



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

Optimale strategieën voor het opsporen van Steentijdvindplaatsen met behulp van booronderzoek. Een statistisch perspectief

J.W.H.P. Verhagen, E. Rensink, M. Bats en Ph. Crombé

Rapportage Archeologische Monumentenzorg 197



Optimale strategieën voor het opsporen van Steentijdvindplaatsen met behulp van booronderzoek. Een statistisch perspectief

J.W.H.P. Verhagen, E. Rensink, M. Bats en Ph. Crombé

Colofon

Rapportage Archeologische Monumentenzorg 197

Optimale strategieën voor het opsporen van Steentijdvindplaatsen met behulp van booronderzoek. Een statistisch perspectief

AUTEURS: J.W.H.P. Verhagen, E. Rensink, M. Bats en Ph. Crombé

ILLUSTRATIES: J.W.H.P. Verhagen

OPMAAK EN PRODUCTIE: Studio Imago, Amersfoort

ONTWERP OMSLAG: Studio Imago, Amersfoort

ISBN: 978 90 579 91851

© Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort, 2011

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

Postbus 1600

3800 BP Amersfoort

www.cultureelerfgoed.nl

Inhoud

1	Inleiding	5	
2	Verzamelde gegevens	7	
3	Statistisch kader	9	
3.1	Inleiding	9	
3.2	Clustering en de K-parameter	10	
3.3	Clustering, opsporingskans en simulatie	11	
4	Werkwijze	13	
5	Resultaten simulaties	15	
5.1	Eyserheide	15	
5.2	Geldrop-Aalsterhut	16	
5.3	Hardinxveld-De Bruin	17	
5.4	Hempens	18	
5.5	A27 – Hoge Vaart	19	
5.6	Keinsmerbrug	20	
5.7	Oudenaarde-Donk	21	
5.8	Stroe	22	
5.9	Sweikhuizen – Groene Paal	23	
5.10	Verrebroek – Aven Ackers 2006	24	
5.11	Verrebroek – Aven Ackers 2007	25	
5.12	Verrebroek – Dok	26	
5.13	Zutphen – Ooijerhoek	27	
6	Effect zeven	29	
7	Conclusies en aanbevelingen	31	
7.1	Effect clustering	31	
7.2	Vondstdichtheden en zeven	31	
7.3	Prospectiegroepen en opsporingsstrategieën	32	
8	Verdere consequenties voor de KNA	35	
8.1	Inleiding	35	
8.2	Prospectiegroepen en gespecificeerde verwachting	35	
8.3	Toetsing van de analyseresultaten	37	
8.4	Discussie	38	
	Literatuur	39	
	Bijlage 1 Opzet simulaties	41	
	Bijlage 2 Begrippenlijst	49	

1 Inleiding

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van een onderzoek naar de prospectiekenmerken van Steentijdvindplaatsen in Nederland en Vlaanderen. De aanleiding voor dit onderzoek werd gevormd door de wens van SIKB om verder te gaan met het beter integreren en onderbouwen van de bestaande methodieken op het gebied van archeologisch inventariserend veldonderzoek. De nu beschikbare leidraden voor karterend booronderzoek¹ en proefsleuvenonderzoek² dienen uiteindelijk, samen met nieuw te ontwikkelen kennis, gebundeld te worden in een integrale KNA-leidraad inventariserend veldonderzoek. Op basis van deze leidraad kan dan altijd de beste onderzoeksmethode worden ingezet voor het opsporen en waarden van archeologische vindplaatsen. Onderdeel van dit traject vormt een verdieping van de kennis over de prospectiekenmerken van archeologische vindplaatsen. Het realiseren van deze verdieping is tevens een doelstelling van het project Prospectie Archeologie van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE). Dit project maakt deel uit van het Kennisprogramma 'Wat is Erfgoed' dat door de RCE in maart 2010 is gestart. Het in dit rapport besproken onderzoek heeft tot doel een bijdrage aan deze verdiepingsslag te leveren.

Het analyseren van nieuwe gegevens en genereren van nieuwe kennis zijn van belang om de betrouwbaarheid en efficiëntie van methoden van prospectieonderzoek te vergroten. Ze vormen een welkome en noodzakelijke aanvulling op de gegevens die al zijn verzameld voor de KNA-leidraden booronderzoek en proefsleuven. In beide leidraden werd al geconstateerd dat de onderbouwing van de aanbevolen strategieën nog verbeterd kan worden door het verzamelen en analyseren van meer gegevens over de relevante prospectiekenmerken van archeologische vindplaatsen. Daarmee kan een betere (getalsmatige) onderbouwing worden gegeven van de aanbevolen strategieën, en ook een nader onderscheid worden gemaakt in de prospectiekenmerken van verschillende complexen in verschillende landschappelijke contexten.

In dit onderzoek stond het verzamelen van gegevens over de prospectiekenmerken van Steentijdvindplaatsen centraal. Deze categorie vindplaatsen geniet zowel vanuit beleidsoogpunt als vanuit wetenschappelijk oogpunt op dit moment de hoogste prioriteit. In de huidige praktijk van prospectieonderzoek blijkt dat de archeologie van de Steentijd relatief minder aandacht krijgt dan de archeologie van latere perioden. Een belangrijke reden hiervoor is dat Steentijdvindplaatsen vaak klein van omvang zijn en/of uit

een dunne spreiding van (vuur)stenen artefacten bestaan, waardoor ze in de fase van inventariserend veldonderzoek vaak niet worden opgemerkt, vooral wanneer artefacten zich niet aan de oppervlakte manifesteren. Daarom is het van groot belang dat Steentijdvindplaatsen in de toekomst efficiënter worden opgespoord (en gewaardeerd). Daarvoor is het essentieel dat er betere kengetallen beschikbaar komen over de prospectiekenmerken van deze categorie van vindplaatsen.

De belangrijkste prospectiekenmerken die in de leidraden booronderzoek³ en proefsleuven⁴ voor Steentijdvindplaatsen worden onderscheiden zijn:

- omvang van de vindplaats
- dichtheid aan artefacten
- spreiding van artefacten
- grootte van de artefacten

Daarnaast zijn in mindere mate van belang voor Steentijdvindplaatsen:

- vorm van de vindplaats
- oppervlakte aan grondsporen
- aantal grondsporen
- spreiding van de grondsporen
- oriëntatie en/of vorm van de grondsporen

Bij het opstellen van RAAP-rapport 1000⁵ zijn de beschikbare gegevens van enkele tientallen vindplaatsen geanalyseerd. Daarbij bleek het vooral voor Steentijdvindplaatsen moeilijk om aan goede getallen met betrekking tot de vondstdichtheid te komen. Daarnaast waren de gebruikte bronnen van zeer diverse aard, en ontbraken er goede gegevens over de kenmerken van de grondsporen. Voor de leidraad proefsleuven⁶ was er slechts gelegenheid om van vijf opgravingen de prospectiekenmerken te analyseren, en hierbij was slechts één Steentijdvindplaats.

In samenspraak met de RCE is besloten om het aanvullende onderzoek te richten op opgravingsgegevens van Steentijdvindplaatsen die sinds 2004 beschikbaar zijn gekomen. Deze zijn in meerderheid digitaal beschikbaar. Via een *quickscan* van de digitaal beschikbare gegevens in EASY, het digitale archiveringssysteem van DANS, is nagegaan welke gegevens bruikbaar zouden kunnen zijn. Daarbij werd gekeken naar de aard van verzamelde gegevens, het gemak

van digitale bewerking, en naar de verschillende landschappelijke contexten die vertegenwoordigd zijn. Gezien de door SIKB gesignaleerde vraag vanuit het archeologische veld werd in de *quickscan* prioriteit gegeven aan opgegraven Steentijdvindplaatsen in het veenweidegebied in West-Nederland.

Een belangrijke aanvullende dataset wordt verder gevormd door de gegevens van met sedimenten overdekte Steentijdvindplaatsen in de Schelde-vallei in Vlaanderen, die de afgelopen jaren door drs. Machteld Bats zijn verzameld in het kader van haar promotie-onderzoek aan de Universiteit Gent, dat wordt begeleid door prof. dr. Philippe Crombé. Deze dataset is ook bruikbaar voor de Nederlandse situatie. De Universiteit Gent is bereid gevonden deze gegevens ter beschikking te stellen voor dit project.

In de analysefase zijn per vindplaats op basis van de digitale informatie de prospectiekenmerken beschreven. Gezien het beschikbare budget was er gelegenheid om twaalf vindplaatsen te analyseren. De gegevens zijn opgeslagen in GIS en vervolgens onderworpen aan statistische analyses en simulaties om gemiddelde waarden en spreidingen te berekenen voor de dichtheid aan (vuur)stenen artefacten. Andere indicatoren (zoals houtskool, verbrand bot, verbrande hazelnootdoppen) zijn niet in de analyse betrokken, omdat deze lang niet in alle gevallen worden aangetroffen, en ook zelden per vak worden verzameld en geteld. Daarnaast is er aandacht besteed aan het analyseren van de ruimtelijke spreiding van de (vuur)steenvondsten in vindplaatsen. Dit is vooral van belang om het verband te kunnen kwantificeren tussen borend en gravend onderzoek, en aan de hand daarvan de kansen op succesvolle opsporing en waardering van Steentijdvindplaatsen te kunnen bepalen. Verder is gekeken

naar het effect van zeven op de waarnemingskans van vuursteen-artefacten.

De verschillende bestudeerde vindplaatsen (zowel volledig opgegraven vondstconcentraties als uitsneden uit grotere vondstspredingen), zijn gekoppeld aan de prospectiegroepen zoals deze in de leidraden booronderzoek en proefsleuven zijn gedefinieerd. Het eindproduct sluit daardoor in opzet en wijze van presentatie van gegevens naadloos aan bij bovengenoemde leidraden, om integratie van beide documenten op eenvoudige wijze te kunnen realiseren. Daarnaast zijn de verzamelde gegevens digitaal ter beschikking gesteld aan de RCE.

Dankwoord

De simulaties zijn uitgevoerd door dr. Philip Verhagen (ACVU/HBS, Amsterdam), van zijn hand zijn tevens de hoofdstukken die betrekking hebben op de methoden en resultaten van de simulaties. Het welslagen van dit project is mede te danken aan de bereidwillige medewerking van de Universiteit Gent in de personen van prof. dr. Philippe Crombé en drs. Machteld Bats. Vanuit de RCE (Amersfoort) is het project begeleid door dr. Eelco Rensink. Opgravingsgegevens van de RCE zijn verder aangeleverd door drs. Jos Deeben. Daarnaast zijn gegevens aangeleverd door Gary Nobles (RUG). Conceptversies van dit rapport zijn gelezen en becommentarieerd door drs. Jan-Willem de Kort, dr. Bjørn Smit, drs. José Schreurs, drs. Jos Deeben (RCE), dr. Hans Peeters (RUG), drs. Marcel Niekus (RUG), drs. Esther Wieringa (SIKB), drs. Willem Jan Hogestijn (gemeente Almere), drs. Antoine Wilbers (IDDS Archeologie), drs. Jaap Beuker (provincie Drenthe), dr. Jos de Moor (EARTH Integrated Archaeology), drs. Axel Muller (ADC Archeoprojecten) en dr. Johan Jelsma (De Steekproef). Allen worden hartelijk bedankt voor hun bijdragen.

Noten

1 Tol *et al.* 2006.

2 Borsboom & Verhagen 2009.

3 Tol *et al.* 2006.

4 Borsboom & Verhagen 2009.

5 Tol *et al.* 2004.

6 Borsboom & Verhagen 2009.

2 Verzamelde gegevens

De gegevens die voor dit project zijn verzameld, komen uit totaal twaalf opgravingen van Steentijdvindplaatsen die in digitale vorm beschikbaar zijn gesteld (zie tabel 1 en afb. 1). De belangrijkste eis die aan een opgraving gesteld werd om in aanmerking te komen voor analyse, was de beschikbaarheid van tellingen van (vuur)stenen artefacten in vakken niet groter dan 2 x 2 m. Deze artefacten dienen driedimensionaal te zijn ingemeten of (bij voorkeur) door middel van nat zeven te zijn gedetecteerd. Gezien de verschillende opgravingspraktijken was het echter niet mogelijk om het gebruik van één maaswijdte (bijvoorbeeld 4 mm) als selectiecriteria te hanteren; het aantal beschikbare opgravingen zou daarmee te sterk worden gereduceerd. Het effect van zeven op de hoeveelheid aangetroffen en gedetermineerd (vuur)steenmateriaal blijft echter

een belangrijke factor voor het succes van boorprospectie.⁷ In hoofdstuk 6 wordt hierop nader ingegaan.

Er is geprobeerd om een zo breed mogelijk spectrum aan Steentijdvindplaatsen te analyseren, waarbij de prioriteit is uitgegaan naar met sedimenten afgedekte vindplaatsen uit het Mesolithicum en (Vroeg-) Neolithicum die in West- en Noord-Nederland en ook in Vlaanderen zijn aangetroffen. Het aantal beschikbare opgravingen uit deze categorie was echter beperkt, en daarom is ook een aantal laat-paleolithische vindplaatsen uit Oost- en Zuid-Nederland geanalyseerd. De gebruikte gegevens zijn aangeleverd door de RCE, de Universiteit Gent en de Rijksuniversiteit Groningen, en gedownload vanuit EASY, het digitale archiveringssysteem van DANS (<https://easy.dans.knaw.nl>).

Naam vindplaats	Provincie	Code	Landschappelijke context	Periode	Opgegraven areaal	Vakgrootte	Zeefstrategie
Eyserheide	Limburg	EY	lössplateau	Laat-Paleolithicum (Magdalénien)	158 m ²	1 x 1 m	4 mm nat en droog (alleen in centrum vindplaats)
Geldrop-Aalsterhut	Noord-Brabant	GA	dekzandrug	Laat-Paleolithicum (Ahrensburg-cultuur)	305 m ²	2 x 2 m	2 mm nat
Hardinxveld-De Bruin	Zuid-Holland	HA	rivierduin overdekt met rivierklei	Laat-Mesolithicum / Vroeg-Neolithicum	345 m ²	50 x 50 cm	4 mm nat (alleen zandige matrix)
Hempens	Friesland	HE	dekzandrug overdekt met zeeklei	Laat-Mesolithicum / Vroeg-Neolithicum	443 m ²	50 x 50 cm	3 mm nat
A27-Hoge Vaart	Flevoland	HV	dekzandrug overdekt met zeeklei	Mesolithicum-Vroeg-Neolithicum	1342,75 m ²	50 x 50 cm	2 mm nat, maar alleen geteld in geselecteerde transecten
Keinsmerbrug	Noord-Holland	KB	kwelderafzettingen overdekt met zeeklei	Neolithicum (Enkelgrafcultuur)	432 m ²	1 x 1 m; sommige vakken 2 x 1 en 2 x 2 m	onbekend
Oudenaarde-Donk	Oost-Vlaanderen	OD	kronkelwaardruggen overdekt met rivierklei	Mesolithicum / Neolithicum	145 m ²	50 x 50 cm	1 mm nat
Stroe	Gelderland	ST	flank voormalig beekdal in stuifzandgebied	Laat-Paleolithicum (Hamburgcultuur)	29,5 m ²	50 x 50 cm	1 mm nat
Sweikhuizen-Groene Paal	Limburg	SW	lössplateau	Laat-Paleolithicum (Magdalénien)	625 m ²	2 x 2 m	3 mm nat
Verrebroek-Aven Ackers (2 sites)	Oost-Vlaanderen	VA	dekzand overdekt met veen en rivierklei	Mesolithicum	321,5 + 43,75 m ²	50 x 50 cm	2 mm nat
Verrebroek-Dok	Oost-Vlaanderen	VD	dekzandrug overdekt met veen en rivierklei	Vroeg-Mesolithicum	2091 m ²	50 x 50 cm	2 mm nat
Zutphen-Ooijerhoek	Gelderland	ZO	rivierduin	Vroeg-Mesolithicum	294,75 m ²	50 x 50 cm	3 mm nat

Tabel 1 Overzicht van de geanalyseerde vindplaatsen.



Afb. 1 Locatie van de geanalyseerde vindplaatsen in Nederland en Vlaanderen. Voor codes vindplaatsen, zie tabel 1.

Noot

7 Tol et al. 2004

3 Statistisch kader

3.1 Inleiding

In Tol *et al.*⁸ wordt uitvoerig ingegaan op de statistische aspecten van het opsporen van archeologische vindplaatsen met behulp van verschillende boorstrategieën. In het onderzoek van Tol *et al.* werd hiervoor het model gevolgd dat door Krakker *et al.*⁹ werd geïntroduceerd, en dat uitgaat van de kernbegrippen trefkans, vindkans en opsporingskans. De trefkans is de kans dat een boring binnen de omgrenzing van een vindplaats valt. De vindkans is de kans dat deze boring ook archeologische resten bevat. De opsporingskans is dan de kans dat een vindplaats zowel getroffen wordt, alsook archeologische resten oplevert.

De zogenoemde prospectiekenmerken van de vindplaats (de omvang en vorm van de vindplaats, en de aard en dichtheid van de archeologische resten) bepalen uiteindelijk de kans op succes van een opsporingsstrategie (de opsporingskans). Het correct berekenen van de opsporingskans voor een specifiek vindplaatstype is vaak een lastige opgave, omdat er meestal (te) weinig concrete kennis beschikbaar is over de prospectiekenmerken van specifieke categorieën vindplaatsen (per periode, regio en landschappelijke context).

Door Tol *et al.*¹⁰ werd dan ook een ‘minimalistisch’ model geformuleerd, waarbij de opsporingskans berekend wordt door uit te gaan van cirkelvormige vindplaatsen, waarbinnen de artefacten willekeurig (*at random*) verspreid zijn. Bij deze aanname is het toegestaan gebruik te maken van de Poisson-verdeling¹¹, waarmee voor elke hypothetische vondstdichtheid en boordiameter een bijbehorende vindkans is te berekenen met behulp van de volgende formule:

$$V = 1 - e^{-AdW}$$

waar:

V = de vindkans;

e = de basis van natuurlijke logaritmen (= 2,71828);

A = de oppervlakte van de testeenheid;

d = de vondstdichtheid (in aantal artefacten per oppervlakte-eenheid);

W = de waarnemingskans.

Dit is natuurlijk een verre van realistisch model, maar het voldoet als een minimumstandaard. Elke vindplaats kent namelijk een

grootste cirkel die binnen de daadwerkelijke omvang past, en we kunnen ook altijd een minimumdichtheid aan vondsten specificeren die we zouden willen opsporen.¹² Gebruik makend van dit model werden voor nederzettingsterreinen de volgende prospectiegroepen gedefinieerd:

- nederzettingen met een archeologische laag;
- nederzettingen met een vondststrooiing van overwegend aardewerk;
- nederzettingen met een vondststrooiing van overwegend vuursteen.

Bij de nederzettingen met een vondststrooiing van overwegend aardewerk of vuursteen is daarbij steeds onderscheid gemaakt tussen vindplaatsen met een lage vondstdichtheid (< 80 vondsten per m²), en een matig-hoge vondstdichtheid (> 80 vondsten per m²). Dit onderscheid tussen een ‘lage’ en ‘matig-hoge’ vondstdichtheid is natuurlijk enigszins arbitrair, en werd ingegeven door het feit dat de vindkans voor een vondstdichtheid van 80 artefacten per m² met een 15 cm boordiameter gelijk is aan 75%. Daarnaast werd onderscheid gemaakt tussen kleine en grote nederzettingen (> 1000 m²). Voor deze prospectiegroepen zijn vervolgens standaardstrategieën gedefinieerd, die in een minimale opsporingskans van 75% moeten resulteren. Voor vindplaatsen met lage vondstdichtheden (*low density sites*) zijn echter geen standaard boorstrategieën opgenomen, maar worden proefputten aanbevolen, zonder nadere specificatie.¹³

Omdat de in deze studie geanalyseerde vindplaatsen, waaronder enkele (vrijwel) volledig opgegraven concentraties, voor een groot deel lagere vondstdichtheden en ook een kleine omvang hebben, zijn de volgende, aanvullende klassen prospectiekenmerken gedefinieerd:

Omvang	Vondstdichtheid
Groot	> 1000 m ² hoog > 160 per m ²
Middelgroot	200 – 1000 m ² matighoog 80 – 160 per m ²
Klein	50 - 200 m ² laag 40 – 80 per m ²
Zeer klein	< 50 m ² zeer laag 20 – 40 per m ²
	extreem laag < 20 per m ²

Tabel 2 Indeling van de prospectiekenmerken omvang en vondstdichtheden in discrete klassen.

Type/datering	Lithologische context	Boorgrid	Diameter	Waarnemings-techniek	Boorgrid	Boordiameter	Waarnemings-techniek		
Steentijd		strooiing van overwegend vuursteen			archeologische laag				
Middelgrote variant:	A1	zand	20 x 25 m	15 cm	3 mm zeef	B1	20 x 25 m	3 cm guts	snijden met boormes
Basisnederzetting	A2	klei/löss	17 x 20 m	12 cm	3 mm zeef				
Huisplaats	A3	klei/löss	13 x 15 m	12 cm	brokkelen/snijden				
omvang: 200-1000 m ² (600 m ²)									
Grote variant:	A4	zand	40 x 50 m	15 cm	3 mm zeef	B2	40 x 50 m	3 cm guts	snijden met boormes
Groot basiskamp	A5	klei/löss	30 x 35 m	12 cm	3 mm zeef				
Aggregatienederzetting	A6	klei/löss	20 x 25 m	12 cm	brokkelen/snijden				
Meerdere huisplaatsen									
omvang: >2000 m ²									
Bronstijd-Middeleeuwen		strooiing van overwegend aardewerk			archeologische laag				
Huisplaats(en)	C1	zand	30 x 35 m	15 cm	4 mm zeef	D2	30 x 35 m	3 cm guts	snijden met boormes
omvang: 500-2000 m ² (1200 m ²)									
	C2	klei/löss	20 x 25 m	12 cm	4 mm zeef				
	C3	klei/löss	17 x 20 m	12 cm	brokkelen/snijden				
Dorp	C4	zand	80 x 90 m	15 cm	4 mm zeef	D2	80 x 90 m	3 cm guts	snijden met boormes
omvang: >8000 m ²									
	C5	klei/löss	60 x 70 m	12 cm	4 mm zeef				
	C6	klei/löss	40 x 50 m	12 cm	brokkelen/snijden				
Brede zoekoptie									
	E1	zand	20 x 25 m	15 cm	4 mm zeef				
	E2	klei/löss	13 x 15 m	12 cm	brokkelen/snijden				

Tabel 3 Overzicht van standaardmethoden voor kleine gebieden met een brede verwachting en voor het opsporen van nederzettingen met een archeologische laag en een vondststrooiing van aardewerk of vuursteen (matig-hoge vondstdichtheid, gemiddeld 80 vondsten/m²). Bij het berekenen van het boorgrid is uitgegaan van de tussen haakjes geplaatste waarden. Bij zware grondsoorten (klei of löss) zijn steeds twee opties weergegeven: hoge waarnemingskans (zeven) en lage waarnemingskans (snijden of brokkelen); overgenomen uit Tol et al. (2006, 38).

Voor vindplaatsen met naast een vondststrooiing ook grondsporen is vervolgens door Borsboom & Verhagen¹⁴ uitgebreid onderzoek gedaan naar de beste methoden om deze op te sporen. Voor deze vindplaatsen genieten proefsleuven veelal de voorkeur. Voor vindplaatsen met alleen een vondststrooiing (zoals de meeste Steentijdvindplaatsen) blijft booronderzoek echter veelal de aangewezen prospectiemethode.

