

Kleefaarde: ontstaan, voorkomen en eigenschappen van een markante Zuid-Limburgse bodem.

Advies over de potenties voor het ontwikkelen van natuur op kleefaarde voor Limburgse terreinbeheerders



Colofon

Deze adviesaanvraag is er een uit de serie kortlopende kennisprojecten. Met deze projecten wil OBN Natuurkennis beheerders en beleidsmakers direct en vraaggericht bijstaan in het beantwoorden van hun kennisvragen.

©2024 VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren

Rapport Adviesvraag OBN-34-HE
Driebergen, mei 2024

Deze publicatie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van BIJ12 en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Auteursrecht

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Foto voorzijde Rendzina (links, foto Jan Sevink); Kleefaarde (midden, foto ISRIC);
Vuursteeneluvium (rechts, foto Jan Sevink)

Wijze van citeren

Sevink Consultancy, Baarn, maart 2024.

Titel adviesrapport

Rapport nummer OBN-2024-034-HE, OBN Natuurkennis, Driebergen.

Samenstelling

Prof. dr Jan Sevink

Sevink Consultancy

Productie

Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)

Adres Princenhof Park 7, 3972 NG Driebergen

Telefoon 0343 – 745 250

E-mail obn@vbne.nl

Voorwoord

Dit rapport betreft een samenvatting van de bestaande kennis van het ontstaan, het voorkomen en de eigenschappen van kleefaaarde en daarmee verwante residuaire kalksteenbodems in Zuid-Limburg. Deze kennis moet dienen als basis voor de beoordeling van kleefaaarden als groeiplaats in het kader van natuurontwikkelingsplannen voor gebieden waar deze gronden voorkomen. Veel publicaties over kleefaaarde en het nauw verwante vuursteeneluvium – de twee typen residuaire kalksteenbodems in Zuid-Limburg - zijn verschenen in oudere, moeilijk of niet toegankelijke tijdschriften en rapporten. Vandaar dat pdf's van deze publicaties, voor zover zij te achterhalen waren, in een separate file zijn opgenomen met een korte duiding van de inhoud. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen geologisch-bodemkundige informatie en informatie die specifiek gericht is op de vegetatie-habitats van gebieden waarin kleefaaarde of vuursteeneluvium voorkomt. Veel van de kaarten behorende bij deze publicaties ontbreken in de pdf's, maar zijn in principe bij Alterra op te vragen. Op jongere publicaties rust vaak copyright waardoor hun kaarten en figuren niet in dit rapport opgenomen konden worden.

Separaat genoemd moet worden de Bodemkaart 1:50.000 van Zuid-Limburg die in 1984 onder mijn leiding is geproduceerd door het Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam, in opdracht van de Planologische Dienst van Limburg. De kartering werd uitgevoerd door P.W. Dirksz, C.J.M. Konsten, P.S.M. Schenk en R.W. de Waal, terwijl de Toelichting door R.W. de Waal werd geschreven. In deze toelichting werd een overzicht gegeven van alle op dat moment bestaande en relevante publicaties en bodemkaarten. Bij deze kaarten behoorden veel oudere detailbodemkaarten in het kader van ruilverkavelingsprojecten. Of deze kaarten thans nog beschikbaar zijn, is niet bekend. Dat geldt overigens ook voor de genoemde 1:50.000 bodemkaart die mogelijk nog bij de provincie Limburg aanwezig is. Een pdf van de Toelichting is te vinden in de collectie pdf's, die bij dit rapport hoort. Deze is op verzoek op te vragen bij de VBNE.

Inhoud

Voorwoord.....	3
1. Inleiding.....	5
2. Geologie van Zuid-Limburg	6
3. Het voorkomen en de eigenschappen van residuaire kalksteengronden.....	13
3.1. Vuursteeneluvium	15
3.2. Kleefaarde	18
4. Conclusies en slotopmerkingen	23
Literatuur.....	25
Bijlagen.....	27

1. Inleiding

Kleefarde staat in Zuid-Limburg bekend als een vruchtbare zware kleigrond, ontstaan door verwerking van kalksteen uit het Krijt. Geschikt voor akkerbouw, maar moeilijk te bewerken. Als de grond nat is, vreselijk plakkerig en vandaar de term 'kleef'. Als hij droog is hard en lastig om een goed zaadbed te krijgen. Bewerk je hem bij de juiste vochttoestand, dan krijgt hij een prima structuur. Hun voorkomen is beperkt en bovendien zijn het vaak kleine oppervlakken.

Alhoewel vaak beschreven als een residuaire kalksteengrond, ontstaan door verwerking van kalksteen, waarbij de kalk is opgelost en de overige (niet-kalk) minerale delen achterbleven, is dit een toch wat simpele beschrijving. In veel kleefarden komt namelijk afgerond riviergrind en zand voor en vaak zit er een flinke loesscomponent in de bovengrond of is er sprake van een loessdek. Bovendien zijn er in Zuid-Limburg twee typen residuaire kalksteengronden: kleefarde en vuursteeneluvium. De eerste zijn heel kleiige gronden, met meestal vrij ondiep verweerde kalksteen en niet al te stenig (vuursteen). De tweede zijn sterk verweerde en verzuurde, heel oude bodems, die horen bij de oude 'schiervlakte' van de Ardennen. Ze bestaan uit een grote hoeveelheid vuursteenbrokken in een kleiige matrix, die de poriën tussen die brokken opvult. Ze komen voor in een zone langs de zuidgrens van Limburg – de zogenaamde gebergterand van de Ardennen, een geomorfologisch opvallend plateau-achtig landschap. De dikte van dat pakket vuursteeneluvium kan aanzienlijk zijn – tot meer dan 20 meter – en of er nog kalksteen onder zit, is niet altijd duidelijk. Kom je in het gebied direct ten noorden van deze gebergtezone vuursteenrijke kleigrond tegen, dan is niet altijd duidelijk of je met vuursteeneluvium in situ te maken hebt, met kleefarde, of met verspoeld of gesolifluëerd materiaal – het laagpakket van Hoogcruts (Bosch, 1981).

Voor een goed begrip van het ontstaan en voorkomen van deze residuaire gronden is inzicht in de complexe geologische geschiedenis van Zuid-Limburg vereist. Vandaar dat hier nader op wordt ingegaan. De beschrijving betreft de hoofdlijnen; voor een meer gedetailleerde beschrijving wordt o.a. verwezen naar 'De vorming van het land' van Stouthamer et al. (2023)

2. Geologie van Zuid-Limburg

Zuid-Limburg ligt in de noordelijke randzone van de Ardennen, een groot massief van Paleozoïsche gesteenten, onderdeel van het zogenaamde Rijnlands leisteenplateau waartoe ook de Eifel behoort. Het is als gebergte ontstaan tijdens de Variscische (ook wel Hercynische) orogeenetische (gebergtevormende) fase in het Laat-Paleozoïcum, ca. 300 miljoen jaar geleden. Na die gebergtevorming trad al tijdens het daaropvolgende Perm zware erosie op, waarbij in een groot gebied in NW-Europa, grenzend aan dit massief, dikke pakketten continentale afzettingen (vooral zandsteen) werden gevormd, behorend tot het Rotliegendes. Zij werden zo genoemd vanwege hun rode kleur. In de daaropvolgende periode – de Trias en Jura – ging deze erosie door, waarbij in kleinere tektonische bekkens binnen het massief overwegend continentale formaties ontstonden. Anders was dat aan haar flanken, zoals in het Parijse bekken, waar op grote schaal mariene formaties ontstonden. Een typisch voorbeeld daarvan is zuidelijk Luxemburg, waar in een uitloper van dat Parijse bekken (het Gutland) een dikke opeenvolging van Triassische en Jurassische mariene afzettingen ontstond. In het noorden van Luxemburg (de Oesling) ontbreken deze echter. Deze lange fase van erosie veranderde het oorspronkelijke gebergte – het Hercynische massief – uiteindelijk in een sterk vervlakt, grotendeels continentaal gebied, vaak beschreven als een schiervlakte en door Franse geologen beschreven als het ‘surface d’érosion post-hercynienne’. Dat oppervlak is in grote delen van de Ardennen en Eifel nog steeds te herkennen.

De situatie veranderde tijdens het zeer warme Krijt, toen de zeespiegel mondiaal steeg en de ‘Krijtzee’ steeds grotere delen van Europa bedekte. Voor Zuid-Limburg is dit een belangrijke fase, omdat de Paleozoïsche gesteenten door een steeds dikker en zich uitbreidend pakket Krijt afzettingen werden bedekt tijdens het Laat-Krijt. In eerste instantie waren dit kleiig-zandige kustnabije afzettingen, die gekenmerkt werden door hun vaak aanzienlijke glauconietgehalten: de Aken formatie en daaropvolgend de Vaals formatie. Die laatste afzettingen staan bekend als ‘Vaals groenzand’ vanwege hun groenige kleur, veroorzaakt door de glauconiet. Geleidelijk verschoof de kustlijn naar het zuiden, werd de zee dieper en nam de aanvoer van klastisch materiaal af. Daardoor ontstonden de kalkrijke afzettingen, die in Zuid-Limburg bekend staan als ‘mergel’. De eerste is de Gulpen Formatie, bekend als Gulpens krijt en gekenmerkt door het frequent voorkomen van vuursteenlagen. Daarop werd de Maastricht formatie afgezet. Binnen deze formatie wordt onderscheid gemaakt tussen het Maastrichts krijt (westelijk) en de Kunrader kalk (oostelijk), die qua lithologie nogal verschillen.

