

De slakkenmineralen van Lavrion (Gr.)

Ontwikkelingen na 1996, inclusief een archeologische ontdekking

door Piet van Kalmthout
e-mail: contact@pietvankalmthout.com
website: <http://pietvankalmthout.ruhosting.nl/laurion>

Een van de oudste mijnbouwgebieden ter wereld bevindt zich in Griekenland, 60 km ten zuiden van Athene op de punt van het schiereiland Attica. Het is een gebied van 10 bij 10 km en werd in de oudheid Laureion (ook wel Laurion, uitgesproken als Lavrion) genoemd. In de antieke Romeinse literatuur wordt gesproken over "Laurium". Op de meest zuidelijk gelegen kaap van het Lavriongebied ligt de beroemde tempel van Poseidon, waar honderden toeristen dagelijks naar de zonsopgang komen kijken. In het oostelijke deel van het gebied ligt aan de kust het havenplaatsje Lavrio. Het stadje is

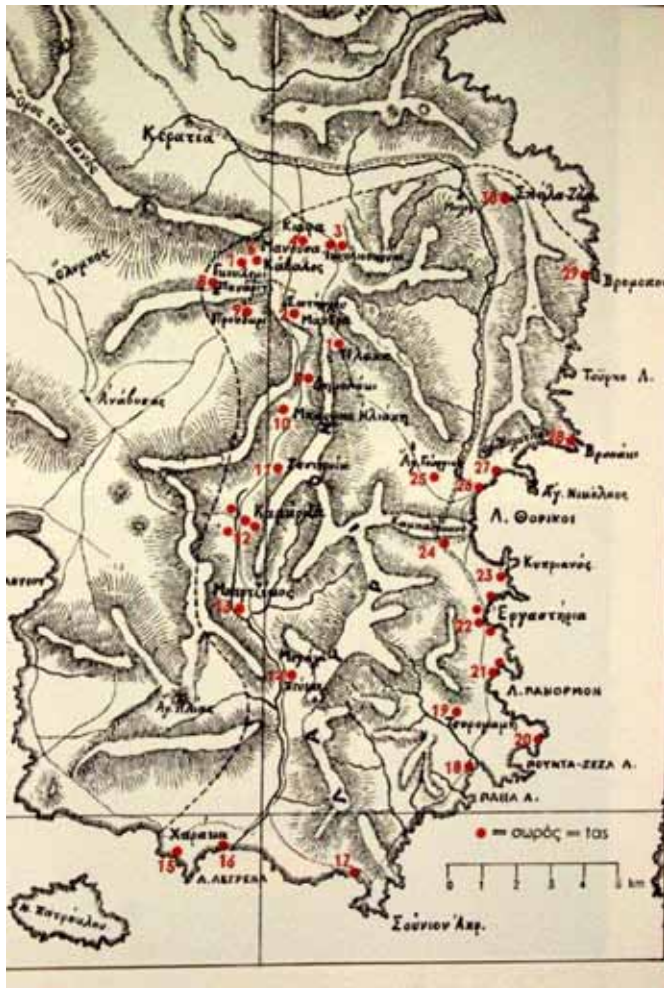
lijker gelegen Thorikos het mijnwerkersplaatsje. Het is momenteel een opgravingsterrein waar onder andere het oudste antieke theater van Griekenland is gelegen. De mijnbouwactiviteit in het Lavriongebied ontstond 5000 jaar geleden. Metersdikke galenietlagen (loodsulfide) werden er aangetroffen. De galeniet bleek een gering percentage zilver te bevatten (maximaal 0,5%). Via smelting en cupellatie (mogelijk een Griekse vinding) werd het zilver van het lood gescheiden. Het zilver bracht rijkdom, macht en een grote wetenschappelijke en culturele ontwikkeling in Griekenland. Men heeft berekend dat er in de Griekse oudheid in Lavrion 3,5 miljoen kilo zilver werd gewonnen.

In mineralogisch opzicht is Lavrion zeer interessant. In de metamorfe gesteenten in de buurt van de ertslagen worden de schitterendste mineralen aangetroffen. Enkele voorbeelden van de meer dan 400 verschillende in het Lavriongebied voorkomende mineralen zijn: adamien, annabergiet, aurichalciet, azuriet, cerussiet, conichalciet, galeniet, malachiet, mimetesiet en smithsoniet. Op de storthopen van de talloze mijnen (in 1978 werd de laatste gesloten) zijn nog steeds met gemak tientallen verschillende mineralen (micromounts) te vinden. Daarnaast komt een aparte groep mineralen in Lavrion voor: de slakkenmineralen. Ze zijn in zee ontstaan in de afvalproducten (de loodslakken) voor zover die na de smelting in de Griekse oudheid in zee terecht zijn gekomen. De belangrijkste vorming in zee vond plaats doordat het zout inwerkte op de restanten lood in de slakken (de Middellandse Zee heeft een hoog zoutgehalte). De bekendste mineralen in de slakken zijn dan ook de loodhalogeniden. Voorbeelden zijn: boleiet, cumengeiet, fiedleriet, laurioniet en thorikosiet.

