

ALMA Mater Studiorum
Università degli Studi di Bologna

SCUOLA DI SCIENZE

**Corso di Laurea Magistrale in Astrofisica e
Cosmologia**

Dipartimento di Fisica e Astronomia

**Formazione stellare cosmica ed evoluzione
fotometrica delle galassie in modelli
cosmologici non standard**

Elaborato finale

Candidata:

Elena Battilocchi

Relatore:

**Chiar.mo Prof.:
Alberto Buzzoni**

**Sessione III
Anno Accademico 2012/2013**

Indice

1	Le galassie come traccianti cosmologici	7
1.1	Database osservativi	9
1.1.1	Hubble Deep Field	9
1.1.2	Sloan Digital Sky Survey	10
1.1.3	Great Observatories Origins Deep Survey e Cosmic Evolution Survey	11
1.2	Classificazione delle galassie	13
1.3	Modelli di formazione delle galassie	19
1.4	Rapporto massa-luminosità	21
1.5	Effetti del redshift	27
2	I modelli cosmologici di riferimento	29
2.1	Modelli di Friedmann	31
2.1.1	Universo piatto, $\Omega_0 = 1$	31
2.1.2	Universo aperto, $\Omega_0 < 1$	32
2.1.3	Universo chiuso, $\Omega_0 > 1$	33
2.2	Lo Stato Stazionario	33
2.3	Cosmologia di consenso: WMAP	34
2.4	Cosmografia	37
2.4.1	Distanza comovente	37
2.4.2	Volume comovente	38
2.4.3	Tempo di <i>lookback</i>	38
2.5	Scelta dei modelli cosmologici	40
3	Il problema della formazione stellare cosmica	45
3.1	Il diagramma di Madau	47
3.2	Formazione stellare cosmica	49
3.3	Densità stellare per volume comovente	52
3.4	Sintesi fotometrica della meta galassia	58
3.5	Recenti progressi sulla stima della CSFR	60
4	Proprietà fotometriche delle galassie ad alto z	79
4.1	Correzione k	81

4

INDICE

5 Risultati e Conclusioni	167
Bibliografia	178
A Proprietà fotometriche	183
B Codici utilizzati	233

Introduzione

L'avvento di strumenti di osservazione sempre più potenti ha permesso negli ultimi decenni di studiare a fondo gli oggetti che compongono l'universo nonché di giungere a stabilirne una possibile geometria. Oggi, il modello cosmologico di consenso è quello ottenuto tramite i dati di WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*), ovvero un universo dominato dalla costante cosmologica Λ e con un contenuto di materia fortemente a favore della materia oscura fredda (*Cold Dark Matter*, CDM) rispetto a quella barionica in un rapporto di circa 7 : 1 (Hinshaw et al. 2013). Queste grandezze non vengono misurate direttamente, ma costituiscono i parametri di *best fit* che meglio riproducono le fluttuazioni della radiazione di fondo cosmica, ciò che effettivamente ha misurato lo strumento. Se da un lato i dati di WMAP supportano un determinato scenario “di consenso”, questo non esclude, tuttavia che anche altre possibili soluzioni cosmologiche possano entrare in gioco una volta che una o più delle assunzioni portanti del modello Λ CDM vengano aggiornate o risultino, alla prova di nuovi fatti, inconsistenti. Ecco quindi che può essere interessante investigare quali implicazioni possano nascere da una scelta diversa del modello; essa ha importanti implicazioni sia sull'universo in toto sia sulle galassie che lo abitano, pertanto ci si può chiedere: cosa accadrebbe se cambiassimo i parametri cosmologici? Quali sarebbero le conseguenze sulle proprietà delle sorgenti? In questo lavoro si cercherà di rispondere a tali domande prendendo in considerazione cinque scenari-tipo. Oltre al modello di consenso (Λ CDM), valuteremo anche tre casi limite nel contesto della metrica di Friedmann. Dedicheremo particolare attenzione, infine, al modello dello Stato Stazionario, apparentemente obsoleto ma in realtà con nuove e inaspettate caratteristiche. I modelli cosmologici con i relativi parametri sono quindi:

1. un universo di Friedmann piatto con $\Omega_m = 1$, $\Omega_\Lambda = 0$;
2. un universo di Friedmann chiuso con $\Omega_m = 1.28$, $\Omega_\Lambda = 0$;
3. un universo di Friedmann aperto con $\Omega_m = 0.05$, $\Omega_\Lambda = 0$;
4. il modello di consenso WMAP con $\Omega_m = 0.28$, $\Omega_\Lambda = 0.72$;

5. il modello dello Stato Stazionario (Bondi, Gold e Hoyle 1948) con $\Omega_m = 0$, $\Omega_\Lambda = 1$.

Per agevolare il confronto tra gli scenari cosmologici, normalizzeremo in tutti i casi alla stessa scala temporale, definita dalla costante di Hubble, $H_0 = 70\text{km/s/Mpc}$, così come determinata dal modello di consenso.

Dopo il breve sommario del primo Capitolo sui più recenti risultati nello studio delle galassie e la definizioni di alcune quantità fondamentali, e.g. la funzione di luminosità, nel Capitolo 2 verranno presentate le caratteristiche geometriche dei cinque tipi di universo in termini di scala delle distanze e dei tempi.

Nel terzo Capitolo esse verranno utilizzate per stabilire l'evoluzione della formazione stellare cosmica facendo riferimento alle funzioni di Hopkins (2006) e Giavalisco (2004). Il problema della formazione stellare è una questione tutt'ora aperta sulla quale sembra difficile giungere ad un accordo tra gli autori e cercheremo di capire perché. Nella seconda parte del Capitolo faremo uso dei modelli di SSP di Buzzoni (2005) per computare i flussi in banda e la luminosità bolometrica di galassie modello con una $SFR(t)$ derivata dalle formule di Hopkins (2006) e Giavalisco (2004).

Il quarto e ultimo capitolo è dedicato alle correzioni $k(z)$ ed $e(z)$ sulle magnitudini in banda del lavoro di Buzzoni (2005) dove si tiene conto dei diversi tipi morfologici della sequenza di Hubble considerando una $SFR(t) \propto t^{-\eta}$ in cui l'esponente è fatto variare in funzione del *birthrate*.

Capitolo 1

Le galassie come traccianti cosmologici

Oggi, il concetto di espansione dell'Universo ci sembra ormai scontato e lo studio di oggetti extragalattici è un'attività comune tra gli astrofisici, ma è stato solo nell'ultimo centinaio di anni che questo è divenuto possibile. Verso l'inizio degli anni '20, quando Edwin Hubble cominciò a lavorare all'osservatorio di Mount Wilson, la comunità scientifica cercava di risolvere la questione delle *nebulae*, aree nebulose (*fuzzy patches*) del cielo, con diverse forme, già osservate da William Herschel nel 18esimo secolo che si credeva appartenessero alla Via Lattea. Hubble produsse molte immagini di questi oggetti per verificare la loro appartenenza alla Galassia e nel 1923 confrontando delle immagini di Andromeda individuò delle stelle variabili (Cefeidi). Studiandone la variabilità nei mesi seguenti fu in grado di stabilire che si trovavano ad una tale distanza, circa un milione di anni luce, da non poter appartenere alla Via Lattea¹ (Hubble 1925²). In seguito molte altre *nebulae* furono identificate come oggetti non galattici e nel 1926 Hubble pubblicò un articolo che ne forniva una classificazione³. Il contributo forse più importante (o almeno quello per cui è più spesso ricordato) che diede Hubble è legato all'espansione dell'Universo. Insieme al suo assistente Milton Humason, egli misurò le distanze e gli *shift* Doppler di numerose galassie trovando che le due grandezze erano proporzionali tra loro (Hubble 1929): $v = K \cdot r$; questa relazione divenne poi nota come legge di Hubble⁴. La costante K ha le

¹Harlow Shapley aveva dato una stima del raggio della Galassia, circa 10^5 anni luce, meno di dieci anni prima.

²La non appartenenza delle *nebulae* alla Via Lattea era già stata ipotizzata, ad esempio, da Lundmark (1924) e Öpik (1922) ma con argomenti non considerati validi (Sandage 1989).

³È interessante far notare che non fu Hubble a chiamare le *nebulae* extragalattiche "galassie", ma Harlow Shapley, in principio riluttante ad accettarne proprio la natura extragalattica (*Oxford Dictionary of Scientists*).

⁴Hubble fu colui che quantificò la relazione, ma vale la pena ricordare il lavoro pionieristico di Vesto Slipher che dal 1912 si occupò, tra le altre cose, della misura dello

dimensioni inverse del tempo (s^{-1}) perciò il suo reciproco indica un tempo scala caratteristico dell'Universo, che può essere pensato, con eccessiva semplificazione, come il tempo trascorso da quando le galassie si trovavano in uno stesso punto. Nel lavoro originale di Hubble questa costante, che oggi chiamiamo costante di Hubble, aveva un valore intorno ai 480 km/s/Mpc, da cui deriva un'età dell'Universo dell'ordine dei 2 miliardi di anni (inferiore all'età della Terra); nel corso dei decenni il suo valore è stato più volte revisionato e oggi, con largo consenso, si ritiene pari a 70 km/s/Mpc.