Door Tol et al.¹⁵ werd al geconstateerd dat het oorspronkelijke model van Krakker et al.¹⁶ een rekenfout bevatte. Door Krakker e.a. werd gesteld dat de opsporingskans gelijk is aan het product van de trefkans en de vindkans. In werkelijkheid is de opsporingskans afhankelijk van het aantal boringen dat in een site wordt gezet. Elke keer dat een boring in de vindplaats valt, is er een kans dat deze wel of geen vondsten oplevert. De kans dat er bijvoorbeeld van vijf boringen in een vindplaats 0, 1, 2, 3, 4 of 5 leeg blijven is eenvoudig te berekenen met behulp

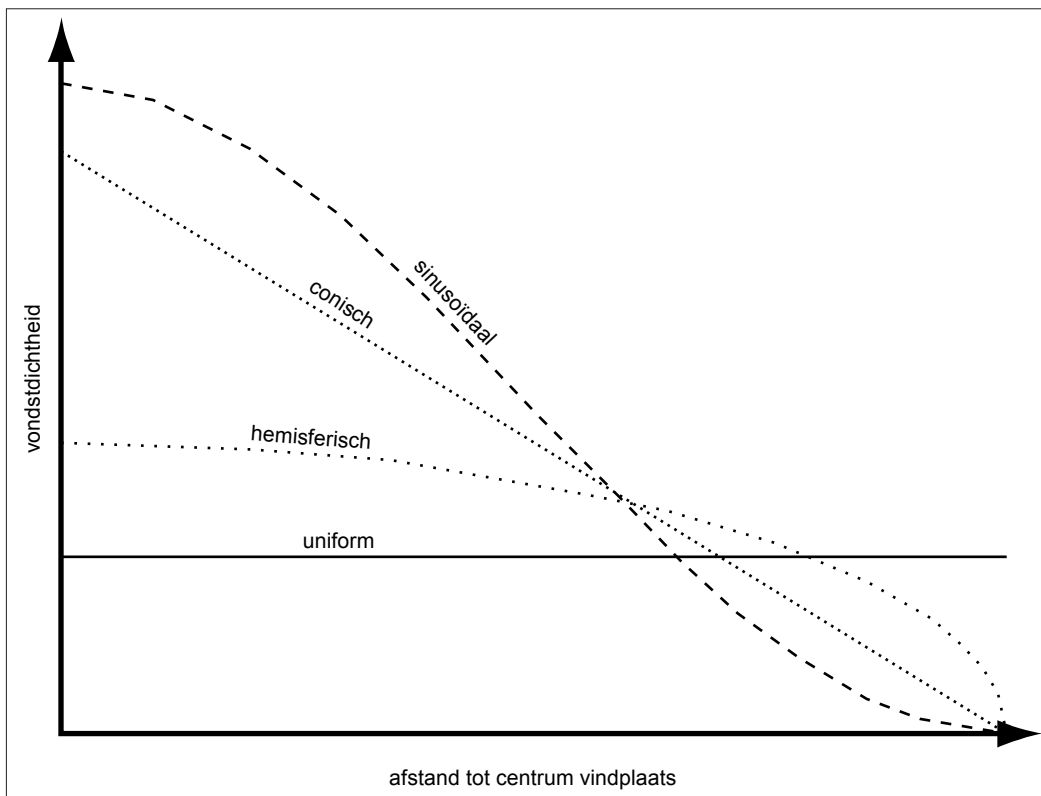
van de binomiale verdeling, mits we de vindkans weten (zie tabel 4).

3.2 Clustering en de K-parameter

Deze berekening houdt verder geen rekening met het effect van clustering van vondsten binnen een vindplaats. Voor het analyseren van het effect van de verspreiding en clustering van artefacten in een vindplaats is echter weinig literatuur beschikbaar. Hoewel er in de jaren zeventig en tachtig uitgebreid (en ook experimenteel) onderzoek is verricht naar de manier waarop (vuursteen)artefacten zich in een vindplaats concentreren¹⁷, heeft dit niet geleid tot algemeen bruikbare modellen met betrekking tot de ruimtelijke verspreiding van artefacten binnen een vindplaats.

Vindkans/aantal raak	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,59	0,33	0,17	0,08	0,03	0,01	0	0	0
1	0,33	0,41	0,36	0,26	0,16	0,08	0,03	0,01	0
2	0,07	0,2	0,31	0,35	0,31	0,23	0,13	0,05	0,01
3	0,01	0,05	0,13	0,23	0,31	0,35	0,31	0,2	0,07
4	0	0,01	0,03	0,08	0,16	0,26	0,36	0,41	0,33
5	0	0	0	0,01	0,03	0,08	0,17	0,33	0,59
Opsporingskans	0,41	0,67	0,83	0,92	0,97	0,99	1	1	1

Tabel 4 Opsporingskans voor een vindplaats waarin vijf boringen vallen, voor verschillende vindkansen per boring.



Afb. 2 Hypothetische modellen voor de verdeling van vondsten in een vindplaats. Naar Kintigh (1988).

Kintigh¹⁸ suggereerde een aantal mogelijke statistische verspreidingspatronen van vondsten: uniform, hemisferisch, conisch en sinusoidaal (zie afb. 2). Met uitzondering van de uniforme verdeling hebben deze patronen met elkaar gemeen dat er sprake is van een afstandsvervalcurve: hoe verder van het centrum van de site, hoe minder artefacten. De mate van verval is echter niet gelijk. De verwachte dichtheid aan vondsten binnen een vindplaats is dus afhankelijk van de afstand tot het vindplaatscentrum, en het gebruikte verspreidingsmodel. De Poissonverdeling kan dan weer worden gebruikt om de bijbehorende vindkansen te bepalen.

Hoewel Kintigh deze methode alleen op cirkelvormige vindplaatsen toepast, zou zij in principe ook voor andere vindplaatsvormen gebruikt kunnen worden. Er kunnen dan meerdere afstandsvervalcurves worden opgesteld, afhankelijk van de vorm van de vindplaats.

Kintigh geeft zelf echter al aan dat deze verdelingen in de praktijk waarschijnlijk niet regelmatig zullen voorkomen; veel vaker is er sprake van clustering van vondsten, al dan niet in of nabij specifieke sporen. De mate van clustering kan worden bepaald aan de hand van de k-parameter¹⁹:

$$k = \frac{\bar{x}^2}{s^2 - \bar{x}}$$

waar:

\bar{x} = gemiddeld aantal artefacten per testeenheid (proefput of boring);

s^2 = variantie van het aantal artefacten per testeenheid.

De k-parameter beschouwt de verhouding tussen gemiddelde en variantie van de vondstdichtheid. Hoe lager de waarde van k, hoe meer er sprake is van clustering. De kans op de aanwezigheid van een of meer vondsten in een testeenheid uit een dergelijk geclusterd patroon wordt gegeven door Kintigh:²⁰

$$p(\geq 1) = 1 - \frac{k^k}{k+d}$$

waar:

d = de veronderstelde dichtheid aan vondsten per testeenheid.

De k-parameter kan worden gebruikt in de gevallen waarin de verdeling van vondsten over opgravingsvakken beschouwd kan worden als een negatieve binomiale verdeling, en wordt dan ook wel de *negative binomial index of aggregation* genoemd. De negatieve binomiale verdeling kan volgens verschillende auteurs worden gezien als een redelijke benadering van de verdeling van vondsten over opgravingsvakken, zolang er niet te veel lege vakken zijn.²¹ Hierbij dient wel te worden aangetekend dat dit model in de literatuur nooit getoetst is aan werkelijke vondstdichtheden per opgravingsvak.

Voor deze studie zijn de waarden van k in de volgende klassen ingedeeld (tabel 5):

Mate van clustering	k
Niet zeer sterk	0,6 – 0,8
Vrij sterk	0,4 – 0,6
Sterk	0,2 – 0,4
Zeer sterk	< 0,2

Tabel 5 Mate van clustering ingedeeld in klassen op basis van de waarde van k.

3.3 Clustering, opsporingskans en simulatie

Simulatie is in principe een beter geschikte methode om na te gaan wat het effect van clustering is op de opsporingskans. Immers, er hoeft dan geen modelmatige inschatting van de verdeling van de vondsten in de vindplaats te worden gemaakt, er kan gewoon gebruik worden gemaakt van de oorspronkelijke gegevens. Door

een in principe oneindig aantal steekproeven uit de oorspronkelijke gegevens te nemen kunnen we goed schatten hoe waarschijnlijk het is dat een vindplaats door middel van een bepaalde opsporingsstrategie gedetecteerd wordt. Er is hierbij echter één factor die we niet in de hand hebben: de verspreiding van de vondsten binnen de opgravingsvakken. Gezien de geringe oppervlakte van de vakken ligt het voor de hand als uitgangspunt te nemen dat deze verdeling binnen de vakken willekeurig (*at random*) en niet geclusterd is. De vraag is dan wat de kans is dat een boor van een bepaalde diameter één of meerdere vondsten in een vak raakt.

Ook hiervoor kunnen we de Poisson-verdeling weer gebruiken. De oppervlakte van de individuele stukken vuursteen in een vak is namelijk dusdanig klein, dat er een groot aantal (theoretische) *sampling units* in het vak bestaat ter grootte van één stukje vuursteen. Bij een gemiddelde grootte van 1 cm² van een vuursteenfragment is er dan al sprake van 2500 *sampling units* per vak, en bij de gemiddeld lage vondstdichtheden van vuursteenvindplaatsen is er dan dus ook sprake van een lage kans op succes. Onder deze voorwaarden is de Poisson-verdeling het meest geschikte statistische model om de kans op het aantreffen van een vondst in een boring te simuleren.

Noten

8 Tol *et al.* 2004, 2006.

9 Krakker *et al.* 1983.

10 Tol *et al.* 2004.

11 Stone 1981; Tol *et al.* 2004; Verhagen 2005.

12 Zie ook Verhagen & Borsboom 2009.

13 Tol *et al.* 2006:37; zie tabel 2.

14 Borsboom & Verhagen 2009.

15 Tol *et al.* 2006:30-31.

16 Krakker *et al.* 1983.

17 Zie bijvoorbeeld Binford 1978; Behm 1983; Kintigh 1990; Blankholm 1991; Clark 1991.

18 Kintigh 1988, 692-694.

19 Pielou 1977, 124-134; Nance 1983, 300-310; McManamon 1984, 269-273.

20 Kintigh 1988, 694-695

21 Kintigh 1988; Nance 1983, 305; zie ook Davis 1986, 305-308.

4 Werkwijze

Voor de analyse van de opgravingsgegevens zijn steeds de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

1. Berekenen gemiddelden en spreiding van vuursteenhoeveelheden per opgraving

Het aantal stuks vuursteen per opgegraven vak is opgeteld en gemiddeld, en de standaardafwijking van het gemiddelde bepaald.

2. Uitrekenen veronderstelde opsporingskans op basis van gemiddelde vondstdichtheid en omvang van de vindplaats

Op basis van de gemiddelde vondstdichtheid is steeds de vindkans voor de hele vindplaats bepaald zoals deze wordt gegeven door het vindkansmodel van Stone.²² Hierbij is de waarnemingskans steeds op 1 gesteld. Uitgaande van het model dat door Tol *et al.*²³ is gepresenteerd, is vervolgens per vindplaats de veronderstelde opsporingskans van de betreffende concentratie of -spreiding van vuurstenen artefacten bepaald. Maatgevend hiervoor is het aantal boringen dat gemiddeld in de site zal worden gezet.

3. Analyse effect clustering

Om het effect van clustering na te gaan is ook de opsporingskans berekend zoals deze wordt gegeven door Kintigh²⁴ met behulp van de clustering-parameter k .

4. Simulatie van de opsporingskans

Door middel van simulaties is vervolgens de daadwerkelijke opsporingskans bepaald. Hiervoor zijn de volgende stappen gezet:

– Per vindplaats zijn steeds 100.000 simulaties gedaan van boorgrids, die steeds van positie en oriëntatie wisselen. Dit is steeds gedaan voor boordiameters van 15 en 12 cm, en de volgende boorpuntsafstanden:

- bij sites (of deel van vondstspreading) met een kleine omvang ($< 1000 \text{ m}^2$): 25, 20, 15, 10 en 5 m
- bij sites (of deel van vondstspreading) met een grote omvang: 50, 35, 25, 20 en 15 m.

De stabiliteit van de uitkomsten uit 100.000 simulaties is hoog, en valt steeds binnen een afwijking van 0,5%.

– Telkens als een gesimuleerde boring in een vak valt, is de bijbehorende dichtheid aan vuursteen bepaald, en de kans dat de boring dan ook daadwerkelijk vuursteen raakt.

– Voor elke vindplaats is bepaald hoeveel boringen er gemiddeld in de vindplaats vallen, hoeveel er daarvan raak zouden zijn, en de statistische spreiding daarvan. Op basis hiervan is vast te stellen wat de kans is dat vindplaats wel of niet opgespoord zal worden.

Deze cijfers zijn vervolgens vergeleken met de modelmatige uitkomsten van stap 2 en 3. In bijlage 1 wordt de opzet van de simulaties nader besproken.

Noten

²² Stone 1981; Tol *et al.* 2004.

²³ Tol *et al.* 2006, 30-31.

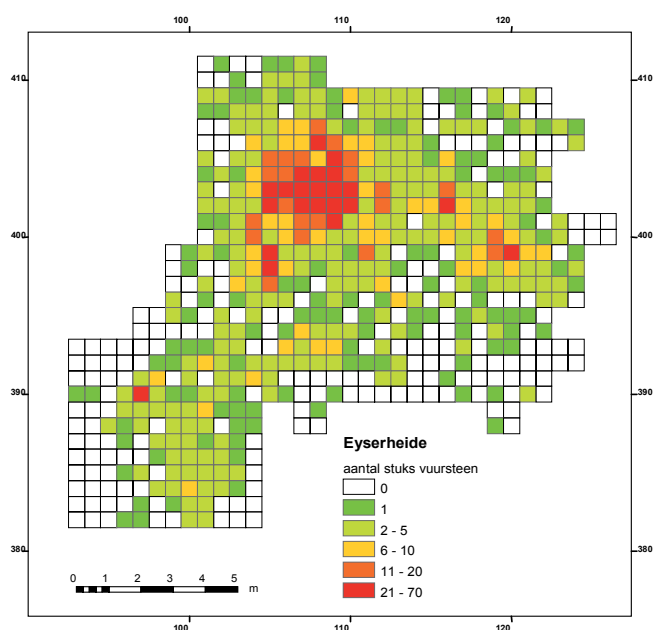
²⁴ Kintigh 1988.

5 Resultaten simulaties

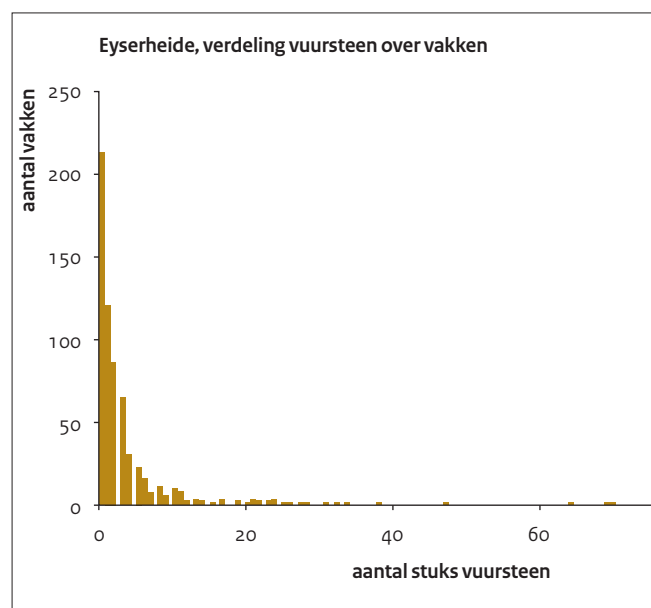
5.1 Eyserheide²⁵

De simulaties zijn uitgevoerd op het opgegraven deel van de vindplaats, begrensd door de lokale coördinaten 92/381 en 126/411 (632

vakken van 50 × 50 cm met een totale oppervlakte van 158 m²; zie afb. 3). Het aantal stuks vuursteen in deze zone is bepaald op basis van de gegevens in een door de RCE aangeleverd Excel-bestand. Dit betreft alleen ingemeten stukken vuursteen die bij troffelen zijn aan-



Afb. 3 Eyserheide, ruimtelijke verspreiding van de vuursteenfondsten.



Afb. 4 Eyserheide, verdeling vuursteen over opgravingsvakken.

Boorpuntsafstand	Boordiameter	Gesimuleerd op basis van tellingen per vak	Gesimuleerd op basis van gemiddelde vondstdichtheid	Berekend op basis Poisson-verdeling	Berekend op basis van k-parameter
25 m	12 cm	0,037	0,042	0,042	0,033
20 m	12 cm	0,051	0,066	0,066	0,052
15 m	12 cm	0,094	0,116	0,114	0,09
10 m	12 cm	0,196	0,236	0,236	0,19
5 m	12 cm	0,617	0,662	0,664	0,574
25 m	15 cm	0,041	0,063	0,063	0,046
20 m	15 cm	0,072	0,098	0,099	0,072
15 m	15 cm	0,131	0,171	0,17	0,124
10 m	15 cm	0,269	0,338	0,34	0,255
5 m	15 cm	0,757	0,816	0,816	0,697

Tabel 6 Eyserheide, resultaten simulaties. Nota bene: door Tol et al. (2006) zijn voor vindplaatsen van deze geringe omvang en lage vondstdichtheid geen opsporingsstrategieën aanbevolen.

getroffen. In het centrum van de vindplaats zijn 11 vakken van 1×1 m eerst nat en later droog gezeefd over een zeef met een maaswijdte van 4 mm. In deze vakken zijn 328 vuursteenfragmenten aangetroffen, en zeven leverde nog eens 193 artefacten op (verhouding tussen getrouffeld en gezeefd 1 : 1,59). Het vermenigvuldigen van de geregistreerde tellingen met 1,59 om alsnog tot een juiste schatting van de vondstdichtheid voor de hele vindplaats te komen is echter niet wenselijk. Bij lege vakken valt immers niet in te schatten hoeveel stuks vuursteen daar niet opgemerkt zijn, en ook bij lage vondstdichtheden leidt dit tot ongewenste resultaten, aangezien er in werkelijkheid nooit vakken met veelvoud van 1,59 vuursteenfragmenten zijn. Daarom zijn de simulaties alleen uitgevoerd op basis van de tellingen van de ingemeten vuursteenfragmenten. De gemiddelde dichtheid van de gedocumenteerde vuurstenen artefacten binnen het opgegraven gebied ligt op 3,4 stuks vuursteen per vak (standaardafwijking 7,0), dat wil zeggen 13,4 per m^2 . Als we ervan uitgaan dat de verhouding in vondstdichtheid tussen getrouffeld en gezeefd over de gehele vindplaats inderdaad 1:1,59 is, dan zou er in werkelijkheid sprake van een vondstdichtheid van 21,3 per m^2 .

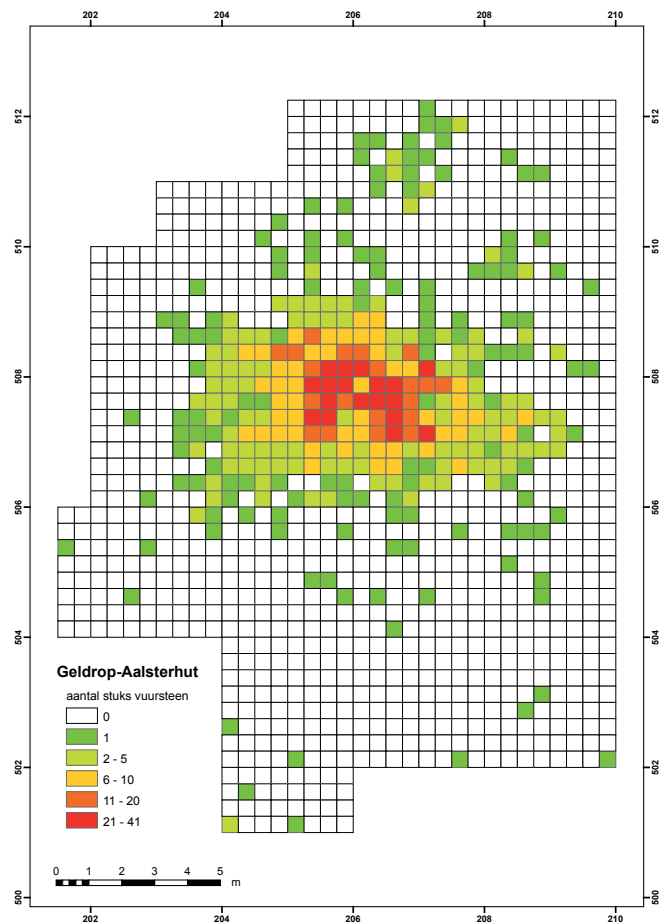
Het gebied waarin vuursteen is gevonden (de daadwerkelijke site) betreft in totaal $104,75 m^2$ (419 vakken). Dit gebied is overigens niet volledig aaneengesloten, vooral aan de randen van de opgegraven zone komen losse vuursteenvondsten voor die enkele vakken uit elkaar liggen. In dit gebied ligt de vindkans natuurlijk hoger: daar treffen we gemiddeld 5,1 stuks vuursteen per vak aan, ofwel 20,3 per m^2 .

Er is sprake van een scheve verdeling van vuursteendichtheden binnen de vindplaats (afb. 4). De *skewness* (inclusief vakken zonder vuursteen) is gelijk aan 5,33. De verdeling van de vuursteenvondsten is daarmee 'links scheef': 76,7% van de vakken heeft een vondstdichtheid die lager ligt dan het gemiddelde (inclusief vakken zonder vuursteen), resp. 77,6% (alleen vakken met vuursteen). De k-parameter voor deze vindplaats bedraagt 0,25 wat wijst op een sterke clustering van vondsten.

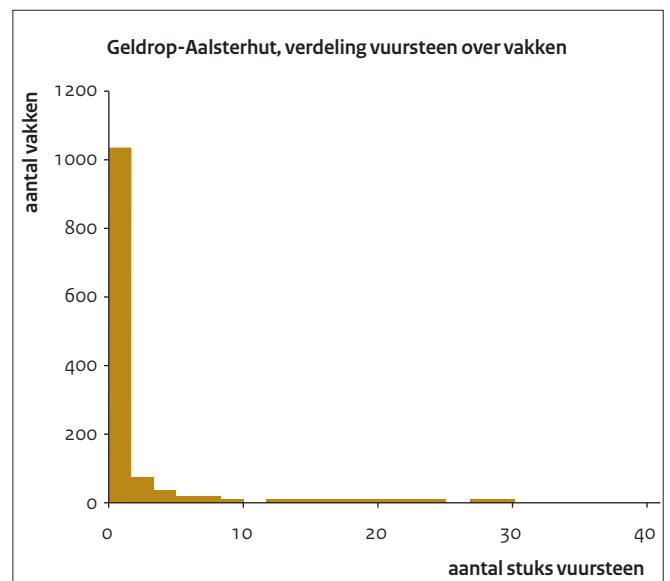
Op basis van de tellingen per vak zijn de opsporingsstrategieën gesimuleerd waarvan de resultaten in tabel 6 worden weergegeven. De resultaten van de simulaties geven aan dat de gedocumenteerde vondstverdeling, die gekarakteriseerd wordt door een kleine omvang, zeer lage vondstdichtheid en sterke clustering van vondsten, erg moeilijk op te sporen is met behulp van boringen. Alleen de meest intensieve strategie, dat wil zeggen een afstand tussen twee opeenvolgende boringen van 5 m en een boordiameter van 15 cm, resulteert in een opsporingskans hoger dan de benodigde 75%, uitgaande van zeven op 4 mm. Het gebruik van een 15 cm boor levert gemiddeld een 1,4 maal hogere opsporingskans op dan de 12 cm boor.

5.2 Geldrop-Aalsterhut²⁶

De simulaties zijn uitgevoerd voor een (vrijwel) volledig opgegraven concentratie van (vuur)stenen artefacten, begrensd door de lokale coördinaten 201/501 en 209/512 (1220 vakken van 50×50 cm met een totale oppervlakte van $305 m^2$; zie afb. 5). De vindplaats is oorspronkelijk opgegraven in vakken van 2×2 m. Bij troffelen



Afb. 5 Geldrop-Aalsterhut, ruimtelijke verspreiding van de vuursteenvondsten.



Afb. 6 Geldrop-Aalsterhut, verdeling vuursteen over opgravingsvakken.

aangetroffen vuursteenfragmenten zijn ingemeten, en daarnaast is elk vak nat gezeefd over 2 mm. Het aantal stuks vuursteen per vak is bepaald op basis van de gegevens in een door de RCE aangeleverd Excel-bestand. Dit betreft alleen de ingemeten stukken vuursteen die bij troffelen zijn aangetroffen. Het aantal extra aangetroffen artefacten door middel van zeven is echter zo klein (147 ofwel 9,2%), dat we kunnen veronderstellen dat de verdeling van het ingemeten vuursteen niet zeer sterk afwijkt van het totaal. Voor deze studie zijn de ingemeten artefacten verdeeld over 50×50 cm vakken. De gemiddelde dichtheid van het gedocumenteerde vuur-

Boorpuntsafstand	Boordiameter	Gesimuleerd op basis van tellingen per vak	Gesimuleerd op basis van gemiddelde vondstdichtheid	Berekend op basis Poisson-verdeling	Berekend op basis van k-parameter
25 m	12 cm	0,029	0,032	0,031	0,025
20 m	12 cm	0,042	0,046	0,047	0,038
15 m	12 cm	0,069	0,083	0,084	0,069
10 m	12 cm	0,157	0,182	0,182	0,149
5 m	12 cm	0,534	0,557	0,556	0,481
25 m	15 cm	0,041	0,047	0,047	0,035
20 m	15 cm	0,057	0,074	0,073	0,054
15 m	15 cm	0,096	0,126	0,127	0,096
10 m	15 cm	0,218	0,265	0,268	0,205
5 m	15 cm	0,683	0,719	0,718	0,606

Tabel 7 Geldrop-Aalsterhut, resultaten simulaties. *Nota bene: door Tol et al. (2006) zijn voor vindplaatsen van deze geringe omvang en lage vondstdichtheid geen opsporingsstrategieën aanbevolen.*

steen binnen het opgegraven gebied ligt op 1,3 stuks vuursteen per vak (standaardafwijking 4,1), dat wil zeggen 5,2 per m². De werkelijke vondstdichtheid bedraagt 5,7 per m².

