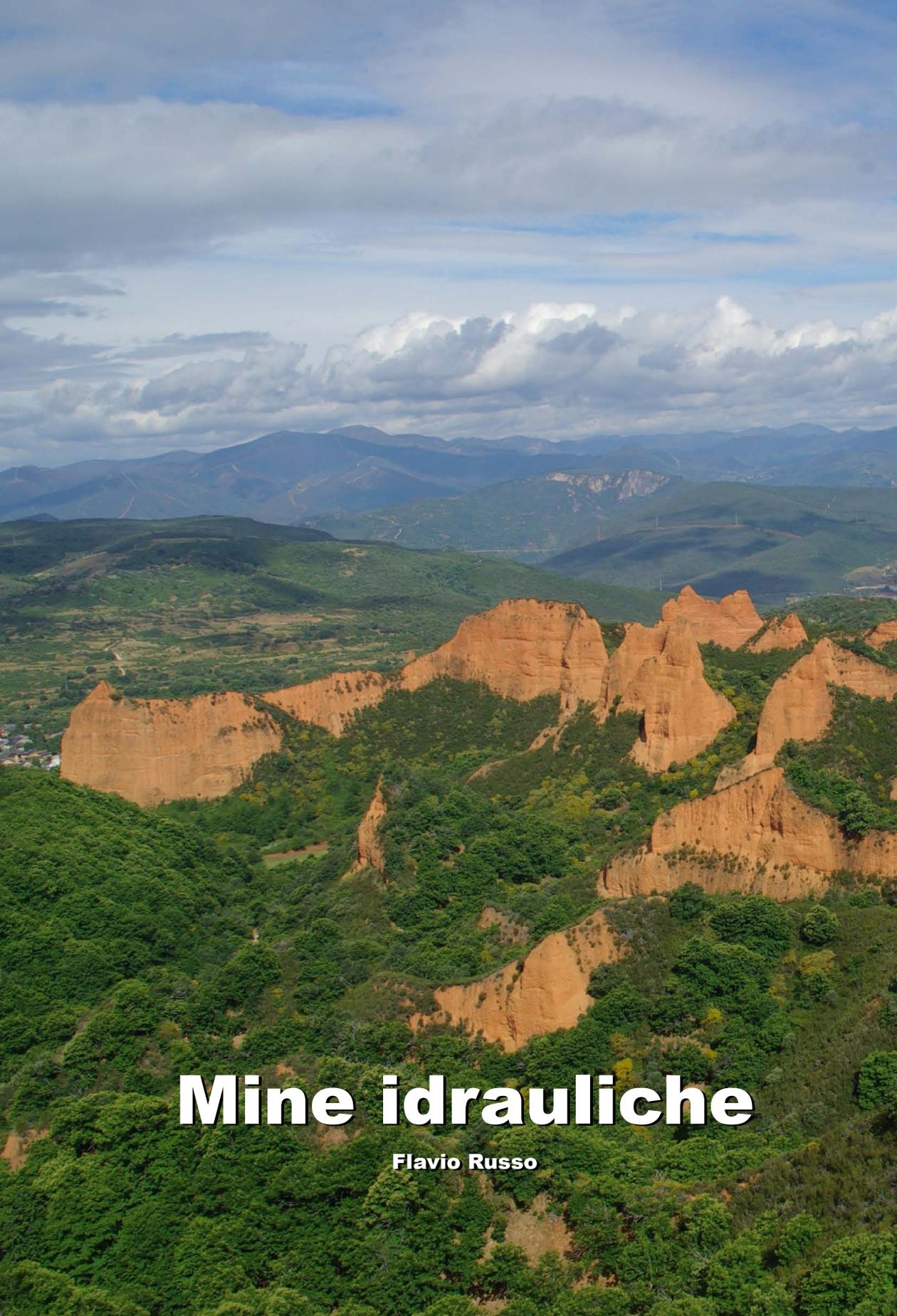


L'UNIVERSO

ESTRATTO DEL PRIMO ARTICOLO
DEL N. 3 2018

AMBIENTE
MINE IDRAULICHE



Mine idrauliche

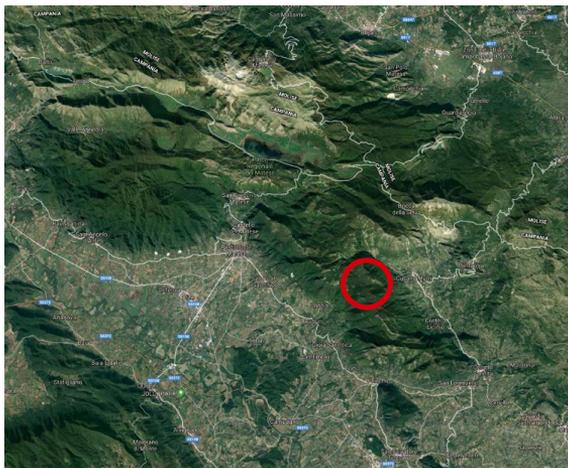
Flavio Russo



Critério informatore

La modalità estrattiva aurifera che Plinio definì *Ruina Montium* e che consentiva di asportare dalle alture alluvionali fette di oltre 30-50 000 tonnellate per volta con implosioni provocate dalla pressione dell'acqua, a giusta ragione rientra in tale ambito costituendo un'ennesima conferma di un sistema del tutto estraneo alle tradizionali conoscenze settoriali. Solo ipotizzandone la deduzione da similari fenomeni archetipali, in genere

etichettati come 'carsici', se ne può immaginare l'origine che, per una singolare coincidenza, si è manifestata nuovamente in un rarissimo evento idrogeologico avvenuto meno di un secolo fa, su un contrafforte del Massiccio del Matese sovrastante l'abitato di Cusano Mutri, in Provincia di Benevento. Epoca che, per nostra fortuna, già adot-



tava la registrazione quotidiana e sistematica dei dati meteorologici in generale e pluviometrici in particolare, consentendoci perciò di ravvisare tra le concause dell'evento un'importante anomalia climatica.



