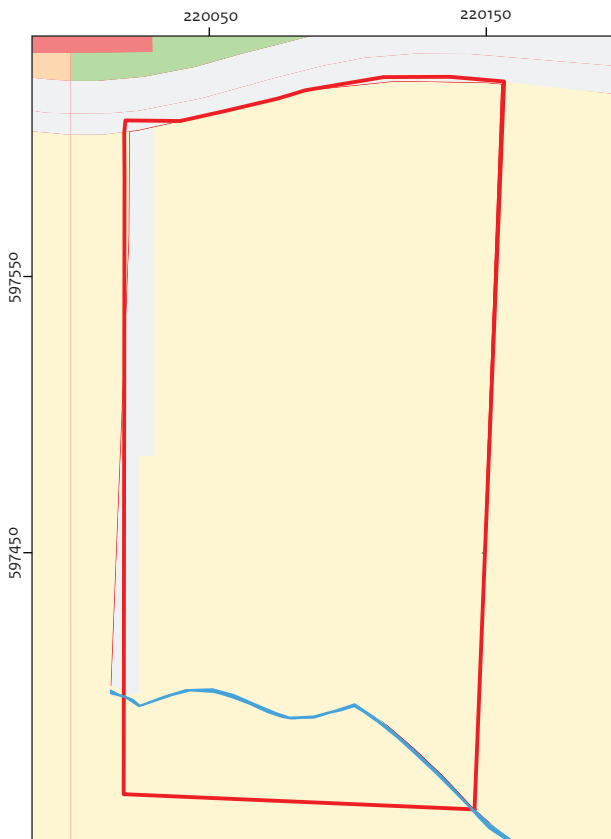
Afb. B1.2 en B1.3 Kadastrale kaart uit 1832 (links) en Veldminuut uit 1850 (rechts).



Afb. B1.4 en B1.5 Bonneblad uit 1909 (links) en Bonneblad uit 1934 (rechts).



Afb. B1.6 en B1.7 Topografische kaart uit 1970 (links) en Top10 vectorkaart 2000 (rechts).



- |  |   |
|--|---|
| <span style="color: red;">■</span> Bebouwing   | <span style="color: green;">■</span> Tuin         |
| <span style="color: green;">■</span> Boomgaard | <span style="color: blue;">■</span> Water         |
| <span style="color: yellow;">■</span> Bouwland | <span style="color: grey;">■</span> Weg           |
| <span style="color: orange;">■</span> Erf      | <span style="color: lightgreen;">■</span> Weiland |

Afb. B1.8 Top10 vectorkaart 2010 (links) en legenda voor B1.1 t/m B1.8).



# Bijlage II

## OSL metingen

Grote Houw, Put 1 Diepte 0,25 m Vondstnr. 1042 OSL code NCL-g214098		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
0,01	0,26	-1773
0,43	0,19	-44
0,07	0,12	-191
0,15	0,08	-53
0,11	0,06	-54
0,06	0,05	-77
-0,09	0,18	-199
-0,01	0,01	-244
0,17	0,15	-88
0,02	0,12	-466
0,23	0,21	-91
0,04	0,08	-200
0,53	0,12	-22
0,02	0,06	-250
0,02	0,04	-203
0,05	0,07	-146
0,02	0,05	-225
0,33	0,06	-17
0,03	0,07	-276
-0,05	0,08	-146
0,00	0,08	-1957
0,02	0,12	-551
0,64	0,04	-7
0,24	0,21	-86
0,02	0,05	-271
0,21	0,15	-69
0,03	0,01	-44
0,03	0,02	-59
0,05	0,05	-108
0,23	0,17	-77
0,66	0,25	-38
0,58	0,28	-48
-0,07	0,06	-87
0,04	0,09	-192

Grote Houw, Put 1 Diepte 0,35 m Vondstnr. 1043 OSL code NCL-g214099		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
0,39	0,13	-33
0,46	0,05	-10
0,50	0,09	-18
0,65	0,08	-13
0,75	0,10	-14
0,98	0,06	-7
1,11	0,17	-16
1,23	0,32	-26
1,24	0,09	-7
0,89	0,05	-6
0,40	0,26	-66
1,07	0,18	-17
1,24	0,34	-28
0,37	0,21	-57
0,66	0,05	-7
0,57	0,12	-21
1,05	0,12	-12
0,43	0,06	-14
0,51	0,16	-32
0,78	0,09	-11
1,04	0,06	-6
0,79	0,04	-5
1,13	0,15	-14
0,97	0,06	-6
0,84	0,13	-16
0,61	0,17	-28
0,94	0,08	-8
0,53	0,14	-26
0,62	0,10	-16
0,49	0,12	-24
1,21	0,09	-7
0,38	0,06	-17
0,74	0,09	-12