Het gebied waarin vuursteen is gevonden (de daadwerkelijke site) betreft in totaal 82 m² (328 vakken). Dit gebied is niet volledig aaneengesloten, vooral aan de randen van de opgegraven zone komen losse vuursteenvondsten voor die enkele vakken uit elkaar liggen. In dit gebied ligt de vindkans natuurlijk hoger: daar treffen we gemiddeld 4,9 stuks vuursteen per vak aan, ofwel 19,5 per m².

Er is sprake van een scheve verdeling van vuursteendichtheden binnen de vindplaats (afb. 6). De *skewness* (inclusief vakken zonder vuursteen) is gelijk aan 4,93. De verdeling van de vuursteenvondsten is daarmee 'links scheef': 84,3% van de vakken heeft een vondstdichtheid die lager ligt dan het gemiddelde (inclusief vakken zonder vuursteen), resp. 70,1% (alleen vakken met vuursteen). De k-parameter voor deze vindplaats bedraagt 0,12 wat wijst op een zeer sterke clustering van vondsten.

Op basis van de tellingen per vak zijn de opsporingsstrategieën gesimuleerd waarvan de resultaten in tabel 7 worden weergegeven. De resultaten van de simulaties geven aan dat deze vindplaats, die gekarakteriseerd wordt door een kleine omvang, een extreem lage vondstdichtheid en zeer sterke clustering, erg moeilijk op te sporen is met behulp van boringen. Alleen de meest intensieve strategie, dat wil zeggen een afstand tussen twee opeenvolgende boringen van 5 m en een boordiameter van 15 cm, resulteert in een opsporingskans die in de buurt komt van de benodigde 75%. Het gebruik van een 15 cm boor levert gemiddeld een 1,4 maal hogere opsporingskans op dan de 12 cm boor.

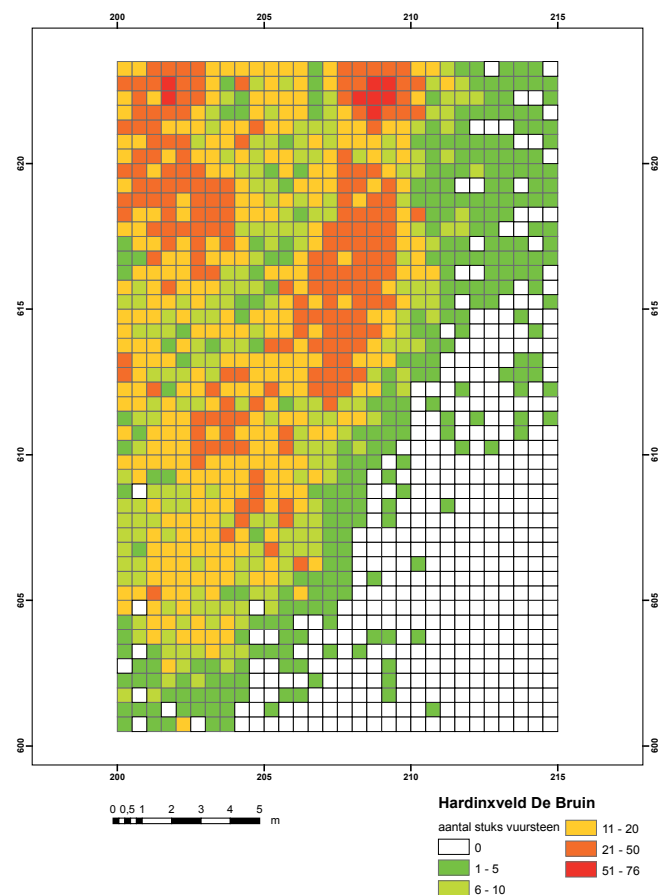
5.3 Hardinxveld-De Bruin²⁷

De simulaties zijn uitgevoerd op het opgegraven deel van de vindplaats, begrensd door de lokale coördinaten 200/600 en 215/623 (1380 vakken van 50 × 50 cm met een totale oppervlakte van 345 m²; zie afb. 7). De opgravingstekening maakt duidelijk dat het opgegraven areaal niet de gehele vindplaats of vondstspreading betreft, deze loopt aan de noord- en westkant nog verder door. Met andere woorden, de uitgevoerde analyses en simulaties hebben betrekking op een uitsnede uit een grotere vondstspreading, waarvan de begrenzing en dichtheden van (vuur)stenen artefacten niet volledig is vastgesteld.

Het aantal stuks vuursteen in de geanalyseerde zone is bepaald op basis van de gegevens die in EASY zijn opgeslagen (tabellen VOND-MAT.csv en VONDST.csv uit de velddatabase). Uit de documentatie blijkt dat de vondsten in een zandige matrix op 4 mm nat gezeefd

zijn, in een kleiige matrix is alleen getroffen. De gemiddelde dichtheid van het gedocumenteerde vuursteen binnen het opgegraven gebied ligt op 9,0 stuks vuursteen per vak (standaardafwijking 10,6), dat wil zeggen 36,1 per m². Overigens wijkt het totaal aantal stuks vuursteen in de database (12 462) iets af van het in de rapportage vermelde aantal (12 263).

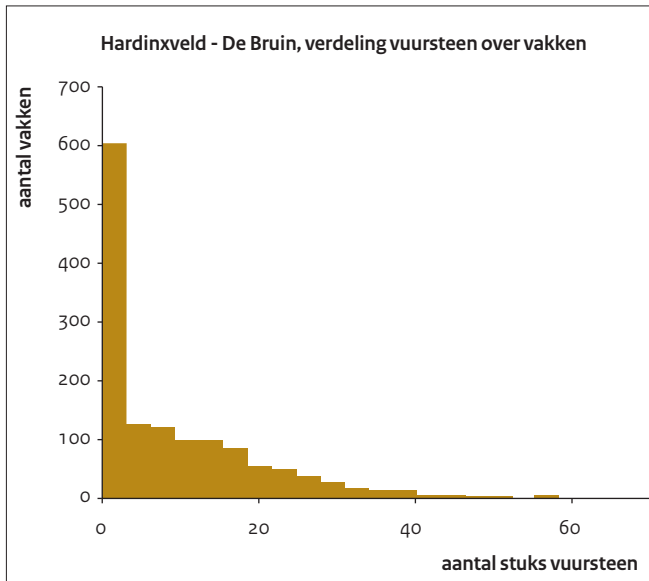
Het gebied waarin vuursteen is gevonden (de daadwerkelijke site) betreft in totaal 246,5 m² (986 vakken). Dit gebied is niet volledig aaneengesloten, vooral aan de randen van de opgegraven zone komen losse vuursteenvondsten voor die enkele vakken uit elkaar liggen. In dit gebied ligt de vindkans natuurlijk hoger: daar treffen we gemiddeld 12,6 stuks vuursteen per vak aan, ofwel 50,6 per m². Er is sprake van een licht scheve verdeling van vuursteendichtheden binnen de vindplaats (zie afb. 8). De *skewness* (inclusief vakken zonder vuursteen) is gelijk aan 1,59. De verdeling van de vuursteenvondsten is daarmee 'links scheef': 62,0% van de vakken heeft een



Afb. 7 Hardinxveld-De Bruin, ruimtelijke verspreiding van de vuursteenvondsten.

Boorpuntsafstand	Boordiameter	Gesimuleerd op basis van tellingen per vak	Gesimuleerd op basis van gemiddelde vondstdichtheid	Berekend op basis Poisson-verdeling	Berekend op basis van k-parameter
25 m	12 cm	0,166	0,198	0,198	0,165
20 m	12 cm	0,266	0,3	0,296	0,249
15 m	12 cm	0,45	0,487	0,486	0,418
10 m	12 cm	0,748	0,78	0,778	0,73
5 m	12 cm	0,997	0,998	0,998	0,993
25 m	15 cm	0,218	0,277	0,278	0,22
20 m	15 cm	0,344	0,412	0,41	0,328
15 m	15 cm	0,569	0,637	0,638	0,531
10 m	15 cm	0,864	0,897	0,899	0,819
5 m	15 cm	1	1	1	1

Tabel 8 Hardinxveld-De Bruin, resultaten simulaties.



Afb. 8 Hardinxveld-De Bruin, verdeling vuursteen over opgravingsvakken.

vondstdichtheid die lager ligt dan het gemiddelde (inclusief vakken zonder vuursteen), resp. 57,4% (alleen vakken met vuursteen). De k-parameter voor deze vindplaats bedraagt 0,78 wat wijst op een niet zeer sterke clustering van vondsten.

Op basis van de tellingen per vak zijn de opsporingsstrategieën gesimuleerd waarvan de resultaten in tabel 8 worden weergegeven. De resultaten van de simulaties geven aan dat het geanalyseerde deel van de vondstspreading, die gekarakteriseerd wordt door een middelgrote omvang, lage vondstdichtheid en niet zeer sterke clustering, op te sporen is met behulp van boringen, al moet hierbij een intensieve strategie (afstand tussen twee opeenvolgende boorpunten van 5 of 10 m) worden gehanteerd. Het gebruik van een 15 cm boor levert gemiddeld een 1,2 maal hogere opsporingskans op dan de 12 cm boor.

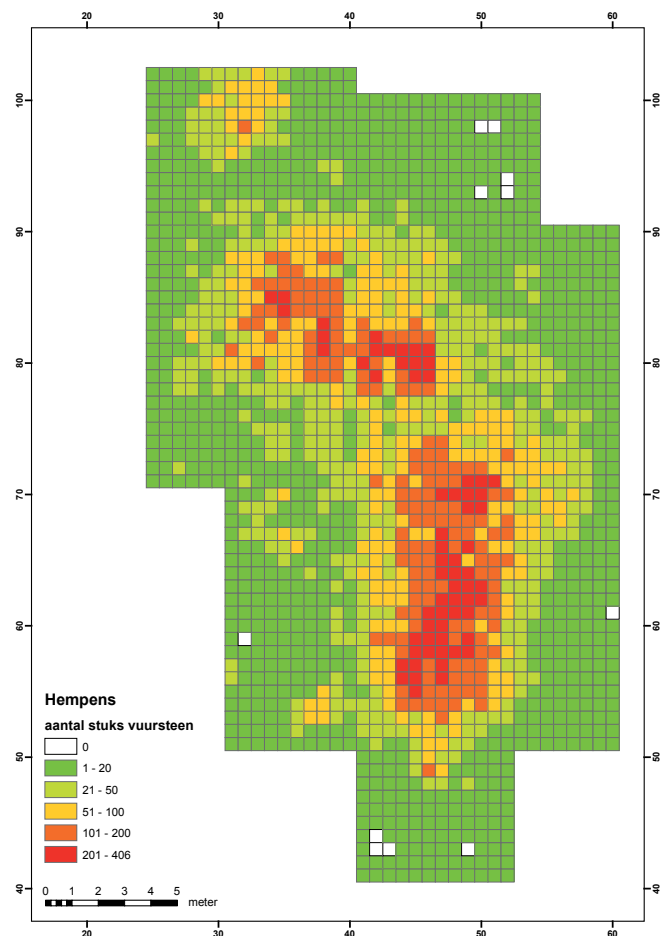
5.4 Hempens²⁸

De simulaties zijn uitgevoerd voor een (vrijwel) volledig opgegraven vondstconcentratie, begrensd door de lokale coördinaten 24/40 en 60/102 (1772 vakken van 50 × 50 cm met een totale oppervlakte van 443 m²; zie afb. 9). Het aantal stuks vuursteen in de geanalyseerde zone is bepaald op basis van de gegevens in een door de Universiteit Gent aangeleverd Excel-bestand. Uit de documentatie blijkt dat alles op 3 mm nat gezeefd is. De gemiddelde dichtheid van het gedocumenteerde vuursteen binnen het opge-

graven gebied ligt op 42,0 stuks vuursteen per vak (standaardafwijking 59,7), dat wil zeggen 167,9 per m².

Er is sprake van een scheve verdeling van vuursteendichtheden binnen de vindplaats (zie afb. 10). De skewness (inclusief vakken zonder vuursteen) is gelijk aan 2,50. De verdeling van de vuursteen-vondsten is daarmee 'links scheef': 71,4% van de vakken heeft een vondstdichtheid die lager ligt dan het gemiddelde. De k-parameter voor deze vindplaats bedraagt 0,50 wat wijst op een vrij sterke clustering van vondsten.

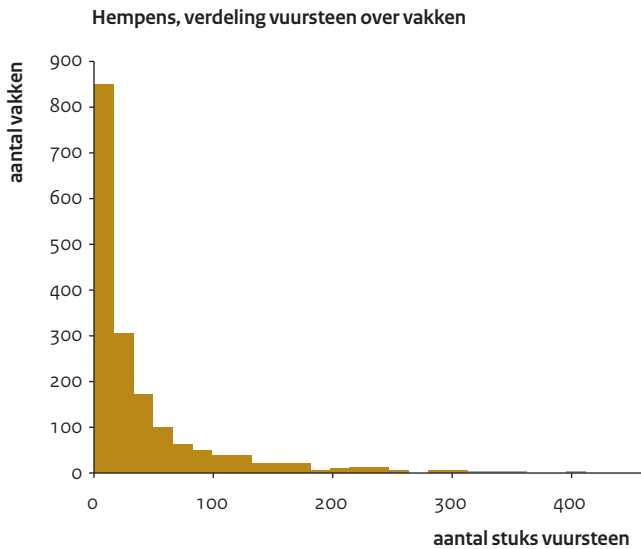
Op basis van de tellingen per vak zijn de opsporingsstrategieën gesimuleerd waarvan de resultaten in tabel 9 worden weergegeven. De resultaten van de simulaties geven aan dat deze vrijwel volledig opgegraven vondstconcentratie, die gekarakteriseerd wordt door een middelgrote omvang, hoge vondstdichtheid en vrij sterke clustering, goed op te sporen is met behulp van boringen. De door Tol *et al.*²⁹ aanbevolen strategie (op zand: 20 × 25 m met 15 cm



Afb. 9 Hempens, ruimtelijke verspreiding van de vuursteenvondsten.

Boorpuntsafstand	Boordiameter	Gesimuleerd op basis van tellingen per vak	Gesimuleerd op basis van gemiddelde vondstichtheid	Berekend op basis Poisson-verdeling	Berekend op basis van k-parameter
25 m	12 cm	0,42	0,607	0,606	0,396
20 m	12 cm	0,623	0,816	0,815	0,57
15 m	12 cm	0,861	0,967	0,967	0,793
10 m	12 cm	0,996	1	1	0,93
5 m	12 cm	1	1	1	1
25 m	15 cm	0,48	0,674	0,672	0,449
20 m	15 cm	0,701	0,882	0,882	0,634
15 m	15 cm	0,923	0,991	0,99	0,852
10 m	15 cm	0,999	1	1	0,987
5 m	15 cm	1	1	1	1

Tabel 9 Hempens, resultaten simulaties.



Afb. 10 Hempens, verdeling vuursteen over opgravingsvakken.

diameter) is echter onvoldoende om de benodigde opsporingskans van 75% te garanderen. Het gebruik van een 15 cm boor levert gemiddeld een 1,1 maal hogere opsporingskans op dan de 12 cm boor.

5.5 A27 – Hoge Vaart³⁰

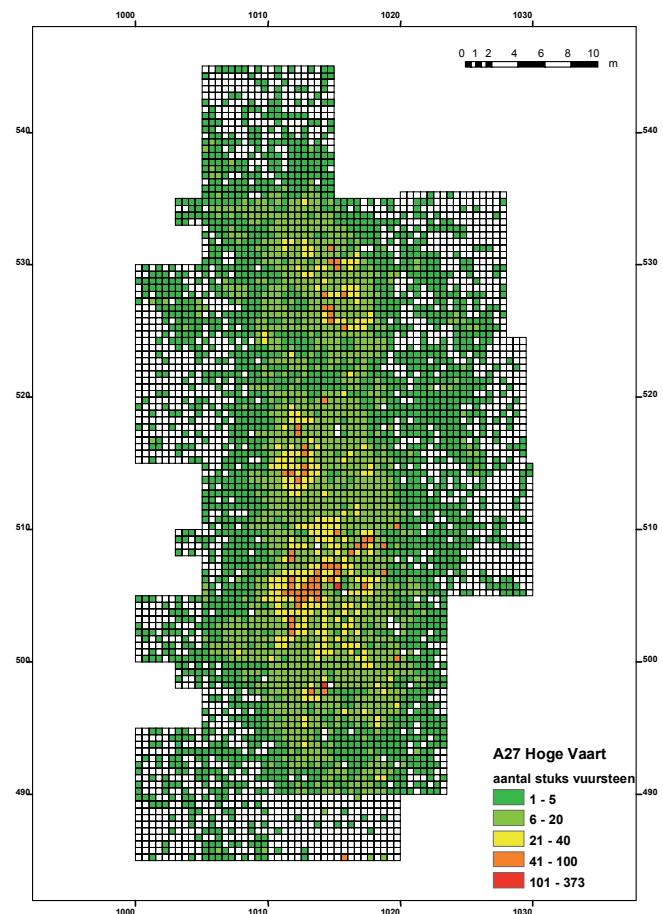
De simulaties zijn uitgevoerd voor het vrijwel volledig opgegraven, centrale deel van een grote(re) vondstspreading, begrensd door de lokale coördinaten 1000/485 en 1030/545 (5371 vakken van 50 × 50 cm met een oppervlakte van 1342,75 m²; zie afb. 11). Het aantal stuks vuursteen in de geanalyseerde zone is bepaald op basis van de gegevens die bij DANS zijn opgeslagen (tabel A27_fliz.csv). Dit bestand bevat de tellingen van alle vuursteen > 1 cm² en alle overige vuursteen die gedetermineerd kon worden. Een verdere onderverdeling naar fijnere zeeffracties kan niet worden gemaakt; uit de documentatie blijkt dat alles weliswaar op 2 mm nat gezeefd is, maar dat er alleen geteld is voor een beperkt aantal geselecteerde transecten. De gemiddelde dichtheid van het gedocumenteerde vuursteen (dus > 1 cm²) binnen het opgegraven gebied ligt op 5,4 stuks vuursteen per vak (standaardafwijking 10,3), dat wil zeggen 21,5 per m².

Het gebied waarin vuursteen is gevonden (de daadwerkelijke site) betreft in totaal 916 m² (3664 vakken). Dit gebied is overigens niet volledig aaneengesloten, vooral aan de randen van de opgegraven zone komen losse vuursteenvondsten voor die enkele vakken uit

elkaar liggen. In dit gebied ligt de vindkans natuurlijk hoger: daar treffen we gemiddeld 7,9 stuks vuursteen per vak aan, ofwel 31,6 per m².

Er is sprake van een scheve verdeling van vuursteendichtheden binnen de vindplaats (zie afb. 12). De skewness (inclusief vakken zonder vuursteen) is gelijk aan 10,74. De verdeling van de vuursteenvondsten is daarmee sterk 'links scheef': 71,9% van de vakken heeft een vondstichtheid die lager ligt dan het gemiddelde (inclusief vakken zonder vuursteen), resp. 67,3% (alleen vakken met vuursteen). De k-parameter voor deze vindplaats bedraagt 0,29 wat ook wijst op een sterke clustering van vondsten.

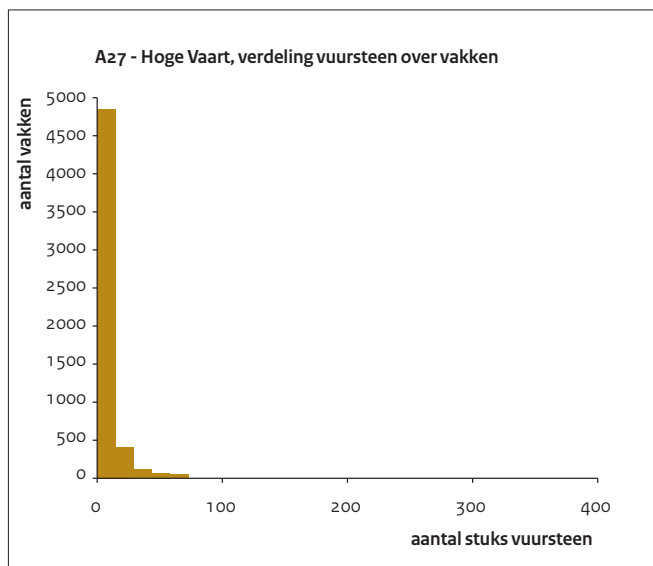
Op basis van de tellingen per vak zijn de opsporingsstrategieën gesimuleerd waarvan de resultaten in tabel 10 worden weergegeven. De resultaten van de simulaties geven aan dat het geanalyseerde deel van de vondstspreading, die gekarakteriseerd wordt



Afb. 11 A27-Hoge Vaart, ruimtelijke verspreiding van de vuursteenvondsten.

Boorpuntsafstand	Boordiameter	Gesimuleerd op basis van tellingen per vak	Gesimuleerd op basis van gemiddelde vondstdichtheid	Berekend op basis Poisson-verdeling	Berekend op basis van k-parameter
50 m	12 cm	0,104	0,121	0,121	0,092
35 m	12 cm	0,205	0,241	0,242	0,184
25 m	12 cm	0,376	0,436	0,437	0,342
20 m	12 cm	0,534	0,595	0,595	0,506
15 m	12 cm	0,754	0,806	0,804	0,695
50 m	15 cm	0,138	0,179	0,176	0,121
35 m	15 cm	0,274	0,343	0,344	0,241
25 m	15 cm	0,486	0,587	0,587	0,435
20 m	15 cm	0,665	0,751	0,751	0,593
15 m	15 cm	0,871	0,912	0,92	0,803

Tabel 10 A27-Hoge Vaart, resultaten simulaties.



Afb. 12 A27-Hoge Vaart, verdeling vuursteen over opgravingsvakken.

door een middelgrote omvang, een matig-hoge vondstdichtheid en sterke clustering, vrij moeilijk op te sporen is met behulp van boringen, en een strategie vergt die eigenlijk aanbevolen is voor kleine vindplaatsen. Hierbij moet echter wel rekening worden gehouden met het feit dat het zeven in dit geval de opsporingskans duidelijk zal vergroten. Het gebruik van een 15 cm boor levert gemiddeld een 1,3 maal hogere opsporingskans op dan de 12 cm boor.

5.6 Keinsmerbrug³¹

De simulaties zijn uitgevoerd voor het opgegraven deel van de vindplaats, begrensd door de lokale coördinaten 16/8 en 36/33 (1x1 m vakken met een totale oppervlakte van 431 m²; zie afb. 13). Het aantal stuks vuursteen in de geanalyseerde zone is bepaald door Gary Nobles (RUG). Overigens is uit de opgravingstekening duidelijk dat het opgegraven gedeelte niet de gehele vindplaats of vondstspreading betreft, deze loopt tot buiten de grenzen van het opgegraven gebied verder door. Met andere woorden, de voor deze vindplaats uitgevoerde analyses en simulaties hebben betrekking op een uitsnede uit een grotere vondstspreading, waarvan de begrenzing en dichtheden van (vuur)stenen artefacten niet is vastgesteld.

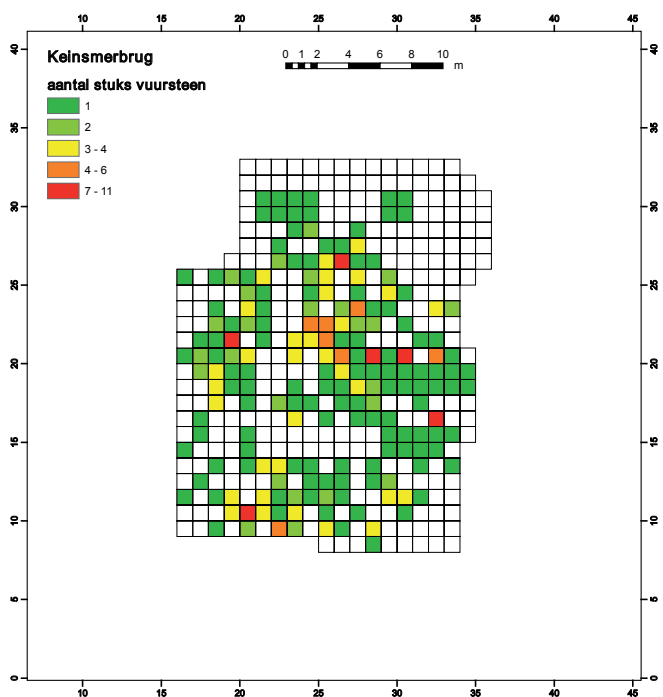
Uit de documentatie is niet af te leiden of er gezeefd is, en op welke maaswijdte. De gedocumenteerde tellingen zijn echter dermate laag dat verondersteld kan worden dat deze vindplaats niet gezeefd

is. De gemiddelde dichtheid van het gedocumenteerde vuursteen binnen het opgegraven gebied ligt op 0,8 stuks vuursteen per m²-vak (standaardafwijking 1,6). De tellingen zijn niet in alle gevallen per m² gedaan, op sommige punten is verzameld in vakken van 1 x 2 of 2 x 2 m. Deze tellingen zijn daarom teruggebracht naar gemiddelden per m²-vak.