In Gea zijn eerder drie uitgebreide artikelen over Lavrion verschenen: 'De mineralen van Lavrion, Griekenland' door H. Dillen (Gea juni 1979), 'Zilvermijnbouw in de Gouden Eeuw van Athene' door Hans van der Valk (Gea maart 1990) en 'Lavrion: nog steeds geliefd bij mineralenzoekers' door Joke Stemvers-van Bommel (Gea maart 1990). Ook in andere geologische tijdschriften, vooral in de Duitse tijdschriften Lapis, Mineralien-Welt en Der Aufschluss, zijn vele artikelen over Lavrion gepubliceerd. Daarnaast verscheen in 1996 het boek 'Lavrion, the Minerals in the Ancient Slags', geschreven door de auteurs Piet Gelaude, Piet van Kalmthout en Christian Rewitzer.¹⁾ Dit artikel is een vervolg op deze publicatie.

Slakkenmineralen van Lavrion: toch mineralen

Sinds het verschijnen van het boek 'Lavrion, the Minerals in the Ancient Slags' zijn er heel wat mineralenverzamelaars geweest die de in het boek beschreven vindplaatsen van Lavrion-slakkenmineralen hebben bezocht. Een jaar eerder, in 1995, had de International Mineralogical Association (IMA) besloten dat na 1995 chemische verbindingen, gevormd door de activiteit van geologische processen op stoffen die daar door de mens zijn terecht gekomen, niet meer als mineralen zouden worden beschouwd. Echter, de in het verleden erkende slakkenmineralen bleven erkend. Nadrukkelijk werden door de IMA daarbij de slakkenmineralen van Lavrion als voorbeeld genoemd.²⁾ Gesteund door deze uitspraak van de IMA werd aldus in het Lavriongebied door vele verzamelaars



Afb. 1. Vouyoukas. Kaart met storthopen van antieke loodslakken in 1865.

van latere datum en kwam vooral tot bloei toen in de 19de eeuw de oude mijnen, na bijna tweeduizend jaar stil te hebben gelegen, opnieuw tot ontwikkeling werden gebracht. Sinds het begin van de 21ste eeuw ontstaat voor Lavrio een nieuwe bloeiperiode omdat er na ombouw van de haven vanuit Lavrio veel ferrydiensten naar de eilanden vertrekken.

In de Griekse oudheid was niet Lavrio, maar het iets noorde-

naar slakkenmineralen gezocht. Schitterende collecties, waaronder vele systematische, werden opgebouwd en prachtige foto's werden gemaakt.

Het boek *'Laurion, the Minerals in the Ancient Slags'* was geschreven na een zorgvuldige studie en selectie van de Lavrion-slakkenmineralen gedurende een periode van tien jaar. Piet Gelaude en Piet van Kalmthout beschikten over zeer uitgebreide collecties, met daarin ook vele wetenschappelijk gedetermineerde specimina. Van de meest representatieve mineralen werden door Piet van Kalmthout foto's voor het boek gemaakt op een zodanige manier dat eye-determination van de zeer kleine mineralen mogelijk werd. Vanaf 1986 werkten Piet Gelaude en Piet van Kalmthout acht jaar lang aan het boek. In 1994 werd Christian Rewitzer gevraagd co-auteur te zijn, omdat hij beschikte over een twintigtal gedetermineerde mineralen die in de collecties van Piet Gelaude en Piet van Kalmthout ontbraken. Tevens verzorgde Christian Rewitzer de Duitse vertaling.

Hoewel de research zeer gedegen was geweest, wisten de auteurs dat er na het verschijnen van het boek ongetwijfeld fraaiere Lavrion-slakkenmineralen gevonden zouden gaan worden, als het aantal verzamelaars van slakkenmineralen zou toenemen. Immers ook de auteurs zelf hadden jaar na jaar steeds bijzondere vondsten gedaan. Zij wisten dat de verschijningsvormen en paragenesen van de mineralen in de antieke loodslakken gevarieerd en verrassend waren. Overigens moet hierbij nadrukkelijk worden aangetekend dat zeer veel loodslakken in Lavrion nauwelijks of slechts weinig mineralen bevatten. Mooie vondsten zijn zeldzaam.

Naast de toename van het aantal verzamelaars van Lavrion-slakkenmineralen speelden twee andere factoren een rol bij het ontdekken van nieuwe verschijningsvormen en zelfs ook van enkele nieuwe slakkenmineralen. De eerste factor was het gegeven dat vele verzamelaars niet meer ter plekke maar thuis de loodslakken gingen openen. Na het bekijken onder een goede microscoop werd minder snel iets weggegooid: ook de kleinste slakken bleken soms nog fraaie kristallen te bevatten. De kwetsbare kristallen konden direct worden geborgen in micromountdoosjes. Op deze wijze konden meer bijzonderheden worden ontdekt en veilig gesteld. De tweede factor was het ontdekken van nieuwe vindplaatsen. Dit was ook noodzakelijk geworden omdat het steeds moeilijker werd om nog loodslakken te vinden op de in het boek beschreven vindplaatsen (Vrissaki, Thorikos, Passa Limani en Sounion). De nieuwe vindplaatsen konden o.a. worden ontdekt met behulp van de kaart van Vouyoukas (afb. 1), die door Conophagos in zijn boek over de zilverproductie in het klassieke Lavrion was opgenomen (1980).³⁾

Desondanks blijkt het in 1996 verschenen boek *'Laurion, the Minerals in the Ancient Slags'* toch vrij volledig. Voor zover bij de auteur bekend kunnen op dit moment slechts vijf mineralen, alle zeer zeldzaam, worden toegevoegd aan de reeks van 99 in het boek beschreven slakkenmineralen. Vier van deze slakkenmineralen zijn niet specifiek voor de loodslakken; ze worden ook in of bij de mijnen in het Lavriongebied aangetroffen. *Ter vergelijking worden zowel de foto's van de slakkenmineralen als die van dezelfde mineralen zoals ze in of rond de mijnen worden aangetroffen in dit artikel getoond.* Na het bespreken van deze nieuwe Lavrion-slakkenmineralen worden vervolgens de verschillende vindplaatsen van Lavrion-slakkenmineralen beschreven met een aantal specifieke eigenschappen van de frequent voorkomende mineralen per vindplaats. Tenslotte begeeft de auteur zich met behulp van de mineralogie op voorzichtige wijze op het pad van de archeologie.

