

Studio morfologico e spettrofotometrico di HCG 51

Luca Bischetti⁽¹⁾, Tommaso Bressan⁽²⁾, Martina Capuzzo⁽³⁾, Maddalena De Biasi⁽²⁾,
Giacomo Lucchini⁽²⁾, Luca Moretti⁽²⁾, Alessandra Slemer⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Liceo Scientifico “P. Levi”, S. Floriano Vr

⁽²⁾ Liceo Scientifico “A. Messedaglia”, Verona

⁽³⁾ Liceo Scientifico “E. Medi”, Villafranca Vr

⁽⁴⁾ Liceo Scientifico “G. Fracastoro”, Verona

ABSTRACT

The isolated galaxies are not so common. They usually belong to tied up systems and such ties influence their morphologies. These influences may also modify the stellar populations of the galactic structures. In this work we will analyze a group of galaxies (HCG 51) to see if, putting together a photometric and morphologic study, and a spectroscopic study linked to the stellar population, we can get experimental evidences of these interactions.

I. INTRODUZIONE

Non tutte le galassie entrano nello schema di Hubble. Ci sono sistemi di galassie gravitazionalmente legate e tali legami condizionano in modo significativo la morfologia degli oggetti coinvolti. Se due galassie si “scontrano” lo shock causato può indurre una generazione di stelle che normalmente non hanno nulla a che vedere con la normale evoluzione galattica. Ad esempio oggi è generalmente riconosciuto il fatto che la fusione di due galassie a spirale può portare alla formazione di galassie ellittiche o di S0.

In questo lavoro ci occuperemo di un gruppo di galassie per vedere se, mettendo assieme uno studio morfologico di carattere fotometrico e uno studio spettroscopico legato alla popolazione stellare, possiamo ottenere evidenze sperimentali di queste interazioni.

Un gruppo di galassie ha normalmente una massa di $10^{12} \div 10^{13} M_{\odot}$ e dimensioni tra i 100 Kpc e 1 Mpc. Stiamo quindi considerando dimensioni che sono a metà strada tra le coppie di galassie e gli ammassi. Una categoria di gruppi composti in genere da $4 \div 10$ oggetti (nel nostro caso saranno 5) sono noti come Gruppi Compatti (CG) di galassie.

Essi sono caratterizzati da una dispersione delle velocità dell'ordine delle dispersioni di velocità delle stelle nelle galassie ellittiche o delle velocità di rotazione delle galassie a spirale. Generalmente c'è la

presenza di un alone di gas caldo, $10^6 \div 10^7$ K, che emette tramite meccanismo di *bremsstrahlung* (frenamento). Tale presenza dimostra che le galassie sono tra loro gravitazionalmente legate.

Per quanto riguarda lo studio morfologico si è proceduto all'approssimazione delle isofote delle immagini delle galassie tramite ellissi, allo scopo di costruire profili di brillantezza che portassero alla stima delle magnitudini delle componenti fotometriche e delle magnitudini totali, per ottenere la classificazione morfologica dei singoli oggetti.

Per quanto riguarda lo studio spettroscopico si è fatta una sintesi di popolazione stellare confrontando lo spettro delle galassie con una combinazione lineare di spettri di stelle significative riguardo la popolazione aspettata presente in ogni oggetto.

II. DATI OSSERVATIVI

Il gruppo compatto soggetto dello studio è HCG 51 (Fig.1)

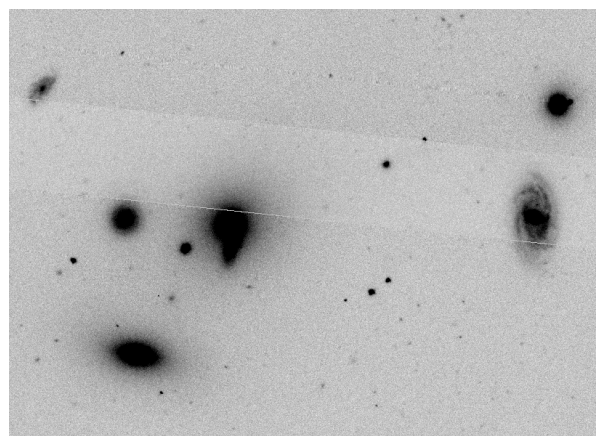


Fig 1 : Immagine di HCG 51 dalla SDSS

Nome	HCG 51
Categoria di oggetto	Gruppo compatto di galassie
Coordinate (2000)	A.R.:11 ^h 22 ^m 21.0 ^s Dec.: +24° 19' 41"
Redshift	0.0258
Velocità radiale	7735 km/s
Distanza	103 Mpc
$H_o = 75 km s^{-1} Mpc^{-1}$	
Dimensione angolare	≈ 5'

L'immagine utilizzata per lo studio morfologico tramite isofote proveniva dall'archivio SDSS. La Sloan Digital Sky Survey utilizza un telescopio di 2.5 m nel Nuovo Messico che monta una camera da 120 Megapixel in grado di coprire un'area di 1.5 gradi quadrati alla volta.

Per lo studio spettroscopico sono stati usati gli spettri delle galassie ottenuti con il telescopio di 1.22 m di Asiago mentre gli spettri delle stelle sono stati ricavati da archivio. (Jacoby et al. 1984, *A library of stellar spectra*, ApJS 56, pp 257-281).

Di seguito sono riportate le caratteristiche del telescopio utilizzato per gli spettri delle galassie.

Reticolo	300 tratti/mm
Apertura fenditura	3 arcsec
Configurazione Telescopio 122 cm	Cassegrain
Focale equivalente	19 m

III. DESCRIZIONE DEL LAVORO

Sia per il lavoro fotometrico che per il lavoro spettroscopico abbiamo indicato con lettere dell'alfabeto le varie galassie. La galassia che è in fase di interazione con la A verrà denominata F nel corso della trattazione.

