

Aldo Ferruggia

FOLIA

SELENOCHROMATICA

XII

“Quando guardo una montagna aspetto sempre che si converta in vulcano ”

Italo Svevo

Il vulcanismo lunare

Al contrario di quanto si possa pensare, non solo la Luna è stata sede di una notevole attività vulcanica, ma gli esiti di tale attività sono tutt'oggi alla portata dell'astrofilo medio che ne può apprezzare ed analizzare le caratteristiche grazie alle tecniche selenocromatiche VIS-NIR (lunghezze d'onda nel visibile e nel vicino infrarosso). I materiali esposti di origine vulcanica sono riuniti dal nome di Depositi Piroclastici Lunari (*LPDs*) e suddivisi in Selenocromatica in *Dark Spots e Red Spots*. Per le loro particolari *nuances* sono spesso annoverati nell'Atlante Selenocromatico del GAWH con nomi spesso fantasiosi, rappresentando importanti riferimenti cromatici (reperi). Salvo diversa indicazione, riguardo alla datazione vanno considerati come meso-cromatici. Sono esclusi dalla presente trattazione il magmatismo estrusivo dei mari ed i magmatismi cristallini di profondità (Mg suite).

Dark Spots

I '*Dark spots*' della Selenocromatica sono chiamati anche Dark Mantle Deposits (DMDs) perchè hanno un'albedo così bassa da essere le formazioni più scure della Luna; ciononostante, grazie alla loro varia riflettanza cromatica possiamo differenziarne la composizione. Pur rappresentando una frazione minima della crosta lunare, rivestono particolare interesse perchè correlati alla presenza di minerali primitivi provenienti talora dal mantello lunare, rari nel resto della Luna come Zolfo, Zinco, Cadmio, Indio, Fosforo, Piombo, Germanio, Gallio, Cloro, Sodio, Oro ed addirittura ossigeno ed acqua [ad es. Baedeker et al., 1974; Meyer et al., 1975; Butler, 1978; Saal et al., 2008, Allen, 2015]. Si ritiene siano formati da magmi ricchi di gas provenienti dalle profondità della Luna (>300 km di profondità) che portano in superficie una serie di minerali ferro-magnesiaci cristallizzati originati da magmi primitivi non frazionati arricchiti in ferro (Fe), titanio (Ti) e rivestiti da materiali volatili [Delano e Livi, 1981]; questa loro 'immaturità' rispetto ai magmi frazionati dei *Maria*, li fa considerare come chiavi per capire le parti più interne della Luna.

Li possiamo trovare più facilmente nei mari lunari ed in prossimità del confine tra i basalti marini e le *highlands*. Comprendono varie formazioni geologiche composte da materiale friabile di origine piroclastica ricomprese nell'acronimo *DMDs* (*Dark Mantle Deposits*). [Carr, 1996; Schmitt et al., 1967; Wilhelms and McCauley, 1971; El-Baz, 1972; Sato, 1976].

Depositi Regionali (RDMDs): sottili ma tanto estesi da configurare vere e proprie 'regioni piroclastiche', tipicamente più di 1000 Km², sono stati creati da imponenti e durature eruzioni 'a fontana' di stile 'hawaiano' caratterizzate da emissione di magma molto fluido e caldo [Heiken et al., 1974; Wilson and Head, 1981; Gaddis et al., 1985; Weitz et al., 1998]. La loro età varia da 3.35 a 3.62 Ga [Spangler et al., 1984].