Vijf nieuwe Lavrion-slakkenmineralen

1. Spangoliet, $\text{Cu}^{2+}_6\text{Al}(\text{SO}_4)(\text{OH})_{12}\text{Cl}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Spangoliet werd voor het eerst door Cees van Loon gevonden in 1998 op de toen net ontdekte vindplaats: Charakas. Lopend over het strand raapte hij wat verspreid liggende loodslakken op en in één daarvan bevond zich spangoliet in een paragenese met fosgeniet en cumengeiet (foto 1). Spangoliet komt ook in de mijnen van Lavrion voor, vooral in de Hilarionmijn, ten zuiden van Kamariza (foto 2). Spangoliet vormt groene, zeshoekige, tonvormige kristallen. Het mineraal is later nog door enkele anderen gevonden op het strand van Charakas.

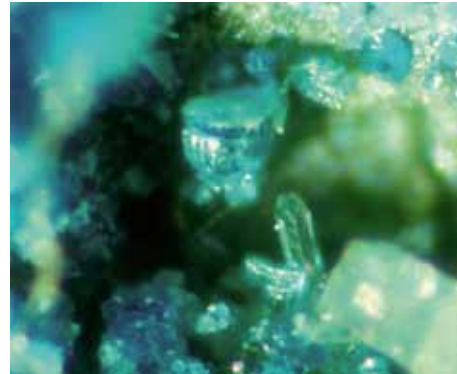


Foto 1: Spangoliet, fosgeniet en cumengeiet in antieke loodslak. BB 0,7 mm. Vondst Cees van Loon, Charakas 1998.

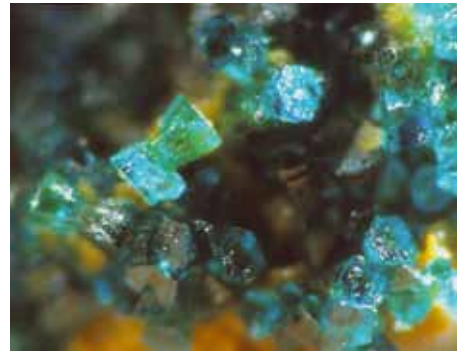


Foto 2: Spangoliet, BB 1,1 mm. Vondst in Hilarionmijn 1997.

2. Acanthiet, Ag_2S

Op het eerste gezicht lijkt het niet verwonderlijk dat zilver sulfide in de loodslakken voorkomt. De Grieken uit de klassieke oudheid smolten het fijngemalen looderts (galeniet) juist om, omdat het een gering percentage zilver (0,04 - 0,5%) bevatte. In een cupellatie-oven wist men het zilver te winnen vanuit het werklood dat in een eerder smeltproces was verkregen. Er werd nauwkeurig gewerkt en er bleef dan ook niet veel zilver in de slakken achter. Zilver- en dus ook acanthietvondsten in de loodslakken zijn daarom extreem zeldzaam. Acanthiet komt voor in zwarte, platte, vogelveervormige kristallen. Foto 3 toont acanthiet op fluoriet, gevonden in 2000 door



Foto 3: Acanthiet op fluoriet in antieke loodslak. BB 1,1 mm. Vondst Marius Utens, Passa Limani 2000.



Foto 4: Acanthiet.
BB 0,7 mm.
Vondst in mijn 80,
Plaka 2005.

Marius Utens in een loodslak van Passa Limani. Het in 'Lavrion, the Minerals in the Ancient Slags' op blz. 189 getoonde onbekende mineraal C betreft waarschijnlijk ook acanthiet. Foto 4 toont acanthiet in 1998 gevonden in mijn 80 in Plaka (in het noorden van het Lavrion-mijnbouwgebied).

3. Elyiet, $Pb_4Cu^{2+}(SO_4)(OH)_8$

Op de nieuwe vindplaats Charakas werd door Piet van Kalmt-hout in 2005 elyiet gevonden. Het is later op dezelfde vind-plaats nog eenmaal gevonden. Elyiet is een mineraal dat op vele slakkenvindplaatsen in de wereld wordt aangetroffen, onder andere in Sclaigneaux (België). Het vormt violette naalden, vaak radiaalstralig gegroepeerd, maar kan ook in solitaire naaldvormige kristallen voorkomen. In de loodslak van Charakas is de paragenese litharge (foto 5). Litharge (PbO) is het roodoranje loodoxide. Het komt in de slakken voor als concreties, sferulae of zeldzaam als tetragonale plaatjes.

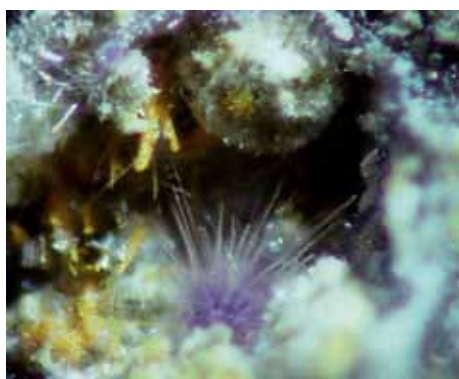


Foto 5: Elyiet en litharge, in antieke loodslak. BB 0,7 mm. Vondst PvK, Charakas 2005.