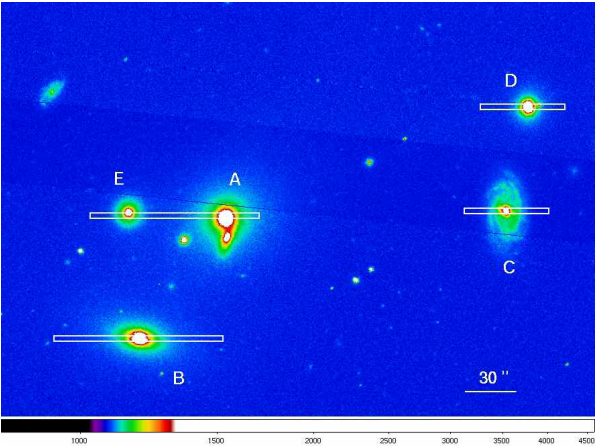


Fig 2 : In figura il gruppo di galassie con le denominazioni adottate sia in fotometria che in spettroscopia. Si noti anche la rappresentazione della posizione delle fenditure utilizzate.

IIIa. Morfologia

Abbiamo analizzato delle immagini ottenute con una camera CCD, uno strumento che collegato direttamente al telescopio ed esposto alla luce degli oggetti da osservare permette di registrare i fotoni in arrivo nella loro distribuzione spaziale per elaborarli in seguito. Le immagini usate nello studio delle galassie sono state analizzate in bande fotometriche diverse: è possibile infatti selezionare la banda di frequenze della radiazione luminosa che colpirà il sensore grazie a specifici filtri posti davanti al CCD. Per la loro capacità di rilevare fotoni in intervalli di frequenze ampi, questi filtri sono detti “a banda larga”: la radiazione nel visibile (3500 – 8000 Å) viene rilevata con cinque filtri a intervalli di frequenza diversa, identificati con le lettere *u, g, r, i, z*. Nel nostro studio ci siamo avvalsi di un'immagine in banda *g* (da 4000 a 6000 Å) e una in banda *r* (da 6000 a 8000 Å).

Il lavoro è iniziato cercando di approssimare le isofote reali delle immagini con ellissi teoriche. Infatti se ipotizziamo le galassie a simmetria sferica, possiamo supporre che punti ad eguale luminosità si trovino lungo delle ellissi. Non è detto che le ellissi siano concentriche, né che abbiano la stessa forma e tanto meno che abbiano la stessa orientazione spaziale.

Ogni ellisse è quindi definita dal suo centro, dal semiasse maggiore (*a*), dal semiasse minore (*b*) e dall'angolo di posizione. I semiassi definiscono l'ellitticità come

$$e = 1 - \frac{b}{a}$$

l'angolo di posizione (PA) è invece come l'angolo che l'asse maggiore dell'ellisse che rappresenta l'isofota forma con la direzione Nord-Sud, assumendo come direzione positiva quella verso Est (Fig. 3).

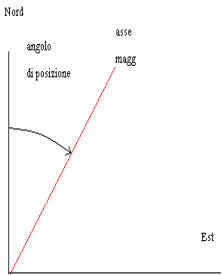


Fig 3 : Definizione di angolo di posizione.

Ora sulla base dei conteggi pixel per pixel dobbiamo costruire il profilo di brillantezza delle galassie. Immaginiamo di avere un certo numero di conteggi *I* : ovviamente questo numero è condizionato dal tempo di esposizione e dai conteggi provenienti dal cielo che si sommano all'oggetto osservato. Se il campo è relativamente piccolo possiamo considerare il cielo omogeneo e questo ci permette di utilizzare come

conteggio il valore $I - I_{SKY}$. Per determinare la brillantezza strumentale ci serve l'intensità strumentale superficiale S , cioè i conteggi di fotoni per unità di tempo e per unità di area:

$$S = \frac{I - I_{SKY}}{t_{esposizione} \cdot Area_{pixel}}$$

con $Area_{pixel} = 0.4 \text{ arcsec} \times 0.4 \text{ arcsec} = 0,16 \text{ arcsec}^2$.

Dall'intensità superficiale strumentale otteniamo la brillantezza superficiale strumentale μ :

$$\mu = -2,5 \log S \quad **$$

Facendo questo lavoro, isofota per isofota, otteniamo un grafico $\mu(r)$ che chiameremo profilo di brillantezza della galassia.

In letteratura esistono dei profili empirici ricavati sia per il bulge che per il disco, le principali componenti morfologiche di una galassia. I profili empirici che meglio si adatteranno al profilo strumentale ottenuto indicheranno le brillanze, cioè le intensità superficiali strumentali, che utilizzeremo per determinare le intensità totali strumentali.

Infatti se approssimiamo la galassia con anelli di spessore dr avremo che:

$$I = \int_0^R S(r) 2\pi r dr$$

A questo punto possiamo determinare la magnitudine strumentale dell'oggetto, o di una sua parte, con

$$m = -2,5 \log I$$

Per avere la magnitudine vera si dovrà correggere la magnitudine strumentale sommando algebricamente una costante che sarà il punto zero del sistema fotometrico utilizzato e una costante che terrà conto dell'estinzione atmosferica.

Per quanto riguarda la componente di bulge, i profili empirici utilizzati sono stati due:

1- De Vaucouleurs (detto profilo $R^{\frac{1}{4}}$) dove

$$S_b = S_e e^{-7,67 \left[\left(\frac{R}{R_e} \right)^{\frac{1}{4}} - 1 \right]}$$

con R_e raggio efficace dell'oggetto (all'interno di tale raggio c'è il 50% della luce della galassia) e con S_e intensità superficiale strumentale al raggio efficace.

Ne consegue una brillantezza

$$\mu_b = \mu_e + 8,325 \left[\left(\frac{R}{R_e} \right)^{\frac{1}{4}} - 1 \right]$$

e una intensità totale $I_b = 22,66 \cdot S_e R_e^2$

2- Profilo esponenziale,

$$S_b = 5,36 \cdot S_e e^{-1,68 \frac{R}{R_e}}$$

con brillantezza

$$\mu_b = \mu_e + 1,824 \left(\frac{R}{R_e} - 1 \right)$$

e intensità totale

$$I_b = 11,93 \cdot S_e R_e^2$$

Per la componente di disco abbiamo utilizzato il profilo

empirico di Freeman dove: $S_d = S_0 \cdot e^{-\frac{R}{h}}$ con S_0 intensità superficiale al centro ed h distanza alla quale $S = \frac{S_0}{e}$.