Alla fine degli anni '20 quindi l'Universo si espandeva ed era stato arricchito con nuovi oggetti, simili alla Galassia. A questo punto nasceva la necessità di censire le galassie e stabilirne diametri, magnitudini, colori e distanze. Cercando di procedere in ordine cronologico, uno dei primi cataloghi di galassie venne redatto da Shapley ed Ames nel 1932 col titolo *Harvard Survey of the External Galaxies brighter than the 13th magnitude*, e includeva 1249 oggetti (di cui 5 non erano galassie) con relative magnitudini fotografiche e diametri. Il primo catalogo di ammassi di galassie è quello di Abell (*Abell Catalog*, 1958), ottenuto nell'ambito della *Palomar Sky Survey*, dove possiamo trovare un totale di 2712 cluster. Di questi, 1682 vennero classificati in base alla ricchezza, alla compattezza, alla distanza e alla posizione (classificazione ancora oggi in uso). Il campione copriva un intervallo di redshift $0.02 < z < 0.2$. Al 1964 risale invece il *First Reference Catalogue of Bright Galaxies* (RC1) dei coniugi de Vaucouleurs; esso conteneva più del doppio degli oggetti rispetto al catalogo di Shapley con informazioni su diametro, colore, magnitudine e redshift delle sorgenti. Fritz Zwicky e colleghi pubblicarono tra il 1961 e il 1968 i sei volumi del *Catalog of Galaxies and of Clusters of Galaxies* (CGCG), comprensivo di 30,000 galassie ancora una volta osservate dalla *Palomar Sky Survey*. La classificazione dei cluster coinvolgeva le stesse grandezze di quella di Abell ma con meno restrizioni. Il CGCG è stato aggiornato nel 1999. Il 1973 vede la pubblicazione del *Uppsala General Catalog* (UGC, ancora dall'osservatorio Palomar) che raccoglie galassie con un diametro limite di 1 arcmin e/o una magnitudine limite di 14.5 nel blu. Nel catalogo troviamo descrizioni delle galassie abbastanza accurate da poterle identificare sulle stampe, oltre che la descrizione delle aree circostanti. Tre anni dopo, nel 1976, ritroviamo i de Vaucouleurs insieme a Corwin con i 4364 oggetti del *Second Reference Catalog of Bright Galaxies* (RC2); questo fu ulteriormente ampliato a 23,022 oggetti, contenuti nel *Third Reference Catalog of Bright Galaxies* (RC3) del 1991 (de Vaucouleurs, de Vaucouleurs, Corwin, Bouta, Fouque, Paturel). All'inizio degli anni '80 si era già a conoscenza, da diversi decenni in effetti, che esistevano sistemi più grandi delle galassie, gli ammassi di galassie, e si disponeva già di diversi

shift Doppler di diverse *nebulae* trovando velocità talmente elevate che alcuni lo ritengono anche un precursore nella scoperta della loro natura extragalattica (*Oxford Dictionary of Scientists*).

cataloghi contenenti un loro censimento; inoltre, dalla fine degli anni '50 si erano cominciate a osservare le prime strutture su scale maggiori di quelle dei cluster (e.g. Shapley 1957, de Vaucouleurs 1970) ma solo nei primi anni '80 venne dimostrata una correlazione tra le posizioni degli ammassi e delineate le caratteristiche principali della loro distribuzione (Bahcall & Soneira 1983, 1984). Fu però il 1987 che vide la scoperta (o meglio la conferma⁵.) di Brent Tully che la Via Lattea faceva parte di un Supercluster, chiamato *Pisces-Cetus Supercluster Complex* (Tully 1987,1988), contenente in totale una cinquantina di cluster. Quanto osservato era inaspettato perfino da Tully stesso, che in una intervista telefonica al *New York Times* (J. N. Wilford, 10 Novembre 1987) disse: *It was supposed that on a large scale, things in the Universe are smoother and homogeneous. My findings show that is not the case. It's lumpy. That was unanticipated..* L'Universo si mostrò ancora più complesso di quanto era sembrato fino ad allora ed era sempre più evidente la necessità di osservazioni profonde che potessero svelarne la struttura tridimensionale. Era giunto il tempo per le grandi survey extragalattiche.

1.1 Database osservativi

1.1.1 Hubble Deep Field

Hubble Space Telescope (HST) fu progettato con l'intento di osservare galassie molto distanti ad un'elevata risoluzione (la *Faint Object Camera* offriva una risoluzione massima di 0.007 arcsec), non raggiungibile da telescopi terrestri. Hubble Deep Field (HDF) fu la prima survey ad occuparsi di questo tipo di oggetti. Per prima cosa doveva essere deciso su quale parte di cielo HST dovesse puntare. La regione selezionata doveva rispettare determinati criteri: elevata altitudine galattica per evitare gli inconvenienti dati dalla presenza di materiale sul disco della Via Lattea; assenza di sorgenti brillanti note a varie lunghezze d'onda; bassa emissione infrarossa di background; assenza di occultazione da parte della Terra o della Luna (l'area doveva appartenere alla continuous viewing zone di HST); presenza di stelle guida. Il campo che soddisfaceva tutti i requisiti ha coordinate $RA : 12h36m49.4s$, $DEC : +62^{\circ}12'58''$ e si trova in corrispondenza della costellazione dell'Orsa Maggiore; le osservazioni durarono dal 18 al 28 dicembre 1995 e coprono un'area di 5.3 arcmin^2 . Una zona del cielo apparentemente vuota si rivelò colma di galassie (oltre 3,000) di ogni tipo ed estremamente distanti. Allora si era già a conoscenza di quasar ad alto redshift, ma erano note solo poche galassie a $z > 1$; la situazione cambiò radicalmente proprio con HDF, grazie al quale vennero scoperte galassie fino a redshift pari a 6 (Madau et al. 1996, Lanzetta et al. 1998), molte delle quali irregolari o disturbate da mutue in-

⁵Nell'anno precedente Tully pubblicò un articolo con gli stessi risultati (Tully, 1986, ApJ, 303, 25), ma la cronaca (*New York Times*) data la scoperta al Novembre 1987

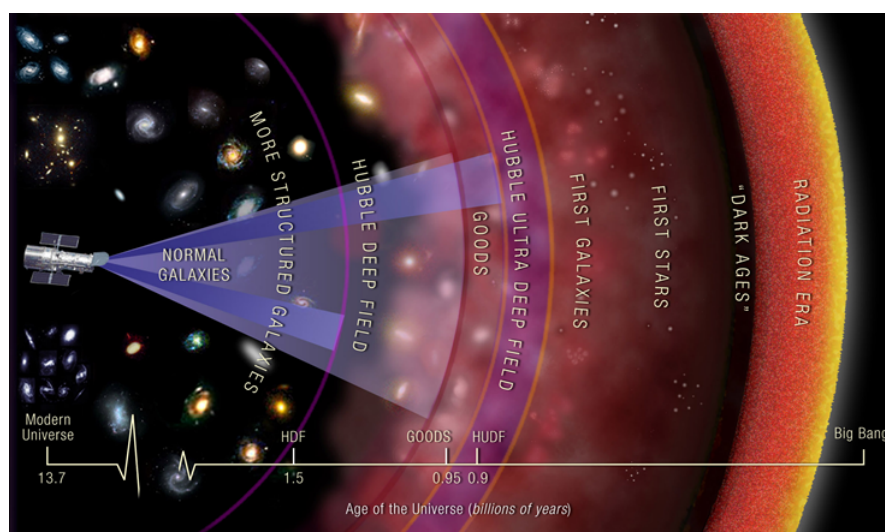


Figura 1.1: Diagramma di HDF e HUDF. Copyright NASA.

terazioni, fenomeni molto più frequenti nell'Universo giovane rispetto all'Universo locale, e probabilmente responsabili della formazione delle galassie giganti ellittiche. Nel 1998 toccò all'emisfero sud essere osservato da HST: HDF-South apparve del tutto simile a HDF, il che risultava un elemento a favore della veridicità del principio cosmologico di omogeneità dell'Universo su larga scala. Hubble Ultra-Deep Field (HUDF), RA: $3h32m39.0s$, DEC: $-27^{\circ}47'29.1''$, nella costellazione della Fornace, immagine ottenuta tra settembre 2003 e gennaio 2004, si spinse ancora oltre (magnitudine limite $m_{AB} \approx 29$) alla ricerca di galassie con redshift $7 < z < 12$, quando l'Universo secondo il modello standard non aveva ancora un miliardo di anni. Le osservazioni confermarono quanto si evinceva da HDF nell'ambito del modello cosmologico di consenso, ovvero che l'Universo giovane ospitava galassie più piccole e meno simmetriche di quelle odierne. Nel settembre 2012 fu pubblicato Hubble eXtreme Deep Field (XDF), uno zoom del centro di HUDF ottenuto dalla combinazione di immagini raccolte nei 10 anni precedenti. XDF ci permette di avere una visuale sul cosmo quando erano passati solamente 500 milioni di anni dal Big Bang. Oggi XDF è l'immagine ottica più profonda del nostro Universo.