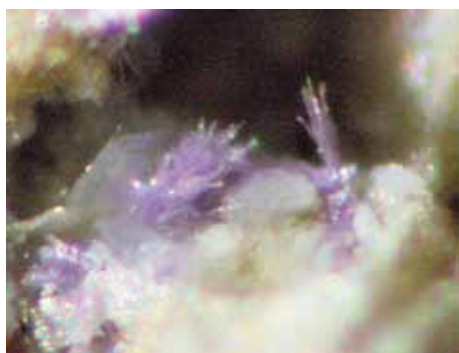


Foto 6: Elyiet-groepjes, BB 0,6 mm. Vondst Michalis Kazamiakis, bij oven in Megala Pefka 2005.

Elyiet is ook bij de mijnen van Lavrion gevonden en wel in Megala Pefka, Apo-Sounion (foto 6). Het betrof een eenmalige vondst door Michalis Kazamiakis. De elyiet werd daar aangetroffen in een lithargeslak naast een antieke smeltoven.

4. Pyriet, FeS_2

In een antieke loodslak, in 2009 door Marius Utens gevonden op het strand van Charakas, werd pyriet aangetroffen. Het betrof een eenmalige vondst. De slak bevat duizenden minuscule, korrelige pyrietkristallen (foto 7) waarop ook mendi-piet $Pb_3Cl_2O_2$ is afgezet. Hierdoor is er een zekerheid dat het inderdaad een antieke loodslak betreft. De pyriet en mendi-piet werden door Günther Blass met behulp van een EDX-analyse gedetermineerd.

In de mijnen van Lavrion wordt pyriet zeer veelvuldig aangetroffen, meestal in zeer kleine kristallen (foto 8).

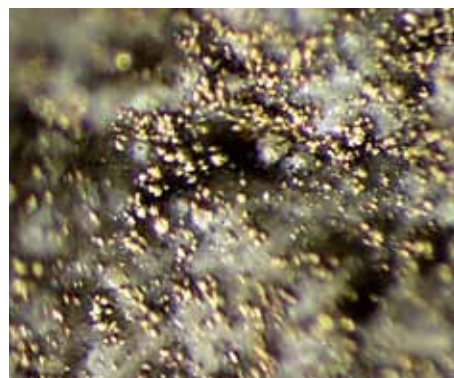


Foto 7: Pyriet in antieke loodslak. BB 0,6 mm. Vondst Marius Utens, Charakas 2009.



Foto 8: Pyriet, BB 3,9 mm. Vondst in Hilarion-mijn 1998.

5. $Pb_5(As^{3+}O_3)Cl_7$

Zeer recent (2011) werd door O.I. Siidra een nieuw loodchloride beschreven. Het betreft een nieuw Lavrion-slakkenmineraal waaraan nog geen naam is toegekend. De chemische formule is: $Pb_5(As^{3+}O_3)Cl_7$. Het mineraal werd samen met fosgeniet aangetroffen in een antieke loodslak in Panormos en kon worden gedetermineerd dankzij een nauw samenwerkingsverband tussen de geologiefaculteiten van St. Petersburg en Athene.⁴⁾ Het kristal is orthorhombisch, kleurloos en transparant. Een foto van het kristal is nog niet gepubliceerd.

Uiteraard zijn er nog andere mogelijk nieuwe Lavrion-slakkenmineralen gevonden waarbij nog verdere analyses moeten plaatsvinden. Te noemen zijn: zeer kleine bruine hexetraedrale (piramidevormige) kristallen, mogelijk nantokiet, wit transparante krullen, mogelijk melanteriet en blauwe en groene hexagonale plaatjes, mogelijk chalcophylliet. De auteur komt graag in contact met verzamelaars die een mogelijk nieuw Lavrion-slakkenmineraal bezitten.

Vindplaatsen van Lavrion-loodslakken met hun voornaamste mineralogische voorkomens

Omdat de loodslakken uit de klassieke oudheid nog exploiteerbare restanten lood en zilver bevatten, werden in de 19de en 20ste eeuw alle storthopen van loodslakken zowel in het binnenland als langs de kust geslecht, waarbij de slakken opnieuw werden omgesmolten. De chauffeurs van de vracht-

wagens schepten zelfs nog slakken uit de zee, voor zover ze daar makkelijk bij konden komen. Uiteraard komen de begerde loodchloriden alleen voor in de loodslakken die in de klassieke oudheid vanuit de smeltovens in zee waren gerold. Ze moeten dus in zee worden opgedoken of op het strand worden geraapt. In zee liggen ze meestal niet erg diep (maximaal 10 meter), zodat al snorkelend kan worden gezocht. Momenteel is het zoeken naar loodslakken op de stranden of in zee moeilijk geworden. Op de volgende vindplaatsen langs de kust zijn de afgelopen decennia loodslakken gevonden:

- **Tourkolimanon** (niet aangegeven op de kaart van Vouyoukas)

Tourkolimanon ligt ten noorden van Vrissaki. In de baai zijn loodslakken te vinden, maar de meeste bevatten geen mineralen. Zeer sporadisch wordt aragoniet en gips aangetroffen. Waarschijnlijk betreft het hersmolten slakken. Het hersmelten gebeurde namelijk al in de Griekse oudheid.