Ne consegue una brillantezza

$$\mu_d = \mu_0 + 1,085 \cdot \frac{R}{h}$$

e una intensità totale

$$I_d = 2\pi h^2 S_0$$

Ora il valore

$$\frac{B}{T} = \frac{I_b}{I_b + I_d}$$

definisce il tipo morfologico di galassia. Ovviamente se tende a 1 stiamo parlando di galassia ellittica, se diminuisce ci si sposta progressivamente verso le galassie a spirale. $B/T=0,4$ è il valore approssimativo che divide le due tipologie di galassie.

IIIb. Sintesi di popolazione

Le caratteristiche spettroscopiche di una galassia dipendono dalle popolazioni e dai tipi spettrali delle stelle di cui è costituita. Ogni stella contribuisce, anche se in modo infinitesimo, all'emissione luminosa della galassia. Quindi lo spettro di una galassia si può vedere come la somma dei singoli spettri emessi. La sintesi di popolazione consiste nel combinare linearmente una serie di spettri di diverse stelle di riferimento, in maniera da riprodurre lo spettro osservato della galassia. In questo modo si ha un'idea del contributo delle diverse classi spettrali alla luce totale emessa.

Prima di procedere alla sintesi, si sono normalizzati gli spettri a 5500 Å. Lo spettro di ogni stella viene moltiplicato per un coefficiente ($0 \leq a \leq 1$) che

rappresenta la percentuale del contributo in luce del determinato tipo spettrale (la somma dei coefficienti deve dare come risultato 1, ossia il 100%), quindi vengono sommati gli spettri.

Procedendo per tentativi si è cercato di valutare quale fosse la combinazione migliore. I dati ottenuti dall'osservazione diretta al telescopio delle galassie in un primo momento sono stati corretti per bias, dark e flat-field, successivamente sono stati calibrati in lunghezza d'onda e flusso, è stato sottratto il contributo del cielo e sono stati estratti gli spettri complessivi per ogni galassia (Fig. 4).

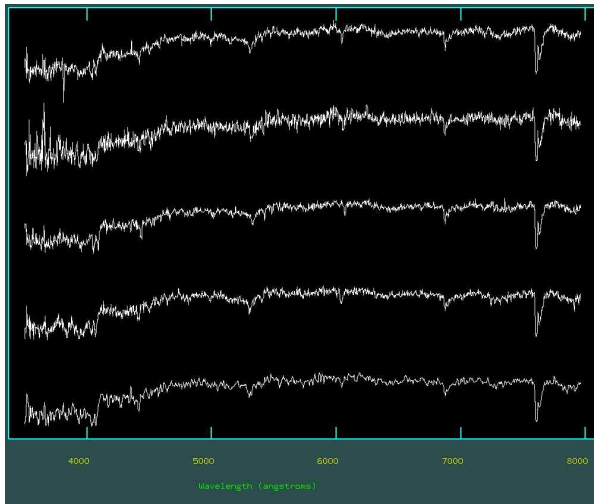


Fig 4 : Gli spettri delle galassie di HCG 51 non normalizzati.

A questo punto siamo stati in grado di calcolare il valore dello redshift grazie all'identificazione delle righe in assorbimento di lunghezza d'onda nota. Tale valore serviva per eliminare la traslazione degli spettri verso il rosso a causa delle velocità di recessione.

Galassia	Velocità (Km/sec)
A	7390
B	8784
C	8064
D	7585
E	7465

Tab. 1 : Velocità di recessione delle galassie di HCG 51

Normalizzati gli spettri e calcolate le velocità di recessione abbiamo utilizzato i dati elaborati cercando di calcolare, attraverso un foglio di calcolo, il contributo con il quale ogni classe spettrale partecipa alla formazione dello spettro luminoso totale, grazie all'equazione

$$S_g = a_1 s_1 + a_2 s_2 + a_3 s_3 + a_4 s_4,$$

dove con S_g indichiamo lo spettro totale della galassia, con a_i i coefficienti inseriti manualmente e con s_i le

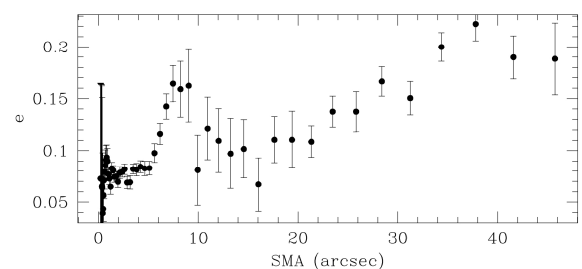
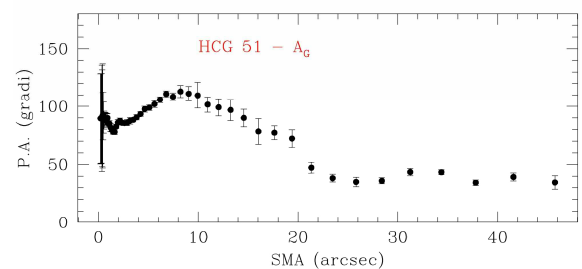
intensità degli spettri delle stelle presi in esame. I quattro spettri stellari che rappresentavano stelle di classe O 9.5, A 7, K 0, M 1 sono stati presi da Jacoby et al. (1984). Procedendo per tentativi siamo riusciti a ricostruire in modo approssimativo lo spettro totale di ogni galassia. Le lunghezze d'onda esaminate erano comprese tra 3500 Å e 7400 Å. La mancanza di una stella di classe spettrale M 5, faceva sì che gli spettri da noi ottenuti fossero leggermente inferiori al dato osservato a partire da circa 6500 Å. Il coefficiente a fornisce la percentuale di contributo luminoso delle stelle appartenenti alla relativa classe spettrale.