Het gebied waarin vuursteen is gevonden (de daadwerkelijke site) betreft in totaal 190 m². Dit gebied is overigens niet volledig aangesloten, vooral aan de randen van de opgegraven zone komen losse vuursteenvondsten voor die enkele vakken uit elkaar liggen. In dit gebied ligt de vindkans natuurlijk hoger: daar treffen we gemiddeld 1,8 stuks vuursteen per m² vak aan.

Er is sprake van een scheve verdeling van vuursteendichtheden binnen de vindplaats (zie afb. 14). De skewness (inclusief vakken zonder vuursteen) is gelijk aan 3,51. De verdeling van de vuursteenvondsten is daarmee 'links scheef': 65,9% van de vakken heeft een vondstdichtheid die lager ligt dan het gemiddelde (inclusief vakken zonder vuursteen), resp. 63,7% (alleen vakken met vuursteen). De k-parameter voor deze vindplaats bedraagt 0,39 wat wijst op een vrij sterke clustering van vondsten.

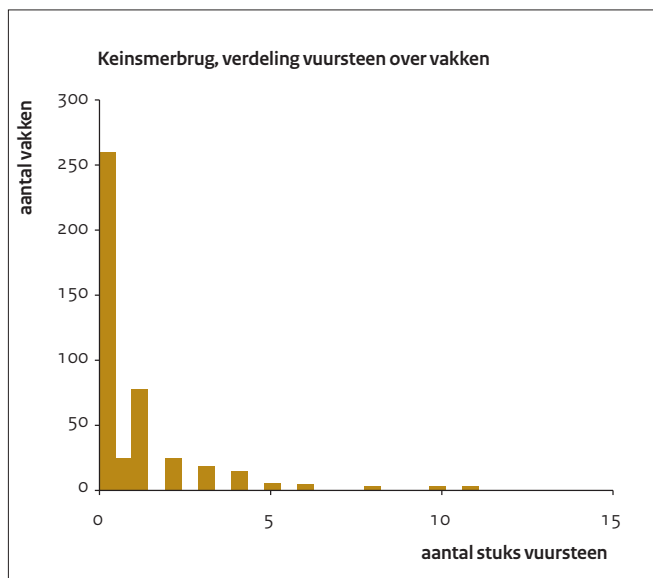
Op basis van de tellingen per vak zijn de opsporingsstrategieën gesimuleerd waarvan de resultaten in tabel 11 worden weergegeven. De resultaten van de simulaties geven aan dat het geanaly-



Afb. 13 Keinsmerbrug, ruimtelijke verspreiding van de vuursteenvondsten.

Boorpuntsafstand	Boordiameter	Gesimuleerd op basis van tellingen per vak	Gesimuleerd op basis van gemiddelde vondstdichtheid	Berekend op basis Poisson-verdeling	Berekend op basis van k-parameter
25 m	12 cm	0,007	0,007	0,007	0,007
20 m	12 cm	0,011	0,011	0,011	0,011
15 m	12 cm	0,019	0,02	0,02	0,019
10 m	12 cm	0,044	0,044	0,044	0,043
5 m	12 cm	0,165	0,166	0,166	0,164
25 m	15 cm	0,011	0,011	0,011	0,011
20 m	15 cm	0,017	0,017	0,017	0,017
15 m	15 cm	0,029	0,03	0,03	0,03
10 m	15 cm	0,068	0,068	0,068	0,066
5 m	15 cm	0,245	0,246	0,246	0,242

Tabel 11 Keinsmerbrug, resultaten simulaties. Nota bene: door Tol et al. (2006) zijn voor vindplaatsen van deze lage vondstdichtheid geen opsporingsstrategieën aanbevolen.



Afb. 14 Keinsmerbrug, verdeling vuursteen over opgravingsvakken.

seerde deel van de vondstspreading, die gekarakteriseerd wordt door een kleine omvang, extreem lage vondstdichtheid en vrij sterke clustering, vrijwel niet op te sporen is met behulp van boringen. Het gebruik van een 15 cm boor levert gemiddeld een 1,6 maal hogere opsporingskans op dan de 12 cm boor.

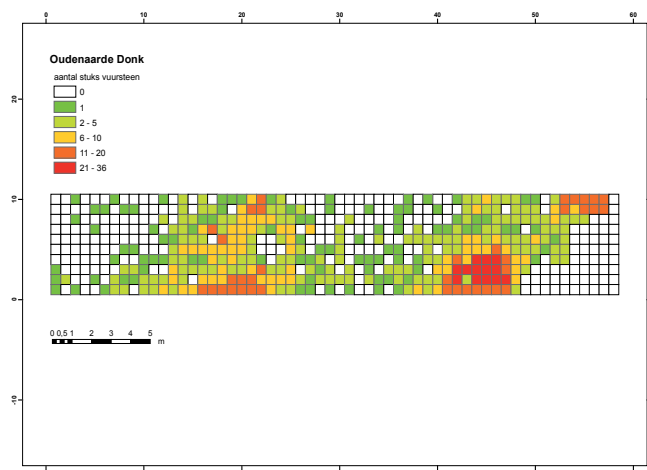
5.7 Oudenaarde-Donk³²

De simulaties zijn uitgevoerd op het opgegraven deel van de vindplaats, begrensd door de lokale coördinaten 0/0 en 58/10 (580 vakken van 50 × 50 cm met een totale oppervlakte van 145 m²; zie afb. 15). Het gebied tussen coördinaten 59/0 en 100/10 heeft geen vuursteenvondsten opgeleverd, en is daarom niet meegenomen voor de simulaties. Ook voor Oudenaarde-Donk is het duidelijk dat het opgegraven gebied niet de gehele vindplaats of vondstspreading betreft. Met andere woorden, de voor deze vindplaats uitgevoerde analyses en simulaties hebben betrekking op een uitsnede uit een grotere vondstspreading, waarvan de begrenzing en dichtheden van (vuur)stenen artefacten niet is vastgesteld.

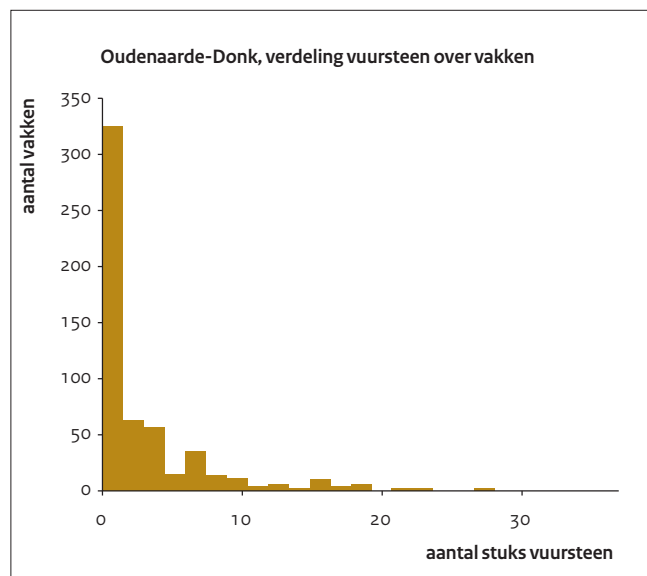
Het aantal stuks vuursteen in de geanalyseerde zone is bepaald op basis van de gegevens in een door de Universiteit Gent aangeleverd Excel-bestand. Uit de documentatie blijkt dat alles op 1 mm nat gezeefd is. De gemiddelde dichtheid van het gedocumenteerde vuursteen binnen het opgegraven gebied ligt op 3,3 stuks vuursteen per vak (standaardafwijking 5,4), dat wil zeggen 13,1 per m².

Het gebied waarin vuursteen is gevonden (de daadwerkelijke site) betreft in totaal 87,25 m² (349 vakken). Dit gebied is overigens niet volledig aaneengesloten, vooral aan de randen van de opgegraven zone komen losse vuursteenvondsten voor die enkele vakken uit elkaar liggen. In dit gebied ligt de vindkans natuurlijk hoger: daar treffen we gemiddeld 5,4 stuks vuursteen per vak aan, ofwel 21,7 per m².

Er is sprake van een scheve verdeling van vuursteendichtheden binnen de vindplaats (zie afb. 16). De skewness (inclusief vakken zonder vuursteen) is gelijk aan 2,68. De verdeling van de vuursteen-



Afb. 15 Oudenaarde-Donk, ruimtelijke verspreiding van de vuursteenvondsten.



Afb. 16 Oudenaarde-Donk, verdeling vuursteen over opgravingsvakken.

Boorpuntsafstand	Boordiameter	Gesimuleerd op basis van tellingen per vak	Gesimuleerd op basis van gemiddelde vondstdichtheid	Berekend op basis Poisson-verdeling	Berekend op basis van k-parameter
25 m	12 cm	0,031	0,035	0,035	0,03
20 m	12 cm	0,047	0,056	0,056	0,048
15 m	12 cm	0,081	0,1	0,1	0,086
10 m	12 cm	0,189	0,216	0,217	0,189
5 m	12 cm	0,575	0,621	0,621	0,564
25 m	15 cm	0,044	0,052	0,052	0,042
20 m	15 cm	0,067	0,086	0,084	0,068
15 m	15 cm	0,112	0,15	0,148	0,121
10 m	15 cm	0,258	0,312	0,312	0,259
5 m	15 cm	0,715	0,781	0,779	0,699

Tabel 12 Oudenaarde-Donk, resultaten simulaties. Nota bene: door Tol et al. (2006) zijn voor vindplaatsen van deze geringe omvang en lage vondstdichtheid geen opsporingsstrategieën aanbevolen.

vondsten is daarmee ‘links scheef’: 72,2% van de vakken heeft een vondstdichtheid die lager ligt dan het gemiddelde (inclusief vakken zonder vuursteen). De k-parameter voor deze vindplaats bedraagt 0,41 wat wijst op een vrij sterke clustering van vondsten. Op basis van de tellingen per vak zijn de opsporingsstrategieën gesimuleerd waarvan de resultaten in tabel 12 worden weergegeven. De resultaten van de simulaties geven aan dat het geanalyseerde deel van de vondstspreading, die gekarakteriseerd wordt door een kleine omvang en extreem lage vondstdichtheid (uitgaande van artefacten van 3 mm en groter), erg moeilijk op te sporen is met behulp van boringen. Alleen de meest intensieve strategie resulteert in een opsporingskans die in de buurt komt van de benodigde 75%, uitgaande van zeven op 1 mm. Het gebruik van een 15 cm boor levert gemiddeld een 1,4 maal hogere opsporingskans op dan de 12 cm boor.

5.8 Stroe³³

De simulaties zijn uitgevoerd op het opgegraven deel van de vindplaats, begrensd door de lokale coördinaten 390/600 en 410/610 (118 vakken van 50 × 50 cm met een totale oppervlakte van 29,5 m²; zie afb. 17). Het opgegraven gebied in Stroe betreft niet de gehele vindplaats of vondstspreading. Met andere woorden, de voor deze vindplaats uitgevoerde analyses en simulaties hebben betrekking op een uitsnede uit een grotere vondstspreading, waarvan de begrenzing en dichtheden van (vuur)stenen artefacten niet volledig is vastgesteld.

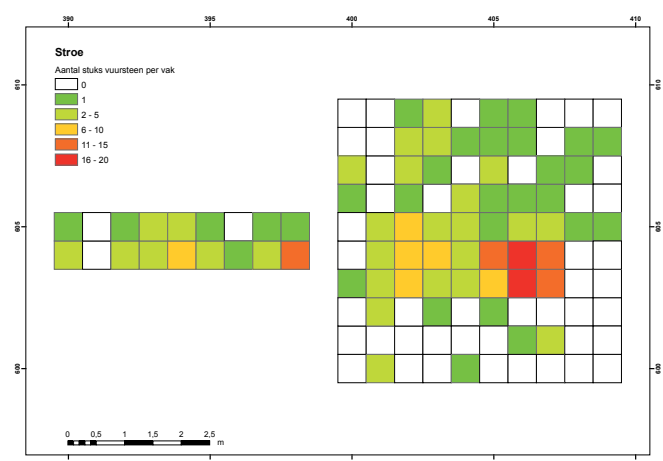
Het aantal stuks vuursteen in deze zone is bepaald op basis van de gegevens in een door de RCE aangeleverd Excel-bestand. Uit de documentatie blijkt dat alles op 1 mm nat gezeefd is. De gemiddelde dichtheid van het gedocumenteerde vuursteen binnen het opgegraven gebied ligt op 2,0 stuks vuursteen per vak (standaardafwijking 3,7), dat wil zeggen 7,9 per m².

Het gebied waarin vuursteen is gevonden (de daadwerkelijke site) betreft in totaal 17,25 m² (69 vakken). Dit gebied is overigens niet volledig aaneengesloten, vooral aan de randen van de opgegraven zone komen losse vuursteenvondsten voor die enkele vakken uit elkaar liggen. In dit gebied ligt de vindkans natuurlijk hoger: daar treffen we gemiddeld 3,4 stuks vuursteen per vak aan, ofwel 13,6 per m². De geschatte vondstdichtheid, uitgaande van het zeven van het sediment over een zeef met een maaswijdte van 3 mm, bedraagt 4,5 per m².

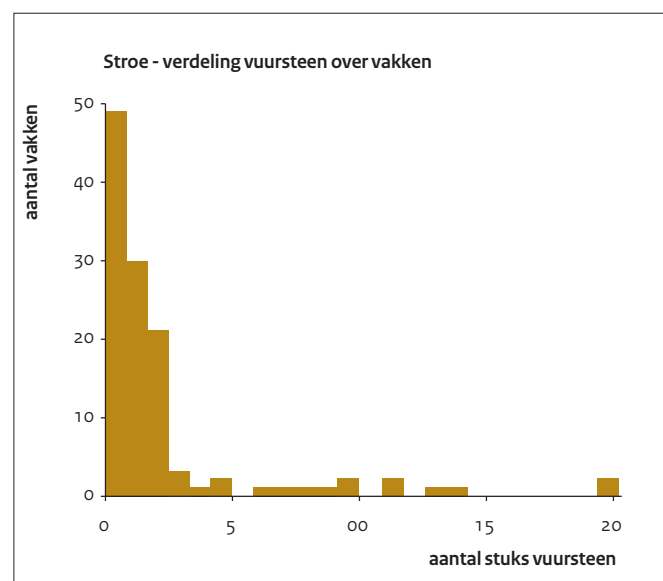
Er is sprake van een scheve verdeling van vuursteendichtheden binnen de vindplaats (zie afb. 18). De skewness (inclusief vakken zonder vuursteen) is gelijk aan 3,06. De verdeling van de vuursteen-

vondsten is daarmee ‘links scheef’: 67,8% van de vakken heeft een vondstdichtheid die lager ligt dan het gemiddelde (inclusief vakken zonder vuursteen), resp. 79,7% (alleen vakken met vuursteen). De k-parameter voor deze vindplaats bedraagt 0,35 wat wijst op een sterke clustering van vondsten.

Op basis van de tellingen per vak zijn de opsporingsstrategieën gesimuleerd waarvan de resultaten in tabel 13 worden weergegeven. De resultaten van de simulaties geven aan dat het geanalyseerde deel van de vondstspreading, die gekarakteriseerd wordt



Afb. 17 Stroe, ruimtelijke verspreiding van de vuursteenvondsten.



Afb. 18 Stroe, verdeling vuursteen over opgravingsvakken.

Boorpuntsafstand	Boordiameter	Gesimuleerd op basis van tellingen per vak	Gesimuleerd op basis van gemiddelde vondstdichtheid	Berekend op basis Poisson-verdeling	Berekend op basis van k-parameter
25 m	12 cm	0,005	0,005	0,005	0,004
20 m	12 cm	0,007	0,007	0,007	0,007
15 m	12 cm	0,011	0,013	0,013	0,011
10 m	12 cm	0,027	0,031	0,031	0,028
5 m	12 cm	0,099	0,108	0,108	0,097
25 m	15 cm	0,006	0,007	0,007	0,006
20 m	15 cm	0,009	0,011	0,011	0,009
15 m	15 cm	0,016	0,019	0,019	0,016
10 m	15 cm	0,039	0,051	0,047	0,04
5 m	15 cm	0,14	0,164	0,163	0,139

Tabel 13 Stroe, resultaten simulaties. Nota bene: door Tol et al. (2006) zijn voor vindplaatsen van deze geringe omvang en lage vondstdichtheid geen opsporingsstrategieën aanbevolen.

door een zeer kleine omvang, extreem lage vondstdichtheid en vrij sterke clustering van vondsten, vrijwel niet op te sporen is met behulp van boringen. Het gebruik van een 15 cm boor levert gemiddeld een 1,4 maal hogere opsporingskans op dan de 12 cm boor.

in het laatste geval alleen met boordiameter van 15 cm) resulteert in een opsporingskans die boven de 75% ligt. Het gebruik van een 15 cm boor levert gemiddeld een 1,3 maal hogere opsporingskans op dan de 12 cm boor.

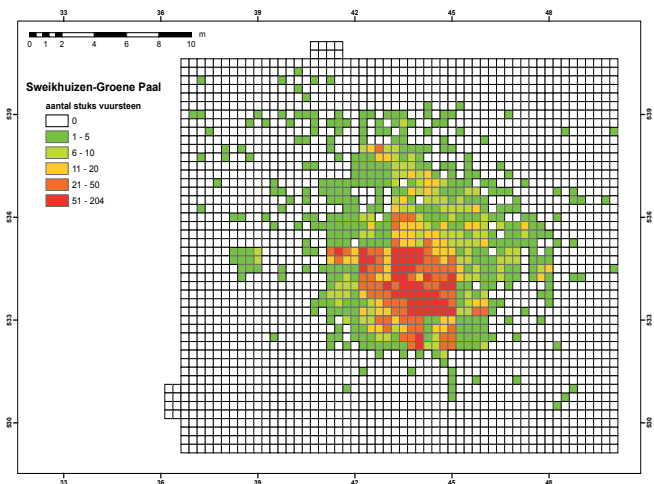
5.9 Sweikhuizen – Groene Paal³⁴

De simulaties zijn uitgevoerd voor de volledig opgegraven vindplaats, begrensd door de lokale coördinaten 36/529 en 49/540 (2500 vakken van 50 × 50 cm met een totale oppervlakte van 625 m²; zie afb. 19). De vindplaats is oorspronkelijk opgegraven in vakken van 2 × 2 m. Bij troffelen aangetroffen vuursteenfragmenten zijn ingemeten, en daarnaast is elk vak nat gezeefd over 3 mm (mededeling drs. J. Deebe). Er is echter geen informatie beschikbaar over het aantal aangetroffen vondsten door middel van zeven. Het aantal stuks vuursteen per vak is bepaald op basis van de gegevens in een door de RCE aangeleverd Excel-bestand. Dit betreft dus alleen de ingemeten stukken vuursteen die bij troffelen zijn aangetroffen. Voor deze studie zijn deze verdeeld over 50 × 50 cm vakken. De gemiddelde dichtheid van het gedocumenteerde vuursteen binnen het opgegraven gebied ligt op 3,4 stuks vuursteen per vak (standaardafwijking 13,9), dat wil zeggen 13,6 per m².

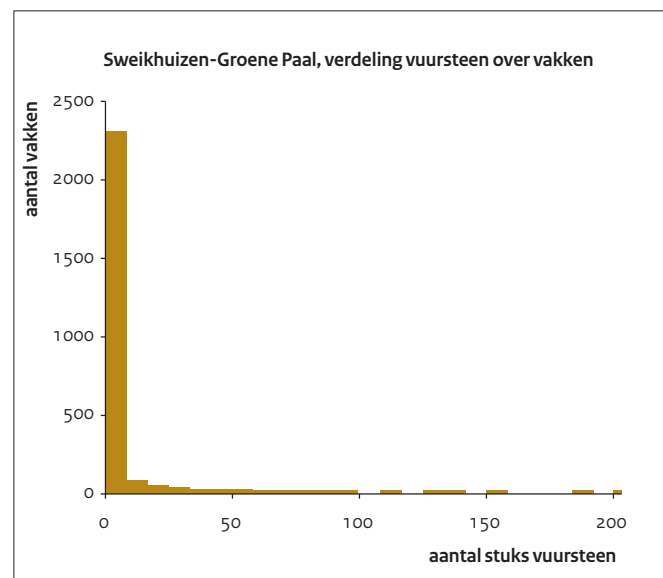
Het gebied waarin vuursteen is gevonden (de daadwerkelijke site) betreft in totaal 160 m² (640 vakken) en is daarmee beduidend kleiner dan het gebied (625 m²) dat is opgegraven. Het gebied met vuursteenvondsten is overigens niet volledig aaneengesloten, vooral aan de randen van de opgegraven zone komen losse vuursteenvondsten voor die enkele vakken uit elkaar liggen. In dit gebied ligt de vindkans natuurlijk hoger: daar treffen we gemiddeld 13,3 stuks vuursteen per vak aan, ofwel 53,0 per m².

Er is sprake van een scheve verdeling van vuursteendichtheden binnen de vindplaats (zie afb. 20). De skewness (inclusief vakken zonder vuursteen) is gelijk aan 7,64. De verdeling van de vuursteenvondsten is daarmee sterk 'links scheef': 90,1% van de vakken heeft een vondstdichtheid die lager ligt dan het gemiddelde (inclusief vakken zonder vuursteen), resp. 77,3% (alleen vakken met vuursteen). De k-parameter voor deze vindplaats bedraagt 0,06 wat wijst op een zeer sterke clustering van vondsten.

Op basis van de tellingen per vak zijn de opsporingsstrategieën gesimuleerd waarvan de resultaten in tabel 14 worden weergegeven. De resultaten van de simulaties geven aan dat deze vindplaats, die gekarakteriseerd wordt door een kleine omvang, een lage vondstdichtheid en zeer sterke clustering, erg moeilijk op te sporen is met behulp van boringen. Alleen de meest intensieve strategie (afstand tussen twee opeenvolgende boringen van 5 of 10 m,



Afb. 19 Sweikhuizen-Groene Paal, ruimtelijke verspreiding van de vuursteenvondsten.



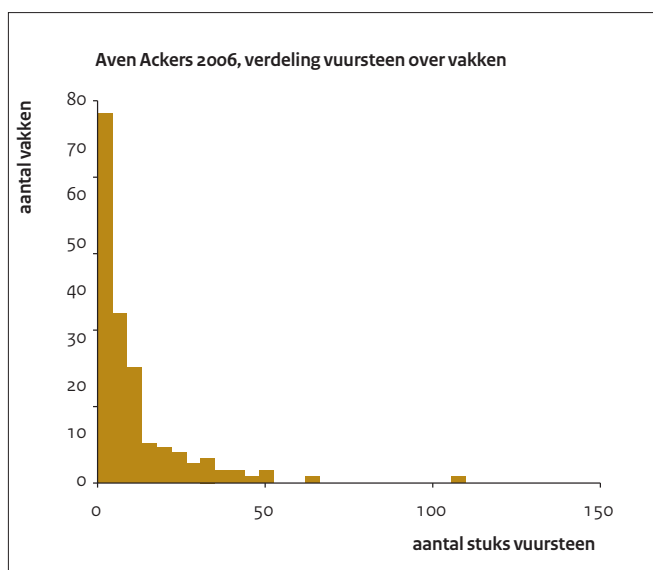
Afb. 20 Sweikhuizen-Groene Paal, verdeling vuursteen over opgravingsvakken.