Hierna, in het vroeg Tertiair, werd de Krijtzee ondieper, waardoor meer klastisch marien materiaal afgezet werd. Met een zekere regelmaat trok de zee zich verder naar het noorden terug en ontbreken daardoor in Zuid-Limburg mariene afzettingen uit de betrokken periode. Die fase van hernieuwde schiervlaktevorming duurde tot het Oligoceen. Toen breidde de zee zich weer sterk uit waardoor de boven beschreven kalkstenen door een pakket overwegend fijnzandige tot kleiige siliciclastische (= silicaatrijke, kalkarme) sedimenten werd afgedekt. Dat die zee zich ver uitbreidde over het nog steeds vlakke en laaggelegen Ardennen massief blijkt uit het voorkomen van sediment van die ouderdom in dolines, gevormd in de Paleozoïsche kalkstenen ver naar het zuiden in de Ardennen (waaronder de bekende Carbonische kolenkalksteen). Een andere aanwijzing is het voorkomen over vrijwel de gehele Ardennen van de zogenaamde ‘Pierres de Stonnes’. Dat zijn grote blokken door silica verkit vermoedelijk Oligoceen zand, die niet door latere erosie zijn opgeruimd en getuigen van de oorspronkelijke aanwezigheid van een dek van die Oligocene afzettingen.



Figuur 1: Pierre de Stonne in het Vijlener bos. Bron: Geologische Dienst Nederland:

<https://www.geologischediens.nl/geologie-voor-jou/geologische-hotspots/limburg-vijlenerbos/>

Formatie van Aken

De fijne zanden, zaveln en siltige kleien van de Formatie van Aken zijn afgezet in een marien milieu met sterke getijdenbewegingen.

Formatie van Vaals

De Formatie van Vaals (Vaalsse groenzand) bestaat uit glauconietrijke, uiterst fijne zanden en siltige kleien, rijk aan fossielen, waaronder talrijke schelpensoorten. Het materiaal is gesedimenteerd in een ondiepe zee of lagune, vrijwel zonder getijdenbeweging.

Formatie van Gulpen en Formatie van Maastricht

Het materiaal waaruit deze formaties zijn opgebouwd, bestaat uit kalksteen, bekend als het Limburgse krijt of mergel. Het CaCO_3 -gehalte ligt boven 50% en kan bij de Formatie van Maastricht oplopen tot meer dan 95%. Het organogene materiaal bevat talrijke grote en kleine fossielen, zoals zeeëgels, sponsen, belemnieten en koraaldieren, alle duidend op vorming in een tropische zee.

De *Formatie van Gulpen* bestaat uit weinig verkitte, witte tot grijsgele, fijnkorrelige kalksteen met 60 a 80% CaCO_3 . In het onderste deel van de formatie komen uiteenlopende hoeveelheden glauconiet voor. Ten zuiden van de lijn Gulpen-Vaals vormt deze glauconietrijke kalk de bovenkant van het kalksteenpakket, o.a. bij Mechelen, Epen en in de bossen bij Vijlen. Dit materiaal, bekend als de kalksteen van Vijlen (Felder, 1960), bevat talrijke resten van zeeëgels en rostra van belemnieten. Het bovenste deel van de formatie is rijk aan grillig gevormde, blauwgrijze tot zwarte vuurstenen. Het wordt vooral ten zuiden van de Geul en de Sinselbeek aangetroffen.

De *Formatie van Maastricht* omvat twee verschillende facies, namelijk de *Maastrichtse facies* en de *Kunrader facies*, in de oudere literatuur bekend als Maastrichts krijt en Kunrader kalksteen. De Maastrichtse facies bestaat uit weinig verkitte witte kalksteen. De Kunrader facies is opgebouwd uit een afwisseling van harde en zachte kalksteenlagen. De zachte lagen zijn rijk aan glauconiet en arm aan vuurstenen. De kalksteen van de Formatie van Maastricht bevat in het algemeen meer kalk (80 tot 95% CaCO_3) en aanzienlijk minder vuursteen dan de Formatie van Gulpen. De Formatie van Maastricht is in de hele noordelijke helft van het gebied aanwezig, grofweg ten zuiden van de Geul alleen in de Maastrichtse facies, ten noorden ervan in de Kunrader facies.

De *Formatie van Houthem* bestaat uit een maximaal 30 meter dik pakket lichtgrijze tot lichtgele kalkarenieten (dominant bestaand uit zandgrootte fragmenten kalk).

De oorspronkelijke situatie – een schiervlakte, waarover de zee vanuit het noorden herhaaldelijk transgredeerde (relatieve of absolute zeespiegelstijging, waardoor de zee het land overstroomt), met vorming van mariene afzettingen - werd in het Laat Oligoceen gecompliceerd door tektoniek in de vorm van verticale bewegingen langs een groot oud breuksysteem, de Roerdalslenk, Dit is een oude slenk, die deel uitmaakt van een groot systeem van breuken, het 'Noordwest Europese Riftsysteem'. Dat systeem deelt Zuid-Limburg in tweeën: een zuidelijk deel waar vanaf het Laat-Oligoceen door opheffing erosie domineerde en een noordelijk deel – de slenk - waarin door bodemdaling een zeer complexe en dikke opeenvolging van Tertiaire en Kwartaire formaties ontstond. Ten noorden van de breuklijn die de slenk in het zuiden begrenst – de Feldbiss - ligt het Krijt dan ook diep en komt nergens meer aan het oppervlak voor. Tot de bekendste Tertiaire formaties in die slenk behoren de Miocene zilverzanden en bruinkool: de Vroeg tot Midden Miocene Ville formatie, in het verleden op flinke schaal gewonnen. In de slenk is de totale dikte van het Tertiaire sedimentpakket enorm – tot meer dan een kilometer - als gevolg van een doorgaande daling. Of ten zuiden van de slenk na het Laat-Oligoceen nog significante hoeveelheden sediment zijn afgezet, is niet goed bekend, maar ze zijn in ieder geval nu niet gevonden.

Vanuit geomorfologisch oogpunt was het Ardennen-massief in het Oligoceen-Mioceen nog steeds een typische schiervlakte met gering reliëf en diep verweerde en sterk verarmde bodems (Van den Broek en van der Waals, 1967; Buurman, 1972). Echter, in het Laat-Mioceen begint de opheffing van de Ardennen, samenhangend met de Alpiene orogenese. Hierdoor begint het Maas riviersysteem, maar ook dat van de Rijn, zich te ontwikkelen en in te snijden. Geleidelijk ontstaat in Zuid-Limburg een serie terrassen, waarbij door laterale riviererosie op het Krijt liggende sedimentaire afzettingen grotendeels worden opgeruimd. Resten daarvan worden gevonden in dolines onder die terrasafzettingen, die inmiddels waren ontstaan door verkarsting van de kalksteenformaties uit het Krijt en Paleoceen. Het gaat in die dolines om Oligocene afzettingen – als zodanig geïdentificeerd vanwege hun gelijkenis met de bovengenoemde Oligocene afzettingen.



Figuur 2. De gebergterand bij Vijlen, gezien vanuit het noorden. Foto Jan Sevink.

Delen van Zuid-Limburg bleven gespaard van die laterale riviererosie en daar bleven de oudere afzettingen bewaard. Dit zijn gebergterand in het zuiden en de 'restheuvels' van kiezeloolietgrinden (de Kiezeloolietformatie). In de plateau-achtige gebergterand, tegen de grens met België, komt vuursteeneluvium voor, met flink wat Pierres de Stonnes, maar ook zandlenzen en enig grind, dat qua samenstelling sterk overeenkomt met kiezeloolietgrind. Dat grind reflecteert de enorm sterke verwerking die de schiervlakte kenmerkte, waardoor de vroegste rivierafzettingen, die in Zuid-Limburg en vooral in de Roerdalslenk ontstonden als gevolg van de opheffing van de Ardennen, uit zeer kwartsrijke zanden en grinden bestaan. Ze bevatten ook kiezeloolieten; verkieselde en vermoedelijk van oorsprong Jurassische oolietische kalksteen, die o.a. in Zuid-Luxemburg voorkomt. De Kiezeloolietformatie wordt makkelijk herkend door die kiezeloolieten, o.a. in de vele dolines die in de kalksteen onder het vuursteeneluvium worden aangetroffen (Felder, 1961).