- **Vrissaki** (kaart Vouyoukas: 28)

In Vrissaki konden grote kristallen gevonden worden. Veel voorkomend waren: cerussiet, fosgeniet, anglesiet, laurioniet, paralaurioniet, fiedleriet. Verder de arsenicum bevattende mineralen ecdemiet, heliophylliet en georgiadesiet. Ten slotte de ijzer bevattende mineralen nealiet (Vrissaki is typelociteit) en ferroxyhiet. Koperhoudende mineralen komen er nauwelijks voor.

- **Agios Nikolaos** (tussen Vrissaki en Thorikos)

In de bocht van Agios Nikolaos werden naast de loodhoudende mineralen als cerussiet ook veel koperhoudende mineralen gevonden, zoals cupriet en connelliet. Het is een kleine

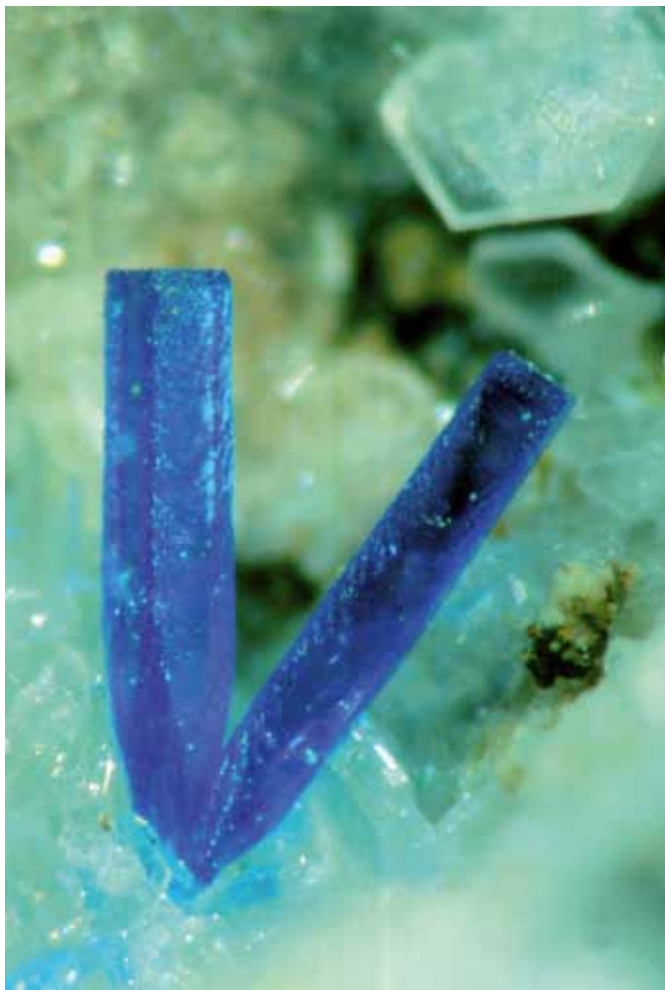


Foto 9: Diaboleiet (blauw) met susanniet, Thorikos, BB 0,9 mm, 1995.

vindplaats en veel antieke loodslakken zijn er niet gevonden.

- **Thorikos** (kaart Vouyoukas: 26 en 27)

Het strand van Thorikos is gelegen aan de voet van het oorspronkelijke mijnwerkersdorp Thorikos, waar het oudste theater uit de Griekse oudheid te vinden is. Het is momenteel een archeologische site; pogingen worden ondernomen om er een toeristische trekpleister van te maken.

Naast de bekende loodchloriden zoals laurioniet, paralaurioniet en fiedleriet werden in Thorikos ook de beroemde blauwe koperhoudende loodchloriden als cumengeiet, diaboleiet (foto 9) en boleiet (bevat ook zilver) gevonden. Ook cerussiet en fosgeniet kwamen er veel voor. Als bijzonderheid is nog te vermelden dat in Thorikos niet alleen een groot aantal gangbare slakkenmineralen, maar ook een grote diversiteit aan zeldzame slakkenmineralen werden aangetroffen, met name in de oude slakken. Waarschijnlijk was Thorikos een van de eerste plaatsen waar de zilverwinning plaatsvond. Het productieproces moet in het begin nog niet zo verfijnd geweest zijn, zodat in de slakken nog relatief veel metaalresten aanwezig waren.

- **Oxygon** (kaart Vouyoukas: 23)

De rijkdom aan mineralen in de loodslakken van Oxygon was niet groot. Naast loodchloriden kwamen vooral ook ijzerhoudende mineralen als nealiet en ferryhydriet voor. Sporadisch ook koperhoudende mineralen als malachiet. Langs de kust richting Lavrio-haven zijn zeer grote slakken te vinden waarin direct onder de buitenzijde nealietkristallen voorkomen. Waarschijnlijk zijn het nieuwe slakken (uit de 20ste eeuw).

- **Lavrio-haven** (kaart Vouyoukas: 22)

De haven van Lavrio was een vindplaats die jarenlang ontoegankelijk was. Vervuiling, drukke scheepvaart en de diepte van de haven maakten het duiken naar loodslakken nagenoeg onmogelijk. Rond 1995 werd de haven echter toegankelijk gemaakt voor de uitbreiding van veerdiensten naar diverse Griekse eilanden in de Egeïsche Zee. De haven werd uitgebaggerd en aan de oevers verschenen grote bergen slib, waarin ook loodslakken te vinden waren. Verschillende verzamelaars die op dat moment ter plaatse zochten naar slakkenmineralen konden vaststellen dat de loodslakken uit de haven van Lavrio vergelijkbare mineralen als die van Thorikos bevatten: cerussiet, anglesiet, koperhoudende loodchloriden als cumengeiet en boleiet en ook koperhoudende mineralen als cupriet, brochantiet en connelliet.

