



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

Rapportage
Archeologische
Monumentenzorg

237

Kelmond-Beekerveld (gemeente Beek); erosieonderzoek in het kader van het TOPsites project

D.J. Huisman & J.W. de Kort (red.)

Kelmond-Beekerveld (gemeente Beek); erosieonderzoek in het kader van het TOPsites project

D.J. Huisman & J.W. de Kort (red.)

Colofon

Rapportage Archeologische Monumentenzorg nr. 237

Kelmond-Beekerveld (gemeente Beek); erosieonderzoek in het kader van het TOPsites project

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

Redactie: D.J. Huisman & J.W. de Kort

Illustraties: RCE en M. Haars (BCL Archaeological Support)

Opmaak en productie: Xerox/OBT, Den Haag

ISBN/EAN: 9789057992742

© Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort, 2017

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

Postbus 1600

3800 BP Amersfoort

www.cultureelerfgoed.nl

Samenvatting	5	5	Onderzoeksmethodes	23
1 Inleiding	7	5.1	Hoogte-metingen	23
1.1 Aanleiding	7	5.2	Veldmetingen t.b.v. tracer-onderzoek	23
1.2 Uitvoering van het onderzoek	7	5.3	Booronderzoek en bemonstering van de boorkernen	23
1.3 Opbouw van de rapportage	8	5.3.1	Het booronderzoek	23
1.5 Archivering	8	5.3.2	Metingen aan en bemonstering van de kernen voor tracer- en OSL-onderzoek	23
2 Vooronderzoek	9	6	Onderzoekresultaten	25
2.1 Bureauonderzoek	9	6.1	Inleiding	25
2.1.1 Landschappelijke context	9	6.2	Hoogte-metingen	25
2.1.2 Archeologische context	11	6.3	Booronderzoek	32
2.1.3 Historische context	11	6.3.1	Algemene profielbeschrijving	32
2.2 Gespecificeerde archeologische verwachting	11	6.3.2	Resultaten per boorraai	33
2.3 Verwachting erosie	14	6.3.3	Resultaten steekboringen	34
3 Theorie en methoden erosiemetingen	15	6.4	Resultaten monsters/specialistisch onderzoek	35
3.1 Inleiding	15	6.4.1	OSL-metingen	35
3.2 Veranderingen in maaiveldhoogte	15	6.4.2	Tracer-onderzoek	37
3.3 Dateringen van afzetting en erosie op monsters uit boringen	15	7	Interpretatie van de onderzoeksresultaten	43
3.3.1 Inleiding	15	8	Conclusies en aanbevelingen	45
3.3.2 Dateren van sedimentatie met OSL	16	8.1	Beantwoording van de onderzoeksvragen	45
3.3.3 OSL en erosie, colluviatie en landschapsstabiliteit	16	8.2	Aanbevelingen	46
3.4 Dateren van erosie met antropogene tracers	17	Literatuur		47
3.4.1 Theorie van het toepassen van tracers	17	Bijlagen		49
3.4.2 De geteste tracers	18			
3.4.3 Ruimtelijk verspreiding ¹³⁷ Cs	20			
4 Doelstelling en vraagstelling van het onderzoek	21			
4.1 Doelstelling	21			
4.2 Vraagstelling	21			

Nivellering en erosie zijn een algemeen bekend probleem voor geaccidenteerde terreinen waarop akkerbouw plaatsvindt. Grond zonder vegetatie is gevoelig voor erosie, terwijl ploegen zorgt voor verflakking en nivellering van reliëfverschillen. Verschillende tests zijn gedaan, met name in het buitenland, om de snelheid van deze nivellering en erosie te karakteriseren. De resultaten zijn echter niet eenduidig, mede omdat verschillende tijdschalen worden gebruikt.

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

Uit het onderzoek op de vroegneolithische (Lineaire Bandkeramiek) vindplaats Kelmond-Beekerveld blijkt dat er aanwijzingen zijn voor van significante erosie, met name op het steilste deel van de helling. Hoewel het meeste colluvium op zijn laatst gevormd is tijdens de late middeleeuwen, zijn er duidelijke aanwijzingen dat erosie actief was in de afgelopen decennia, en op dit moment ook nog plaatsvindt.

De snelheid waarop de erosie plaatsvindt is aanzienlijk; in de afgelopen 50 jaar is enkele decimeters aan grond verdwenen van de site, met name rond de hellingknik. De oudere datering van het colluvium en de aanwezigheid van een grote concentratie sporen op het steilste deel van de helling zijn aanwijzingen dat deze erosie komt na een langere periode van landschappelijke stabiliteit.

De vergelijking van de maaiveldhoogtes uit verschillende jaren en de variaties daarin (met name de vergelijking tussen de twee generaties

van het Actueel Hoogtebestand Nederland) duiden op erosie, maar deze resultaten op zich zijn niet overtuigend. De combinatie van ^{137}Cs en $^{239+240}\text{Pu}$ metingen enerzijds en OSL metingen anderzijds geven wel uitkomsten die geschikt zijn voor het identificeren en kwantificeren van erosie en colluviatie.

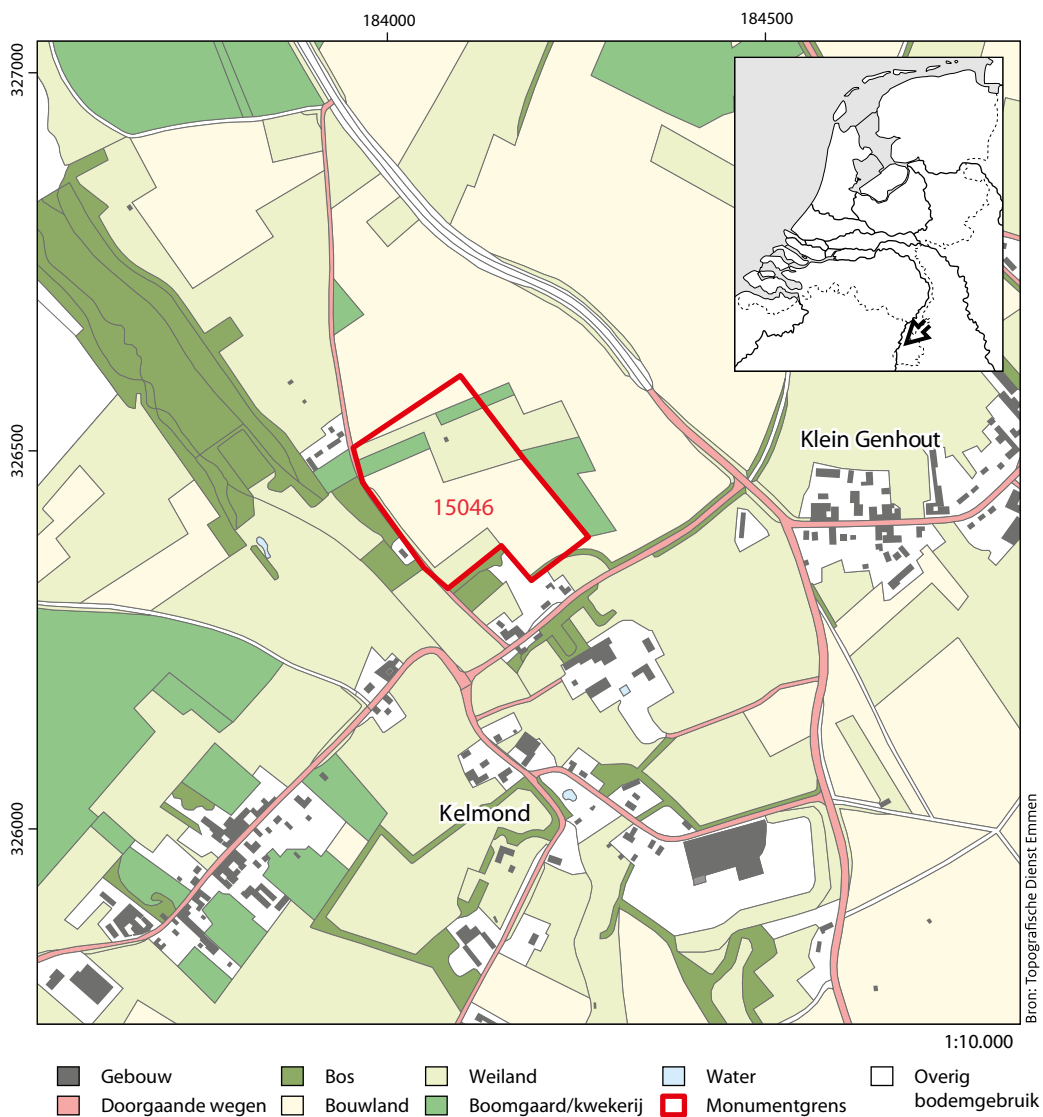
Veel van de hier geteste methoden bleken niet geschikt om de erosiesnelheden te meten. In de meeste gevallen waren ze te onnauwkeurig (bijvoorbeeld ^{137}Cs oppervlaktekartering), waren de effecten te onduidelijk (AHN/LIDAR verschillen) of waren er oncontroleerbare variaties in de gehalten van bepaalde tracers.

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

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

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

Ten aanzien van het monument zelf kunnen een aantal aanbevelingen worden gedaan. Uit het onderzoek blijkt dat er sprake is van stevige erosie op delen van het terrein. Omdat veel van de sporen direct onder de bouwvoor liggen, is de vindplaats zeer kwetsbaar. Eenmaal dieper ploegen dan de bouwvoor brengt schade en informatieverlies met zich mee. Een gebruik van het monument als grasland verdient daarom de voorkeur.



Afb. 1.1 De ligging en begrenzing van het onderzoeksgebied ten noorden van Kelmond (gemeente Beek).

Op langere termijn heeft erosie tot gevolg dat (delen van) sporen die nu nog buiten het bereik van de ploeg liggen, langzamerhand binnen het bereik komen te liggen. Dit zal met name gelden rondom de hellingknik. Ook bij versterkte erosie als gevolg van bijvoorbeeld noodweer kan hier sprake van zijn. Als gevolg van het aansnijden van verse (delen van) sporen door de ploeg worden artefacten opgenomen in de bouwvoor.

Met name het lage temperatuur-gebakken aardewerk is geen lang leven beschoren als het daarin is opgenomen, en zal door wisselende vochtgehaltenes en vries-dooi cycli snel uiteenvallen. Het is daarom aanbevelenswaardig om (1) het monument te monitoren op schade door erosie, en (2) om een omzetting van akker naar grasland na te streven.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

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

Doel van het project TOPsites is om wettelijk beschermde archeologische monumenten te beschermen tegen de effecten van sluipende degradatie. Het gros van het projectbudget werd besteed aan fysieke beschermingsmaatregelen. Van sommige degradatie processen is echter nog te weinig bekend om noodzaak en urgentie van ingrijpen en maatregelen te kunnen bepalen. Het gaat dan vooral om snelheid van degradatie en gevolgen voor de inhoudelijke en fysieke kwaliteit van de vindplaats. Dit zijn cruciale gegevens: de gevolgen van een bepaalde vorm van degradatie op een vindplaats is essentieel om de ernst ervan te kunnen inschatten. De snelheid van aantasting geeft daarbij de relevantie en urgentie van ingrijpen aan. Een deel van het TOPsites budget is gereserveerd om onderzoek te doen naar degradatieprocessen zonder dat dit gekoppeld is aan fysieke beschermingsmaatregelen ter plaatse. Twee aandachtspunten zijn daarbij aangegeven, te weten snelheid van degradatie in natte context, en (bodem)erosie en – nivellering van vindplaatsen als gevolg van groundbewerking. Het eerste onderzoek is uitgevoerd bij vindplaats Aartswoud², terwijl erosie-onderzoek is uitgevoerd bij Schouwen, Grote Houw, Tjessens, Meerssen en Beek.³

Het hier gerapporteerde onderzoek betreft het erosieonderzoek te Beek-Kelmond, op de locatie van een vroegneolithische (Lineaire Bandkeramiek) nederzetting. Nivellering en erosie zijn een algemeen bekend probleem voor geaccidenteerde terreinen waarop akkerbouw plaatsvindt. Grond zonder vegetatie is gevoelig voor erosie, terwijl ploegen zorgt voor vervlaking van reliëfverschillen (nivellering). Verschillende tests zijn gedaan, met name in het buitenland⁴, om de snelheid van deze nivellering en erosie te karakteriseren. De resultaten zijn echter niet eenduidig, mede omdat verschillende tijdschalen worden gebruikt.

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

1.2 Uitvoering van het onderzoek

Het veldwerk is door verschillende partijen op verschillende momenten uitgevoerd. Het LIDAR-onderzoek is uitgevoerd door de firma Hagenaars in september 2013. Het booronderzoek is uitgevoerd door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed tussen 1 en 3 september 2013, gelijktijdig met een nadere waardering van een nederzetting van de Lineaire Bandkeramiek (LBK). Hierbij is getracht om de noordoostelijke begrenzing, die hier gevormd wordt door een dubbele gracht, te lokaliseren.⁵ Dit is uitgevoerd door Wim Jong (veldtechnicus) en Jan-Willem de Kort (senior veldarcheoloog). Op 8 september heeft MEDUSA geofysische metingen met een Gammaspectrometer uitgevoerd. De steekboringen zijn verricht door Thijssen Drilling Company (TDC) op 8 september 2015.

¹ Bazelmans *et al.* 2012

² Theunissen *et al.* in voorbereiding.

³ Rapporten van Meerssen, Grote Houw en Schouwen zijn in voorbereiding; Huisman *et al.* 2016, Huisman *et al.* 2017, Huisman & De Kort 2017.

⁴ Bijvoorbeeld Behm *et al.* 2011, Dreibrodt *et al.* 2013, Wilkinson *et al.* 2006.

⁵ Voor de resultaten van dit onderzoek wordt verwezen naar Rensink & De Kort 2015.

1.3 Opbouw van de rapportage

Dit rapport bestaat met deze inleiding uit zeven hoofdstukken. Hoofdstuk 2 beschrijft de resultaten van het bureauonderzoek, met aandacht voor de ligging van het onderzoeksgebied, de historische context en de gespecificeerde archeologische verwachting. Hoofdstuk 3 gaat in op de doelstelling en vraagstellingen van het onderzoek en hoofdstuk 4 op de wijze waarop het onderzoek is uitgevoerd. In hoofdstuk 5 worden de resultaten gepresenteerd: respectievelijk die van de LIDAR-metingen, het booronderzoek en de beschrijving van de monsters. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de interpretatie van de onderzoeksgegevens. Het rapport sluit af met hoofdstuk 7 waarin de onderzoeksvragen worden behandeld en conclusies en aanbevelingen worden gedaan.

1.4 Administratieve gegevens

Provincie	Limburg
Gemeente	Beek
Plaats	Kelmond
Toponiem	Beekerveld / Keutelbeek
Kaartblad	68D
Coördinaten	N: 326.500 W: 184.000 O: 184.250 Z: 326.350
Objectnaam	BEKE13
Monumentnummer	15046
CMA-code	68D-043
AMK-status	terrein van zeer hoge archeologische waarde
Waarnemingsnummers	39284, 409439
Onderzoeksmeldingsnummer	57220
Complexiteit(n)	nederzetting
Periode	vroeg-neolithicum A
Cultuur	Lineaire Bandkeramiek
Huidig grondgebruik	voornamelijk akker, klein stuk grasland
Eigenaar	mevr. E. Pesch-Stassen (Klimmen)
Grondgebruiker	dhr. J. Vanhommerig (Simpelveld)
Beheerder	niet van toepassing.

Opdrachtgever	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Bevoegd gezag	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Opdrachtnemer	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Projectleider	C. van Rooijen
Datum veldwerk	1 t/m 3 juli 2013, handboringen 8 september 2015, steekboringen
Documentatie	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Archivering	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Deponering	Provinciaal Depot voor Bodemvondsten Limburg
Auteurs	D.J. Huisman, J.W. de Kort, W. Derickx, T. Reimann, J. Schoorl, M. van der Heiden, F. van Egmond, M. van Soest, M. Ketterer, J. Wallinga
Autorisatie rapport	E. Rensink

1.5 Archivering

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

2.1 Bureauonderzoek

Voor een uitgebreide bespreking van de resultaten van het bureauonderzoek en het proefsleuvenonderzoek in 2005 wordt verwezen naar het betreffende rapport uit 2007 en het waarderend booronderzoek in 2013.⁶ In dit hoofdstuk worden gegevens over de landschappelijke en archeologische context kort samengevat.

2.1.1 Landschappelijke context

Het onderzoeksgebied ligt ca. 1 km ten zuiden van Beek in het lössgebied van Zuid-Limburg aan de zuidrand van het plateau van Graetheide. Het deel van het lössplateau waarop de vindplaats ligt, wordt aan de westzijde begrensd door een smalle geasfalteerde weg en het dal van de Keutelbeek (afb. 1.1). Het beekdal en de aangrenzende plateaudelen zijn vrijwel geheel in agrarisch gebruik. Akker- en grasland overheersen, maar er zijn ook enkele boomgaarden. De wegen en bebouwing zijn kleinschalig van opzet. De vindplaats ligt in het landelijke gebied, is onbebouwd en kan, op enkele losse vondsten uit jongere perioden na, als archeologisch 'schoon' worden beschouwd. Het terrein bestaat uit een plateau dat naar het westen overgaat in een helling. Aan de oostkant ligt een zadel, (een laagte in een richel; zie afbeelding 2.1). De geologische kaart laat zien dat de vindplaats op het Terras van Sint Pietersberg (P₁) ligt. Ter plaatse is sprake van een combinatie van geomorfologische eenheden. Direct ten westen van het onderzoeksgebied stroomt de Keutelbeek. Het dal van deze beek is geclassificeerd als 2S₄ (beekdalbodem, relatief laaggelegen). Het beekdal wordt aan de oostzijde begrensd door een afbraakwand (13/12A₂; al dan niet bedekt met löss). Deze loopt door tot het oostelijke deel van het onderzochte perceel. In het zuidelijke deel van het perceel is een droogdal aanwezig (2R₃; al dan niet bedekt met löss). Dit dal sluit in het westen aan op het beekdal van de Keutelbeek. De rest van het

onderzoeksgebied is gelegen op een plateau-terras (8E₆); bedekt met löss of zandige löss. Nederzettingssporen uit de periode van de Lineaire Band Keramiek cultuur (LBK; 5300 – 4900 v.Chr.) zijn met name op dit deel van het terrein aangetroffen. Vermoedelijk vormden de in het westen en zuiden gelegen water- en droogdalen van oudsher de natuurlijke begrenzing van de nederzetting.

Tijdens het proefsleuvenonderzoek in 2005 is vastgesteld dat er sprake is van een lössbodem en meer specifiek van (deels door colluvium afgedekte) bergbrikgronden en radebrikgronden. De bergbrikgronden bevinden zich in het westelijk deel van het onderzochte gebied, op het gedeelte van het lössplateau dat geleidelijk afhelt richting het dal van de Keutelbeek.

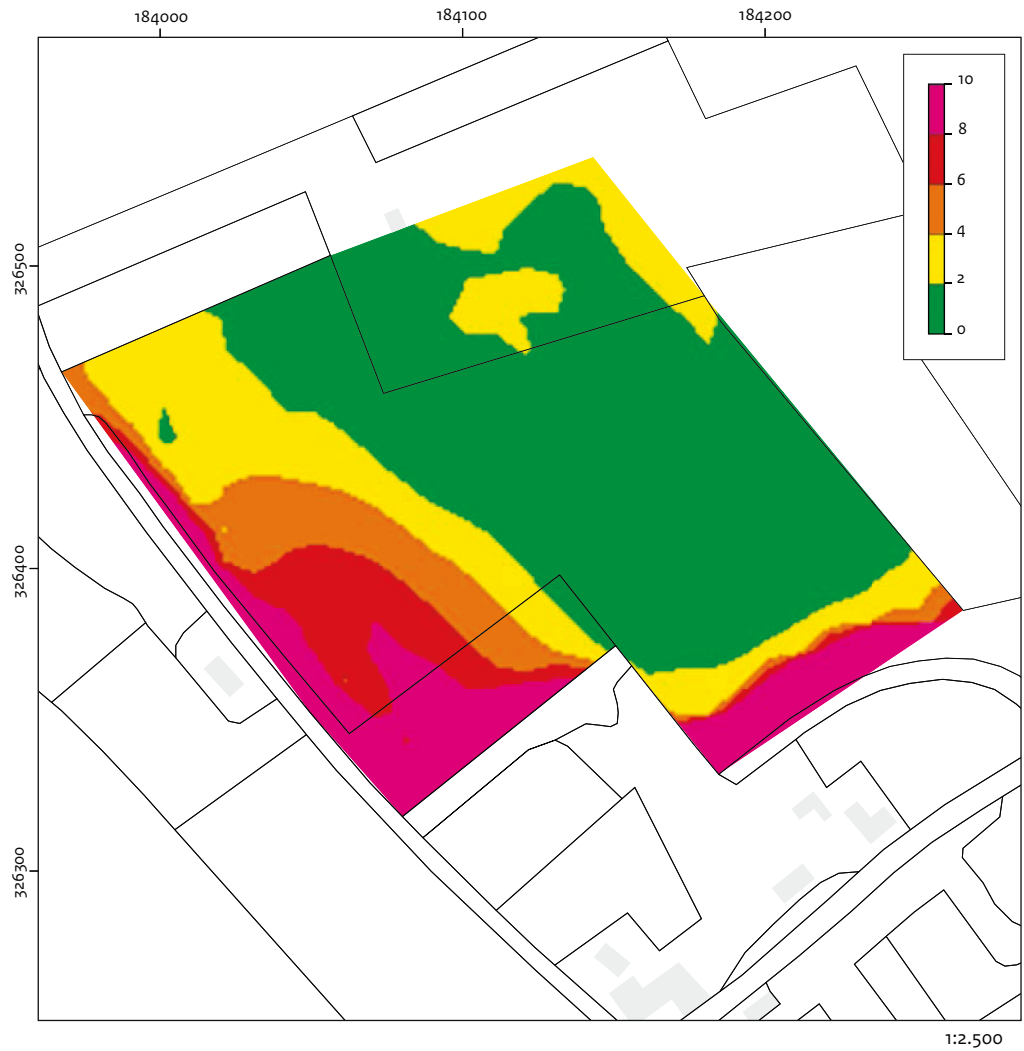
Deze gronden kenmerken zich door een (restant van een) donkerbruine tot geelbruine, stugge Bt-horizont direct onder de bouwvoor.

Doorgaans gaat deze Bt-horizont op een diepte van circa 0,6 m – mv over in bruingele, gelaagde C-horizont. Deze relatief ondiepe overgang doet vermoeden dat een deel van het oorspronkelijke bodemprofiel, waaronder de E-horizont en het bovenste deel van de Bt-horizont, geërodeerd is. Op de westelijke, lager gelegen rand van het plateau worden bergbrikgronden afgedekt door een pakket colluvium. Het colluvium is los van consistentie en vuilgrijsbruin van kleur. In het colluvium zijn fragmenten puin en steenkool vastgesteld.

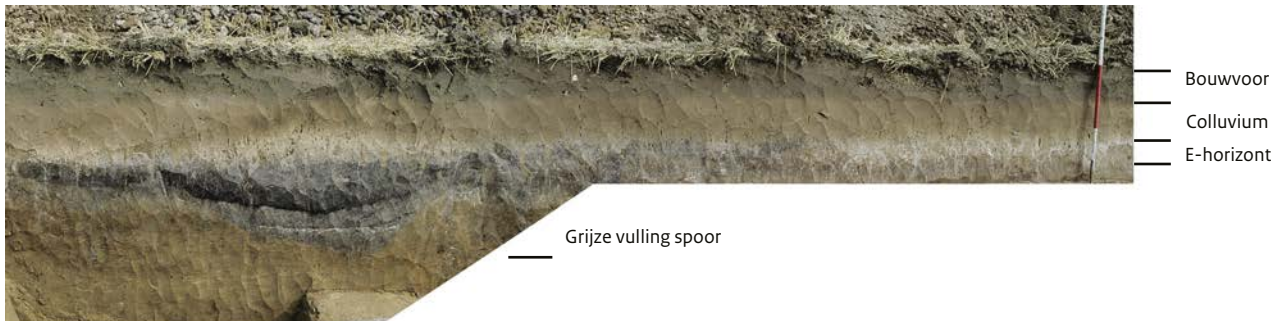
Radebrikgronden bevinden zich in het oostelijke deel van het onderzoeksgebied. Hier is het bodemprofiel relatief intact. Onder de bouwvoor is sprake van een (restant van een) lichtgrijze E-horizont. Daaronder bevindt zich een doorgaans scherpe overgang naar de geelbruine, stugge Bt-horizont, die geleidelijk overgaat in een bruingele en gelaagde C-horizont.

Deze overgang bevindt zich hier doorgaans op ca. 1,0 m – mv. Op enkele plaatsen ter hoogte van de (mogelijke) locatie van de dubbele gracht is het oorspronkelijke maaiveld (A-horizont) bewaard. De A-horizont is hier niet aangeploegd en als afzonderlijke horizont nog herkenbaar dankzij de ligging onder een afdekkend pakket (oud) colluvium. Het colluvium is grijs van kleur en bevat fragmenten handgevormd aardewerk, houtskool, verbrande leem en vuursteen.

⁶ Brounen & Rensink 2007 en Rensink & De Kort 2015.



Afb.2.1 Hellingklassenkaart van het onderzochte terrein. De schaal is in procenten. De steile helling aan de westkant is duidelijk zichtbaar. De helling aan de zuidoostkant is een steilkant die waarschijnlijk samenhangt met een afgraving.



Afb.2.2 Verdiepte deel van de oostwand van put 3, met het restant van de dubbele gracht behorende tot de nederzetting van de Lineaire Bandkeramiek zichtbaar als grijs spoor (naar: Brounen & Rensink 2007, afb. 18).

2.1.2 Archeologische context

De vindplaats kan gedateerd worden in het vroeg-neolithicum A (LBK). Op basis van het betrekkelijk kleine scala aan versieringsmotieven op het aangetroffen aardewerk kan de vindplaats meer exact in de jonge periode van de LBK worden gedateerd.⁷ De grondsporen bestaan onder meer uit paalkuilen, een enkele greppel en een reeks grotere (leem)kuilen, die later als afvalkuil zijn gebruikt. De beperkte diepte van enkele gecoupeerde sporen, alsook de specifieke aard en de verdeling van de bewaard gebleven sporen wijzen op erosie van het zuidelijke deel van het onderzoeksgebied voorafgaand aan de meetperiode. Hier bevindt zich het vroegneolithische sporenveld direct onder de bouwvoor.

Tijdens de laatste fase van het proefsleuvenonderzoek in 2015 is ten oosten van het gebied met vroegneolithische grondsporen, in het noordoostelijke uiteinde van put 3, de aanwezigheid van een dubbele gracht vastgesteld (afb. 2.2.). De beide grachten tekenden zich duidelijk af in de oostwand van put, in het deel van de vindplaats waar sprake is van een laag vuilgrijs-bruin colluvium en een wit tot lichtbruingrijze E-horizont. De dubbele gracht maakte deel uit van een *Erdwerk* dat de LBK-nederzetting in het oosten vermoedelijk heeft begrensd.

2.1.3 Historische context

Volgens de Tranchotkaart (opname 1805-1807) was het terrein in het begin van de negentiende

eeuw onbebouwd, dus waarschijnlijk akker of weide. Volgens de aanwijzende tafels bij de kadastrale minuut was het terrein rond 1830 in gebruik als bouwland. Op de Topografische Militaire Kaart (TMK) van ca. 1850 staat het onderzoeksgebied aangegeven als bouwland (afb. 2.3). De Chromo-Topografische kaarten uit 1921, 1928 en 1937 (kaartblad 762) laten zien dat het huidige monument afwisselend is gebruikt als bouwland, grasland en boomgaard. De afgelopen decennia is het onderzoeksgebied afwisselend in gebruik geweest als bouw- en grasland.

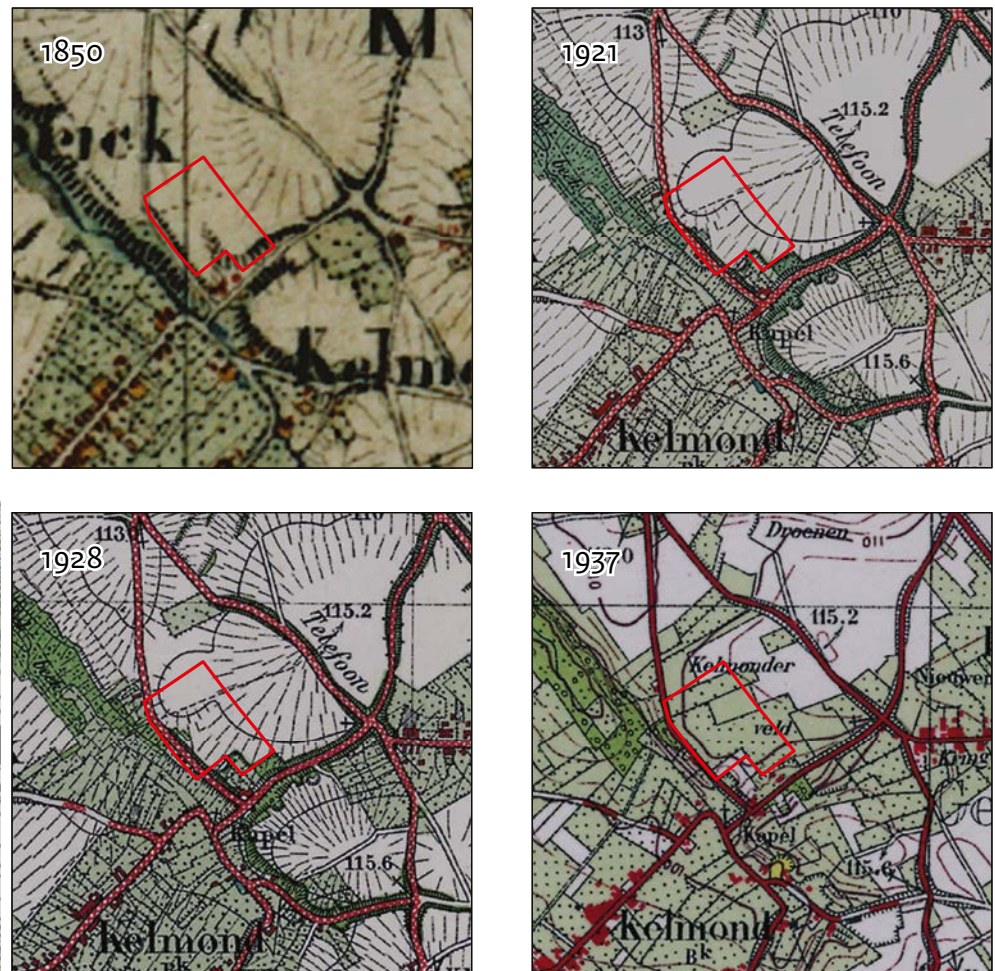
2.2 Gespecificeerde archeologische verwachting

De vindplaats is gewaardeerd als een behoudenswaardige vindplaats en aangewezen als rijksmonument. Omdat het onderzoek dus niet tot doel heeft vindplaatsen op te sporen noch te waarderen, zal de gespecificeerde archeologische verwachting hier niet verder ingaan op datering, complextype, omvang, locatie en uiterlijke kenmerken. De eerder vastgestelde diepteligging (of stratigrafie) en gaafheid en conservering worden hieronder verder toegelicht.

Stratigrafie

Uit het gravend onderzoek van 2005 is gebleken dat in het noordoostelijke deel de vindplaats is afgedekt door een pakket colluvium (afb. 2.4). Hier ligt het oud oppervlak op ongeveer 0,5 tot 0,9 m –mv. In de overige delen van de site zijn vondsten direct aan het maaiveld aangetroffen en sporen direct onder de bouwvoor. Dit doet vermoeden dat het toenmalig oppervlak is opgenomen in de bouwvoor. In het zuidwestelijk

⁷ Brounen & Rensink 2007.



Afb. 2.3 Het grondgebruik volgens historisch kaartmateriaal uit 1850, 1921, 1928 en 1937. De begrenzing van het monument is rood omlijnd.

deel is eveneens sprake van colluvium. Onder dit colluvium is echter geen sprake van een afgedekte bodem. Het is onduidelijk of zich hier nog sporen bevinden uit het vroeg-neolithicum.

Gaafheid en conservering

De gaafheid en conservering hangt sterk samen met de vastgestelde stratigrafie en kan opgedeeld worden in drie zones: het plateau, de helling en de hellingvoet.