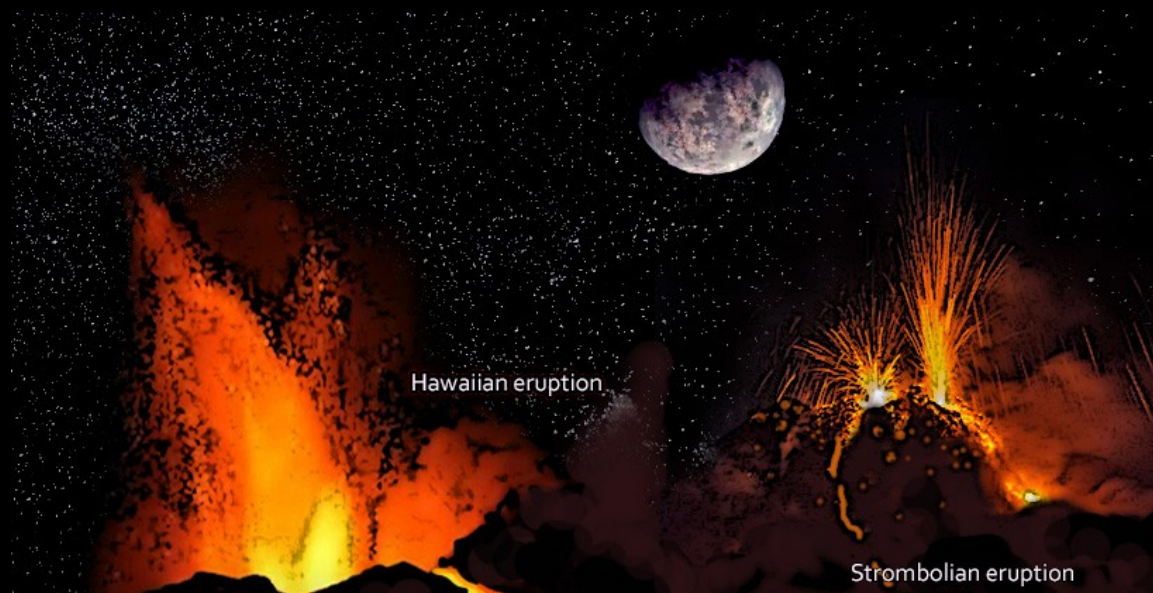


Fig. 1: differenti modalità eruttive: eruzione 'hawaiana' (magmi fluidi) e stromboliana (magmi densi)

Li si trova frequentemente nei pressi dei bacini basaltici marini e sovrapposti alle *terrae*. [Head, 1974; Schultz, 1976; Weitz et al., 1998; Jozwiak et al., 2012] Il più grande DMD della Luna è il plateau di Aristarchus (la cosiddetta *Shroteri Platform*), la cui particolarità minerale è quella di essere ricco di Ferro ma povero di TiO₂ e [ad es. Gaddis et al. 1985; Lucey et al. 1986] e per questo è colorato con sfumature che vanno dal marrone all'arancione (Fig.1).

