

Alla riscoperta di Venere: riprendere la superficie e non solo...

di **Daniele Gasparri**

Valli, pianure, altopiani e montagne si stagliano perfettamente contrastate sul disco planetario dal diametro di oltre 50", circondate da una fitta rete di chiaroscuri simili alle macchie di albedo di Marte, ma visibili nell'emisfero non illuminato dal Sole.

Non stiamo parlando di un pianeta immaginario o di qualche congegno fantascientifico in grado di produrre delle osservazioni miracolose. La descrizione fatta si riferisce ad alcune immagini di Venere e della sua superficie, messa in evidenza in modo univoco con un semplice telescopio da 23 centimetri ed una normale camera CCD lo scorso mese di Marzo, per la prima volta con strumentazione amatoriale.

E' opinione diffusa tra gli astrofili che l'osservazione diretta della superficie di Venere sia impossibile con ogni telescopio, a causa dello spesso strato di nubi che circonda il pianeta. In realtà non è proprio così e finalmente possiamo dire di averne le prove. E' sufficiente una strumentazione amatoriale di livello medio per osservare ed identificare univocamente dei dettagli superficiali del pianeta, analizzando l'emissione termica proveniente dall'emisfero non illuminato (nightside in inglese). I dettagli sono così definiti e contrastati che è possibile costruire una mappa perfettamente compatibile con la geologia del pianeta, ricavata da studi radar condotti dalle sonde che l'hanno raggiunto.

Oltre a questa sorprendente prospettiva, l'indagine accurata del pianeta con tecniche nuove, ma semplici, porta alla scoperta di altri fenomeni peculiari, ritenuti, erroneamente, fuori dalla portata degli astrofili.

Con questo articolo spero di riuscire a comunicare, in modo duplice e parallelo, un nuovo metodo di indagine scientifica condotto con strumentazione totalmente amatoriale, e la passione e l'emozione, proprie dell'amante del cielo, nello scoprire un pianeta nuovo, ricco di fenomeni ancora non ben compresi e studiati a sufficienza nemmeno dalla comunità scientifica, ben lontano dalla fama di noioso e avaro di dettagli che nel tempo si è ingiustamente guadagnato.

Una breve cronaca

Lo scorso mese di Marzo Venere si presentava come una sottile falce nel cielo serale.

Nonostante un'elongazione di 20°. la favorevole inclinazione dell'eclittica consentiva di seguire il pianeta ancora relativamente alto nel cielo ormai scuro. Non mi sono fatto sfuggire l'occasione e ho cercato di condurre uno studio diverso dal classico imaging della sottile falce, esteticamente bellissima ma priva di nuovi dettagli ed emozioni, sfruttando ancora una volta il grande potenziale, spesso inespreso, della nostra strumentazione amatoriale.

Con il mio telescopio Schmidt-Cassegrain da 235mm ed una camera CCD ST-7XME, ho seguito, per un'intera settimana, il lato non illuminato del pianeta, alla lunghezza d'onda di 1 micron e nel visibile, cercando di mettere in evidenza dettagli superficiali, la presenza di nubi, e della blasonata, quanto controversa, luce di Ashen.

Purtroppo la visibilità dell'emisfero non illuminato è limitata ai periodi nei quali Venere si mostra con una fase minore del 40%, con una favorevole inclinazione dell'eclittica che consente osservazioni con un cielo moderatamente scuro: questo è un requisito fondamentale per condurre questo tipo di osservazioni.

Ma andiamo per gradi, cercando di capire, innanzitutto, come sia possibile teoricamente osservare la superficie del pianeta.

L'emissione termica

La superficie di Venere è estremamente calda, circa 750 K; la circolazione atmosferica, molto efficiente, fa sì che il calore sia uniformemente distribuito, con la conseguenza che la temperatura risulta pressoché uniforme su tutto il globo.