Plateau

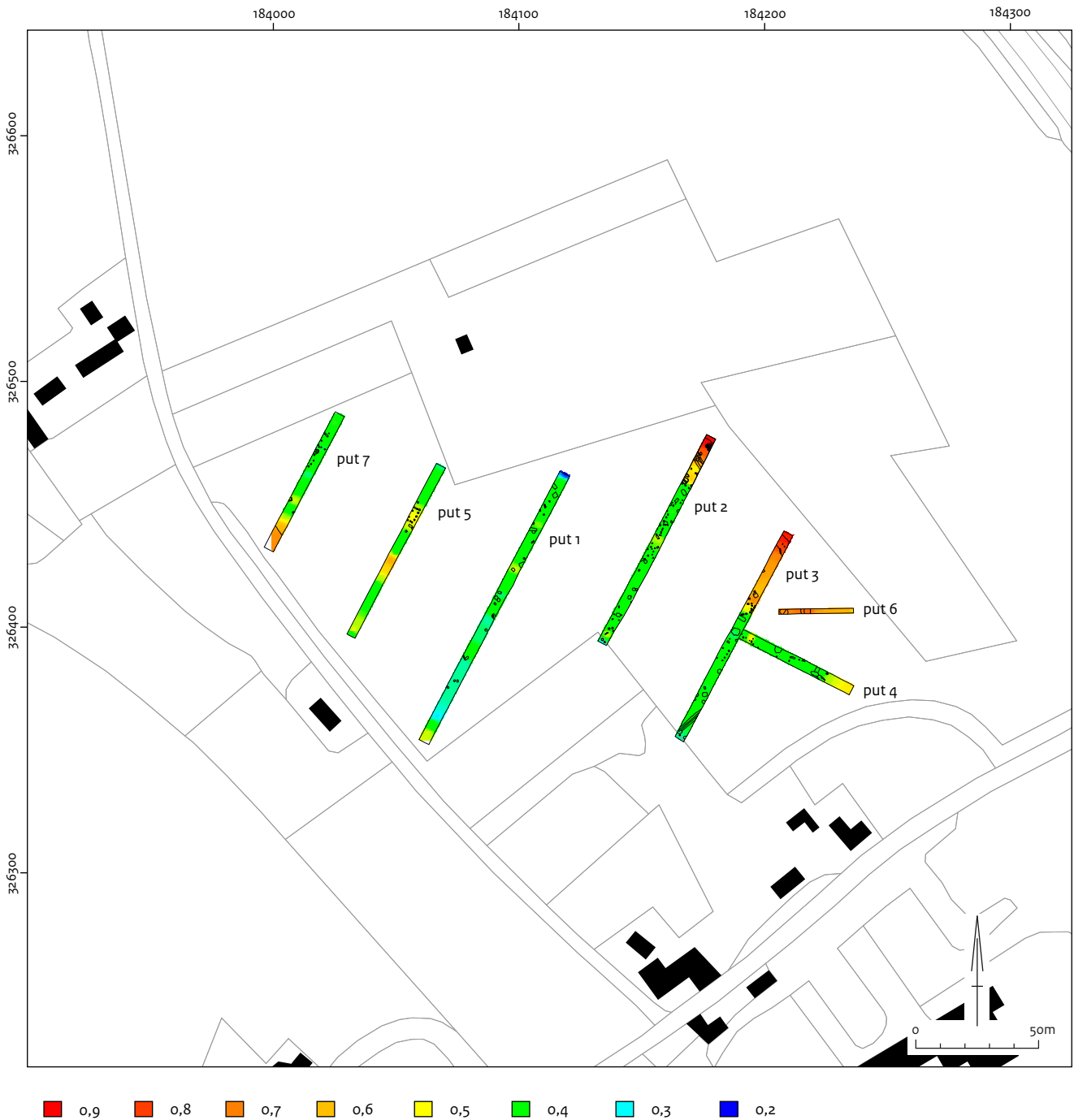
Op het plateau is sprake van een dunne laag colluvium dat zich hier verzameld heeft in een (vermoedelijk) natuurlijke laagte. Ter hoogte van deze laagte is in het vroeg-neolithicum een dubbele gracht gegraven. Ter hoogte van deze sporen en daarbuiten is een bodem gevormd die gekenmerkt kan worden als een radebrikgrond.

Helling

Op de helling verdwijnt de afgedekte bodem zuidwaarts in de bouwvoor. De helling is hier ongeveer 6,6% (daling van circa 5 meter over 75 m). De bodem kan ter plaatse gekenmerkt worden als een bergbrikgrond. De vondsten aan het oppervlak, en de sporen die direct onder de bouwvoor liggen, doen vermoeden dat hier sporen aangeploegd worden en tevens dat sprake is van een erosiegevoelige situatie.

Hellingvoet

Feitelijk is sprake van een graft direct ten noorden van de weg die aangeduid wordt als Beekerveld. Waarschijnlijk verzamelt zich hier colluvium. Het ontbreken van een intact bodemprofiel onder het colluvium doet vermoeden dat erosie heeft plaatsgevonden voordat het restant van de bodem werd afgedekt. Als dat zo is, kan



Afb. 2.4 Ligging van de putten uit 2005 en diepteligging van het vroegneolithische sporenvlak ten opzichte van het maaiveld (in m) in 2005.

de bodem beschreven worden als een door colluvium afgedekte bergbrikgrond. De afdekkende laag colluvium geeft voldoende garantie voor duurzaam behoud, hoewel het onduidelijk is of zich onder het colluvium nog archeologische sporen bevinden.

2.3 Verwachting erosie

De verwachting is dat nivellering is opgetreden, met name als gevolg van erosie: Omdat parallel

aan de helling wordt geploegd zal de directe invloed van ploegen waarschijnlijk nihil zijn. Erosie heeft waarschijnlijk gezorgd voor afspoeling van bodemmateriaal, vooral van de steilere delen van het terrein. Op de lager liggende delen van het terrein (dat wil zeggen de zuid-west kant) is het archeologisch niveau mogelijk afgedekt geraakt met colluvium. Waarschijnlijk is verplaatsing van bodem-materiaal door erosie en nivellering vooral opgetreden binnen het perceel: er zijn geen duidelijke aanwijzingen dat materiaal van het perceel af is gespoeld.

3 Theorie en methoden erosiemetingen

3.1 Inleiding

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

3.2 Veranderingen in maaiveldhoogte

We proberen veranderingen in maaiveldhoogte te karakteriseren door hoogte-metingen van verschillende data met elkaar te vergelijken. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het Historische Hoogtemodel Nederland (HHN, 1960-1961)⁸, het Actueel Hoogtebestand Nederland 1 (AHN1, 1997 – 2003)⁹, het Actueel Hoogtebestand Nederland 2 (AHN2, 2007 – 2013)¹⁰ en *ground-based* LIDAR metingen metingen (“Light Detection and Ranging metingen vanaf een statief; hierna aangeduid met “LIDAR”).¹¹ De LIDAR metingen zijn onderdeel van dit project. Een tweede ronde metingen was gepland na twee jaar. Daar is van af gezien toen bleek dat hoogteverschillen op dergelijke korte tijdschalen niet meetbaar zijn (zie paragraaf 6.2).

De AHN bestanden hebben een hogere betrouwbaarheid in hoogteverschillen (precisie) dan in de absolute hoogtes (accuraatheid).¹² De LIDAR metingen zijn veel beter gegeorefereerd. De precisie en accurateid van de hoogtepunten gegevens (HHN) zijn niet bekend. Bij het vergelijken van deze bestanden – met verschillende precisies, accurateiden en ook meetdichtheden – moet goed met deze verschillen rekening worden gehouden. Onderzoek in Limburg heeft

bijvoorbeeld een systematisch verschil in hoogte aangetoond tussen AHN1 en AHN2 dat met circa 14 centimeter groter is dan de verwachte effecten van erosie.¹³ Dit zogeheten *Baseline effect* is deels te corrigeren met de gemeten hoogteveranderingen van naar verwachting onveranderde oppervlaktes zoals verharde wegen. Daarom dienen van de resultaten van vergelijkingen waarin AHN en HHN worden gebruikt vooral de ruimtelijk patronen van maaiveldveranderingen te worden gebruikt. Tevens moet er rekening mee gehouden worden dat het maaiveldhoogte op een akkerland in feite geen statisch gegeven is. Zo ligt een versgeploegd land gemiddeld hoger dan een ongeploegde akker. Het is niet altijd bekend wanneer en hoe (met of zonder correctie gewas en/of kluiten) de bestaande hoogtebestanden tot stand zijn gekomen. Voor de binnen dit onderzoek uitgevoerde LIDAR metingen geldt dat hier rekening mee gehouden wordt en dat de veldcondities expliciet vermeld worden. In Beek zijn de hoogteveranderingen uit de laatste decennia geanalyseerd door een vergelijking te maken tussen verschillende bronnen van hoogtedata: de gegevens van het Historisch Hoogtemodel Nederland, AHN1 en AHN2. Aanvullend is een gedetailleerde opname gemaakt met behulp van *ground-based* LIDAR (dezelfde techniek als voor de AHN is gebruikt, maar dan vanaf de grond). Deze opname maakt het ook mogelijk om binnen enkele jaren opnieuw nivellering te monitoren. Een belangrijk onderdeel is hierbij de beste manier vinden om met het Baseline effect (zie boven) om te gaan.

3.3 Dateringen van afzetting en erosie op monsters uit boringen

3.3.1 Inleiding

In het hier gerapporteerde onderzoek is gebruik gemaakt van twee technieken om colluvium afzettingen en erosie te dateren en kwantificeren. Deze zijn gebaseerd op twee soorten metingen aan monsters uit mechanische boringen OSL is gebruikt om afzettingen en erosie te dateren op geologische tijdschalen. Antropogene stoffen (“tracers”) zijn gebruikt om de gevolgen van erosie en sedimentatie te

⁸ Een bestand van hoogtewaardes uit de 1:10.000 topografische kaart.

⁹ Van der Zon 2013.

¹⁰ Van der Zon 2013.

¹¹ AHN1 en AHN2 zijn ook beide gebaseerd op LIDAR metingen, maar dan vanuit een vliegtuig.

¹² Van der Zon 2013.

¹³ Heeres, 2014.

bestuderen in de laatste ca. 50 jaar. De wijze waarop we deze technieken hebben toegepast is nieuw; hieronder wordt de theoretische onderbouwing gegeven.

3.3.2 Dateren van sedimentatie met OSL

Het dateren van lagen in profielen met behulp van optisch gestimuleerde luminescentie (OSL) is vooral van nut op locaties waar materiaal is afgezet als gevolg van erosie op andere delen van het terrein. Een datering van het moment van begraven kan dan een aanwijzing geven hoe lang geleden deze afzetting is gevormd. Bij dikkere colluviumpakketten met begraven bodems kan in principe worden vastgesteld wanneer het colluvium is afgezet, waarbij de begraven bodems stabiele fases zonder (sterke) colluviatie vertegenwoordigen. Complicerende factor hierbij is dat bij ploegen – en soms ook bij colluvium-vorming – kwartskorrels vaak niet genoeg aan zonlicht worden blootgesteld. Daarnaast kunnen de activiteiten van bodemdieren (bioturbatie) er voor zorgen dat kwartskorrels dieper in het profiel worden getransporteerd en daar voor een bijmenging met jonger materiaal zorgen. Ook kunnen oudere korrels op dezelfde manier in ondiepere, jongere afzettingen terecht komen.

3.3.3 OSL en erosie, colluviatie en landschapsstabiliteit

De complicaties van slechte bleking en bioturbatie kunnen echter ook aanvullende informatie opleveren. Bij de huidige standaardmethode om OSL metingen te doen – het SAR protocol waarbij SAR staat voor *Single Aliquot Regenerative dose* – worden de metingen in feite gedaan op een reeks van kleine submonsters (*aliquots*).¹⁴ Gemeten ouderdommen van aliquots kunnen bij heterogene monsters verschillen. Gewoonlijk wordt dan geprobeerd om toch tot een datering te komen door het identificeren en negeren van slecht gebleekte ('te oude') of door bioturbatie naar beneden getransporteerde ('te jonge') aliquots. Soms – bijvoorbeeld als pakketten met verschillende ouderdom gemengd zijn geraakt door een proces als cryoturbatie – kan met

statistische technieken de ouderdom van de oorspronkelijke pakketten worden afgeleid.¹⁵ Complicerende factor is dat in één aliquot meerdere korrels met verschillende ouderdom kunnen voorkomen; 'mengmetingen'. De gemeten ouderdom van deze aliquots is dan een artefact dat ergens tussen de dateringen van de individuele korrels in ligt. Eigenlijk zou voor een dergelijke aanpak een andere methode moeten worden gebruikt – *single grain dating* – maar die is extreem tijdrovend. Voor Nederlandse sedimenten is de ervaring dat het percentage kwartskorrels dat gebruikt kan worden voor OSL heel laag is. Als gevolg daarvan komt het vaak voor dat een aliquot niet kan worden gebruikt voor datering. Dat betekent echter ook dat veel van de aliquots slechts één dateerbare zandkorrel bevatten. Met het voorbehoud dat er wel enkele mengmetingen voor zullen komen, kunnen de SAR-OSL metingen daardoor worden gebruikt als benadering van de *single grain* methodes: De uiterste uitkomsten zullen waarschijnlijk wel goed zijn, maar met name in het midden van de range kunnen wel mengmetingen voorkomen.

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

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

¹⁴ Roberts et al. 2015

¹⁵ Roberts et al. 2015

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

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

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

3.4 Dateren van erosie met antropogene tracers

3.4.1 Theorie van het toepassen van tracers

Menselijke activiteiten hebben er op verschillende manieren voor gezorgd dat specifieke stoffen in het milieu terecht zijn gekomen. Van sommige van die stoffen kunnen we aannemen dat ze min of meer gelijk verdeeld in de bovengrond terecht zijn gekomen. Als naderhand erosie of nivellering voor het verplaatsen van bodemmateriaal heeft gezorgd, zou dat geleid moeten hebben tot (hopelijk

meetbare) verschillen in de gehalten van deze stoffen (*tracers*) in de bovengrond – dat wil zeggen in de bouwvoor of natuurlijke A-horizont. Deze metingen zouden daarom gebruikt kunnen worden om vast te stellen hoe veel materiaal verplaatst is sinds de stoffen in het milieu terecht zijn gekomen.

We kunnen beredeneren – met een aantal aannames – hoe groot de afname van een tracer is als gevolg van erosie. De aanpak die we hier kiezen, verschilt van eerder gepubliceerde methodes, waarbij uit wordt gegaan van natuurlijke profielen. In de eerste plaats omdat onze vraagstelling anders is. Standaard wordt erosie uitgedrukt in gewicht verplaatste grond per oppervlak (bijvoorbeeld ton/ha/jaar).¹⁶ Omdat voor dit onderzoek de afname in maaiveldhoogte bepaalt hoe ernstig de erosie is, berekenen we de gemiddelde erosie in mm/jaar. In de tweede plaats werken veel onderzoekers met referentieprofielen, waarvan wordt aangenomen dat geen erosie plaats heeft gevonden in de onderzochte periode. Tenslotte worden meestal natuurlijke (niet geploegde) bodems onderzocht, waarbij de verdeling van een tracer (bijvoorbeeld ¹³⁷Cs) in een bodemprofiel vooral door diffusie wordt bepaald. Bij ons daarentegen wordt de verdeling vooral bepaald door de grondbewerking. We gaan er in onze berekeningen van uit dat de tracers bij aanvang zich alleen in de bouwvoor bevinden en dat uitloging en bioturbatie verwaarloosbare effecten hebben.

De meest eenvoudige aanpak zou zijn om aan te nemen dat de hoeveelheid tracer proportioneel afneemt met erosie van de bouwvoor, en dat we dus de erosie relatief ten opzichte van de dikte van de bouwvoor kunnen berekenen. Een afname van 10% tracergehalte in een bodemprofiel zou dan overeenkomen met een afname van de dikte van de bouwvoor met 10% (dus 3 cm bij een bouwvoor van 30 cm). We moeten echter rekening houden met grondbewerking tijdens de periode waarin de erosie wordt berekend: Als de bouwvoor in dikte is afgenomen (en alle tracers zich in de bouwvoor bevinden), zal bij de volgende keer ploegen vers, tracer-loos materiaal van onder de bouwvoor worden meegeploegd. Bij slechte menging van de bouwvoor, waarbij bijvoorbeeld door het omkeren van de bovengrond materiaal van grotere diepte juist dicht bij het oppervlak komt te liggen, kan dit effect nog versterkt

¹⁶ Bijvoorbeeld Wilkinson *et al.* 2006

worden. De volgende keer dat erosie optreedt, zal de hoeveelheid tracer in het afspoelende colluvium zijn verdund met dit nieuw opgeploegde bodemmateriaal. Daardoor zal het gehalte aan tracer minder en minder snel afnemen dan als er niet geploegd was. De relatie tussen erosie en afname van tracers is daarom afhankelijk de intensiteit en de frequentie van erosie-gebeurtenissen. Helaas kunnen we achteraf niet vaststellen of erosie het gevolg was van vaak voorkomende kleine of enkele grote gebeurtenissen.

Door gebruik te maken van een aangepast samengesteld-interest berekening¹⁷ kunnen de verschillende mogelijkheden worden doorgerekend, onder aanname dat de bouwvoor na ieder bewerking weer als homogeen kan worden gezien. Voor een periode van 50 jaar ligt het aantal gebeurtenissen tussen de 1 (er is eenmaal erosie voorgekomen) tot 50 (ieder jaar is erosie opgetreden, onder de aanname dat er ieder jaar eenmaal wordt geploegd). Het blijft natuurlijk een benadering waarbij verschillen tussen meerdere gebeurtenissen (in bijvoorbeeld intensiteit en duur) niet kunnen worden meegenomen.

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

- Tr_0 = Gehalte aan tracer bij aanvang*
 Tr_t = Gehalte aan tracer na t jaar erosie (gemeten)
 D = Ploegdiepte (mm)
 t = Tijd (jaren)
 n_t = Aantal keren dat erosie optreedt per t jaar
 e = Erosie in mm/gebeurtenis
 E_t = Totale erosie (mm) in tijd t
 E = Gemiddelde erosie in mm/jaar

* Deze wordt geschat als gemiddelde in alle gemeten profielen.

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

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

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

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

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

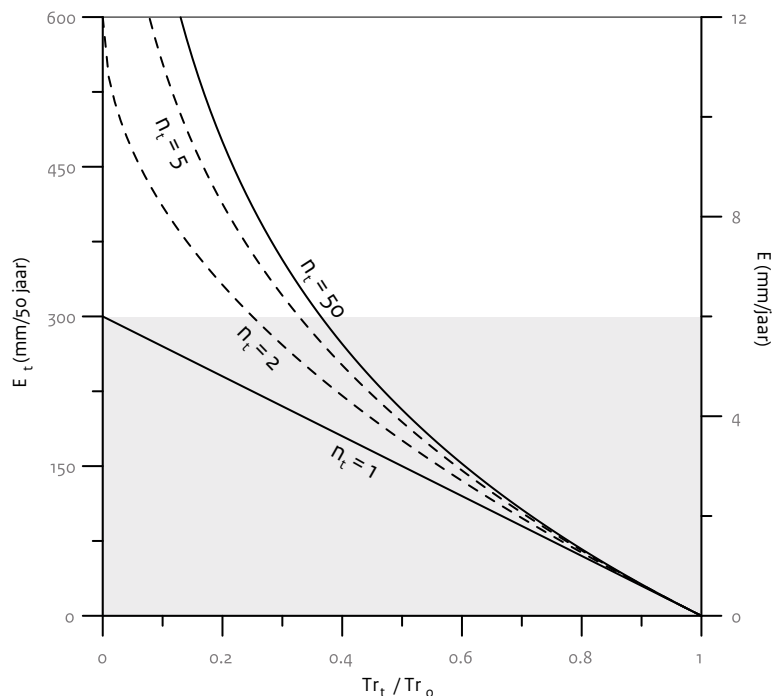
In afbeelding 3.1 wordt aangegeven hoe de verhouding tussen tracergehalte en gemiddelde erosiesnelheid (E_t of E) ligt voor verschillende frequenties van erosiegebeurtenissen. Aannames bij deze figuur zijn een periode van 50 jaar sinds tracerdepositie, een bouwvoordikte van 30 cm en één keer per jaar een complete nieuwe menging van de bouwvoor door ploegen. Uit dit figuur wordt niet alleen duidelijk hoe de geschatte erosiesnelheid afhangt van de erosiefrequentie. Ook wordt duidelijk dat deze schattingen niet meer betrouwbaar zijn bij sterke erosie; dan heeft een klein (irrelevant) verschil in de metingen al een enorm effect op de berekende erosie. Zeker bij waarden van $Tr_t/Tr_0 < 0,2$ (overeenkomend met 4,8 mm/jaar als het om één gebeurtenis zou gaan) kan de precieze erosiesnelheid – als het aantal gebeurtenissen onbekend is – niet accuraat voorspeld worden.

De diepteverdeling van deze tracers kan ook worden gebruikt om te zien tot welke diepte de bodem is omgewerkt sinds hun depositie; diepere bodemlagen die sinds de tracer depositie niet meer zijn verplaatst, verploegd of anderszins vermengd zullen geen tracers bevatten.

3.4.2 De geteste tracers

Om toegepast te kunnen worden in erosie-onderzoek moeten de te gebruiken tracers algemeen voorkomen in de bodem, goed te onderscheiden zijn van natuurlijke gehalten en bij voorkeur binnen een beperkte tijdsperiode zijn afgezet. Bij het huidige erosie-onderzoek is gebruik gemaakt van drie tracers, te weten de gehalten aan antropogeen lood (Pb), aan isotoop 137 van Cesium (¹³⁷Cs) en de sommatie van de

¹⁷ Samengesteld interest berekeningen worden vooral gebruikt voor berekeningen aan rente over tegoeden of schulden, waarbij het basisbedrag ieder jaar verandert als gevolg van de rente.



Afb. 3.1 Schematische weergaven van de theoretische relatie tussen erosiesnelheden (E ; erosie per jaar en E_t ; cumulatieve erosie in 50 jaar) en de relatieve verandering in tracergehalten (Tr_t/Tr_o , waarbij o betekent dat alle tracers zijn verdwenen, terwijl ze bij een waarde van 1 nog geheel aanwezig zijn). Deze relatie wordt weergegeven voor verschillende erosiefrequenties (n_t , waarbij n_t staat voor aantal erosie-gebeurtenissen in 50 jaar). Het grijze vlak geeft de ploegdiepte aan (in deze berekening 30 cm).

gehalten aan isotoop 239 en 240 van plutonium ($^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$; verkort tot $^{239+240}\text{Pu}$). De loodgehalten zijn gemeten met behulp van een handheld XRF, de $^{137}\text{Cesium}$ gehalten zijn bepaald door Medusa Explorations, en de plutonium metingen zijn uitgevoerd door M. Ketterer van de Northern Arizona University te Denver. Lood wordt al duizenden jaren gebruikt door de mens. Zeker in de Romeinse tijd werd lood in grote hoeveelheden als metaal toegepast. Bovendien kwam het toen vrij als afval bij de winning van zilver. Sinds de Tweede Wereldoorlog werd lood toegepast als antiklop middel in benzine. Lood uit benzine is daardoor als een algemene verontreiniging aanwezig in de Nederlandse bodem. Om antropogeen lood te onderscheiden van de van nature in kleimineralen aanwezig lood kan een correctie worden gemaakt op basis van de gehalten aan aluminium, kalium of rubidium. Een complicerende factor bij dit onderzoek kan zijn dat verhoogde loodgehalten een eigenschap kunnen zijn van de archeologische vindplaats waarvoor het erosie-onderzoek wordt uitgevoerd.

^{137}Cs , ^{239}Pu en ^{240}Pu komen in de natuur niet voor,

met uitzondering van bepaalde ertsen.

In Nederland zijn er twee mogelijke bronnen voor deze isotopen:

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

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

3.4.3 Ruimtelijk verspreiding ^{137}Cs

Omdat de combinatie van erosie en ploegen leidt tot verdunning van de bouwvoor met dieper materiaal zou het gehalte aan ^{137}Cs in de (top van de bouwvoor) af moeten nemen. Dit gehalte is aan het oppervlak meetbaar met een gammaspectrometer. Omdat op locaties waar erosie heeft plaatsgevonden het ^{137}Cs

gehalte lager is, kan door dit in kaart te brengen een beeld worden verkregen van de terreindelen waar erosie heeft plaatsgevonden.

Oppervlaktemetingen met een gammaspectrometer kent een aantal beperkingen.

Een gammaspectrometer meet de radioactieve straling uit van nature voorkomende isotopen van kalium, thorium en uranium en van ^{137}Cs . Ca. 95% van de straling komt uit de bovenste ca. 30 cm van de bodem. Dat betekent dat:

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

4 Doelstelling en vraagstelling van het onderzoek

4.1 Doelstelling

Doel van het onderzoek is het bepalen van de mate en snelheid van erosie en de gevolgen daarvan voor de fysieke kwaliteit van de archeologische resten. De informatie die het onderzoek oplevert, vormt input voor het project TOPsites. Erosie is een belangrijke bedreiging voor archeologische vindplaatsen in het lössgebied.

Tegelijkertijd is er nog weinig kennis over de snelheid – en dus urgentie voor ingrijpen – van degradatieprocessen in het algemeen, en (dus) ook over die van erosieprocessen.¹⁸ Een belangrijke vraag is op welke tijdschaal erosie meetbaar is: duurt het een jaar of juist enkele decennia voordat er meetbare effecten zijn? Om die kennis op te doen wordt op Beek-Kelmond net als op de andere geselecteerde vindplaatsen, een serie verschillende technieken gebruikt die erosie op verschillende tijdschalen meten.

De verschillende technieken die worden toegepast, werken elk op een andere tijdschaal (zie beneden). Op die manier hopen we enerzijds een robuuste schatting te kunnen maken van de snelheid van erosie en daarmee samenhangende aantasting en veranderingen daarin door de tijd. Anderzijds kunnen we zo een beeld krijgen wat de effectiviteit en voor- en nadelen zijn van de verschillende technieken die kunnen worden toegepast voor het monitoren van deze bedreiging.

4.2 Vraagstelling

Hoofdvraag

1. Welke erosie- en nivelleringsprocessen zijn van invloed op de (fysieke kwaliteit van) vindplaats Kelmond-Beekerveld?
2. Met welke snelheid vindt erosie en/of nivellering plaats, en wat is de invloed daarvan op de archeologische resten?

Deelvragen

3. Wat is de dikte en ouderdom van de verschillende op het terrein voorkomende colluviumlagen?
4. In hoeverre is erosie van de laatste decennia aantoonbaar uit variaties in maaiveldhoogtes en in antropogene stoffen in de bouwvoor?
5. In hoeverre is ruimtelijke variatie waarneembaar in de mate van erosie en welke factoren spelen daarbij een rol?
6. Wat is de effectiviteit van de gebruikte methoden en technieken? Welke aanbevelingen kunnen gedaan worden ten aanzien van toekomstig degradatieonderzoek waar het gaat om erosie en nivellering?

¹⁸ Huisman 2009, 212.

5.1 Hoogte-metingen

Ground-based LIDAR metingen zijn uitgevoerd in september 2013 door Constructiebureau H.Hagenaars VOF. Andere beschikbare datasets waren de HHN, AHN1 en AHN2 (zie paragraaf 3.2).

5.2 Veldmetingen t.b.v. tracer-onderzoek

Ten behoeve van de ruimtelijke ¹³⁷Cs analyse heeft Medusa Explorations BV een opname gemaakt van de ruimtelijke verdeling van gamma-straling met behulp van een gammaspectrometer (MS4000) op een quad. In dit rapport worden alleen de ¹³⁷Cs metingen gebruikt; zie verder het rapport voor de overige gegevens.¹⁹

Medusa heeft de meetspectra gestabiliseerd en geanalyseerd naar de concentratie van de afzonderlijke isotopen volgens de *Full Spectrum Analysis* methode. Deze puntgegevens zijn gebruikt om kaarten van de concentratie aan isotopen in de bovenste 30 cm van de bodem te maken met *Inverse Distance Weighting* (zoekcirkel 30 m, power 2, smoothing 3) en een gridgrootte van 0,5 m.

5.3 Booronderzoek en bemonstering van de boorkernen

5.3.1 Het booronderzoek

Van 1 tot en met 3 juli 2013 is een handmatig booronderzoek uitgevoerd. Het jaar daarop is op 8 september een mechanisch booronderzoek uitgevoerd.

Tijdens het booronderzoek in 2013 zijn drie lange raaien gezet door het onderzoeksgebied om een beeld te krijgen van de bodemopbouw. Tevens is een aantal kortere raaien gezet. ten behoeve van een nadere waardering van de nederzetting uit de Lineair Bandkeramiek.²⁰ Het doel van de lange raaien was een goed beeld te krijgen van de bodemopbouw ter plekke om vervolgens goede monsterlocaties te kunnen selecteren voor de mechanische steekboringen.

Er is gebruik gemaakt van een edelmanboor met een diameter van 7 cm en een gutsboor met een diameter van 3 cm. In totaal zijn 81 boringen verricht. Voor de invoer van de gegevens uit het booronderzoek is gebruik gemaakt van Deborah, een door RAAP ontwikkelde invoermodule.

De boringen zijn beschreven conform SBB 5.2 van NITG-TNO waarin de lithologische beschrijving conform NEN5104 wordt gehanteerd. De x-, y- en z-coördinaten van de boringen zijn in het veld bepaald met een *total station*.

De handboringen die zijn gezet ten behoeve van de lokale bodemopbouw, hebben een onderlinge afstand van maximaal 25 m.

De afstand tussen de raaien bedraagt 35 m.

De drie steekboringen met een diameter van 10 cm, voor analyses van OSL en tracers, zijn uitgevoerd door de firma Thijssen Drilling Company (TDC) met behulp van een Nordmeyer hydraulisch boorsysteem (afb. 5.1). Hierbij zijn een locatie boven aan de helling, halverwege de helling en onderaan de helling geselecteerd.

5.3.2 Metingen aan en bemonstering van de kernen voor tracer- en OSL-onderzoek

De gestoken boorkernen zijn bij NTO/Deltares geopend in de daarvoor ingerichte donkere kamer. Dit om te voorkomen dat het OSL-sigitaal door lichtblootstelling zou worden verstoord. Één helft van de kern is vervolgens naar buiten gebracht. Deze kern is beschreven conform SBB 5.2 van NITG-TNO waarin de lithologische beschrijving conform NEN5104 wordt gehanteerd. Monsters voor OSL zijn genomen in het donker uit de achtergebleven kern, waarbij de monsterdieptes zijn bepaald op basis van de lithologische beschrijving van de in het licht gebrachte helft. Voor iedere OSL meeting is een monster uit de kern geschept, en verpakt in dubbel geseald dik zwart plastic. Bij de monsternamen is er voor gezorgd dat geen materiaal van minder dan 1 cm van de mantelbuis mee is genomen.²¹ Monsters komen in ieder geval van direct onder de bouwvoor en verder uit herkenbare colluvium pakketten en de onderliggende löss.

De monsters zijn vervolgens overgedragen aan het NCL (Wageningen) voor OSL analyse.

Monsters voor de tracers ¹³⁷Cs en ²³⁹⁺²⁴⁰Pu zijn zoveel mogelijk genomen op dezelfde dieptes

¹⁹ Van Egmond 2014.

²⁰ Rensink & De Kort 2015.

als de OSL monsters, maar hierbij is ook de hele bouwvoor bemonsterd. De ^{137}Cs monsters zijn verzameld in speciaal daarvoor verkregen ronde monsterdozen van doorzichtig plastic (300 ml), en zijn opgestuurd naar Medusa voor analyse. De $^{239+240}\text{Pu}$ monsters van ca. 5-10 gram zijn genomen in monsterzakken. In het RCE lab in Amersfoort zijn ze gegloeid tot 500 graden Celsius, en vervolgens opgestuurd naar het laboratorium van Northern Arizona University in Denver voor de analyses (met behulp van ICP-MS).

Aan de kernen zijn hand-held XRF metingen gedaan voor indicatieve waarden van de loodge-

haltes. Omdat loodmetingen met hand-held-XRF worden beïnvloed door het bodemvochtgehalte, zijn uit de kernen vervolgens monsters genomen op de meetposities. Deze monsters zijn eerst aan de lucht gedroogd, waarna opnieuw met de hand-held XRF (Thermo Scientific Niton XL3t Gold+) chemische analyses zijn gedaan. Hierbij is gemeten met een bodemprogramma (Cu, Zn mining mode). Omdat de tweede meetserie betrouwbaarder is en een hogere ruimtelijke dichtheid heeft – en daardoor meer geschikt voor ons doel – worden alleen de resultaten van de tweede meetreeks gebruikt.



²¹ Zie bijlage II voor de monsterlijst.

Afb. 5.1 Het Nordmeyer hydraulisch boorsysteem.

6.1 Inleiding

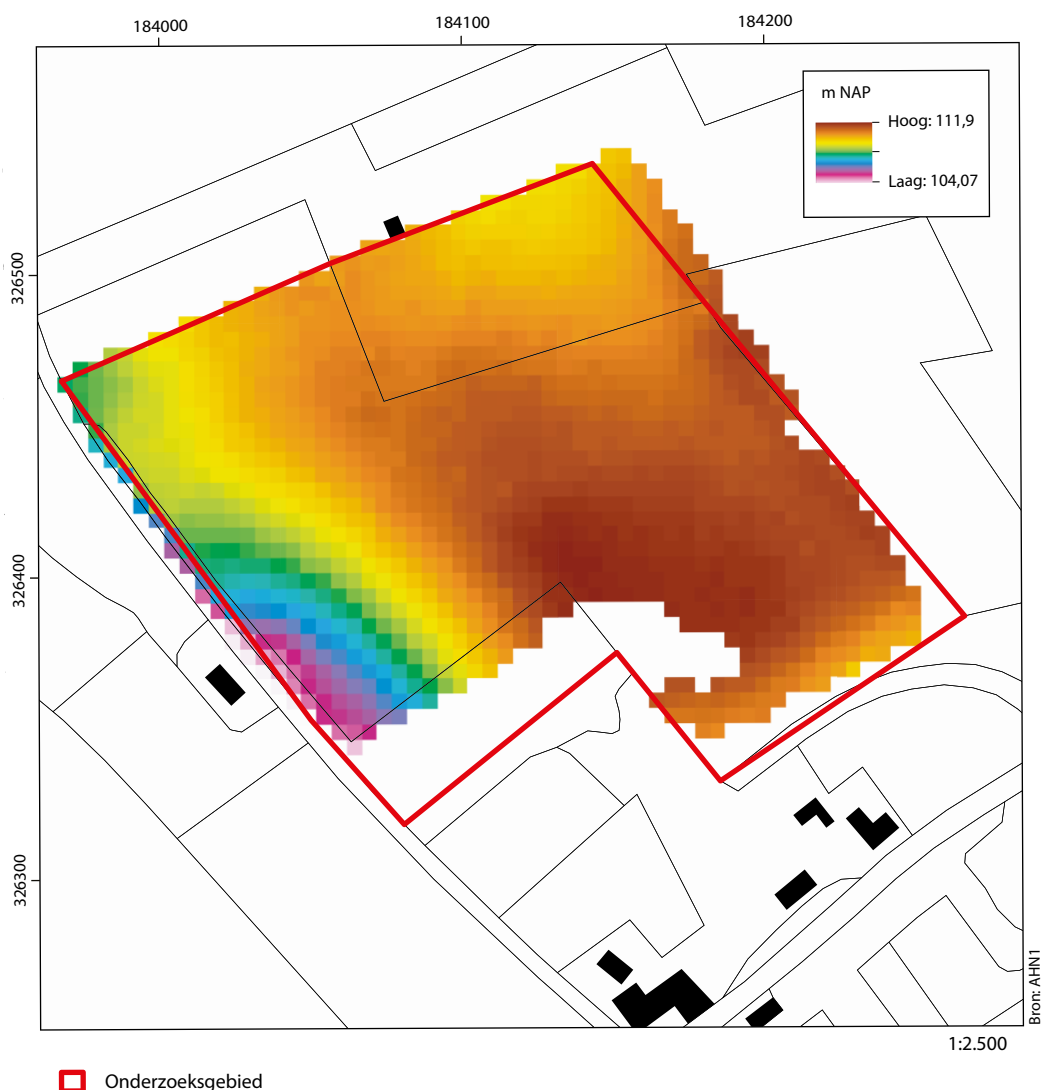
Ten behoeve van het onderzoek zijn verschillende methodes ingezet. Hieronder worden de resultaten per methode behandeld, zoveel mogelijk in de volgorde waarin ze zijn ingezet.