Un pluviografo "Fuess" dei primi anni del Novecento, dimensioni: altezza 115 cm e diametro 22 cm, Museo Strumenti IGM (foto A. Morelli).

Sopra: veduta satellitare del Massiccio del Matese. Il cerchietto rosso indica la zona dove nel 1922 si verificò l'implosione idrica.

In apertura: panorama di Las Medulas con l'altipiano profondamente eroso dalle mine idrauliche (foto K. Wentink, fonte Wikimedia Commons).

La meteorologia del 1922

Il 1922 viene ricordato in quasi tutte le cronache come un anno singolarmente piovoso, soprattutto nel corso dell'autunno, tra la fine di ottobre e gli inizi di novembre. A Roma, ad esempio, risulta che proprio in quell'ottobre la punta massima, per precipitazioni ininterrotte di uno o più giorni consecutivi, toccò i 425 mm, entità priva di analogie per l'intero secolo. Singolarità che trova, tuttavia, sostanziali equivalenti in Emilia e Romagna, in Campania, in Lazio e in Abruzzo, senza che in quelle regioni si fossero riscontrate rilevanti depressioni bariche alle quali attribuire quell'eccezionale piovosità. La carenza di carte sinottiche non permette, purtroppo, l'esatto accertamento delle sue cause, ma soltanto di formulare supposizioni in base alle più vistose connotazioni.

Una profonda depressione, di cui si trova pieno riscontro nelle rilevazioni regolari, si stabilizzò in maniera quasi permanente sull'Europa centro-meridionale. Il 19-20 ottobre un vero uragano si abbatté su Roma e i Castelli Romani e, stando ai giornali dell'epoca, la pioggia intensissima cominciata nella notte proseguì ininterrotta fino al mattino seguente, allagando gran parte della città. Nella sola serata del 19 sui Castelli Romani caddero 253 mm di pioggia. A Napoli il giorno 4 novembre, conferma del perdurare dell'anomalia climatica, l'osservatorio di Capodimonte registrò la più bassa pressione dell'intero anno, e non a caso in quello stesso giorno sulla città si abbatté un violentissimo nubifragio che con i suoi 97 mm di pioggia, è incluso fra le massime precipitazioni, non più di una trentina, abbattutesi tra il 1885 e il 2003. Dato ancora più significativo in quel 1922 l'entità media delle precipitazioni del mese di ottobre si attesta a 249 mm, contro gli 86 dello stesso mese dell'anno precedente e i 34 del successivo e contro, soprattutto, un valore medio di 104.2, tra il 1878 ed il 2007. Un evento straordinario che ebbe nell'accennata depressione europea la principale concausa ma non certamente l'unica.

Di sicuro, in quell'autunno enormi masse d'acqua si scaricarono sull'intera penisola, in particolare a ridosso dei suoi maggiori sistemi montuosi appenninici che si frapponavano all'avanzamento dei fronti atlantici. Passaggi di notevole intensità si susseguirono perciò in ottobre nei giorni 9, 12 e 18 per intensificarsi ulteriormente nei giorni 22, 25, 26, 28 e 30 saldandosi quasi in un unico diluvio catastrofico. La situazione peggiorò ancora, se possibile, nei primi di novembre per cessare finalmente intorno alla sua metà quando, però, complice il già rilevante abbassamento di temperatura inflitto dalle piogge, giunse il freddo invernale con notevole anticipo. Nel frattempo un gran numero di corsi d'acqua e di fiumi erano straripati, con danni ingenti alle infrastrutture e alle coltivazioni, che non poterono in diverse aree essere seminate secondo il calendario agricolo tradizionale ma solo in dicembre, con pesanti decurtazioni dei raccolti. Paradossalmente poche settimane prima, per l'esattezza il 1^a settembre, in Libia fu toccata ad Al Aziziyah la temperatura di circa 58°, la più alta mai registrata sulla Terra, ulteriore conferma del profondo squilibrio climatico instauratosi.

Quadro Pluviometrico del bimestre ottobre-novembre 1922

Per formarsi un'idea più aderente alle precipitazioni dell'ottobre e del novembre 1922, è significativo riportare i dati pluviometrici registrati negli abitati più conosciuti a ridosso del massiccio del Matese¹:

Località	ottobre	novembre	media 1921-1950	
ITRI	324 mm	112 mm	145 mm	184 mm
GAETA	238 mm	75 mm	143 mm	166 mm
SPERLONGA	316 mm	66 mm	121 mm	147 mm
OVINDOLI	447 mm	136 mm	164 mm	161 mm
AVEZZANO	196 mm	49 mm	98 mm	87 mm
LAGO FUCINO	152 mm	37 mm	96 mm	94 mm
CASAMARI	269 mm	73 mm	145 mm	161 mm
CEPRANO	253 mm	79 mm	154 mm	162 mm
VALMONTONE	175 mm	49 mm	147 mm	156 mm
SEGNI	352 mm	105 mm	160 mm	179 mm
ANAGNI	303 mm	72 mm	137 mm	139 mm
FERENTINO	305 mm	58 mm	155 mm	174 mm
ALATRI	257 mm	59 mm	154 mm	147 mm
ATINA	249 mm	87 mm	173 mm	218 mm
ROCCASECCA	244 mm	51 mm	148 mm	169 mm
AQUINO	151 mm	49 mm	139 mm	150 mm
MONTECASSINO	369 mm	50 mm	161 mm	189 mm
ROCCADEVANDRO	345 mm	103 mm	152 mm	190 mm
MINTURNO	357 mm	64 mm	142 mm	163 mm
ROCCAMONFINA	179 mm	164 mm	174 mm	243 mm
TEANO	228 mm	95 mm	128 mm	155 mm
CASTEL S.VINCENZO	293 mm	115 mm	161 mm	181 mm
ISERNIA	378 mm	70 mm	124 mm	151 mm
VENAFRO	341 mm	66 mm	171 mm	199 mm
PRESENZANO	230 mm	126 mm	133 mm	193 mm
VAIRANO PATENORA	252 mm	128 mm	156 mm	208 mm
LETINO	227 mm	197 mm	198 mm	253 mm
PRATA SANNITA	217 mm	133 mm	204 mm	225 mm
S. ANGELO D'ALIFE	318 mm	134 mm	154 mm	175 mm
LAGO MATESE	337 mm	302 mm	253 mm	310 mm
PIEDIMONTE ALIFE	312 mm	185 mm	150 mm	168 mm
ALIFE	207 mm	14 mm	144 mm	164 mm
DRAGONI	218 mm	112 mm	150 mm	178 mm
CUSANO MUTRI ²	349 mm	371 mm	189 mm	236 mm
CIVITELLA LICINIO	317 mm	290 mm	209 mm	228 mm
CERRETO SANNITA	236 mm	150 mm	177 mm	203 mm
FAICCHIO	280 mm	121 mm	159 mm	168 mm
APICE	139 mm	81 mm	80 mm	94 mm
ARIANO IRPINO	148 mm	66 mm	87 mm	111 mm
GROTTAMINARDA	128 mm	82 mm	84 mm	115 mm