Boorpuntsafstand	Boordiameter	Gesimuleerd op basis van tellingen per vak	Gesimuleerd op basis van gemiddelde vondsdichtheid	Berekend op basis Poisson-verdeling	Berekend op basis van k-parameter
25 m	12 cm	0,088	0,157	0,156	0,081
20 m	12 cm	0,14	0,229	0,228	0,122
15 m	12 cm	0,228	0,381	0,378	0,212
10 m	12 cm	0,491	0,656	0,659	0,416
5 m	12 cm	0,96	0,998	0,986	0,935
25 m	15 cm	0,113	0,227	0,231	0,102
20 m	15 cm	0,176	0,327	0,329	0,152
15 m	15 cm	0,289	0,522	0,522	0,26
10 m	15 cm	0,6	0,813	0,812	0,494
5 m	15 cm	0,989	0,999	0,998	0,885

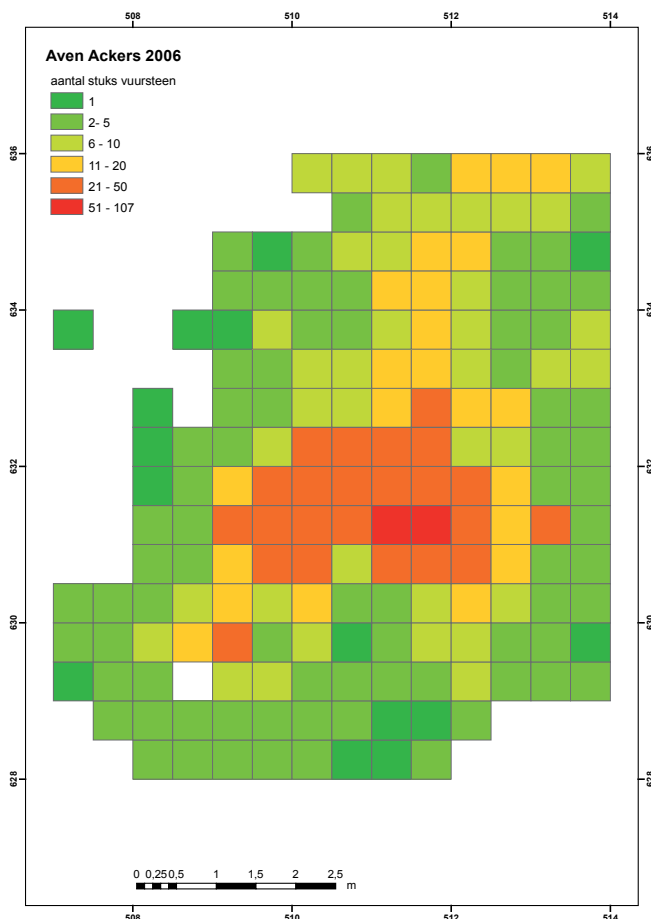
Tabel 14 Sweikhuizen-Groene Paal, resultaten simulaties. Nota bene: door Tol et al. (2006) zijn voor vindplaatsen van deze geringe omvang en lage vondsdichtheid geen opsporingsstrategieën aanbevolen.

5.10 Verrebroek – Aven Ackers 2006³⁵

De simulaties zijn uitgevoerd op het opgegraven deel van de vindplaats, begrensd door de lokale coördinaten 507/628 en 514/636 (175 vakken van 50 × 50 cm met een totale oppervlakte van 43,75 m²; zie afb. 21). In dit deel is een kleine concentratie van (vuur)stenen artefacten volledig gedocumenteerd, die vermoedelijk deel uitmaakte van een grotere verspreiding van vondsten. Het aantal stuks vuursteen in het opgegraven deel is bepaald op basis van de gegevens in een door de Universiteit Gent aan-



Afb. 22 Verrebroek-Aven Ackers 2006, verdeling vuursteen over opgravingsvakken.



Afb. 21 Verrebroek-Aven Ackers 2006, ruimtelijke verspreiding van de vuursteenfondsten.

Boorpuntsafstand	Boordiameter	Gesimuleerd op basis van tellingen per vak	Gesimuleerd op basis van gemiddelde vondsdichtheid	Berekend op basis Poisson-verdeling	Berekend op basis van k-parameter
25 m	12 cm	0,024	0,03	0,031	0,024
20 m	12 cm	0,038	0,048	0,048	0,038
15 m	12 cm	0,073	0,09	0,091	0,072
10 m	12 cm	0,156	0,18	0,18	0,143
5 m	12 cm	0,521	0,567	0,568	0,472
25 m	15 cm	0,031	0,043	0,043	0,032
20 m	15 cm	0,052	0,067	0,067	0,05
15 m	15 cm	0,095	0,126	0,126	0,094
10 m	15 cm	0,202	0,25	0,25	0,186
5 m	15 cm	0,649	0,721	0,72	0,582

Tabel 15 Verrebroek-Aven Ackers 2006, resultaten simulaties. Nota bene: door Tol et al. (2006) zijn voor vindplaatsen van deze geringe omvang en lage vondsdichtheid geen opsporingsstrategieën aanbevolen.

geleverd Excel-bestand. Uit de documentatie blijkt dat alles op 2 mm nat gezeefd is. In alle opgegraven vakken is vuursteen aangetroffen, waarbij steeds onderscheid is gemaakt tussen ‘chips’ en ‘artefacten’; deze zijn niet apart geanalyseerd. De gemiddelde dichtheid van het gedocumenteerde vuursteen ligt op 10,3 stuks vuursteen per vak (standaardafwijking 13,3), dat wil zeggen 41,2 per m².

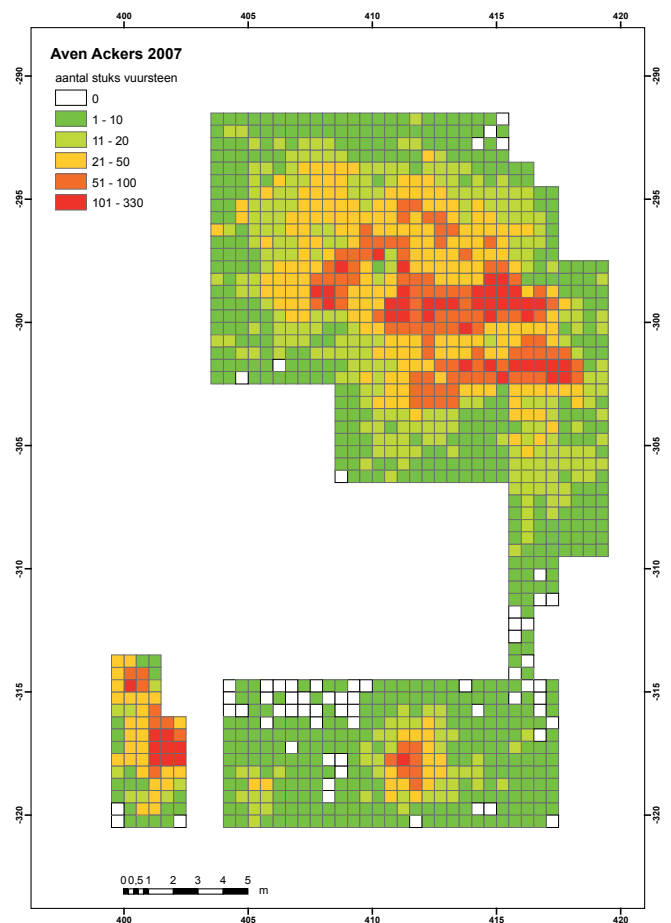
Er is sprake van een scheve verdeling van vuursteendichtheden binnen de vindplaats (zie afb. 22). De skewness (inclusief vakken zonder vuursteen) is gelijk aan 3,34. De verdeling van de vuursteenvondsten is daarmee ‘links scheef’: 68,6% van de vakken heeft een vondstdichtheid die lager ligt dan het gemiddelde. De k-parameter voor deze vindplaats bedraagt 0,64 wat wijst op een niet zeer sterke clustering van vondsten.

Op basis van de tellingen per vak zijn de opsporingsstrategieën gesimuleerd waarvan de resultaten in tabel 15 worden weergegeven. De resultaten van de simulaties geven aan dat deze vindplaats, die gekarakteriseerd wordt door een zeer kleine omvang, zeer lage vondstdichtheid en niet zeer sterke clustering, erg moeilijk op te sporen is met behulp van boringen. Alleen de meest intensieve strategie, dat wil zeggen een afstand tussen twee opeenvolgende boringen van 5 m en gebruik makend van een boor met een boordiameter van 15 cm, resulteert in een opsporingskans die in de buurt komt van de benodigde 75%, uitgaande van zeven op 2 mm. Het gebruik van een 15 cm boor levert gemiddeld een 1,3 maal hogere opsporingskans op dan de 12 cm boor.

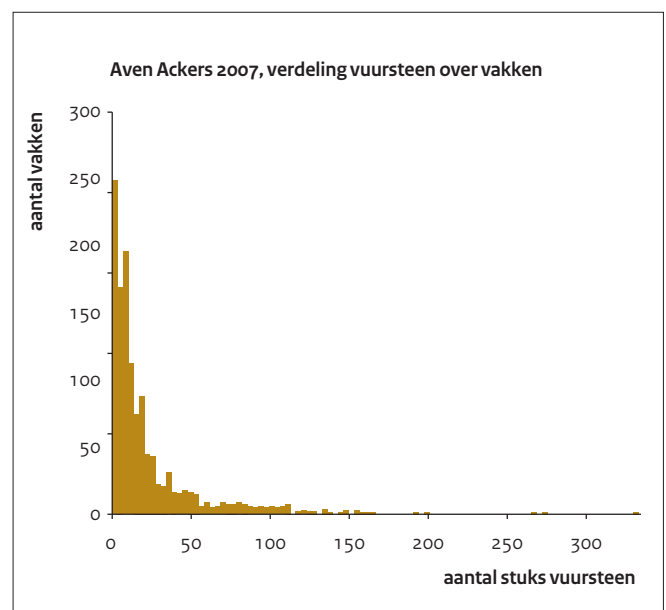
5.11 Verrebroek – Aven Ackers 2007

De simulaties zijn uitgevoerd op het opgegraven deel van de vindplaats, begrensd door de lokale coördinaten 399,5/-320,5 en 419,5/-291,5 (1286 vakken van 50 × 50 cm met een totale oppervlakte van 321,5 m²; zie afb. 23). Ook voor Verrebroek-Aven Ackers 2007 is het duidelijk dat het opgegraven gebied niet de gehele vindplaats of vondstverspreiding betreft. De voor deze vindplaats uitgevoerde analyses en simulaties hebben betrekking op twee volledig opgegraven concentraties en een deel van een concentratie die op hun beurt deel uitmaken van een grotere vondstverspreiding, waarvan de begrenzing en dichtheden van (vuur)stenen artefacten niet is vastgesteld. Het aantal stuks vuursteen in de opgegraven delen is bepaald op basis van de gegevens in een door de Universiteit Gent aangeleverd Excel-bestand. Uit de documentatie blijkt dat alles op 2 mm nat gezeefd is. Het gedocumenteerde deel van de vondstverspreiding lijkt te bestaan uit drie verschillende kernen. Deze zijn niet apart geanalyseerd.

De gemiddelde dichtheid van het gedocumenteerde vuursteen binnen het opgegraven gebied ligt op 22,7 stuks vuursteen per vak (standaardafwijking 32,0), dat wil zeggen 90,7 per m². Ook zijn er boringen gezet op verschillende locaties, die extra vuursteen hebben opgeleverd. Ook dit vuursteen is niet meegenomen. Hierdoor zijn de gebruikte schattingen van de vondstdichtheid iets lager dan daadwerkelijk.



Afb. 23 Verrebroek-Aven Ackers 2007, ruimtelijke verspreiding van de vuursteenvondsten.



Afb. 24 Verrebroek-Aven Ackers 2007, verdeling vuursteen over opgravingsvakken.

Boorpuntsafstand	Boordiameter	Gesimuleerd op basis van tellingen per vak	Gesimuleerd op basis van gemiddelde vondstdichtheid	Berekend op basis Poisson-verdeling	Berekend op basis van k-parameter
25 m	12 cm	0,232	0,31	0,31	0,214
20 m	12 cm	0,35	0,466	0,466	0,334
15 m	12 cm	0,622	0,74	0,739	0,526
10 m	12 cm	0,92	0,959	0,959	0,847
5 m	12 cm	1	1	1	1
25 m	15 cm	0,275	0,379	0,377	0,214
20 m	15 cm	0,415	0,553	0,553	0,39
15 m	15 cm	0,724	0,852	0,852	0,608
10 m	15 cm	0,97	0,989	0,99	0,905
5 m	15 cm	1	1	1	1

Tabel 16 Verrebroek-Aven Ackers 2007, resultaten simulaties.

Het gebied waarin vuursteen is gevonden (de daadwerkelijke site) betreft in totaal 305,75 m² (1223 vakken). In dit gebied ligt de vindkans iets hoger: daar treffen we gemiddeld 23,8 stuks vuursteen per vak aan, ofwel 95,4 per m².

Er is sprake van een scheve verdeling van vuursteendichtheden binnen de vindplaats (zie afb. 24). De *skewness* (inclusief vakken zonder vuursteen) is gelijk aan 3,21. De verdeling van de vuursteenvondsten is daarmee 'links scheef': 72,4% van de vakken heeft een vondstdichtheid die lager ligt dan het gemiddelde. De k-parameter voor deze vindplaats bedraagt 0,51 wat wijst op een vrij sterke clustering van vondsten.

Op basis van de tellingen per vak zijn de opsporingsstrategieën gesimuleerd waarvan de resultaten in tabel 16 worden weergegeven. De resultaten van de simulaties geven aan dat het opgegraven deel van de vondstverdeling, die gekarakteriseerd wordt door een middelgrote omvang, matighoge vondstdichtheid en vrij sterke clustering, goed op te sporen is met behulp van boringen. De door Tol *et al.*³⁶ aanbevolen strategie (op zand: 20 × 25 m met 15 cm diameter) is echter onvoldoende om de benodigde opsporingskans van 75% te garanderen. Hierbij moet ook nog rekening worden gehouden met het feit dat de vondstdichtheid voor deze vindplaats betrekking heeft op zeven met een maaswijdte van 2 mm in plaats van 3 mm. Het gebruik van een 15 cm boor levert gemiddeld een 1,2 maal hogere opsporingskans op dan de 12 cm boor.

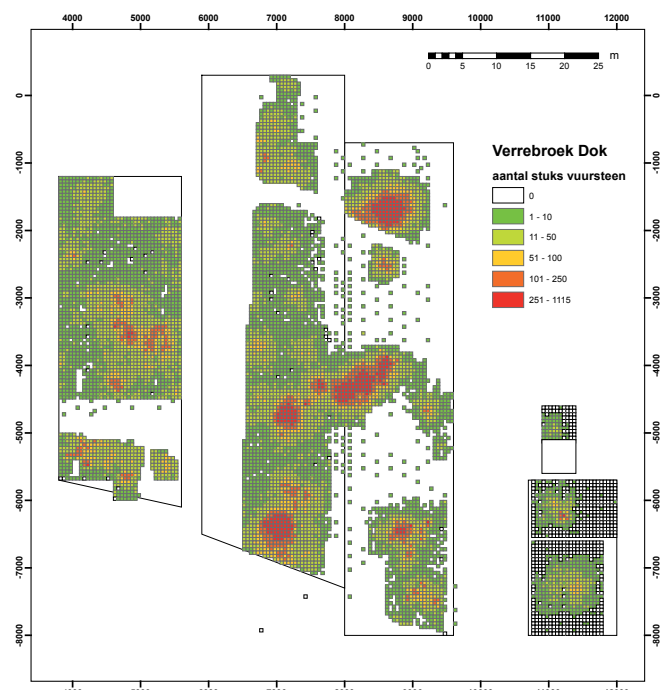
5.12 Verrebroek – Dok³⁷

De simulaties zijn uitgevoerd voor enkele uitsneden uit een grotere vondstverdeling, waarvan de begrenzing en dichtheden van (vuur)stenen artefacten niet is vastgesteld. De opgegraven delen van deze vondstverdeling worden begrensd door de lokale coördinaten 3800/-8100 en 12100/300 (8364 vakken van 50 × 50 cm met een totale oppervlakte van 2091 m²; zie afb. 25). Dit betreft in totaal vier opgravingsputten, waarin verschillende vuursteenconcentraties zijn aangetroffen. Het aantal stuks vuursteen in deze zone is bepaald op basis van de gegevens in een door de Universiteit Gent aangeleverd Excel-bestand. Uit de documentatie blijkt dat alles op 2 mm nat gezeefd is. De gemiddelde dichtheid van het gedocumenteerde vuursteen binnen het opgegraven gebied ligt op 36,2 stuks vuursteen per vak (standaardafwijking 87,8), dat wil zeggen 144,9 per m².

Het gebied waarin vuursteen is gevonden (de daadwerkelijke site) betreft in totaal 1428,5 m² (5715 vakken). In dit gebied ligt de vindkans iets hoger: daar treffen we gemiddeld 50,1 stuks vuursteen per vak aan, ofwel 200,2 per m².

Er is sprake van een scheve verdeling van vuursteendichtheden binnen de vindplaats (zie afb. 26). De *skewness* (inclusief vakken zonder vuursteen) is gelijk aan 5,58. De verdeling van de vuursteenvondsten is daarmee 'links scheef': 78,9% van de vakken heeft een vondstdichtheid die lager ligt dan het gemiddelde. De k-parameter voor deze vindplaats bedraagt 0,17 wat wijst op een zeer sterke clustering van vondsten.

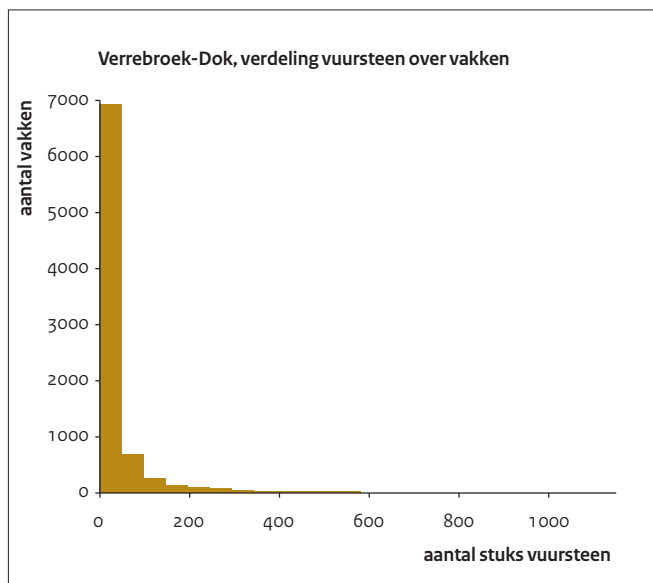
Op basis van de tellingen per vak zijn de opsporingsstrategieën gesimuleerd waarvan de resultaten in tabel 17 worden weergegeven. De resultaten van de simulaties geven aan dat deze vindplaats, waarvan de opgegraven en geanalyseerde delen gezamenlijk een grote omvang en matighoge vondstdichtheid hebben en een zeer sterke clustering laten zien, goed op te sporen is met behulp van boringen. De door Tol *e.a.* (2006) aanbevolen strategie (op zand: 20 × 25 m met 15 cm diameter) is echter onvoldoende om de benodigde opsporingskans van 75% te garanderen. Hierbij moet ook nog rekening worden gehouden met het feit dat de vondstdichtheid voor deze vindplaats betrekking heeft op zeven met een maaswijdte van 2 mm in plaats van 3 mm. Het gebruik van een 15 cm boor levert gemiddeld een 1,1 maal hogere opsporingskans op dan de 12 cm boor.



Afb. 25 Verrebroek-Dok, ruimtelijke verspreiding van de vuursteenvondsten.

Boorpuntsafstand	Boordiameter	Gesimuleerd op basis van tellingen per vak	Gesimuleerd op basis van gemiddelde vondstdichtheid	Berekend op basis Poisson-verdeling	Berekend op basis van k-parameter
50 m	12 cm	0,371	0,615	0,614	0,292
35 m	12 cm	0,626	0,871	0,919	0,511
25 m	12 cm	0,83	0,973	0,972	0,742
20 m	12 cm	0,958	0,999	1	0,893
15 m	12 cm	0,998	1	1	0,983
50 m	15 cm	0,437	0,676	0,678	0,327
35 m	15 cm	0,704	0,919	0,872	0,561
25 m	15 cm	0,972	0,983	0,984	0,788
20 m	15 cm	0,982	1	1	0,925
15 m	15 cm	1	1	1	0,991

Tabel 17 Verrebroek-Dok, resultaten simulaties.



Afb. 26 Verrebroek-Dok, verdeling vuursteen over opgravingsvakken.

5.13 Zutphen – Ooijerhoek³⁸

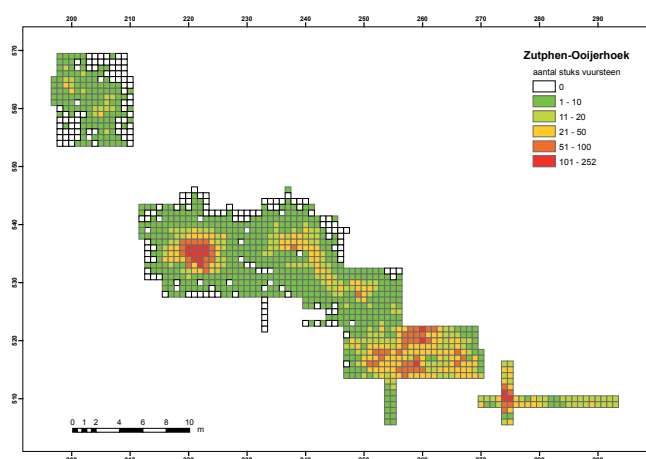
Ook voor deze vindplaats zijn de simulaties uitgevoerd voor uitsneden die deel uitmaken van een grotere vondstspreading, begrensd door de lokale coördinaten 196/505 en 293/569 (1179 vakken van 50 × 50 cm met een totale oppervlakte van 294,75 m²; zie afb. 27). Het aantal stuks vuursteen in deze zone is bepaald op basis van de gegevens in een door de RCE aangeleverd Excel-bestand. Alles is op 3 mm nat gezeefd (pers. mededeling drs. J. Deeben). De gemiddelde dichtheid van het gedocumenteerde vuursteen binnen de opgegraven delen van de vondstspreading ligt op 13,8 stuks vuursteen per vak (standaardafwijking 24,1), dat wil zeggen 55,3 per m².

Het gebied waarin vuursteen is gevonden (de daadwerkelijke site) betreft in totaal 246,75 m² (987 vakken). Dit gebied is overigens niet volledig aaneengesloten, vooral aan de randen van de opgegraven zone komen losse vuursteenvondsten voor die enkele vakken uit elkaar liggen. In dit gebied ligt de vindkans natuurlijk hoger: daar treffen we gemiddeld 16,5 stuks vuursteen per vak aan, ofwel 66,1 per m².

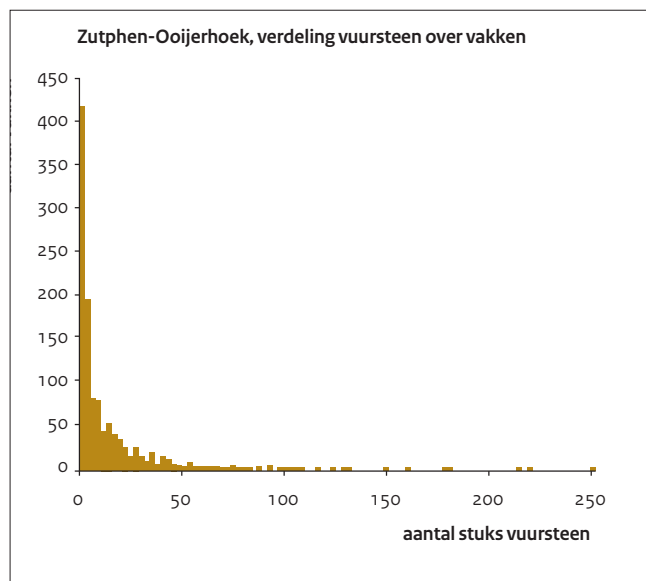
Er is sprake van een scheve verdeling van vuursteendichtheden binnen de vindplaats (zie afb. 28). De skewness (inclusief vakken zonder vuursteen) is gelijk aan 4,19. De verdeling van de vuursteenvondsten is daarmee 'links scheef': 71,1% van de vakken heeft een vondstdichtheid die lager ligt dan het gemiddelde (inclusief vakken zonder vuursteen), resp. 68,9% (alleen vakken

met vuursteen). De k-parameter voor deze vindplaats bedraagt 0,34 wat wijst op een sterke clustering van vondsten.

Op basis van de tellingen per vak zijn de opsporingsstrategieën gesimuleerd waarvan de resultaten in tabel 18 worden weergegeven. De resultaten van de simulaties geven aan dat deze vindplaats, waarvan de opgegraven en geanalyseerde delen samen een middelgrote omvang en lage vondstdichtheid hebben en een sterke clustering laten zien, op te sporen is met behulp van boringen. Er is echter een intensieve strategie nodig om de benodigde opsporingskans van 75% te garanderen. Het gebruik van een



Afb. 27 Zutphen-Ooijerhoek, ruimtelijke verspreiding van de vuursteenvondsten.



Afb. 28 Zutphen-Ooijerhoek, verdeling vuursteen over opgravingsvakken.