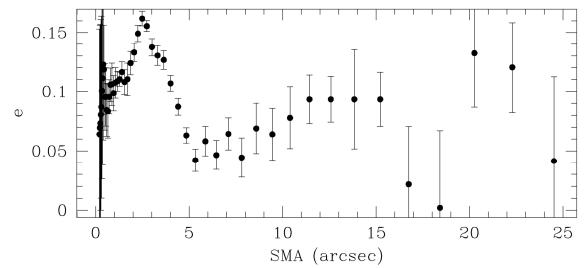
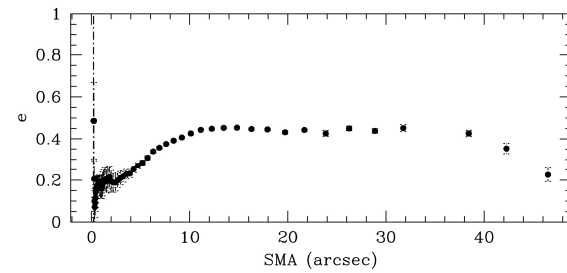
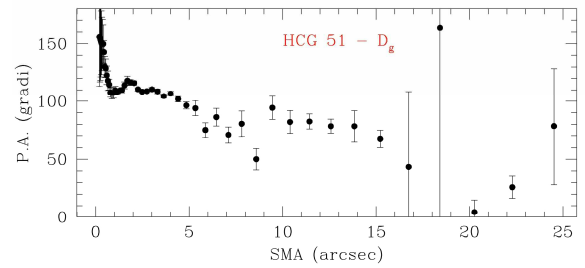
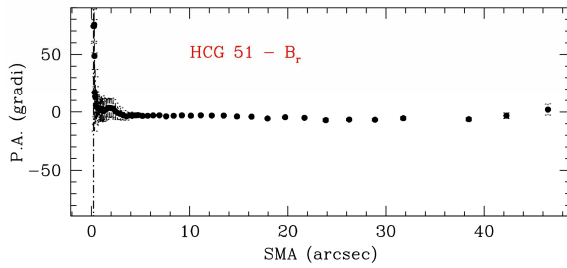
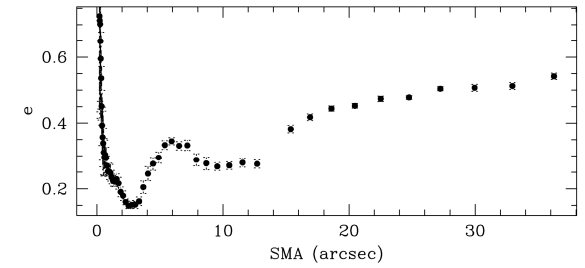
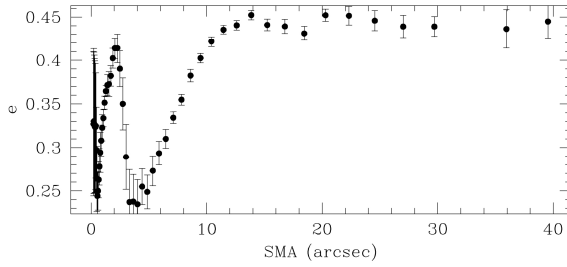
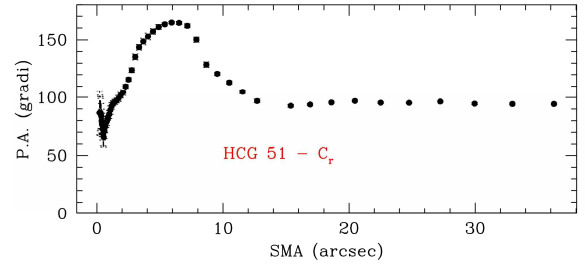
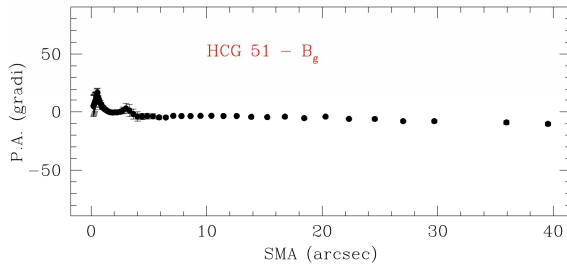
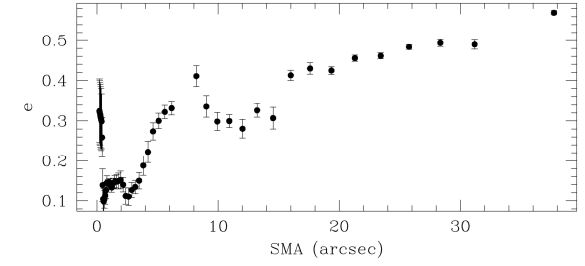
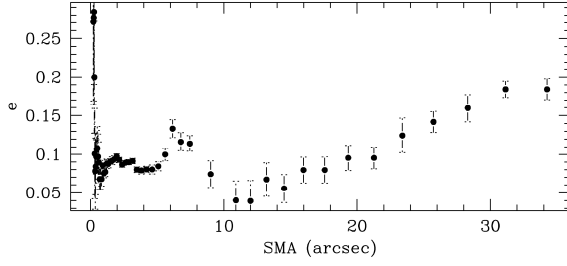
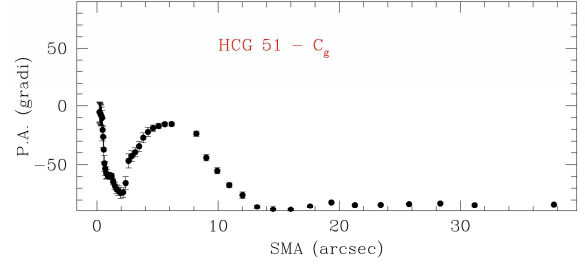
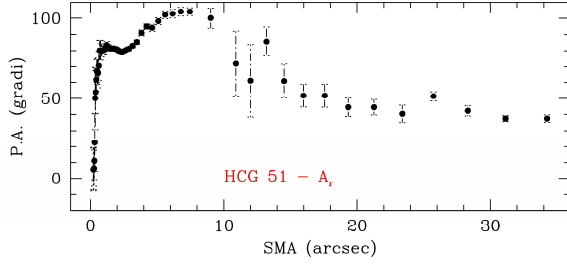
IV. RISULTATI

IVa. Morfologia

In Fig. 5 abbiamo, galassia per galassia, sia nella banda g che nella banda r , l'andamento dell'angolo di posizione e dell'ellitticità delle isofote teoriche che il programma ha applicato alle immagini degli oggetti mano a mano che ci si allontanava dal nucleo.