¹ Dati tratti da Ministero dei Lavori Pubblici, Servizio Idrografico, *Precipitazioni medie mensili ed annue e numero dei giorni piovosi per il trentennio 1921-1950*, Roma, 1958.

² Numero giorni piovosi a Cusano ad ottobre 15 e a novembre 10, *ibidem*.

Località	ottobre	novembre	media 1921-1950	
SEPINO	95 mm	107 mm	140 mm	186 mm
S. CROCE SANNIO	188 mm	104 mm	109 mm	120 mm
MORCONE	162 mm	195 mm	133 mm	160 mm
CAMPOLATTARO	210 mm	102 mm	83 mm	112 mm
PESCOSANNITA	134 mm	61 mm	92 mm	115 mm
BENEVENTO	115 mm	80 mm	76 mm	94 mm
SERINO	104 mm	180 mm	145 mm	198 mm
MONTEVERGINE	261 mm	185 mm	260 mm	333 mm
AVELLINO	182 mm	194 mm	143 mm	183 mm
VITULANO	160 mm	124 mm	138 mm	153 mm
TELESE	152 mm	86 mm	125 mm	135 mm
MONTESARCHIO	172 mm	141 mm	118 mm	157 mm
S.AGATA GOTI	199 mm	149 mm	140 mm	165 mm
CAIAZZO	164 mm	98 mm	136 mm	154 mm
CAPUA	154 mm	88 mm	117 mm	127 mm
CANCELLO	203 mm	139 mm	119 mm	122 mm
CASERTA	229 mm	168 mm	145 mm	157 mm
NAPOLI Capodimonte	202 mm	154 mm	115 mm	125 mm
VESUVIO Osservatorio	95 mm	58 mm	128 mm	137 mm

Evidente dai dati riportati che in diversi centri pedemontani le precipitazioni assunsero caratteristiche devastanti, quando non pure catastrofiche. Così avvenne a Cusano Mutri, il cui valore pluviometrico di ottobre è fra i primi dell'elenco – con 349 mm – per restare unico e con grande distacco in novembre quando si attestò a 371 mm, in assoluta controtendenza con gli altri rilevamenti. Pertanto in una trentina di giorni al massimo sulle montagne di Cusano, circa 60 kmq caddero oltre 700 mm di pioggia, entità di gran lunga eccedente la media trentennale pari al massimo a 500 mm, e sproporzionata alla potenzialità di regolare deflusso, finendo per colmare ogni concavità montana dando così origine ad altrettanti laghetti.

Il fenomeno

Nel primo pomeriggio del 4 novembre 1922 un boato, più assordante che fulmineo, si diffuse nella vallata di Cusano rimbalzando di montagna in montagna, mentre un lieve tremito ne percosse la terra. Non somigliava a una tipica esplosione di mina o, per meglio dire, se ne discostava per la rilevanza non essendosi mai udito nulla del genere, e soprattutto per essere seguita da uno sciame di schianti e rombi minori, durati qualche minuto. Codazzo che ricordava il tuono delle frane, concluso però dal furioso scrosciare di acqua di un torrente in piena, capace di travolgere e trascinare pietre e tronchi d'alberi.

Quando sul far del giorno fu finalmente possibile esaminare da vicino l'accaduto, si vide che alla quota di circa 700 m la pendice di Monte Ermano, di solida roccia calcarea a strati di grossa potenza, era stata frantumata, divelta e fatta ricadere su se stessa.



Qui e in basso: veduta dei macigni spezzati e scagliati da distanza dalla pressione dell'acqua: in basso l'abitato di Cusano Mutri, Provincia di Benevento.





Particolare ridotto della Carta Topografica d'Italia, mosaicatura delle tav. 162 II SO, Cusano Mutri, IGM, 1954 e 173 IV NO, Cerreto Sannita, IGM, Firenze, 1957.

Sotto: la parete di roccia viva stratificata tagliata dalla violenza dell'implosione alta circa 15 m.





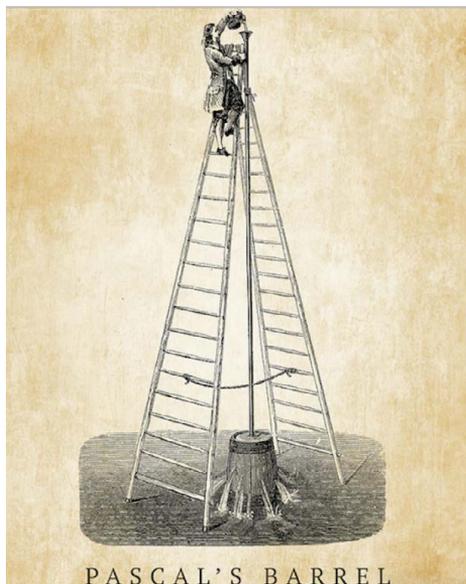
La bocca alla base della parete dalla quale agì l'acqua in pressione.