Boorpuntsafstand	Boordiameter	Gesimuleerd op basis van tellingen per vak	Gesimuleerd op basis van gemiddelde vondstdichtheid	Berekend op basis Poisson-verdeling	Berekend op basis van k-parameter
25 m	12 cm	0,157	0,233	0,232	0,152
20 m	12 cm	0,245	0,351	0,351	0,236
15 m	12 cm	0,403	0,552	0,551	0,386
10 m	12 cm	0,707	0,853	0,854	0,68
5 m	12 cm	0,997	1	1	0,991
25 m	15 cm	0,196	0,307	0,306	0,186
20 m	15 cm	0,298	0,449	0,45	0,286
15 m	15 cm	0,483	0,677	0,68	0,459
10 m	15 cm	0,797	0,941	0,941	0,766
5 m	15 cm	1	1	1	0,997

Tabel 18 Zuthpen-Ooijerhoek, resultaten simulaties.

15 cm boor levert gemiddeld een 1,2 maal hogere opsporingskans op dan de 12 cm boor.

Noten

25 Rensink 1992, 2011.

26 Deeben 1988; Deeben in voorbereiding.

27 Louwe Kooijmans (red.) 2001.

28 Noens 2011.

29 Tol *et al.* 2006.

30 Hogestijn & Peeters 2001a, 2001b, 2001c.

31 Smit *et al.* in voorbereiding.

32 Lombaert *et al.* 2007.

33 Rensink & De Kort 2010.

34 Arts & Deeben 1983; 1984.

35 Sergant *et al.* 2007.

36 Tol *et al.* 2006.

37 Crombé 1998, 2005; Crombé *et al.* 2003, 2006.

38 Groenewoudt *et al.* 2001.

6 Effect zeven

De geanalyseerde vindplaatsen zijn niet goed onderling vergelijkbaar doordat er verschillende zeefstrategieën zijn toegepast. Het effect van zeven op de hoeveelheid gedetecteerd vuursteenmateriaal is echter een belangrijke factor voor het bepalen van de opsporingskans van vuursteenvindplaatsen. Door Tol *et al.*³⁹ werd vastgesteld dat de kleine fractie (< 1 cm) een aanzienlijk deel van de totale hoeveelheid aanwezige vuursteen uitmaakt, meestal meer dan 50%. Als wordt gekeken naar de microdebitage (1-2 mm) ten opzicht van de fractie > 2 mm dan blijkt deze ook weer (veel) meer dan 50% van het totaal uit te maken. Door Brown⁴⁰ is gesuggereerd dat de grootteklasseverdeling van (vuur)steenfragmenten kan worden gemodelleerd met behulp van een zogenaamde fractale relatie. Deze wordt gegeven door de volgende formule:

$$N(>r) = r^{-D}$$

waar:

$N(>r)$ = aantal fragmenten groter dan r ;

r = grootte van het fragment;

D = de fractale dimensie, ofwel:

$$D = - \frac{\ln(N(>r))}{\ln(r)}$$

De toename van het aantal fragmenten per grootteklasse voor $D = 1, 2$ of 3 is weergegeven in tabel 19.

De juiste waarde van D is alleen te bepalen als de grootteklasseverdeling van het vuursteen in een vindplaats bekend is, en de hoeveelheid studies die hiervoor gebruikt kunnen worden is beperkt. Brown⁴¹ citeert een aantal Amerikaanse bronnen waarin de verdeling van het aantal fragmenten per grootteklasse wordt vermeld op basis van experimentele bewerking van vuursteen-, kwarts- en obsidiaan. De door hem berekende waarden van D in

D/r	10 mm	4 mm	3 mm	2 mm	1 mm
1	1	2,5	3,33	5	10
2	1	6,25	11,11	25	100
3	1	15,63	37,04	125	1000

Tabel 19 Relatieve toename van het aantal fragmenten per grootteklasse voor verschillende waarden van D .

deze studies liggen tussen de 0,38 en 3,33 (gemiddelde 2,10; standaardafwijking 0,62).

Tol *et al.*⁴² gaan uitgebreid in op het effect van zeven op het aantal aangetroffen artefacten, en geven daarbij enkele cijfers die omgerekend kunnen worden naar waarden van D . De nauwkeurigheid van deze cijfers is echter niet zeer groot, omdat zij alleen in percentages worden gegeven en in de meeste gevallen alleen onderscheid maken tussen twee grootteklassen (kleiner/groter dan 2, 3 of 4 mm). In tabel 20 zijn deze gegevens doorgerekend naar fractale dimensies, aangevuld met gegevens van de opgravingen Schipluiden-Harnaschpolder⁴³, A27-Hoge Vaart en Eyserheide.

Opvallend is dat de meeste cijfers aan de lage kant zijn in vergelijking met de getallen die door Brown⁴⁴ worden gegeven (gemiddelde 1,13; standaardafwijking 0,60). Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat in archeologische vindplaatsen de kleine fractie gevoelig is voor (wind)erosie, en daardoor een relatief klein deel van het totaal uitmaakt dan bij experimentele bewerking van vuursteen.

Vanuit het oogpunt van het vergroten van de opsporingskans door middel van zeven zijn deze cijfers echter wel bruikbaar. Als we voorzichtig uitgaan van een waarde van D van 1 (m.a.w. het aantal

Vindplaats	D	Grootteklassegrens
Gennep site F	1,21	4 mm
Haelen-Broekweg	1,03	3 mm
Ittersumerbroek-West	0,92	4 mm
	1	3 mm
	0,39	2 mm
Merselo	2,43	2 mm
Mienakker	0,58	4 mm
Site 0	1,1	2 mm
Voetakker vindplaats 28	1,73	4 mm
Zutphen-Ooijerhoek	0,7	3 mm
Schipluiden-Harnaschpolder*	1,96	4 mm
A27-Hoge Vaart	0,45	2 mm
Eyserheide	1,16	4 mm

Tabel 20 Geschatte waarden voor D op basis van de gegevens uit Tol *et al.* (2006) aangevuld met eigen analyse.

* = vergelijking tussen vondsten die met schaven zijn aangetroffen (verondersteld > 10 mm) en met zeven (Louwe Kooijmans & Jongste 2006).

Vindplaats	Maaswijdte	1 cm	4 mm	3 mm	2 mm	1 mm
Eyserheide	4 mm	8.1	20.3	27.1	40.6	81.2
Geldrop-Aalsterhut	2 mm	3.9	9.8	13.0	19.5	39.0
Hardinxveld-De Bruin	4 mm	20.2	50.6	67.5	101.2	202.4
Hempens	3 mm	50.4	125.9	167.9	251.9	503.7
A27-Hoge Vaart	10 mm	31.6	79.0	105.3	158.0	316.0
Keinsmerbrug	onbekend	-	-	-	-	-
Oudenaarde-Donk	1 mm	2.2	5.4	7.2	10.9	21.7
Stroe	1 mm	1.4	3.4	4.5	6.8	13.6
Sweikhuizen-Groene Paal	3 mm	15.9	39.8	53.0	79.5	159.0
Verrebroek-Aven Ackers 2006	2 mm	8.2	20.6	27.5	41.2	82.4
Verrebroek-Aven Ackers 2007	2 mm	19.1	47.7	63.6	95.4	190.8
Verrebroek-Dok	2 mm	40.0	100.1	133.5	200.2	400.4
Zutphen-Ooijerhoek	3 mm	19.8	49.6	66.1	99.2	198.3

Tabel 21 Hypothetische gemiddelde vondstdichtheden (alleen vakken met vuursteen) van de geanalyseerde opgravingen voor verschillende zeefmaaswijdten op basis van D=1. De daadwerkelijk vastgestelde vondstdichtheid is vet weergegeven.

fragmenten > 1 mm is 10 maal zo groot als het aantal fragmenten > 1 cm), dan kunnen we dit doorrekenen naar de geanalyseerde vindplaatsen om een totaal aantal fragmenten per gebruikte zeefmaaswijdte te schatten (zie tabel 21). Uitgaande van het oorspronkelijk door Tol *et al.*⁴⁵ gehanteerde criterium van > 80 fragmenten per m² leidt dit tot de conclusie dat het zeven over de aanbevolen 3 mm in de meeste gevallen een onvoldoende hoge vindkans per boring oplevert (2 uit 11). Zeven over 1 mm is in de meeste gevallen wel afdoende (7 uit 11). Hieruit valt te concluderen dat de kans dat een vuursteenvindplaats met behulp van het aanbevolen zeven

over 3 mm wordt opgespoord in de meeste gevallen sterk beïnvloed wordt door de dichtheid van het gehanteerde boorgrid.

Helaas zijn deze cijfers niet betrouwbaar genoeg om door te rekenen naar de tellingen van artefacten per vak in de geanalyseerde vindplaatsen, en daardoor dus ook niet te gebruiken om 'virtuele' simulaties op te zetten alsof er met een andere maaswijdte gezeefd zou zijn. Dit heeft ook te maken met de onbekende invloed van 'lege' vakken, die mogelijk wel materiaal bevatten dat niet waargenomen is omdat het te klein is om gedetecteerd te worden met de gebruikte zeefmaaswijdte.

Noten

39 Tol *et al.* 2004, 46.

40 Brown 2001

41 Brown 2001, 623.

42 Tol *et al.* 2004, 45-46.

43 Louwe Kooijmans & Jongste 2006.

44 Brown 2001.

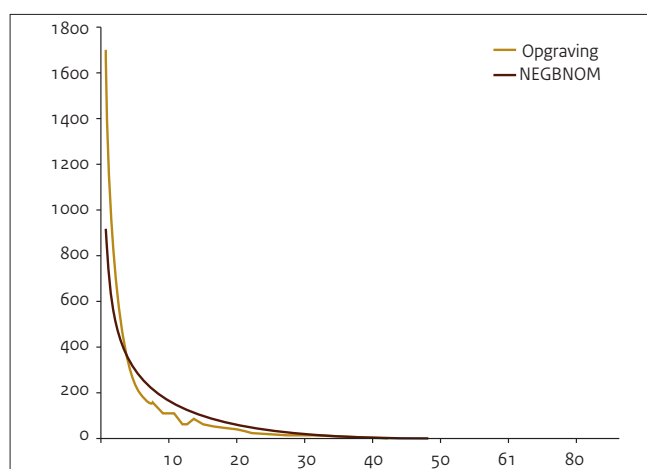
45 Tol *et al.* 2006.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Effect clustering

Het model voor het berekenen van de opsporingskans van vuursteenvindplaatsen, dat gepresenteerd wordt door Tol *et al.*⁴⁶, gaat uit van een willekeurige spreiding van vondsten binnen een vindplaats, terwijl in de praktijk de vondstverspreiding altijd een zekere mate van clustering vertoont. De gemiddelde waarde van de k-parameter⁴⁷ voor de geanalyseerde vindplaatsen is 0,37 (standaardafwijking 0,20). Dit geeft aan dat clustering in principe altijd optreedt in vuursteenvindplaatsen, maar dat de mate van clustering nogal kan variëren. Het effect van clustering op de opsporingskans is geanalyseerd met behulp van simulaties van verschillende boorstrategieën op bekende vindplaatsgegevens (vondstdichtheden per opgegraven vak). Hieruit blijkt dat clustering van vondsten de opsporingskans duidelijk verlaagt, maar ook dat deze invloed over het algemeen beperkt is. Alleen in gevallen waar een sterke clustering voorkomt in combinatie met een hogere vondstdichtheid leidt een minder intensieve opsporingsstrategie tot een sterke verlaging van de opsporingskans. Het precieze verband tussen de mate van clustering, vondstdichtheid, vindplaatsomvang, gebruikte boorstrategie en resulterende opsporingskans is op basis van de simulatieresultaten echter niet te herleiden. Daarom is het niet mogelijk om duidelijke richtlijnen voor opsporingsstrategieën te formuleren die hier rekening mee houden.

Als alternatief voor het uitvoeren van simulaties is verder bekeken of de k-parameter gebruikt kan worden om direct de opsporingskans van geclusterde vondststrooiingen te berekenen. Hoewel de uitkomsten van deze berekeningen een vergelijkbaar patroon laten zien als die op basis van de simulaties, geven zij over het algemeen een lagere opsporingskans. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat de vondstverdeling van de bestudeerde vuursteenvindplaatsen niet volledig overeenstemt met het model van een negatieve binomiale verdeling.



Afb. 29 Vergelijking dichtheid vuursteen per opgravingsvak voor A27-Hoge Vaart en de negatieve binomiale verdeling.

7.2 Vondstdichtheden en zeven

Hoewel geprobeerd is om opgravingsgegevens te achterhalen die een realistische schatting van de vondstdichtheid van vuurstenen artefacten in Steentijdvindplaatsen in Nederland en Vlaanderen te geven, bleek dit in de praktijk onhaalbaar. De verzamel- en zeefstrategieën die op de verschillende geanalyseerde opgravingen zijn gebruikt wijken onderling te sterk af om hierover zeer stellige uitspraken te doen. Daarnaast is er in 6 van de geanalyseerde opgravingen slechts een gedeelte van de totale vindplaats opgegraven. Ondanks de slechte vergelijkbaarheid van de vindplaatsen, kunnen we op basis van de beschikbare gegevens wel concluderen dat er de nodige vindplaatsen zijn die een lagere vondstdichtheid hebben dan 80 vondsten per m² (bij zeven over 3 mm), en die kleiner zijn dan 200 m², m.a.w. die buiten het schema vallen dat door Tol *et al.*⁴⁸ wordt gegeven. Vermoedelijk vormt deze groep een aanzienlijk aandeel van Steentijdvindplaatsen in Nederland, omdat zij het lastigst op te sporen valt.

Om in de toekomst een beter grip te krijgen op de werkelijke vondstdichtheden in Steentijdvindplaatsen is het daarom aan te bevelen in de KNA duidelijke richtlijnen op te nemen met betrekking tot het zeven en tellen van vuursteen bij opgravingen, zodat

	Lithologie	Maaswijdte in mm	Vondstdichtheid per m ²	Geschatte vondstdichtheid op 3 mm	k-parameter	Effect clustering (gemiddeld)
Eyserheide	löss	4	20.3	27.1	0,25	-3,43%
Geldrop-Aalsterhut	zand	2	19.5	13.0	0,12	-2,05%
Hardinxveld-De Bruin	zand	4	50.6	67.5	0,78	-3,64%
Hempens	zand	3	167.9	167.9	0,5	-9,34%
A27-Hoge Vaart	zand	10	31.6	105.3	0,29	-5,64%
Keinsmerbrug	klei	?	1.8	?	0,39	-0,04%
Oudenaarde-Donk	klei	1	21.7	7.2	0,41	-2,90%
Stroe	zand	1	13.6	4.5	0,35	-0,57%
Sweikhuizen-Groene Paal	löss	3	53.0	53.0	0,06	-12,35%
Verrebroek-Aven Ackers 2006	zand	2	41.2	27.5	0,64	-2,81%
Verrebroek-Aven Ackers 2007	zand	2	95.4	63.6	0,51	-7,40%
Verrebroek-Dok	zand	2	200.2	133.5	0,17	-11,58%
Zutphen-Ooijerhoek	zand	3	66.1	66.1	0,34	-10,80%

Tabel 22. Overzicht analysesresultaten. Vondstdichtheden en vindplaatsomvang bepaald op basis van vakken met vuursteen.

de resultaten van vondstentellingen uit opgravingen onderling beter vergelijkbaar worden. Analyse van de aangetroffen hoeveelheden en hun ruimtelijke spreiding is immers van essentieel belang om meer kennis op te bouwen over de vondstdichtheden, en dus over de opsporingskans van deze sites.

7.3 Prospectiegroepen en opsporingsstrategieën

In tabel 22 en afb. 30 worden de resultaten van de simulaties op basis van de opsporingskans per vak weergegeven. Ondanks de slechte onderlinge vergelijkbaarheid van de vindplaatsen, mede omdat we in een aantal gevallen te maken hebben met uitsneden uit grotere vondstspredingen, kunnen we concluderen dat de strategieën voor vindplaatsen met matig-hoge vondstdichtheid die in Tol *et al.*⁴⁹ worden voorgesteld een te optimistische inschat-

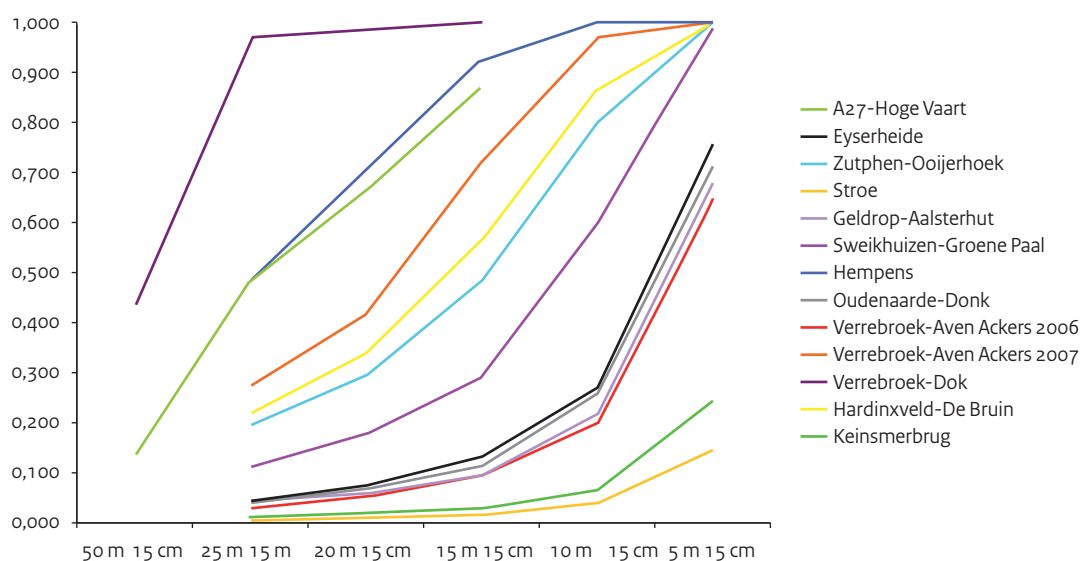
ting geven van de opsporingskans van vuursteenvindplaatsen. Van deze groep zijn er waarschijnlijk slechts drie vertegenwoordigd in de dataset (Hempens, A27-Hoge Vaart en Verrebroek Dok). Toch blijkt dat zelfs voor de vindplaats met de hoogste vondstdichtheid (Hempens; 167,9 per m² bij zeven op 3 mm) de benodigde opsporingskans van 75% alleen gehaald wordt bij een boorpuntsafstand van 15 m in plaats van de aanbevolen 20 m. De aanbevolen strategieën voor deze vindplaatstypen dienen daarom ook te worden aangepast.

Anderzijds blijkt uit de simulaties dat ook kleine vindplaatsen met lage vondstdichtheden wel degelijk met (zeer) intensief booronderzoek kunnen worden opgespoord. Hierbij moet wel worden aangetekend dat de simulatieresultaten alleen de kans op het aantreffen van één vuursteenfragment geven. Het model met prospectiegroepen dat door Tol *et al.*⁵⁰ is opgesteld zou daarom moeten worden aangevuld met strategieën voor vuursteenvindplaatsen met een lage vondstdichtheid (40 - 80 fragmenten per m²

Type	Lithologische context	Boorgrid	Boordiameter	Waarnemingstechniek
zeer kleine variant (< 50 m²)				
lage vondstdichtheid (40-80 per m ²)	niet relevant	-	-	-
zeer lage vondstdichtheid (< 40 per m ²)	niet relevant	-	-	-
kleine variant (50-200 m²)				
lage vondstdichtheid (40-80 per m ²)	niet relevant	4 x 5 m	15 cm	3 mm zeef
zeer lage vondstdichtheid (< 40 per m ²)	niet relevant	(proefputten)	-	-
middelgrote variant: 200-1000 m²				
matig-hoge vondstdichtheid (> 80 per m ²)	niet relevant	13 x 15 m	12 cm	3 mm zeef
lage vondstdichtheid (40-80 per m ²)	niet relevant	8 x 10 m	15 cm	3 mm zeef
zeer lage vondstdichtheid (< 40 per m ²)	niet relevant	(proefputten)	-	-
grote variant: > 1000 m²				
matig-hoge vondstdichtheid (> 80 per m ²)	niet relevant	20 x 25 m	12 cm	3 mm zeef
lage vondstdichtheid (40-80 per m ²)	niet relevant	13 x 15 m	12 cm	3 mm zeef

Tabel 23. Voorstel voor nieuwe indeling prospectiegroepen vuursteenvindplaatsen.

Oppervlakte in m ²	Aanbevolen strategie	A4		A5		A1		A6		A2		A3	
		50 m 15 cm	35 m 12 cm	25 m 15 cm	25 m 12 cm	20 m 15 cm	20 m 12 cm	15 m 15 cm	15 m 12 cm	10 m 15 cm	10 m 12 cm	5 m 15 cm	5 m 12 cm
104.75	-			0,041	0,037	0,072	0,051	0,131	0,094	0,269	0,196	0,757	0,617
82.00	-			0,041	0,029	0,057	0,042	0,096	0,069	0,218	0,157	0,683	0,534
246.50	A1			0,218	0,166	0,344	0,266	0,569	0,45	0,864	0,748	1	0,997
443.00	A1			0,48	0,42	0,701	0,623	0,923	0,861	0,999	0,996	1	1
916.00	A2	0,138	0,205	0,486	0,376	0,665	0,534	0,871	0,754				
190.00	-			0,011	0,007	0,017	0,011	0,029	0,019	0,068	0,044	0,245	0,165
87.25	-			0,044	0,031	0,067	0,047	0,112	0,081	0,258	0,189	0,715	0,575
17.25	-			0,006	0,005	0,009	0,007	0,016	0,011	0,039	0,027	0,14	0,099
160.00	-			0,113	0,088	0,176	0,14	0,289	0,228	0,6	0,491	0,989	0,96
43.75	-			0,031	0,024	0,052	0,038	0,095	0,073	0,202	0,156	0,649	0,521
305.75	A1			0,275	0,232	0,415	0,35	0,724	0,622	0,97	0,92	1	1
1428.50	A1	0,437	0,626	0,972	0,83	0,982	0,958	1	0,998				
246.75	A1			0,196	0,157	0,298	0,245	0,483	0,403	0,797	0,707	1	1



Afb. 30 Overzicht opsporingskansen bij een boordiameter van 15 cm en verschillende boorpuntsafstanden voor alle geanalyseerde vindplaatsen.

bij een gebruikte zeefmaaswijdte van 3 mm) en een kleine omvang (< 200 m²). De benodigde opsporingsstrategie om met behulp van boren een opsporingskans van > 75% voor dit type vindplaats te realiseren is zeer intensief (boorpuntsafstand 5 m, boordiameter 15 cm).

In tabel 23 wordt een nieuwe indeling in prospectiegroepen en strategieën voorgesteld. Hierbij is de zeefmaaswijdte van 3 mm aangehouden. Het gebruik van een maaswijdte van 1 mm zorgt er weliswaar voor dat de gemiddelde vondstdichtheid van de op te sporen vindplaatsen groter wordt (Bats 2007; zie ook p. 29-30), maar heeft als nadeel dat de herkenbaarheid van de artefacten sterk afneemt. Ook is in het niet in alle bodemtypen mogelijk om op 1 mm te zeven. Aanbevolen wordt om de nieuwe indeling op te nemen in een nieuwe versie van de leidraad karterend boor-

onderzoek. Voor kleine vindplaatsen met een zeer lage vondstdichtheid (< 40 fragmenten per m² bij een gebruikte zeefmaaswijdte van 3 mm) zijn de opsporingskansen ook met behulp van zeer intensief booronderzoek dusdanig laag, dat hiervoor alleen proefputten kunnen worden ingezet. Voor de inzet van proefputten worden hier verder geen concrete strategieën voorgesteld. De minimumomvang van een proefput is 50 × 50 cm, en deze omvang is, zelfs bij extreem lage vondstdichtheden, ruim voldoende om de detectie van het aanwezige vuursteen door middel van zeven te garanderen (vindkans ≈ 1). De benodigde tussenruimte tussen de proefputten is dan verder afhankelijk van de veronderstelde omvang van de vindplaats. Hiervoor kan de trefkansformule worden gebruikt die in Tol *et al.* wordt gegeven.⁵¹Voor zeer kleine vindplaatsen (< 50 m²) is er eigenlijk

geen effectieve opsporingsstrategie voorhanden, buiten vlakdekkend opgraven.

Omdat de detectie en interpretatie van Steentijdvindplaatsen sterk afhankelijk is van het daadwerkelijk aantreffen van vondstmateri-

aal, blijft booronderzoek of proefputten gecombineerd met zeven de beste prospectiestrategie. Indien echter voor proefsleuvenonderzoek gekozen wordt, dan is het noodzakelijk om dit te combineren met booronderzoek of proefputten in de proefsleuf.