1.1.2 Sloan Digital Sky Survey

La *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS), durante i suoi 8 anni di attività (2000-2008), è riuscita a osservare circa il 35% di tutto il cielo ottenendo immagini in multi filtro e spettri per più di 300 milioni di oggetti tra stelle, galassie e quasar, spingendosi fino a redshift 6. Il telescopio usato da SDSS si trova al *Apache Point Observatory* (APO) nel New Mexico (USA) ed ha un diametro

di 2.5 m. Lo strumento include una camera da 120 Megapixel e una coppia di spettrografi alimentati da fibre ottiche. SDSS è l'unione di due set di osservazioni: SDSS-I (2000-2005), il cui scopo era la mappatura del cielo e degli oggetti in esso contenuti, e SDSS-II (2005-2008), costituito da tre survey distinte con diversi obiettivi:

1. la *Sloan Legacy Survey*, con gli stessi obiettivi di SDSS-I;
2. SEGUE-1 (*Sloan Extension for Galactic Understanding and Exploration*), che investigò la struttura e la storia della Via Lattea, raccogliendo spettri di oltre 200,000 stelle;
3. la *Sloan Supernova Survey*, con la quale vennero osservati centinaia di supernove e altri oggetti variabili.

Tra i maggiori successi di SDSS ricordiamo la scoperta dei quasar (allora) più distanti conosciuti; la scoperta di popolazioni sub-stellari, ovvero oggetti che non sono stati in grado di iniziare la combustione dell'idrogeno a causa della massa insufficiente; l'osservazione di aloni estesi di materia oscura che producono effetti di micro-lensing. Nel 2008 si è dato inizio ad una nuova raccolta dati che proseguirà fino al 2014. Si tratta di SDSS-III, comprensiva di quattro survey:

1. BOSS (*Baryon Oscillation Spectroscopic Survey*) si occuperà della misura del tasso di espansione dell'Universo, servendosi dell'osservazione di galassie rosse luminose (luminous red galaxies, LRG) e quasar e rileverà la scala caratteristica delle oscillazioni barioniche nell'Universo primordiale.
2. SEGUE-2 amplierà il lavoro di SEGUE-1 concentrandosi in particolare sulle stelle dell'alone galattico.
3. APOGEE (*APO Galactic Evolution Experiment*) si servirà di spettroscopia IR ad alta risoluzione per esplorare l'interno della Galassia oscurato dalla polvere. Si stima verranno osservate circa 100,000 giganti rosse e saranno studiate le abbondanze di una quindicina di elementi per avere informazioni sulla composizione chimica delle nubi dalle quali si formano.
4. MARVELS (*Multi-object APO Radial Velocity Exo-planet Large-area Survey*) registrerà le velocità di approssimativamente 11,000 stelle alla ricerca di pianeti giganti gassosi e oggetti rari.

1.1.3 Great Observatories Origins Deep Survey e Cosmic Evolution Survey

La *Great Observatories Origins Deep Survey* (GOODS) e la *Cosmic Evolution Survey* (COSMOS) sono due survey multi frequenza ottenute grazie

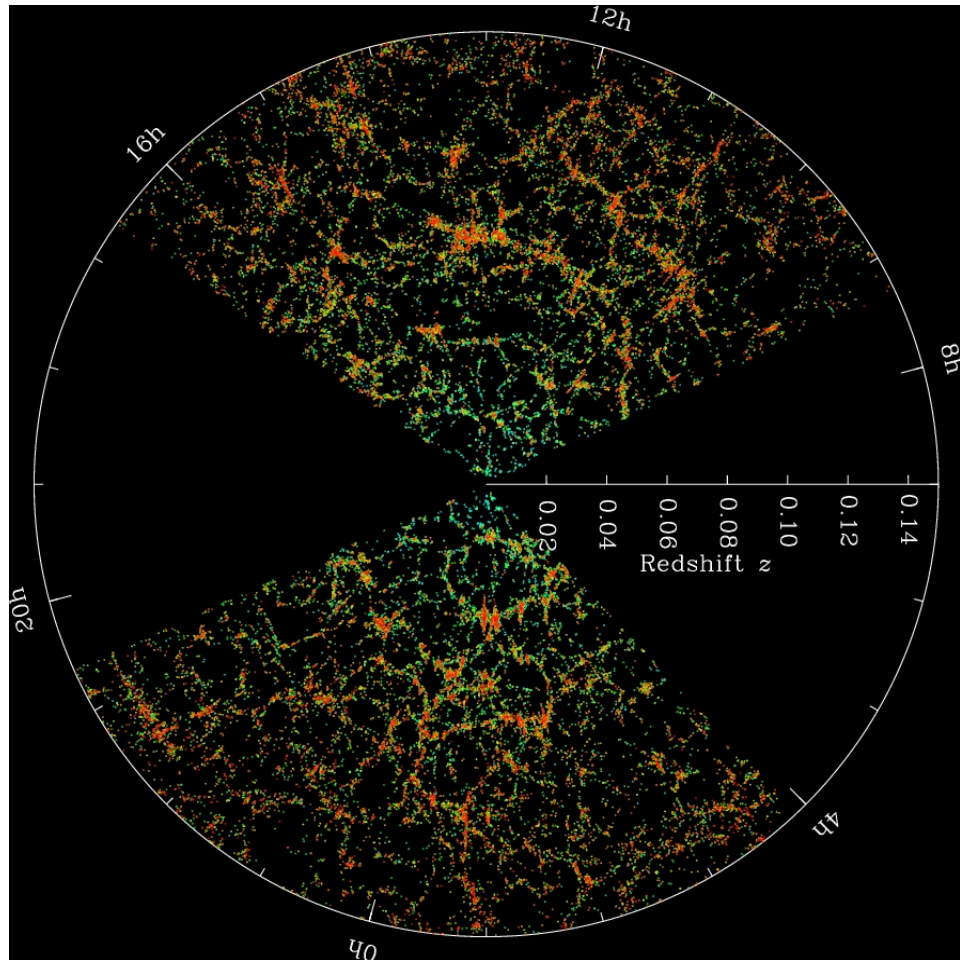


Figura 1.2: Mappa parziale della distribuzione delle galassie secondo SDSS. La Terra si trova al centro mentre ogni punto rappresenta una galassia con un colore che indica l'età media delle stelle che la compongono (e.g. il rosso indica stelle vecchie). Il raggio della circonferenza bianca è pari ad una distanza di 2 miliardi di anni luce. A causa della presenza di una forte componente polverosa in direzione del centro della Galassia non è possibile per SDSS scansionare tutto il cielo, da qui le parti nere (vuote) all'interno del cerchio. (Credit: M. Blanton e SDSS, www.sdss.org).

al contributo dei maggiori osservatori di terra e telescopi spaziali tra cui *HST* (ottico), *Spitzer* (infrarosso), *Chandra* (X-ray), *Herschel* (lontano infrarosso), *XMM-Newton* (X-ray), *GALEX* (ultravioletto) e *Subaru* (ottico, infrarosso) e degli osservatori di terra *VLT* (UV, ottico, vicino infrarosso), *Keck* (ottico, vicino infrarosso) e *VLA* (radio) solo per citarne alcuni. Se nel caso di HST e della SDSS si utilizza un solo strumento per diversi obbiettivi, le survey GOOD e COSMO si servono di diversi strumenti per analizzare un problema da diversi punti di vista. Esse hanno come scopo comune la determinazione della formazione stellare e dell'assemblaggio delle galassie in funzione del redshift, ma forse l'obbiettivo principale di entrambe è lo studio delle strutture su larga scala, dell'ordine di $10^{13} M_{\odot}$ per GOODS e di $10^{14} M_{\odot}$ nel caso di COSMOS; per quest'ultima esiste una survey redshift dedicata col nome di zCOSMOS, che ha osservato circa 30,000 galassie, di cui approssimativamente 10,000 a $z > 1.4$. Tutto questo è stato possibile grazie alla determinazione di redshift spettroscopici, laddove la fotometria non sarebbe stata altrettanto efficace, con lo spettrografo VIMOS del telescopio ESO VLT. Le osservazioni nei campi di GOODS (HDF-N: 12h 36m 55s, +6214m 15s, CDF-S: 3h 32m 30s, -2748m 20s) e COSMOS (RA: 10h00m28.6s, DEC: +02°12'21.0") vengono continuamente utilizzati per lo studio dell'evoluzione delle galassie (e.g. Ilbert et al. 2013, Oesch et al. 2013).

1.2 Classificazione delle galassie

La classificazione morfologica delle galassie è descritta dalla ben nota sequenza di Hubble (Hubble 1922): a sinistra troviamo le galassie denominate Early Type (ETG) nelle quali la componente sferoidale è dominante; proseguendo verso destra il contributo del disco rispetto al bulge diventa via via più importante portandoci tra le galassie Late Type (LTG). Quando nemmeno il disco risulta più distinguibile siamo in presenza delle galassie irregolari.

La morfologia non è però l'unico elemento che permette di distinguere tra le due famiglie. Relativamente recente (Strateva et al. 2001, Baldry et al. 2006) è la scoperta di una forte bimodalità nel modo in cui le galassie sono distribuite nel piano colore-magnitudine ottici: le galassie ellittiche quiescenti risultano avere colori più rossi ed elevate luminosità, esse costituiscono la Red Sequence; le galassie attive (che formano stelle)⁶ invece sono di colore blu e si estendono a luminosità inferiori, tracciando la Blue Cloud (Figura 1.4).

Anche la funzione di luminosità può aiutare a discriminare tra galassie rosse e quiescenti, come le ellittiche, e galassie attive come le spirali. Il

⁶Di seguito si userà il termine attive per indicare galassie che formano stelle (a differenza delle galassie quiescenti) e mai per indicare galassie con nuclei galattici attivi (AGN).