Nell'analisi di questi grafici è consigliabile ignorare i valori corrispondenti a valori di SMA (semiasse maggiore) molto piccoli, poiché le isofote molto prossime al centro della galassia sono in genere quasi circolari ed è quindi difficile determinarne il comportamento preciso. A SMA sufficientemente elevati possiamo notare che le galassie che presentano una barra hanno in prossimità di essa valori più alti di ellitticità e cambiano il loro angolo PA rispetto al bulge. Quindi, tenendo presenti i due aspetti, nella galassia C si può notare la presenza di una barra quando SMA è di circa 4–8 arcsec, mentre la galassia B mantiene la stessa ellitticità e lo stesso angolo di posizione e, dunque, non presenta barre.





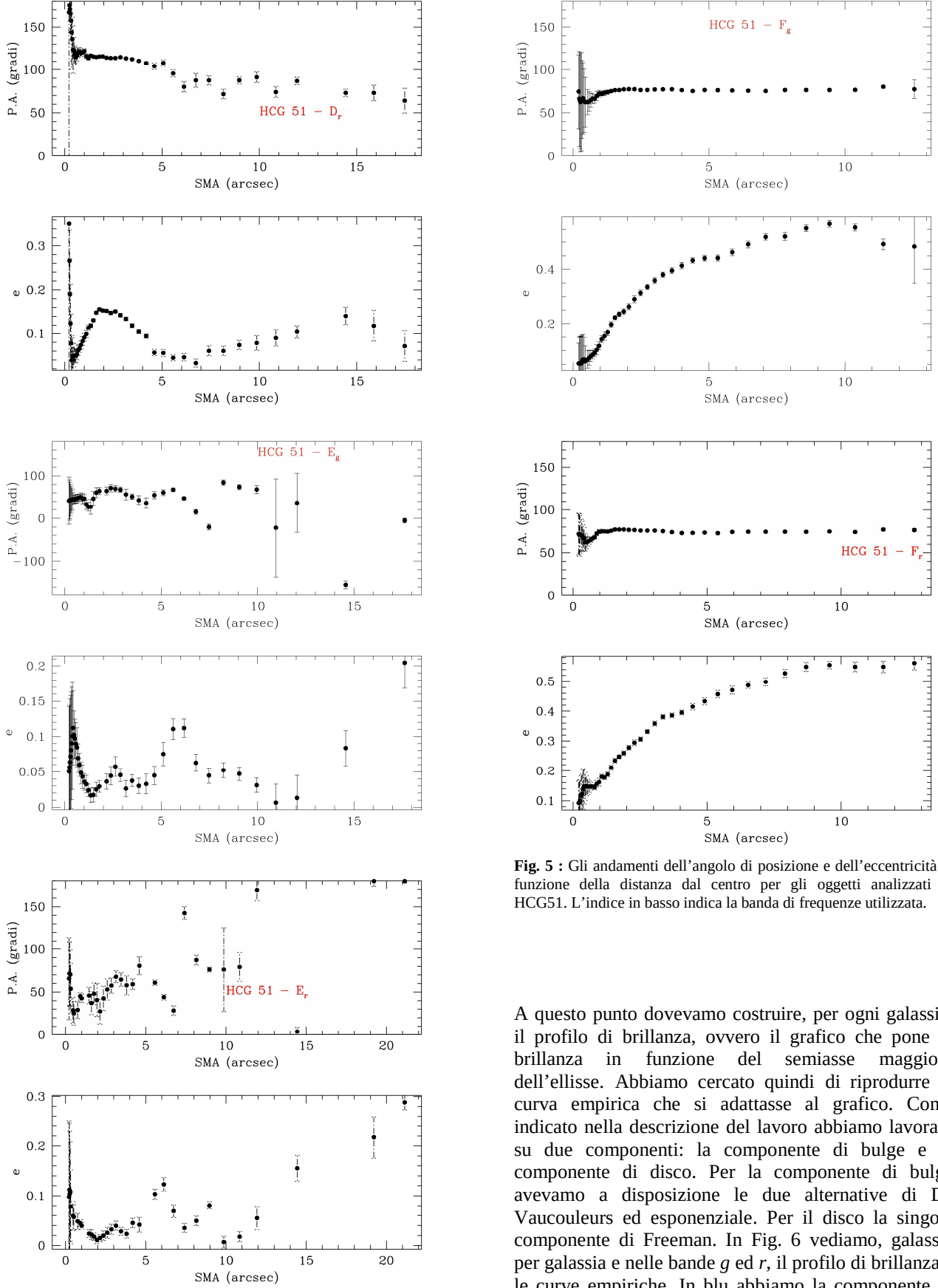


Fig. 5 : Gli andamenti dell'angolo di posizione e dell'eccentricità in funzione della distanza dal centro per gli oggetti analizzati di HCG51. L'indice in basso indica la banda di frequenze utilizzata.

A questo punto dovevamo costruire, per ogni galassia, il profilo di brillantezza, ovvero il grafico che pone la brillantezza in funzione del semiasse maggiore dell'ellisse. Abbiamo cercato quindi di riprodurre la curva empirica che si adattasse al grafico. Come indicato nella descrizione del lavoro abbiamo lavorato su due componenti: la componente di bulge e la componente di disco. Per la componente di bulge avevamo a disposizione le due alternative di De Vaucouleurs ed esponenziale. Per il disco la singola componente di Freeman. In Fig. 6 vediamo, galassia per galassia e nelle bande g ed r , il profilo di brillantezza e le curve empiriche. In blu abbiamo la componente di bulge e in rosso la componente di disco.