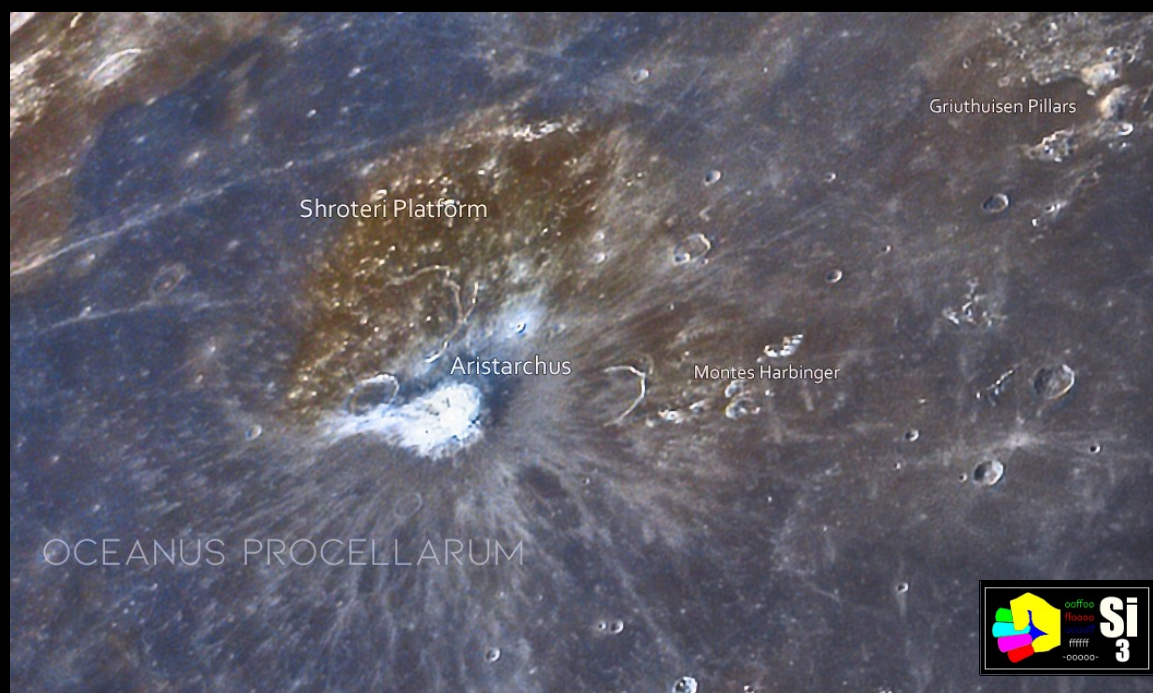


Fig. 2: Area di Oceanus Procellarum nei pressi del cratere Aristarchus con le principali formazioni piroclastiche ed in particolare la Shroteri Platform : Acquisizioni A. Ferruggia ed O. Zetta



Fig. 3: DMDs della regione centrale della Luna con i nomi dei reperi selenocromatici. L(DVF) +C(UV-IR-cut di O. Zetta; Cocoa Mountains' sono in effetti area ipervariabile (marrone/viola)

Gli altri DMDs sono ad alto contenuto di ferro e titanio e risultano molto più scuri del precedente e presentano sfumature leggermente cangianti in base al rapporto tra quantità in % FeO e TiO₂ (≈ 2 blu, $\approx 2,2$ viola, $> 2,3$ marrone). Per apprezzare al meglio le fini differenze tra tali colori si consiglia di acquisire in piena luce, lontano dal terminatore, intorno alla Luna piena (Fig.3).

Depositi locali (LDMDs): meno estesi dei precedenti, normalmente di meno di un centinaio di Km², si formarono con eruzioni di tipo 'vulcaniano' [ad es. Gaddis et al., 2003; Gustafson et al., 2012] e/o 'stromboliano', per frammentazione esplosiva di rocce vulcaniche e per successiva stratificazione da gravità [Head and Wilson, 1979; Hawke and Head, 1980; Hawke et al., 1989]; sono in particolare le degassazioni violente a spingere verso l'alto magmi densi, frammenti e polveri che ricadono poi a varia distanza, in maniera dipendente dalla forma della bocca eruttiva, dalla forza della pressione di espulsione e della massa espulsa. Spesso i LDMDs sono associati a canali e fissurazioni lineari della crosta (*rille*) che si aprono in uno scuro ed oblungo bacino (Fig. 4,5) ed all'area piroclastica che lo avvolge; Normalmente di colore caldo si reperiscono talora aree bluastre (eccesso di TiO₂, vedi formazione sud del cratere Atlas). Il fatto che il bacino di degassazione sia dotato di alone scuro ha fatto sì che alcune di tali formazioni siano state catalogate impropriamente come *Dark Halo Craters (DHC)*: infatti, la grande maggioranza di questi crateri è di origine da impatto e tali bocche createsi con attività vulcaniana assomigliano loro solo per il colore. Si consiglia di riprenderli in piena luce, cosa che permette di apprezzarne il contrasto con le più chiari territori adiacenti.

Dark Domes (DDs) : piccoli vulcani di attività 'stromboliana' [Head e Wilson, 2017] di varia foggia (a bolla, a cono, a scudo), talora tanto rimaneggiati dalla micro-craterizzazione da mostrare con difficoltà i crateri eruttivi o da non presentarli affatto. Il loro colore può essere nero, blu, marrone. Talora sono riuniti in gruppi.