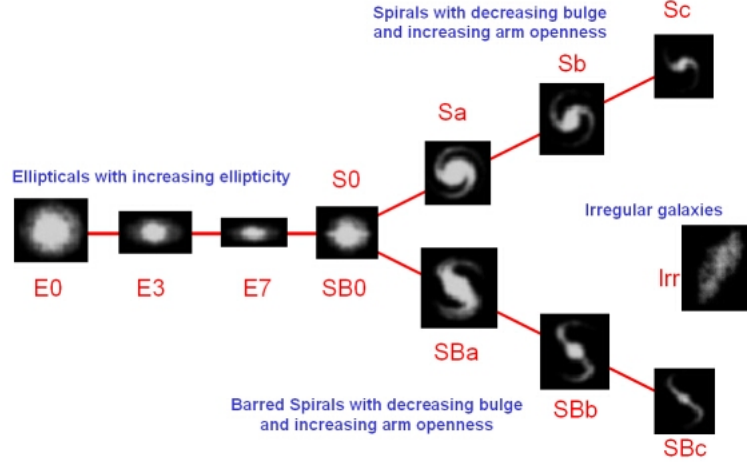


Figura 1.3: La sequenza di Hubble (immagine da astronomy.swin.edu.au/cosmos/)

termine funzione di luminosità (LF) è utilizzato sia quando ci si riferisce alla densità numerica delle galassie con una luminosità maggiore di L ($\phi(> L)$, LF integrale), che alla densità di galassie con luminosità compresa tra L e dL ($\phi(L)dL$, LF differenziale). La LF è esprimibile in forma analitica tramite la funzione di Schechter (1976):

$$\phi(L)dL = \phi_L^* \left(\frac{L}{L^*} \right)^\alpha e^{-L/L^*} \frac{dL}{L^*}. \quad (1.1)$$

Alternativamente, può essere usata la LF riferita anziché alla luminosità alla magnitudine M :

$$\Phi M(M) = \frac{\ln 10}{2.5} \phi_M^* 10^{0.4(\alpha+1)(M^*-M)} e^{-10^{0.4(M^*-M)}} dM, \quad (1.2)$$

dove ϕ_L^* (ϕ_M^*), L^* (M^*) e α sono parametri liberi ricavabili dallo studio di grandi survey galattiche; dato che la luminosità (o la magnitudine) dipende dalla scala delle distanze che si assume, allora essa dipenderà ad un livello ancora più profondo dalla costante di Hubble, in particolare $L^* \propto H_0^{-2}$. Notiamo che in corrispondenza della luminosità caratteristica L^* la LF cambia regime: per $L < L^*$ l'andamento della curva sarà dettato dalla legge di potenza con pendenza α , viceversa per $L > L^*$ la LF seguirà l'andamento esponenziale.

La Figura 1.5 mostra le differenze sostanziali tra un ambiente poco denso (il campo) e ed un ambiente denso (un cluster): i contributi dati dai diversi tipi morfologici cambia drasticamente nei due casi, con il campo dominato da spirali e irregolari e il cluster dominato da ellittiche e lenticolari (segregazione morfologica, Dressler 1980, Smith et al. 2005).

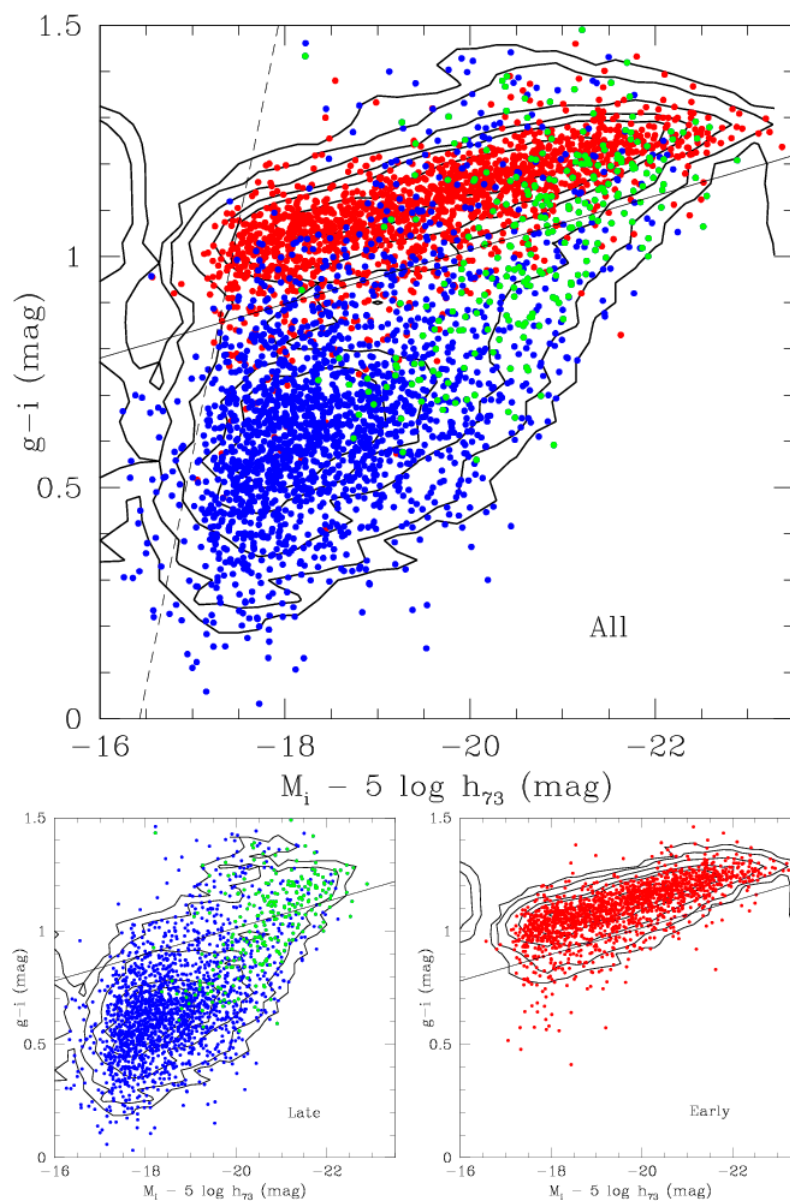


Figura 1.4: Diagramma colore-magnitudine tratto da Gavazzi et al. (2010). In rosso è indicata la Red Sequence che copre un ampio intervallo di luminosità ma solamente 0.6 magnitudini in colore; la Blue Cloud, in blu, si estende invece lungo l'indice di colore e meno della Red Sequence rispetto alle luminosità. I pochi punti verdi sono invece la Green Valley, costituita da galassie con proprietà intermedie tra quelle quiescenti e quelle attive.

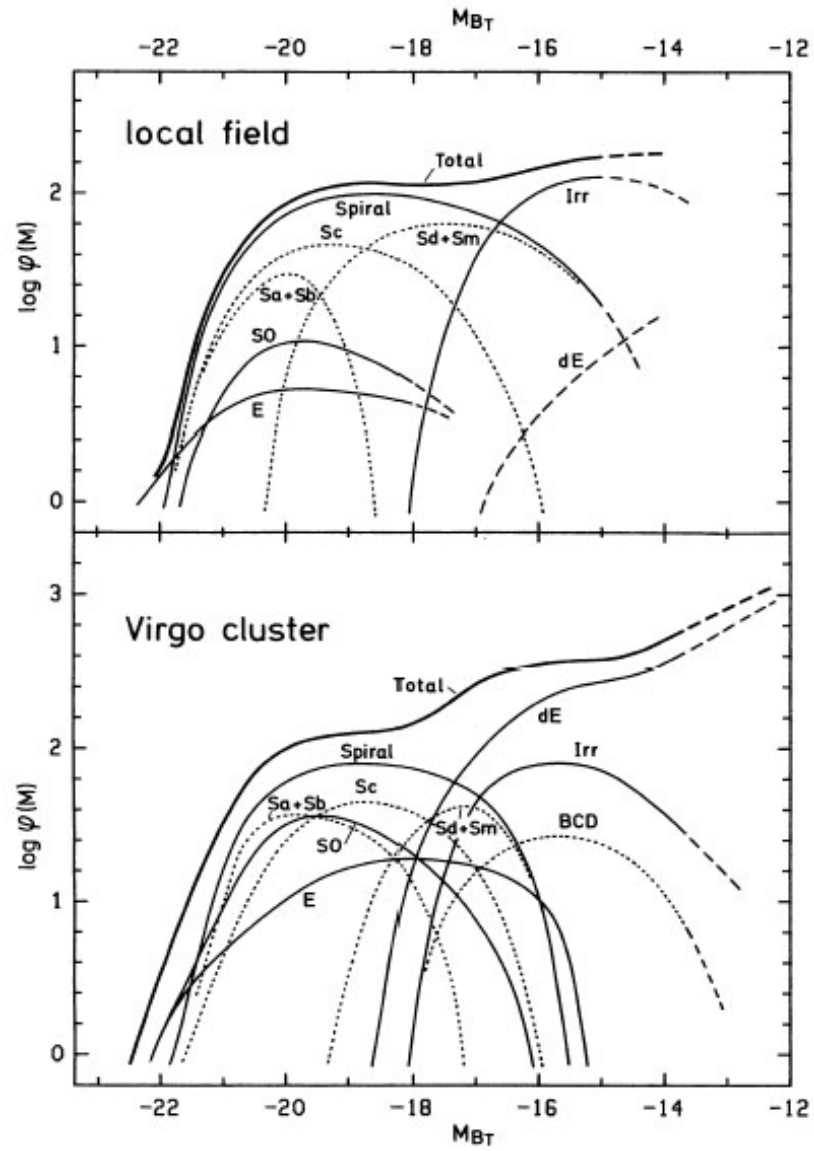


Figura 1.5: Funzione di luminosità per un campione di galassie del campo locale (pannello superiore) e nel cluster di Virgo (pannello inferiore). Immagine da Binggeli et al. (1988).