L'elevata temperatura fa sì che l'intero pianeta emetta radiazione elettromagnetica, di corpo nero, centrata nell'infrarosso, con un picco a 3,8 micron, ma con delle ali che si estendono fino alla regione del vicino infrarosso. Questa radiazione, definita termica, deve fare i conti con lo spesso strato atmosferico, che la blocca completamente in quasi ogni punto dello spettro, tranne in qualche ristretto intervallo di lunghezze d'onda.

In corrispondenza della lunghezza d'onda di 1,01 micron si trova una forte finestra di trasparenza nello spettro dell'anidride carbonica e nello spesso strato di nubi di acido solforico: la radiazione termica proveniente dalla superficie riesce ad uscire nello spazio e può essere osservata da Terra come una debole luminosità dell'emisfero non illuminato del pianeta.

Non vi sono speranze di osservarla direttamente, ma è possibile, con i nostri sensori digitali sensibili anche all'infrarosso, riprenderla in modo piuttosto semplice e scoprire l'impronta di alcuni importanti dettagli.

La prima osservazione da parte di un amatore risale al 2004, ad opera di Christophe Pellier. L'astrofilo francese, riprendendo con un filtro infrarosso centrato sulla lunghezza d'onda di 1 micron, attraverso un telescopio da 14", riuscì a mostrare la debole luminosità dell'emisfero non illuminato di Venere, che si mostrava come una specie di luce cinerea lunare, ma estremamente diversa quanto a proprietà ed intensità.

Egli riuscì a mettere in evidenza anche alcune macchie, ma la loro identificazione non fu certa, a causa del poco segnale raccolto.

Da quel momento molti astrofili sono riusciti a riprendere la radiazione termica, ma nessuno è stato in grado di identificare con certezza le proprietà e l'evoluzione delle macchie scure visibili e condurre così uno studio valido anche dal punto di vista scientifico.

Poiché Venere possiede montagne ed altopiani, i quali, come sulla Terra, hanno temperature minori delle più basse zone pianeggianti, è teoricamente possibile, studiando l'emissione termica, mettere in mostra le principali formazioni geologiche del pianeta; in particolare, rilievi e montagne avranno temperature minori, quindi emetteranno minore radiazione, risultando più scure delle regioni pianeggianti a temperature maggiori. Se riusciamo ad ottenere immagini con un buon segnale ed una buona risoluzione, dell'emisfero non illuminato dal Sole, nella finestra di trasparenza, è teoricamente possibile mettere in mostra ed identificare direttamente i dettagli superficiali!

I grandi telescopi professionali hanno dimostrato che ciò è possibile, ma non hanno ottenuto grandi risultati quanto a risoluzione e contrasto.

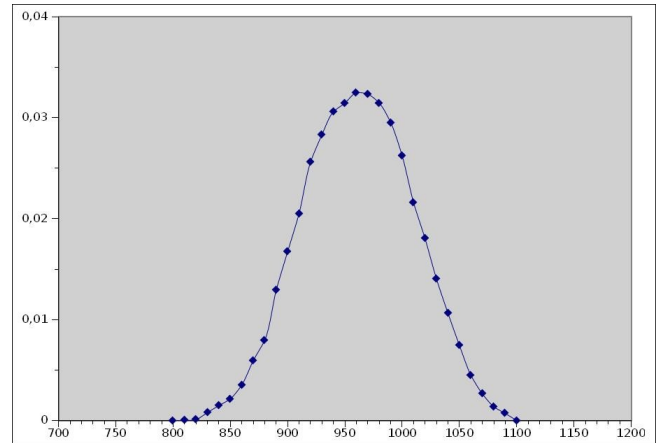
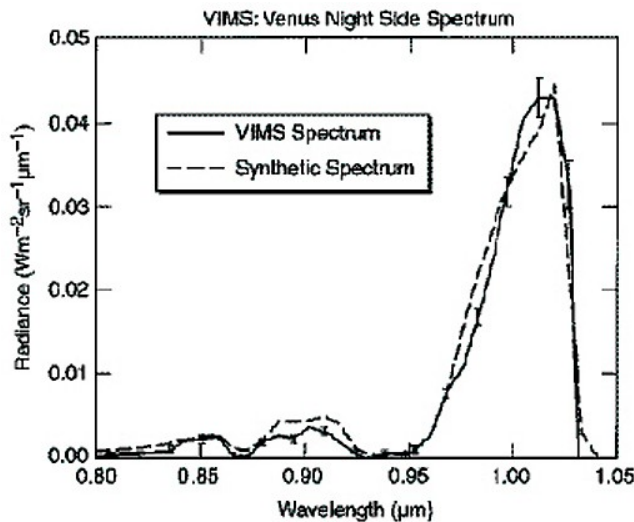
Strumentazione