6.2 Hoogte-metingen

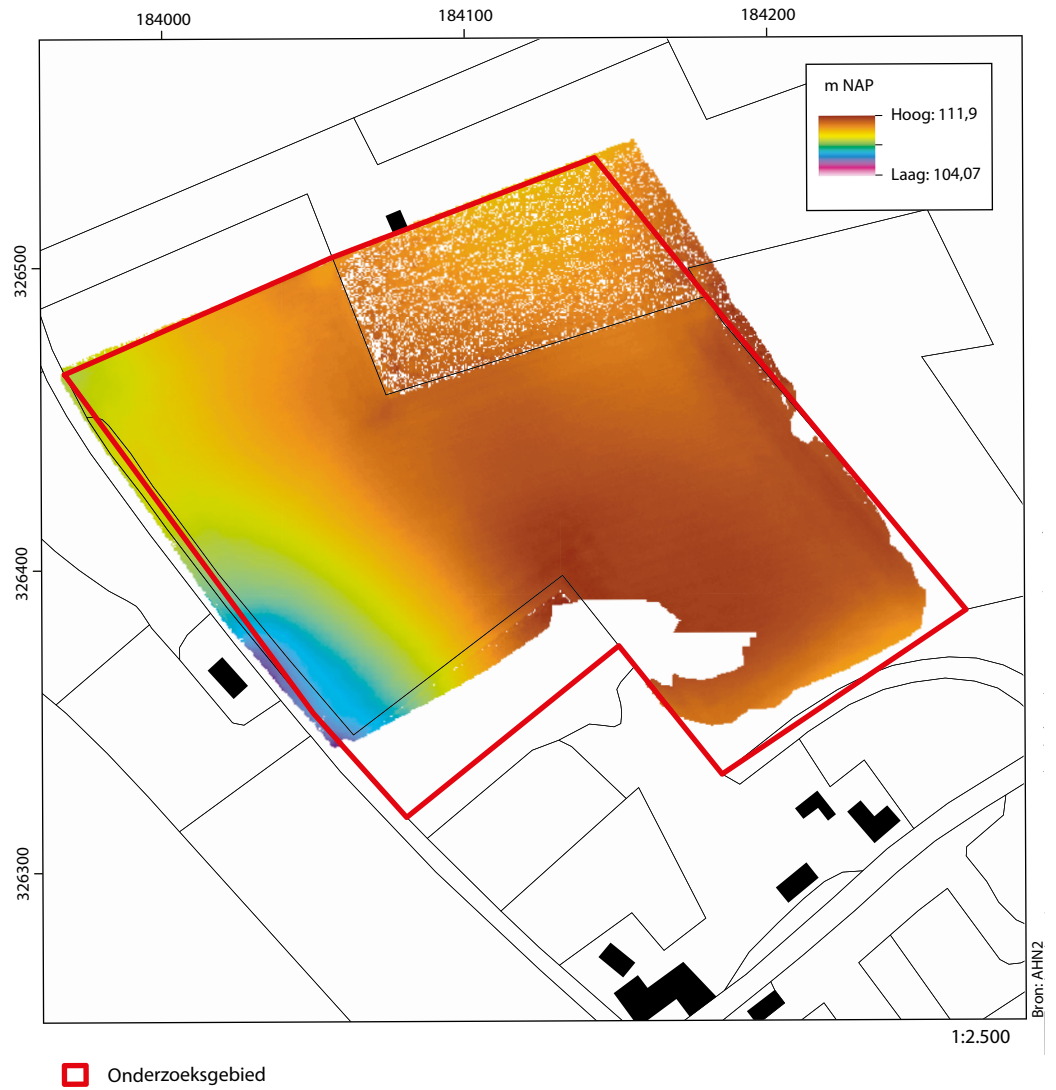
De resultaten van de diverse soorten hoogtemetingen staan weergegeven in afbeeldingen 6.1 (AHN1), 6.2 (AHN2) en 6.3 (ground-based LIDAR).

De resultaten van de verschilberekeningen worden weergegeven in afbeeldingen 6.4 en 6.5 (histogram en kaart verschil AHN1 – AHN2) en 6.6 en 6.7 (histogram en kaartje AHN2 + LIDAR). Hierbij is telkens het grid met de hoogste punt-dichtheid van het dichtste grid herberekend om vergeleken te kunnen worden met het minder dichte grid. In beide gevallen is de oudere opname afgetrokken van de meer recente (dus een negatieve waarde wijst op een verlaging van het maaiveld).

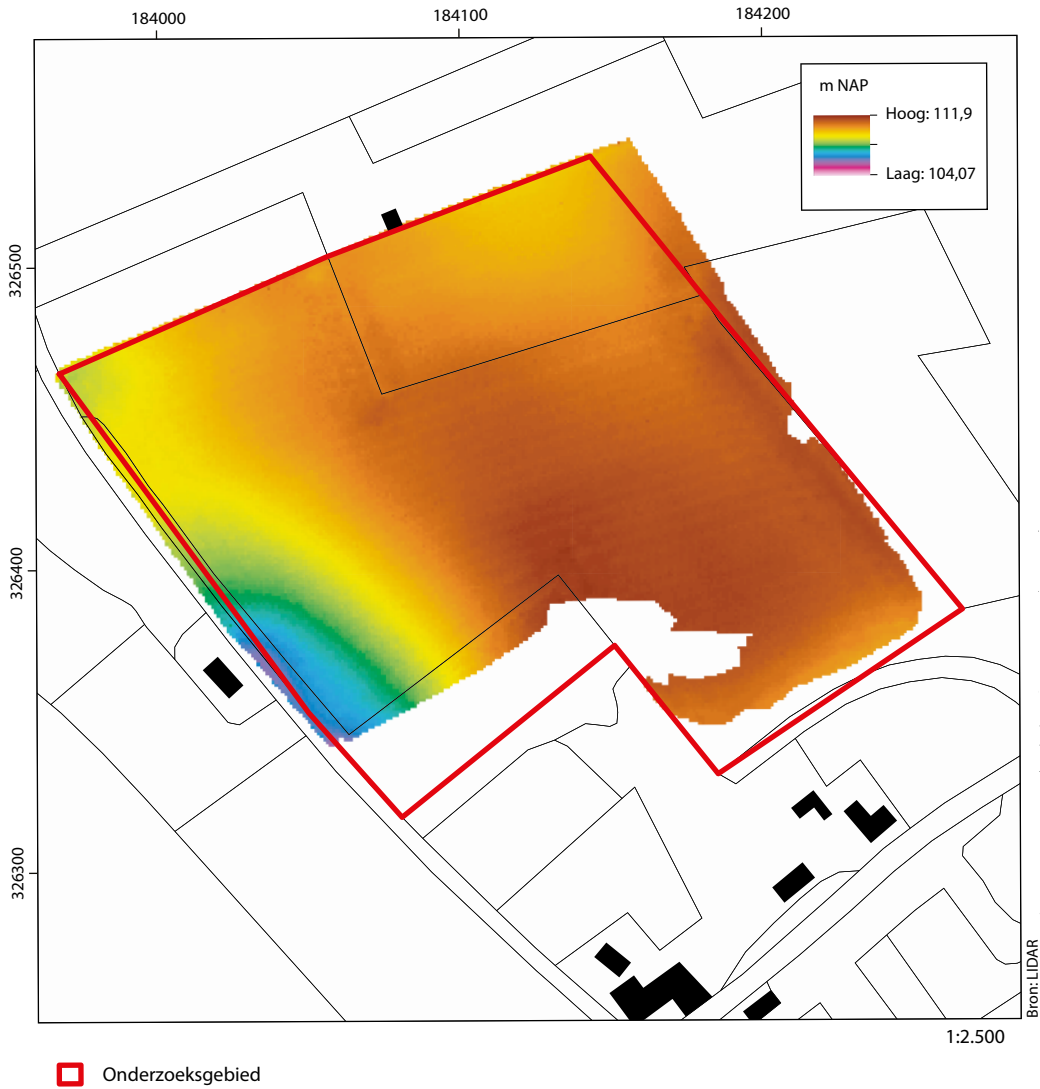
In afbeelding 6.1 plateau, helling en lokaal zadel duidelijk zichtbaar. Afbeelding 6.2. geeft een beeld dat vergelijkbaar is met afbeelding 6.1, maar met een hogere pixeldichtheid. Het noordelijkste deel van het terrein heeft veel missende



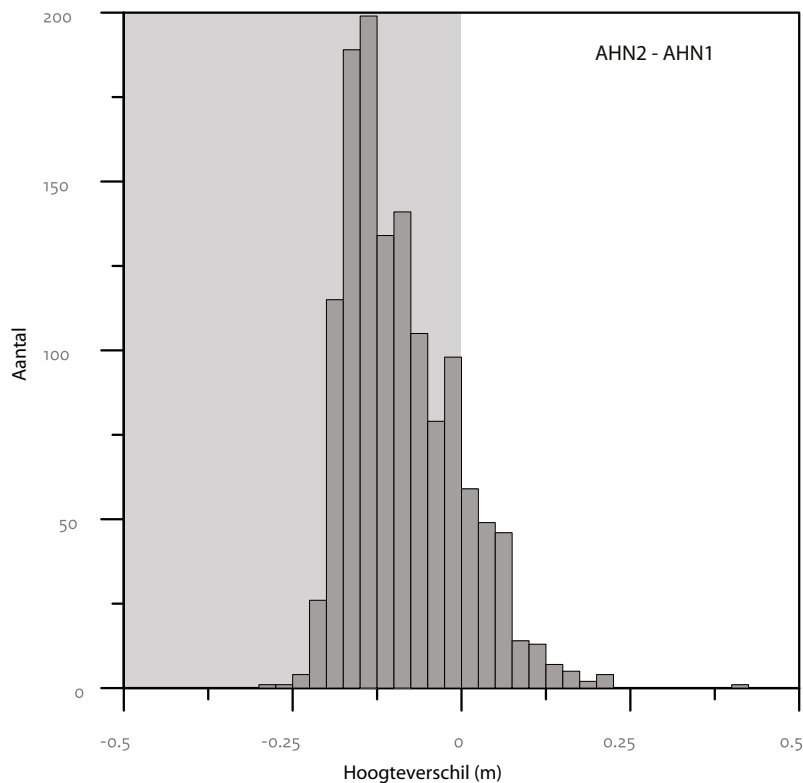
Afb. 6.1 AHN1 beeld van het terrein, waarop het plateau, helling en lokale zadel (oost) herkenbaar zijn.



Afb. 6.2 AHN2 beeld van het terrein. Het beeld is vergelijkbaar met afbeelding 6.1, maar met een hogere pixeldichtheid. Het noordelijkste deel van het terrein heeft veel missende waarden doordat hier sprake is van een boomgaard.



Afb. 6.3 LIDAR opname van het terrein. Het algemene beeld is vergelijkbaar met afbeelding 6.2. Het noordelijke perceel heeft geen last van missende pixels, maar er lijken wel rand-artefacten (witte pixels) op de begrenzing van het perceel te zijn ontstaan.



Afb. 6.4 Histogram van de verschillen in hoogtes tussen AHN2 en AHN1. De verschillen zijn systematisch.

waardes doordat hier sprake is van een boomgaard. Het algemene beeld van afbeelding 6.3 is vergelijkbaar met afbeelding 6.2. Het noordelijke perceel heeft geen last van missende pixels, maar er lijken wel rand-artefacten (witte pixels) op de begrenzing van het perceel te zijn ontstaan.

Het onderzoek door Heeres²² heeft duidelijk gemaakt dat de accuraatheid van de hoogtepuntenkaart van 1960 - 1961, AHN1 (afb. 6.1) en AHN2 (afb. 6.2) niet genoeg is om absolute waarden voor maaiveldveranderingen af te leiden die kleiner zijn dan enkele decimeters. Het vergelijken van deze hoogtemodellen van het maaiveld blijkt dus te onnauwkeurig te zijn voor erosiemetingen. De histogrammen die worden gepresenteerd in afbeeldingen 6.4 en 6.6 kunnen dus niet als absolute erosiewaarden worden geïnterpreteerd. Daarom richt de vergelijking hier zich alleen op het herkennen van ruimtelijke patronen in maaiveldveranderingen die het gevolg zouden kunnen zijn van erosie of nivellering.

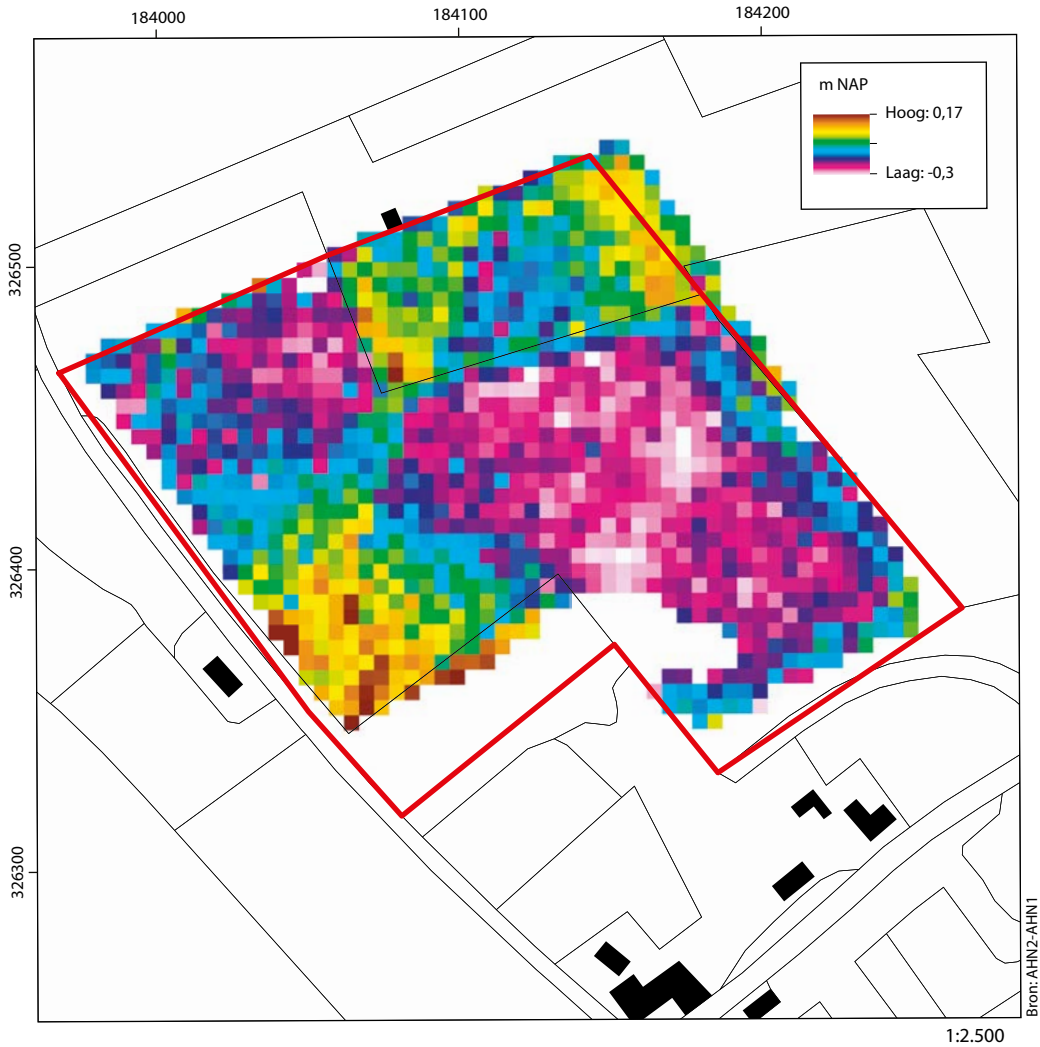
De hoogtemetingen blijken in alle gevallen een duidelijk beeld van de variatie in maaiveld-

hoogte te geven. De verschilkaartjes laten veel ruis zien, maar soms ook ruimtelijk patronen. Daarnaast blijkt uit de histogrammen dat er systematische verschillen zijn tussen de verschillende datasets.

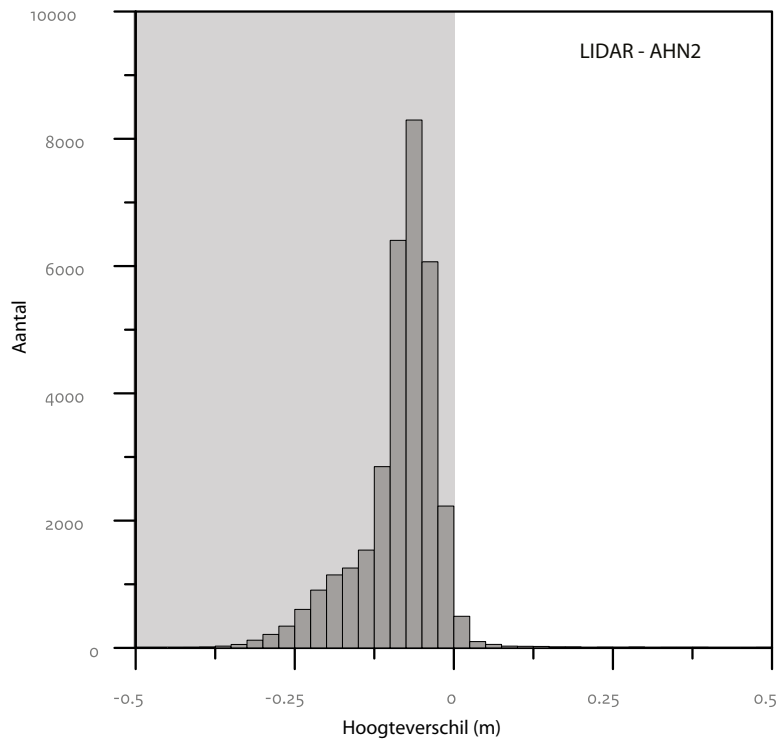
Het verschil tussen AHN1 en AHN2 (afb. 6.5) geeft enkele duidelijke patronen. Lage verschillen in het zuidwestelijke deel van het terrein zouden kunnen duiden op depositie, terwijl de hogere waarden in het oosten en het westen kunnen duiden op erosie van de hoogste delen. Het noordelijke (beboste) terrein lijkt ook weinig erosie gekend te hebben. Een deel hiervan is echter een waarnemingsartefact: een andere beplanting in het noordelijkste perceel geeft hier afwijkende waarde. Dat stuk moeten we daarom buiten beschouwing laten. Heeres heeft ook aangetoond dat een deel van de hoogte-variatie in de AHN1 gekoppeld kan worden aan de grenzen van vluchtbanen die niet goed zijn uitgeëffend.²³ Een schijnbare band die zuidwest-noordoost door het terrein loopt is waarschijnlijk inderdaad een artefact van deze vluchtbanen in AHN1. Ondanks deze problemen lijkt er toch een patroon zichtbaar van erosie op

²² Heeres 2014.

²³ Vluchtbanen zijn eenheden binnen de AHN die in één keer met een overvliegend vliegtuig zijn ingemeten. Waar twee banen aan elkaar grenzen kunnen afwijkingen in het hoogtemodel voorkomen; zie Heeres, 2014.



Afb. 6.5 Ruimtelijk beeld van de verschillen in hoogtes tussen AHN2 en AHN1. Lage verschillen in het zuidwestelijke deel van het terrein zouden kunnen duiden op depositie, terwijl de hogere waarden in het oosten en het westen kunnen duiden op erosie van de hoogste delen. Het noordelijke (beboste) terrein lijkt ook weinig erosie gekend te hebben. Een schijnbare band die zuidwest-noordoost door het terrein loopt is waarschijnlijk een artefact van de vluchtbanen in AHN1.

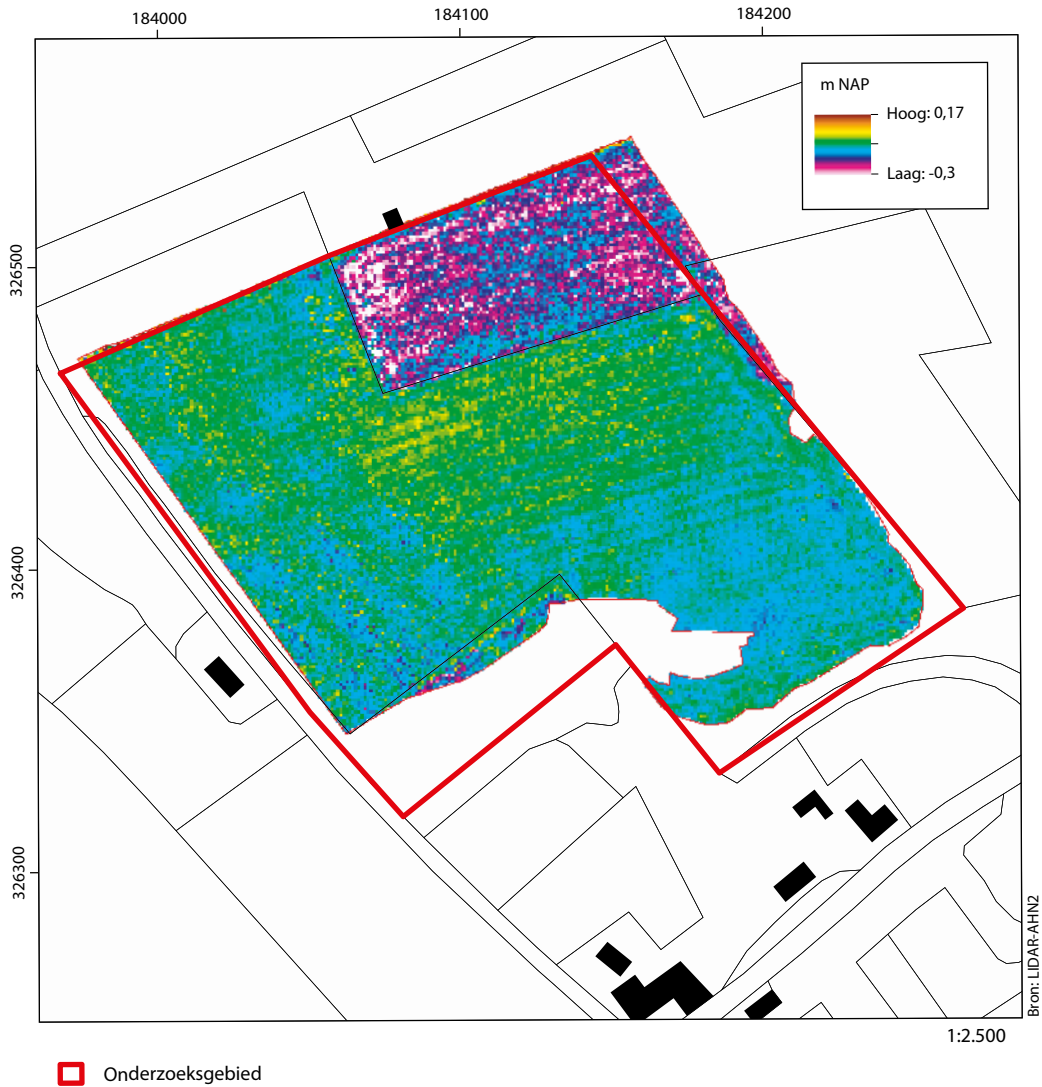


Afb. 6.6 Histogram van de verschillen in hoogtes tussen LIDAR en AHN2 met eveneens een systematisch verschil.

het hoogste deel van het terrein en depositie op het laagste deel. Met name de hogere delen van het terrein vertonen lagere waarden, terwijl een depositiegebied vooral zichtbaar lijkt te zijn op het zuidelijke deel van het terrein. Het laatste kaartje (afb. 6.7) laat echter geen verschil zien tussen AHN2 en LIDAR.

De resultaten van de vergelijking tussen de verschillende hoogtemetingen bleken om verschillende redenen minder eenvoudig dan bij aanvang van het project is aangenomen.

Gehoopt werd dat de absolute hoogtemetingen in de verschillende datasets nauwkeurig genoeg waren (dus een hoge accuraatheid) om veranderingen in maaiveld door erosie en nivellering te kunnen vaststellen. Mocht blijken dat de absolute hoogtemetingen minder nauwkeurig waren, was evengoed de verwachting dat de relatieve hoogteverschillen (reliëf) afdoende precies waren (dus een hoge precisie) om in ieder geval geërodeerde zones te kunnen identificeren.



Afb. 6.7 Ruimtelijk beeld van de verschillen in hoogtes tussen LIDAR en AHN2. Het noordelijke terrein wijkt opvallend af. Dat is waarschijnlijk een artefact als gevolg van de boomgaard op dat terrein. De rest van het terrein laat alleen ruis zien en mogelijk interferentiepatronen.

6.3 Booronderzoek

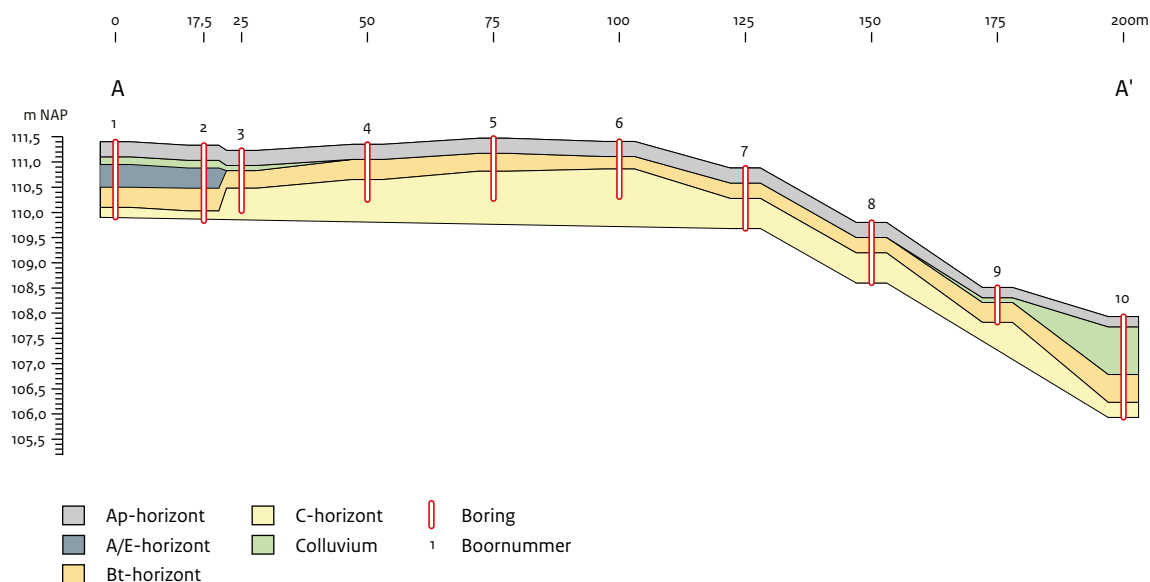
Teneinde een beeld te krijgen van de erosiegraad van het terrein zijn in september 2014 drie booraaien haaks op de gradiënt uitgezet. Op basis van de resultaten van dit booronderzoek zijn drie locaties uitgekozen voor de steekboringen (afb. 6.8).

6.3.1 Algemene profielbeschrijving

Zoals eerder gemeld is in het westelijke en zuidelijke deel van het onderzoeksgebied sprake van een natuurlijke lössbodem waarin de bovenste eenheid gevormd wordt door een donkergrijsbruine, zwakzandige, zwak humeuze löss. Deze circa 30 cm dikke laag is geïnterpreteerd als een bouwvoor. Daaronder is sprake van een bruine tot geelbruine, zwakzandige, stugge löss die geïnterpreteerd is als Bt-horizont. Tussen 0,60 en 1,00 m –mv gaat deze over in een gele, zwakzandige löss met dunne laagjes silt.



Afb. 6.8 Boorpuntenkaart. De zwarte boringen zijn de handboringen en de rode boringen zijn de mechanische boringen.



Afb. 6.9 Raai A-A' met bodemkundige interpretatie.

Deze horizont is geïnterpreteerd als het onveranderd moedermateriaal (C-horizont). De opeenvolging van deze horizonten maakt dat deze bodems kunnen worden geclassificeerd als een (al dan niet door colluvium afgedekte) bergbrikgrond.

Op de westelijke, lager gelegen rand van het plateau worden bergbrikgronden afgedekt door een pakket zwakzandige löss dat los van consistentie is en vuilgrijsbruin van kleur. In dit pakket zijn fragmenten puin en steenkool vastgesteld. Het pakket is geïnterpreteerd als colluvium. In het oostelijke deel van het onderzoeksgebied is eveneens sprake van een circa 30 cm dikke bouwvoor. Onder de bouwvoor is niet direct de Bt-horizont aangetroffen, maar een pakket grijsbruine, zwakzandige löss. In dit pakket zijn fragmenten handgevormd aardewerk, houtskool, verbrande leem en vuursteen aangetroffen. Het pakket wordt geïnterpreteerd als een pakket colluvium met een dikte van circa 30 cm. Onder dit pakket colluvium ligt een laag lichtgrijze tot grijze zwakzandige löss. Ook in deze laag zijn enkele archeologische indicatoren aangetroffen. De laag is geïnterpreteerd als A- en of E-horizont en is doorgaans niet dikker dan circa 30 cm. Op de meeste plaatsen is onder de A- en of E-horizont een bruine tot geelbruine, zwakzandige, stugge löss aangetroffen die is aangemerkt als een Bt-horizont. Onder de Bt-horizont is een gele, zwakzandige löss met dunne laagjes silt vastgesteld. Deze horizont is geïnterpreteerd als

het onveranderd moedermateriaal (C-horizont). De opeenvolging van deze horizonten maakt dat deze bodems kunnen worden geclassificeerd als een (door colluvium afgedekte) radebrikgrond.

6.3.2 Resultaten per boorraai

Raai A

In het noordoostelijke deel van raai A is sprake van een lössbodem, inclusief een A- en of E-horizont, die wordt afgedekt door een dunne laag grijs colluvium (afb. 6.9: boringen 1 en 2). In het zuidwesten ontbreken colluvium en een A- en of E-horizont en is de top van de lössbodem opgenomen in de bouwvoor (boringen 4 t/m 8). De continue dikte van de Bt-horizont doet vermoeden dat de bodem niet sterk geërodeerd is. In het zuidwestelijke deel van de raai is opnieuw sprake van colluvium. Ter hoogte van boring 10, het laagste punt in de raai, is het pakket vuil bruingrijs colluvium 1,15 m dik. Boring 2 leverde op een iets dieper niveau (45-55 cm -mv) een scherfje aardewerk op dat mogelijk uit de middeleeuwen dateert. Het scherfje bevond zich onder de bouwvoor in een dunne laag colluvium.²⁴

Raai E

In raai E zijn geen aanwijzingen aangetroffen voor een A- en of E horizont of een grijze

²⁴ Voor een nadere beschrijving van de vondsten zie Rensink & De Kort 2015, paragraaf 4.3.

horizont of laag.²⁵ In boringen 61 en 65 werd wel een opmerkelijk dik pakket colluvium aangetroffen. Het colluvium is los van consistentie en vuil grijsbruin van kleur. In beide boringen zijn geen resten van een Bt-horizont of andere horizonten of lagen aangetroffen. Het colluvium ligt hier 'scherp' op het moedermateriaal (C-horizont). In boring 62 is direct onder de bouwvoor een verstoord bodemprofiel vastgesteld. Deze verstoring is het gevolg van de aanleg van put 4 in 2005. Onder deze verstoring bevindt zich nog het laatste restant van een Bt-horizont.

Raai F

In raai F (afb. 6.10) is tussen boringen 75 en 81 een natuurlijke lössbodem vastgesteld bestaande uit een Bt-horizont en C-horizont. In de meest westelijk gezette boring (boring 81) wordt deze bodem afgedekt door een dikke laag colluvium. Het colluvium is los van consistentie is en vuilgrijsbruin van kleur. In het noordelijke deel is ter hoogte van boringen 66 tot en met 72 een laag colluvium en een dieper gelegen grijze laag aangetroffen (1,0 m – mv). Het is onduidelijk of het hier om een A- en of E-horizont gaat of mogelijk een antropogeen spoor, bijvoorbeeld een ingegraven kuil of greppel.

²⁵ Zie Rensink & De Kort 2015, afbeelding 4.5.