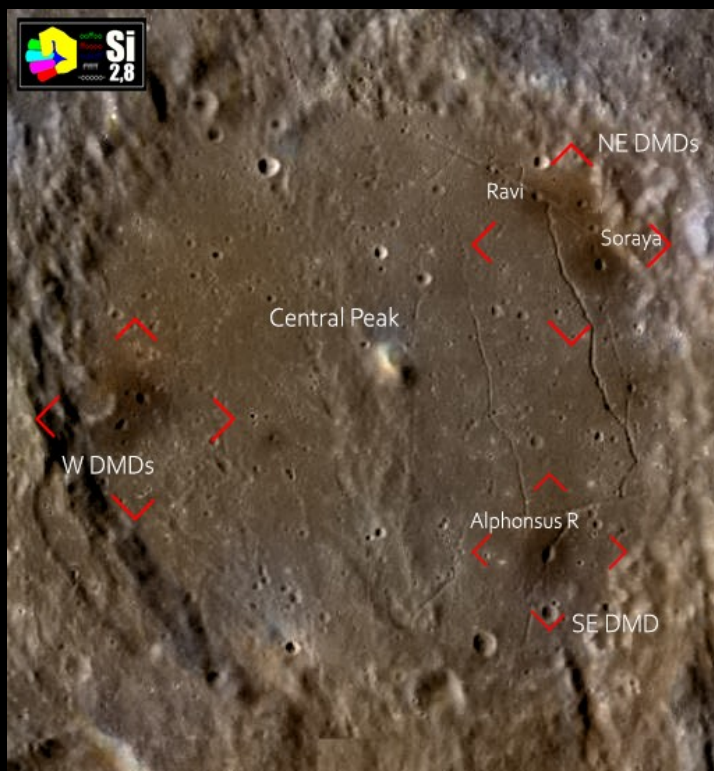


Fig. 4: Si del cratere Alphonse con i LDMD segnalati da target rossi, chiamati complessivamente Bocche dell'Inferno (*Jaws of Hell*) e datati come alto-imbriani [McCauley, 1969]; luminanza da sonda LRO (BN) e cromianza (UV-IRcut di O. Zetta)

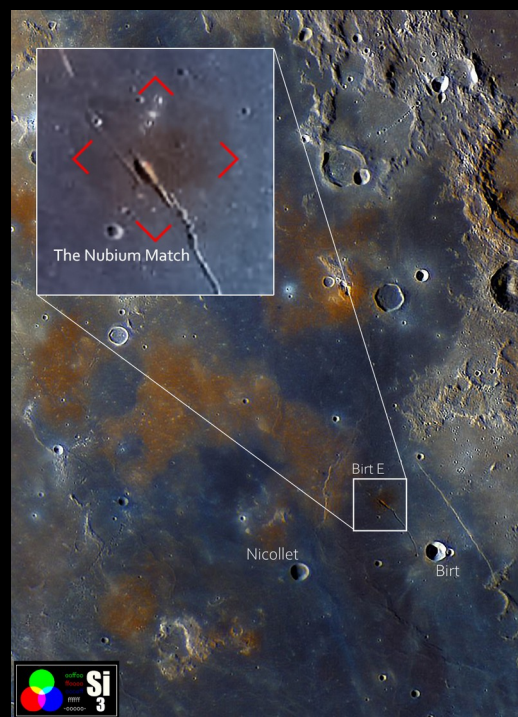


Fig. 5: Area di Mare Nubium in una Si di S. Vinco; ingrandimento con il LDMD chiamato 'Il Fiammifero del Nubium' (luminanza da LRO + cromianza di S. Vinco)

Red Spots

I RS sono strutture vulcaniche non troppo estese (da decine a qualche centinaio di Km²) simili ai domi, di varia forma e talora a scudo ma, e soprattutto, di genesi particolare: il loro colore chiaro, rosato-arancione è dovuto ad assorbimento delle lunghezze d'onda che vanno dal verde all'UV: alla base del loro comportamento elettromagnetico c'è un alto tenore di SiO₂ ed alluminio tipici dell'anortosite. Questo stupisce alquanto perché l'anortosite è componente tipica delle *highlands*, quindi della crosta lunare, mentre ci aspettiamo, come detto sopra, che a costituire i vulcani concorrano i materiali più profondi propri del mantello. Infatti, quando la pressione del magma nel mantello aumenta esso forma degli accumuli nel contesto della crosta; qui il magma si fa strada attraverso le fessure sottostanti ai bacini d'impatto fino alla superficie generando così i basalti dei *Maria*. Nei *Red Spot* invece è come se la lava che ha prodotto queste strutture derivasse da una mistura contenente minerali della crosta stessa. L'ipotesi più seguita prevede sacche di magma ristagnanti nella crosta vi abbiano 'cotto' fino allo scioglimento i materiali della crosta stessa (Fig. 6); ne sarebbero derivati magmi intrusivi di silicati alcalini (*Suite Alcalina*) chimicamente complessi e viscosi che, risaliti fino alla superficie, crearono strutture formate da rocce come la rhyolite e la dacite [Boyce J.M. et al, 2017]. Le rocce della 'Suite Alcalina' e quindi gli RS si trovano in formazioni più frequenti nella cosiddetta area PKT (fig. 8), area della crosta lunare che secondo la teoria in voga potrebbe essere stata prodotta da un vecchissimo giga-impatto che l'ha resa meno spessa ma più ricca di fosforo (P), elementi rari terrestri (REE) e potassio (K) da cui l'acronimo KREEP.