L'accessorio indispensabile per riprendere l'emissione termica con successo è un filtro infrarosso centrato sulla lunghezza d'onda di 1 micron (1000nm). Nel panorama commerciale, lo Schott RG1000 sembra la migliore soluzione. Questo filtro appare completamente opaco alla vista e può essere utilizzato con profitto, in digitale, solamente sui corpi del sistema solare più brillanti. Combinando la sua banda passante, che inizia a partire dai 900nm, con la curva di sensibilità spettrale del mio sensore CCD, si ottiene una trasmissione risultante centrata a 970 nm, con una larghezza a mezza altezza (FWHM) di circa 120 nm.

Non servono telescopi dal grande diametro per un lavoro di qualità; piuttosto grande attenzione deve essere messa nella scelta della camera di ripresa, che non può essere la classica webcam. Molti astrofili, anche piuttosto esperti, quali lo stesso Pellier o Damian Peach, utilizzano camere di ripresa specializzate per i pianeti, come le Lumenera o le DMK. Nelle condizioni nelle quali si presenta Venere e per le proprietà della radiazione termica, non credo che questa sia la scelta migliore.

La debolezza dell'emissione non consente di effettuare esposizioni brevi, e la dinamica, limitata a 10, massimo 12 bit, non produce mai segnale sufficiente per mettere in luce in modo chiaro i dettagli visibili.

Una camera CCD progettata per usi astronomici, con un'ottima sensibilità, ed una dinamica a 16 bit, è ideale per questo tipo di lavoro.



Lo spettro di emissione della superficie di Venere mostra chiaramente la finestra a circa 1 micron, nella quale l'atmosfera diventa semi-trasparente alla radiazione superficiale, che riesce a sfuggire nello spazio ed essere rilevata dai telescopi. A queste lunghezze d'onda possiamo osservare direttamente la superficie nell'emisfero non illuminato dal Sole, contaminata solo in parte dallo spesso strato atmosferico venusiano.

Curva di trasmissione risultante per la ripresa della radiazione termica alla lunghezza d'onda di 1 micron, ottenuta combinando il filtro infrarosso RG1000 con la curva di sensibilità del sensore CCD

Tecnica di acquisizione ed elaborazione

La tecnica di ripresa è stata tutto sommato semplice. La luce della falce illuminata del pianeta è di circa 20000 volte maggiore di quella della radiazione termica del lato in ombra e questa è la più grande difficoltà da affrontare. Invece di cercare di mascherare la falce, dopo alcune prove ho capito che il compromesso migliore era quello di riprendere senza alcun accorgimento particolare, al fuoco diretto del mio Schmidt Cassegrain da 235mm f10. Il blooming causato dalla falce illuminata dal Sole non è nocivo, se si ha l'accortezza di non esporre oltre i 10 secondi e, soprattutto, di orientare correttamente il pianeta, con la linea congiungente le cuspidi perpendicolare il lato lungo del sensore.

La scala dell'immagine è importantissima; la luce diffusa dalla falce illuminata nasconde totalmente l'emisfero in ombra se si lavora con focali troppo basse. D'altra parte, è sconsigliato riprendere alle focali tipiche delle riprese planetarie perché l'emissione termica diventa troppo debole. Un campionamento compreso tra 0.70 e 0.90"/pixel sembra essere la scelta perfetta.