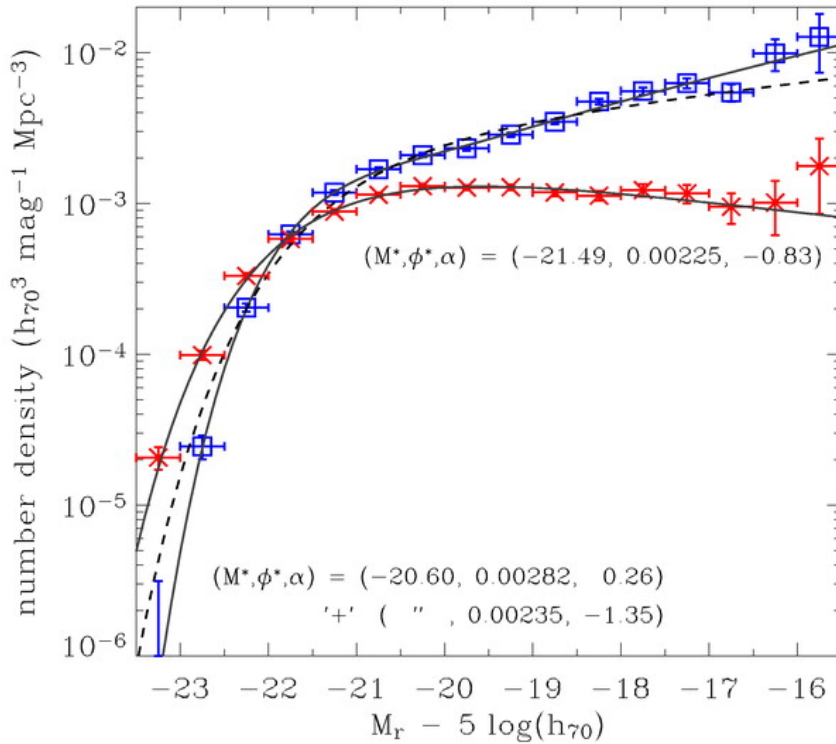


Figura 1.6: LF di un campione di galassie quiescenti (in rosso) e di galassie attive (in blu). Il regime di basse luminosità è dominato dalle galassie attive, mentre alle alte luminosità risultano più numerose le galassie rosse quiescenti (Baldry et al. 2004).

In Figura 1.6 è rappresentata la LF, in funzione della magnitudine, delle galassie quiescenti in rosso e delle galassie attive in blu, nell'Universo locale: come già notato nel diagramma colore-magnitudine, la maggior parte delle galassie di alta magnitudine (bassa luminosità) è blu, mentre la maggior parte delle galassie luminose è rossa (Baldry et al. 2004). Complementare alla LF è la funzione di massa stellare (GSMF), che mostra come la massa viene assemblata nelle galassie. La Figura 1.7 è del tutto analoga alla LF, con le galassie rosse che dominano alle masse elevate e le galassie blu che sono più numerose alle piccole masse. A questo punto è necessario, per proseguire con la trattazione successiva, discriminare tra massa stellare M_* e la massa dinamica M_{dyn} . Alla M_* contribuisce esclusivamente la materia contenuta nelle stelle; la M_{dyn} misura invece tutta la materia che contribuisce al campo gravitazionale dell'oggetto, sia essa barionica o non-barionica. Valutare la M_{dyn} può rivelarsi un compito arduo. Nel caso delle spirali ci si affida alla curva di rotazione $v_c(r) = \left(\frac{GM(r)}{r}\right)^{1/2}$ ottenuta dallo studio dell'effetto Doppler sulle righe di emissione del HI (Begeman 1987); la massa

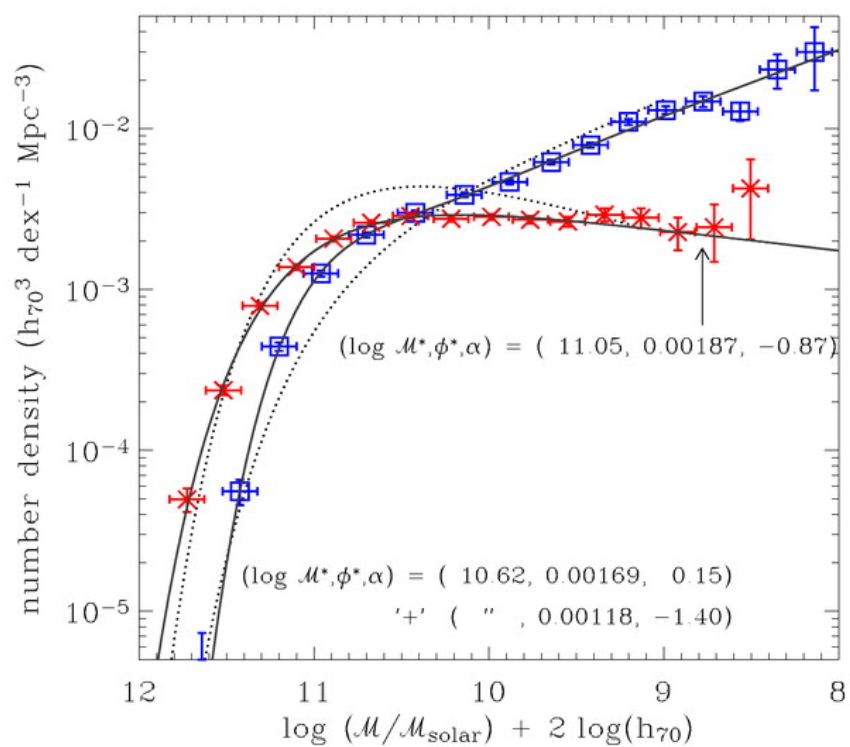


Figura 1.7: Funzione di massa stellare per galassie quiescenti (in rosso) e galassie attive (in blu). analogamente a quanto osservato in Figura 1.6 le galassie quiescenti sono più numerose alle masse elevate e le galassie attive dominano l'intervallo delle piccole masse (Baldry et al. 2004).

delle galassie ellittiche, per le quali non è possibile costruire una curva di rotazione, deve essere stimata attraverso altri mezzi. Nel 1976 S.M. Faber e R.E. Jackson scoprirono una relazione che legava la luminosità in banda B delle galassie ellittiche alla loro dispersione di velocità interna (che venne perciò denominata relazione Faber-Jackson): $L_B \propto \sigma_0^4$, con σ_0 ottenuta dall'allargamento delle righe di assorbimento negli spettri delle galassie. Come può essere spiegata tale proporzionalità? Se consideriamo il Teorema del Viriale $2K + U = 0$, con $K \propto M\sigma_0^2$ energia cinetica e $U \propto M^2/R$ energia potenziale, possiamo stabilire la relazione tra massa e dispersione di velocità: $\sigma_0^2 R \propto M$; se poi assumiamo un rapporto M/L ed una brillantezza costanti ritroviamo la relazione Faber-Jackson ⁷. Da essa possiamo quindi evincere che più una galassia è luminosa, più la sua dispersione di velocità è elevata e più è massiva.

1.3 Modelli di formazione delle galassie

La domanda a cui vogliamo rispondere in questa sezione è: come si formano le galassie che osserviamo oggi? Nel secolo scorso vennero proposti due modelli di formazione delle strutture: il collasso monolitico e il modello gerarchico. Il primo, la cui formulazione risale agli anni '60 (e.g. Eggen, Lynden-Bell & Sandage 1962), prevedeva il collasso di una nube di gas primordiale la quale successivamente si sarebbe frammentata formando le galassie. Si parla in questo caso di formazione *top-down*. Viceversa, il modello gerarchico (Davis et al. 1985, Kauffman & White 1993, Lacey & Cole), come suggerisce il nome, propone un'evoluzione *bottom-up*: dapprima si formano le strutture piccole e solo in un secondo momento quelle più grandi, attraverso fenomeni di merging. Oggi il modello di consenso è quello gerarchico, che non è altro che una caratteristica dei modelli CDM (*Cold Dark Matter*). In particolare, si ritiene che le lievi disomogeneità dell'universo primordiale siano state in grado di vincere l'espansione e accrescere massa formando i primi aloni di materia oscura. Facendosi le disomogeneità sempre più importanti, non solo gli aloni sono cresciuti in massa, ma anche la materia barionica è collassata al loro interno (questo solo in seguito al disaccoppiamento) ed ha avuto la possibilità di formare i primi oggetti stellari e in seguito le galassie. Il modello gerarchico deve scontrarsi però con il fenomeno del *downsizing* (Cowie et al. 1996). Osservazioni recenti hanno mostrato come le galassie più massive (tipicamente ETG) evolvano più lentamente a $z < 1-2$ di quelle meno massive (Treu et al. 2005), sia per quanto riguarda la formazione stellare (le galassie massive formano le stelle

⁷Circa dieci anni dopo, due gruppi di ricercatori (Dressler et al. 1987, Djorgovski & Davis 1987) trovarono in modo indipendente una relazione di scala più generale che, oltre a σ_0 coinvolgeva il raggio efficace R_e (raggio dal centro entro il quale è contenuta metà della luminosità totale della galassie) e la brillantezza μ_e (brillantezza entro R_e): il Piano Fondamentale.