Grote Houw, Put 1 Diepte 0,45 m Vondstnr. 1044 OSL code NCL-g214100		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
0,63	0,19	-30
1,11	0,17	-16
1,49	0,24	-16
0,88	0,06	-7
1,30	0,20	-15
1,06	0,18	-17
0,99	0,10	-11
1,31	0,10	-8
0,83	0,19	-22
1,22	0,08	-7
1,52	0,15	-10
1,22	0,07	-6
2,12	0,35	-16
1,13	0,19	-17
1,03	0,16	-15
1,39	0,10	-7
1,30	0,21	-16
1,57	0,24	-15
1,52	0,23	-15
1,15	0,10	-8
1,35	0,17	-13
1,33	0,24	-18
1,13	0,07	-6
1,31	0,26	-20

Grote Houw, Put 2 Diepte 0,35 m Vondstnr. 1034 OSL code NCL-g214101		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
1,17	0,07	-6
1,15	0,04	-3
0,71	0,23	-32
0,89	0,18	-21
0,58	0,25	-43
1,06	0,15	-14
0,63	0,17	-27
0,57	0,05	-9
0,83	0,16	-20
0,75	0,15	-19
0,82	0,13	-15
0,77	0,09	-12
0,57	0,13	-23
0,40	0,03	-7
0,38	0,29	-77
0,83	0,17	-20
0,47	0,04	-8
0,57	0,14	-24
0,86	0,18	-21
1,01	0,06	-6
0,84	0,16	-19
0,54	0,11	-20
1,16	0,06	-5
0,40	0,19	-47
0,69	0,10	-15
0,47	0,22	-48

Grote Houw, Put 3 Diepte 0,2 m Vondstnr. 1008 OSL code NCL-g214102		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
0,07	0,10	-134
0,07	0,03	-39
0,00	0,06	-2625
0,04	0,09	-220
0,07	0,06	-77
-0,01	0,06	-452
0,12	0,21	-172
0,06	0,10	-180
0,09	0,12	-129
0,07	0,04	-56
0,05	0,09	-192
0,11	0,09	-78
0,03	0,09	-288
-0,10	0,11	-111
0,06	0,05	-90
0,03	0,03	-118
0,06	0,16	-244
0,08	0,08	-99
0,00	0,08	-2367
-0,01	0,03	-509
0,36	0,19	-54
0,03	0,04	-119
0,17	0,08	-46
0,02	0,04	-191
-0,09	0,18	-193
0,08	0,07	-89
0,05	0,04	-92
0,23	0,20	-89
0,08	0,11	-134
0,06	0,07	-119
0,07	0,10	-157

Grote Houw, Put 3 Diepte 0,35 m Vondstnr. 1009 OSL code NCL-g214103		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
0,18	0,07	-39
0,01	0,04	-309
0,30	0,06	-18
0,10	0,12	-120
-0,07	0,14	-201
0,23	0,06	-25
0,02	0,08	-406
0,02	0,08	-384
0,06	0,04	-70
0,05	0,07	-153
0,06	0,17	-280
0,06	0,06	-97
0,08	0,03	-42
-0,01	0,09	-1660
0,12	0,12	-103
0,08	0,11	-134
0,08	0,14	-170
0,04	0,10	-236
0,05	0,07	-139
0,55	0,19	-36
0,06	0,07	-119
-0,56	0,22	-39
-0,02	0,06	-331
0,03	0,02	-71
0,08	0,22	-290
0,12	0,16	-139
0,00	0,05	-1880
0,08	0,08	-92
0,31	0,16	-52
0,08	0,09	-118
0,11	0,13	-124
0,10	0,13	-131
0,10	0,16	-165
0,22	0,16	-74
0,12	0,05	-41