Una volta scelta la migliore scala dell'immagine, il problema principale per avere un segnale forte dell'emisfero in ombra è causato dalla luminosità del fondo cielo, che tende a cancellare ogni impronta quando il Sole non è ancora tramontato. Quando il cielo inizia a diventare scuro, il contrasto dell'emisfero non illuminato diventa molto alto, rendendo la ripresa estremamente semplice. E' quindi sempre preferibile riprendere con il pianeta basso ed un cielo scuro piuttosto che il contrario.

Per una migliore qualità dei dati, ho stabilizzato la temperatura del sensore a 5°C e ripreso dark frame e flat field per ogni sessione osservativa.

Ho effettuato riprese continuative da appena dopo il tramonto del Sole fino a quando l'altezza del pianeta non scendeva sotto i 5°; in ogni sessione osservativa ho raccolto quindi dai 150 ai 300 singoli frames, con esposizione compresa tra 4 e 10 secondi. La successiva elaborazione, dopo la calibrazione di ogni immagine con il master dark e master flat, è stata molto semplice: per ogni sessione osservativa ho creato 2-3 immagini grezze sommando almeno 70 frames. La ridondanza delle immagini è necessaria per effettuare un confronto serio e capire se i dettagli visibili sono artefatti da elaborazione o non.

La superficie rivelata!

In questo vero e proprio lavoro di ricerca, occorre che le immagini e i risultati ottenuti siano certi e inattaccabili, per questo occorre procedere ad una serie di precauzioni e controlli che dovrebbero far parte del modus operandi di ogni astrofilo dedito all'acquisizione di immagini di valenza scientifica. Le 2-3 immagini grezze di ogni giornata sono state elaborate in modo indipendente, con diversi programmi, con filtri a base di maschere di contrasto e deconvoluzione, e successivamente confrontate per riconoscere l'eventuale presenza di artefatti, i quali si sarebbero presentati in modo diverso per ogni immagine. Appurata la bontà dei dettagli visibili, ho sommato le immagini raw per ottenere l'immagine finale dell'intera sessione osservativa. Ho applicato questo semplice procedimento per tutte e 7 le sessioni, ottenendo 7 immagini finali che mostrano chiaramente dei dettagli con un notevole contrasto.

Le informazioni contenute sono moltissime, e tutte devono essere accuratamente lette ed interpretate. Innanzitutto, possiamo individuare due tipi di dettagli:

- 1) Macchie definite e a piccola scala, che si ripetono all'incirca nella stessa posizione in ogni giorno.
- 2) Macchie a scala più grande e contrasto minore, che alterano forme e contorni di quelle più piccole e che sembrano variare completamente da un giorno all'altro. Non sempre sono facili da identificare.

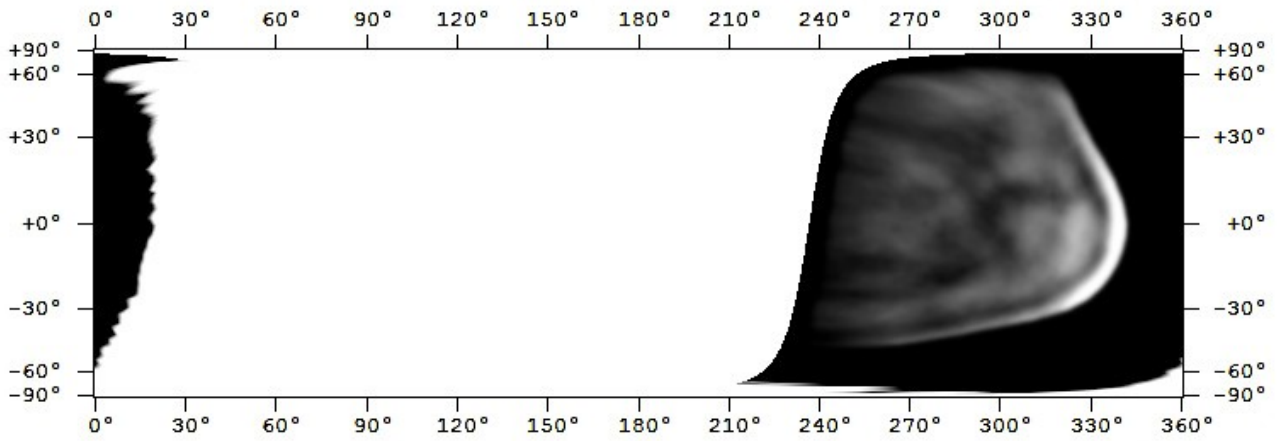
Non è difficile ipotizzare che i due tipi di dettagli osservati appartengono, rispettivamente, alla superficie e agli strati nuvolosi, generalmente a bassa quota, che assorbono in parte e in modo diverso la luce proveniente dalla superficie.