Het vuursteeneluvium zelf is ontstaan door de intensieve en zeer langdurige post-Krijt verwerking van de kalksteenformaties, die in deze randzone van de schiervlakte het oude massief bedekten. Buurman (1972) gaat uit van een pre-Onder Oligoceen ouderdom, omdat het vuursteeneluvium bedekt wordt door zanden uit die periode (de Neerrepen zanden, Vandenberghe et al. 2004), maar er is natuurlijk geen reden om aan te nemen, dat sindsdien geen verwerking en oplossing van de kalksteen meer heeft plaatsgevonden, gepaard gaand met accumulatie van vuursteen. De ouderdom is dus complexer, met in ieder geval enig jong residuair materiaal aan de basis van het eluvium. Een deel van de vuurstenen is herkenbaar als afkomstig uit Gulpens krijt, van een ander deel is de herkomst niet duidelijk en wordt niet uitgesloten dat ook andere Krijtformaties voorkwamen, die nu geheel verdwenen zijn door verwerking, maar waarbij de vuurstenen zijn achtergebleven (Felder, 1961). Dat wordt mede ingegeven door de soms enorme dikte van het residuaire pakket (tot 20 m, Mekkink en Kleijer 1986), wijzend op oplossing van een eveneens groot pakket kalksteen.



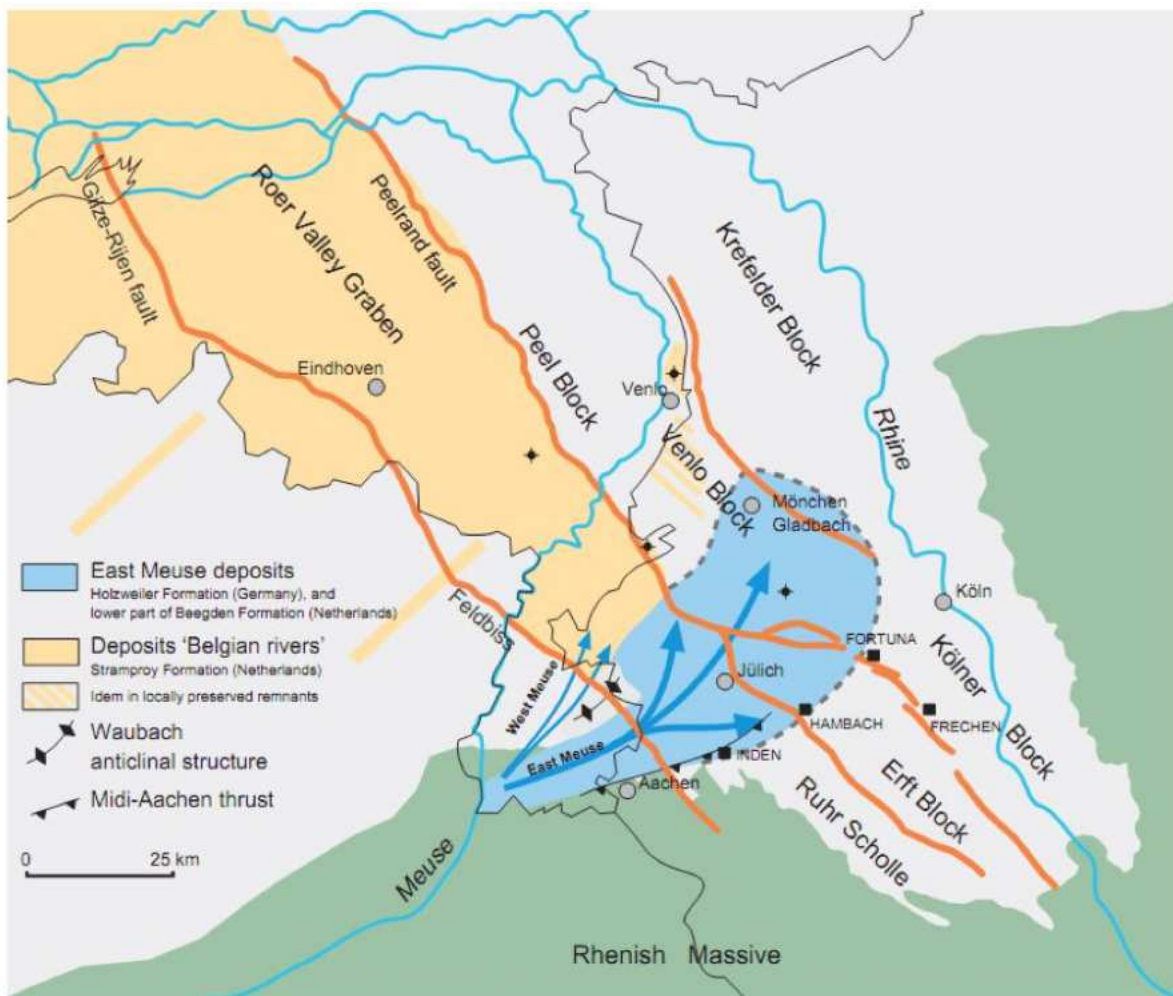
Figuur 3 (links): Vuursteeneluvium in het Vijlenerbos met zwak ontwikkelde podzol in bovengrond; (rechts) vuurstenen in kleiige matrix. Foto's Jan Sevink.

De ontwikkeling van de terrassen en hun datering is beschreven in een aantal publicaties waaronder Bosch (1981) en vooral Van den Berg en van Hoof (2001). De ouderdom van de oudste terrassen is in de orde van 4 miljoen jaar (Vroeg Pliocene met o.a. de Kiezelooliet Formatie – Waubach fase) en een groot aantal terrassen komt voor, die gekoppeld kunnen worden aan de combinatie van klimaatfluctuaties en doorgaande opheffing. Eerst volgt de Maas een oostelijke loop, de 'Oost-Maas' genoemd, maar de loop wordt ca. 2 miljoen jaar geleden (gedurende het Tiglien) naar het westen

verlegd en een groot aantal West-Maasterrassen wordt gevormd. Het eiland van Ubachsberg ligt tussen de twee lopen in en daar ontbreekt dan ook een dek van terrasmateriaal. Ook het vuursteeneluvium in het zuidelijke grensgebied wordt niet door de Maas opgeruimd – het ligt boven het niveau van de oudste Oost-Maas terrassen.



Fig. 4: Het eiland van Ubachsberg en paleosol (Red-Yellow Podzolic) in kiezeloolietgrind. Foto's Jan Sevink

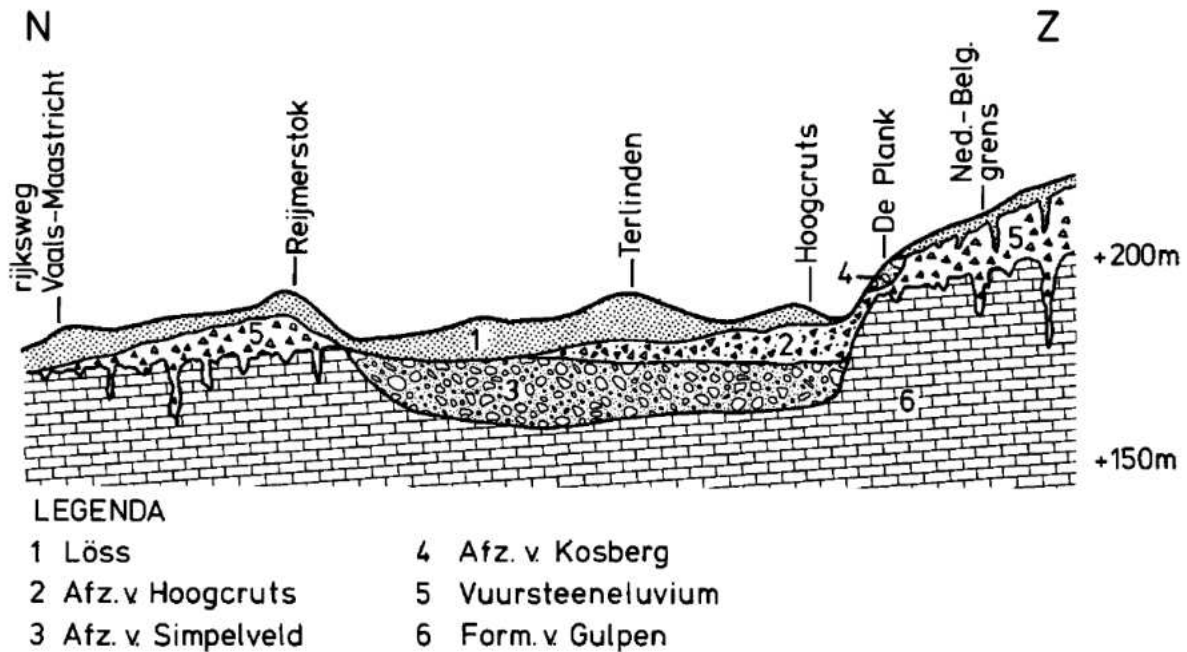


Figuur 6: Ontwikkeling van de Maas. Bron: M. Dusar: Een geologische verkenning van de Roerdalslenk. https://www.dov.vlaanderen.be/sites/default/files/pfiles_files/H30geologische%252520overkennin%20gRoerdalslenk_Michiel%252520Dusar.pdf