Fig. 7: Rhyolite

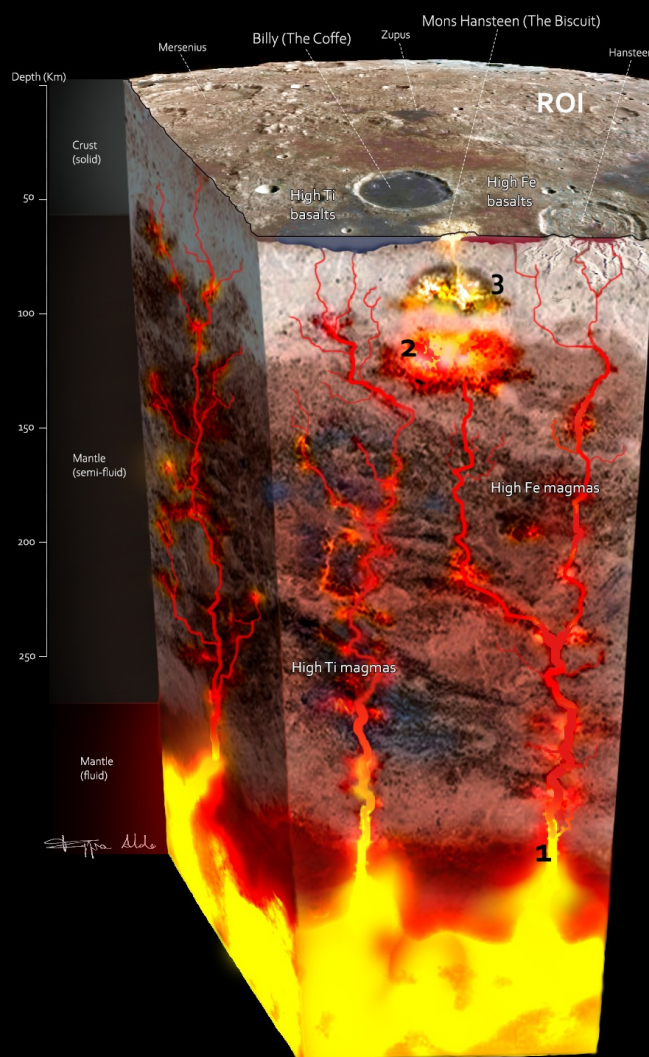


Fig. 6: Grafico sezionale del modello di formazione dei depositi ad alto tenore di silicio (*Red Spots*)

Questi depositi piroclastici sono discretamente albedici e presentano nel visibile colori caldi (dal bianco, rosato, giallo pallido al marrone all'arancione ed al rosso-mattone); per rilevare quindi tali colori non dobbiamo evitare il buio del terminatore nei loro pressi quando acquisiamo; anzi, proprio le ombre possono mettere in risalto le loro calde sfumature creando godibili panorami.