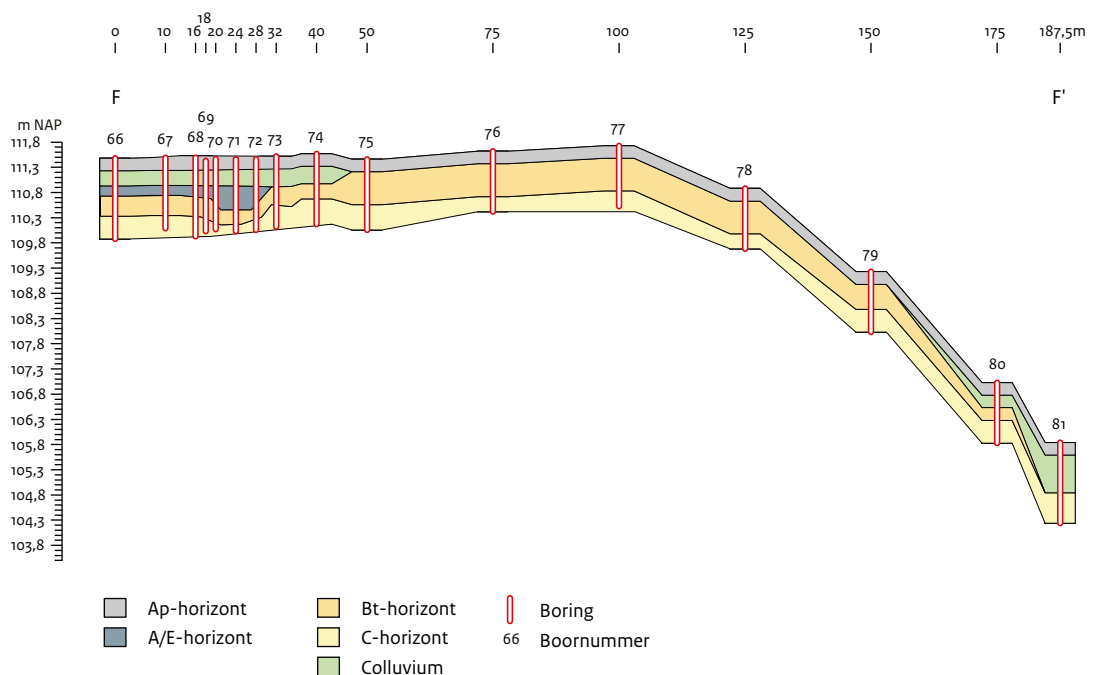
6.3.3 Resultaten steekboringen

De drie aangetroffen profieltypen: bergbrikgrond, bergbrikgrond afgedekt door colluvium en radebrikgrond afgedekt door colluvium zijn geselecteerd om te bemonsteren met behulp van steekboringen.

Boring 1

Boring 1 is onder aan de westelijke helling gezet, in het laagste deel van het onderzoeksgebied (afb. 6.8), tussen boringen 80 en 81 in raai F (afb. 6.9). Volgens het voorafgaande booronderzoek zou hier sprake zijn van een bergbrikgrond afgedekt door een pakket colluvium van circa 1 m dik.

In de steekboring bleek sprake te zijn van een 35 cm dikke, donkergrijsbruine bouwvoor. Hieronder is tot 1 m –mv een vuil, grijsbruin pakket löss met steenkool en baksteen vastgesteld, dat is geïnterpreteerd als colluvium. Dit pakket gaat scherp over in roodbruine löss. Dit pakket is geïnterpreteerd als het restant van een Bt-horizont. Op 1,25 m –mv gaat dit pakket geleidelijk over in lichtbruinge löss met een enkele kiezel. Dit pakket is geïnterpreteerd als de



Afb. 6.10 Raai F-F' met bodemkundige interpretatie.

C-horizont. Op 1,65 m –mv gaat de löss over in een afwisseling van gelaagd grind en zand. Vermoedelijk betreft het hier Maasterras-afzettingen.

Boring 3

Boring 3 is halverwege de helling gezet (afb. 6.8), ter hoogte van boring 6 in raai F (afb. 6.10). Volgens het handmatige booronderzoek zou hier sprake zijn van een bergbrikgrond. In de steekboring bleek sprake te zijn van een 30 cm dikke donkergrijsbruine bouwvoor. Hieronder is een roodbruine Bt-horizont vastgesteld, die geleidelijk minder rood wordt en minder ijzervlekken bevat. Op 90 cm –mv wordt de löss lichtgeelbruin van kleur en gaat geleidelijk over in de C-horizont.

Boring 4

Boring 4 is bovenaan de helling gezet, in het oostelijk deel van het onderzoeksgebied (afb. 6.8), ter hoogte van boringen 1 en 2 in raai A (afb. 6.9). Volgens het handmatige booronderzoek zou hier sprake zijn van een radebrikgrond afgedekt door colluvium. In de steekboring bleek sprake te zijn van een 30 cm dikke, donkergrijsbruine bouwvoor. Hieronder is een pakket lichtgrijsbruine löss vastgesteld tot een diepte van 50 cm –mv. Dit pakket is geïnterpreteerd als colluvium. Hieronder is een 15 cm dikke laag gevlekt, grijsbruin materiaal vastgesteld dat eveneens is geïnterpreteerd als colluvium, hoewel een interpretatie als uitspoelingshorizont (E-horizont) met mangaanvlekken niet uitgesloten is. In dit pakket is een enkele kleine afslag vuursteen en een klein fragment verbrand bot aangetroffen. Hieronder is op een diepte van 0,65 m –mv grijze löss waargenomen, die is geïnterpreteerd als E-horizont, die op een diepte van 0,85 m –mv overgaat in bruingrijze löss, hetgeen vermoedelijk de top van de Bt-horizont representeert.

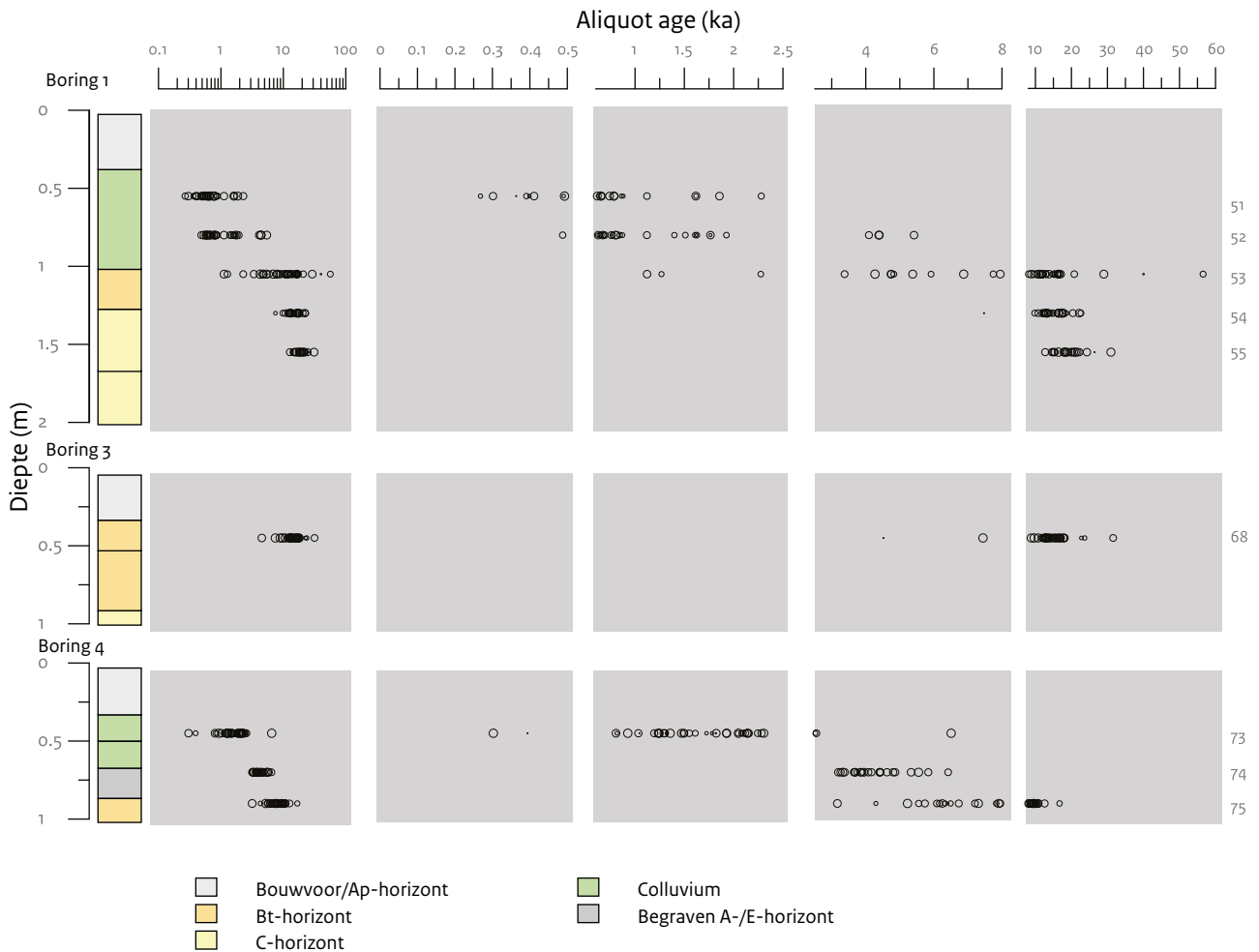
6.4 Resultaten monsters/specialistisch onderzoek

6.4.1 OSL-metingen

Ieder punt geeft een datering van een aliquot; alle aliquots uit één monsters staan op een rij op

de monsterdiepte. De puntgrootte is een maat voor de betrouwbaarheid van de meting aan het aliquot (hoe kleiner hoe minder betrouwbaar).. Let op dat de tijdschaal voor elke periode anders is. De monsternummers staan rechts aangegeven.

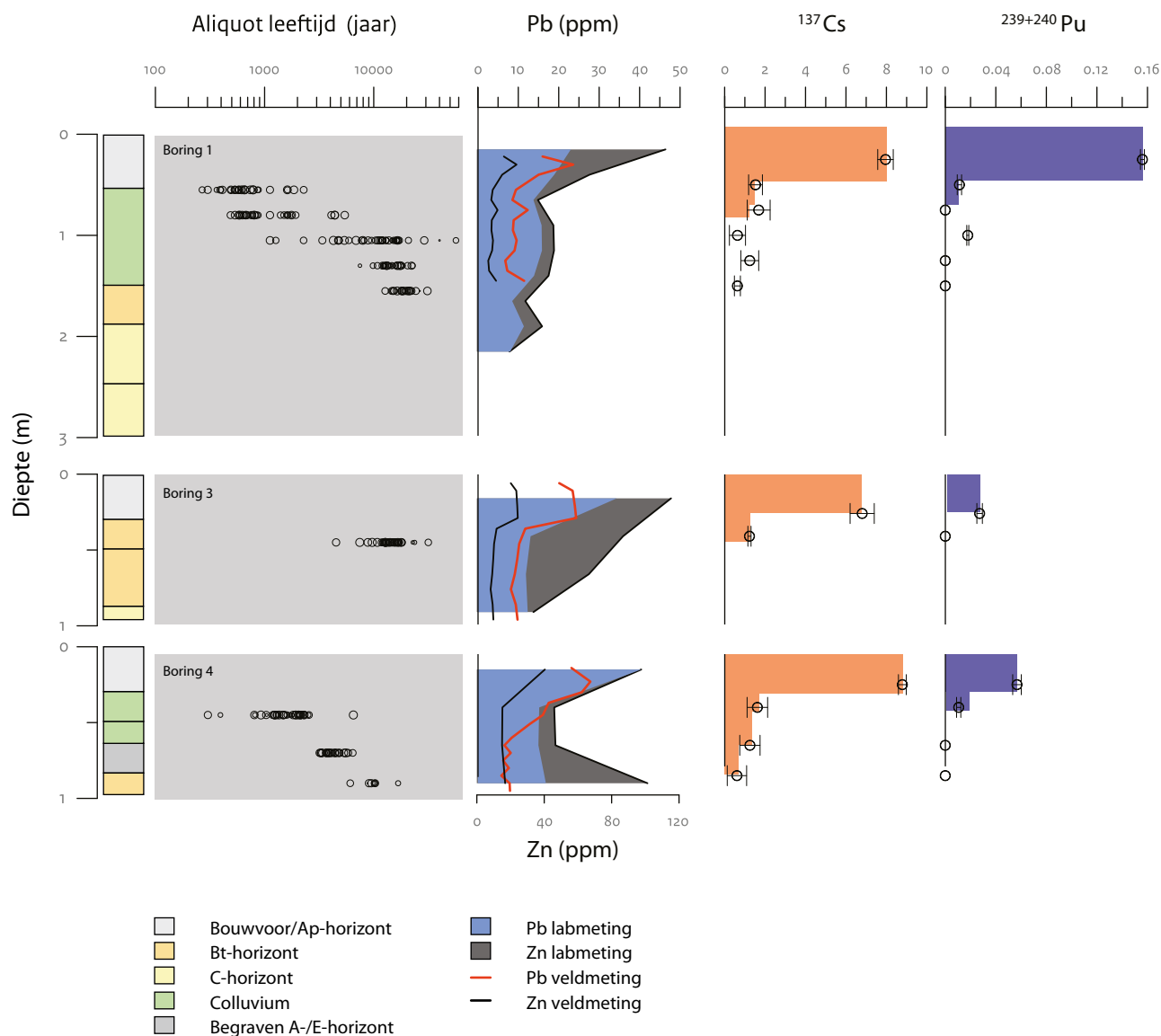
De OSL- profielen van de Kelmond boringen vertonen veel variatie met de diepte (afb. 6.11). Boring 3 is eigenlijk het meest eenvoudig: Daar zien we in het monster direct onder de bouwvoor een cluster dateringen uit het laat glaciaal en vroeg holoceen (monster 68). Dit kan worden toegeschreven aan het moment dat de afzetting van löss heeft plaatsgevonden. Het voorkomen van een vrijwel homogeen signaal van deze ouderdom direct onder de bouwvoor duidt erop dat dit een erosieve locatie is. Als het niveau voor langere tijd stabiel was geweest, hadden we ook enkele jongere dateringen moeten zien van door bioturbatie op verschillende momenten uit de bovengrond naar beneden gebrachte gebleekte korrels. Boring 4 vertoont in het onderste monster ook een dergelijk oud cluster – al lijkt deze eerder holoceen dan glaciaal – maar daarnaast ook een groep datering uit de periode 8000 – 5000 BP – dus uit het vroeg tot midden neolithicum (monster 75). Deze combinatie duidt op menging van laatglaciale/vroeg holoceen löss met neolithisch materiaal. Het zou zowel kunnen gaan om een in het neolithicum verspitte laag als om de E- of B-horizont van een naderhand onthoofd bodemprofiel. Hierop ligt een pakket met een vrij homogene cluster dateringen tussen 5000 en 3000 jaar BP, maar met enkele oudere uitbijters tot 7000 jaar BP (monster 74). Dit pakket is waarschijnlijk het best te interpreteren als laat neolithisch en/of bronstijd bodem of colluvium. Het meest ondiepe monster laat een cluster dateringen zien tussen ca. 2500 en 500 jaar geleden (monster 73). Deze laag is waarschijnlijk het beste te interpreteren als een Romeins en middeleeuws pakket dat ontstond door gestage colluviatie op een locatie waar bioturbatie of grondbewerking plaatsvond. Het pakket is vrijwel zeker niet in de laatste 500 jaar ontstaan en betreft dus geen recent colluvium. Boring 1 is het meest complex. De drie onderste monsters laten elke een cluster zien van dateringen tussen de 20 000 en 10 000 jaar geleden (monsters 53 t/m 55). De clusters vertonen duidelijk overlap met elkaar maar worden gestaag jonger. Dit komt goed overeen



Afb. 6.11 Verdeling van SAR-OSL waardes per diepte, uitgesplitst in verschillende periodes. .

met een aaneengesloten periode van afzetting van löss in het laat-glaciaal en vroeg holoceen. Het derde monster (op 100 cm -mv) laat echter naast het duidelijke laat-glaciaal/vroeg holocene cluster ook een heel brede spreiding zien van dateringen van > 50 000 tot 1000 jaar geleden (monster 53). Deze grote spreiding is een aanwijzing dat dit monster direct onder een A-horizont vandaan komt van een bodemprofiel dat lange tijd min of meer stabiel is gebleven. De jongere dateringen komen dan van bioturbatie (of sporadische grondbewerking). De paar aliquots met een ouderdom (> 20 000 jaar) zouden eventueel het gevolg kunnen zijn van bijmenging van slecht gebleekt colluvium als gevolg van erosie hoger op de helling. Echter, vanwege het kleine aantal aliquots met deze datering is het waarschijnlijk beter te beschouwen als uitbijters. De twee ondiepe monsters geven jongere dateringen; met cluster

tussen 500 en 1000 jaar geleden (nrs. 51 en 52). Het onderste monster van de twee vertoont daarnaast met name oudere dateringen, terugvoerend tot ca. 5000 jaar geleden (monster 52) terwijl het bovenste monsters vooral jongere bijmenging vertoont, met een totale range tussen de 2500 en 200 jaar geleden (monster 51). De sequentie van monster 53 tot 51 is waarschijnlijk het beste te interpreteren als colluviëvorming gedurende de late middeleeuwen (1000 – 1500 AD), waarbij vooral in het onderste deel van het colluviëpakket (rond monster 52) ongebleekt ouder materiaal is opgenomen door grondbewerking. Opvallend is dat in geen van de monsters, ook niet de ondiepe monsters van de meest stabiele locaties, aliquots zijn aangetroffen die jonger zijn dan 200 jaar. Dit kan verschillende oorzaken hebben. Als erosie tot op dit moment actief is, zijn de horizonten met recente dateringen



Afb. 6.12 Gecombineerde weergave van de uitkomsten van de metingen van tracers (Pb, Zn, ^{137}Cs en $^{239+240}\text{Pu}$) en de SAR-OSL metingen weergegeven met één logaritmische tijdas.

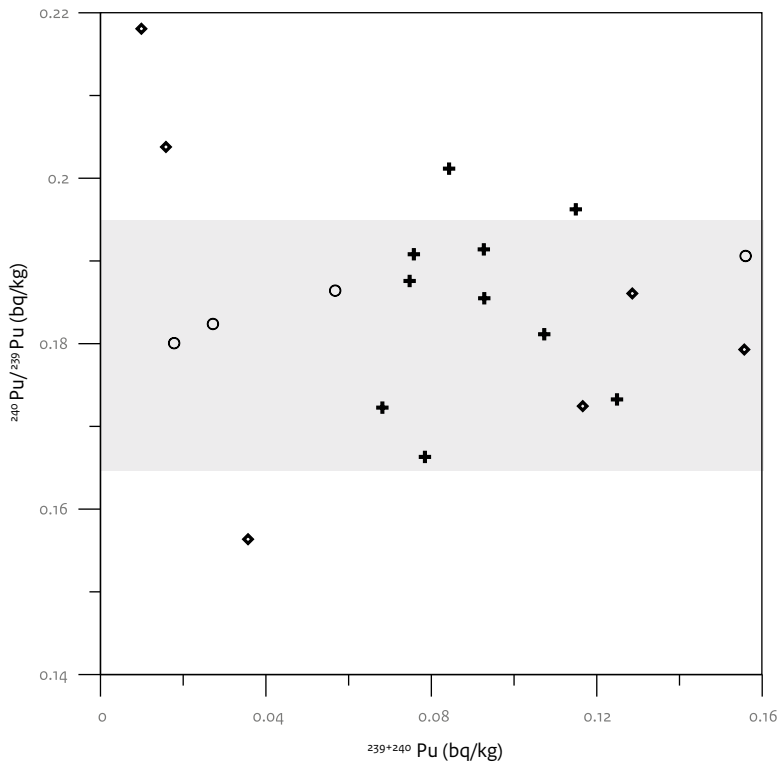
verdwenen of in de bouwvoor opgenomen. In het onderste profiel echter zijn de onderzochte lagen zo diep begraven onder het colluvium dat ze te diep liggen voor invloed van recente of subrecente bioturbatie (boring 1). In het geval van boring 1 was het achteraf beter geweest als ook één of meer ondiepe monsters meegenomen hadden kunnen worden in de OSL metingen.

6.4.2 Tracer-onderzoek

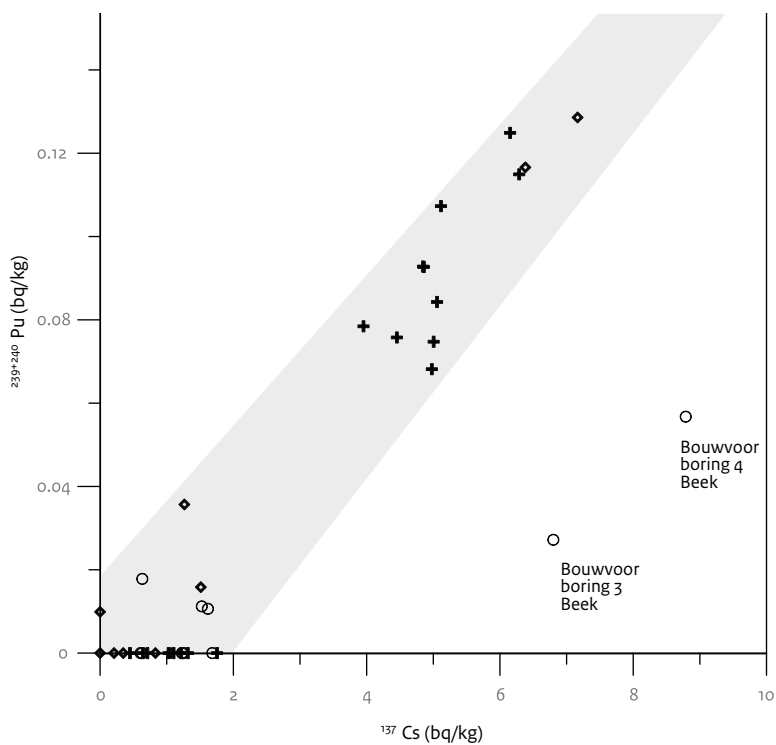
De resultaten van de verschillende tracer metingen, inclusief een grof beeld van de SAR OSL resultaten staan in afbeelding 6.12.

Lood en zink

De gehalten aan lood (Pb) en zink (Zn) lijken op het eerste gezicht een duidelijk antropogeen signaal te geven, met hogere gehalten in de bouwvoor en lagere dieper in het profiel.



Afb. 6.13 Verhouding tussen Pu isotopen ($^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}$) afgezet tegen het totaalgehalte aan deze isotopen ($^{239+240}\text{Pu}$) voor de drie in het kader van TOPsites onderzochte vindplaatsen. Grote Houw: plusjes, Beek: rondjes, Meerssen: ruitjes.



Afb. 6.14 Verhouding tussen de gehalten aan ^{137}Cs en $^{239+240}\text{Pu}$ in alle onderzochte vindplaatsen. De twee afwijkende monsters (bouwvoor in twee van de locaties in Beek-Kelmond) zijn weergegeven. Grote Houw: plusjes, Beek: rondjes, Meerssen: ruitjes.

Voor zink geldt echter dat onderin boring 4 bijna net zulke hoge zinkgehalten voorkomen als in de bouwvoor. Kennelijk is er voor zink ook een natuurlijke component. Dit maakt dit element ongeschikt als tracer.

De gehalten aan lood in de bouwvoor zijn weliswaar hoger dan in de diepere profielen, maar er blijkt een substantiële hoeveelheid lood ook voor te komen in de diepere lagen. Dit is natuurlijk lood dat vooral in de kleimineralen zal voorkomen.²⁶ Als gevolg van deze relatief hoge achtergrond is het ook niet goed mogelijk om lood te gebruiken als tracer.

Cesium en plutonium

Zoals in paragraaf 3.4.2 is gesteld, kunnen de ¹³⁷Cs en ²³⁹⁺²⁴⁰Pu isotopen afkomstig zijn van twee verschillende gebeurtenissen, namelijk de wapentesten in de periode 1958 – 1962 en de Tsjernobyl explosie in 1986. De relatieve bijdrage van die twee gebeurtenissen aan de gemeten gehalten bepaalt de lengte van de periode waarover erosie geschat kan worden. Als de metingen op alle drie de locaties tegelijk bekeken worden, kunnen hierover uitspraken gedaan worden.

De verhouding tussen de plutonium-isotopen afkomstig uit wapens is anders dan de verhouding die hoort bij plutonium, dat afkomstig is uit kerncentrales.²⁷ De metingen aan de monsters uit Grote Houw, Meerssen en Beek-Kelmond gezamenlijk vertonen een isotopenverhouding die overeenkomt met plutonium uit kernwapens, en sterk afwijkt van plutonium uit kerncentrales (zie afbeelding 6.13).²⁸ Hieruit blijkt dat de aangetroffen gehalten aan Plutonium moeten worden toegeschreven aan de wapentesten en dat er geen significante bijdrage is van plutonium uit Tsjernobyl.

Als de verhouding tussen de gehalten aan ²³⁹⁺²⁴⁰Pu en ¹³⁷Cs (afb. 6.14) bekeken wordt, dan blijkt dat er in het algemeen een goede positieve correlatie is tussen de twee gehalten, zonder duidelijke offset. De enige uitzondering hierop zijn twee van de drie bouwvoormonsters uit Beek-Kelmond, waar de ¹³⁷Cs gehalten hoger zijn dan verwacht op basis van de ²³⁹⁺²⁴⁰Pu waardes. Op basis van deze gegevens kunnen we in het algemeen aannemen dat de gemeten isotopen van cesium en plutonium worden gedomineerd

door de fall-out van de 1958-1962 wapentesten, en dat de bijdrage van Tsjernobyl verwaarloosbaar is. De resultaten van Beek-Kelmond lijken dit beeld te verstoren om een onbekende reden. Een verklaring zou kunnen zijn dat ter plaatse om de één of andere reden een grotere depositie is geweest van ¹³⁷Cs uit Tsjernobyl dan op de andere locaties.

Consequentie hiervan is dat bij Meerssen en Grote Houw er van uit gegaan kan worden dat de variatie in de gehalten aan tracers een weerslag is van ca. 50 jaar erosie. Bij Beek-Kelmond is dat minder duidelijk. In de hier volgende berekeningen moeten we dan ook uitgaan van twee scenario's: één waarbij de erosie over ca. 50 jaar heeft plaatsgevonden (op basis van plutonium) en één waarbij dat in ca. 30 jaar is gebeurd (op basis van cesium). De berekende gehalten per profiel en de daarop gebaseerde erosiesnelheden staan weergegeven in tabel 6.1. Zoals eerder genoemd, is het opvallend dat de verhouding tussen Cs en Pu in de bouwvoor van boringen 3 en 4 op deze locatie afwijkt van die van de andere onderzochte locaties en van boring 1 in Beek (afb. 6.14). Als gevolg hiervan zien we bij boring 4 in Cs vrijwel geen afwijking ten opzichte van het gemiddelde, terwijl Pu een duidelijke afname laat zien. Bij boring 3 vertonen beide isotopen waardes onder het gemiddelde. De geschatte erosiesnelheden wijkt hier echter aanzienlijk af tussen de twee isotopen: Op basis van Pu zou de erosiesnelheid liggen tussen de ca. 6 en 8 mm per jaar; op basis van Cs tussen de 1,7 en 2,3 mm. Als we echter aannemen dat de bulk van de Cs afkomstig is van Tsjernobyl, en we daarom uitgaan van dat de verschillen binnen 28 jaar zijn ontstaan dan kunnen we de erosiesnelheden schatten op 2,5 – 3,6 mm per jaar – wat wel dichterbij de waardes op basis van Pu komt maar nog steeds een stuk lager is. Voor boring 3 kunnen we de erosiesnelheden daarom het beste schatten tussen de 2 en 8 mm per jaar, wat neerkomt op 10 tot 40 cm in 50 jaar.

De ruimtelijke verdeling in ¹³⁷Cs zoals gemeten door Medusa laat een vlekkelig patroon zien (afb. 6.16). (De gehalten kunnen overigens niet 1-op-1 worden vergeleken met de gehalten zoals bepaald in het lab). Met enige goede wil zou op

²⁶ Huisman *et al.* 1997.

²⁷ Ketterer *et al.* 2012.

²⁸ Grote Houw en Meerssen zijn twee andere vindplaatsen die binnen het project TOPsites onderzocht zijn; : Huisman *et al.* 2016, Huisman *et al.* 2017, Huisman & De Kort 2017

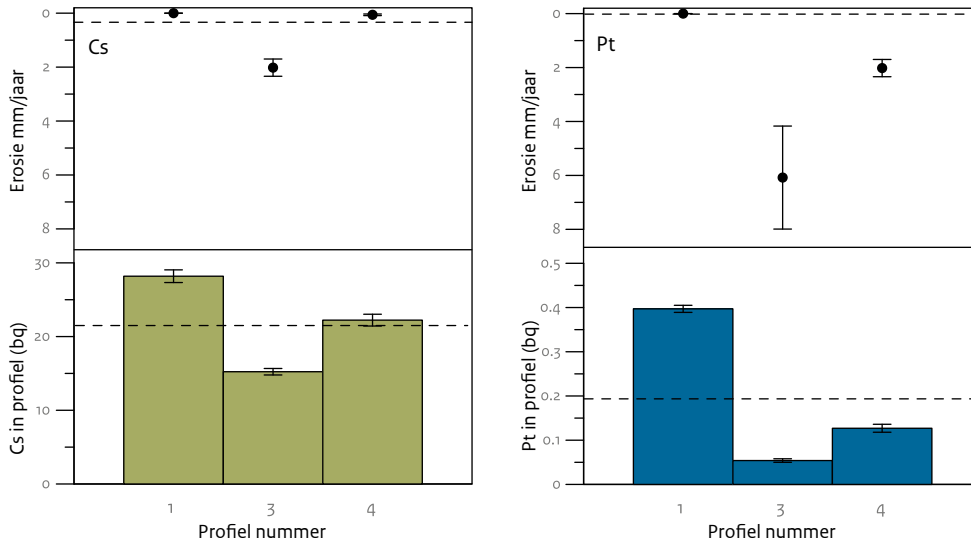
Tabel 6.1 Berekening van erosiesnelheden op basis van de variatie in ^{137}Cs en $^{239+240}\text{Pu}$

Boring	Monsterdiepte	^{137}Cs						$^{239+240}\text{Pu}$				
		Concentratie (Bq/kg) in monster	Totale hoeveelheid in spoor (Bq)	Totale hoeveelheid in profiel (Bq)	Verskil tussen hoeveelheid in profiel en gemiddelde (%)	Erosiesnelheid in mm/jaar uitgaand van 50 jaar erosie	Erosiesnelheid in mm/jaar uitgaand van 28 jaar erosie	Concentratie (Bq/kg) in monster	Totale hoeveelheid in spoor (Bq)	Totale hoeveelheid in profiel (Bq)	Verskil tussen hoeveelheid in profiel en gemiddelde (%)	Erosiesnelheid in mm/jaar uitgaand van 50 jaar erosie
1	0,25	7,95 (0,38)	18,56 (0,25)	28,19 (0,86)	-28,7 (0,8)	Geen	Geen	0,155 (0,001)	0,363 (0,003)	0,397 (0,008)	-28,7 (0,8)	Geen
	0,5	1,52 (0,34)	4,580 (0,22)					0,011 (0,001)	0,033 (0,005)			
	0,75	1,68 (0,56)	5,050 (0,37)					0	0			
	1	0,63 (0,39)	0					0,017 (0,000)	0			
	1,25	1,24 (0,44)	0					0	0			
	1,5	0,63 (0,14)	0					0	0			
3	0,25	6,80 (0,59)	13,60 (0,39)	15,23 (0,44)	30,37 (0,8)	2,02 (0,32)	3,03 (0,56)	0,027 (0,002)	0,054 (0,004)	0,054 (0,004)	30,37 (0,8)	6,08 (1,91)
	0,4	1,22 (0,07)	1,636 (0,05)					0	0			
4	0,25	8,78 (0,19)	17,57 (0,12)	22,23 (0,80)	-1,57 (0,0)	0,06 (0,03)	0,06 (0,03)	0,056 (0,003)	0,113 (0,006)	0,127 (0,009)	-1,57 (0,0)	2,33 (0,57)
	0,4	1,61 (0,50)	2,157 (0,33)					0,010 (0,001)	0,014 (0,002)			
		1,24 (0,50)	2,499 (0,33)					0	0			
	0,85	0,60 (0,47)	0						0			

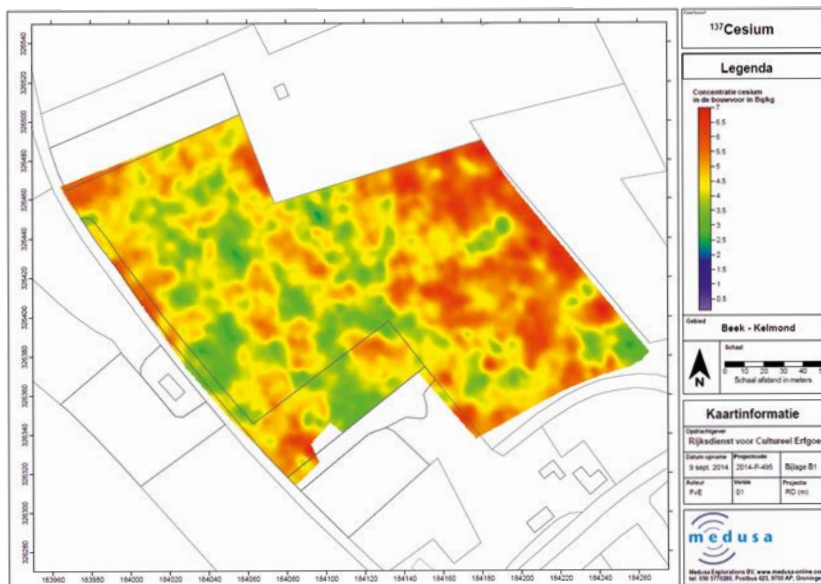
In de eerste twee kolommen staan de boring- en diepte gegevens. Vervolgens wordt voor ^{137}Cs achtereenvolgens gegeven het gehalte aan ^{137}Cs (met tussen haakjes de betrouwbaarheid) in elk monster en de totale hoeveelheid per spoor. De volgende vier kolommen geven vervolgens (1) de totale hoeveelheid in het profiel (een optelling van alle sporen), (2), het verschil tussen deze hoeveelheid en het gemiddelde, (3) de op basis hiervan berekende erosiesnelheid uitgaand van 50 jaar erosie, en (4) hetzelfde op basis van 28 jaar erosie. Ditzelfde wordt vervolgens herhaald voor $^{239+240}\text{Pu}$, afgezien van de 28 jaar erosie.

deze kaart een patroon kunnen worden aangewezen waarbij de op het plateau iets hogere ^{137}Cs waarden (rood) voorkomen. Dat zou er op duiden dat de helling erosief is en het plateau min of meer stabiel. Dat gaat niet alleen in tegen de tracer metingen. Belangrijker is dat

de verschillen heel klein zijn, en het patroon heel vlekkelig. We moeten er daarom rekening mee houden dat het waargenomen patroon eerder een weerslag is van bijvoorbeeld variatie in bodemdikte en/of lokale heterogeniteit van het bodemmateriaal in de bouwvoor.