Het grensvlak tussen de goed doorlatende terrasafzettingen en het Krijt heeft een grillig verloop als gevolg van de verkarsting, door infiltrerend water veroorzaakt, met veel dolines, in het bijzonder bij de oudere Oost-Maasterrassen, waar dat verkarstingsproces langer heeft geduurd. De verkarsting komt neer op oplossing van de kalk en daarbij treedt vanzelfsprekend ook residuaire accumulatie van het niet oplosbare minerale deel op. In het gebied waar de terrasafzettingen op Maastrichts krijt of Kunrader kalk liggen, accumuleert maar weinig vuursteen en wordt het residu beschreven als typische kleefaarde. Vooral op de Kunrader kalk is de kleefaarde goed ontwikkeld, wat wordt toegeschreven aan het hogere gehalte aan niet-kalk bestanddelen (Jongmans et al. 2013). Waar er Gulpens krijt onder ligt zal er meer vuursteen in zitten. Verder is ook te verwachten dat naarmate de periode van verwerking korter wordt, de residuaire accumulatie afneemt: de sterkste accumulatie is te verwachten in de vuursteeneluviumzone, waar al vanaf het Vroeg-Tertiair verwerking en verkarsting is opgetreden, gevolgd door het Ubachsberg eiland, de Oost-Maas terrassen en de West-Maas terrassen. De minste verwerking moet zijn opgetreden in de dalen van het dalsysteem, bestaande uit de jonge zijrivieren van de Maas.

De huidige oppervlakte geologie en geomorfologie van Zuid-Limburg wordt sterk bepaald door de ontwikkeling van de Maasterrassen en de afzetting van loess tijdens glaciële perioden. Vooral de jongste loess, afgezet tijdens het Laat-Pleniglaciaal (ca. 20.000 jaar geleden) komt grootschalig en als een flink pakket voor op de lagere en vlakke delen van Zuid-Limburg. Deze loess maskeert daarmee de onderliggende geologische formaties, maar vervlakt ook het reliëf. Op steilere hellingen van rivierinsnijdingen en meer geëxposeerde plateaudelen is dat loessdek veel dunner of ontbreekt zelfs geheel. De oorzaak kan zijn dat loess niet is afgezet, maar kan ook het gevolg zijn van twee andere processen en wel periglaciële erosie en solifluctie, die is opgetreden tijdens het Laat-Weichselien (de laatste ijstijd), en de bodembewerking en door de mens veroorzaakte bodemerosie in de laatste millennia.

De periglaciële erosie en solifluctie hingen direct samen met de aanwezigheid van permafrost tijdens de glaciëlen. Bij de seizoensgebonden opdooi van de bovengrond werd deze vaak instabiel en gleden de met water verzadigde toplaag de helling af. Op deze wijze ontstonden op en aan de voet van hellingen afzettingen van 'gesoliflueerd' materiaal, die bestaan uit een mengsel van alle materialen die hoger op de helling voorkwamen. Zo ligt op de hellingen in 'groenzand' beneden het 'echte' vuursteeneluvium vaak een dik dek van vuursteenrijk materiaal, verder bestaand uit loess, kwartsrijk zand en grind, en niet te vergeten ook dat groenzand. Overigens is helemaal geen permafrost nodig om groenzand in beweging te krijgen: ook nu zijn de hellingen in groenzand notoir instabiel. Het vuursteeneluviumdek loopt dus vaak door over de aangrenzende oude Maasterrassen en de grens tussen echt eluvium, solifluctiemateriaal en het laagpakket van Hoogcruts is moeilijk vast te stellen. Deze situatie werd door Bosch (1981) in onderstaande figuur weergegeven.



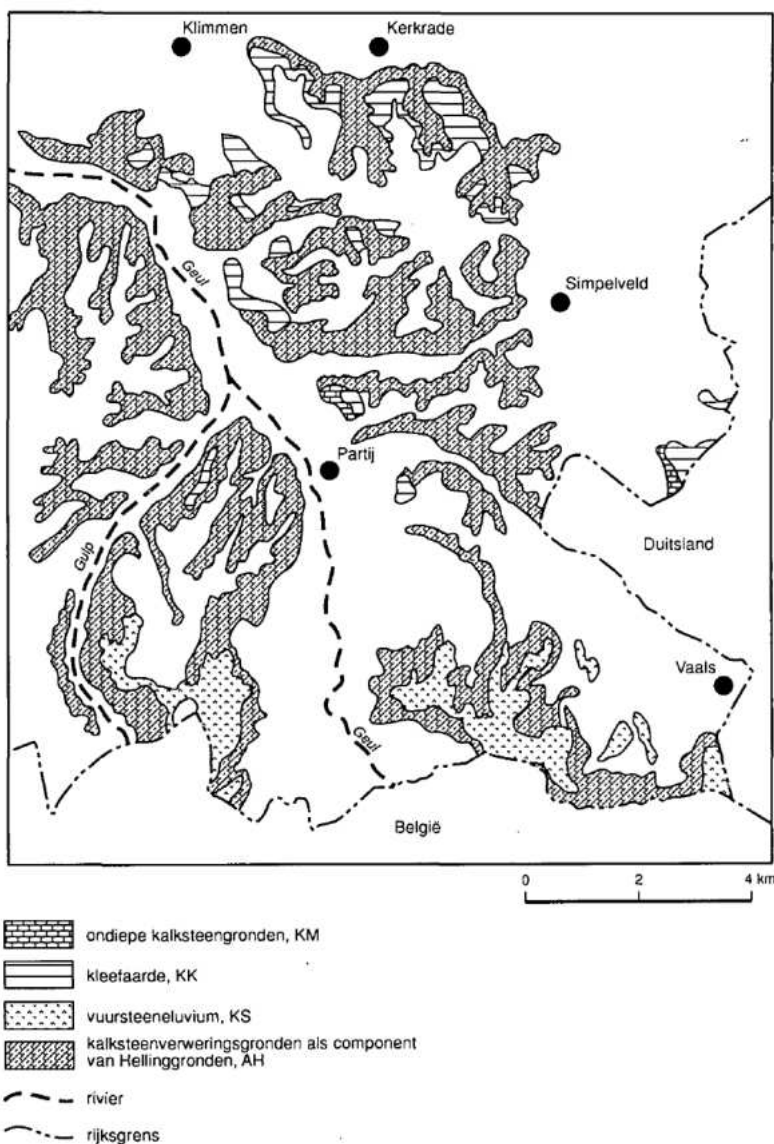
Figuur 7: Geologisch profiel door het dal van de Oost-Maas tussen De Plank en De Hut bij Margraten, met de ligging van de Formatie van Hoogcruts (Bron: Bosch, 1981)

Op de hellingen onder de terrassen – met grotendeels uit grind en zand bestaande afzettingen die bij afwezigheid van permafrost zeer doorlatend en weinig erosiegevoelig waren – trad dergelijk transport ook op en kon het krijtverweringsresidu aan het oppervlak komen en eventueel de helling afzakken tot ver beneden het oorspronkelijke niveau. Op het Ubachsbergeiland leidde periglaciale solifluctie tot het aan het oppervlak komen ('ontbloten') van relatief grote delen van het verweringsoppervlak van de Kunraderkalk, waar een dikke laag kleefarde op voorkomt.

Bodembewerking en erosie heeft vooral effect gehad op de loessgronden, die gevoelig zijn voor watererosie. In de reliëfrijke gebieden heeft dit geleid tot grootschalige colluviatie, waardoor dalen sterk zijn opgevuld en hellingvoeten met een dik pakket colluvium bedekt. Dit is versterkt door de schaalvergroting van de landbouw, die gepaard ging met het slechten van de traditionele graften, waarmee de bodemerosie eeuwenlang onder controle werd gehouden (zie o.a. Breteler en Van den Broek, 1968; Bolt et al. 1980). Kalksteenhellingen zijn veel minder gevoelig voor dergelijke erosie, maar hier heeft eeuwenlang ploegen grote effecten gehad. Dunne loessdekken op kalk zijn vaak geheel verdwenen en oorspronkelijk kalkloze bodems door opploegen van kalk uit de ondergrond omgevormd tot kalkrijke bodems.

3. Het voorkomen en de eigenschappen van residuaire kalksteengronden

Uit de beschrijving van de geologische geschiedenis van Zuid-Limburg komt naar voren dat een viertal gebieden onderscheiden kan worden voor wat betreft de aard en het voorkomen van deze residuaire gronden: de gebergtevoet met vuursteeneluvium, het Oost-Maas gebied met de oude terrassen, het West-Maasgebied met jongere terrassen en het Ubachsbergeiland. Deze worden afzonderlijk besproken. Daarbij wordt tevens ingegaan op de belangrijkste eigenschappen van deze bodems. Algemene beschrijvingen en bodemanalyses van kalksteenverwerings-bodems zijn te vinden in de bijlage.