Al suo posto una sorta di conoide di deiezione fino alla quota di 675 m, con un fronte arcuato di un'ottantina di metri. Lo spessore verticale della parete esplosa, a sua volta, si attestava sui quindici metri, dando all'insieme il connotato di una gigantesca unghiata, capace di raschiare circa 30 000 tonnellate di roccia. Il fenomeno che, come accennato, rientra fra quelli carsici meno frequenti sebbene più spettacolari deve relazionarsi alla morfologia dei luoghi e, ovviamente, alle anomale precipitazioni meteorologiche che avevano finito per ostruire la trama sotterranea delle canalizzazioni di deflusso delle acque. Per alcuni aspetti ricorda la formazione di una dolina, ma invece di attuarsi con lo sprofondamento della volta sovrastante una grande cavità, per la pressione dell'acqua uno o più strati di roccia furono spinti fuori dalla parete montana, che privata del sottostante appoggio era violentemente collassata, implodendo con una terrificante valanga di macigni. Tra quegli stessi macigni e per diversi giorni, l'acqua continuò a defluire abbondante e violenta, fuoriuscente da una piccola bocca, la cui sezione non superava 1 mq, presente proprio alla base della cuspidè dell'unghiata. Nessun dubbio che era stata proprio l'acqua compressa in quel punto a provocare la devastazione, lasciandone immaginare una immane pressione.

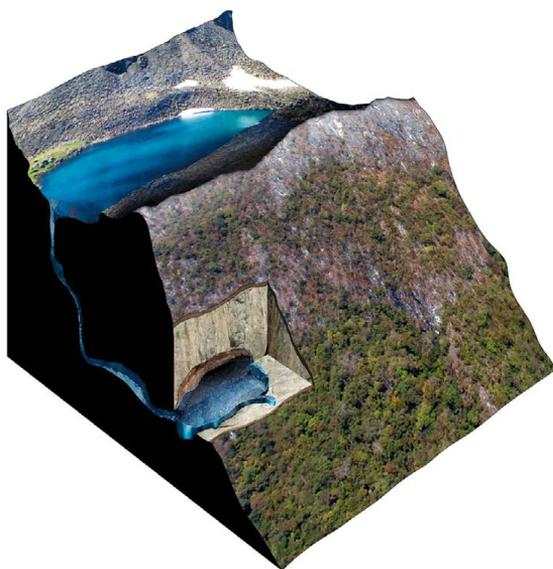
In realtà per quanto delineato, come aveva dimostrato Pascal con il suo celebre paradosso della botte, di pressione ne bastava relativamente poca, a patto che all'interno della montagna vi fosse una cavità di discreta grandezza e, ovviamente, una sufficiente quantità d'acqua per riempirla completamente: due condizioni perfetta-

mente compatibili con il carsismo locale. Probabile, pertanto, che da fenomeni simili i Romani o addirittura etnie più antiche abbiano dedotto la grandiosa pratica di coltivazione mineraria che Plinio il Vecchio ricordò nella sua *Naturalis Historia*² col nome di 'Ruina Montium'. Ne fu il maggior testimone trovandosi con l'incarico di procuratore di stanza in Spagna tra il '73 ed il '75, pur guadagnandosi una notorietà preminente in ambito scientifico per il suo impegno come naturalista, e in quello sociale per essere stato il primo alto ufficiale a concepire un'operazione di protezione civile nel '79, durante la quale perse la vita.

Nonostante ciò la sua descrizione di quella sorta di mine fu sempre creduta una suggestiva fantasia e solo



Stampa di Pascal's barrel experiment
(fonte GUILLEMIN A., 1872).



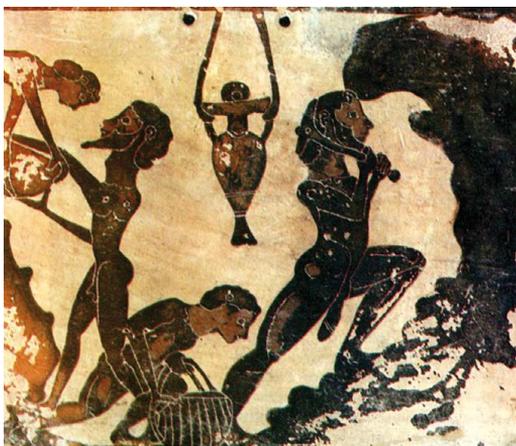
A sinistra: ricostruzione virtuale di una conca montana in ambiente carsico durante la stagione estiva;
a destra: la stessa conca piena di acqua che si scarica all'interno della montagna saturando una sala sotterranea.

² Da G. PLINIO SECONDO, *Naturalis Historia*, XXX, 74.

le recentissime e inequivocabili devastazioni ambientali, riconosciute come tali e minuziosamente studiate su quel che resta dell'altipiano di Las Medulas, sono valse finalmente a confermarle. Nessuna meraviglia, perciò, che Plinio, per dovere istituzionale e per curiosità scientifica, si sia recato a ispezionare quel bacino minerario, gestito dai tecnici della *Legio VII Gemina* assistendo a qualche volata, magari sapientemente fatta coincidere con la visita. La grande unità, infatti, risulta ancora di stanza a Leòn, toponimo tratto appunto da *Legion*, sul finire del IV secolo per il solito controllo territoriale e del distretto minerario di *Las Medulas*, presso l'attuale città di Ponferrada, uno dei principali bacini auriferi dell'Impero.