Noten

46 Tol *et al.* 2006.

47 Kintigh 1988.

48 Tol *et al.* 2006, 38; zie tabel 2.

49 Tol *et al.* 2006, 38; zie tabel 2.

50 Tol *et al.* 2006.

51 Tol *et al.* 2004, 31. Zie ook tabel 1 in Tol *et al.* 2006, 20.

8 Verdere consequenties voor de KNA

8.1 Inleiding

De ervaring van circa 15 jaar van Malta-onderzoek in Nederland leert dat het opsporen en het nader onderzoeken (waarderen) van vindplaatsen uit de Steentijd niet eenvoudig is. In vergelijking met latere perioden worden beduidend minder van deze vindplaatsen ontdekt dan wel 'op waarde geschat' en geselecteerd voor waardestellend veldwerk of opgraven. Factoren die het opsporen van vindplaatsen bemoeilijken, zijn bijvoorbeeld huidig grondgebruik en diepteligging van de archeologische resten ten opzichte van het huidige maaiveld. Andere factoren lijken direct verband te houden met de specifieke kenmerken van het bodemarchief uit het Paleolithicum en Mesolithicum zelf. Vooral op de hogere, pleistocene gronden bestaat de hoofdmoot van de vindplaatsen uit (vuur)stenen artefacten. In de regel zijn ze klein van omvang of bestaan ze hoofdzakelijk uit een dunne spreiding van stenen artefacten. Duidelijk herkenbare (configuraties van) grondsporen zijn in de regel afwezig of manifesteren zich niet als zodanig aan het huidige oppervlak. Deze kenmerken vereisen niet alleen de inzet van specifieke methoden en technieken van karterend veldwerk. Om de treftkans op Steentijdvindplaatsen te vergroten, is tevens een goed onderbouwde gespecificeerde archeologische verwachting voorafgaand aan het veldwerk van groot belang. Deze verwachting dient in ieder geval inzicht te geven in (mogelijke) locaties en de diepteligging van archeologische resten uit de Steentijd in het betreffende onderzoeks- of plangebied. Daarnaast dient de gespecificeerde verwachting aandacht te worden besteed aan de verwachte prospectiekenmerken van vindplaatsen, voor zover dit op basis van bestaande kennis van het bodemarchief uit de Steentijd in de betreffende regio kan worden gezegd. De gespecificeerde verwachting uit het Bureauonderzoek dient vervolgens door middel van Inventariserend Veldonderzoek (IVO) te worden getoetst en, waar mogelijk, te worden aangescherpt. Ook voor de Steentijd geldt dat beide onderdelen uit de AMZ-cyclus nauw met elkaar zijn verweven. Ze moeten integraal aan de orde worden gesteld als we de huidige praktijk van prospectief onderzoek voor vuursteenvindplaatsen willen verbeteren.

Een belangrijk resultaat van deze studie is het voorstel voor een nieuwe indeling van prospectiegroepen van vuursteenvindplaatsen (zie hoofdstuk 7.3, tabel 23). Bij het opstellen van de gespecificeerde

archeologische verwachting is het van belang dat in de toekomst met deze nieuwe indeling rekening wordt gehouden. Een belangrijke vraag daarbij is of de hierin benoemde prospectiegroepen kunnen worden 'vertaald' naar specifieke landschappelijke zones. Indien dit mogelijk is, kan dit inzicht een kwaliteitsverbetering betekenen voor de gespecificeerde verwachting en de hiermee verbonden verwachtingskaarten. Uitgangspunt hierbij is dat vindplaatsen met verschillende prospectiekenmerken (zoals omvang van de vindplaats en de dichtheid waarin artefacten voorkomen) niet willekeurig verspreid liggen over het Nederlandse landschap. Door de prospectiekenmerken van vuursteenvindplaatsen (de nieuwe prospectiegroepen) te koppelen aan landschappelijke zones, kunnen methoden en intensiteit van IVO in de toekomst mogelijk beter worden bepaald.

8.2 Prospectiegroepen en gespecificeerde verwachting

Zoals in de vorige paragraaf is opgemerkt, bestaat het bodemarchief uit de Steentijd in Nederland uit zowel kleine concentraties als grotere, dunne verspreidingen van stenen artefacten. Al dan niet in samenhang met gelijktijdige gevormde aardkundige fenomenen en archeozoologische en -botanische resten vormen ze onderdeel van de archeologische landschappen uit de Steentijd (Paleolithicum, Mesolithicum en Neolithicum). Ondanks hun hoge ouderdom manifesteren ze zich in grote delen van de pleistocene gronden van Zuid-, Oost- en Noord-Nederland aan of nabij de huidige oppervlakte. Oppervlaktevondsten worden vooral gedaan op hoger gelegen dekzandruggen, löss- en keileemplateaus, en in de nabijheid van rivieren, beken en andere (voormalige) waterlocaties. In de lager gelegen, nattere delen van het landschap zijn vooral zandopduikingen kansrijk voor het aantreffen van archeologische resten uit de Steentijd, waaronder de donken in het veenweidegebied van West-Nederland.

De gespecificeerde verwachting is conform de KNA het eindresultaat van het bureauonderzoek en vereist een gedegen kennis van de genese en de aard van het natuurlijke landschap en van de prospectiekenmerken van verwachte Steentijdvindplaatsen in het onderzoeks- of plangebied. In relatie tot de opsporingskans worden de volgende prospectiekenmerken vooral van belang geacht: de omvang

van de verwachte vindplaatsen, en de dichtheid waarin (vuur)stenen artefacten aanwezig zijn.⁵² Belangrijke vraag is dan ook of, en zo ja op welke wijze beide kenmerken, omvang en dichtheid, kunnen worden bepaald? Naar het oordeel van de auteurs dient in ieder geval met de volgende drie factoren rekening te worden gehouden: 1) de aard en ruimtelijke neerslag van de activiteiten die in de Steentijd zijn uitgevoerd, 2) de tijdsduur van gebruik en/of bewoning van de locatie en de mate waarin naar deze locatie werd teruggekeerd, en 3) de sedimentaire context van de vindplaats en de post-depositie-nele geschiedenis van het gebied waarin de vindplaats ligt.

1) De eerste factor houdt rekening met culturele formatieprocessen en de aard van de activiteiten die op een bepaald tijdstip en op een bepaalde plaats in de Steentijd zijn uitgevoerd. Deze activiteiten kunnen zeer uiteenlopend zijn geweest, met als gevolg dat kenmerken van archeologische vindplaatsen sterk van elkaar kunnen verschillen, bijvoorbeeld wat betreft afmeting, maar ook wat betreft samenstelling van de materiële cultuur. Als voorbeelden kunnen worden genoemd enerzijds locaties waar op grote schaal vuursteen is bewerkt en anderzijds locaties waar een set van artefacten, veelal in de vorm van 'kant-en-klare' klingen en werktuigen, naar toe is genomen en waar geen vuursteen is bewerkt. In het eerste geval is er sprake van een grote hoeveelheid bewerkingsafval in de vorm van splinters, afslagen, fragmenten van klingen en dergelijke. Op plaatsen waar vuursteenbewerking daadwerkelijk is uitgevoerd en/of afval van deze activiteiten is gedeponerd, zal sprake zijn van een matig-hoge of hoge vondstdichtheid (> 80 vondsten per m²). In het tweede geval zijn geen of weinig afvalproducten aanwezig en is het aantal kleine vuursteensplinters beduidend lager. Deze locaties kenmerken zich door een lage (40-80 per m²) of zeer lage (< 40 per m²) vondstdichtheid.

2) De tweede factor houdt rekening met verschillen in de omvang van vindplaatsen en in de dichtheid van vondsten als gevolg van kortstondig versus langdurig, en eenmalig versus meermalig gebruik (of bewoning) van locaties. Van accumulatie van archeologisch materiaal is sprake indien één en dezelfde locatie langdurig en/of meermalig is gebruikt of bewoond en indien de uit-

gevoerde activiteiten hebben geleid tot het (herhaaldelijk) vallen, deponeren en/of wegwerpen van afval op de grond. Hoe langer de locatie is gebruikt (bewoond) en/of hoe vaker naar één en dezelfde locatie is teruggekeerd, hoe groter de kans dat accumulatie van archeologisch materiaal heeft plaatsgevonden. Het bodemarchief van dergelijke locaties zal zich kenmerken door een matig-hoge vondstdichtheid (> 80 vondsten per m²). Ook zal de omvang van vindplaatsen bij langdurig en meermalig gebruik van locaties eerder middelgroot (200-1000 m²) of groot (> 1000 m²) dan klein zijn. Van vindplaatsen met een grote afmeting is sprake indien activiteitsgebieden gedurende één en dezelfde bewoningsfase 'verschuiven' en er bijvoorbeeld dumpplaatsen van afval zijn. Ook het oprichten van 'nieuwe' woonstructuren in de directe nabijheid van 'oude' woonstructuren (hutten, tenten) tijdens opeenvolgende bewoningsfasen kan resulteren in grote vindplaatsen met een aaneenschakeling van overblijfselen van kampementen.⁵³

3) De derde factor, namelijk de sedimentaire context en post-depositie-nele geschiedenis van locaties, staat los van in de Steentijd door mensen uitgevoerde activiteiten (of culturele formatieprocessen). Van betekenis zijn natuurlijke formatieprocessen en met name de effecten van sedimentatie en erosie op archeologische niveaus uit de Steentijd. In geologisch dynamische gebieden kan sedimentatie leiden tot afdekking van 'woonnieveaus' en hiermee geassocieerd bewoningsafval en ander materiaal, waardoor oude loopvlakken niet meer aanwezig (beschikbaar) zijn voor later gebruik of latere bewoning. Onder deze omstandigheid leidt herbewoning of hergebruik van locaties niet tot accumulatie en vermenging van bewoningsafval. Verspreidingen van vuurstenen artefacten, maar ook afvallagen met organisch materiaal kunnen stratigrafisch gescheiden van elkaar voorkomen. In geologisch stabiele landschappen met in het Holoceen weinig of geen sedimentatie (bijvoorbeeld lössplateaus, het Fries-Drents plateau, dekzandruggen) is het loopvlak of maaiveld gedurende vele duizenden jaren min of meer onveranderd gebleven. De kans op accumulatie en vermenging van archeologisch materiaal als gevolg van hergebruik of herbewo-

Type	Landschappelijke zone	Kenmerken bewoning
(zeer) kleine variant < 200 m²		
lage vondstdichtheid (40-80 per m ²)	zandopduiking beekdal, gradiëntzones droog/nat, dekzandkopjes veen/weidegebied stabiele oppervlakken Pleistoceen: dekzandrug, lössplateau, keileemplateau (maar in <i>periferie</i> van nederzetting)	kortstondige, kleinschalige en ruimtelijk begrensde activiteiten, weinig vuursteenbewerking
zeer lage vondstdichtheid (< 40 per m ²)	zandopduiking beekdal, gradiëntzones droog/natt stabiele oppervlakken Pleistoceen: dekzandrug, lössplateau, keileemplateau (maar in <i>periferie</i> van nederzetting)	kortstondige, kleinschalige en ruimtelijk begrensde activiteiten, weinig vuursteenbewerking
grote variant > 1000 m²		
matig-hoge vondstdichtheid (> 80 per m ²)	stabiele oppervlakken Pleistoceen: dekzandrug, lössplateau, keileemplateau, rivierduin	langdurige en/of herhaaldelijke bewoning of gebruik, diverse activiteitsgebieden, veel steenbewerking en gebruik stenen artefacten
lage vondstdichtheid (40-80 per m ²)	stabiele oppervlakken Pleistoceen: dekzandrug, lössplateau, keileemplateau, rivierduin	aaneenschakeling van kleine activiteitsgebieden, weinig steenbewerking, gebruik 'curated toolkit'

Tabel 24 Prospectiegroepen vuursteenvindplaatsen en verwachte associatie met landschappelijke zones en kenmerken van bewoning en gebruik van locaties in de Steentijd.

ning van locaties is in deze delen van het Nederlandse landschap groot, met name op in de Steentijd gunstige vestigingslocaties. Een voorbeeld hiervan zijn de flanken van dekzandruggen in de nabijheid van open water.

Bovenstaande drie factoren onderstrepen de diversiteit en de complexiteit van processen die aan het bodemarchief uit de Steentijd ten grondslag (kunnen) liggen. Gezien deze complexiteit, en vanuit het besef dat voor veel gebieden in Nederland onze kennis vooralsnog ontoereikend is om tot een meer gedetailleerde verwachting te kunnen komen, is in tabel 24 alleen een sterk vereenvoudigde verwachting gegeven ten aanzien van de relatie tussen enerzijds landschappelijke zones en anderzijds prospectiegroepen ((zeer) kleine variant en grote variant) van vuursteenvindplaatsen (tabel 24; vergelijk tabel 23).

8.3 Toetsing van de analyseresultaten

Het overzicht van de analyseresultaten (tabel 22) en de hierin opgenomen, geschatte vondstdichtheden per m² zijn gebruikt om de 13 geanalyseerde vindplaatsen toe te kennen aan prospectiegroepen. Daarbij is wat betreft omvang onderscheid gemaakt tussen de typen (zeer) kleine variant (< 200 m²), middelgrote variant (200-1000 m²) en grote variant (> 1000 m²). In het geval het opgegraven (en geanalyseerde) gebied een uitsnede vormt uit een grote(re) verspreiding van (vuur)stenen artefacten, is een inschatting gemaakt van de daadwerkelijke grootte van de vindplaats. Op basis van deze inschatting zijn gerekend tot de middelgrote variant Hempens, Zutphen-Ooijerhoek, Verrebroek-Aven Ackers 2006 en 2007, Hardinxveld-De Bruin, Oudenaarde-Donk en Keinsmerbrug. Tot de grote variant is, naast Verrebroek-Dok, één vindplaats gerekend, namelijk A27 Hoge Vaart. Vervolgens zijn de landschappelijke kenmerken van alle

geanalyseerde vindplaatsen beschreven. De resultaten hiervan zijn opgenomen in tabel 25.

Op basis van de in tabel 25 gepresenteerde gegevens is het mogelijk om de verwachtingen ten aanzien van de in paragraaf 8.2 beschreven relatie tussen landschappelijke zones en prospectiegroepen (tabel 24) te toetsen. Hoewel we terdege beseffen dat een dataset van 13, in de meeste gevallen niet volledig (!) opgegraven vindplaatsen ontoereikend is voor het doen van betrouwbare uitspraken, zijn er drie bevindingen die vermelding verdienen:

1) Van de groep van 13 geanalyseerde vindplaatsen hebben vier vindplaatsen een lage (40-80 artefacten per m²) en zes vindplaatsen een zeer lage (< 40 per m²) dichtheid van vuurstenen artefacten (tabel 25). We moeten er dus rekening mee houden dat het bodemarchief van vindplaatsen uit de Steentijd in Nederland en Vlaanderen, en ongeacht de grootte van de vondstverspreiding, hoofdzakelijk bestaat uit locaties (inclusief 'sites') met een lage of zeer lage vondstdichtheid. Overigens moeten we hierbij wel voor ogen houden dat de genoemde vondstdichtheden gebaseerd zijn op een schatting van het aantal aan te treffen vuursteenvondsten bij gebruik van een zeefmaaswijdte van 3 mm. Door het gebruik van een zeefmaaswijdte van 1 mm zal het aantal aan te treffen vuursteenvondsten naar verwachting sterk toenemen (zie p. 29-30 en tabel 21).

2) Op pleistocene, in geologisch opzicht stabiele oppervlakken, zoals lössplateaus, dekzandruggen en rivierduinen, komen (ook) vindplaatsen met een lage tot zeer lage vondstdichtheid voor. Hieronder bevinden zich vier kleine vindplaatsen die alle uit het Laat-Paleolithicum dateren. In tegenstelling tot wat hierboven is beargumenteerd (p. 36), duidt het bestand van 13 vindplaatsen niet op een relatie tussen enerzijds de omvang en vondstdichtheid van vindplaatsen, en anderzijds de ligging van vindplaatsen in specifieke landschappelijke zones.

Type	vindplaatsen	Landschappelijke zone
(zeer) kleine variant < 200 m²		
lage vondstdichtheid (40-80 per m ²)	Sweikhuizen-Groene Paal	lössplateau (oppervlakte)
zeer lage vondstdichtheid (< 40 per m ²)	Eyserheide	lössplateau (oppervlakte)
	Stroe	dekzandvlakte langs beekdal (oppervlakte)
	Geldrop-Aalsterhut	dekzandrug, overdekt met stuifzand
middelgrote variant 200-1000 m²		
matig-hoge vondstdichtheid (> 80 per m ²)	Hempens	dekzandrug, overdekt met veen en zeeklei
lage vondstdichtheid (40-80 per m ²)	Zutphen-Ooijerhoek	rivierduin langs beekdal
	Verrebroek-Aven Ackers 2007	dekzand, overdekt met veen en rivierklei
	Hardinxveld-De Bruin	rivierduin, overdekt met rivierklei
zeer lage vondstdichtheid (< 40 per m ²)	Oudenaarde-Donk	kronkelwaardruggen, overdekt met rivierklei
	Keinsmerbrug	kwelderafzettingen, overdekt met zeeklei
	Verrebroek-Aven Ackers 2006	dekzand, overdekt met veen en rivierklei
grote variant: > 1000 m²		
matig-hoge vondstdichtheid (> 80 per m ²)	Verrebroek-Dok	dekzandrug, overdekt met veen en rivierklei
	A27 Hoge Vaart	dekzandrug, overdekt met veen en zeeklei

Tabel 25 Landschappelijke kenmerken van de 13 geanalyseerde vindplaatsen uit de Steentijd en toekenning van deze vindplaatsen aan prospectiegroepen.

3) De prospectiegroep met een matig-hoge vondstdichtheid (>80 per m²) is vertegenwoordigd door drie vindplaatsen, namelijk Verrebroek-Dok, A27 Hoge Vaart en Hempens. De vindplaatsen liggen op een laat-pleistocene ondergrond (dekzandrug), bedekt met jongere sedimenten: veen en rivierklei in Verrebroek-Dok, en veen en zeelei in beide Nederlandse vindplaatsen. Ze liggen daarmee in landschappen die op het eerste oog als ‘geologisch dynamisch’ zouden kunnen worden aangemerkt.

De eerste bevinding is van groot belang voor het bepalen van *best practices* ten behoeve van toekomstig prospectief onderzoek. Gezien het algemeen voorkomen van lage tot zeer lage dichtheden van stenen artefacten in Steentijdvindplaatsen, zal in de toekomst (in op basis van de gespecificeerde verwachting geselecteerde zones, voor zover dit mogelijk en zinvol is) meer gewerkt moeten worden met een boorgrid van 4 × 5 m (lieft met zeven op 1 mm) en het graven van proefputten voor het succesvol opsporen van kleine vuursteenvindplaatsen. Het graven van proefputten is nodig om kleine én middelgrote vindplaatsen met een zeer lage vondstdichtheid te kunnen traceren. Daarbij moet worden aangetekend dat (ook) binnen deze categorieën van vindplaatsen kleine locaties met duidelijk hogere vondstdichtheden kunnen voorkomen, bijvoorbeeld in Sweikhuizen-Groene Paal en Eysersheide. Deze vondstrijke locaties zijn echter zo beperkt in oppervlakte dat ze met boringen gemakkelijk worden gemist.

Het derde punt maakt duidelijk dat een ligging van een vindplaats in een ‘geologisch dynamisch’ gebied niet noodzakelijkerwijze zeggingskracht heeft voor de prospectiekenmerken ervan. Van goede conservering en stratigrafisch gescheiden woonniveaus kan sprake zijn indien opeenvolgende fasen van afzetting van sedimenten en opeenvolgende fasen van bewoning (en daarmee depositie van archeologisch materiaal) min of meer synchroon hebben plaatsgevonden. In het geval van Verrebroek-Dok, A27 Hoge Vaart en Hempens is veen gevormd en is klei afgezet duizenden jaren na de bewoning van de betreffende locaties. Om deze reden moet worden uitgegaan van een ‘geologisch stabiel’ landschap als het gaat om het bepalen van de prospectiekenmerken van beide vindplaatsen.

8.4 Discussie

In dit hoofdstuk zijn drie factoren beschreven die uit theoretisch oogpunt van belang worden geacht voor het bepalen van prospectiekenmerken van (verwachte) vuursteenvindplaatsen: de aard en ruimtelijke neerslag van de uitgevoerde activiteiten, de mate van

hergebruik, en de post-depositionele geschiedenis van locaties. Voorgesteld werd dat bij het opstellen van de gespecificeerde verwachting rekening wordt gehouden met deze condities en dat ze (voor zover mogelijk en zinvol op basis van bestaande, regio-specifieke kennis) worden meegenomen bij het bepalen van prospectiekenmerken van vindplaatsen. Met deze informatie zou vervolgens een beter onderbouwde keuze worden gemaakt ten aanzien van de meest optimale strategie van veldwerk gericht op het opsporen van vindplaatsen uit de Steentijd.

De resultaten van de beperkte (en statistisch ontoereikende!) toetsing laten echter zien dat Steentijdvindplaatsen zich moeilijk laten voorspellen wat betreft de omvang ervan en de dichtheid (per m²) waarin stenen artefacten voorkomen. De gegevens van de 13 geanalyseerde vindplaatsen wijzen erop dat veel Steentijdvindplaatsen een lage of zeer lage dichtheid van stenen artefacten hebben, *ongeacht hun landschappelijke ligging, wel of geen afdekking door sedimenten en omvang*. Dit werpt een belangrijke vraag op: indien er kleine vindplaatsen worden verwacht, of indien de vondstdichtheid of omvang van de verwachte Steentijdvindplaatsen van tevoren niet goed kan worden bepaald: moet in deze gevallen altijd worden geboord in een grid van 4 × 5 m of moeten er zelfs proefputten worden gegraven, om ervoor te zorgen dat vindplaatsen niet categorisch worden gemist?

Willen we, evenals voor archeologische vindplaatsen uit latere perioden, op goede wijze invulling geven aan de doelstellingen van de archeologische monumentenzorg voor de Steentijd, dient deze vraag in de ogen van de auteurs met ja te worden beantwoord. Maar wel met de kanttekening dat dit niet automatisch betekent dat in een onderzoeks- of plangebied van bijvoorbeeld 5 of 10 hectaren deze werkwijze overal, in een vlakdekkend grid dient te worden toegepast. Om tot een weloverwogen inzet van karterende boringen te komen, is het van belang dat eerst door middel van boringen het ‘Steentijdlandschap’ nader in kaart wordt gebracht, waarbij gebruik kan worden gemaakt van een relatief ruim grid van bijvoorbeeld 25 × 25 m of 50 × 50 m. Op deze wijze kunnen de landschappelijke gegevens (verwachtingen) uit het bureauonderzoek worden getoetst en kan op basis van nieuwe inzichten, bijvoorbeeld over verstoringen van het bodemprofiel of de aanwezigheid van voormalige waterlocaties, het verwachtingsmodel worden aangepast en/of worden verfijnd. Voor intensief karterend booronderzoek en/of het graven van proefputten komen vervolgens locaties of landschappelijke zones in aanmerking, waar de kans op het aantreffen van (relatief) goed-geconserveerde Steentijdvindplaatsen groot wordt geacht en waar de inzet van andere methoden (oppervlaktekartering) niet mogelijk of zinvol is.