- **Panormos** (kaart Vouyoukas: 21)

Aan de basis van een groot aantal aaneengesloten smeltovens (momenteel een beschermde archeologische site) ligt in de baai van Panormos in zee een zeer grote hoeveelheid loodslakken. De loodslakken zijn vrij groot (10 tot 20 cm diameter) en bevatten slechts een geringe diversiteit aan mineralen: vooral aragoniet en fluoriet zijn frequent voorkomend. Koperhoudende loodchloriden komen er nauwelijks voor. Andere loodchloriden als laurioniet, paralaurioniet, fiedleriet en thorikosiet zijn zeldzaam.

- **Passa Limani** (kaart Vouyoukas: 18)

In de baai van Passa Limani kan men nog steeds met gemak loodslakken vinden. De loodslakken variëren enorm in grootte (van 2 tot 40 cm diameter). Vooral aragoniet (schitterende radiaalstralige naaldvormige kristallen) en fluoriet (allerlei verschijningsvormen, waarvan sommige van een adembenevende schoonheid) komen in vrijwel iedere loodslak voor. De loodchloriden laurioniet, paralaurioniet en thorikosiet (typelociteit) zijn zeldzamer maar kan men toch redelijk gemakkelijk vinden. Cerussiet is merkwaardigerwijs ook vrij zeldzaam. Ook de koperhoudende loodchloriden komen er slechts zelden voor. Met enig geluk kan men in Passa Limani ook het zeldzame loodchloride penfieldiet vinden.

- **Sounion (kaart Vouyoukas: 17)**

Met het zicht op de Poseidontempel van Sounion kon men op het strand van een hotel langs de weg naar Athene loodslakken vinden waarvan sommige al aan de buitenkant blauwkleurige plekken vertoonden, duidend op de aanwezigheid van blauwe of groene koperhoudende loodchloriden als cumengeiet, boleiet en diableiet. Meestal waren de blauwe loodchloriden in paragenese met fosgeniet. In Sounion waren de cumengeietkristallen vaak geoxideerd tot bruine kristallen (cuprietlaagje op cumengeiet?). Andere frequent voorkomende slakkenmineralen in Sounion waren: anglesiet, fiedleriet en cerussiet. De kristallen waren vaak zeer klein en vaak ook slecht uitgekristalliseerd. Ook in zee waren loodslakken te vinden, zij het in zeer beperkte mate. Momenteel is in Sounion nauwelijks meer iets te vinden.

- **Legraina Cape (kaart Vouyoukas: tussen 16 en 15)**

Legraina Cape is een volledig nieuw ontdekte vindplaats. Twee kleine en zeer afgelegen strandjes bleken te beschikken over gigantische aantallen loodslakken, waar tot het jaar 2000 nog niemand had gezocht. Kristalheldere gele nealiet (ijzerhoudend) bleek zeer frequent voor te komen, soms in paragenese met georgiadesiet. Daarnaast kwamen echter ook grote fosgenietkristallen, en zelfs zeer grote paralaurionietkristallen (eenmaal zelfs met een afmeting van 1 cm) voor. Ook laurioniet, anglesiet en cerussiet treft men zeer frequent aan in de loodslakken van Legraina Cape.

- **Charakas (kaart Vouyoukas: 15)**

Op het strand van Charakas waren in de oostelijke hoek grote (diameter 10 cm) loodslakken te vinden. De meeste waren volledig steriel. In het middengedeelte van het strand echter waren tussen het zand kleinere loodslakken (diameter 2-5 cm) te vinden die van oudere datum moesten zijn gezien de ongekende rijkdom aan slakkenmineralen. Nagenoeg dezelfde paragenese als de loodslakken van Thorikos trof men aan: mineralen uit de boleietgroep, laurioniet, paralaurioniet, fiedleriet, fosgeniet, cerussiet, anglesiet, alsook ijzerhoudende mineralen als goethiet. In Charakas werden ook verscheidene zeldzame mineralen als mammothiet aangetroffen, naast een aantal nieuwe mineralen zoals hierboven beschreven. Toen er op het strand niets meer was te vinden is men in het zand gaan graven en vond men eveneens enkele lagen met oude loodslakken. Hoewel de kuilen altijd netjes weer werden dichtgegooid, werd het gegraveerd door de Griekse badgasten lang niet altijd in dank afgenomen!

De vondstmogelijkheden op de genoemde locaties worden helaas steeds beperkter tot zelfs nihil. Verantwoordelijk daarvoor zijn de vele zoekers en natuurlijk het ontbreken van nieuwe aanvoer (de meeste loodslakken zijn tijdens de bloeiperiode van de zilverwinning, tussen 600 voor en 200 na Christus op genoemde stranden terechtgekomen). Daarom aan ieder die Lavrion-slakkenmineralen bezit het verzoek er uiterst zorgvuldig mee om te gaan. Een waarschuwing voor degenen die belangstelling hebben ter plaatse te gaan zoeken: de Griekse overheid begint de slakken steeds meer te zien als archeologische voorwerpen. Verschillende verzamelaars zijn intussen in aanraking gekomen met de politie. Een belangrijk advies is daarom: ga nooit met een grote groep zoeken, beperk het aantal loodslakken dat je mee wilt nemen en sla de loodslakken in geen geval ter plaatse door.