Afb. 6.15 Hoeveelheden tracer (Pt en Cs) in de geanalyseerde profielen (staafdiagram). De onderbroken lijn geeft het gemiddelde van de tracerhoeveelheden. De plot daarboven geeft de erosiesnelheden die zijn berekend op basis van deze tracerhoeveelheden.



Afb. 6.16 Verdeling van ¹³⁷Cs over het terrein zoals gemeten door MEDUSA (uit: Van Egmond, 2014, Bijlage B1).

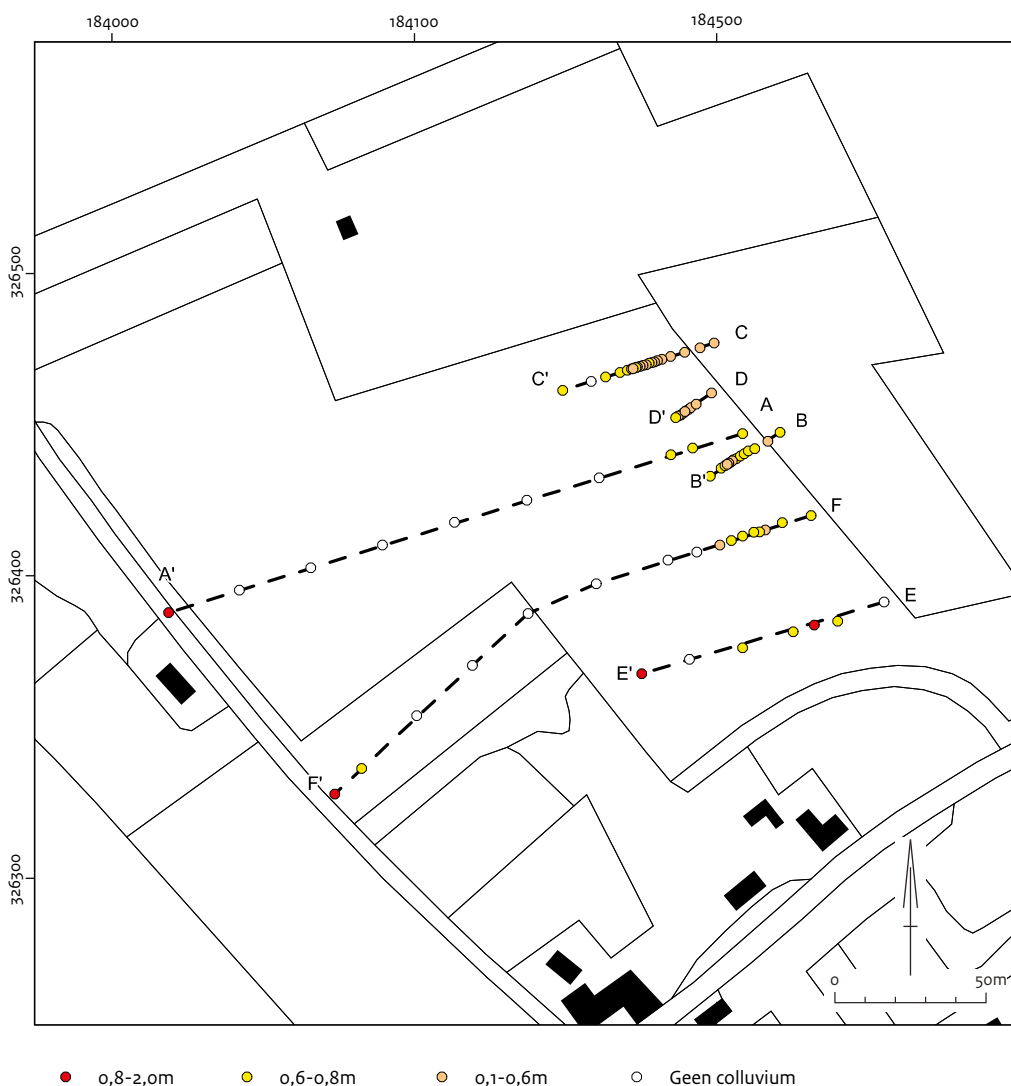
7 Interpretatie van de onderzoeksresultaten

De resultaten van het booronderzoek wijzen er op dat in het noordoostelijke deel van het onderzoeksgebied sprake is geweest van een laagte die is opgevuld met colluvium. In alle boorraaien is een pakket colluvium van wisselende dikte aangetroffen (afb. 7.1). De dubbele gracht uit de periode van de Lineair Bandkeramiek die in 2005 in het noordoostelijke uiteinde van put 3 is vastgesteld, bevindt zich vermoedelijk in deze langgerekte zone met colluvium. Uit de beschrijving van het profiel van de dubbele gracht kan worden opgemaakt dat het colluvium is afgezet na de periode van bewoning van de LBK-nederzetting.²⁹ De OSL-dateringen ter hoogte van mechanische boring 4 wijzen er op dat de afzetting van het colluvium

gedateerd kan worden in de Romeinse tijd en de middeleeuwen.

In het westen en het zuiden van het onderzoeksgebied is het colluvium anders van kleur, consistentie en samenstelling. Het OSL-onderzoek ter hoogte van de mechanische boringnummer 1 heeft uitgewezen dat dit pakket colluvium vooral afgezet is tijdens de late middeleeuwen (1000 – 1500 n.Chr.). Dit colluvium is afgezet op een onthoofd bodemprofiel.

Tracer-onderzoek ondersteund door OSL analyses laat zien dat deze vindplaats aanzienlijk te lijden heeft gehad van erosie in de afgelopen decennia tot eeuwen. Zeker op de hellingknik (ter hoogte van mechanische boring 3) duiden het afgetopte OSL- en bodemprofiel op erosie. De lage tracer-



Afb. 7.1 Ligging van de boorraaien en boringen en dikte van het pakket colluvium, zoals vastgesteld in de boringen.

²⁹ Brounen & Rensink 2007, 30-31.

gehalten wijzen op erosiesnelheden van millimeters per jaar, met een verlies van enkele decimeters in de afgelopen 50 jaar.

Het patronen dat zichtbaar wordt bij het vergelijken van de AHN1 en AHN2 lijkt te kloppen met erosie rond de hellingknik. Echter, de schijnbare erosie op het noordwestelijke deel klopt niet goed met de resultaten van het tracer onderzoek en OSLs. Dergelijke uitkomsten zullen we daarom alleen als indicatief moeten blijven zien.

8.1 Beantwoording van de onderzoeksvragen

1. *Welke erosie- en nivelleringsprocessen zijn van invloed op de vindplaats Kelmond-Beekerveld?*

Er zijn aanwijzingen voor van significante erosie, met name op het steilste deel van de helling. Hoewel het meeste colluvium op zijn laatst gevormd is tijdens de late middeleeuwen (zie hieronder), zijn er duidelijke aanwijzingen dat erosie actief was in de afgelopen decennia, en (dus) op dit moment ook nog plaatsvindt. Het is waarschijnlijk dat afspoeling van bodemmateriaal (erosie) hiervoor de belangrijkste oorzaak is, maar andere oorzaken zoals de directe effecten van ploegen kunnen niet worden uitgesloten.

2. *Met welke snelheid vindt erosie en/of nivellering plaats, en wat is de invloed daarvan op de archeologische resten?*

De erosie is aanzienlijk; in de afgelopen 50 jaar is enkele decimeters aan grond verdwenen van de site, met name rond de hellingknik. De oudere datering van het colluvium en de aanwezigheid van een grote concentratie sporen op het steilste deel van de helling (gravend onderzoek 2005; eind van put 2 ligt ter hoogte van boring 3)³⁰ zijn aanwijzingen dat deze erosie komt na een langere periode van landschappelijke stabiliteit.

3. *Wat is de dikte en ouderdom van de verschillende op het terrein voorkomende colluviumlagen?*

De dikte van het colluvium in het noordelijk deel van het onderzoeksgebied varieert tussen 0,1 en 1 m. In het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied zijn enkele uitschieters waarbij de dikte 1 m overschrijdt. De maximaal waargenomen dikte bedraagt 2 m in het zuidoostelijk deel van het plangebied (raai F). Op basis van de OSL dateringen kan het colluvium in het noordelijk deel van het onderzoeksgebied gedateerd worden in de Romeinse tijd en de middeleeuwen. Het colluvium in het zuid(westelijk) deel van het onderzoeksgebied kan gedateerd worden in de middeleeuwen.

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

De vergelijking van de maaiveldhoogtes uit verschillende jaren en de variaties daarin (met name AHN1-AHN2) duiden op erosie, maar deze resultaten op zich zijn niet overtuigend. De combinatie van ¹³⁷Cs en ²³⁹⁺²⁴⁰Pu enerzijds en OSL anderzijds geven wel overtuigende uitkomsten.

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

De ¹³⁷Cs metingen aan het oppervlak gaven geen duidelijk beeld, waarschijnlijk omdat de gehalten te laag waren. De belangrijkste informatie komt feitelijk alleen van de analyses aan de boorkernen, en dat zijn er te weinig om een goed ruimtelijk beeld te kunnen geven van de erosiesnelheden.

6. *Wat is de effectiviteit van de gebruikte methoden en technieken? Welke aanbevelingen kunnen gedaan worden ten aanzien van toekomstig degradatieonderzoek waar het gaat om erosie en nivellering?*

Veel van de hier geteste methoden bleken niet geschikt om de erosiesnelheden te meten. In de meeste gevallen waren ze te onnauwkeurig (bijvoorbeeld ¹³⁷Cs oppervlaktekartering), waren de effecten te onduidelijk (AHN/LIDAR verschillen) of waren er oncontroleerbare variaties in de gehalten van bepaalde tracers (Pb, Zn).

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

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

³⁰ Brounen & Rensink 2007.

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

8.2 Aanbevelingen

Ten aanzien van het monument zelf kunnen ook een aantal aanbevelingen worden gedaan. Uit het onderzoek blijkt dat er sprake is van stevige erosie op delen van het terrein. Omdat veel van de sporen direct onder de bouwvoor liggen, is de vindplaats zeer kwetsbaar. Eenmaal dieper ploegen dan de bouwvoor brengt schade en informatieverlies met zich mee.

Een gebruik van het monument als grasland verdient daarom de voorkeur.

Op langere termijn heeft de erosie tot gevolg dat (delen van) sporen die nu nog buiten het bereik van de ploeg liggen, langzamerhand binnen het bereik komen te liggen. Dit zal met name gelden rondom de hellingknik, waar de helling het steilst is.. Ook bij versterkte erosie als gevolg van bijvoorbeeld noodweer kan hier sprake van zijn. Als gevolg van het aansnijden van verse (delen van) sporen door de ploeg worden artefacten opgenomen in de bouwvoor. Met name het lage temperatuur-gebakken aardwerk is geen lang leven beschoren als het daarin is opgenomen, en zal door wisselende vochtgehaltenes en vries-dooi cycli snel uiteenvallen. Het is daarom aanbevelenswaardig om een omzetting van akkerland naar grasland na te streven en om het monument te monitoren op schade door erosie...

- Bazelmans, J., H. Berrens, M. de Boer, G. de Bruijn, V. Eichberger, K. Hendriks, R. Lauwerier, M. Manders, L. de Wit** 2012: *Uitvoeringsplan voorstellen beleidsreactie evaluatie archeologiewetgeving*, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort.
- Behm, H., A. Bräuning, F. Ende, K. Hartsch, W.-A. Schmidt, A. Schob, M. Strobel, F. Ueberfuhr, R. Vogt, J. Voss, & Th. Westphalen** 2011: *Archäologie und Landwirtschaft*, Osnabrück.
- Brounen, F.T.S. & E. Rensink**, 2007: *Kelmond-Beekerveld (gemeente Beek). Waardstellend onderzoek van een omgrachte nederzetting uit het Vroeg-Neolithicum A (Lineaire Bandkeramiek)*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 153).
- Dreibrodt, S., H. Jarecki, C. Lubos, S.V. Khamnueva, M. Klamm, H.-R. Bork** 2013: Holocene soil formation and soil erosion at a slope beneath the Neolithic earthwork Salzmünde (Saxony-Anhalt, Germany) *Catena* 107: 1–14
- Egmond, F. van**, 2014: *Cesium metingen aan monsters en veld, Rapport 2014-P-495*, Medusa Explorations BV, Groningen.
- Heeres, G.**, 2014: *Sediment erosion at archaeological sites in Limburg, The Netherlands*, Master thesis Wageningen Universiteit.
- Huisman, D.J., F.H.J. Vermeulen J. Baker, A. Veldkamp, S.B., Kroonenberg, G. Th. Klaver** 1997: A geological interpretation of heavy metal concentrations in soils and sediments in the southern Netherlands, *Journal of Geochemical Exploration* 59, 163–174.
- Huisman, D.J. (ed.)**, 2009: *Degradation of Archaeological Remains*, Den Haag.
- Huisman, D.J., T. de Groot, J.W. de Kort (red.)** 2017: *Meerssen – Onderste Herkenberg; erosieonderzoek in het kader van TOP-sites*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 239).
- Huisman, D.J., M. van der Heiden, & W. Derickx** 2016: *Erosie onderzoek op Schouwen*, Amersfoort (Beknopte Rapportage Archeologische Monumentenzorg 25).
- Huisman, D.J., M. van der Heiden (red.)** 2017: *Erosieonderzoek op de Grote Houw Oost in het kader van TOPsites*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 238).
- Rensink, E. & J.W. de Kort**, 2015: *Archeologisch booronderzoek in Kelmond-Beekerveld (gemeente Beek); Op zoek naar de dubbele gracht behorende tot een nederzetting uit het vroeg-neolithicum A (Lineaire Bandkeramiek)*, Amersfoort, (Beknopte Rapportage Archeologische Monumentenzorg 24).
- Roberts, R.G., Z. Jacobs, B. Li, N.R. Jankowski, A.C. Cunningham, A.B. Rosenfeld** 2015: Optical dating in archaeology: thirty years in retrospect and grand challenges for the future, *Journal of Archaeological Science* 56, 41–60.
- Theunissen, L., I. Roorda, B. van Os, W. Derickx, H. Huisman, J. Colenberg, G. Mauro** in voorbereiding: *Topsite Aartswoud, naar een betere bescherming*.
- Van der Zon, N.** 2013: *Kwaliteitsdocument AHN2, te vinden op ahn.nl (laatst bekeken 5-9-2016)*.
- Wilkinson, K., A. Tyler, D. Davidson, I. Grieve** 2006: Quantifying the threat to archaeological sites from the erosion of cultivated soil, *Antiquity* 80: 658 – 670.

Bijlage I OSL dateringen

Bijlage II Monsterlijst

Bijlage III (digitale versie rapport) Boorbeschrijvingen

Bijlage I: OSL dateringen

Beek-Kelmond, Put 1 Diepte 0,55 m Vondstnr. 51 OSL code NCL-9414122			
Age [ka]	error [ka]	error (-%)	
1,62	0,23	-14	
0,65	0,02	-3	
0,41	0,03	-8	
0,54	0,05	-9	
0,78	0,03	-3	
1,12	0,09	-8	
0,58	0,08	-14	
0,58	0,05	-9	
2,28	0,22	-10	
0,58	0,03	-6	
0,88	0,14	-16	
0,30	0,02	-8	
0,27	0,04	-14	
1,62	0,08	-5	
0,49	0,07	-15	
0,54	0,05	-9	
0,62	0,03	-5	
0,66	0,05	-8	
0,49	0,03	-6	
0,40	0,06	-15	
0,79	0,06	-7	
1,86	0,10	-6	
0,54	0,06	-12	
0,86	0,13	-15	
0,36	0,07	-19	
0,62	0,11	-18	
0,74	0,04	-5	
0,39	0,04	-11	
0,58	0,05	-8	
0,53	0,03	-6	
0,66	0,07	-10	

Beek-Kelmond, Put 1 Diepte 0,8 m Vondstnr. 52 OSL code NCL-9414123			
Age [ka]	error [ka]	error (-%)	
0,62	0,10	-16	
4,40	0,24	-5	
1,93	0,22	-11	
0,76	0,06	-8	
0,59	0,02	-4	
4,09	0,33	-8	
0,66	0,09	-13	
0,77	0,09	-12	
0,49	0,05	-10	
0,67	0,04	-6	
0,80	0,04	-5	
0,58	0,05	-9	
0,59	0,10	-17	
1,12	0,08	-7	
0,69	0,05	-8	
1,63	0,18	-11	
1,76	0,10	-6	
0,63	0,04	-6	
4,38	0,23	-5	
1,40	0,17	-12	
5,42	0,34	-6	
1,61	0,19	-12	
1,51	0,17	-11	
0,76	0,18	-24	
1,76	0,33	-19	
1,62	0,31	-19	
0,84	0,10	-11	
0,54	0,03	-6	
0,81	0,06	-7	
0,87	0,12	-14	
0,68	0,08	-12	
0,64	0,07	-11	

Beek-Kelmond, Put 1 Diepte 1,05 m Vondstnr. 53 OSL code NCL-9414124		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
11,87	0,96	-8
12,12	1,36	-11
15,17	4,17	-27
5,38	0,26	-5
8,14	1,15	-14
11,71	1,18	-10
40,01	15,00	-37
10,42	1,07	-10
4,27	0,15	-3
11,96	1,30	-11
16,51	1,02	-6
28,99	1,98	-7
16,17	1,50	-9
15,24	1,90	-12
10,94	0,83	-8
17,10	1,93	-11
13,75	1,19	-9
8,87	0,77	-9
11,38	0,90	-8
12,96	1,99	-15
11,87	1,55	-13
4,82	0,57	-12
1,27	0,16	-13
16,79	2,70	-16
1,12	0,07	-6
12,93	1,93	-15
2,28	0,25	-11
5,92	0,71	-12
15,36	3,06	-20
6,88	0,27	-4
7,95	0,43	-5
16,26	3,40	-21
16,34	3,12	-19
14,69	3,21	-22
7,75	0,81	-10
16,33	2,68	-16
4,74	0,26	-6
4,74	0,37	-8
12,86	1,66	-13
12,96	1,81	-14
9,55	1,27	-13
20,78	2,79	-13
56,55	9,19	-16
3,38	0,29	-9

Beek-Kelmond, Put 1 Diepte 1,3 m Vondstnr. 54 OSL code NCL-9414125		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
12,02	1,17	-10
22,18	1,88	-8
17,36	0,82	-5
22,64	3,74	-17
12,54	2,19	-17
12,53	2,35	-19
16,59	1,43	-9
14,66	1,94	-13
13,17	1,08	-8
17,86	1,53	-9
14,05	2,66	-19
15,89	2,68	-17
13,13	0,75	-6
17,47	2,54	-15
20,41	2,44	-12
10,80	1,36	-13
18,63	4,36	-23
12,38	1,38	-11
7,47	2,07	-28
12,22	1,98	-16
14,94	2,98	-20
9,83	1,61	-16
13,53	1,41	-10
12,44	2,32	-19
12,81	1,45	-11
16,37	1,01	-6

Beek-Kelmond, Put 1 Diepte 1,55 m Vondstnr. 55 OSL code NCL-9414126		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
18,85	1,40	-7
12,72	1,38	-11
18,48	2,28	-12
18,26	1,09	-6
14,97	1,32	-9
30,97	1,89	-6
16,40	0,78	-5
18,27	1,25	-7
22,18	2,24	-10
17,88	1,30	-7
24,29	2,23	-9
15,21	1,82	-12
21,60	1,76	-8
19,20	2,79	-15
20,05	1,46	-7
26,41	10,66	-40
21,04	1,07	-5
14,58	1,51	-10
15,35	1,52	-10
19,88	2,12	-11
20,69	1,82	-9

Beek-Kelmond, Put 3 Diepte 0,45 m Vondstnr. 68 OSL code NCL-9414127		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
12,11	1,37	-11
12,95	0,84	-6
18,07	1,73	-10
12,47	2,08	-17
13,18	1,07	-8
9,67	0,33	-3
13,14	1,12	-9
7,44	0,29	-4
15,34	1,39	-9
12,81	0,60	-5
11,79	1,16	-10
8,82	0,48	-5
16,13	1,18	-7
31,57	3,77	-12
10,79	0,47	-4
17,96	1,10	-6
14,59	1,47	-10
16,97	1,10	-6
12,68	0,64	-5
16,78	1,51	-9
14,89	1,07	-7
16,59	0,91	-6
12,74	0,77	-6
22,76	6,61	-29
12,71	1,63	-13
17,57	7,49	-43
23,68	5,93	-25
13,46	3,36	-25
16,80	2,14	-13
16,74	2,10	-13
17,67	1,01	-6
13,61	1,00	-7
13,98	1,26	-9
12,33	1,30	-11
15,55	1,09	-7
13,56	1,03	-8
12,88	1,61	-12
4,52	0,35	-8
14,11	0,81	-6
16,33	2,12	-13
15,60	1,19	-8
16,96	1,77	-10
16,32	2,19	-13

Beek-Kelmond, Put 4 Diepte 0,45 m Vondstnr. 73 OSL code NCL-9414128		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
1,30	0,07	-5
2,14	0,09	-4
2,31	0,09	-4
1,93	0,06	-3
2,55	0,17	-7
1,82	0,08	-4
2,28	0,12	-5
1,19	0,07	-5
1,29	0,07	-5
1,24	0,05	-4
1,55	0,10	-7
0,93	0,03	-3
1,50	0,09	-6
1,24	0,05	-4
2,15	0,10	-5
1,49	0,06	-4
2,05	0,07	-3
0,81	0,04	-4
1,36	0,05	-3
1,93	0,09	-5
1,47	0,06	-4
1,23	0,05	-4
2,14	0,09	-4
2,53	0,30	-12
2,24	0,14	-6
0,30	0,02	-5
1,03	0,05	-5
2,12	0,15	-7
1,61	0,13	-8
0,81	0,10	-12
2,08	0,20	-10
1,32	0,18	-13
2,05	0,17	-8
6,51	0,17	-3
2,10	0,15	-7
1,78	0,23	-13
1,72	0,22	-13
1,05	0,18	-17
1,82	0,31	-17
0,39	0,05	-12

Beek-Kelmond, Put 4 Diepte 0,7 m Vondstnr. 74 OSL code NCL-9414129		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
3,86	0,20	-5
5,55	0,17	-3
3,19	0,16	-5
4,17	0,24	-6
3,91	0,29	-7
3,69	0,17	-5
3,65	0,19	-5
3,73	0,39	-11
3,32	0,12	-4
3,69	0,17	-5
4,42	0,32	-7
5,33	0,24	-5
4,07	0,21	-5
4,42	0,19	-4
6,42	0,43	-7
3,26	0,18	-5
4,41	0,20	-4
3,38	0,16	-5
4,80	0,24	-5
4,62	0,24	-5
5,84	0,34	-6
4,86	0,26	-5
3,94	0,16	-4
3,84	0,17	-5

Beek-Kelmond, Put 4 Diepte 0,9 m Vondstnr. 75 OSL code NCL-9414130		
Age [ka]	error [ka]	error (-%)
16,71	1,89	-11
10,25	0,84	-8
8,79	2,02	-23
6,09	0,41	-7
10,29	0,60	-6
9,03	0,47	-5
10,02	1,04	-10
10,23	1,31	-13
9,50	0,49	-5
7,95	0,48	-6
10,74	0,52	-5
7,83	0,77	-10
7,21	0,48	-7
3,17	0,13	-4
7,31	0,23	-3
8,27	0,58	-7
5,74	0,34	-6
8,61	0,58	-7
8,14	0,39	-5
6,25	0,30	-5
8,59	0,93	-11
12,55	0,87	-7
4,30	0,57	-13
9,56	0,34	-4
5,23	0,14	-3
6,16	0,48	-8
7,91	0,26	-3
5,56	0,43	-8
9,07	1,26	-14
10,82	0,79	-7
8,64	1,41	-16
6,49	0,66	-10
9,30	0,81	-9
9,38	0,57	-6
6,42	1,18	-18
8,55	1,02	-12
10,27	1,75	-17
7,86	1,62	-21
6,73	0,41	-6
6,33	0,67	-11

Bijlage II: Monsterlijst

Vondstnummer	Boornummer	Bovengrens m -mv	Bovengrens m NAP	Ondergrens m -mv	Ondergrens m NAP	Monstertype
84	1	0,15	106,58			XRF-monster
85	1	0,4	106,33			XRF-monster
86	1	0,65	106,08			XRF-monster
87	1	0,9	105,83			XRF-monster
88	1	1,15	105,58			XRF-monster
89	1	1,4	105,33			XRF-monster
90	1	1,65	105,08			XRF-monster
91	1	1,9	104,83			XRF-monster
92	1	2,15	104,58			XRF-monster
93	3	0,15	111,54			XRF-monster
94	3	0,4	111,29			XRF-monster
95	3	0,65	111,04			XRF-monster
96	3	0,9	110,79			XRF-monster
97	4	0,15	111,21			XRF-monster
98	4	0,4	110,96			XRF-monster
99	4	0,65	110,71			XRF-monster
100	4	0,9	110,46			XRF-monster

Bijlage III: (digitale versie rapport) Boorbeschrijvingen

boring: BEKE13-1

datum: 3-7-2013, X: 184.208,55, Y: 326.447,05, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,40, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



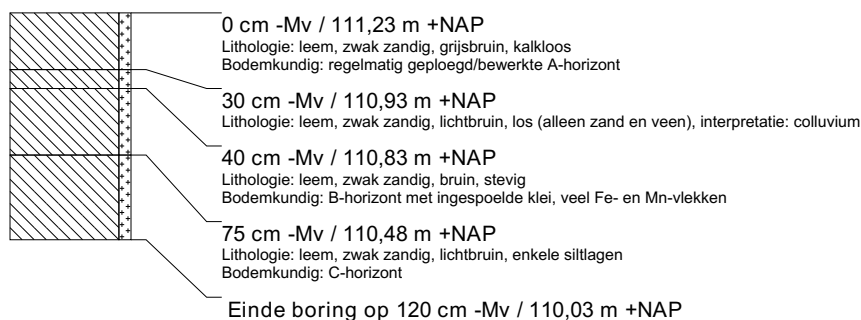
boring: BEKE13-2

datum: 3-7-2013, X: 184.192,09, Y: 326.442,26, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,33, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



boring: BEKE13-3

beschrijver: JWK, datum: 3-7-2013, X: 184.184,87, Y: 326.440,03, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,23, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

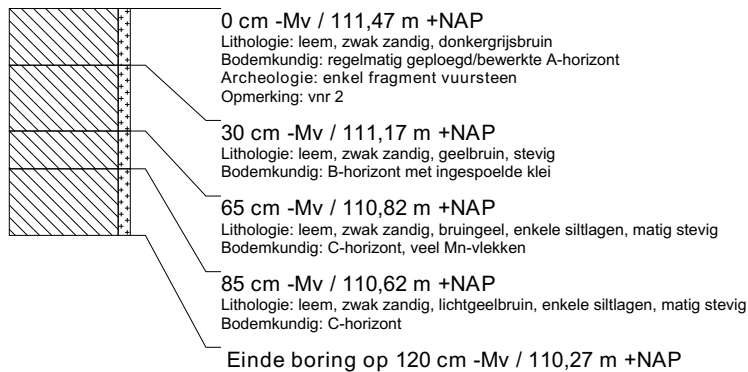


boring: BEKE13-4

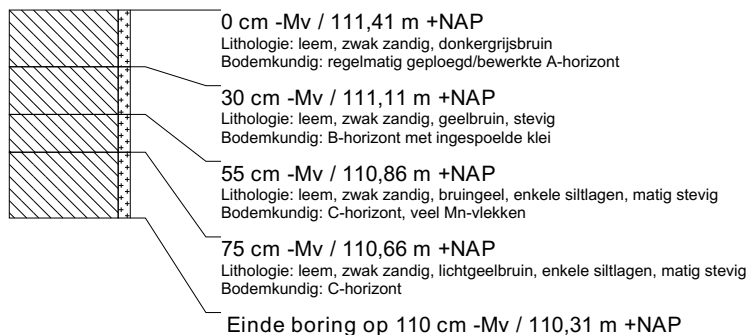
beschrijver: JWK, datum: 3-7-2013, X: 184.161,12, Y: 326.432,43, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,35, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

**boring: BEKE13-5**

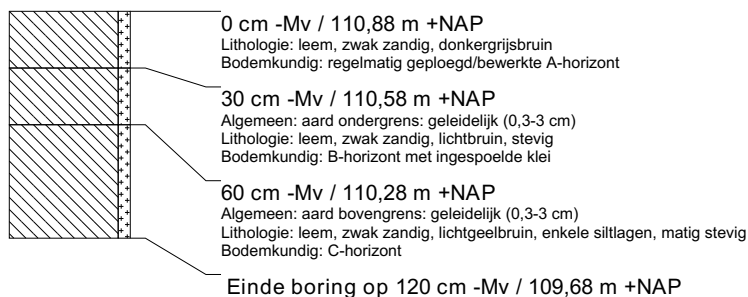
beschrijver: JWK, datum: 3-7-2013, X: 184.137,22, Y: 326.425,05, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,47, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

**boring: BEKE13-6**

beschrijver: JWK, datum: 3-7-2013, X: 184.113,33, Y: 326.417,67, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,41, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

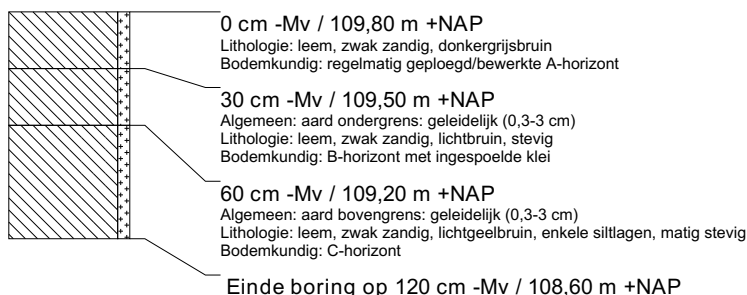
**boring: BEKE13-7**

beschrijver: JWK, datum: 3-7-2013, X: 184.089,50, Y: 326.410,16, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 110,88, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



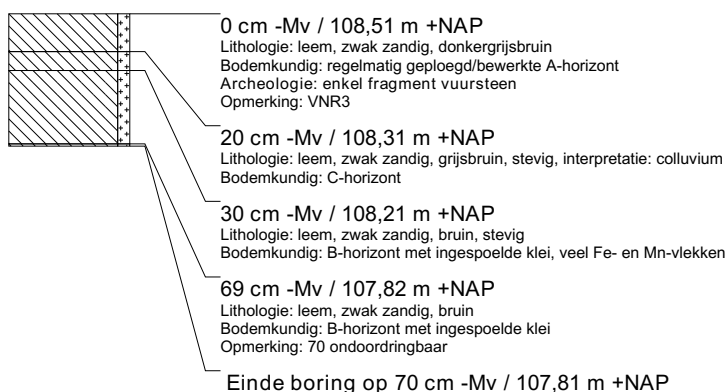
boring: BEKE13-8

beschrijver: JWK, datum: 3-7-2013, X: 184.065,75, Y: 326.402,68, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 109,80, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



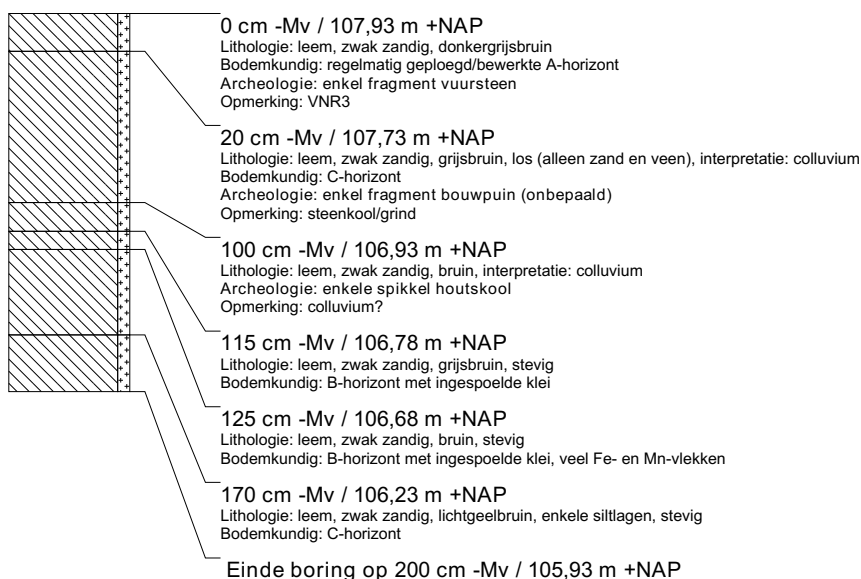
boring: BEKE13-9

beschrijver: JWK, datum: 3-7-2013, X: 184.042,15, Y: 326.395,24, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 108,51, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4, opmerking: 70 ondoordringbaar