Figuur 8: Verspreiding van kalksteenverweringsgronden aan of nabij het oppervlak. Bron: Toelichting bij kaartblad 61-62 West en Oost Maastricht – Heerlen. Bodemkaart van Nederland Schaal 1:50 000.

Bij de 1:50.000 bodemkartering (Vleeshouwer et al. 1990) is op hoofdlijnen onderscheid gemaakt tussen een tweetal typen gronden: vuursteeneluvium en kleefarde. Grotere, karteerbare eenheden komen maar weinig voor. Veelal is sprake van hellingassociaties, waarbij een karakteristieke opeenvolging van bodems voorkomt, waaronder vuursteeneluvium of kleefarde. Een flink aantal hellingassociaties worden onderscheiden, hetgeen een complex kaartbeeld oplevert. Dat is aanzienlijk complexer dan het patroon van het voorkomen van kleefarde en vuursteeneluviale gronden in figuur 8.

3.1. Vuursteeneluvium

In figuur 8 wordt de verspreiding van de *vuursteeneluviale gronden* weergegeven. Het zijn overwegend zeer stenige sterk verzuurde gronden, waarin zelfs podzolen in kunnen zijn ontwikkeld o.a. beschreven door De Waal (1984), Mekkinck en Kleijer (1986) in hun karteringsverslag van de boswachterij Vaals en door Vleeshouwer et al. (1990) in de toelichting bij de 1:50.000 bodemkaart (zie ook figuur 3). Mekkinck en Kleijer beschrijven vuursteeneluvium maar ook kleefaaarde-achtige gronden, waarbij het verschil vooral lijkt te bestaan uit het vuursteengehalte. Die kleefaaarde komt lager op de hellingen voor, meer aan de basis van het dikke vuursteeneluviumpakket, dat tot 20 m dik kan zijn en ligt op sterk verkarst Gulpens Krijt. Dit komt overeen met de beschrijving van Felder (1961), die ook foto's toont van profielen met een kleefaaarde-achtig kleipakket tussen het vuursteenrijke eluvium en het onderliggende Krijt. Uit de diverse karteringen komt een uiterst gevarieerd beeld van de verzuring en samenstelling van het vuursteeneluvium naar voren: Waar min of meer in situ, zijn het inderdaad arme en zure, kaolinitische bodems, maar waar meer geërodeerd/gesolifluëerd en dichter op de kalk, kunnen ze meer smectitisch zijn en zelfs kalk bevatten. Uiteraard overheerst de vuursteenrijke variant, maar in het bijzonder Mekkinck en Kleijer beschrijven een ingewikkeld patroon met flinke variatie in bodemeigenschappen. Figuur 9, een uitsnede uit de 1:50 000 bodemkaart, geeft een goed beeld van het complexe bodemmozaïek in het gebied van Vijlen. Voor legenda-eenheden wordt verwezen naar Figuur 10 en voor de gebruikte toevoegingen naar Tabel 1.

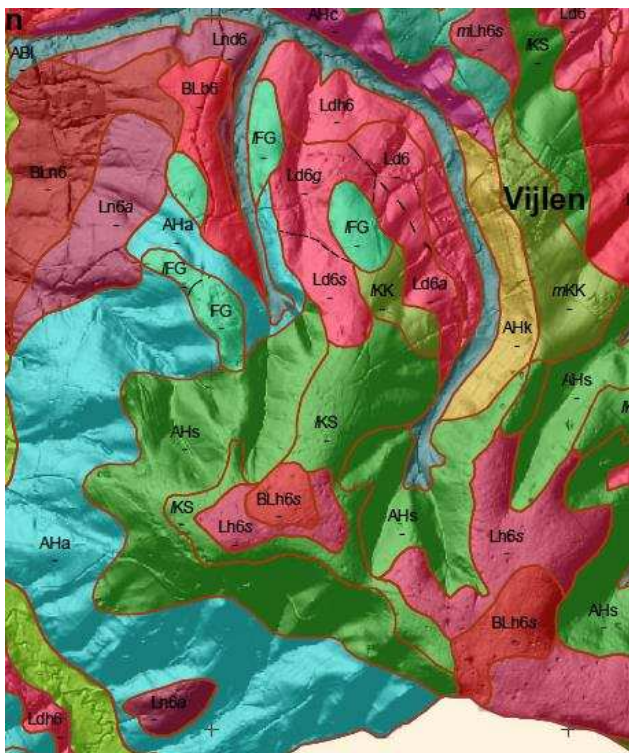


Fig. 9: Uitsnede van de 1:50.000 bodemkaart. Omgeving van Vijlen met vuursteeneluvium (FG), vuursteenellinggronden (Aks), glauconiethelling gronden (Aha) en enkele kleefaardegonden (KK).



Figuur 10: Legendaeenheden van de 1:50.000 Bodemkaart van Zuid-Limburg

Toevoegingen

g... grind ondieper dan 40 cm beginnend

l... lössdek, 15 à 40 dik

m... stenen in de bovengrond

...a glauconietklei beginnend tussen 40 en 120 cm

...g grof zand en/of grind beginnend tussen 40 en 120 cm

...k kalksteen of kleefaarde beginnend tussen 40 en 120 cm

...m oude rivierklei beginnend tussen 40 en 120 cm en tenminste 20 cm dik

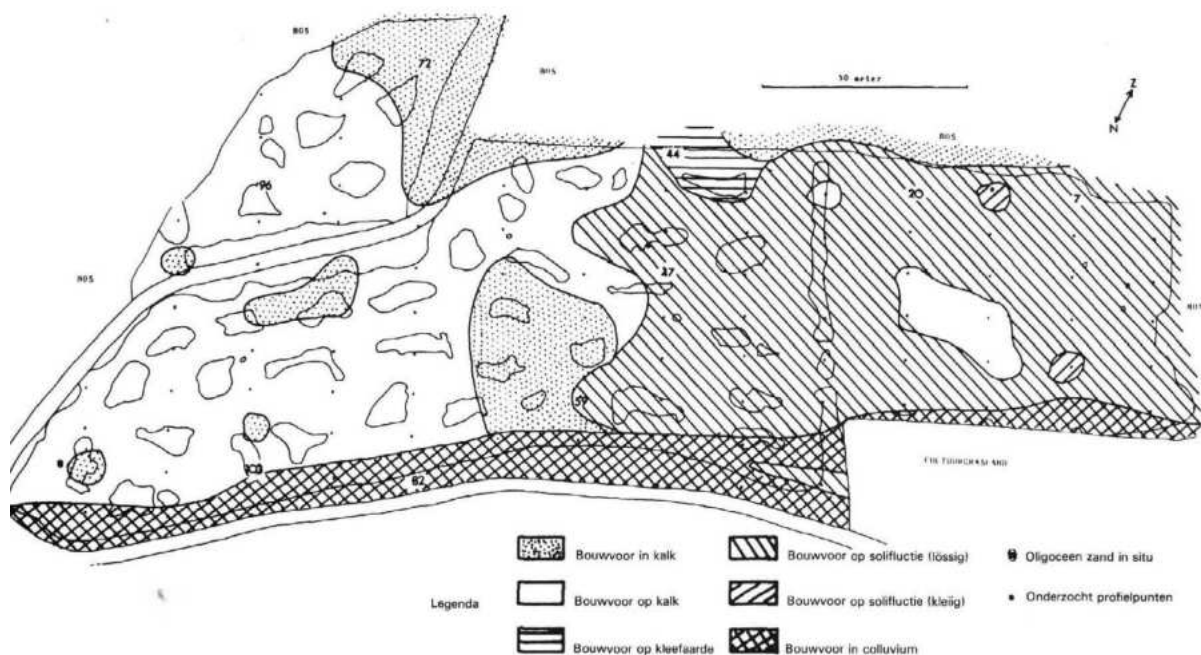
...s vuursteeneluvium beginnend tussen 40 en 120 cm

...t mariene afzettingen ouder dan Pleistoceen beginnend tussen 40 en 120 cm

Tabel 1: Toevoegingen van de legenda, 1:50.000 bodemkaart van Zuid-Limburg.

3.2. Kleefaarde

In het *terrassenlandschap* (West- en Oost-Maas) wordt het grensvlak van het Krijt over grote delen afgedekt door terrasmateriaal, waardoor *kleefaarde* in principe alleen op de hellingen ontsloten is als een smalle zone, hoog op de helling en direct op het Krijt. Plaatselijk is echter het terrasdek weg geërodeerd en kan kleefaarde ook op vlakkere plateaudelen voorkomen, al dan niet met een restdek van bijvoorbeeld terrasmateriaal of een mengsel van kleefaarde en loess, ontstaan door solifluctie. Die solifluctie kan ook verantwoordelijk zijn voor het voorkomen van 'schollen' kleefaarde lager op de helling. Tot slot komt kleefaarde ook voor als vulling van dolines, die tot ver beneden het oorspronkelijke terrasniveau kunnen reiken. Een fraai voorbeeld van het complexe bodempatroon, waartoe dit alles kan leiden werd gepubliceerd door Schaminée en Hennekes (1985) en betreft het Gerendal.