Estrazione aurifera e rendimenti economici

L'estrazione dell'oro dalla ganga di varia natura, e che in disparate modalità lo include, diventa economicamente conveniente quando la sua concentrazione è superiore a 0,5 ppm (0,5 parti per milione, pari a mezzo grammo per tonnellata ovvero meno di una capocchia di fiammifero per mc di ganga). Nelle odierne grandi miniere a cielo aperto, grazie ai poderosi macchinari impiegati, la concentrazione tipica è compresa tra 1 e 5 ppm; nelle sotterranee, invece, la media è circa 3 ppm. Per essere distinta ad occhio nudo, però, la concentrazione non deve scendere sotto le 30 ppm: si spiega così sia la sua invisibilità persino nei più ricchi giacimenti, sia l'immensa massa di ganga da trattare per liberarlo. Pertanto affinché una miniera aurifera risulti redditizia, è indispensabile più che una rara alta concentrazione, la capacità di movimentare la maggior quantità di ganga con il minor numero di minatori, nel minor tempo. Il che dovette creare seri problemi gestionali anche ai Romani preposti allo sfruttamento delle miniere di Las Medulas, dalla scarsa presenza di oro carenza che fece preferire, come Plinio non mancò di ricordare, il lavoro libero a quello coatto.



Placca votiva in terracotta, di Penteskouphia Corinth, 575-550 a. C. Minatori che lavoravano in una cava (Museo del Louvre).

Una stima prudente induce a credere che a Las Medulas la concentrazione fosse di appena un quarto di grammo per tonnellata di ganga, per cui sarebbe occorso scavare dei cunicoli per seguire l'andamento dei filoni, staccare da questi coi picconi blocchi di ganga, estrarre il materiale di scavo dai pozzi e quindi trasportare la ganga alle macine e sempre a forza di braccia. Stando ai dati moderni disponibili, che in sostanza non differiscono gran che da quelli antichi, il trasporto del minerale risulta detto 'a passamano', avveniva con ceste o con paioli di ferro. La distanza massi-

ma attualmente stimata conveniente è di 10-15 metri al massimo, distanza che nel passato poteva attingere valori ben superiori. Per i 15 m suddetti si disponeva una fila di manovali distanti circa m 1.50 fra loro e ognuno riceveva il recipiente dal compagno precedente, per passarlo a quello seguente, facendo compiere contemporaneamente il percorso inverso ai vuoti. Le ceste, o coffe, avevano capacità di 7 o 8 litri, contenevano quindi da 10 a 12 kg di materiale, mentre i paioli di ferro avevano capacità di circa 10-15 litri e contenevano da 18 a 25 kg di materiale. Con questo metodo si poteva trasportare, in un'ora e su una distanza di 15 metri, una dozzina di tonnellate di materiale impiegando da 8 a 10 uomini (BORGHESAN E., 1956, pp. 337-338; GERBELLA L., 1969, vol. II., pp. 15-20). Ovviamente su tratte orizzontali. Ma se questo era il sistema più semplice e comodo per piccole distanze, per ambienti ristretti e fortemente slivellati, richiedeva invece la disponibilità di un gran numero di uomini (che fossero schiavi nulla cambiava avendo un rilevante costo di ammortamento), al punto da vanificare ogni utile. A Las Medulas sarebbero occorse quasi cento coffe per appena un grammo di oro e decine di migliaia di uomini, che tutto induce a ritenere salariati e non schiavi. Il lavoro di un «un salariato poteva costare di meno: infatti, mentre un uomo libero poteva lavorare per un salario minimo o di sussistenza, per schiavi, prigionieri e dannati occorreva aggiungere, al necessario sostentamento, le spese di vestiario, alloggio, sorveglianza e cure. Per quanto riguarda gli schiavi, ci sarebbe poi da aggiungere l'ammortamento del loro prezzo di mercato (c. 2000 sesterzi per uomo) che, dato il tipo di lavoro, non doveva essere in ratei molto prolungati. È per queste ragioni, e per la loro maggiore efficienza, che gli uomini liberi, salariati, venivano preferiti nei lavori minerari, così come in altri lavori» (PIPINO G., 2012, p. 33).

Più complesso tentare di valutare dalla spesa complessiva della mano d'opera quale che fosse il rendimento aurifero del giacimento. Sappiamo in base a testimonianze che in Dacia nel II secolo «un minatore percepiva 5-7 assi al giorno (meno di due sesterzi) ma, come in altri casi, si tratta di una paga parziale, alla quale aggiungere altri 'benefits'. Al tempo di Augusto il salario giornaliero per lavoratori ordinari era di circa tre sesterzi, per alcuni autori, per altri di 4 sesterzi (1 denaro), per altri ancora equivaleva al 5% del prezzo dell'oro, quindi circa 5 sesterzi. I legionari, soldati semplici ai quali toccavano, talvolta, anche lavori manuali, pure minerari, percepivano 900 sesterzi l'anno, oltre a vitto, alloggio e varie gratifiche [...]. Sempre per fare i conti al minimo, considerando una paga giornaliera di due sesterzi, al limite della sussistenza, per le miniere dell'Iberia al tempo di Augusto si avrebbe un costo della mano d'opera di almeno 600 sesterzi annui. Ma a questo vanno aggiunte le spese per attrezzature, sorveglianza, amministrazione e tasse che, in genere, distribuite sui costi operai, portano a raddoppiarne la spesa. Considerando, comunque, un costo totale di soli 1000 sesterzi a operaio, e sapendo che un aureo di Augusto, pari a 100 sesterzi, pesava 7,8 grammi, se ne deduce che ogni uomo doveva produrre almeno 78 grammi d'oro l'anno per le sole spese. E se moltiplichiamo tale produzione per 10 000 uomini, numero credibile di addetti a un grosso cantiere o a un gruppo di cantieri vicini, abbiamo, per questi, la produzione annua minima di 780 chili d'oro, da moltiplicare ancora per il numero delle zone minerarie attive.