Grote Houw, Put 3 Diepte 0,45 m Vondstnr. 1010 OSL code NCL-g214104		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
0,36	0,07	-20
0,12	0,13	-101
0,55	0,20	-36
0,26	0,03	-13
0,31	0,11	-37
0,48	0,18	-38
0,46	0,08	-18
0,93	0,28	-30
0,16	0,07	-47
1,25	0,29	-23
0,07	0,22	-309
0,36	0,05	-13
0,40	0,06	-14
0,55	0,21	-39
0,35	0,15	-42
0,41	0,02	-5
0,78	0,18	-23
0,37	0,13	-36
0,55	0,26	-47
0,48	0,20	-42
0,35	0,07	-20
0,27	0,08	-28
0,57	0,10	-18
0,30	0,06	-19

Grote Houw, Put 3 Diepte 0,55 m Vondstnr. 1011 OSL code NCL-g214105		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
0,44	0,08	-19
0,08	0,12	-149
0,35	0,04	-10
0,06	0,13	-209
0,84	0,24	-28
0,78	0,06	-8
0,65	0,24	-37
0,79	0,25	-32
0,20	0,08	-38
0,97	0,14	-15
0,59	0,08	-13
0,62	0,07	-12
0,32	0,10	-30
0,59	0,08	-13
0,62	0,12	-19
0,63	0,09	-14
0,73	0,12	-16
0,58	0,11	-20
0,41	0,07	-18
0,98	0,19	-20
0,66	0,10	-14
0,39	0,09	-24
0,48	0,13	-26
0,56	0,05	-8
0,69	0,34	-50
0,59	0,07	-12

Grote Houw, Put 4 Diepte 0,1 m Vondstnr. 1055 OSL code NCL-g214106		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
0,03	0,08	-313
0,08	0,04	-56
0,08	0,05	-71
0,77	0,15	-19
0,07	0,10	-135
-0,01	0,05	-387
0,04	0,04	-97
0,08	0,08	-108
0,10	0,33	-332
0,06	0,05	-80
-0,01	0,10	-795
0,07	0,05	-82
0,09	0,10	-116
0,05	0,03	-54
0,18	0,08	-44
-0,01	0,25	-3575
0,36	0,15	-43
0,07	0,10	-137
-0,04	0,11	-306
0,01	0,10	-700
0,55	0,24	-44
0,05	0,01	-20
0,07	0,17	-253
-0,03	0,08	-271

Grote Houw, Put 4 Diepte 0,3 m Vondstnr. 1056 OSL code NCL-g214107		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
-0,03	0,15	-519
0,07	0,06	-90
0,01	0,04	-457
0,06	0,02	-36
0,06	0,06	-105
0,32	0,16	-51
0,04	0,07	-176
0,10	0,13	-129
0,13	0,13	-98
0,02	0,04	-187
0,03	0,05	-166
0,01	0,01	-120
0,03	0,27	-887
0,03	0,11	-331
0,06	0,06	-101
0,02	0,04	-181
0,06	0,07	-127
0,21	0,10	-46
0,08	0,24	-279
0,30	0,27	-93
0,14	0,10	-70
0,07	0,07	-91
0,07	0,07	-97
0,19	0,11	-58
0,07	0,02	-30

Grote Houw, Put 4 Diepte 0,4 m Vondstnr. 1057 OSL code NCL-g214108		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
1,55	0,15	-10
1,07	0,31	-29
0,85	0,12	-14
1,73	0,27	-16
1,40	0,19	-14
1,11	0,10	-9
1,30	0,28	-22
1,20	0,17	-14
1,71	0,09	-5
1,59	0,27	-17
1,22	0,23	-19
1,57	0,26	-17
1,57	0,25	-16
1,27	0,16	-12
1,67	0,31	-19
1,55	0,10	-6
1,05	0,15	-14
1,42	4,13	-290
1,48	0,13	-9
2,13	0,29	-14
1,63	0,25	-15
1,18	0,23	-20
1,57	0,24	-15
1,83	0,08	-4
2,10	0,18	-9
1,13	0,12	-11
2,11	0,42	-20
1,77	0,07	-4
1,38	0,10	-7
1,53	0,20	-13
1,14	0,20	-18