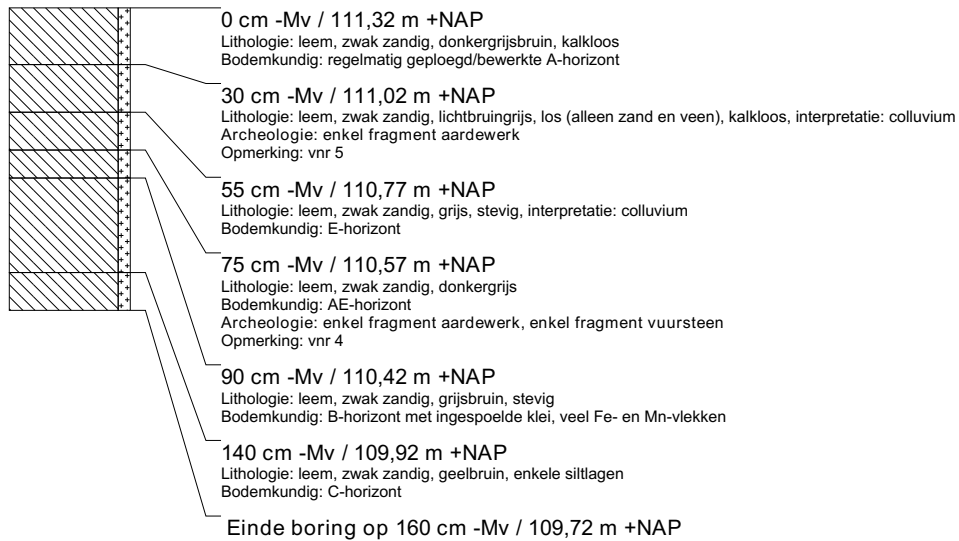
boring: BEKE13-10

beschrijver: JWK, datum: 3-7-2013, X: 184.018,75, Y: 326.387,81, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 107,93, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

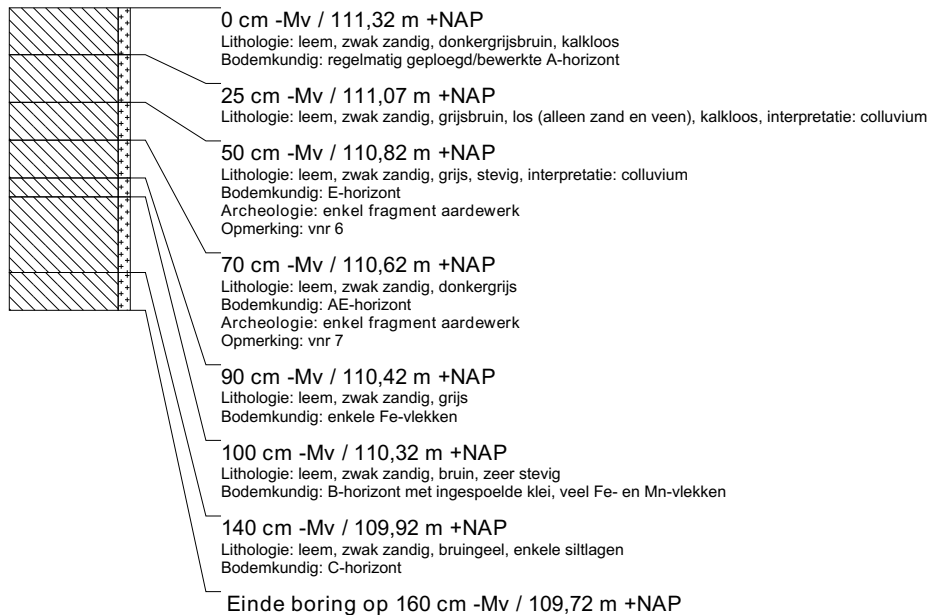


boring: BEKE13-11

datum: 3-7-2013, X: 184.201,49, Y: 326.435,59, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,32, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

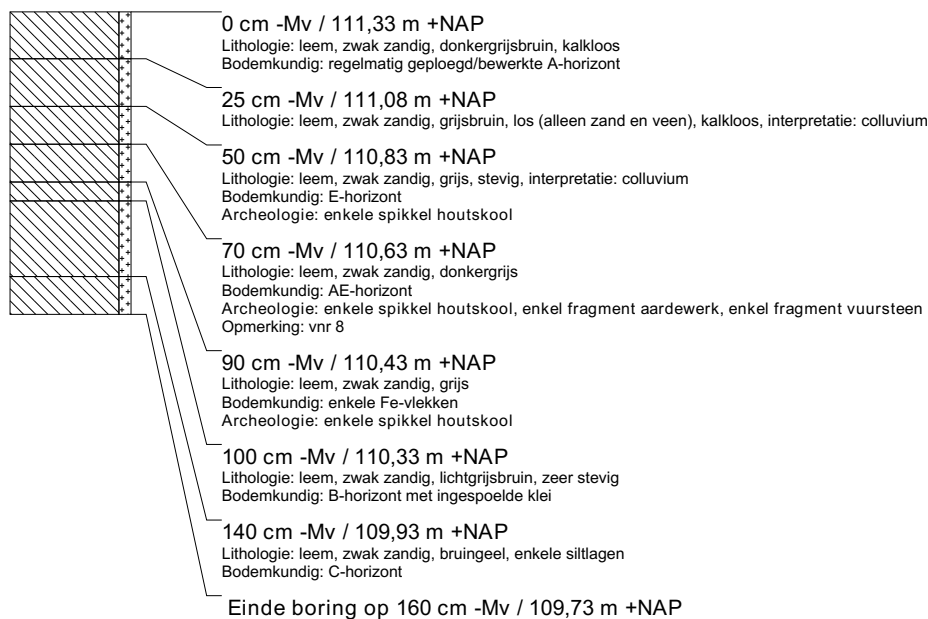
**boring: BEKE13-12**

datum: 3-7-2013, X: 184.202,74, Y: 326.436,45, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,32, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



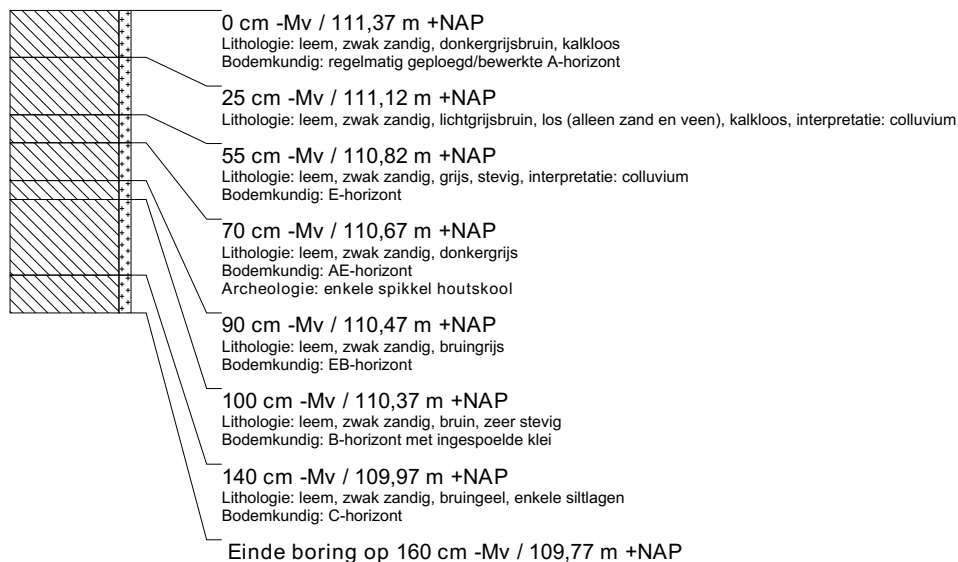
boring: BEKE13-13

datum: 3-7-2013, X: 184.204,00, Y: 326.437,21, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,33, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



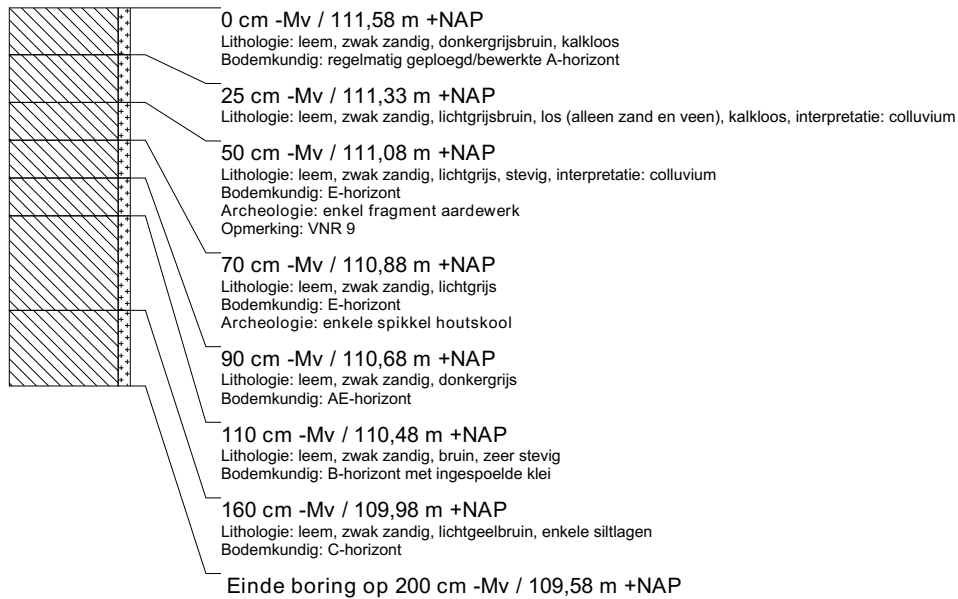
boring: BEKE13-14

datum: 3-7-2013, X: 184.204,64, Y: 326.437,58, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,37, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



boring: BEKE13-15

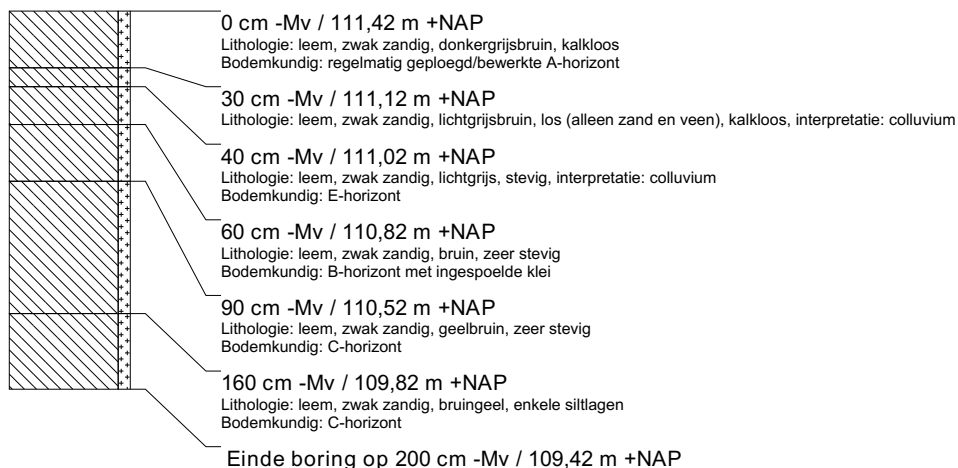
datum: 3-7-2013, X: 184.205,54, Y: 326.438,35, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,58, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

**boring: BEKE13-16**

datum: 3-7-2013, X: 184.206,57, Y: 326.438,76, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,40, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

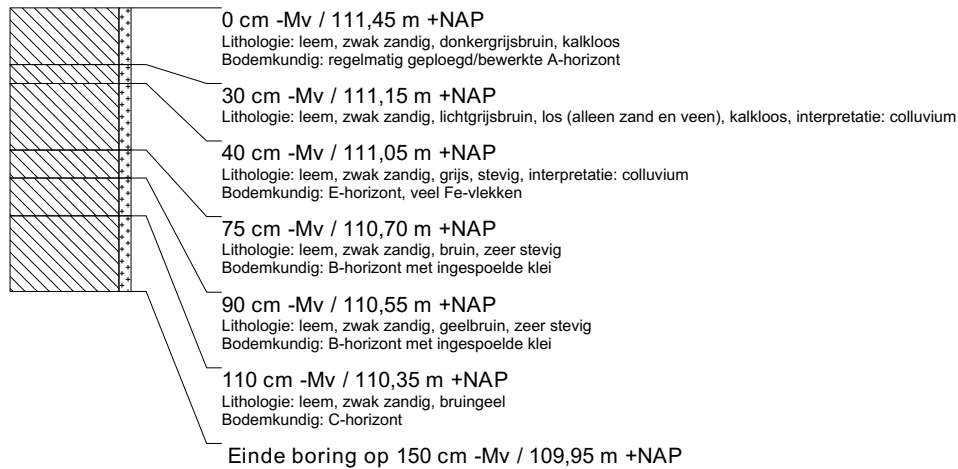
**boring: BEKE13-17**

datum: 3-7-2013, X: 184.207,86, Y: 326.439,58, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,42, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE



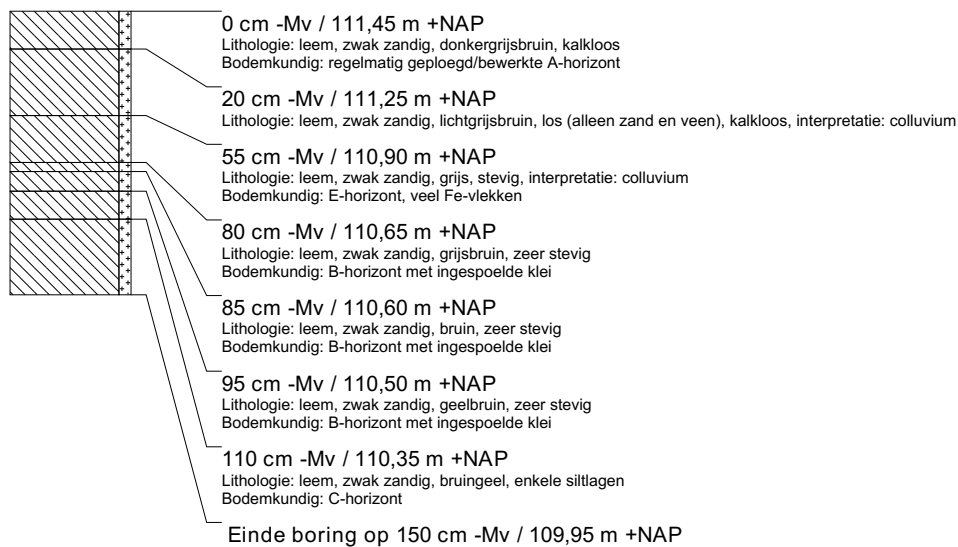
boring: BEKE13-18

datum: 3-7-2013, X: 184.209,11, Y: 326.440,35, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,45, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE



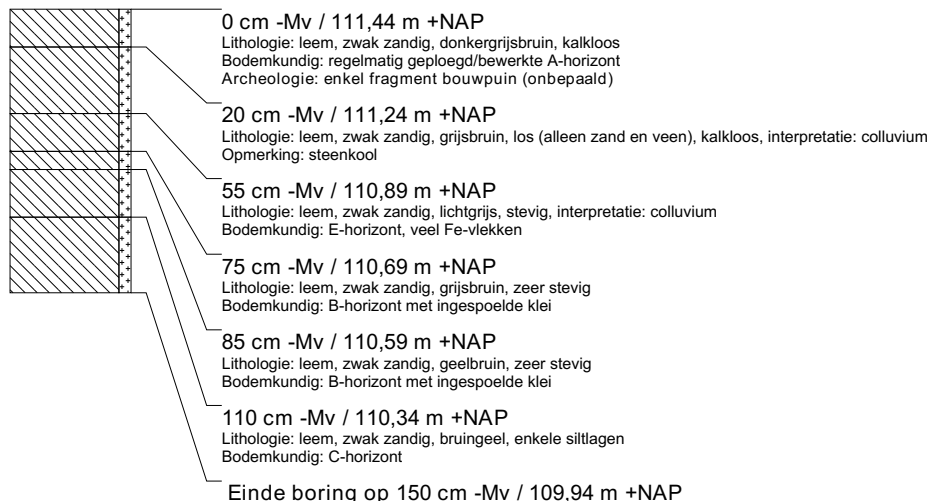
boring: BEKE13-19

datum: 3-7-2013, X: 184.210,49, Y: 326.441,31, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,45, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE



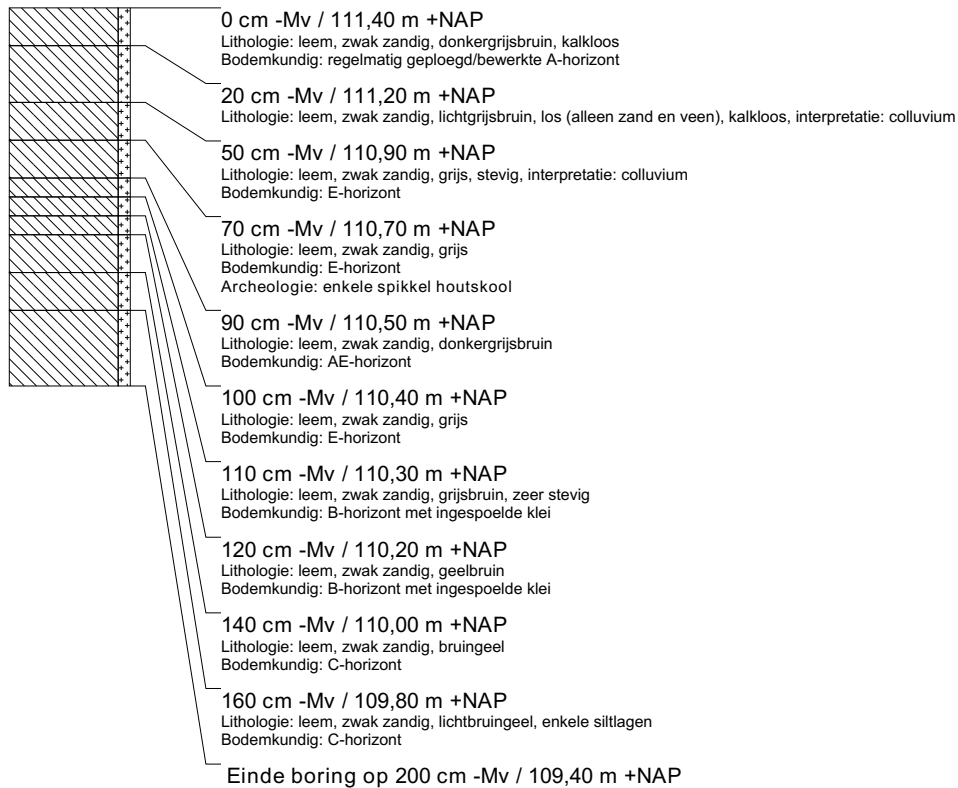
boring: BEKE13-20

datum: 3-7-2013, X: 184.212,56, Y: 326.442,09, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,44, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE, opmerking: naast pad

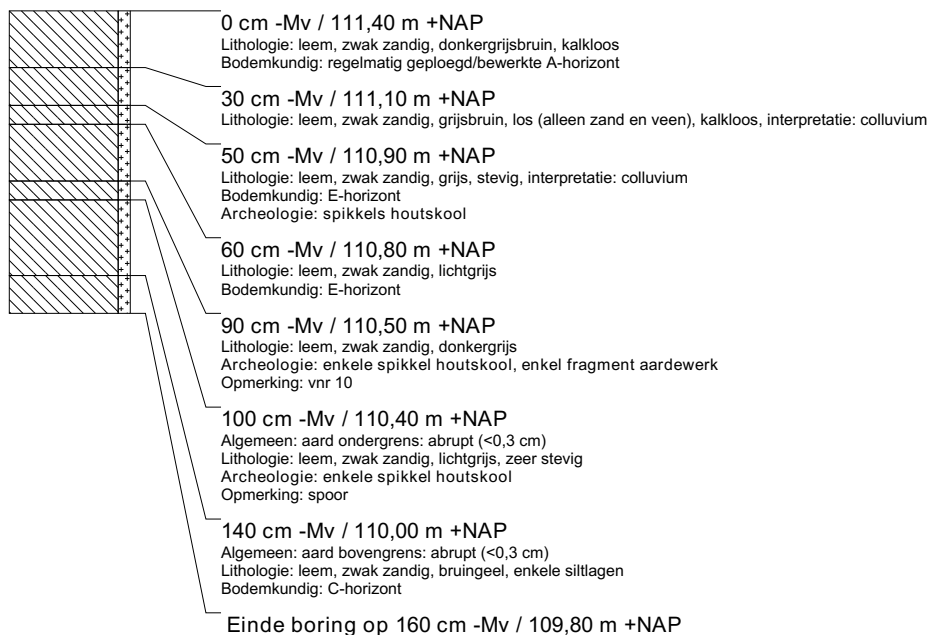


boring: BEKE13-21

datum: 3-7-2013, X: 184.205,14, Y: 326.438,02, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,40, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

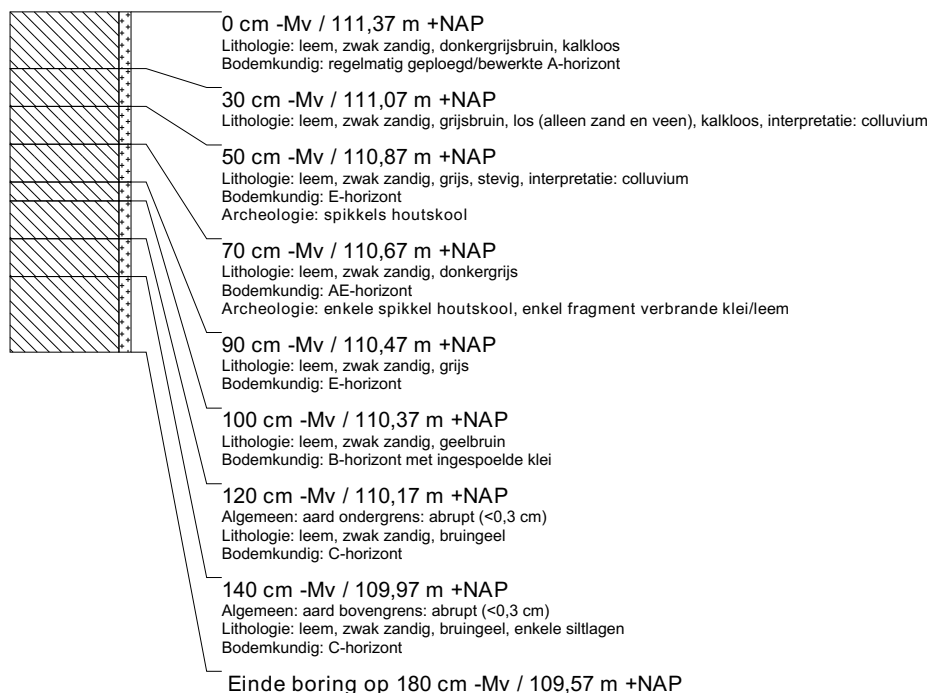
**boring: BEKE13-22**

datum: 3-7-2013, X: 184.204,05, Y: 326.437,34, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,40, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



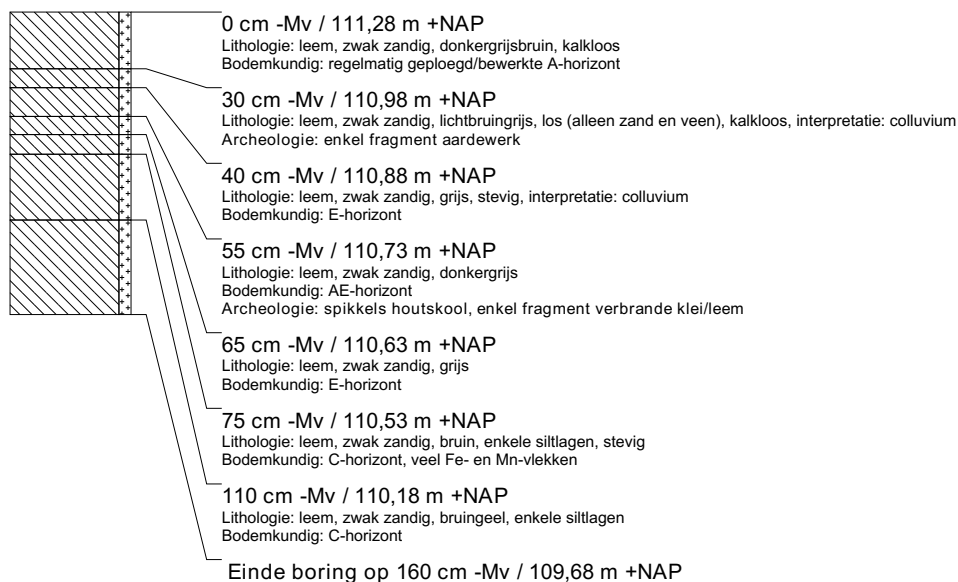
boring: BEKE13-23

datum: 3-7-2013, X: 184.203,45, Y: 326.436,85, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,37, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



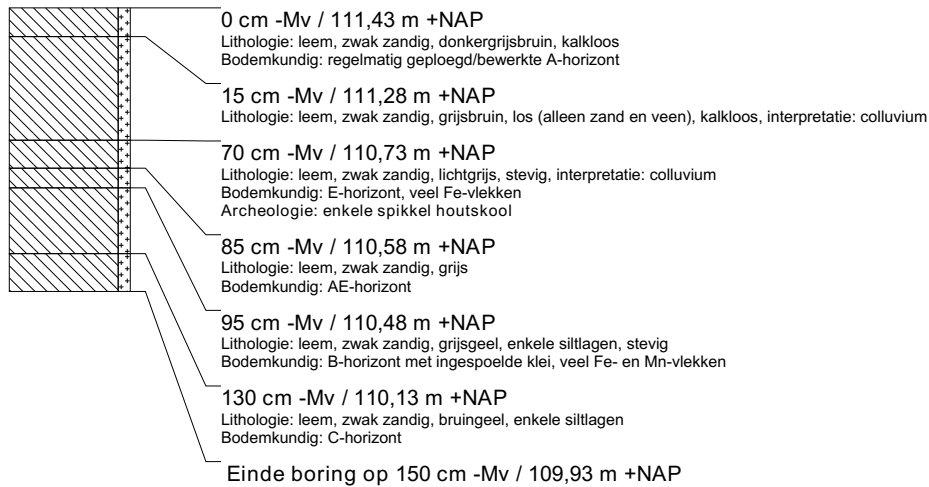
boring: BEKE13-24

datum: 3-7-2013, X: 184.197,91, Y: 326.432,96, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,28, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



boring: BEKE13-25

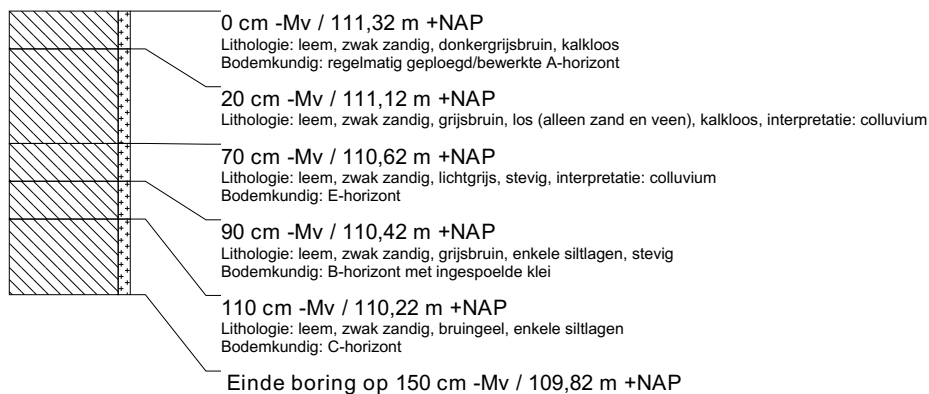
datum: 3-7-2013, X: 184.189,46, Y: 326.473,89, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,43, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

**boring: BEKE13-26**

datum: 3-7-2013, X: 184.184,78, Y: 326.472,51, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,38, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

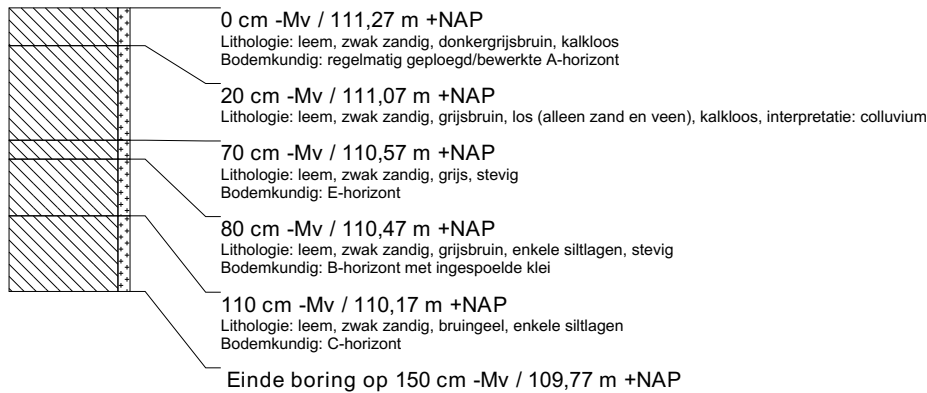
**boring: BEKE13-27**

datum: 3-7-2013, X: 184.181,91, Y: 326.471,59, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,32, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



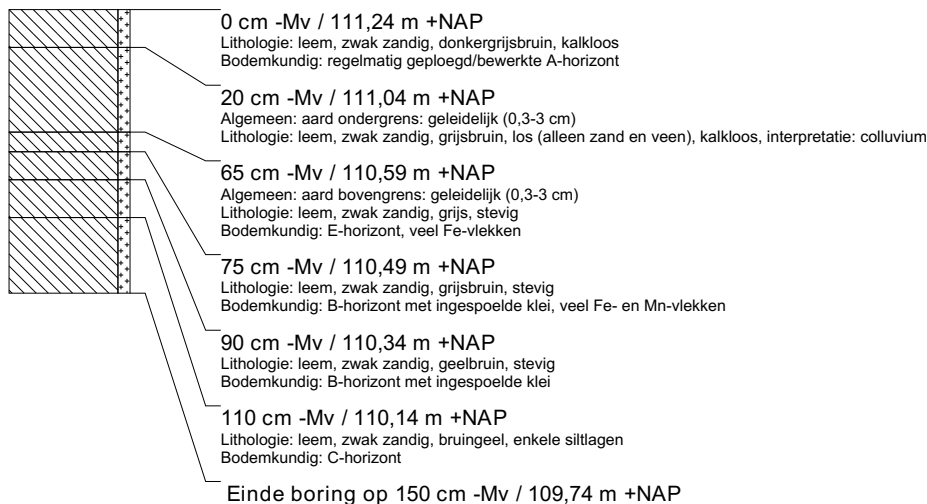
boring: BEKE13-28

datum: 3-7-2013, X: 184.180,39, Y: 326.471,12, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,27, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



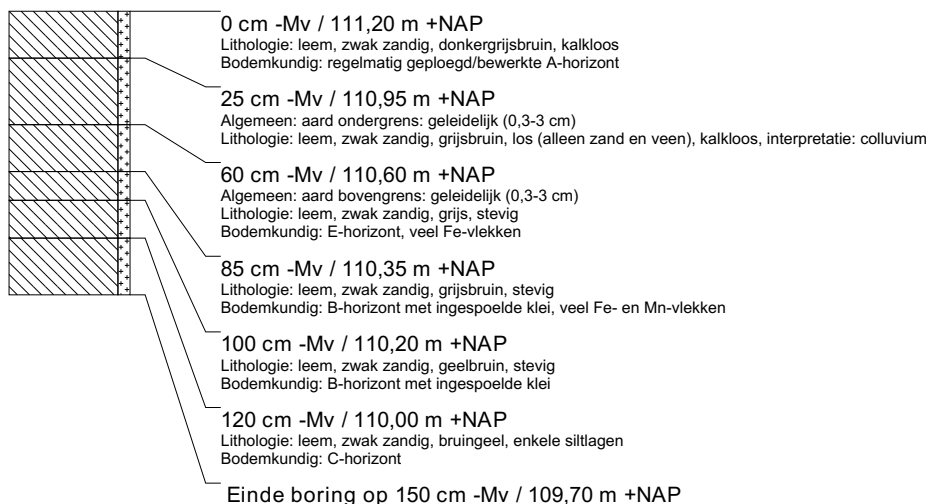
boring: BEKE13-29

datum: 3-7-2013, X: 184.179,43, Y: 326.470,77, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,24, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



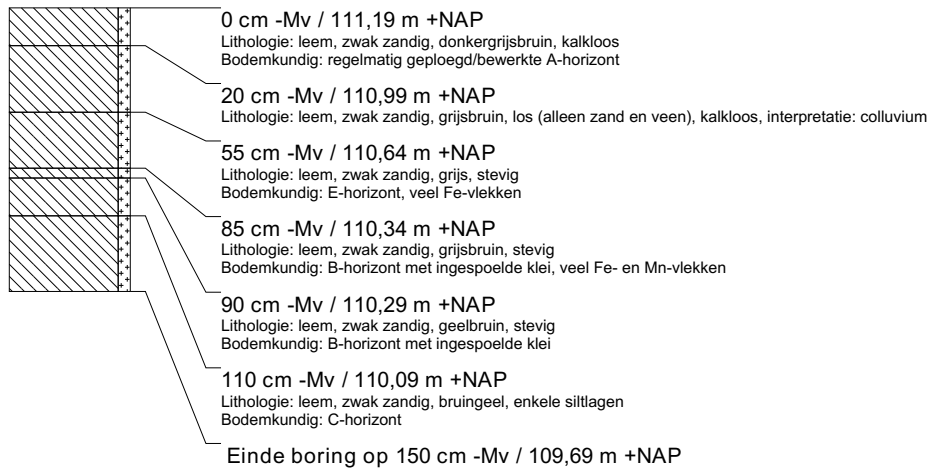
boring: BEKE13-30

datum: 3-7-2013, X: 184.178,57, Y: 326.470,50, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,20, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4, opmerking: thv punt 2