L'altipiano profondamente eroso dalle mine idrauliche a Las Medulas (foto R. I. Fernández, fonte Wikimedia Commons).

Si tratta, come evidenziato, di quantitativi calcolati al di sotto del minimo, che possono, certamente essere più che raddoppiati. Ad esempio, se consideriamo la produzione giornaliera per operaio di un grammo d'oro, ricavato dal lavaggio di due metri cubi di sedimento più o meno ricco, otteniamo una produzione annua, pro-capite, di circa 300 grammi d'oro, da moltiplicare per il numero complessivo di uomini impegnati in tutti i cantieri (alcune decine di migliaia). In ogni caso, per quanto conteggiate al minimo, risultano produzioni annue maggiori di quella comunicata a Plinio, e soltanto dalla coltivazione dei terrazzi auriferi» (PIPINO G., 2012, pp. 33-34).

Cifre alquanto diverse vengono però fornite da Plinio che ascrive alle province di Asturie, Galizia e Lusitania l'estrazione annua di 20 000 libbre d'oro, pari a circa 66 quintali, che servivano a pagare l'immenso apparato militare imperiale, corrispondenti grosso modo alla quantità estratta oggi da paesi produttori come il Messico o la Colombia. Da ulteriori riscontri e valutazioni gli studiosi fanno ascendere, per un arco cronologico di due secoli e per la sola area mineraria di Las Medulas, una produttività annua compresa fra i 40 e i 45 quintali, entità che coincide col quantitativo di circa 8 quintali annui per 10 000 minatori, peso che va moltiplicato per 6, quindi 48 quintali, essendo i minatori ricordati da Plinio ben 60 000, tutti di estrazione libera. Stimandosi in 2 grammi al massimo l'oro presente in una tonnellata di ganga, si avrebbe un volume complessivo di rocce demolite oscillante fra i 100 e i 240 milioni di tonnellate, entità che spiega la profonda erosione dell'altipiano di Las Medulas, protetto dal 1966 dall'UNESCO proprio per tale ragione come paesaggio storico culturale.

La rievocazione di Plinio

L'impiego di salariati impose tecniche estrattive che ne esaltassero la produzione, problema risolto forse proprio dai tecnici della *Legio VII* prendendo spunto dalle ben note mine ossidionali, e forse dalle meno note idrauliche con implosioni di analoga dinamica ma di esiti fortemente diversi. Scriveva infatti Plinio circa una ricorrente modalità:

Il terzo metodo sembra quasi superare le imprese dei Giganti. Alla luce delle lanterne si scavano i monti con lunghi cunicoli; con le stesse si ricavano i turni di lavoro poiché per molti mesi non si vede la luce del Sole. Questo genere di miniere è definito 'arrugie'. Talmente di frequente vi si verificano cedimenti improvvisi che seppelliscono i minatori, da far sembrare meno rischioso raccogliere le perle sui fondali marini: tanto abbiamo reso pericolosa la terra!

Per evitare [crolli] si lasciano numerosi archi per sostenere la montagna sovrastante [...]. Si evacuano i frammenti di roccia a spalla, giorno e notte, ciascuno passandoli al suo vicino nell'oscurità: solo gli ultimi vedono la luce [...].

Esaurito il lavoro si demoliscono gli archi, partendo dagli estremi. Il crollo è preceduto da un sintomo compreso soltanto dall'uomo di guardia sulla sommità della montagna. Con la voce o con gesti dà ordine di uscire subito dalle gallerie ed egli stesso fugge. La montagna lesionata crolla sotto il suo stesso peso con un boato e uno spostamento d'aria che nessuna mente umana può immaginare (*Naturalis Historia*, XXXIII, 70).

Il sistema descritto da Plinio, come accennato, era noto in ambito poliorcetico da oltre mezzo millennio, essendo quello con cui si facevano crollare le mura assediate tramite le mine sottostanti. *Mina*, etimologicamente deriva dal verbo latino *minuere*, che significa diminuire, togliere, sterrare, quindi definiva una galleria a cedimento prestabilito tramite l'incendio dei puntelli, praticata in questo caso alla base della collina aurifera, tra i 20 e i 50 m sotto la sua sommità e in prossimità della pendice. Si deve perciò ritenere che i pilastri di



Ricostruzione grafica di una mina di epoca romana.

roccia menzionati da Plinio, tecnica ancora usata per sostenere le volte delle gallerie nelle più antiche miniere, quali ad esempio le zolfare, venissero progressivamente sostituiti da puntelli di legno da incendiare, precauzione senza la quale si sarebbe provocato ciò che fino ad allora loro tramite si era evitato. Un uomo collocatosi sopra la pendice, ne spiava la sia pur minima variazione di assetto, premessa dell'incipiente collasso ordinando l'immediata evacuazione delle gallerie, seguita pochi istanti dopo dal loro terribile crollo. Plinio assistendovi ebbe modo di descrivere l'assordante boato della mina e il conseguente spostamento d'aria. La roccia, dissoltasi la polvere, giaceva ai piedi della montagna frantumata e pronta per la macinazione.

Ma perché prima della rimozione, o dell'incendio dei puntelli, vi erano ancora e in discreto numero uomini nelle gallerie? L'ipotesi della demolizione progressiva dei pilastri non regge non sapendo nessuno quando avrebbe ceduto la volta, né è più plausibile immaginarne la rimozioni con funi, venendo meno la necessaria simultaneità dei crolli. Quanto all'incendio dei puntelli, più sicuro e affidabile, una volta appiccate le fiamme nessuno sarebbe rimasto dentro ad attendere lo schianto. Forse la spiegazione va trovata nell'aver delegato all'acqua l'innesco del collasso della montagna sotto il suo stesso peso, avviando in tal modo l'impiego delle mine idrauliche.