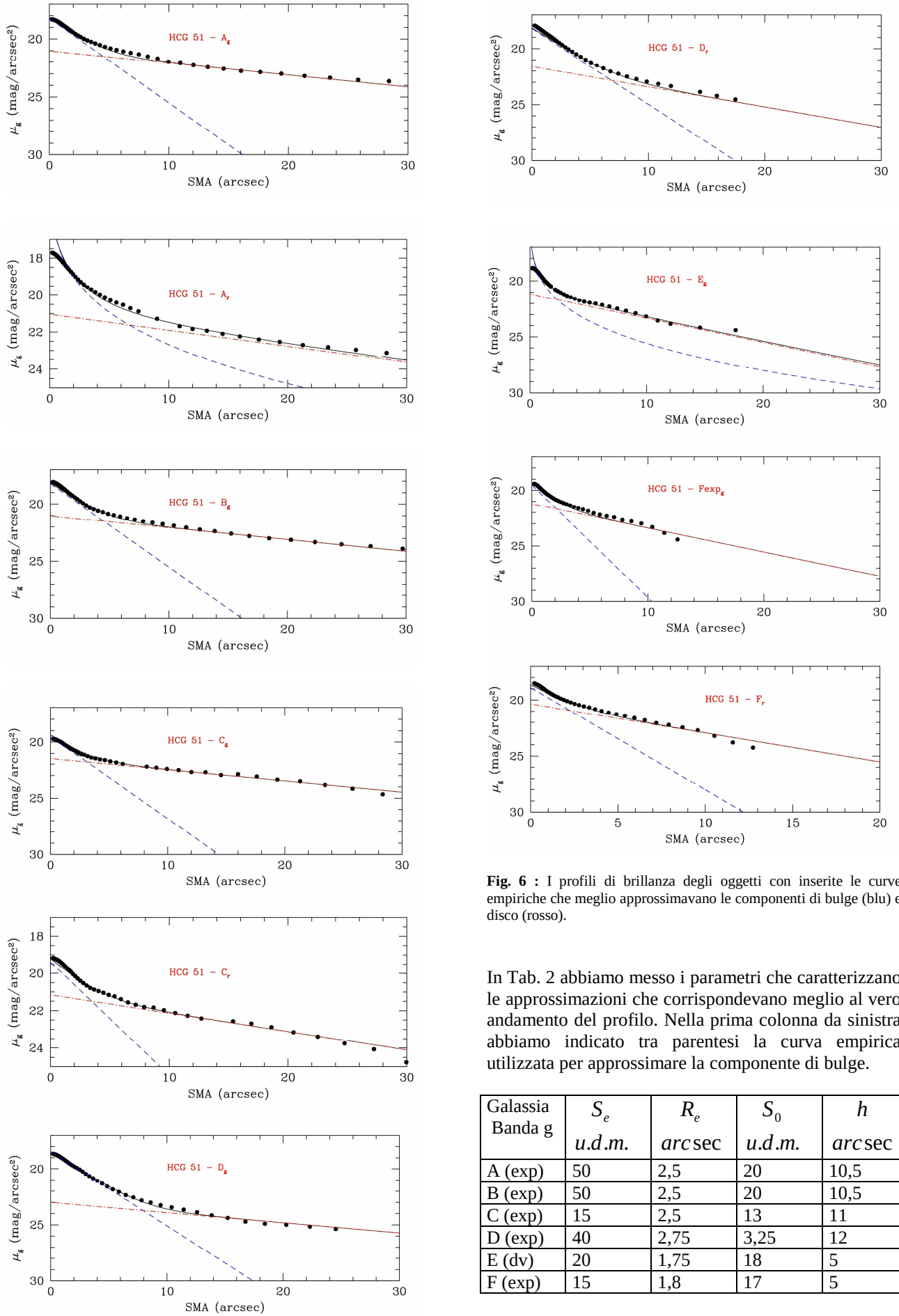


Fig. 6 : I profili di brillantezza degli oggetti con inserite le curve empiriche che meglio approssimavano le componenti di bulge (blu) e disco (rosso).

In Tab. 2 abbiamo messo i parametri che caratterizzano le approssimazioni che corrispondevano meglio al vero andamento del profilo. Nella prima colonna da sinistra abbiamo indicato tra parentesi la curva empirica utilizzata per approssimare la componente di bulge.

Galassia Banda g	S_e <i>u.d.m.</i>	R_e <i>arcsec</i>	S_0 <i>u.d.m.</i>	h <i>arcsec</i>
A (exp)	50	2,5	20	10,5
B (exp)	50	2,5	20	10,5
C (exp)	15	2,5	13	11
D (exp)	40	2,75	3,25	12
E (dv)	20	1,75	18	5
F (exp)	15	1,8	17	5

Galassia Banda r	S_e u.d.m.	R_e arcsec	S_0 u.d.m.	h arcsec
A (dv)	55	3,2	20	12,5
B (dv)	55	3,2	20	12,5
C (exp)	17	3	18	11
D (exp)	50	2,7	12	6
E (dv)	20	1,7	14	6,5
F (exp)	20	2	28	4,2

Tab. 2: u.d.m. = $\frac{\text{fotoni}}{\text{cm}^2 \text{arc sec}^2 \text{sec}}$

Calcoliamo ora la brillantezza strumentale caso per caso. Per determinare le brillanze visuali di bulge e di disco bisogna convertire i dati strumentali tramite due correzioni

- ✓ Il punto zero della scala
- ✓ L'estinzione

Le formule da usare sono:

$$\mu_e = \mu_0 - 2,5 \log S_e - k \cdot am$$

$$\mu_D = \mu_0 - 2,5 \log S_0 - k \cdot am$$

Con μ_0 punto zero, k coefficiente di estinzione e am coefficiente di massa d'aria.

Tali valori per ogni banda sono:

Banda	μ_0	k	am
g	24,452	0,162	1,0147
r	24,058	0,0908	1,0134

Tab. 3: Valori per ogni banda dei parametri di correzione dei dati strumentali.

Alla fine per la determinazione della magnitudine di bulge si ha che

De vauc. $m_b = \mu_e - 5 \log R_e - 3,39$

Expon. $m_b = \mu_e - 5 \log R_e - 2,69$

Per la magnitudine del disco si ha

$$m_D = \mu_D - 5 \log h - 2$$

In Tab. 4 abbiamo messo i risultati ottenuti nelle due bande, aggiungendo il rapporto bulge-totale e la differenza fra magnitudine del bulge e magnitudine totale. Tutti e due sono indicatori morfologici e abbiamo pensato di utilizzare entrambi per avere delle conferme riguardo la bontà delle determinazioni.