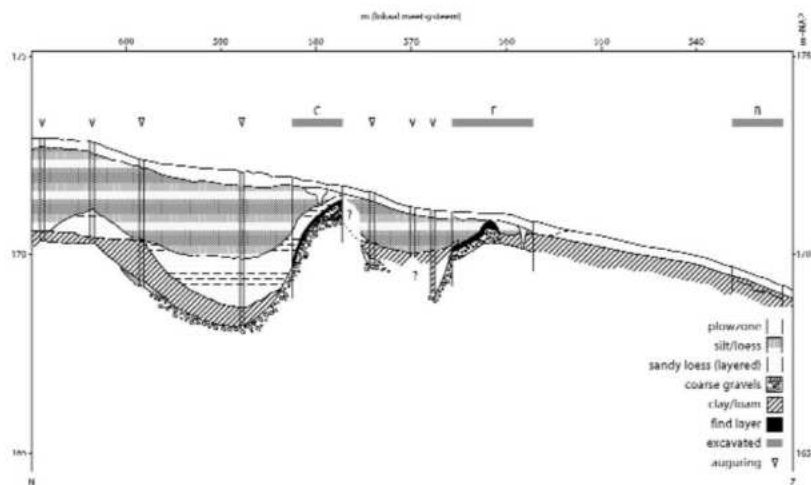
Figuur 11: Bodemkaartje van het Gerendal (Bron: Schaminée en Hennekes, 1985)

De vorming van kalksteenverweringsresidu op die plateaudelen, waar de Maas de oudere Tertiaire sedimenten niet heeft opgeruimd – het 'Ubachsbergeiland' – kan mogelijk al zijn gestart in het vroeg Tertiair, na de afzetting van de formatie van Houthem. Serieuze verwerking van de kalk zal in ieder geval zijn opgetreden vanaf het Laat-Mioceen, hetgeen betekent dat flink wat kleefaarde kan voorkomen op de verkarste kalksteen, die hier uit Kunrader kalk bestaat, een kalksteen met een vrij grote klastische component. Het is dan ook niet verwonderlijk dat op die plateaudelen van het 'eiland', waar slechts een dun, discontinu loessdek aanwezig is, de grootste eenheden kleefaarde gronden zijn gekarteerd. Dit is zichtbaar in de bodemkaart, maar het voorkomen van goed ontwikkelde kleefaarde bodems in dit gebied blijkt ook uit enkele studies van dit soort bodems.

In een drietal studies van Sevink en Verstraten (1979) wordt een oude kleefaarde bodem van de Vrakelberg, in het westen van het 'eiland' beschreven, waarvan verondersteld wordt, op basis van uitgebreide chemisch-mineralogische analyses, dat de vorming in het Tertiair is gestart. De kleefaarde is dominant smectitisch, maar er is door verwerking enige kaoliniet gevormd. De huidige

bodem is licht kalkhoudend en de pH is neutraal tot zwak basisch, maar dit is waarschijnlijk het gevolg van recente bekalking. Het fosfaatgehalte ligt rond de 1% hetgeen niet verwonderlijk is voor een residu van kalksteen, waar veel fossielen in voorkomen (Mosasaurus botten en tanden bestaan uit calciumfosfaat!). De Kunrader kalk komt op 50 cm of dieper voor en heeft een uitgesproken karstrelief. Een loessdek ontbreekt, zoals in dit deel van het Frombergplateau vaker voorkomt. Interessant is het voorkomen van Paleolithische werktuigen in de directe nabijheid van dit 'kleefaarde' plateau, onderzocht door archeologen van de Universiteit van Leiden (Blezer et al. 1996; Verpoorte et al, 2005; Glauberman, 2006). Glauberman beschrijft een tweetal depressies, vermoedelijk dolines, waarin onder een loessdek kleefaarde voorkomt met een grote hoeveelheid Midden-Paleolithische artefacten. Dat duidt sterk op een op zijn minst Saalien ouderdom van het kleefaarde oppervlak en past in het beeld van Sevink en Verstraten (1979), die ervan uitgaan dat in het Eemien flinke bodemvorming in de kleefaarde optrad.

Fig. 5 Schematic profile of the excavated trenches at Colmont-Ponderosa, correlated with auguring data (modified from Verpoorte et al., 2002; drawing: M. Oberendorf).



26 Kolen et al. 1999.

27 Mûcher pers. comm. 2001, cited in Langbroek et al. 2001.

Figuur 12: Doorsnede bij Colmont – Ponderosa met kleefgaard en archeologie. Bron: Glauberman (2006)

Uit hetzelfde gebied stamt het bodemprofiel dat door ISRIC is gekozen en gepubliceerd als referentiebodemp Nederland 11: Luvisol. Het betreft een typische kleefgaardebodemp bij Elkenrade, die sterk lijkt op het door Sevink en Verstraten onderzochte 'oude' kleefgaardeprofiel. Het is geclassificeerd als een bergbrikgrond, vanwege het voorkomen van duidelijke kleinspoeling.

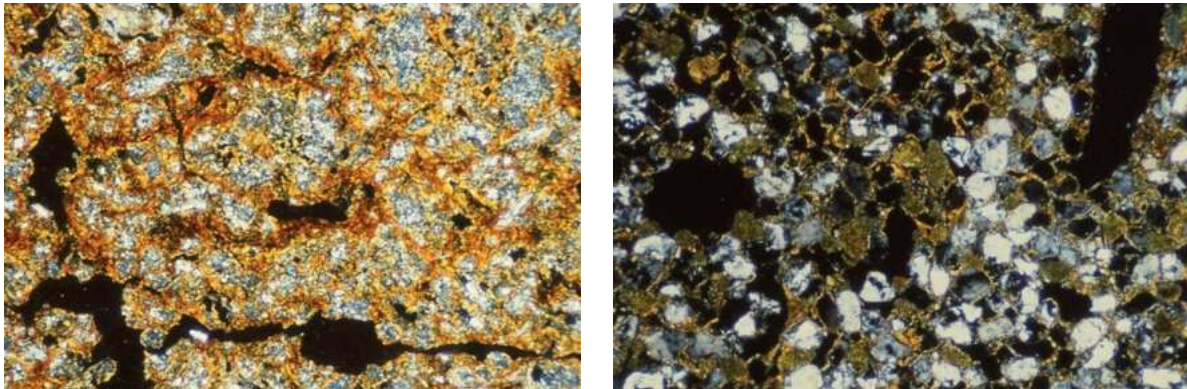


Figuur 13: Kleefaarde. Bron: Reference soil Netherlands 11/ Luvisol | ISRIC World Soil Museum

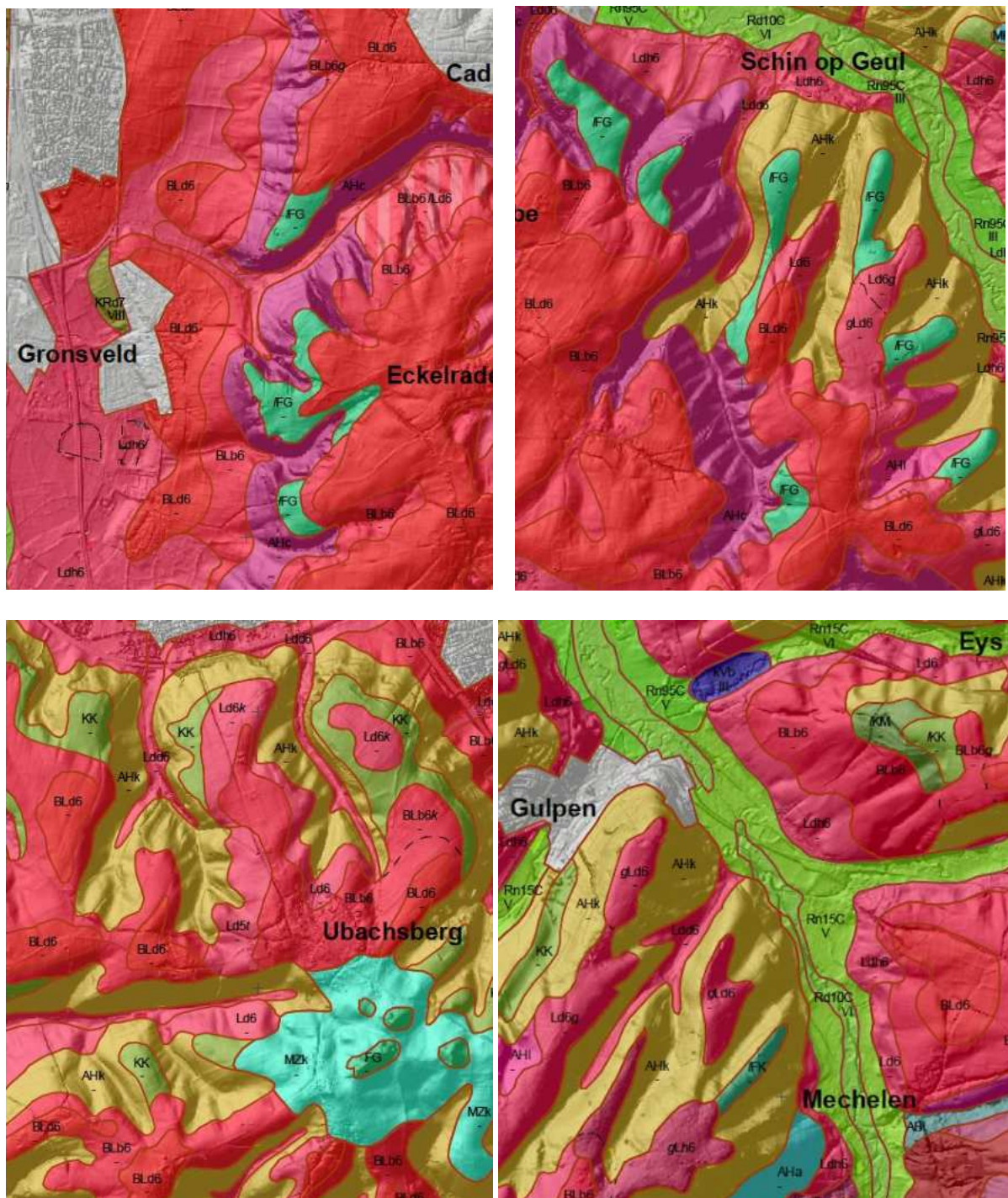
Sevink en Verstraten (1979) onderzochten ook kleefaarden, die veel lager op de krijthellingen van het dal van Elkenrade/Ubachsberg voorkomen. Zij moeten daarom veel jonger zijn – de accumulatie van dit residu is vermoedelijk pas gestart in het Weichselien. Mineraalverwerking is in deze smectitische,