La migliore prova a sostegno della presenza di dettagli superficiali si ottiene misurando accuratamente il periodo di rotazione delle macchie scure che si ripetono in ogni immagine. Il dato ricavato non lascia dubbi: il periodo di 240 ± 6 giorni è perfettamente compatibile con il periodo di rotazione (siderale) della superficie di Venere, di 243 giorni. Non solo i dettagli si muovono lentamente nel corso del tempo, ripetendosi uguali in tutte le immagini, ma hanno un moto identico al periodo di rotazione del pianeta: essi appartengono sicuramente alla superficie, **stiamo osservando dettagli superficiali su Venere!**

Per mettere meglio in evidenza le formazioni, ho creato due nuove immagini effettuando la mediana delle riprese del 12-13-14 e del 16-17-18 Marzo. L'operazione di mediana tende a cancellare tutti i dettagli che non si ripetono uguali da un'immagine all'altra, lasciando solamente quelli appartenenti alla superficie.

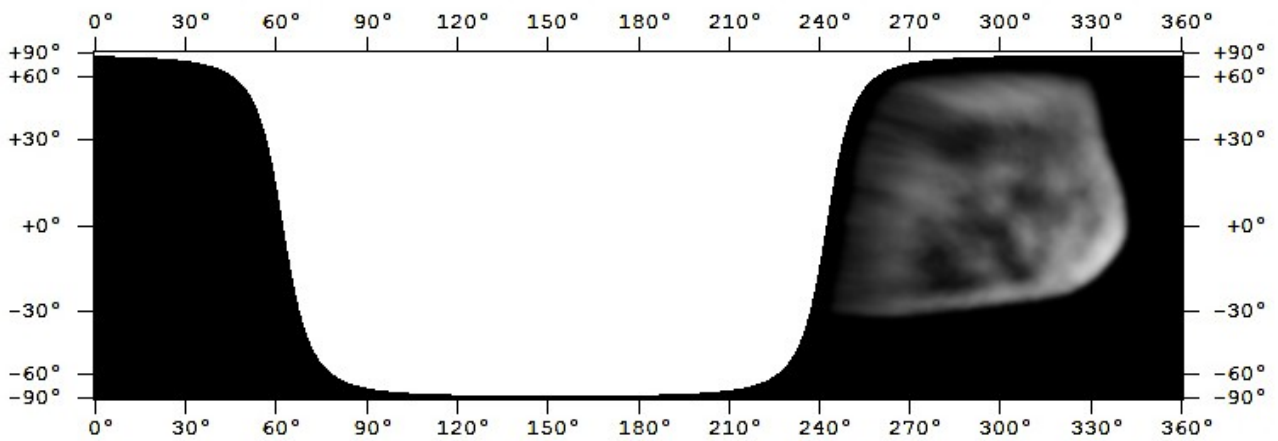
Applicando dei filtri di contrasto più intensi, ho ottenuto le due immagini finali che mostrano con estrema chiarezza i chiaroscuri associati alle formazioni superficiali.

Il passo successivo è stato quello di effettuare un confronto diretto con una mappa altimetrica della superficie venusiana ottenuta dal radar della sonda Magellano, nei primi anni 90.