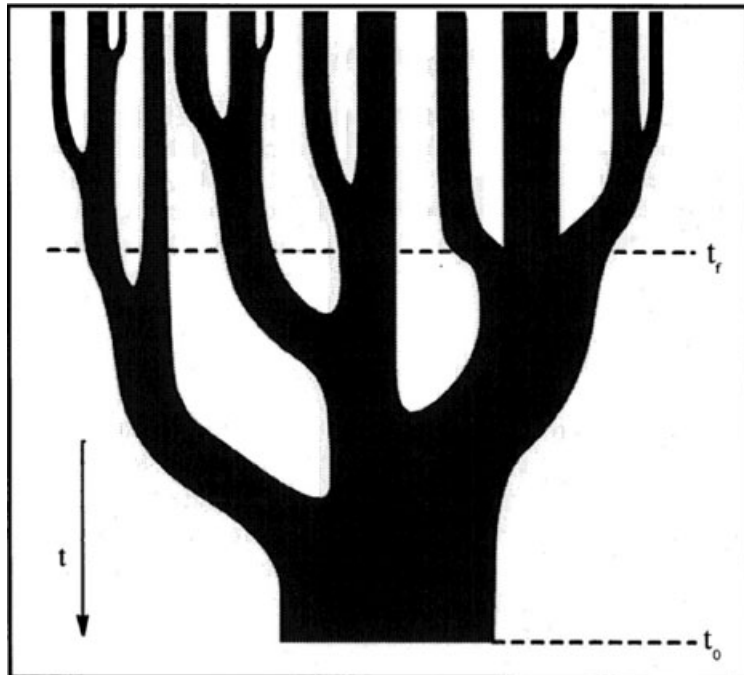


Figura 1.8: Esempio di *Merger tree* che rappresenta la crescita degli aloni di Materia Oscura attraverso eventi di merging. Il tempo scorre dall'alto verso il basso e la larghezza dei rami indica la diversa massa degli aloni (Lacey&Cole (1993)).

prima e più rapidamente di quelle meno massive), sia per l'assemblamento della massa (Cimatti et al. 2006). Ciò significa che la maggior parte della loro massa è già stata assemblata a quel redshift, il che pone sicuramente una sfida al modello di formazione gerarchica.

1.4 Rapporto massa-luminosità

Quando si studiano galassie al di fuori del Gruppo Locale ci si scontra con l'impossibilità di risolvere le singole stelle, pertanto è necessario fare affidamento sui modelli di sintesi spettrale di popolazioni stellari. Il modello più semplice è quello in cui tutte le stelle si sono formate in un unico evento di breve durata: siamo in presenza di una *Simple Stellar Population* (SSP). Per costruire una SSP devo fare delle ipotesi riguardanti:

- le isocrone,
- la funzione di massa iniziale (IMF),
- la storia di formazione stellare (SFH),
- la metallicità,
- spettri stellari teorici o empirici.

Chiaramente, trattandosi di modelli, bisogna sempre ricordare che le informazioni che estrapoliamo possono essere erranee. Un problema ben noto è la degenerazione età-metallicità: ad esempio, se una galassia risulta molto rossa ciò potrebbe essere compatibile con un modello che prevede una galassia giovane ma molto metallica oppure una galassia vecchia e povera di metalli. Spesso una SSP è inadatta a descrivere la componente stellare di una galassia perché non tiene conto delle diverse popolazioni che la compongono. Si ricorre perciò alle *Composite Stellar Populations* (CSP), le quali non sono altro che la somma di più SSP ognuna pesata con la propria SFH. Le età e le metallicità ottenute con modelli di questo tipo potranno assumere solo valori medi. Che siano SSP o CSP, i modelli di sintesi spettrale hanno lo scopo di fornire spettri teorici o colori integrati da confrontare con quelli osservati. Lo spettro ottenuto contiene al suo interno altre importanti informazioni, tra le quali vi è la stima della massa stellare M_* . M_* è una grandezza più importante della luminosità, perché quest'ultima è fortemente influenzata dalle stelle più giovani e perciò può portare ad una identificazione erronea della galassia in questione. La luminosità però è una quantità misurabile a differenza di M_* , quindi abbiamo bisogno di un fattore di conversione tra le due, il rapporto massa-luminosità M_*/L . Esso è ottenuto dal fit della SED fotometrica e pertanto dipende dalle ipotesi sulle quali è costruito il nostro modello di sintesi spettrale.

Per completezza, discutiamo brevemente delle dipendenze di M_*/L dagli ingredienti dei modelli di sintesi. Un fattore che può influenzare considerevolmente il rapporto è la scelta della IMF. La funzione di massa iniziale (*Initial Mass Function*, IMF) indica il numero di stelle con una massa compresa tra M e $M+dM$. Viene rappresentata attraverso una legge di potenza con esponente adimensionale:

$$N(M)\frac{dM}{M_\odot} = N_0 \left(\frac{M}{M_\odot}\right)^{-s} \frac{dM}{M_\odot} \quad (1.3)$$

A volte, anzichè utilizzare l'esponente s si usa $s = 1+x$. L'intervallo di masse in cui solitamente è ritenuta valida la IMF è $0.1M_\odot < M < 100 - 120M_\odot$. Il limite inferiore è dato dalla massa minima necessaria perché un oggetto possa iniziare la combustione dell'idrogeno; il limite superiore riguarda la stabilità degli oggetti stellari più massivi. Stabilito un range di masse, la IMF è definita unicamente dall'esponente s (o x). In Figura 1.9 sono rappresentate varie funzioni di massa nell'intervallo $0.1M_\odot < M < 120M_\odot$. La IMF di Salpeter è l'unica ad avere una pendenza costante ($s = 2.35$, oppure $x = 1.35$) su tutte le masse, anche se la sua "validità" originaria riguardava $M \geq 1M_\odot$. Nel corso degli anni è diventato sempre più frequente costruire una IMF con diverse pendenze in base all'intervallo di massa in cui ci si trova (v. Figura 1.9); diversi autori (e.g. Scalo 1998, Baldry et al. 2003) ritengono inoltre che la IMF non sia universale, ma che possa variare tra galassia e galassia e nel tempo. In Figura 1.10 è rappresentato l'andamento del rapporto massa-luminosità di una SSP per diverse IMF, e.g. Kroupa, Chabrier, *diet* Salpeter (che produce gli stessi colori e luminosità di una Salpeter ma solo il 70% della massa a causa del minor numero di stelle di piccola massa, Bell 2003), in funzione del colore $g-r$; in questo modello viene assunta una metallicità solare. Non solo è importante il tipo di IMF, ma anche i limiti di massa scelti per la sua validità. Un esempio per tutti può essere quello di considerare una IMF di Salpeter con una massa minima di $0.2 M_\odot$ anzichè $0.1 M_\odot$, il che significa escludere numerose stelle poco massive che contribuiscono poco alla luminosità. Si ottiene così un rapporto M_*/L fino ad un fattore 1.3 più piccolo (Madau 1997). Infine, mostriamo M_*/L in funzione di $g-r$ al variare della metallicità. In Figura 1.10 e Figura 1.11 le frecce indicano l'effetto che avrebbe 1 mag di oscuramento da parte della polvere. Fatte queste premesse, passiamo ora ad analizzare il rapporto M_*/L in termine di evoluzione e dipendenza da metallicità e colori distinguendo tra ETG e LTG.

Arnouts et al. (2007) hanno analizzato come viene assemblata la massa delle galassie da $z \leq 2$, utilizzando appunto il rapporto M_*/L . Analizzando un campione di oltre 21,000 galassie selezionate nel medio IR, hanno tracciato l'evoluzione di M_*/L dividendo gli oggetti in quiescenti ed attivi. Il trend osservato mostra che M_*/L diminuisce all'aumentare del redshift (come ci si aspetterebbe), per le galassie quiescenti però questo declino è meno ripido