Galass.	m_b	m_D	B/T	m_{tot}	$m_b - m_{\text{tot}}$
---------	-------	-------	-----	------------------	------------------------

Band G					
A	15,36	13,93	0,21	13,67	1,69
B	15,36	13,93	0,21	13,67	1,69
C	16,67	14,3	0,10	14,18	2,49
D	15,4	15,61	0,55	14,75	0,65
E	16,43	15,65	0,33	15,22	1,21
F	17,38	15,72	0,18	15,5	1,88

Galass. Band R	m_b	m_D	B/T	m_{tot}	$m_b - m_{\text{tot}}$
A	13,7	13,23	0,39	12,69	1,01
B	13,7	13,23	0,39	12,69	1,01
C	15,81	13,62	0,12	13,49	2,32
D	14,87	15,38	0,61	14,34	0,53
E	15,17	15,05	0,47	14,35	0,82
F	16,52	15,23	0,23	14,94	1,58

Tab. 4

Ricordiamo che il rapporto B/T per valori superiori a 0,4 indica galassie ellittiche e per valori inferiori indica galassie a spirale. Per quanto riguarda la differenza di magnitudini, dall'articolo di Simien e de Vaucouleurs "Systematics of bulge-to-Disk ratios" (ApJ 302 pp 574-578, 1986) sappiamo che essa è correlabile con il parametro T (tipo morfologico) tramite una funzione interpolante del tipo

$$\Delta m(T) = 0,80 + 0,145T + 0,0284T^2 + 0,00267T^3$$

dove valori $-5 < T < 0$ ci fanno passare da E0 a S0 e valori $0 < T < 7$ ci fanno passare da Sa ad Sc.

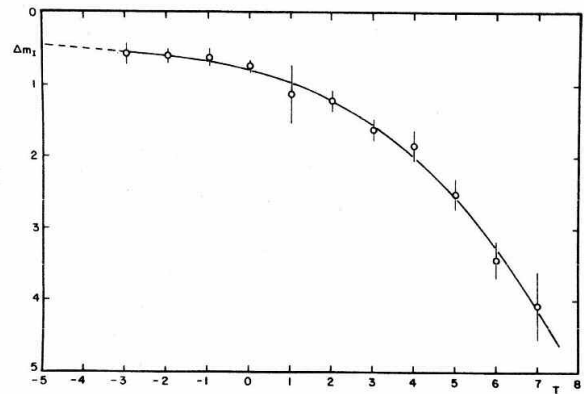


Fig. 7 : La dipendenza interpolata di Δm in funzione di T

Le corrispondenze tra il valore del parametro T ed il tipo morfologico sono:

- T = -5 → E
- T = -3 → E/S0
- T = -2 → S0
- T = 0 → S0/Sa
- T = +1 → Sa
- T = +2 → Sab
- T = +3 → Sb
- T = +4 → Sbc
- T = +5 → Sc

Quindi per ogni galassia otteniamo:

Galass. Banda G	B/T	Tipo Morf. da B/T	Δm	Tipo Morf. da Δm
A	0,21	Sb	1,69	Sb
B	0,21	Sb	1,69	Sb
C	0,10	SBc	2,49	SBc
D	0,55	E	0,65	E
E	0,33	Sa	1,21	Sa
F	0,18	Sbc	1,88	Sbc

Tab. 5 : Tipi morfologici nella banda G secondo il rapporto B/T ed il parametro T

Galass. Banda R	B/T	Tipo Morf. da B/T	Δm	Tipo Morf. da Δm
A	0,39	S0 Sa	1,01	Sa
B	0,39	S0 Sa	1,01	Sa
C	0,12	SBc	2,32	SBc
D	0,61	E	0,53	E
E	0,47	E S0	0,82	S0
F	0,23	Sb	1,58	Sb

Tab. 6 : Tipi morfologici nella banda R secondo il rapporto B/T ed il parametro T

Come si può vedere le corrispondenze ottenute nei tipi morfologici sono molto buone. Non sorprende che nella banda R i tipi morfologici risultino leggermente diversi, perché è evidente che in tale banda le stelle della componente di bulge, normalmente più vecchie, sono più evidenti.

IVb. Sintesi di popolazione

Nelle figure 8, 9, 10, 11, 12 vediamo il risultato della sintesi di popolazione per ogni galassia del gruppo. Lo spettro nero rappresenta lo spettro vero della galassia, quello azzurro il risultato della combinazione lineare delle stelle campione. Tale spettro calcolato doveva approssimare il più possibile lo spettro vero. Nelle figure sono anche inseriti gli spettri delle stelle O 9.5 (blu), A 7 (verde), K 0 (fucsia), M 1 (rosso). Come si può vedere abbiamo considerato la stella O come rappresentante delle stelle giovani, la stella A come rappresentante di stelle di età intermedia e abbiamo accorpato le stelle K ed M come rappresentative della popolazione vecchia.

V. Conclusioni

Attraverso l'analisi spettroscopica del gruppo si osserva che le cinque galassie hanno popolazione prevalentemente di età avanzata, con un contributo percentuale spesso intorno al 90%.