Il secondo metodo

È infatti probabile che con l'adozione dell'acqua si sia modificato anche il sistema successivo incrementandone le demolizioni, che così viene rievocato da Plinio:

C'è un altro sistema di uguale complessità ma più costoso: per dilavare questa rovina dei monti vi hanno condotto dei fiumi dalle alte giogaie, distanti anche cento miglia. Tali canali sono chiamati 'corrugì', credo da *conrivatio* [confluenza canali]. Anche qui mille lavori: bisogna che la pendenza sia notevole, affinché l'acqua vi si precipiti piuttosto che vi scorra pertanto la si fa venire da siti altissimi [...]. Se vi sono vallate o forre, le uniscono con canali che vi costruiscono. In qualche luogo si incidono le rocce strapiombanti inserendovi delle travi di supporto ai canali. Chi taglia la roccia è sospeso con funi sicché visto da lontano, più che una belva sembra un uccello. Stando così sospesi, per la maggior parte, determinano i livelli e tracciano le linee del percorso: dove non c'è spazio per poggiare i piedi, l'uomo vi fa passare i fiumi (*Naturalis Historia*, XXXIII, 74).

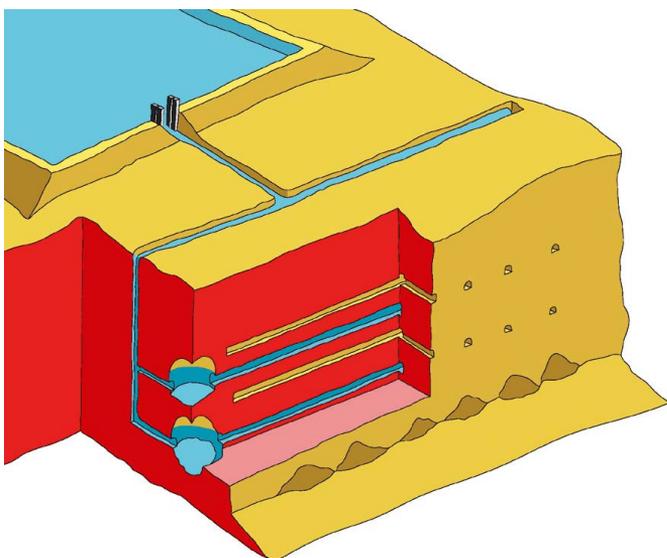
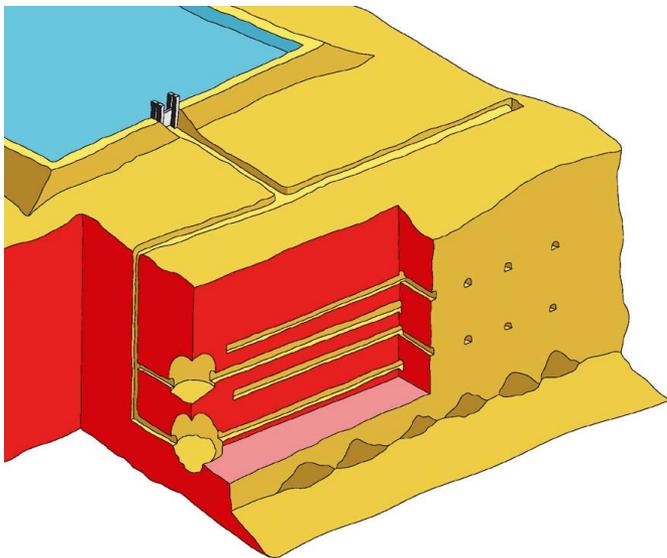
Plinio non era un tecnico né, peraltro, fornisce mai spiegazioni squisitamente tecniche in ciò che espone in tutta la sua monumentale opera, per cui anche in questo caso si limita a ripetere quanto a lui più stupiva di tale procedura. Se, infatti, come ricordato in precedenza il criterio informatore ne è semplice, per contro ne è estremamente complessa, articolata e costosa la preparazione, che sembra implicitamente confermare il suggerimento naturale.

Come prima cosa i minatori dovevano condurre tramite lunghi canali l'acqua colmando in tal modo gli enormi invasi scavati sulla sommità della collina molto all'interno, veri laghetti artificiali, la cui capacità stando al suo racconto era di circa

11 000 mc ciascuno, e non di rado anche molto maggiore a giudicare dai resti. Spesso la si attinse direttamente ai ghiacciai e la si trasportò con canali che si snodarono anche per oltre 130 km. Il loro tracciato era in buona parte inciso nella roccia della pendice montana e dove l'eccessiva ripidità l'impediva si ricorreva a letti lignei, sostenuti su travi a sbalzo infisse nella parete sottostante. Ad alcune decine di metri dal ciglio dell'altura, nel frattempo, erano praticati pozzi verticali, facendo partire dalla loro base diversi angusti e lunghi cunicoli, convergenti in una o più sale. Una rete di canali muniti di paratoie collegava gli invasi alle bocche dei pozzi, in modo da consentire all'acqua di scaricarvisi. Così Plinio:

Alla testa dei pozzi verticali, sulla sommità della montagna vengono ricavati dei bacini di raccolta quadrati di 200 piedi di lato per 10 di profondità [60x60x3 m = 11.000 m³]. Ogni bacino ha cinque emissari, di circa 3 piedi quadrati [1m²] in modo che una volta riempito del tutto, l'acqua aperte le saracinesche, si precipita con tanta violenza [nei pozzi] da travolgere la resistenza della roccia (*Naturalis Historia*, XXXIII, 76).

Abbastanza chiara la dinamica narrata: esauriti i lavori preparatori, riempiti gli invasi, si sollevavano le paratoie, consentendo all'acqua di precipitarsi nei pozzi tramite i quali colmava le sottostanti sale. L'aria priva di sfogo vi veniva compressa fino ad assumere la stessa pressione dell'acqua in ogni suo punto, a sua volta funzione del dislivello tra la bocca dei pozzi e le sale. Per esemplificare, se la differenza di



Ricostruzione virtuale del sistema di collasso della collina tramite l'immissione di acqua.