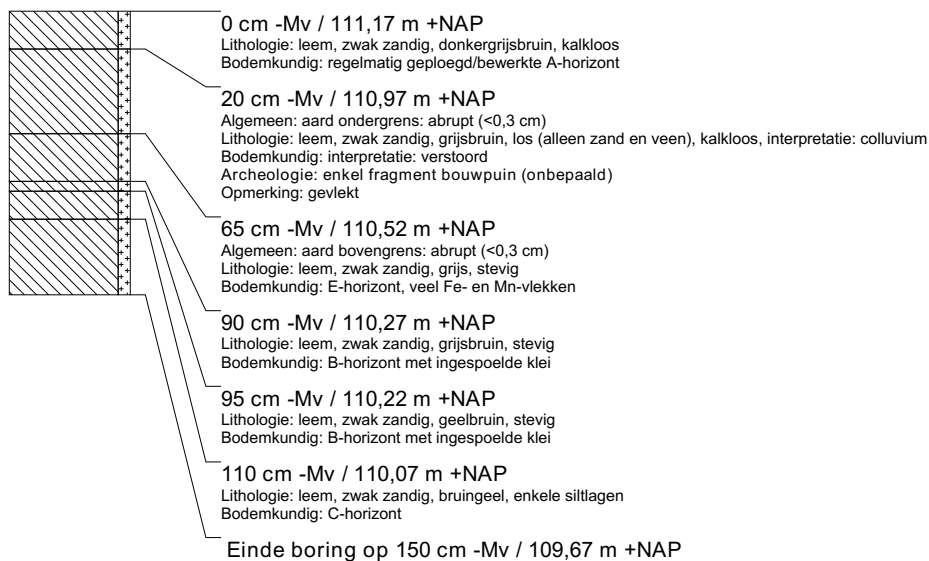


boring: BEKE13-31

datum: 3-7-2013, X: 184.177,62, Y: 326.470,29, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,19, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

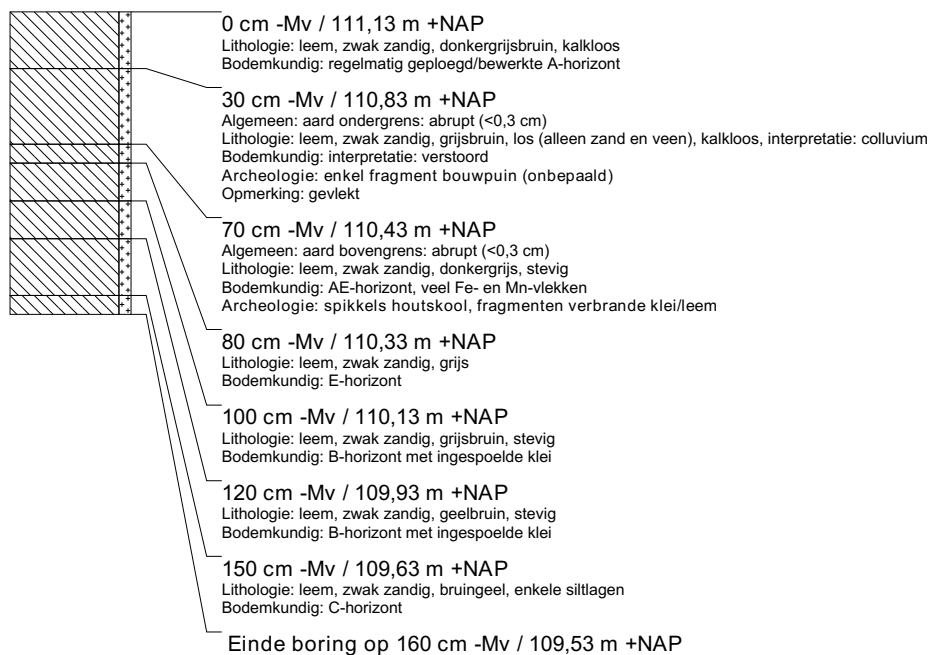
**boring: BEKE13-32**

datum: 3-7-2013, X: 184.176,71, Y: 326.469,83, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,17, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



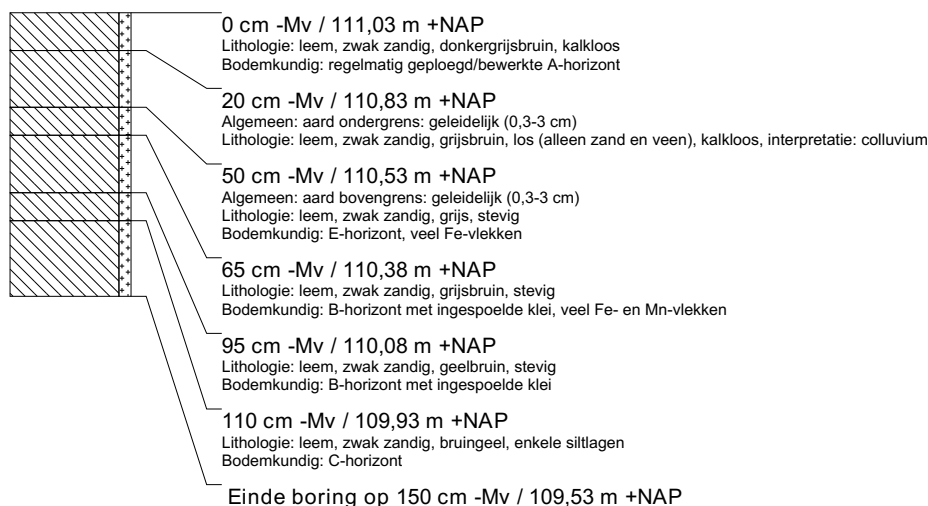
boring: BEKE13-33

datum: 3-7-2013, X: 184.172,80, Y: 326.468,69, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,13, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



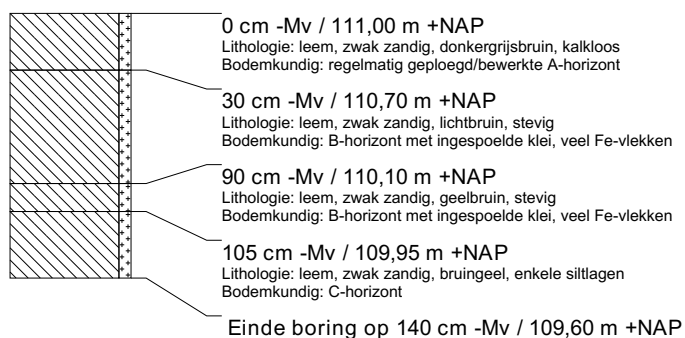
boring: BEKE13-34

datum: 3-7-2013, X: 184.168,06, Y: 326.467,22, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,03, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



boring: BEKE13-35

datum: 3-7-2013, X: 184.158,53, Y: 326.464,24, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,00, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



boring: BEKE13-36

datum: 3-7-2013, X: 184.149,10, Y: 326.461,35, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,04, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

**boring: BEKE13-37**

datum: 3-7-2013, X: 184.163,23, Y: 326.465,78, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 110,96, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

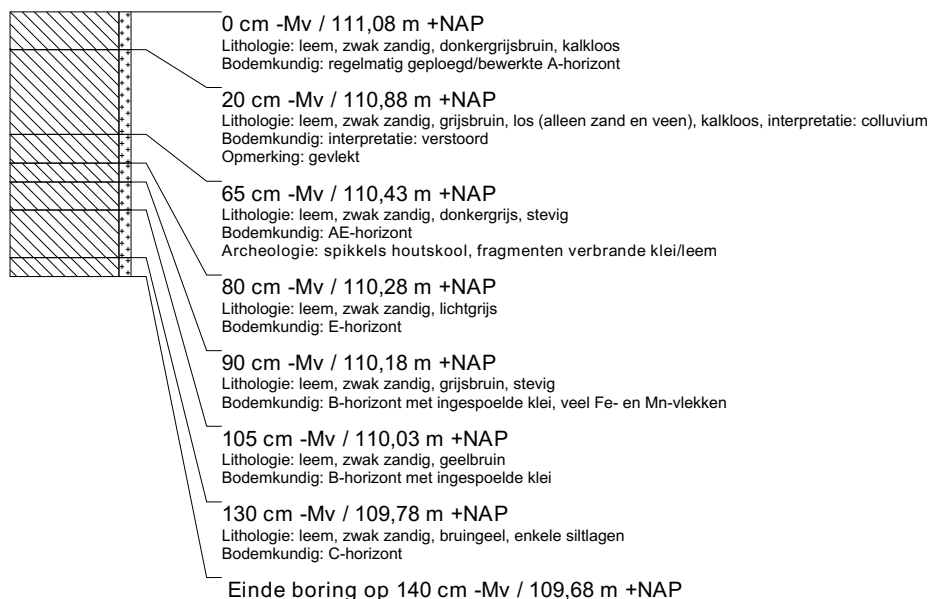
**boring: BEKE13-38**

datum: 3-7-2013, X: 184.170,42, Y: 326.467,95, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,03, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



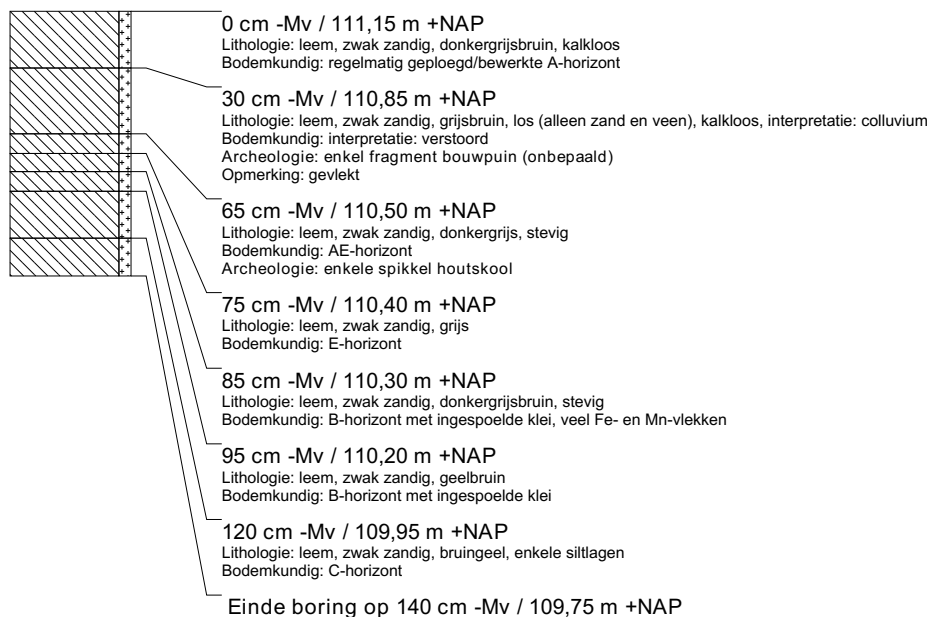
boring: BEKE13-39

datum: 3-7-2013, X: 184.171,81, Y: 326.468,46, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,08, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



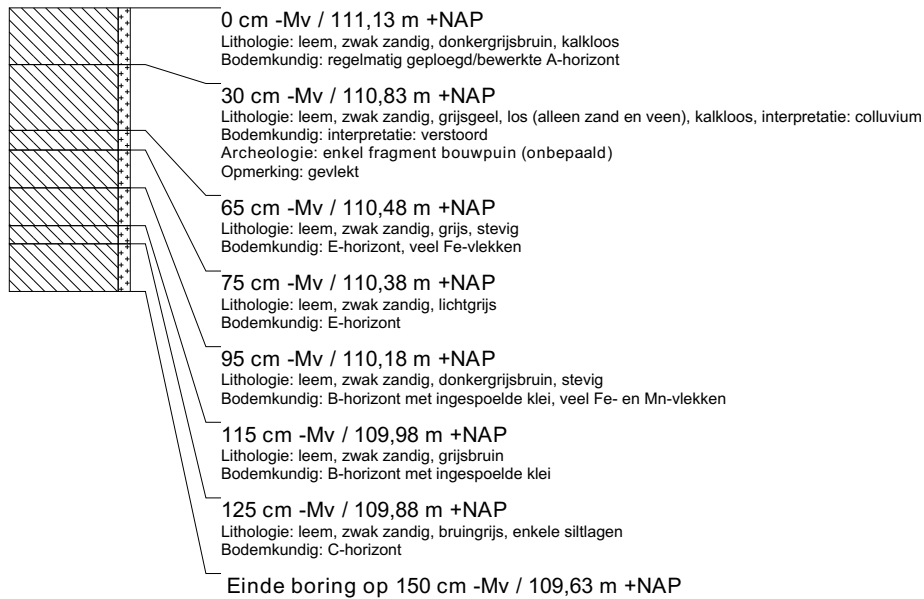
boring: BEKE13-40

datum: 3-7-2013, X: 184.173,74, Y: 326.469,05, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,15, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

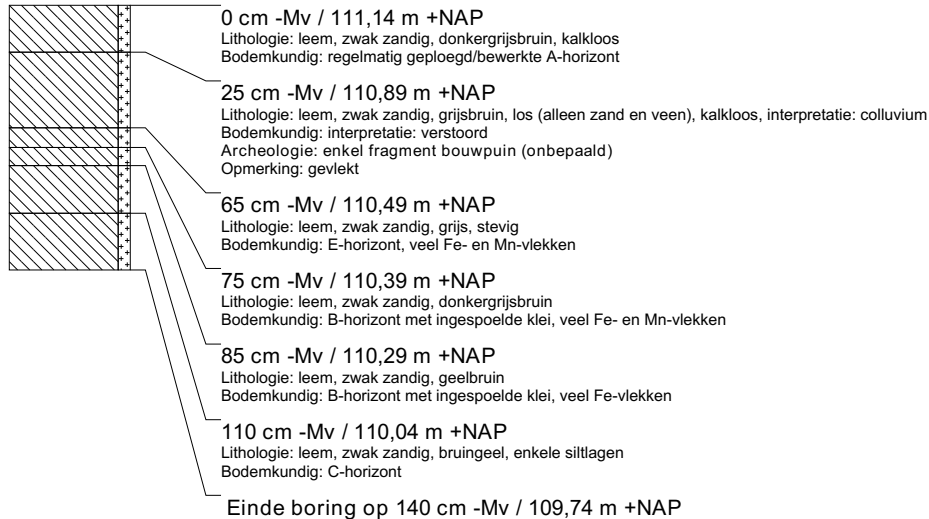


boring: BEKE13-41

datum: 3-7-2013, X: 184.174,72, Y: 326.469,28, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,13, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

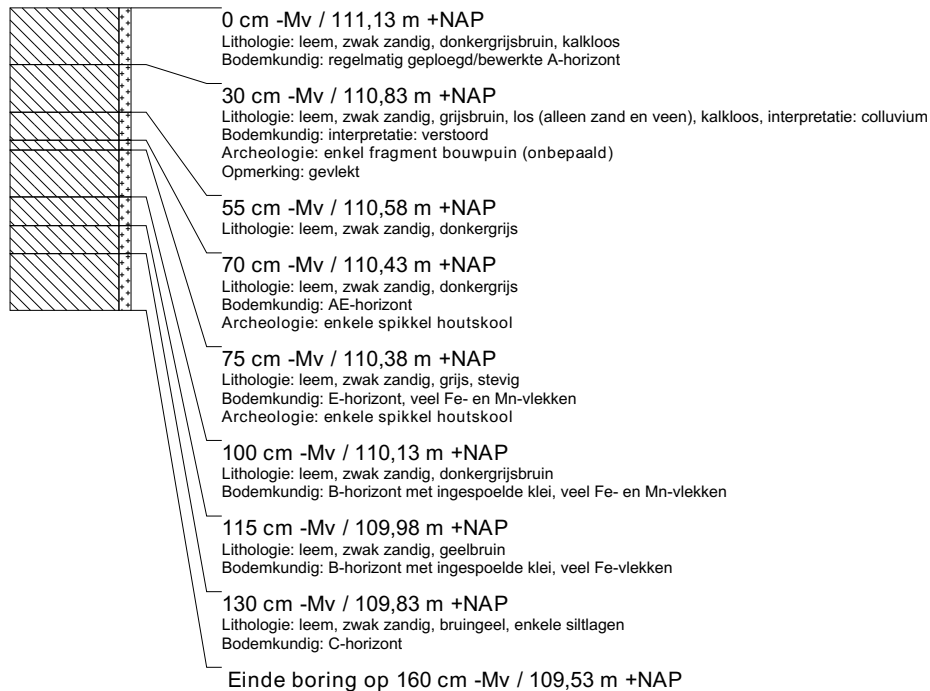
**boring: BEKE13-42**

datum: 3-7-2013, X: 184.175,67, Y: 326.469,57, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,14, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



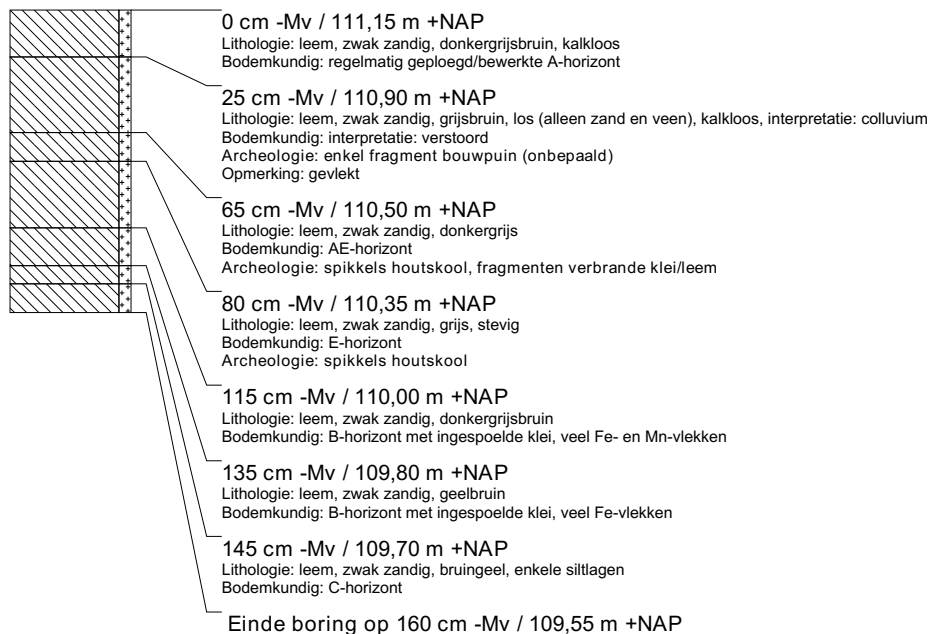
boring: BEKE13-43

datum: 3-7-2013, X: 184.173,28, Y: 326.468,85, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,13, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



boring: BEKE13-44

datum: 3-7-2013, X: 184.172,36, Y: 326.468,56, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,15, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

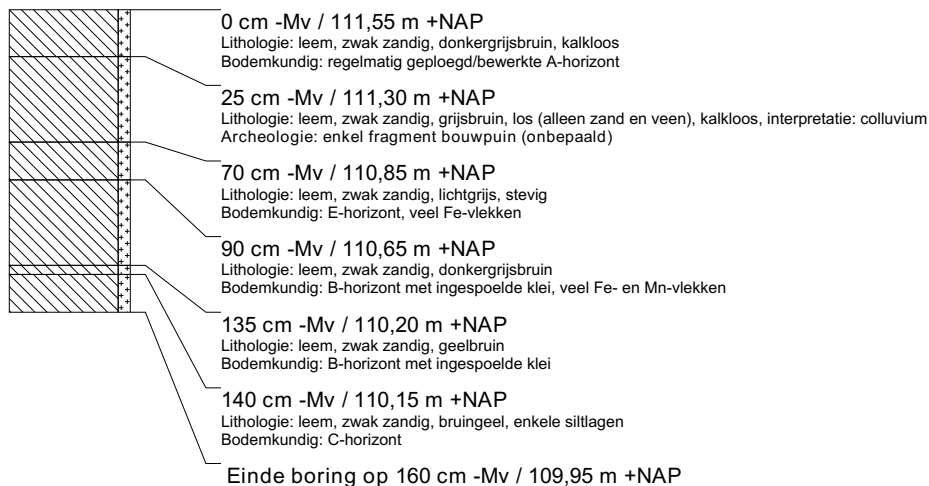


boring: BEKE13-45

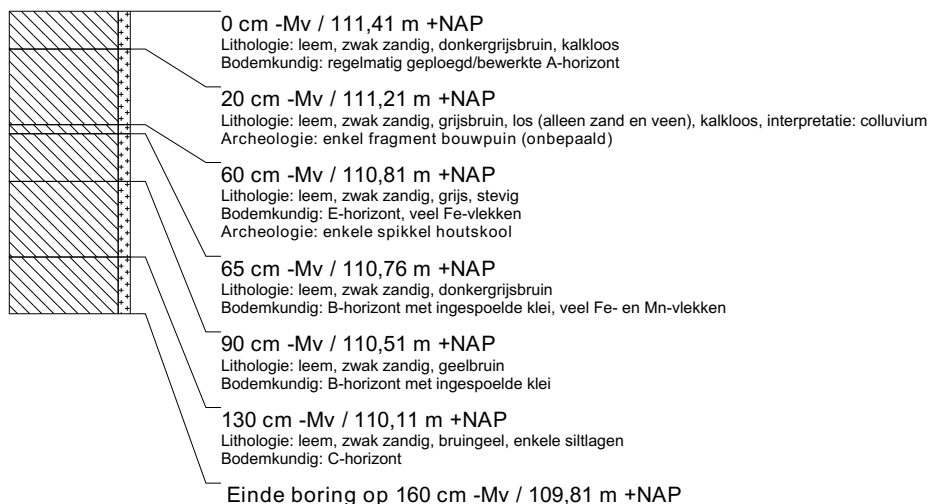
datum: 3-7-2013, X: 184.199,18, Y: 326.477,01, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,58, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

**boring: BEKE13-46**

datum: 3-7-2013, X: 184.194,44, Y: 326.475,42, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,55, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

**boring: BEKE13-47**

datum: 3-7-2013, X: 184.216,89, Y: 326.444,54, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,41, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



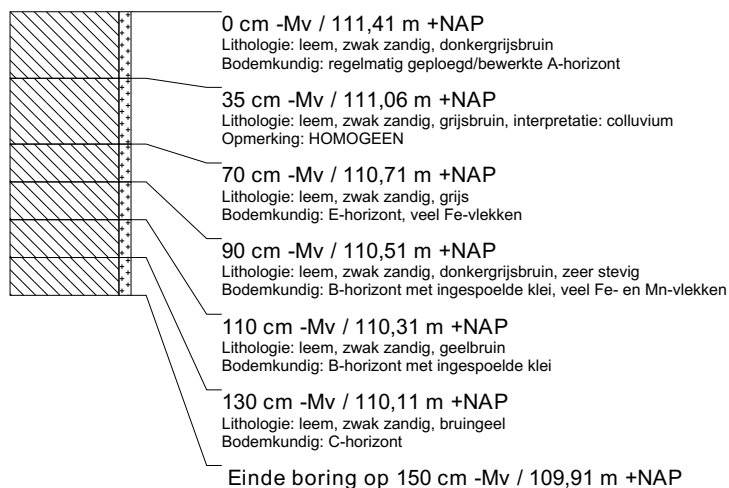
boring: BEKE13-48

datum: 3-7-2013, X: 184.220,94, Y: 326.447,41, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,50, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



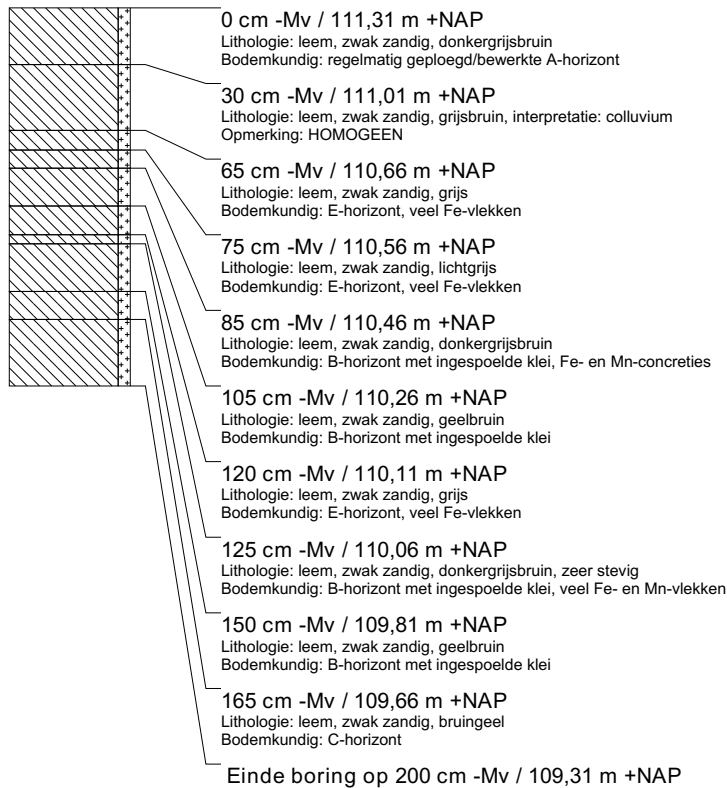
boring: BEKE13-49

datum: 3-7-2013, X: 184.188,15, Y: 326.453,21, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,41, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

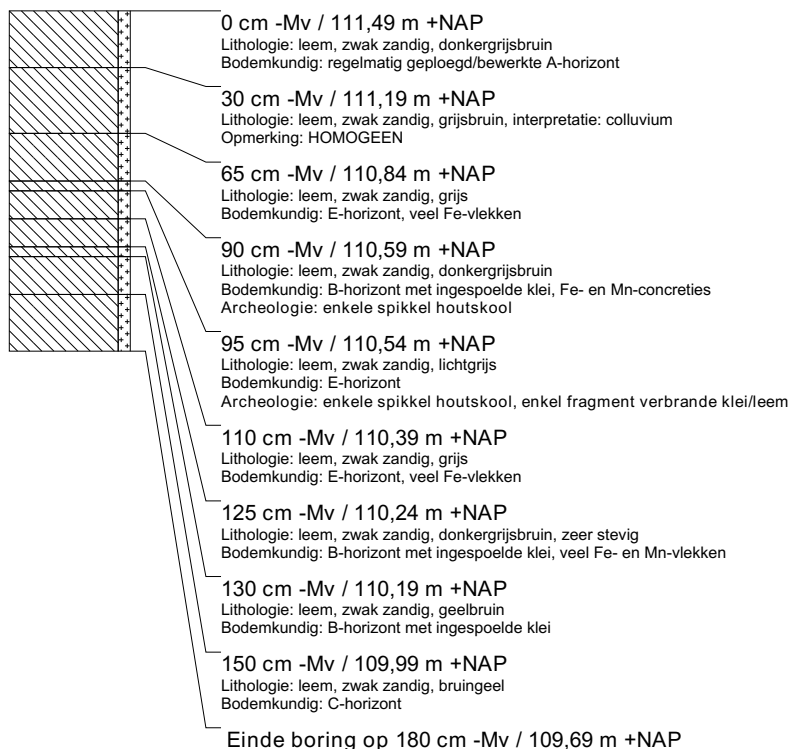


boring: BEKE13-50

datum: 3-7-2013, X: 184.189,02, Y: 326.453,83, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,31, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

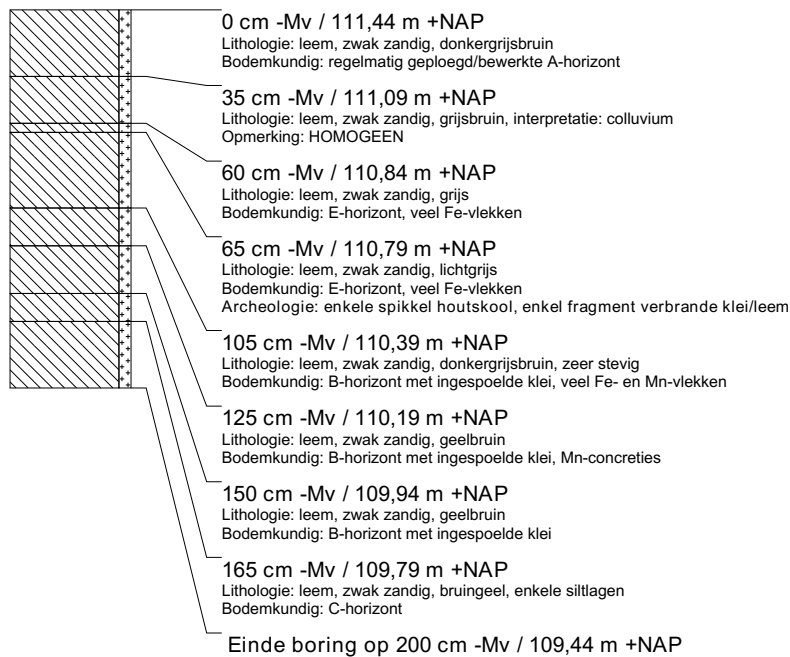
**boring: BEKE13-51**

datum: 3-7-2013, X: 184.189,84, Y: 326.454,59, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,49, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE



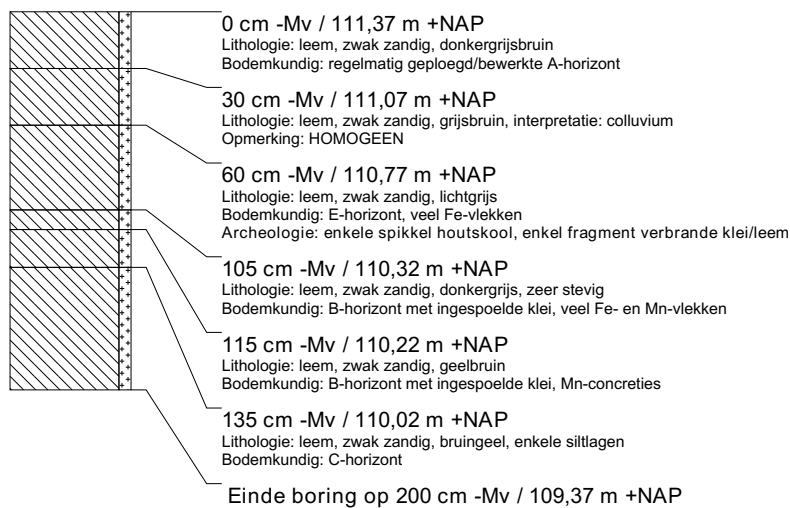
boring: BEKE13-52

datum: 3-7-2013, X: 184.190,76, Y: 326.455,09, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,44, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE



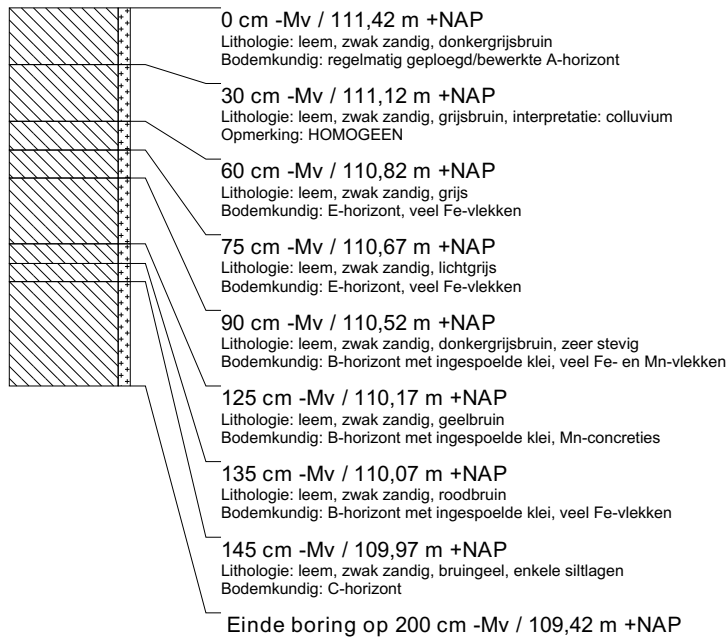
boring: BEKE13-53

datum: 3-7-2013, X: 184.191,44, Y: 326.455,55, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,37, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

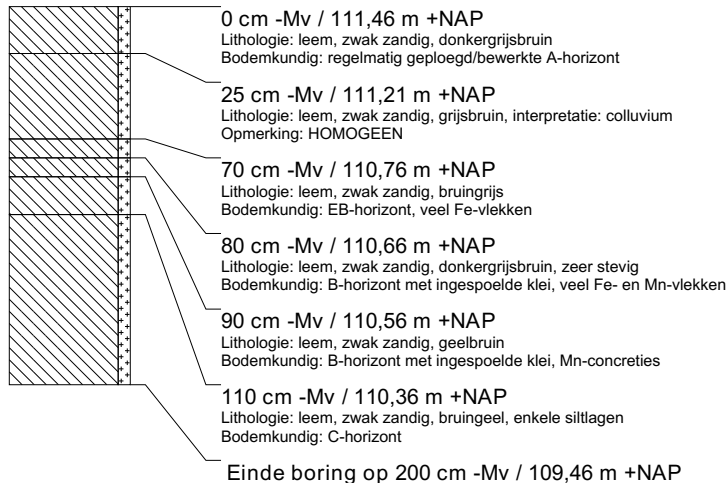


boring: BEKE13-54

datum: 3-7-2013, X: 184.193,24, Y: 326.456,74, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,42, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