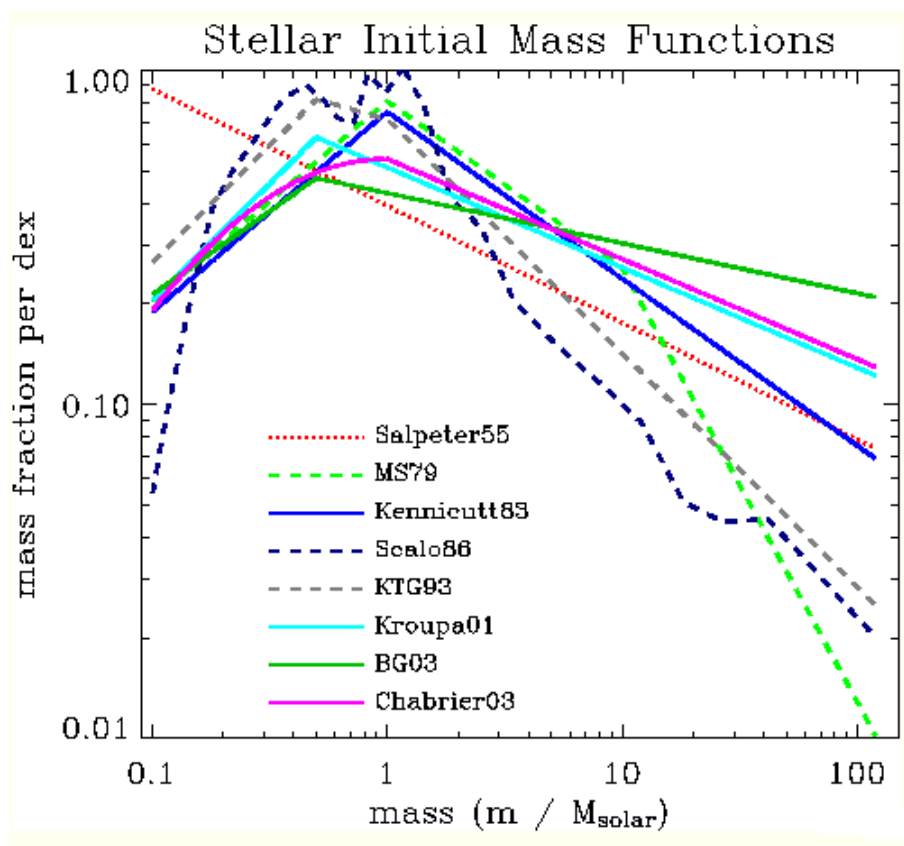


Figura 1.9: Diversi tipi di IMF nel range di masse $0.1M_{\odot} < M < 120M_{\odot}$ normalizzate affinché l'integrale della curva sia uguale a 1. La IMF di Salpeter è l'unica a mantenere la stessa pendenza ($s = 2.35$) in ogni intervallo di massa. Immagine da Baldry et al.(2003).

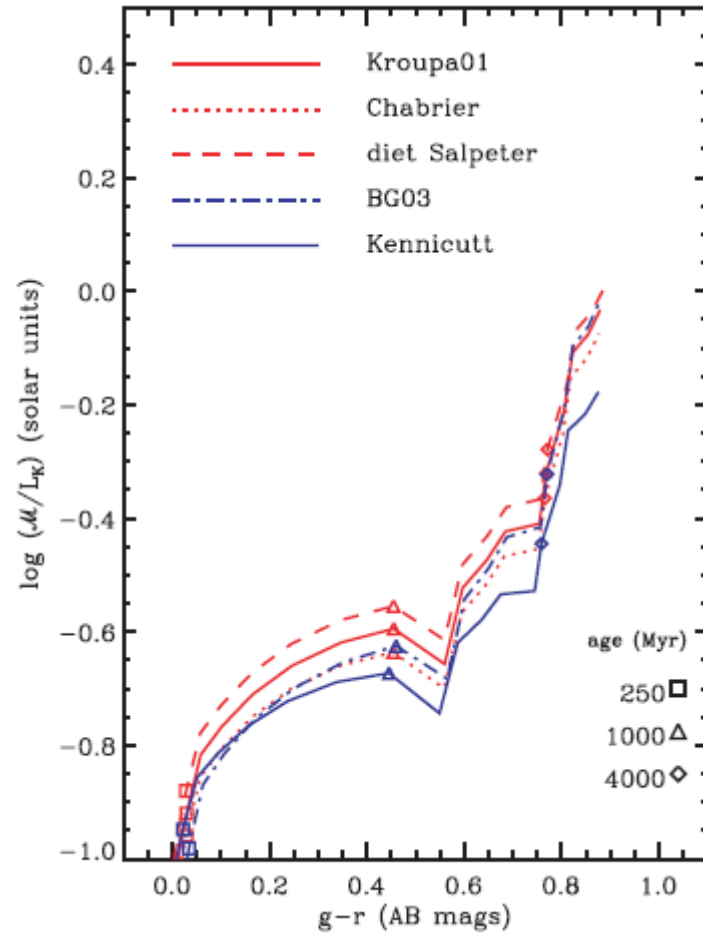


Figura 1.10: M_*/L_k di una SSP, con metallicità solare, in funzione del colore $g-r$. Gli indici delle IMF sono, dall'alto in basso, $s = 1.5, 1.35, 1.3, 1.3, 1.15$ ($IMF \propto m^{-s}$). (Baldry et al. 2008)

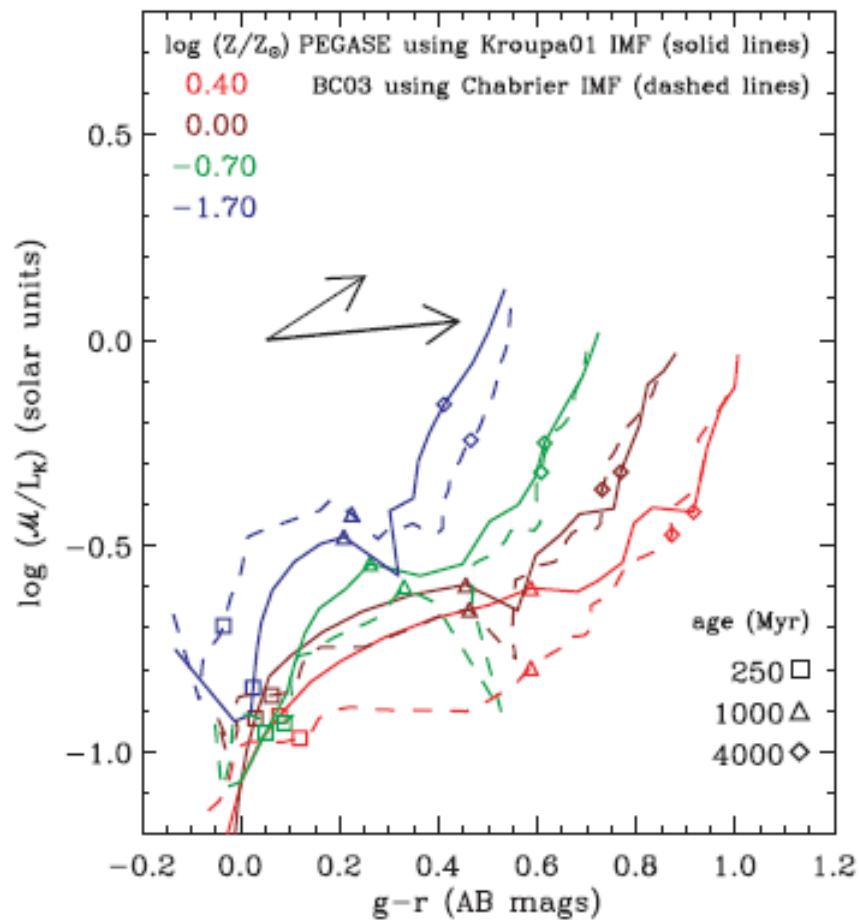


Figura 1.11: M_*/L_k di una SSP in funzione del colore $g - r$ (sistema AB), al variare della metallicità. Le frecce rappresentano gli effetti di un'attenuazione da parte della polvere pari a 1 mag. (Baldry et al. 2008).

(v. Figura 1.12). Abbiamo già detto come l'età influisca sul rapporto M_*/L ,

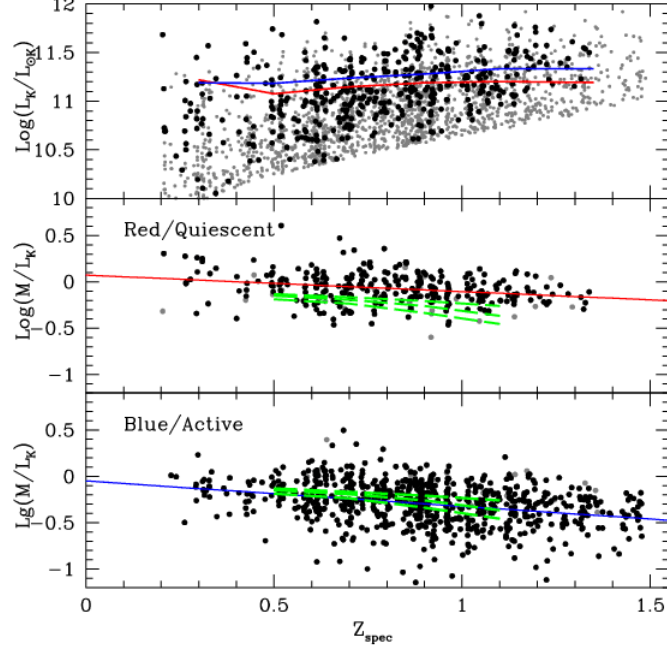


Figura 1.12: *Pannello in alto*: luminosità in banda K per le galassie quiescenti (cerchi pieni in nero) e le galassie attive (cerchi piccoli in grigio). Le linee continue rappresentano la luminosità caratteristiche L^* (in rosso, per le galassie quiescenti, in blu per quelle attive). *Pannello centrale*: M_*/L_K per le galassie quiescenti. *Pannello in basso*: M_*/L_K per le galassie attive. Le linee continue rappresentano il best fit. Immagine da Arnouts et al. (2007).