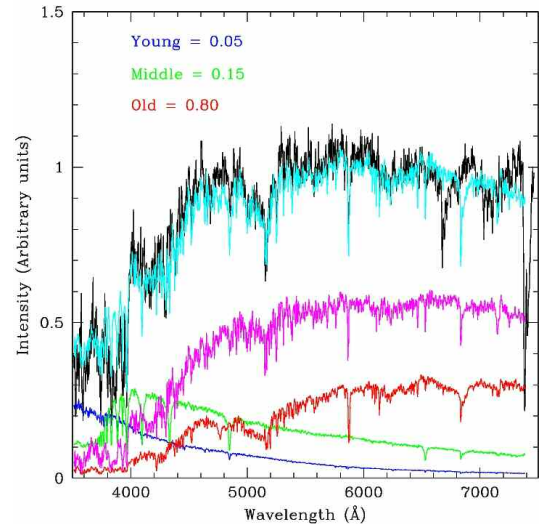


Fig 8 : Sintesi di popolazione della galassia A di HCG 51

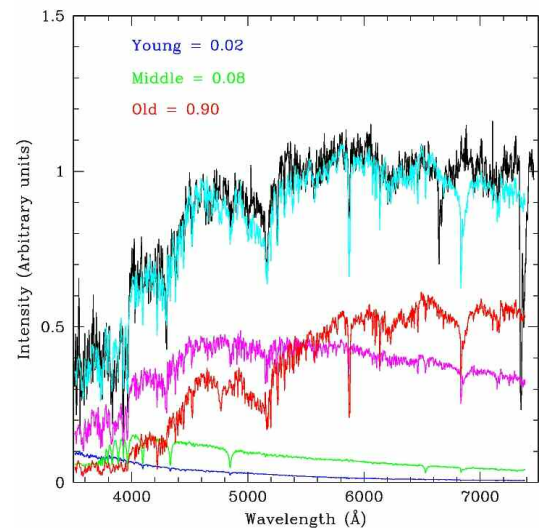


Fig 9 : Sintesi di popolazione della galassia B di HCG 51

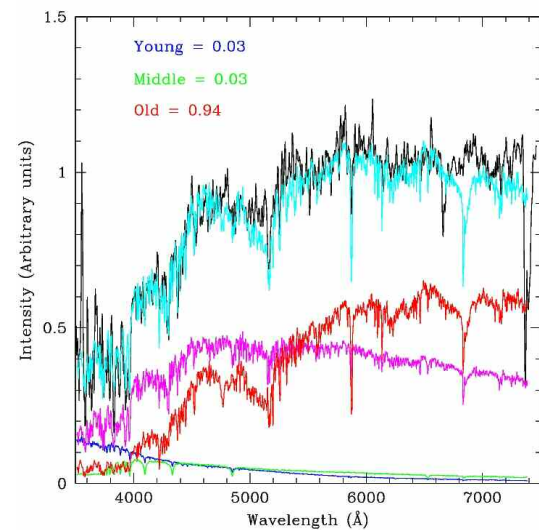


Fig. 10 : Sintesi di popolazione della galassia C di HCG 51

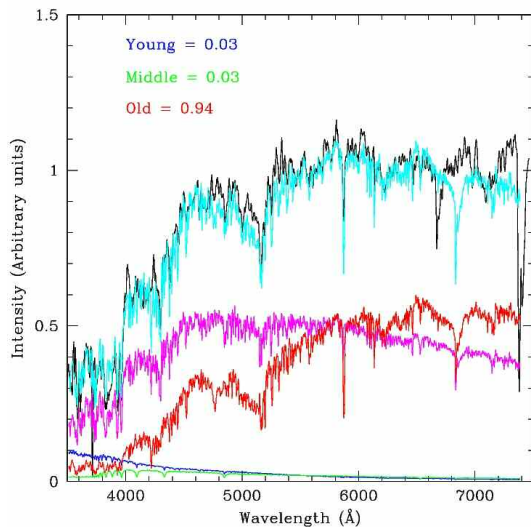


Fig. 11 : Sintesi di popolazione della galassia D di HCG 51

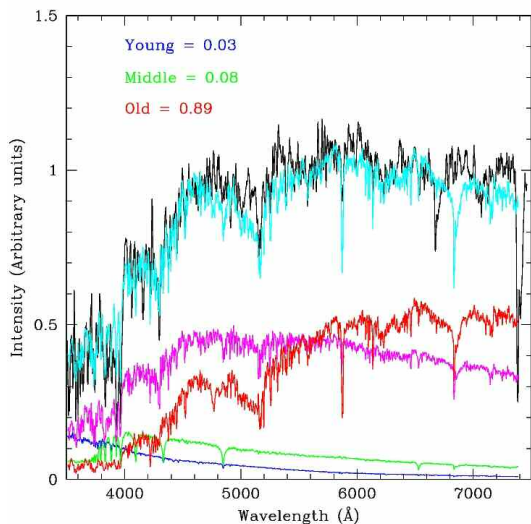


Fig. 12 : Sintesi di popolazione della galassia E di HCG 51

Le percentuali di popolazione vecchia ottenute comunque concordano con le sintesi di popolazione fatte dai partecipanti al progetto 2005-2006 per il polo di Verona nella relazione: “Sintesi di popolazione stellare nelle galassie NGC 3193 e NGC 5676”. Le eventuali anomalie si riscontrano nelle popolazioni giovani. Normalmente si tendono a considerare coeve le galassie che formano un gruppo. Tuttavia la galassia A mostra una percentuale di popolazione giovane maggiore delle altre. Probabilmente questa presenza di stelle giovani potrebbe essere il segnale di una ulteriore generazione di stelle causata dall’interazione gravitazionale tra la galassia stessa e la galassia F. Anche la galassia D genera qualche perplessità. Pur essendo una galassia ellittica presenta praticamente la stessa percentuale di stelle giovani delle galassie a spirale. Questo risultato è in disaccordo con la

relazione sopracitata riguardo NGC 3193 che, pur essendo una galassia ellittica, ha una percentuale di stelle giovani uguale a zero. Una possibile soluzione è legata al fatto che stiamo parlando di un gruppo di galassie ed i loro moti relativi, generati dal legame gravitazionale che caratterizza ogni gruppo, potrebbero portare alla generazione “anomala” di nuove stelle. Un’altra, e più intrigante, possibilità consiste nel fatto che si pensa che la fusione di due galassie a spirale possa portare ad una galassia ellittica o S0. Sarà il caso della nostra galassia D?

Bibliografia

Mark H. James & al., 2004, *An Introduction to galaxies and cosmology*, Cambridge University Press;

Relazione sullo stage ad Asiago 8-11/02/2006 POLO di VERONA “Sintesi di popolazione stellare nelle galassie NGC 3193 e NGC 5676”;

L. Rosino, 1979, *Lezioni di astronomia*, edizioni Cedam – Padova;

www.sdss.org : SDSS website

Jacoby et al. , “*A library of stellar spectra*”, ApJS 56 pp 257-281 1984;

Simien & de Vaucouleurs “*Systematics of bulge-to-Disk ratios*” ApJ 302 pp 574-578 1986