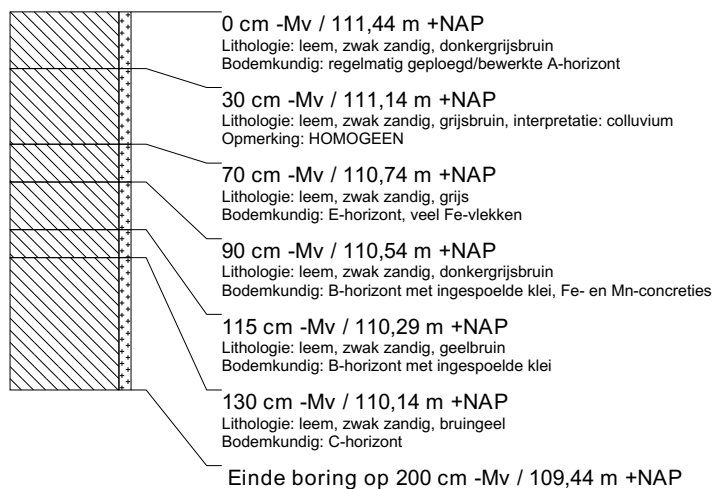
**boring: BEKE13-55**

datum: 3-7-2013, X: 184.198,32, Y: 326.460,46, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,46, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE



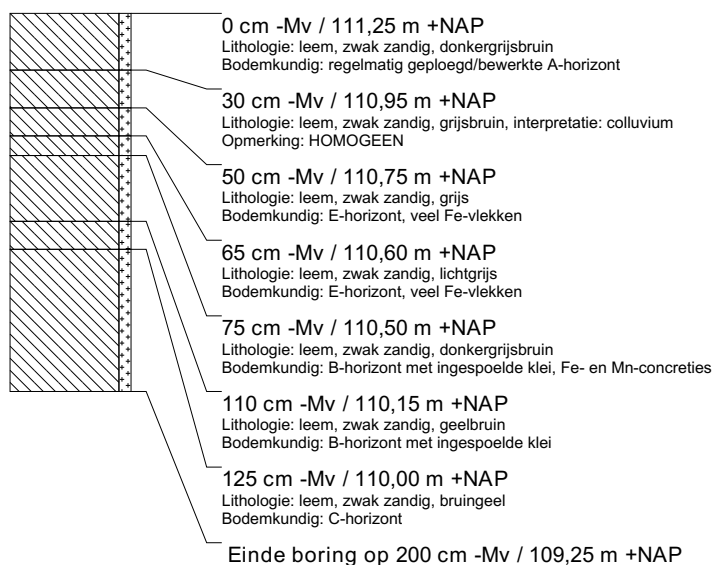
boring: BEKE13-56

datum: 3-7-2013, X: 184.187,32, Y: 326.452,91, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,44, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE



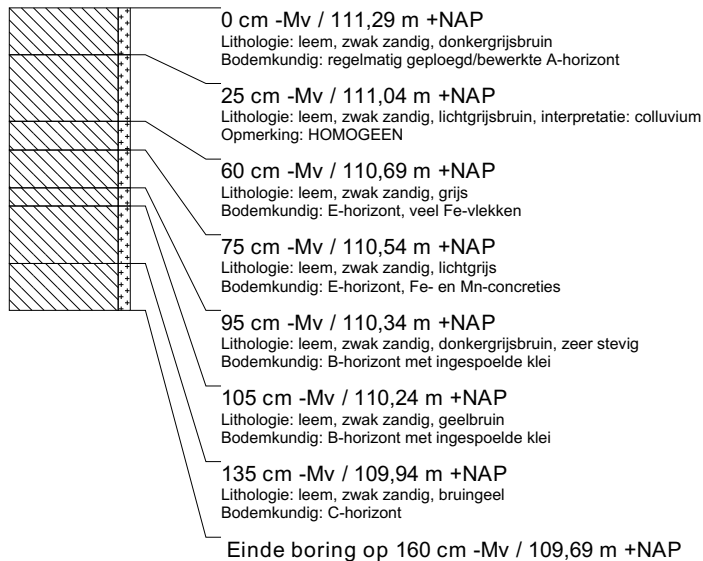
boring: BEKE13-57

datum: 3-7-2013, X: 184.186,47, Y: 326.452,30, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,25, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

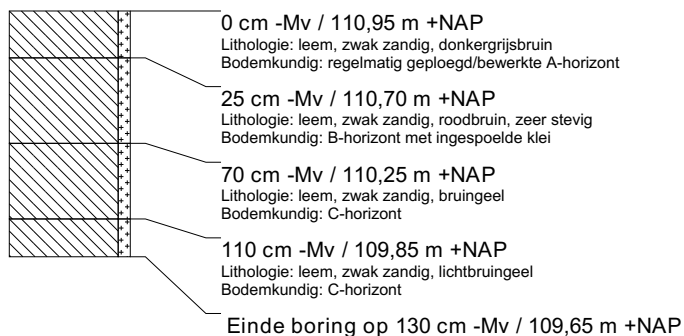


boring: BEKE13-58

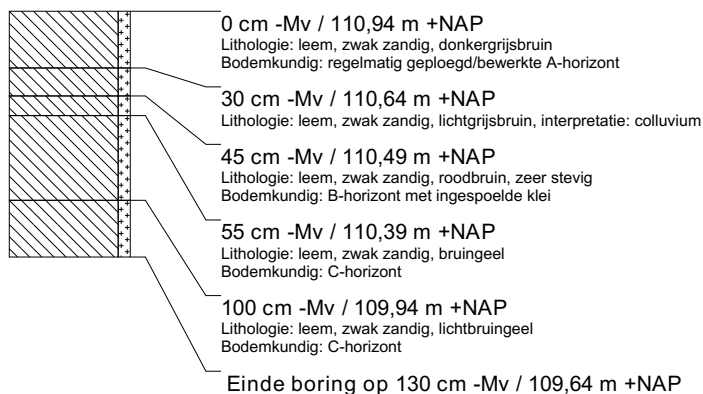
datum: 3-7-2013, X: 184.189,53, Y: 326.454,32, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,29, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE, opmerking: TUSSENBORING

**boring: BEKE13-59**

datum: 3-7-2013, X: 184.255,35, Y: 326.391,36, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 110,95, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4, opmerking: OOSTZIJDE RE

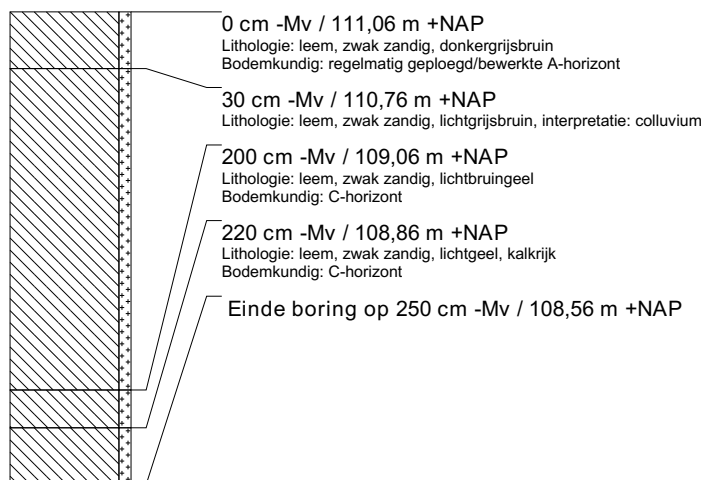
**boring: BEKE13-60**

datum: 3-7-2013, X: 184.240,01, Y: 326.385,03, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 110,94, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4, opmerking: OOSTZIJDE RE



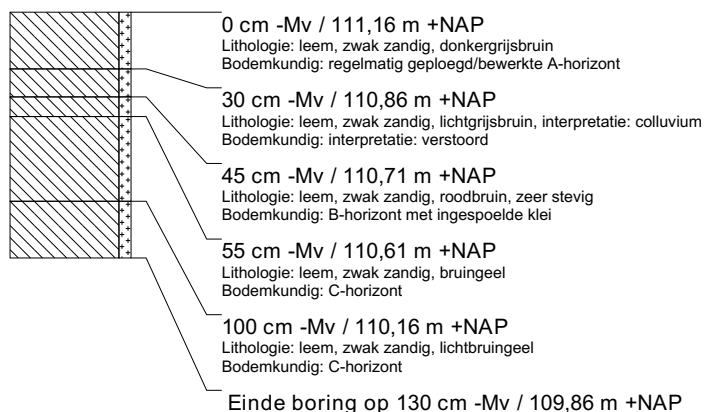
boring: BEKE13-61

datum: 3-7-2013, X: 184.232,33, Y: 326.383,67, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,06, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4



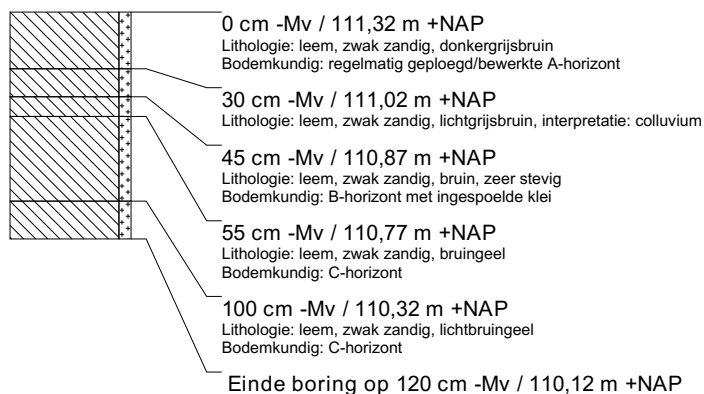
boring: BEKE13-62

datum: 3-7-2013, X: 184.225,27, Y: 326.381,50, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,16, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4, opmerking: OOSTZIJDE RE



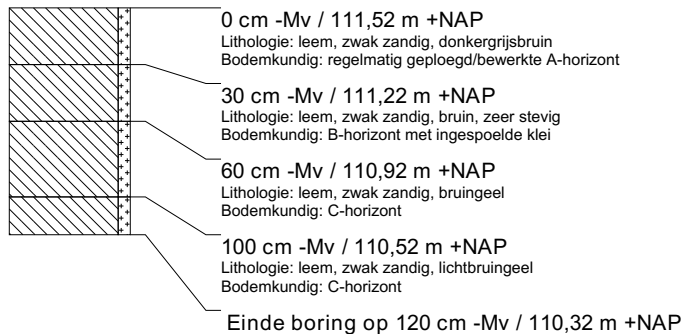
boring: BEKE13-63

datum: 3-7-2013, X: 184.208,54, Y: 326.376,17, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,32, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

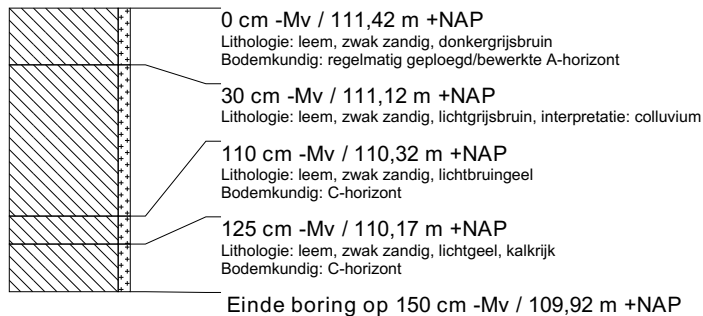


boring: BEKE13-64

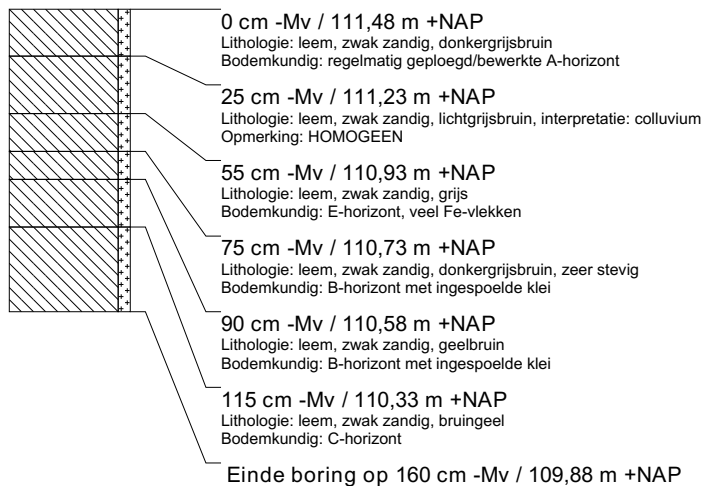
datum: 3-7-2013, X: 184.191,03, Y: 326.372,44, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,52, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

**boring: BEKE13-65**

datum: 3-7-2013, X: 184.175,23, Y: 326.367,65, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,42, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4

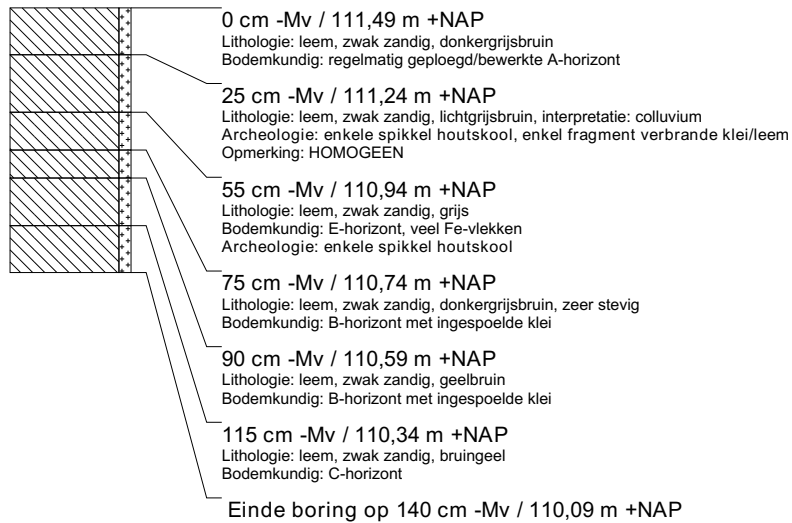
**boring: BEKE13-66**

datum: 3-7-2013, X: 184.231,25, Y: 326.419,94, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,48, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE



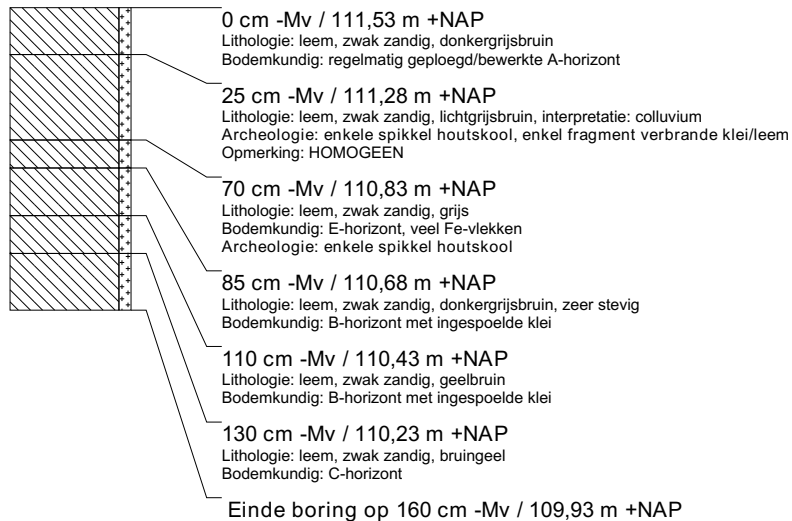
boring: BEKE13-67

datum: 3-7-2013, X: 184.221,74, Y: 326.417,57, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,49, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE



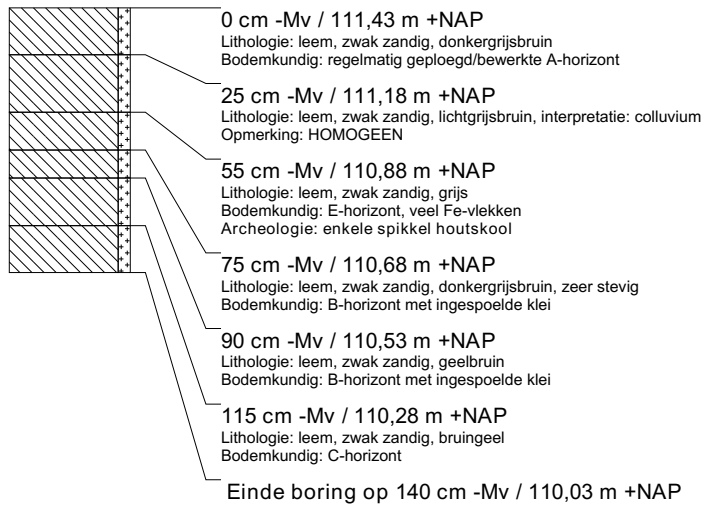
boring: BEKE13-68

datum: 3-7-2013, X: 184.216,09, Y: 326.415,19, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,53, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

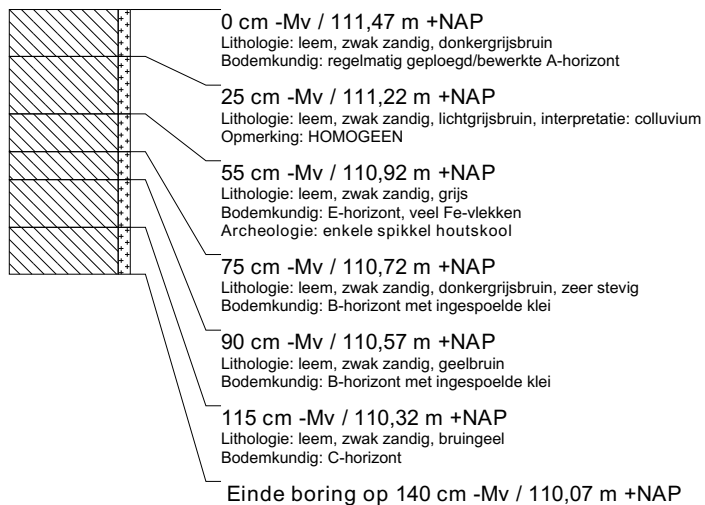


boring: BEKE13-69

datum: 3-7-2013, X: 184.214,15, Y: 326.414,53, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,43, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

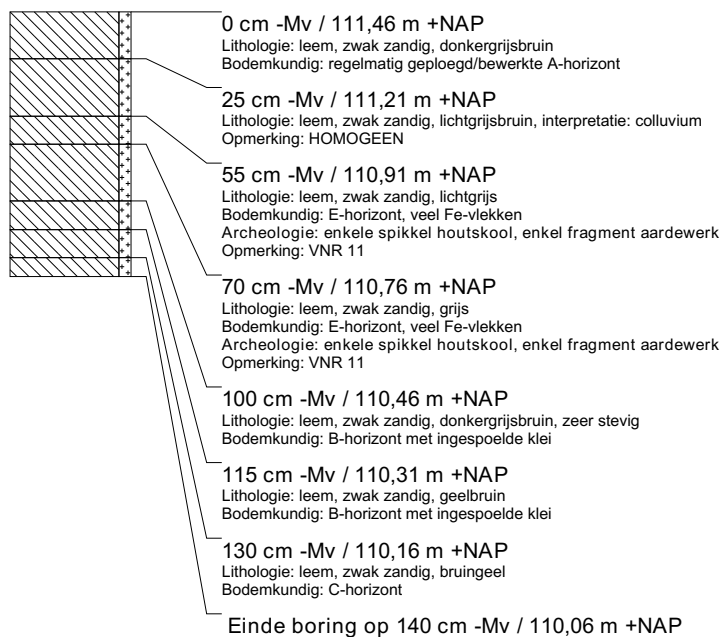
**boring: BEKE13-70**

datum: 3-7-2013, X: 184.212,28, Y: 326.414,43, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,47, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE



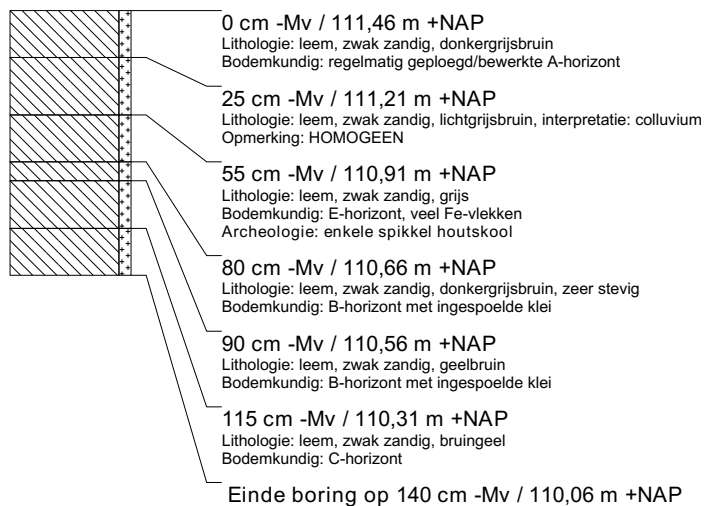
boring: BEKE13-71

datum: 3-7-2013, X: 184.208,59, Y: 326.413,10, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,46, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE



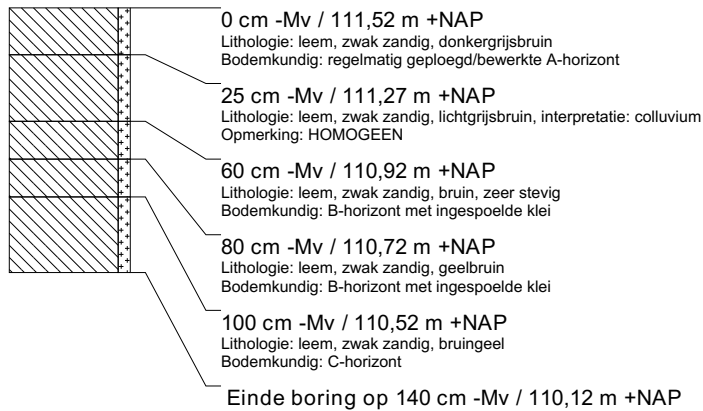
boring: BEKE13-72

datum: 3-7-2013, X: 184.204,84, Y: 326.411,63, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,46, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

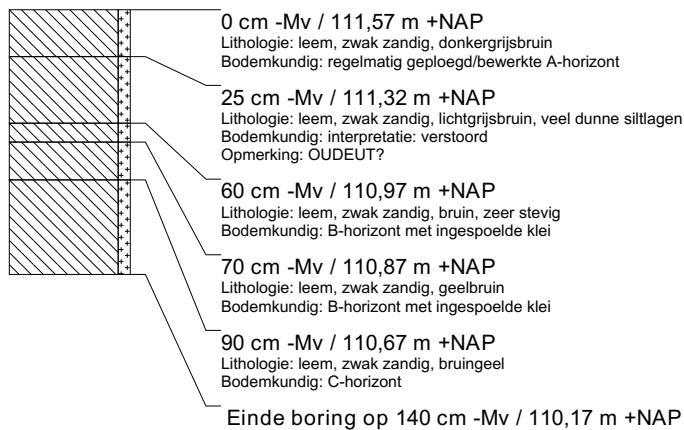


boring: BEKE13-73

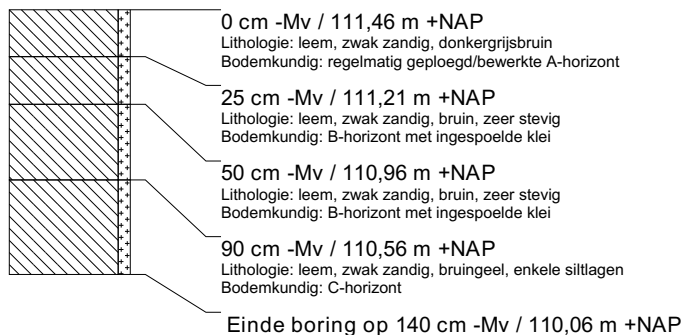
datum: 3-7-2013, X: 184.201,09, Y: 326.410,24, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,52, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

**boring: BEKE13-74**

datum: 3-7-2013, X: 184.193,42, Y: 326.407,84, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,57, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

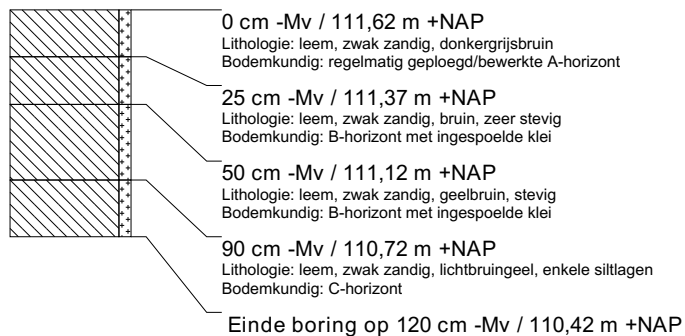
**boring: BEKE13-75**

datum: 3-7-2013, X: 184.183,87, Y: 326.405,18, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,46, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

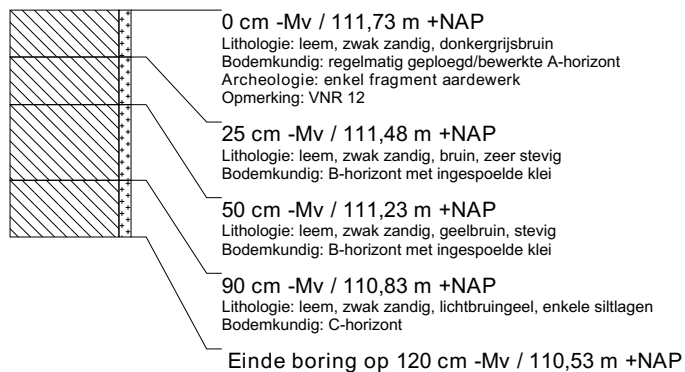


boring: BEKE13-76

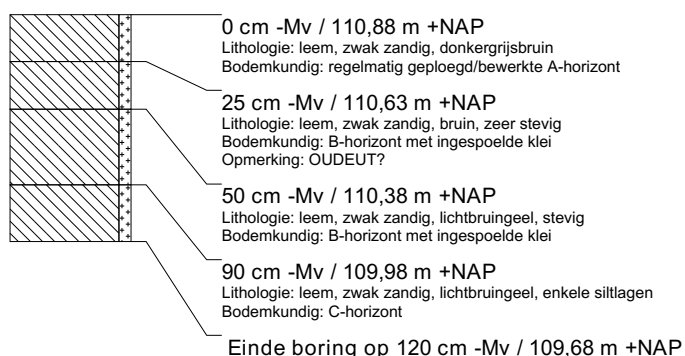
datum: 3-7-2013, X: 184.160,20, Y: 326.397,37, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,62, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

**boring: BEKE13-77**

datum: 3-7-2013, X: 184.137,60, Y: 326.387,57, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,73, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

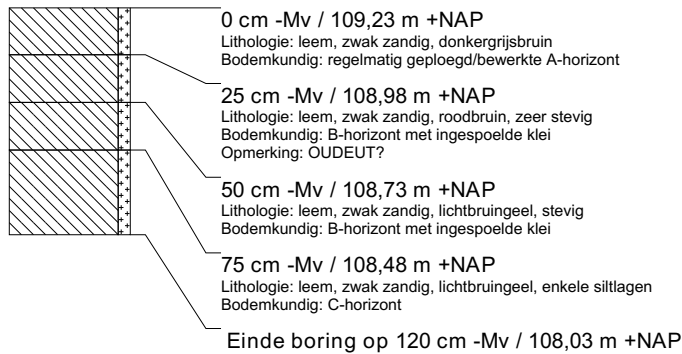
**boring: BEKE13-78**

datum: 3-7-2013, X: 184.119,17, Y: 326.370,40, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 110,88, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

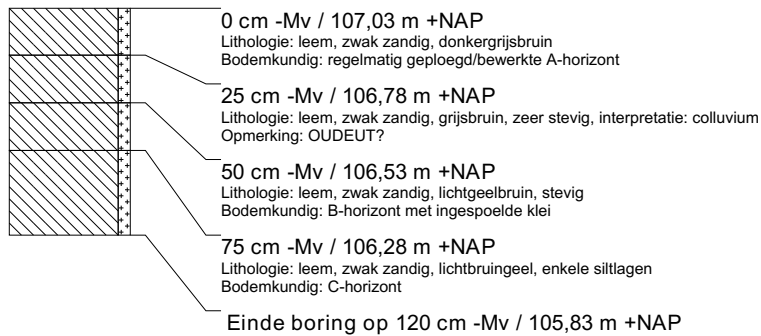


boring: BEKE13-79

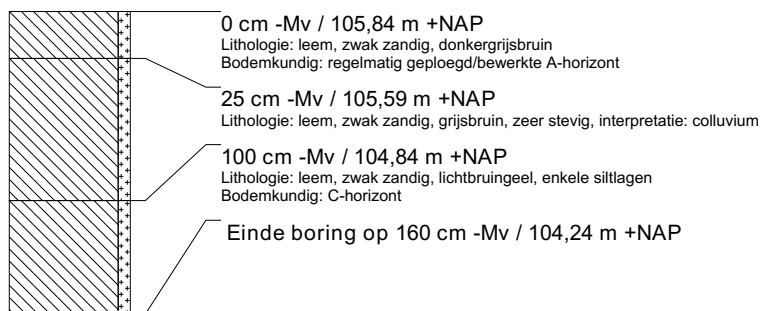
datum: 3-7-2013, X: 184.100,80, Y: 326.353,75, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 109,23, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

**boring: BEKE13-80**

datum: 3-7-2013, X: 184.082,53, Y: 326.336,33, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 107,03, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE

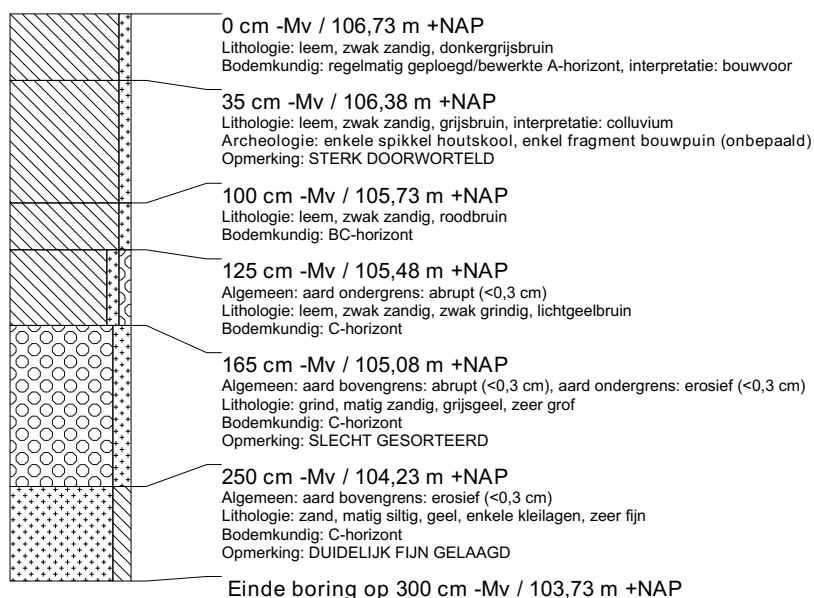
**boring: BEKE13-81**

datum: 3-7-2013, X: 184.073,66, Y: 326.327,85, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 105,84, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RCE



boring: BEKE13-101

beschrijver: JWK, datum: 3-7-2013, X: 184.079,45, Y: 326.328,73, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 106,73, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4, opmerking: MECHANISCHE BORING NR 1



boring: BEKE13-103

beschrijver: JWK, datum: 3-7-2013, X: 184.139,47, Y: 326.385,00, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,69, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4, opmerking: MECHANISCHE BORING NR 3



boring: BEKE13-104

beschrijver: JWK, datum: 3-7-2013, X: 184.201,99, Y: 326.435,14, precisie locatie: 1 cm, coördinaatsysteem: Rijksdriehoeksmeting, kaartblad: 60C, hoogte: 111,36, precisie hoogte: 1 cm, referentievlak: Normaal Amsterdams Peil, methode hoogtebepaling: GPS, boortype: Edelman-7 cm, doel boring: archeologie - waardering, landgebruik: akker, vondstzichtbaarheid: slecht, provincie: Limburg, gemeente: Beek, plaatsnaam: Kelmond, opdrachtgever: RCE, uitvoerder: RC4, opmerking: MECHANISCHE BORING NR 4





Deze Rapportage Archeologische Monumentenzorg (RAM) beschrijft de resultaten van onderzoek naar de snelheid van erosie en de schadelijkheid voor archeologische vindplaatsen.

Nivellering en erosie zijn een algemeen bekend probleem voor geaccidenteerde terreinen waarop akkerbouw plaatsvindt. Grond zonder vegetatie is gevoelig voor erosie, terwijl ploegen zorgt voor vervlakking en nivellering van reliëfverschillen. Om beter grip te krijgen op de snelheid van erosie en nivellering op archeologische vindplaatsen als gevolg van akkerbouw zijn vijf locaties uitgezocht. Met opzet is gekozen voor locaties waarvan de verwachting is dat erosie/nivellering sterk is, zodat ze kunnen worden gezien als worst-case scenario.

Het hier beschreven onderzoek is uitgevoerd tussen 2012 en 2014 bij Beek in het buurschap Kelmond. Op dit terrein is een archeologische vindplaats uit het vroeg-neolithicum aanwezig. Doel van het onderzoek was te onderzoeken hoe intensief de erosieprocessen zijn die deze vindplaats bedreigen. Booronderzoek, oppervlaktekartering, hoogtemetingen, OSL dateringen en isotopenanalyses werden gecombineerd om de snelheid en gevolgen van erosie te bepalen.

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

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