licht kalkhoudende en neutrale, zeer ondiepe gronden nauwelijks opgetreden. Dit soort kleefaarde gronden zal vermoedelijk sterk lijken op de kleefaarde in de hellingassociaties van het terrassengebied - zie hierboven – waarvan echter geen vergelijkbare gedetailleerde studies bekend zijn.

Bij de oude kleefaarde is sprake van zware kleiinspoeling en ontbreken van glauconietkorrels. In het door Sevink en Verstraten onderzochte profiel bleek de zandfractie grotendeels te bestaan uit secundaire silificaties, die duiden op een aanzienlijke ouderdom van de verwerking. In de jonge kleefaarde was ook enige kleiinspoeling opgetreden. Het belangrijkste verschil met de oude kleefaarde was het voorkomen van glauconiet, wijzend op een veel minder uitgesproken verwerking.



Figuur 14: Links) Oude kleefaarde met sterke kleiinspoeling en een voornamelijk uit phytolithen bestaande zandfractie; Rechts) Jonge kleefaarde met glauconiet (groene korrels) en enige kleiinspoeling.



Figuur 14: Linksboven: West-Maas terrasgebied bij Maastricht met dominant terrasafzettingen in hellingen; Rechtsboven: West-Maas terrasgebied nabij Schin-op-Geul met dominant kalksteenhellings-eenheden; Linksonder: Ubachsbergeiland met oudere zanden (met paleosolen) en kleefaarde eenheden. Rechtsonder: Oost-Maas terrasgebied met Kleefaarde en uiteenlopende hellingassociaties. Voor legenda-eenheden, zie figuur 10.

4. Conclusies en slotopmerkingen

Uit alle publicaties komt het beeld naar voren van bodems in residuair materiaal, die overwegend in een complex bodemmozaïek voorkomen, met een veelal qua dikte sterk variërend loessdek, sterke verkarsting met zeer wisselende dikte van het residu en verstoring van de oorspronkelijke opbouw van het sedimentaire pakket door solifluctie in combinatie met verkarsting. Daarnaast nog vaak intensief en langdurig agrarisch grondgebruik, gepaard gaande met bekalking, waardoor de pH, de basenbezetting en het kalkgehalte sterk kunnen afwijken van die in de oorspronkelijke bodem (prelandbouw). Het totaalbeeld is echter duidelijk: arme, zure en vuursteenrijke zeer diepe vuursteeneluviumgronden in de gebergterand; rijke, neutrale en zeer kleiige kleefaardegonden op en nabij plateaus van het Ubachsbergeiland en elders in het Oost-Maas gebied, met de kalksteen veelal vrij ondiep onder de kleefarde.

Op de plateaus wordt het bodempatroon verder in hoge mate bepaald door het voorkomen en de dikte van het loesspakket, dat de kleefarde dan wel het vuursteeneluvium afdekt. In het bijzonder bij kleefarde met een dun loessdek kunnen daarbij scherpe contrasten tussen boven- en ondergrond voorkomen, met ontwikkeling van verzuurde en gebleekte bovengronden in loess op een stagnerende kleefarde ondergrond. Door de intensieve akkerbouw zijn dergelijke bodems echter maar zeer zelden bewaard gebleven. Hun ontwikkeling is vergelijkbaar met de podzolering in de sterk loesshoudende bovengrond van vuursteeneluviale bodems in het Vijlenerbos.

Op hellingen wordt het bodempatroon meer bepaald door erosie en colluviatie, waarbij zeer complexe patronen kunnen voorkomen, in het bijzonder bij hellingen met (voormalige) graften. Waar 'verweringsresidu' als een dunne laag wordt aangetroffen op de kalksteen is niet altijd duidelijk of het om vuursteeneluvium gaat (vuursteenrijk) of kleefarde en of deze laag in situ ligt dan wel de helling is afgeschoven. Dat geldt in het bijzonder voor het Oost-Maas gebied en de gebergterandzone met vuursteeneluvium in het zuiden, waar het onderscheid tussen kleefarde en vuursteeneluvium op hellingen lastig kan zijn. Bij de bestaande karteringen lijkt dit feitelijk gebaseerd te zijn op het vuursteengehalte en de aard van deze vuursteen (doorverweerd of niet).

Bij het ontbreken van zeer gedetailleerde bodemkaarten bestaat er meestal op basis van de 1:50.000 bodemkaart alleen een globaal beeld van het bodempatroon. Zoals het voorbeeld van het Gerendal laat zien, wordt het 'echte' patroon pas duidelijk bij gedetailleerd onderzoek. Het onderzoek van het Vijlenerbos geeft een vergelijkbaar beeld: een zeer complex patroon, dat pas bij detailkartering zichtbaar wordt. Dit alles leidt tot de sterke aanbeveling om bij elk plan tot natuurherstel van terreinen met kleefarde of vuursteeneluvium voorafgaand het bodempatroon te onderzoeken middels een gerichte kartering of transectstudie. Dit uiteraard wanneer informatie daarover ontbreekt. Daarbij kan in principe volstaan worden met een beperkte legenda c.q. criteria: voorkomen en dikte van loessdek, dikte en textuur van kalksteenresidu, vuursteen- en kalkgehalte, pH (op basis van veldbepaling met pH papier). De overige chemische kenmerken – basenbezetting, beschikbaarheid van P, etc. – kunnen uit deze algemene kenmerken worden afgeleid.

Uit het onderzoek waarbij ook de vegetatie werd bestudeerd en de relatie tussen groeiplaats en vegetatie onderzocht, zoals de studies van de genoemde gebieden, komt goed naar voren dat dit bodempatroon tot zeer complexe groeiplaatsmozaïeken leidt met een grote diversiteit van de flora en vegetatie. Op basis van de bestaande studies lijkt het mogelijk om een gedetailleerd overzicht te produceren van de vegetatie en haar floristische samenstelling voor de diverse groeiplaatsen. Een

uitzondering hierop vormen mogelijk de kleefardeplateaus, die thans vrijwel in hun geheel voor akkerbouw worden gebruikt en waarover enkel bodemkundige informatie beschikbaar lijkt te zijn.

Literatuur

Blezer, L., De Loecker, D., Kolen, J., 1996. A Middle Palaeolithic surface scatter at Colmont (Southern Limburg, The Netherlands), *Notae Praehistoricae* 16, 25-36.

Bolt, A.J.J., Mùcher H.J., Sevink, J. and Verstraten, J.M., 1980. A study on loess-derived Colluvia in Southern Limburg (the Netherlands). *Netherlands Journal of Agricultural Science* 28, no. 2 (1980): 110-126.

Bosch, P.W. 1981. Het dal van de Oost-Maas in Zuid-Limburg. *Grondboor en Hamer*, 95-109

Breteler, H. G. M. en Van den Broek J. M. M., 1968. Graften in Zuid-Limburg. *Boor en Spade XVI* 1968, 119-130.

Buurman, P. 1972. Paleopedology and Stratigraphy on the Condrusian Peneplain (Belgium). *Agric. Res. Repts. Wageningen* 766, 1-67.

Buurman, P., Jongmans, A.G., Broekhuizen, J., Miedema, R., 1985. Genesis of the flint eluvium and related beds in South Limburg, The Netherlands. *Geologie en mijnbouw* 64, no. 1 (1985): 89-102.