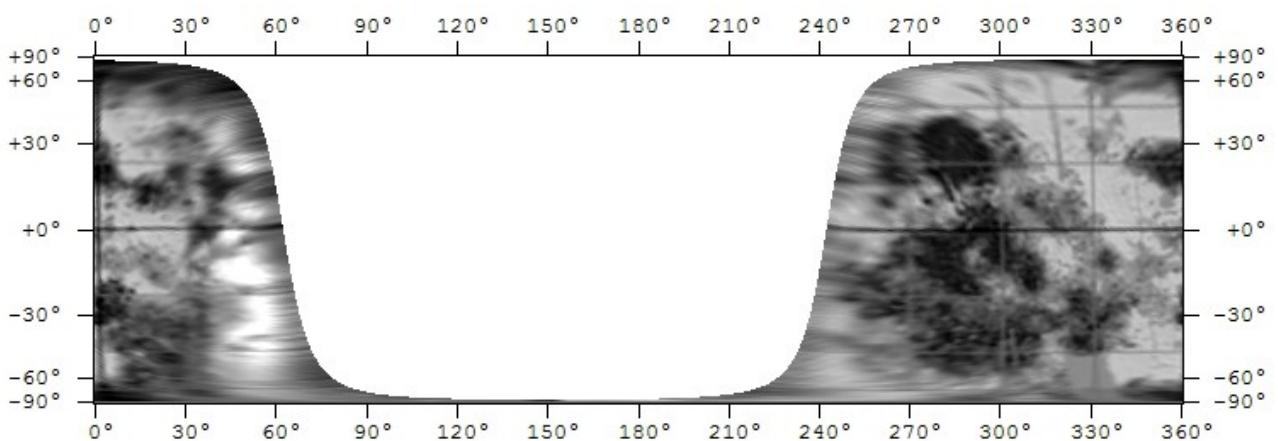
Longitudes in System 1, planetocentric latitudes
Cylindrical projection

Mappa del 12-13-14 Marzo



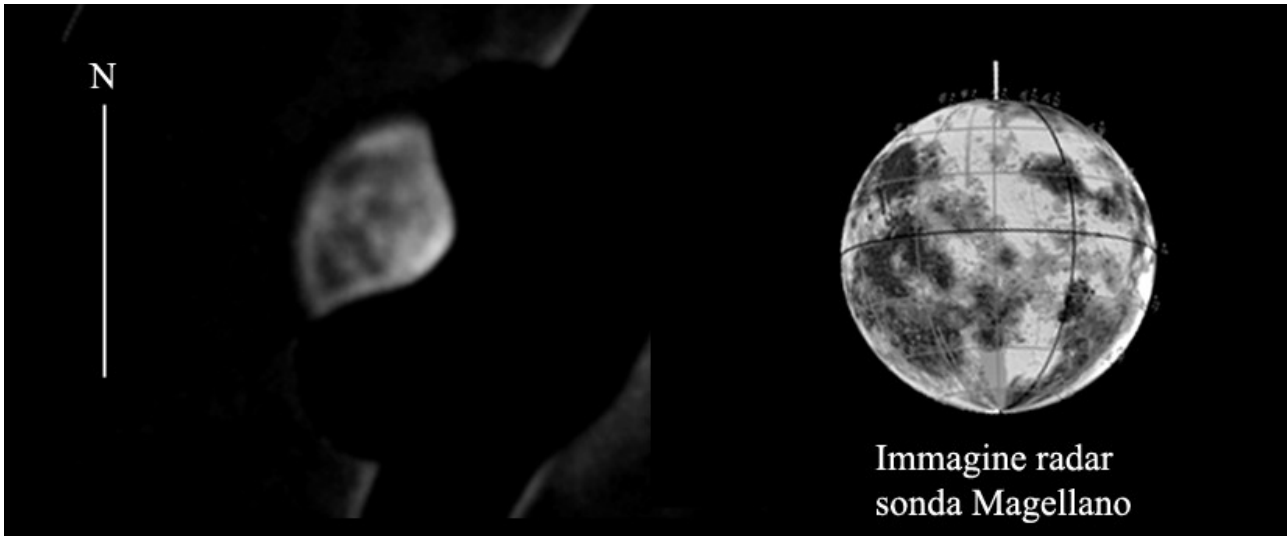
Longitudes in System 1, planetocentric latitudes
Cylindrical projection