Grote Houw, Put 5 Diepte 0,15 m Vondstnr. 1021 OSL code NCL-g214109		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
0,88	0,07	-8
0,08	0,09	-119
0,09	0,04	-47
0,11	0,06	-59
0,02	0,03	-144
0,00	0,04	-762
0,02	0,04	-159
0,06	0,08	-144
0,08	0,09	-116
0,07	0,04	-50
0,12	0,18	-151
0,00	0,08	-2029
0,05	0,08	-160
0,06	0,03	-52
-0,03	0,07	-215
0,02	0,09	-438
0,06	0,08	-132
0,01	0,06	-687
0,36	0,05	-15
0,05	0,05	-108
-0,06	0,26	-418
0,09	0,04	-43
0,06	0,05	-93
0,06	0,09	-148
0,31	0,18	-59
0,13	0,06	-43
0,36	0,19	-52
0,01	0,10	-845

Grote Houw, Put 5 Diepte 0,3 m Vondstnr. 1022 OSL code NCL-9214110		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
0,34	0,21	-62
0,05	0,15	-273
0,20	0,10	-50
0,13	0,04	-32
-0,04	0,05	-127
-0,01	0,07	-522
0,37	0,08	-21
0,26	0,13	-50
-0,17	0,22	-126
-0,01	0,06	-777
0,02	0,03	-102
0,20	0,17	-82
0,24	0,04	-17
-0,06	0,19	-322
0,10	0,09	-87
0,03	0,09	-294
0,07	0,05	-74
0,11	0,09	-77
-0,01	0,05	-331
0,17	0,06	-34
-0,06	0,14	-219
0,05	0,11	-221

Grote Houw, Put 5 Diepte 0,4 m Vondstnr. 1023 OSL code NCL-9214111		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
0,57	0,08	-14
0,22	0,15	-69
0,78	0,04	-5
0,68	0,18	-27
6,63	0,73	-11
0,12	0,05	-44
0,71	0,06	-8
0,20	0,12	-61
0,37	0,06	-17
0,14	0,06	-46
0,80	0,21	-27
0,47	0,15	-32
0,54	0,33	-61
0,12	0,12	-103
0,94	0,15	-16
0,22	0,12	-55
0,61	0,33	-55
0,17	0,10	-61
0,34	0,02	-5
0,71	0,06	-9
0,21	0,05	-25
0,29	0,18	-61
0,70	0,09	-13
0,35	0,06	-17
3,09	0,11	-4
0,16	0,01	-5
0,36	0,06	-17
0,34	0,06	-18
0,37	0,04	-10
0,12	0,01	-11
0,30	0,05	-18
0,27	0,03	-11

Grote Houw, Put 5 Diepte 0,55 m Vondstnr. 1024  
OSL code NCL-g214112

Age [ka]	error [ka]	error (-%)
1,70	0,13	-8
1,20	0,06	-5
1,58	0,20	-13
1,02	0,08	-8
1,93	0,24	-12
1,78	0,15	-8
1,54	0,10	-7
1,10	0,17	-15
1,69	0,19	-12
1,28	0,13	-10
1,65	0,09	-5
1,13	0,22	-19
2,22	0,39	-18
1,44	0,18	-12
1,44	0,19	-13
1,52	0,06	-4
1,48	0,10	-6
1,16	0,16	-14
1,49	0,11	-8
1,14	0,08	-7
1,38	0,07	-5
1,83	0,09	-5
1,27	0,12	-10
1,36	0,31	-23
1,29	0,09	-7
1,51	0,11	-7
1,38	0,08	-6
1,68	0,08	-5
1,17	0,16	-13
1,41	0,12	-8
1,37	0,15	-11
1,61	0,07	-5
1,33	0,09	-7
1,52	0,14	-9







Deze Rapportage Archeologische Monumentenzorg (RAM) beschrijft de resultaten van het bureau- en veldonderzoek dat is uitgevoerd tussen 2012 en 2014 op de oostelijke helft van de wierde Grote Houw bij Leens. Deze wierde bevat archeologische resten uit de vroege en volle middeleeuwen. Doel van het onderzoek was te onderzoeken hoe intensief de erosieprocessen zijn die deze vindplaats bedreigen. Verschillende technieken werden ingezet om de snelheid van erosie te bepalen, en nieuwe rekenmethodes werden ontwikkeld. Naast informatie over de snelheid van erosie op dit terrein, leverde het veldwerk ook nieuwe informatie op over de opbouw en ouderdom van de wierde, en over de verspreiding van archeologische resten op het terrein.

Dit wetenschappelijk rapport is bestemd voor archeologen, aardwetenschappers, andere professionals en liefhebbers die zich bezighouden met archeologie.

Met kennis en advies geeft de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed de toekomst een verleden.