Van mineralogie tot archeologie

Na jarenlang op de diverse genoemde vindplaatsen te hebben gezocht, na systematiseren van de eigen verzameling en ook na het bekijken van gesystematiseerde verzamelingen van andere verzamelaars van Lavrion-slakkenmineralen, kwam ik tot het opstellen van een aantal overwegingen: Wanneer men naar frequent voorkomende mineralen per

vindplaats kijkt, valt het op dat de paragenese per vindplaats verschillend is, maar ook dat de paragenesen van sommige vindplaatsen erg op elkaar lijken. Zo lijken de paragenesen van Vrissaki en Legraina Cape op elkaar, ook die van Thorikos, Agios Nikolaos, Oxygon, Lavrio haven, Sounion en Charakas, en ten slotte ook die van Panormos en Passa Limani. In grote lijnen blijken er dus drie verschillende paragenesen te zijn.

In schema:

Vrissaki = Legraina Cape. Naast loodchloriden komen er ook ijzer- en arseenhoudende mineralen voor.

Thorikos = Agios Nikolaos = Oxygon = Lavrio haven = Sounion = Charakas. Naast loodchloriden komen er ook koperhoudende mineralen voor.

Panormos = Passa Limani. Naast loodchloriden komen er ook zeer veel calcium- en fluorhoudende mineralen voor. De vindplaats Tourkolimanon is buiten beschouwing gelaten, omdat de loodslakken aldaar gevonden nagenoeg steriel zijn.

Dit lijkt vreemd. We weten dat de Grieken in de oudheid het zilverhoudende looderts (galeniet) uit de mijnen naar boven haalden, transporteerden, fijnmaalden en wasten, waarbij ze een flottatiemethodiek toepasten. In een smeltoven werden de gezuiverde galenietkorrels, laag voor laag met houtskool afgewisseld, tot werklood omgesmolten. Na openen van de oven verscheen het gloeiend hete, vloeibare werklood met daarop de slakken, die, als de ovens langs de kust stonden, deels in zee terecht kwamen. Omdat er zich nog restanten lood in de slakken bevonden, werden door contact met het zout (NaCl) in het (zeer zoute) zeewater de beroemde loodchloriden gevormd. Het looderts dat werd omgesmolten en het productieproces waren in de hele regio hetzelfde, alleen het percentage zilver in het looderts varieerde. De bovengenoemde verschillen in paragenesen kunnen hiermee niet worden verklaard.

Tevens kan men ervan uitgaan dat de samenstelling van het water van de Middellandse Zee aan de verschillende Lavrionkusten in het verleden precies hetzelfde was. Ook dit verklaart dus niet het ontstaan van verschillende paragenesen op verschillende relatief dicht bij elkaar gelegen locaties.

Paragenesen

Het optreden van verschillende paragenesen kan alleen worden verklaard doordat niet alleen fijngemalen looderts maar ook delen van nevangesteenten in de smeltovens terecht kwamen.

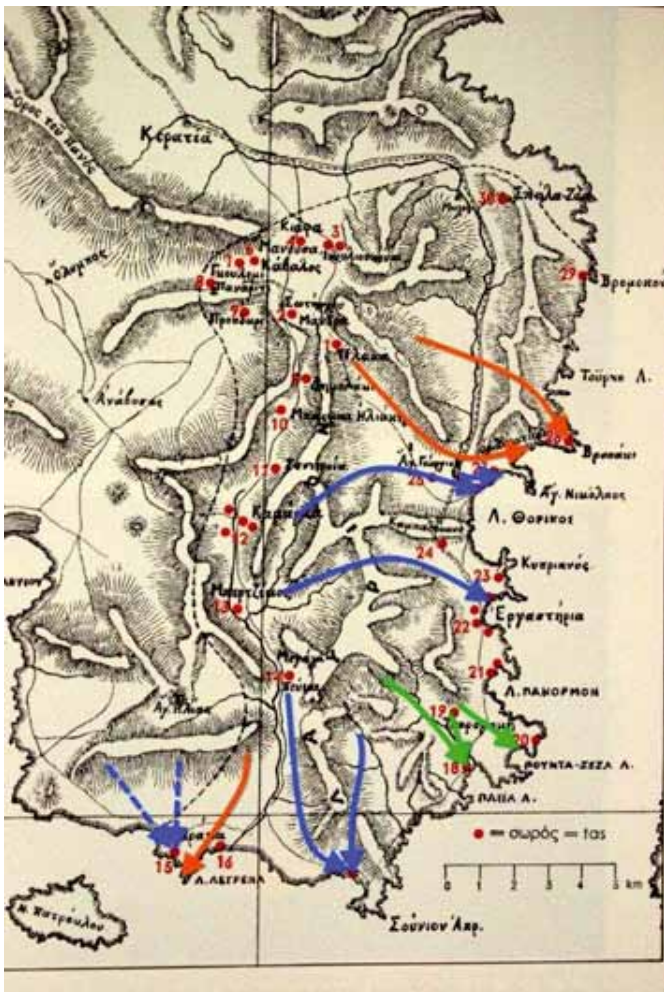
In Vrissaki en Legraina Cape bleken de nevangesteenten blijkaar vooral ijzer en arseen te bevatten (dit verklaart het voorkomen van feroxyhiet, nealiet, georgiadesiet, ekdemiet en heliophylliet).