Mappa del 16-17-18 Marzo



Longitudes in System 1, planetocentric latitudes
Cylindrical projection

**Mappa ottenuta con le immagini altimetriche radar
della sonda Magellano**



I dettagli visibili nella mediana dei frame catturati il 16-17-18 Marzo mostra chiaramente dettagli superficiali con una risoluzione di circa $2,5''$. Il confronto con la mappa altimetrica ottenuta con il radar della sonda Magellano mette in luce una somiglianza perfetta. Le regioni ad altitudini maggiori appaiono più scure di quelle ad altitudini minori, a causa della diversa temperatura.

Le regioni riprese nella campagna osservativa hanno longitudini comprese tra 250° e 330° e latitudini tra -30° e 60° . La corrispondenza con la mappa radar è perfetta. La zona scura nella parte nord, alla latitudine di $+30^\circ$, vicina al bordo, è la Beta Regio, un altopiano con al centro un vulcano alto circa 6000 metri; più in basso si nota l'inconfondibile forma tortuosa e doppia della Phoebe Regio. Uno sguardo più attento rivela altre regioni, quali la Devana Chasma, un imponente sistema di rift tra la Beta e la Phoebe Regio, la Navka Planitia, una pianura a destra della Phoebe Regio, e la Hyndla Regio, un altopiano contiguo alla Beta Regio.

La superficie di Venere è finalmente alla portata di tutti gli strumenti!

La risoluzione raggiunta è di circa $2,5''$, non male per il campionamento utilizzato ($0,86''/\text{pixel}$) e per le lunghe esposizioni; è evidente che a queste lunghezze d'onda il seeing sia molto più benevolo rispetto al visibile.

Infine, grazie alla presenza di una stella nell'immagine del 12 marzo, ho potuto stimare anche la luminosità superficiale dell'emissione termica, di circa $12 \text{ mag}/\text{arc sec}^2$, oltre 10 magnitudini inferiore rispetto alla luminosità superficiale dell'emisfero illuminato.

Le nubi a bassa quota

Le immagini riprese, grazie alla grande dinamica e all'utilizzo di un sensore estremamente sensibile e con un comportamento lineare, hanno permesso di estrarre altre informazioni, in particolare in merito allo strato di nubi sovrastante la superficie. Ricordate il tipo di dettagli che sembra variare forma e posizione in modo totale da un giorno all'altro e che abbiamo associato alle nubi in rapida rotazione?

Con un piccolo artificio possiamo mettere in evidenza l'impronta fotometrica causata da questo spesso strato di nubi, che evidentemente non è totalmente ed uniformemente trasparente alla radiazione termica proveniente dalla superficie.

Prendiamo le immagini grezze ottenute in due o tre giorni consecutivi. I dettagli appartenenti alla superficie, grazie anche alla risoluzione non elevata, sono praticamente immobili da un giorno all'altro, mentre le nubi si muovono molto più velocemente. Se noi normalizziamo le immagini correggendole per la diversa intensità del fondo cielo, e poi le dividiamo, ci aspettiamo che le formazioni superficiali scompaiano totalmente. Se dei dettagli restano, saranno da imputare esclusivamente al cambiamento di opacità delle nubi, ovvero al movimento dei sistemi nuvolosi nell'atmosfera del pianeta da un giorno ad un altro.

Effettuando questa operazione con le immagini del 16-17-18 Marzo, le migliori dell'intera campagna osservativa, abbiamo una graditissima sorpresa: tutti i dettagli identificati con la superficie scompaiono, lasciando il posto a dei chiaroscuri a grande scala, variabili da un giorno all'altro. Queste sono chiaramente le impronte identificative dei sistemi nuvolosi, presumibilmente posti nella bassa atmosfera (30-35Km), che tendono ad assorbire in modo non omogeneo la radiazione termica superficiale.