Las Medulas: fianco di collina abbattuto idraulicamente: ben visibili le gallerie di taglio (fonte Wikimedia Commons).

quota fosse stata appena di 10 m, su ogni mq della superficie della sala avrebbe agito una spinta di 10 tonnellate e, supponendola, per comodità di calcolo, cubica di 5 m di lato, sui suoi 150 mq sarebbe stata di 15 000 tonnellate, che sarebbero diventate 75 000 con pozzi di 50 m di profondità. Entità più che sufficiente a sbriciolare la parete meno spessa, proiettandola verso l'esterno, privando così la sovrastante formazione di appoggio e facendola perciò collassare sotto il suo stesso peso. A quel punto l'acqua degli invasi, trovando libero sfogo, defluiva con eccezionale violenza completando la demolizione, dando così origine a un conoide di deiezione alla base della parete abbattuta, grandiosa riserva di ganga pronta ormai per le macine. Ma dal momento che quell'acqua conteneva in sospensione particelle d'oro frenandone la corrente, se ne favoriva il deposito su qualsiasi asperità. Pertanto:

Un ulteriore lavoro deve attuarsi in pianura. Lì si scavano trincee nelle quali il flusso d'acqua possa scorrere -chiamate 'agogae' (condotte)- di parte in parte nelle trincee vi si inserisce l'erica, un arbusto simile al rosmarino, capace per i suoi rametti di trattenere le particelle d'oro. Le sponde dei canali sono formate da tavole, che tra i dirupi poggiano su mensoloni di sostegno. Pertanto i detriti sono trasportati fino al mare, e la montagna frantumata si dissolve (*Naturalis Historia*, XXX, 76).

Sebbene Plinio non lo scriva esplicitamente, il procedimento da lui rievocato è quello tipico di una mina idraulica, a sua volta riproduzione di un raro fenomeno carsico. Del resto per quale ragione si sarebbe accumulata tanta acqua negli invasi? Se, come pure è stato scritto, quell'acqua serviva a dilavare il minerale per separarne l'oro, perché non veniva utilizzata direttamente quella condotta dai canali? Come credere poi che quegli enormi invasi si potessero riempire nel corso della

notte, occorrendovi per farlo un pauroso flusso di quasi 1000 mc l'ora? Perché poi scaricare la massa d'acqua degli invasi, raccoltavi in diversi giorni, nei pozzi così violentemente? E poi perché avvalersi di un deflusso tanto veloce quando per il lavaggio sarebbe occorsa una lenta corrente, perdendosi altrimenti pagliuzze e piccoli grani d'oro? Che Plinio in materia fosse approssimato lo dimostra pure una sua ulteriore affermazione, secondo la quale da siffatte tecniche estrattive l'Italia era stata risparmiata grazie a un antico decreto che vi proibiva la coltivazione mineraria, e del quale se ne conservava il testo della legge censoria per la miniera d'oro di Victumulae, presso Vercelli, dove fu proibito di impiegarvi più di 5000 uomini.

Devastazione ambientale

Le estrazioni minerarie hanno sempre avuto un devastante impatto sull'ambiente, e in ciò la *ruina montium* non fu seconda a nessuna, insistendo la sua efficacia proprio sulla demolizione di intere colline, ridotte a semplici pietraie sterili. Ed è proprio questa vistosa connotazione peculiare che può considerarsi un rivelatore archeologico, non essendo in alcun caso attribuibile ad altre modalità estrattive. In epoca «romana e per buona parte del Medio Evo, con il termine *aurifodinae* venivano indicate le miniere d'oro: «I depositi della Bessa, nel Biellese, corrispondono alle *aurifodine* di *Ictumuli*, coltivate fra il II e il I sec. a. C. da pubblicani romani e per le quali, secondo Plinio (XXXIII, 4), un antico provvedimento del Senato proibiva di utilizzare più di 5000 uomini: esse si trovano sul fronte orientale esterno dell'anfiteatro morenico d'Ivrea, nei comuni di Mongrando, Zubiena e Cerrione [...]. Nonostante la plurisecolare opera di livellamento naturale e di rimaneggiamento umano, i cumuli di ciottoli sono ancora ben visibili e, per essi, non è possibile ipotizzare un'origine naturale per dilavamento di strati alluvionali da parte di piene fluviali [...]». Circa la consistenza dei depositi «l'aspetto più evidente e caratteristico della Bessa è dato dall'enorme distesa dei cumuli di ciottoli sciolti e puliti [...] per una superficie di oltre 4 chilometri quadrati. La loro origine era stata correttamente interpretata sin dal XVIII secolo dagli ingegneri minerari del Regno di Sardegna e che un secolo dopo Quintino Sella ne precisò la natura affermando: "La Bessa non fu altro che un campo di lavatura di sabbie aurifere, ed i cumuli che la caratterizzano, sono il rigetto dei ciottoli, che commisti alle sabbie ne impedivano la lavatura"» (PIPINO G., 2012, p. 141).

Circa la modalità di coltivazione adottata, l'autore, che pur non ritiene che quanto descritto da Plinio sia stato un processo di abbattimento per pressione idraulica, precisa di aver visitato varie gallerie e sale ancora presenti nei paraggi, e che «l'osservazione interna della galleria di C. [Cascina] Piattola [...] consente di accostare questi lavori minerari ai sistemi di *ruina montium* osservati da Plinio in Spagna e di ipotizzare un'applicazione *ante litteram* del fenomeno di 'pressione idrostatica' codificato da Pascal nel Seicento [...] [in pratica] nello strato veniva scavata un'ampia sala, dalla quale partivano una o più gallerie che sbucavano dall'altra parte, nell'odierna valle dell'Olobbia. Qui venivano immesse grosse masse d'acqua in pressione, che riempivano le gallerie e la sala.