In Thorikos/Agios Nikolaos/Oxygon/Lavrion haven/Sounion/Charakas bevatten de nevangesteenten koper (dit verklaart het voorkomen van de koperhoudende loodchloriden uit de boleietgroep).

In Panormos en Passa Limani bevatten de nevangesteenten fluor en calcium (dit verklaart het rijkelijk voorkomen van fluoriet en aragoniet).

Als men vervolgens kijkt waar deze nevangesteenten in het Lavriongebied voorkomen, dan komen ijzer en arseen veel in Plaka voor (goethiet, sideriet, arsenicum, pikrofarmacoliet). Ook in de mijnen van Legraina komt veel ijzer voor. Blijkbaar werd erts vanuit Plaka naar Vrissaki vervoerd en vanuit de mijnen van Legraina naar Legraina Cape.

Op soortgelijke wijze kunnen de paragenesen van Thorikos, Agios Nikolaos, Oxygon en Lavrio haven worden verklaard. Blijkbaar werd looderts vanuit het mijnbouwgebied in Kamariza naar de smeltovens in Thorikos, Agios Nikolaos, Oxygon en Lavrio haven vervoerd. In Kamariza werden namelijk naast galeniet ook veel koperhoudende mineralen gevonden (o.a. azuriet, malachiet, cuproadamien, conichalciet). Ook in Kato-Sounion kwamen veel koperhoudende mineralen voor. Blijk-



Afb. 2. Vouyoukas. Kaart met storthopen van antieke loodslakken in 1865. Ingetekend door Piet van Kalmthout: de mogelijke/voorspelde aanvoer routes van erts naar de smeltovens langs de kust in de klassieke oudheid. Blauwe pijlen: Aanvoer routes koperhoudend looderts. De pijlen bij 15 (Charakas) zijn onzeker omdat bij Charakas nog geen antieke mijnen zijn ontdekt. Oranje-rode pijlen: Aanvoer routes van ijzer- en arseenhoudend looderts. Groene pijlen: Aanvoer routes van fluoriet- en calciethoudend looderts.

baar werd van daaruit looderts naar Sounion getransporteerd. Charakas blijft een grote vraag. Onbekend is of er mijnen in de buurt lagen die naast looderts ook koper en ijzer bevatten. Ten slotte Panormos en Passa Limani. Naar deze plaatsen moet in de Griekse oudheid erts vanuit Botsaris (gelegen tussen Kamariza en Sounion met o.a. de Maria-mijn) vervoerd

zijn. Daar kwam namelijk zeer veel fluoriet en calciet voor en nauwelijks koper en ijzer, zodat in de vindplaatsen Panormos en Passa Limani rijkelijk fluoriet en aragoniet in de loodslakken wordt aangetroffen en nauwelijks koper- en ijzerhoudende slakkenmineralen.

Concluderend kan men dus aan de hand van de mineraalvoorkomens in de loodslakken van de diverse vindplaatsen aan de kust de ertstransporten reconstrueren zoals die hebben plaatsgevonden in de Griekse oudheid. De gereconstrueerde transportroutes zijn ingetekend op de kaart van Vouyoukas (afb. 2).

Op 28 augustus 2011 werd deze theorie met de in het Lavriongebied werkzame archeologe, mevr. Eleni Andrikou, besproken. Zij gaf een belangrijke aanvulling: niet het onzuivere looderts werd naar de kustovens vervoerd, maar het gemalen en gewassen looderts. Bij de kustovens zijn namelijk geen ertswasserijen aangetroffen. De transportroutes verliepen dus niet van de mijnen maar van de ertswasserijen naar de kustovens. Omdat veel ertswasserijen dichtbij de mijnen waren gesitueerd, kan de bovengenoemde theorie echter voorlopig stand houden. Wel is verder onderzoek nodig. Een van de onderzoeksvragen is daarbij: waar in het landschap zijn de transportroutes precies gesitueerd geweest? De in dit artikel gepubliceerde ingetekende kaart geeft namelijk slechts een zeer globaal overzicht. Feit is wel dat door de in dit artikel gepubliceerde theorie de samenwerking tussen mineralogen en archeologen in het Lavriongebied dichtbij is gekomen!

Noten

- 1) Piet Gelaude, Piet van Kalmthout, Christian Rewitzer: Laurion, the Minerals in the Ancient Slags. Janssen Print, Nijmegen, 1996. ISBN 90-9009240-4. Het boek is vijftalig: Engels, Duits, Nederlands en Frans, met een losbladige Griekse vertaling. Het boek is (in beperkte mate) nog verkrijgbaar bij Piet van Kalmthout, e-mail: contact@pietvan-kalmthout.com
- 2) Nickel E.H. International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names: Definition of a Mineral. *Mineralogy and Petrology* (1995) 55: 323-6.
- 3) Conophagos C.E.: *Le Laurium Antique et la Technique Grecque de la Production de l'Argent*. Athènes: Ekdotike Hellados, 1980.
- 4) Siidra O.I., Krivovichev S.V., Chukanov N.V., Pekov I.V., Magganas A., Katerinopoulou A., Voudouris P.: The crystal structure of $Pb_5(As^{3+}O_3)Cl_7$ from the historic slags of Lavrion, Greece – a novel Pb(II) chloride arsenite. *Mineralogical Magazine*, April 2011, Vol 75(2), 337-345.

Foto's: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9: Piet van Kalmthout. Foto 7: Marius Utens.