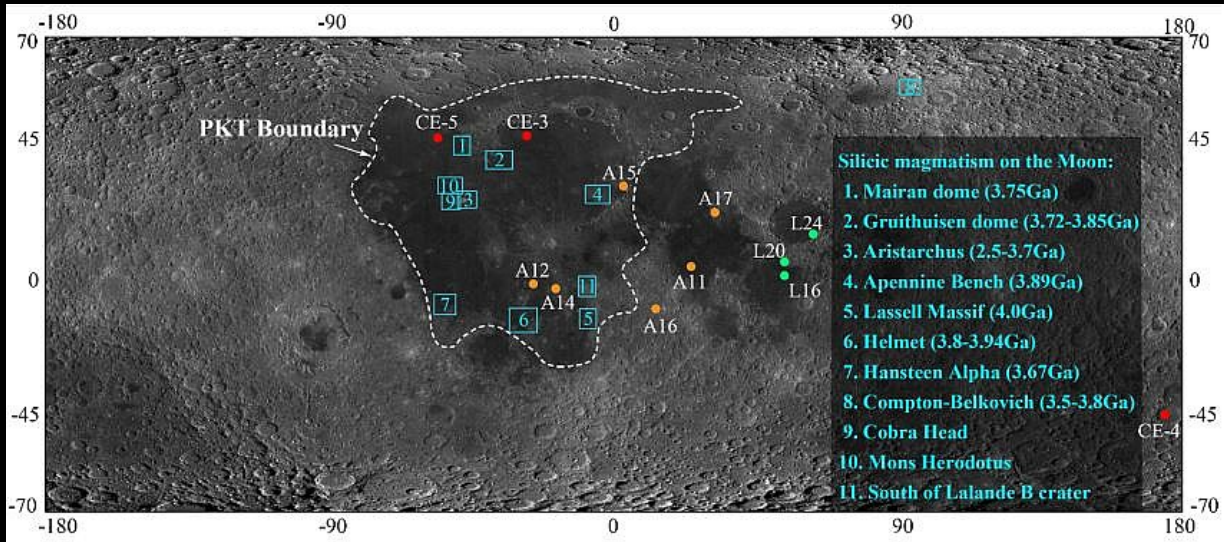


Fig. 8: Localizzazione dei principali RSs; le età delle formazioni sono derivate dalla craterizzazione. Sono anche segnalati i siti di allunaggio delle missioni Apollo (A) e Chang'e (CE). In Wei Du 2024 da Wagner 2002 e Glotch 2021

Neutral Domes

Così chiamati perché non creano contrasto cromatico rispetto ai territori adiacenti (contaminazione, sovrapposizione?), talora riuniti in piccoli gruppi, i NDs sono simili morfologicamente ai DDs, i 'domi scuri' con i quali condividono l'origine stromboliana, ma presentano colori più chiari: ocra nelle *highlands*, blu e rosso nei *maria*. Quanto detto chiarisce perché sia vantaggioso acquisire quando le ombre ne esaltano i contorni, vicino al terminatore.

INA

La piccola depressione piroclastica situata in Lacus Felicitatis è appena apprezzabile con un telescopio di 8" ma vale la pena lo stesso di tentare di risolverla visto che rappresenta un *unicum* nella faccia visibile della Luna per colore, genesi ed età: il suo colore azzurro/grigio è eccezionale rispetto ai fenomeni vulcanici analizzati e la sua dibattuta datazione, misurata talora in meno di cento milioni di anni, ne fa la una delle formazioni più giovani e controverse del nostro satellite [Shearer and Papike, 1993].



Fig. 10: Flussi inflati del Kilauea

Per la sua genesi avvenuta su di un vecchio e basso vulcano a scudo e per la sua forma piatta con numerose depressioni è stato chiamato in causa il meccanismo dell' 'inflazione di flussi lavici' ritenuti somiglianti a quelli del New Mexico, dell'Idaho e delle isole Hawaii [Garry 2012].

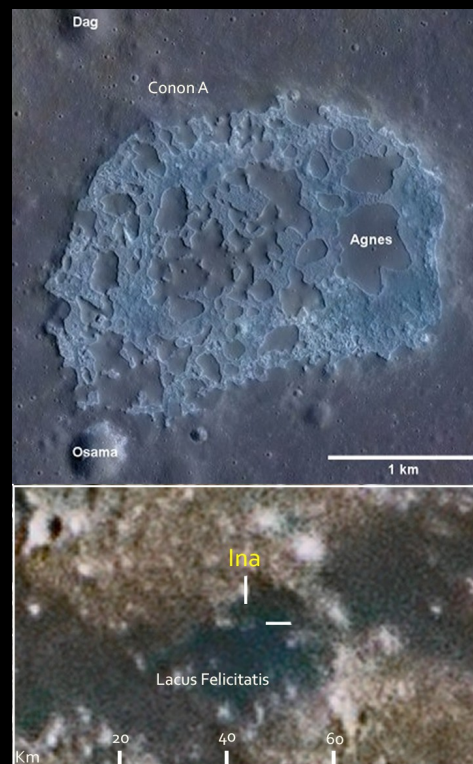


Fig. 9: In alto immagine di INA da LRO, in basso sua localizzazione in base a ripresa di O. Zetta con CCE di A. Ferruggia