Prendendo due riprese ottenute in giorni consecutivi e dividendole, dopo averle corrette per il fondo cielo, otteniamo una nuova immagine nella quale sono evidenti i cambiamenti nella trasparenza dell'atmosfera del pianeta, da imputare al rapido movimento di sistemi nuvolosi posti a quote basse (30-35 km).

In conclusione

Lo studio dell'emissione termica di Venere alle lunghezze d'onda di 1 micron, con camere CCD a 16 bit e telescopi amatoriali, permette all'astrofilo di conseguire risultati che non hanno pari dal suolo terrestre. Le migliori riprese da terra eseguite con telescopi professionali mostrano una minore visibilità dei dettagli e una risoluzione paragonabile a quella raggiunta con la mia strumentazione.

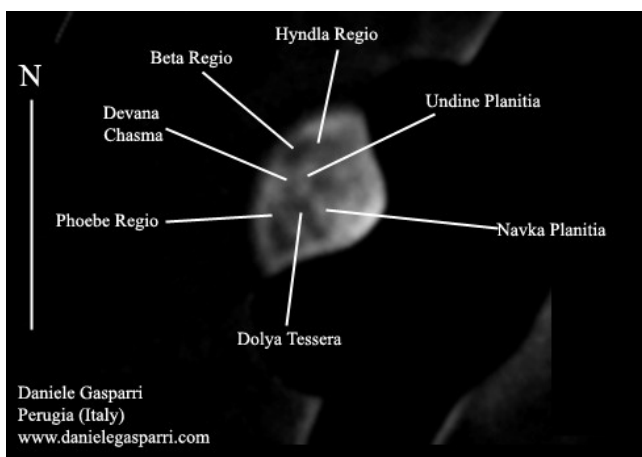


Immagine finale del suolo di Venere ottenuta con il mio strumento, e nomenclatura dei dettagli visibili.

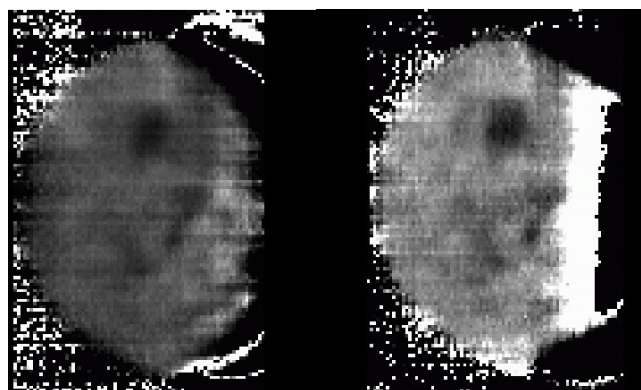


Immagine della superficie di Venere, in infrarosso, ottenuta con un riflettore di 3,9 metri di diametro. L'immagine ritrae le stesse regioni dell'immagine a sinistra, ma la risoluzione e il contrasto sono minori, nonostante uno strumento 12 volte più grande!

La mappatura della superficie di Venere costituisce per l'astrofilo un indubbio stimolo per spingere la propria strumentazione al limite, ma allo stesso tempo apre letteralmente le porte della ricerca scientifica ad un pianeta considerato fino ad ora ostico e privo di soddisfazioni. Il monitoraggio continuativo nel tempo permette, inoltre, di scoprire eventuali eruzioni vulcaniche su scale di una

decina di km, che si manifesterebbero come piccoli punti estremamente brillanti nell'emisfero in ombra; questo punto sembra estremamente importante, poiché ancora non si sa se i numerosi vulcani presenti hanno cessato la loro attività oppure no.

La tecnica applicata non è né nuova né diversa, eppure ha prodotto risultati mai raggiunti prima. Sono dell'avviso che ancora una volta l'astrofilo deve semplicemente osare, non imponendosi dei limiti ma cercando di abbattere quelli che erroneamente si sono costituiti nel tempo.