De Waal, R.W. 1984. Toelichting 1:50 000 Bodemkaart Zuid-Limburg. *Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium, Universiteit van Amsterdam*. 59 pp.

Felder, P.J., 1961. Het vuursteeneluvium in Z. Limburg. *Grondboor & Hamer*, 15(4), pp.337-344.

Felder, W.M., Bosch, P.B. 1989. *Geologisch Kaart van Zuid-Limburg en omgeving, schaal 1:50.000. Afzettingen van de Maas. Rijks Geol. Dienst, Heerlen.*

Glauberman, P., 2006. 10 Excavating surface sites, tapping a source of potential: The Middle Palaeolithic surface scatters of southern Limburg (NL) and the case study of Colmont-Ponderosa. *Nederlandse Archeologische Rapporten* 31, 87.

Jongmans, A.G., Van den Berg, M.W., Sonneveld, M.P.W., Peek, G.J.W.C. and Van den Berg van Saparoea, R.M., 2013. *Landschappen van Nederland* (p. 942). Wageningen Academic Publishers.

Mekkink, P., Kleijer, H., 1986. De bodemgesteldheid, de vegetatie, de bodemgeschiktheid voor de bosbouw en de te verwachten bosgemeenschappen in boswachterij Vaals. Wageningen, STIBOKA. Rapport 1810.

Schaminée, J. Hennekens, S., 1985. Bodem en vegetatie van de Wylré-akkers. Zuid-Limburg: van Bouwland naar krijthellinggrasland. *De Levende Natuur* 86 (2)

Sevink, J. and Verstraten, J.M., 1979. Clay soils on limestone in South Limburg, The Netherlands, 1. Setting and general characteristics. *Geoderma*, 21(4), pp.251-267.

Stouthamer, E., Cohen, K.M., Hoek, W.Z. 2023. *De vorming van het land: geologie en geomorfologie. Perspectief uitgevers, Herziene 9e druk.*

Van den Berg, M. W., van Hoof, T., 2001. The Maas terrace sequence at Maastricht, SE Netherlands: evidence for 200 m of late Neogene and Quaternary surface uplift. *River basin sediment systems: Archives of environmental change*, 45-86.

Vandenberghe, N., Van Simaey, S., Steurbaut, E., Jagt, J.W.M., Felder, P.J., 2004. Stratigraphic architecture of the Upper Cretaceous and Cenozoic along the southern border of the North Sea Basin in Belgium. *Netherlands Journal of Geosciences*, 83(3), 155-171.

Van der Broek, J.M.M. and Van der Marel, H.W., 1962. Morphological and chemical characteristics of various soil types in the province of Limburg. *Boor Spade*, XII: 111--115.

Van den Broek, J.M.M., van der Waals, L., 1967. The Late Tertiary peneplain of South Limburg (the Netherlands): silifications and fossil soils: a geological and pedological investigation (No. 3). STIBOKA.

Verpoorte, A., Voormolen, B., 2005. Databestanden van de opgraving Colmont-Ponderosa 2001. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/593>

Verstraten, J.M. and Sevink, J., 1979. Clay soils on limestone in South Limburg, The Netherlands, 2. Weathering. *Geoderma*, 21: 259--270.

Verstraten, J.M. and Sevink, J., 1979. Clay soils on limestone in South Limburg, The Netherlands, 3. Soil formation. *Geoderma*, 21: 281--295.

Vleeshouwer, J. J., Damoiseaux, J. H., Steur, G. G. L., Heijink, W., de Bakker, H., Boersma, O. H., Hamming, C., 1990. Bodemkaart van Nederland 1: 50.000: toelichting bij kaartblad 61-62 west en oost, Maastricht-Heerlen.

Bijlagen

Bijlage: Beschrijvingen van kleefaarde en vuursteeneluvium uit de Toelichting bij de 1:50 000 bodemkaart Blad 61-62 west en oost naar Vleeshouwer et al. (1990).

Kleefaarde

Kleefaarde wordt als enkelvoudige kaarteenheden in kleine oppervlakten verspreid in het oostelijk deel van het gebied gevonden en ligt daar doorgaans op de overgang van plateaus naar ingesneden terreinen met steile hellingen. Kleefaarde kan ook deel uitmaken van hellinggronden maar dan is de laag kalksteenverweringsklei doorgaans relatief dun (40 tot 60 cm). De meeste kleefaarde is in gebruik als bouwland en heeft een ca. 30 cm dikke, kalkloze bouwvoor met ca. 3% humus en 30 tot 60% lutum. Op hellingen zijn de bovengronden door verploegen en bekalken meestal kalkhoudend. De grote spreiding in lutumgehalte wordt veroorzaakt door een meer of minder grote bijmenging met loess. Plaatselijk komen zelfs dekken voor van veelal verspoelde loess met wat vuurstenen. Hier en daar zijn deze dekken karterbaar; in hellende terreinen worden ze ook wel als onzuiverheid gevonden, vooral in lage terreingedeelten. De bouwvoor bevat vrijwel overal wat vuurstenen. De plaatsen waar zoveel stenen voorkomen dat men er bij het ploegen hinder van ondervindt, zijn op de kaart aangegeven met toevoeging m. Onder de bouwvoor bestaat kleefaarde uit humusarme, kalkloze, zware klei waarin, afhankelijk van de kalksteen waaruit ze is ontstaan, een uiteenlopende hoeveelheid vuurstenen voorkomt. Over het algemeen bevat kleefaarde ontstaan uit kalksteen van de Formatie van Maastricht (en Kunrader kalk) weinig vuurstenen, die ontstaan uit kalksteen van de Formatie van Gulpen duidelijk meer. De kleefaarde is 40 tot 150 cm dik en varieert in kleur van oranjebruin (5YR 5/8) tot lichtbruin (10YR 6/3). Deze kleurverschillen hangen mogelijk deels samen met verschillen in bodemvorming in de kalksteenverweringsklei, maar zijn vrijwel zeker ook het gevolg van verschillen in ontwateringstoestand tijdens de vorming van deze klei. Lokaal komen hydromorfe varianten van kleefaarde voor, o.a. ten zuiden van Bocholtz, waar een vlak met grijze, roestige kleefaarde ligt. Kleefaarde heeft een sterk zwel- en krimpvermogen en een nauwe bewerkingmarge. In natte toestand is de grond erg dicht en kleverig en in droge toestand zeer hard en moeilijk te verkrumelen. Bij uitdrogen vormen zich polygonen met een doorsnede van ca. 20 cm en 5 cm brede, diepe krimpscheuren.

KAARTEENHEDEN

Code	Helling %	Bewortel- bare diepte cm	Humushoudende bovengrond				Kalkklasse
			dikte cm	humus %	lutum %	leem %	
KK-B	2- 5	55-75	20-30	2-5	30-60		1
/KK-B	2- 5	55-75	20-30	1-4	20-25	85-98	1
mKK-B	2- 5	55-75	20-30	2-5	30-60		1
KK-C	5- 8	55-75	20-30	2-5	30-60		1
/KK-C	5- 8	55-75	20-30	1-4	20-25	85-98	1
mKK-C	5- 8	55-75	20-30	2-5	30-60		1
/KK-D	8-16	55-75	20-30	1-4	20-25	85-98	1

Vuursteeneluvium

Vuursteeneluvium is als enkelvoudige kaartenheid alleen aangetroffen in kleine vlakken in het zuidoostelijke deel van het gebied, o.a. op de z.g. laat-tertiaire schiervlakte. In steile hellingen is het een belangrijke component van de vuursteenellinggronden. De gronden bevatten veel grillig gevormde, 2 tot 10 cm grote vuurstenen. Het zijn arme en zeer zure gronden die weinig geschikt zijn voor akker en weidebouw en daarom vrijwel geheel zijn bebost. Vrijwel alle gronden van het Vuursteeneluvium hebben een 20 tot 40 cm dik dek

van loess (toevoeging /...) dat vermengd is met een uiteenlopende hoeveelheid vuurstenen. Onder bos is in dit loessdek op veel plaatsen een micropodzol ontstaan. Het Vuursteeneluvium onder het loessdek is 10 a 15 m dik en bestaat uit kleiige vuursteen (40-90 volume procenten vuursteen) die zuur is (pH 3-4) en slecht doorlatend. Het Vuursteeneluvium op de schiervlakte wordt merendeels in situ aangetroffen.

Code	Helling %	Bewortel- bare diepte cm	Humushoudende bovengrond					Kalkklasse
			dikte cm	humus %	lutum %	leem %	M50 μm	
/KS-A	0- 2	40-60	10-25	5-10	15-20	70-90	1	
KS-B	2- 5	40	10-25	5-10	30-50	.	1	
/KS-B	2- 5	40-60	10-25	5-10	15-20	70-90	1	
-C	5- 8	40-60	10-25	5-10	15-20	70-90	1	
-D	8-16	40-60	10-25	5-10	15-20	70-90	1	



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



OBN Natuurkennis wordt gecoördineerd door de VBNE en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en BIJ12.



Alle publicaties en producten van OBN Natuurkennis zijn te vinden op
www.natuurkennis.nl