Noten

52 Tol *et al.* 2004.

53 Crombé *et al.* 2006

Literatuur

- Arts, N. & J. Deeben 1983: Archeologisch onderzoek in een late Magdalénien nederzetting te Sweikhuizen, gemeente Schinnen, *Archeologie in Limburg* 16, 2-5.
- Arts, N. & J. Deeben 1984: Voortgezet onderzoek naar de Magdalénien nederzetting van Sweikhuizen, gemeente Schinnen, *Archeologie in Limburg* 22, 23-28.
- Bats, M., 2007: The Flemish Wetlands: an archaeological survey of the valley of the river Scheldt, in: J. Barber, C. Clark, M. Cressey, A. Crone, A. Hale, J. Henderson, R. Housley, R. Sands & A. Sheridan (eds.), *Archaeology from the Wetlands: recent perspectives*, Proceedings of the 11th WARP Conference, Edinburgh 2005 (WARP Occasional Paper, 18).
- Bats, M., in voorb.: *De Vlaamse Wetlands, een archeologische verkenning van de Scheldevallei*. Proefschrift Universiteit Gent.
- Behm, J.A., 1983: Flake concentrations: Distinguishing between flint working activity areas and secondary deposits, *Lithic Technology* 12, 9-16.
- Binford, L.R., 1978: Dimensional analysis of behavior and site structure: Learning from an Eskimo hunting stand, *American Antiquity* 43-3, 330-361.
- Blankholm, H.P., 1991: *Intrasite Spatial Analysis in Theory and Practice*, Aarhus.
- Borsboom, A.J. & J.W.H.P. Verhagen 2009: *KNA Leidraad Inventariserend Veldonderzoek. Deel: Proefsleuvenonderzoek (IVO-P)*, Gouda.
- Brown, C.T., 2001: The Fractal Dimensions of Lithic Reduction, *Journal of Archaeological Science* 28, 619-631.
- Clark, J.E., 1991: Flintknapping and debitage disposal among the Lacandon Maya of Chiapas, Mexico, in: E. Staski & L. Sutro (eds.), *The Ethnoarchaeology of Refuse Disposal*, Tempe (Arizona State University Anthropological Research Papers 42), 63-78.
- Crombé, Ph., 1998: *The Mesolithic in Northwestern Belgium, Recent Excavations and Surveys*, Oxford, (BAR International Series 716).
- Crombé, Ph. (ed.) 2005: *The last hunter-gatherer-fishermen in Sandy Flanders (NW Belgium); the Verrebroek and Doel excavation projects, Part 1: palaeo-environment, chronology and features*, Gent (Archaeological Reports Ghent University 3), 334 p.
- Crombé, Ph., Y. Perdaen & J. Sergeant 2003: The Site of Verrebroek "Dok" (Flanders, Belgium): Spatial Organisation of an Extensive Early Mesolithic Settlement, in: L. Larsson, H. Kindgren, K. Knutsson, D. Loeffler & A. Akerlund (eds.), *Mesolithic on the Move: Papers presented at the Sixth International Conference on the Mesolithic in Europe, Stockholm 2000*, Oxford. 205-215.
- Crombé, Ph. Y. Perdaen & J. Sergeant 2006: Extensive artefact concentrations: single occupations or palimpsests? The evidence from the Early Mesolithic site of Verrebroek "Dok" (Belgium), in: C.J. Kind (ed.), *'After the Ice Age' Proceedings of the International Conference*, Rottenburg 9-12 September 2003, 237-243.
- Crombé, Ph., J. Sergeant, L. Lombaert, M. Van Strydonck & M. Boudin 2009: The Mesolithic and Neolithic site of Verrebroek - Aven Ackers (East Flanders, Belgium): the radiocarbon evidence, *Notae Praehistoricae* 29, 15-21.
- Davis, J.C., 1986: *Data Analysis in Geology*, New York.
- Deeben, J., 1988: The Geldrop sites and the Federmesser occupation of the southern Netherlands, in: Otte, M. (ed.), *De la Loire à l'Oder*, Oxford (BAR International Series, 444), 357-398.
- Deeben, J., in voorb.: *Het archeologische onderzoek van de Ahrensburg nederzetting Geldrop-Aalsterhut-1985 (gem. Waalre, provincie Noord-Brabant, Nederland)*.
- Groenewoudt, B.J., J. Deeben, B. van Geel & R.C.G.M. Lauwerier 2001: An Early Mesolithic assemblage with faunal remains in a stream valley near Zutphen, the Netherlands, *Archäologisches Korrespondenzblatt* 31, 329-348.
- Hogestijn, J.W.H. & J.H.M. Peeters (red.) 2001a: *De mesolithische en vroeg-neolithische vindplaats Hoge Vaart-A27 (Flevoland). Deel 2 Veldwerk: opgravingsstrategie, methoden en definities*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 79).
- Hogestijn, J.W.H. & J.H.M. Peeters (red.) 2001b: *De mesolithische en vroeg-neolithische vindplaats Hoge Vaart-A27 (Flevoland). Deel 3 Vondstverwerking: behandeling, registratie en opslag*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 79).

- Hogestijn, J.W.H. & J.H.M. Peeters (red.) 2001c: *De mesolithische en vroeg-neolithische vindplaats Hoge Vaart-A27 (Flevoland). Deel 4 Automatisering: methoden, processen en technische gegevens*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 79).
- Kintigh, K.W., 1988: The effectiveness of subsurface testing: a simulation approach, *American Antiquity* 53, 686-707.
- Kintigh, K.W., 1990: Intrasite spatial analysis: A commentary on major methods, in: A. Voorrips (ed.) *Mathematics and Information Science in Archaeology: A Flexible Framework*, Bonn, 165-200.
- Krakker, J.J., M.J. Shott & P.D. Welch 1983: Design and evaluation of shovel-test sampling in regional archaeological survey, *Journal of Field Archaeology* 10, 469-480.
- Lombaert L., N. Gunther & V. Ameels 2007: Een mesolithische vindplaats te Oudenaarde-Donk: een ruimtelijke, typologische en technische analyse, *Notae Praehistoricae* 27, 89-99.
- Louwe Kooijmans, L.P. (red.) 2001: *Hardinxveld-De Bruin: een kampplaats uit het Laat-Mesolithicum en het begin van de Swifterbant-cultuur (5500-4450 v. Chr.)*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 88).
- Louwe Kooijmans, L.P. & P.F.B. Jongste (eds.) 2006: *Schipluiden-Harnaschpolder, A Middle Neolithic Site on the Dutch Coast (3800-3500 BC)*, Leiden (Analecta Praehistorica Leidensia 37-38).
- McManamon, F.P., 1984: Discovering Sites Unseen, in: M.B. Schiffer (ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory* 7, New York, 223-292.
- Nance, J.D., 1983: Regional Sampling in Archaeological Survey: The Statistical Perspective, in: M.B. Schiffer (ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory* 6, New York, 289-356.
- Noens, G., 2011: *Een afgedekt mesolithisch nederzettingsterrein te Hempens/N31 (Gemeente Leeuwarden, Provincie Friesland, NL.)*, Gent (Archaeological Reports Ghent University 7).
- Rensink, E., 1992: Eyserheide: A Late Magdalenian site on the fringe of the northern loessbelt (Limburg, the Netherlands), *Archäologisches Korrespondenzblatt* 22, 315-327.
- Rensink, E., 2011: *Eyserheide. A Magdalenian open-air site in the loess area of the Netherlands and its archaeological context*, Leiden (Analecta Praehistorica Leidensia 42).
- Rensink, E. & J.W. de Kort 2010: *Prehistorische jagers bij Stroe. Waardstellend onderzoek van een vindplaats van de Hamburgcultuur in het Kootwijksche Veld (gem. Barneveld)*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 184).
- Pielou, E.C., 1977: *Mathematical ecology*, New York.
- Sergant J., M. Bats, G. Noens, L. Lombaert & D. D'Hollander 2007: Voorlopige resultaten van noodopgravingen in het afgedekte dekzandlandschap, *Notae Praehistoricae* 27, 101-107.
- Smit, B.I., S.M. Beckerman, D.C. Brinkhuizen, V. Garcia-Diaz, L. Kubiak-Martens, G.R. Nobles, T. F.M. Oudemans, J.T. Zeiler, O. Brinkkemper, J.P. Kleijne, R.C.G.M. Lauwerier, E.M. Theunissen, A.L. van Gijn & D.C.M. Raemaekers in voorb.: *Late Neolithic variability in a dynamic landscape: a kaleidoscope of gathering at Keinsmerbrug*.
- Stone, G.D., 1981: On artifact densities and shovel probes, *Current Anthropology* 22, 182-183.
- Tol, A.J., J.W.H.P. Verhagen, A.J. Borsboom & M. Verbruggen 2004: *Prospectief boren. Een studie naar de betrouwbaarheid en toepasbaarheid van booronderzoek in de prospectiearcheologie*, Amsterdam (RAAP-rapport 1000).
- Tol, A.J., J.W.H.P. Verhagen & M. Verbruggen 2006: *Leidraad inventariserend veldonderzoek; Deel: karterend booronderzoek*, Gouda.
- Verhagen, P., 2005: Prospection Strategies and Archaeological Predictive Modelling, in: M. van Leusen & H. Kamermans (eds.), *Predictive Modelling for Archaeological Heritage Management: a research agenda*, Amersfoort (Nederlandse Archeologische Rapporten 29), 109-121.
- Verhagen, P. & A. Borsboom 2009: The design of effective and efficient trial trenching strategies for discovering archaeological sites, *Journal of Archaeological Science* 36, 1807-1816.

Bijlage 1 Opzet simulaties

De simulaties zijn uitgevoerd door middel van een script in de programmeertaal Python (versie 2.4.4). De simulaties zijn dus niet in GIS uitgevoerd; de reden hiervoor is de veel hogere snelheid van de berekeningen in Python. Het gemaakte script voert de 100 000 benodigde simulaties per scenario uit binnen een tijdsbestek van 1 minuut, waardoor het mogelijk wordt om snel veel verschillende scenario's door te rekenen.

Het Python-script voert de volgende acties uit:

- Er wordt een ArcGIS ASCII-grid ingelezen in een matrix (*array*); elk element in de matrix stelt een opgravingsvak voor, met een bijbehorend aantal vondsten
- Er wordt 100 000 maal een boorgrid (gelijkzijdig driehoeksgrid) gesimuleerd, waarbij de startpositie en draaihoek steeds varië-

ren; de boorpunten bevinden zich daardoor in elke simulatie-run op andere posities in de matrix

- Per simulatie-run wordt voor elk boorpunt de bijbehorende vondstdichtheid opgevraagd, onder voorwaarde dat er geen sprake is van NODATA. Op grond hiervan wordt met de formule van Stone (1981) (Poisson-verdeling) de vindkans bepaald, afhankelijk van de gebruikte boordiameter. De waarnemingskans is hierbij steeds op 1 gesteld
- De vindkans wordt vervolgens vergeleken met een random gegenereerd getal tussen 0 en 1; indien dit getal lager is dan de vindkans, dan wordt de boring als succesvol beschouwd
- Het aantal succesvolle boringen wordt per simulatie-run opgeteld, en na afloop van de simulatie worden de aantallen rake en succesvolle boringen weergegeven

Hieronder volgt de code van het gebruikte Python-script:

```
import os, random
from numpy import *
from math import *

set_printoptions(threshold=nan)

# takes care that the whole array is printed

def my_split(s, seps):
    res = [s]
    for sep in seps:
        s, res = res, []
        for seq in s:
            res += seq.split(sep)
    return res

# open ASCII grid file

f = open("he_fl_cnt_s.asc")

# read first line for number of columns
# split on spaces and end-of-lines using the my_split routine defined above
```

```

s = f.readline()
line1 = my_split(s,[" ", "\n"])
ncols = int(line1[1])

# read second line for number of rows
# split on spaces and end-of-lines using the my_split routine defined above

s = f.readline()
line2 = my_split(s,[" ", "\n"])
nrows = int(line2[1])

# print ncols, nrows

n = ndarray(shape=(nrows * ncols,), dtype=float_)

# read line three thru six, and read values into variables

s = f.readline()
line3 = my_split(s,[" ", "\n"])
xllcorner = line3[1]

s = f.readline()
line4 = my_split(s,[" ", "\n"])
yllcorner = line4[1]

s = f.readline()
line5 = my_split(s,[" ", "\n"])
cellsize = line5[1]

s = f.readline()
line6 = my_split(s,[" ", "\n"])
nodatavalue = line6[1]

# read rest of file, and split

s = f.read()

words = my_split(s, [" ", "\n"])

# split on spaces and end-of-lines using the my_split routine defined above
# the number of words created by split is 1 larger than the number of cells

for i in range(len(words) - 1):
    n[i] = float(words[i])

# convert ASCII to Python Floats and assign

n.shape=(nrows, ncols)

# Add the "real" shape

f.close

```

```

# run 100,000 simulations, and prepare the lists to hold the simulation results

hit_list = []
count_list = []
count_zero = 0

for x in range(100000):

    sim_list = []
    hitprob_list = []

    # set the distance between sampling points (pointdist); the distance between rows (rowdist) is based on an equilateral triangular layout
    # take care: pointdist is in squares, not in meters!

    pointdist = 50
    rowdist = pointdist * 0.5 * sqrt(3)

    # calculate random rotation angle of sampling grid

    angle_deg = random.random() * 180

    # check the rotation angle; if < 90 degrees, then the first row should start in the lower right corner, else in the lower left one

    if angle_deg < 90:
        startcorner = 'lr'
        rowstart_x = nrows + 0.5 * pointdist - random.random() * pointdist
    else:
        startcorner = 'll'
        rowstart_x = -0.5 * pointdist + random.random() * pointdist

    rowstart_y = -0.5 * rowdist + random.random() * rowdist

    # N.B start position does not take rotation angle into account, this is not necessary

    # set first sample point at starting position

    pos_x = rowstart_x
    pos_y = rowstart_y

    # the ASCII grids start at the lower left corner, whereas the numpy array
    # starts at the upper left corner, and starts the numbering at 0 instead of 1

    rownum = int(round(pos_x) - 1)
    colnum = int(ncols - 1 - round(pos_y))

    if startcorner == 'lr':

        # do until the next sampling row starts above the upper boundary of the area

        while rowstart_y < ncols:

```

```

if rownum < nrows and colnum < ncols and rownum > -1 and colnum > -1:
    sample = n[rownum,colnum]

    if sample <> -9999:
        sim_list.append(sample)

# go to next sampling row as soon as pos_x or pos_y falls outside the upper or right boundary of the area
# next row position is calculated by first distracting the rowdist
# this will result in a position to the left and above the starting point of the previous row
# in other to stagger the rows, the point should then be moved to the left and downward by 1/2 pointdist
# remember: cosine = dx, sine = dy

if pos_x > nrows or pos_y > ncols:

    rowstart_x = rowstart_x - cos(radians(90 - angle_deg)) * rowdist - 0.5 * cos(radians(angle_deg)) * pointdist

    old_rowstart_y = rowstart_y
    rowstart_y = rowstart_y + sin(radians(90 - angle_deg)) * rowdist - 0.5 * sin(radians(angle_deg)) * pointdist

# three situations possible
# 1 - rowstart is inside area, but above previous starting point
# in that case, move one position down in the row, while not leaving the area
# 2 - rowstart is below the area and below previous starting point
# in that case, move one position up in the row
# 3 - rowstart is to the left of the area and below previous starting point
# in that case, also move one position up in the row
# this bit of code assures that all starting points end up inside the area, but never leave out a point on the row

if rowstart_y > old_rowstart_y:
    while rowstart_x > 0 and rowstart_y > 0:
        rowstart_x = rowstart_x - cos(radians(angle_deg)) * pointdist
        rowstart_y = rowstart_y - sin(radians(angle_deg)) * pointdist
    elif rowstart_x < 0:
        rowstart_x = rowstart_x + cos(radians(angle_deg)) * pointdist
        rowstart_y = rowstart_y + sin(radians(angle_deg)) * pointdist
    elif rowstart_y < 0:
        rowstart_x = rowstart_x + cos(radians(angle_deg)) * pointdist
        rowstart_y = rowstart_y + sin(radians(angle_deg)) * pointdist

# now make the rowstart the sample point

pos_x = rowstart_x
pos_y = rowstart_y

# if no new row, go to next sample point on the row
# next position in row is calculated by taking the pointdist (distance between sampling points)
# the next point will always be positioned to the right and above the current point

else:
    pos_x = pos_x + cos(radians(angle_deg)) * pointdist
    pos_y = pos_y + sin(radians(angle_deg)) * pointdist

# rounding could result in a (valid) value of zero when pos_x or pos_y between 0 and -0.5

```

```

rownum = int(round(pos_x) - 1)
if pos_x > -0.5 and pos_y < 0:
    rownum = nrows

colnum = int(ncols - 1 - round(pos_y))
if pos_y > -0.5 and pos_y < 0:
    colnum = -1

# now do the same if the grid is rotated between 90 and 180 degrees

else:

# do until the next sampling row starts above the upper boundary of the area

    while rowstart_y < ncols:

# and then do something with the sample!

# the point may fall outside the boundary of the area; in that case, it is not considered

        if rownum < nrows and colnum < ncols and rownum > -1 and colnum > -1:
            sample = n[rownum,colnum]

            if sample <> -9999:
                sim_list.append(sample)

# go to next sampling row as soon as pos_x or pos_y falls outside the lower or right boundary of the area
# next row position is calculated by first adding the rowdist
# this will result in a position to the right and below the starting point of the previous row
# in other to stagger the rows, the point should then be moved to the right and downward by 1/2 pointdist
# remember that cosine is negative for angles between 90 and 180 degrees, as well as the sine of the perpendicular angle
# needed with rowdist

        if pos_x < 0 or pos_y > ncols:

            rowstart_x = rowstart_x + cos(radians(90 - angle_deg)) * rowdist - 0.5 * cos(radians(angle_deg)) * pointdist

            old_rowstart_y = rowstart_y
            rowstart_y = rowstart_y - sin(radians(90 - angle_deg)) * rowdist - 0.5 * sin(radians(angle_deg)) * pointdist

# 1 - rowstart is inside area, but above previous starting point
#   in that case, move one position down in the row, while not leaving the area
# 2 - rowstart is below the area and below previous starting point
#   in that case, move one position up in the row
# 3 - rowstart is to the right of the area and below previous starting point
#   in that case, also move one position up in the row
# this bit of code assures that all starting points end up inside the area, but never leave out a point on the row

        if rowstart_y > old_rowstart_y:
            while rowstart_y > 0 and rowstart_x < nrows:
                rowstart_x = rowstart_x - cos(radians(angle_deg)) * pointdist
                rowstart_y = rowstart_y - sin(radians(angle_deg)) * pointdist

```

```

elif rowstart_y < 0:
    rowstart_x = rowstart_x + cos(radians(angle_deg)) * pointdist
    rowstart_y = rowstart_y + sin(radians(angle_deg)) * pointdist
elif rowstart_x > nrows:
    rowstart_x = rowstart_x + cos(radians(angle_deg)) * pointdist
    rowstart_y = rowstart_y + sin(radians(angle_deg)) * pointdist

# now make the rowstart the sample point

    pos_x = rowstart_x
    pos_y = rowstart_y

# if no new row, go to next sample point on the row
# next position in row is calculated by taking the pointdist (distance between sampling points)
# the next point will always be positioned to the right and below the current point

else:
    pos_x = pos_x + cos(radians(angle_deg)) * pointdist
    pos_y = pos_y + sin(radians(angle_deg)) * pointdist

rownum = int(round(pos_x) - 1)
if pos_x > -0.5 and pos_y < 0:
    rownum = nrows
colnum = int(ncols - 1 - round(pos_y))
if pos_y > -0.5 and pos_y < 0:
    colnum = -1

if len(sim_list) > 0:

    # run through the list with sample values, and determine detection probabilities per list element

    for i in range(len(sim_list)):

        # formula is based on Poisson-distribution

        hitprob_list.append(1 - exp(-0.017671458676442586966352369030947 * sim_list[i] * 4))

        # based on 15 cm diameter core
        # this one is for 12 cm:
        # hitprob_list.append(1 - exp(-0.011309733552923255658465516179806 * sim_list[i] * 4))
        # this one is for 7 cm:
        # hitprob_list.append(1 - exp(-0.0038484510006474967171167381445174 * sim_list[i] * 4))

    # now run through the list with sample values again, and determine how often the coring is successful

    hit_sum = 0

    for j in range(len(sim_list)):

        prob = random.random()

        if prob < hitprob_list[j]:
            hit_sum = hit_sum + 1

```



```

hit_list.append(hit_sum)
count_list.append(len(sim_list))

else:

    count_zero = count_zero + 1

# now analyse the data over the whole simulation

total_hit = 0
total_count = 0
print len(hit_list)

for l in range(max(hit_list) + 1):

    print l, hit_list.count(l)

    if l > 0:
        total_hit = total_hit + hit_list.count(l)

print len(count_list)

for l in range(max(count_list) + 1):

    print «count_list:», l, count_list.count(l)

    if l > 0:
        total_count = total_count + count_list.count(l)

print total_hit
print total_count

print «no sample:», count_zero

```

EXAMPLE OUTPUT:

```

94113
0 39459
1 48472
2 6182
94113
count_list: 0 0
count_list: 1 52568
count_list: 2 41545
54654
94113
no sample: 5887

```


Bijlage 2 Begrippenlijst

Archeologische laag: een met het ongewapende oog waarneembare lithostratigrafische eenheid die zich onderscheidt van de lagen eronder en erboven door de aanwezigheid van (een microfractie van) artefacten en mogelijk-antropogene objecten. In de Nederlandse archeologie veel gebruikte, maar niet duidelijk omschreven synoniemen zijn: cultuurlaag, vondstlaag, vondstniveau, bewoningsniveau, 'vuile' laag en afval laag.

Binomiale verdeling: een verdeling van het aantal successen X in een reeks van n onafhankelijke alternatieven alle met succeskans p ; bijvoorbeeld het aantal boringen (X) van het totaal (n) waarin een vondst wordt aangetroffen bij een specifieke vindkans (p).

Clustering: de mate waarin fenomenen de neiging hebben om gegroepeerd op te treden; de verspreiding van vuursteen in een vindplaats is vaak geconcentreerd rondom een beperkt aantal locaties, in plaats van gelijkmatig verspreid.

.csv-bestand: *comma separated values*-bestand. Dit type tekstbestand wordt gebruikt voor de opslag van database-gegevens in een software-onafhankelijk formaat. Alle gegevenskolommen worden hierbij gescheiden door een komma.

DANS: Data Archiving and Networked Services

EASY: Electronic Archiving System van DANS

GIS: Geografisch Informatie Systeem

Grondspoor: dit zijn de sporen van menselijk ingrijpen in de bodem, zoals haarden, paalsporen en (opgevulde) kuilen. Grondsporen onderscheiden zich van de omgeving door een andere lithologie en/of kleur, en een vorm en/of configuratie die erop wijst dat het sporen van menselijk handelen betreft.

KNA: Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie

k-parameter: maat voor de mate van clustering van vondsten in een vindplaats.

Negatieve binomiale verdeling: kansverdeling van het benodigde aantal onafhankelijke pogingen n met steeds kans p op succes, om een vastgelegd aantal successen m te behalen; bijvoorbeeld het aantal boringen (n) dat nodig is om met 75% zekerheid (p) één vondst (m) aan te treffen.

Opsporingskans: de kans dat een vindplaats wordt opgespoord met een specifieke prospectiestrategie

Poisson-verdeling: statistische verdeling die gebruikt kan worden om de kans op het optreden van een gebeurtenis te bepalen als het aantal mogelijke steekproeven zeer groot is, en het aantal keren dat de gebeurtenis optreedt zeer laag. Dit model is van toepassing op het berekenen van de kans dat een individueel stuk vuursteen wordt geraakt door een boring.

Prospectiegroep: groep van archeologische vindplaatsen met vergelijkbare prospectiekenmerken

Prospectiekenmerken: die kenmerken van vindplaatsen die van belang zijn voor de opsporing ervan. De belangrijkste kenmerken zijn omvang, vorm, af-/aanwezigheid sporenniveau, omvang van en dichtheid aan sporen, af-/aanwezigheid vondststrooiing en vondstdichtheid, aard van de vondsten, aan-/afwezigheid archeologische laag.

Proefput: handmatig gegraven put met als doel de aanwezigheid, de aard en conditie van archeologische resten vast te stellen. De omvang van proefputten is beperkt tot hooguit 1×2 meter.

Proefsleuf: machinaal gegraven sleuf met als doel de aanwezigheid, de aard en conditie van archeologische resten vast te stellen. De omvang daarvan is minimaal 1×2 m

RCE: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

SIKB: Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer

Simulatie: in de statistiek is simulatie een manier om kansverdelingen te bepalen zonder daarvoor een theoretisch statistisch model, zoals de Poisson-verdeling, te gebruiken. Simulaties wor-

den vooral gebruikt als onduidelijk is volgens welk statistisch model de kansverdeling kan worden beschreven. Door steeds nieuwe steekproeven uit de beschikbare gegevens te nemen, kan dan toch een realistische kansverdeling worden bepaald.

Skewness: maat voor de scheefheid van een statistische verdeling. In dit onderzoek is steeds Pearson's skewness gebruikt.

Trefkans: de kans dat een boring, proefput of proefsleuf binnen de (veronderstelde of gedefinieerde) grenzen van een vindplaats valt.

Vindkans: de kans dat zich in een boring, proefput of proefsleuf binnen een vindplaats aanwijzingen voor de aanwezigheid van die vindplaats bevinden. Bij proefsleuven is dit de kans dat zich in het deel van de sleuf binnen een vindplaats daadwerkelijk grondsporen aftekenen dan wel vondsten aanwezig zijn. Bij boringen en proefputten is dit de kans dat een vondst aangetroffen wordt.

Vindplaats: onder een vindplaats wordt hier verstaan niet een vindplaats *sensu stricto* ("elke plaats waar een vondst is gedaan") maar vindplaats als ruim begrip: "een vindplaats is een plaats waar de fysieke resten van menselijk handelen aanwezig zijn in de vorm van artefacten en/of grondsporen". Een archeologische laag wordt hierbij gezien als een type grondspoor. Deze definitie is grotendeels vergelijkbaar met de term complex(type): "een verzameling van in tijd en ruimte bij elkaar horende artefacten en/of grondsporen". Een vindplaats kan echter uit meerdere complextypen bestaan.

Vondststrooiing: Een vondststrooiing is een verzameling van (fragmenten van) artefacten in een ruimtelijk beperkte omgeving, en meestal aanwezig in een lithologisch onderscheiden eenheid (laag).

Waarnemingskans: de kans dat de in een boring, proefput of proefsleuf aanwezige archeologische sporen of vondsten ook daadwerkelijk worden waargenomen.