perciò non ci stupiamo del fatto che le galassie attive abbiano un M_*/L minore. Il fatto che le galassie quiescenti evolvano poco rispecchia un'età media più elevata che si traduce in un più alto redshift di formazione. Tortora et al. (2011) si occupano invece della dipendenza del gradiente di M_*/L dai colori, dall'età, da M_* e dalla dispersione di velocità σ . In Figura 1.13 riportiamo gli andamenti dei gradienti di M_*/L , dei colori e della metallicità; tra parentesi è indicato il principale fattore che influisce su M_*/L (età o metallicità). Una volta noto questo rapporto, e nota la funzione di luminosità, è possibile convertire quest'ultima nella funzione di massa stellare, la già citata la GSMF (v. Figura 1.7): $\rho_* = M_*/L \cdot \rho_L$. L'integrale della GSMF dà la densità di massa stellare (SMD), ovvero la frazione di barioni che formano le stelle e i loro remnant. Baldry et al. (2008) confrontano sei diverse GSMF e ne derivano la SMD. Assumendo una densità barionica dell'Universo $\Omega_b = 0.045$ ($H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, $\rho_c = 1.36 \cdot 10^{11} M_\odot \text{ Mpc}^{-3}$), si trova che la frazione di barioni contenuta nelle stelle copre un intervallo $0.04 < \Omega_*/\Omega_b < 0.08$, accordo con lavori precedenti (Madau 1997). Le

LTGs	$\log M_*/M_\odot \lesssim 9$	$\log M_*/M_\odot \gtrsim 9$
Young	$\nabla_{r_*} > 0; \nabla_{\text{age}} > 0; \nabla_Z \lesssim 0$ (age)	$\nabla_{r_*} < 0; \nabla_{\text{age}} > 0; \nabla_Z < 0$ (metallicity)
Old	$\nabla_{r_*} < 0; \nabla_{\text{age}} < 0; \nabla_Z \lesssim 0$ (age)	$\nabla_{r_*} < 0; \nabla_{\text{age}} \lesssim 0; \nabla_Z < 0$ (metallicity)
ETGs	$\log M_*/M_\odot \lesssim 10$	$\log M_*/M_\odot \gtrsim 10$
Young	$\nabla_{r_*} > 0; \nabla_{\text{age}} > 0; \nabla_Z \gtrsim 0$ (age)	$\nabla_{r_*} > 0; \nabla_{\text{age}} > 0; \nabla_Z < 0$ (age)
Old	$\nabla_{r_*} < 0; \nabla_{\text{age}} \lesssim 0; \nabla_Z \gtrsim 0$ (age)	$\nabla_{r_*} < 0; \nabla_{\text{age}} \sim 0; \nabla_Z < 0$ (metallicity)

Figura 1.13: Gradienti di M_*/L (γ_*), età e metallicità per ETG e LTG divise per massa ed età del bulge. In parentesi è indicato se a influire su M_*/L è l'età (age) o la metallicità (metallicity). Tabella da Tortora et al. (2011).

principali fonti di incertezza su questo valore sono l'attenuazione da parte della polvere, il rapporto M_*/L e la mancanza di eventuali galassie di bassa brillantezza superficiale. Finora parlando di funzione di massa ci siamo occupati esclusivamente della massa contenuta in stelle, mentre sarebbe più utile conoscere la massa barionica totale delle galassie. È possibile passare dalla GSMF alla funzione di massa barionica utilizzando le relazioni tra massa stellare e metallicità e tra metallicità e la frazione di massa stellare (il fattore di conversione tra massa barionica e stelle), facendo due assunzioni: (i) le galassie sono trattate come *closed boxes*, cioè non vi sono flussi in uscita di gas ad alta metallicità, (ii) non vengono presi in considerazione gradienti di metallicità all'interno delle singole galassie (Baldry et al. 2008). In Figura 1.14 è rappresentata sia la GSMF (linea punteggiata) sia la funzione di massa barionica (linea tratteggiata). Ad ognuna di esse è sovrapposto il fit dato da una doppia funzione di Schechter (rispettivamente la linea continua e la linea punto-tratteggiato). La massa barionica totale delle galassie è una grandezza più fondamentale della sola massa stellare: in primo luogo, essa potrebbe aiutare a porre dei limiti alla densità barionica Ω_b ; in secondo luogo, sarebbe possibile valutare qual è il contributo della materia oscura alla materia totale contenuta nell'Universo.

1.5 Effetti del redshift

Quando osserviamo una sorgente a redshift $z \neq 0$ la radiazione non giunge all'osservatore con la stessa lunghezza d'onda di emissione λ_e , bensì con una lunghezza d'onda maggiore (cioè “verso il rosso”) e precisamente

$$\lambda_{oss} = (1 + z)\lambda_e, \quad (1.4)$$

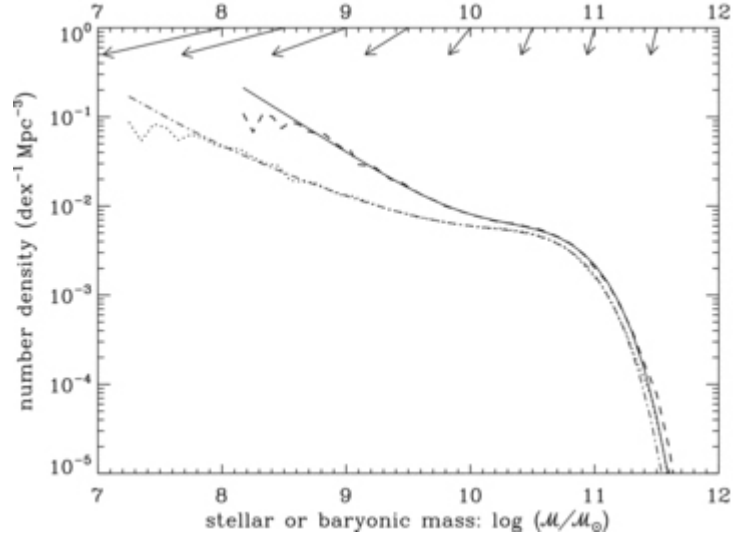


Figura 1.14: Funzione di massa barionica

oppure, in termini di frequenza, $\nu_{oss} = \nu_e/(1+z)$. Dall'Equazione 1.4 il redshift risulta essere

$$z \equiv \frac{\lambda_{oss}}{\lambda_e} - 1; \quad (1.5)$$

esso rappresenta le conseguenze dell'effetto Doppler per una sorgente in allontanamento (radiale). Esiste poi un redshift dovuto esclusivamente all'espansione dell'Universo, o *Hubble flow*, che chiameremo redshift cosmologico z_{cosmo} . In sè racchiude la differenza tra il fattore di scala dell'Universo $a(t)$ al momento dell'emissione e quello al momento dell'osservazione secondo la relazione (Hogg 2000)

$$z = \frac{a(t_{oss})}{a(t_e)} - 1. \quad (1.6)$$

In ultimo, ricordiamo che per velocità radiali $v \ll c$ vale $z \approx v/c$ e di conseguenza l'approssimazione $v = c \cdot z$ è valida solo per piccoli redshift. In seguito non verrà fatta nessuna distinzione tra redshift cosmologico e redshift "Doppler", quando verrà preso in considerazione sarà da intendere come uno z totale. L'effetto generale del redshift è quindi quello di spostare tutte le lunghezze d'onda nella parte rossa dello spettro. Vedremo, già dal paragrafo successivo, come ciò abbia conseguenze importanti sulla forma della SED la quale non solo risulterà traslata verso λ maggiori, ma anche "stirata" nella stessa direzione.

Capitolo 2

I modelli cosmologici di riferimento

I modelli di Universo standard si basano sul *Principio Cosmologico Imperfetto*: l'Universo su grande scala è omogeneo e isotropo. Omogeneo significa che la densità media è costante, isotropo indica la mancanza di direzioni privilegiate. Queste proprietà non possono essere attribuite al tempo, che scorre con una "direzione" preferenziale. La metrica che sottende a questi tipi di modelli è la metrica di Friedmann-Robertson-Walker (FRW):

$$ds^2 = c^2 dt^2 - a^2(t) \left[\frac{dr^2}{1 - kr^2} + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2) \right] \quad (2.1)$$

dove ds^2 è l'elemento di distanza infinitesima e $a(t)$ è il fattore di scala (o parametro di espansione) dell'Universo. Il parametro k è normalizzato per assumere solo i 3 valori 0, +1, -1 corrispondenti ad altrettante geometrie dell'Universo, ovvero piatta, sferica, iperbolica. Ad un tempo fissato $dt = 0$, dalla Equazione 2.1 ottengo la distanza propria $d_{PR} = \sqrt{ds^2}$; se inoltre scelgo un sistema di riferimento (SdR) tale che $d\theta = d\phi = 0$, la metrica si semplifica ulteriormente e ottengo una semplice forma analitica per la distanza propria:

$$d_{PR} = \int_0^r \frac{a(t) dr'}{\sqrt{1 - kr'^2}} = a(t) \cdot f(r), \text{ dove } \begin{cases} f(r) = r & \text{per } k = 0 \\ f(r) = \arcsin(r) & \text{per } k = +1 \\ f(r) = \operatorname{arcsinh}(r) & \text{per } k = -1. \end{cases} \quad (2.2)$$

Dato che d_{PR} dipende dal tempo, attraverso $a(t)$, è interessante vedere come varia con esso. La derivata della distanza propria sarà una velocità

$$v = \frac{d}{dt} d_{PR} = \frac{\dot{a}(t)}{a(t)} d_{PR}. \quad (2.3)$$

La 2.3 indica che la velocità con cui due punti (o due oggetti) si allontanano è proporzionale alla loro distanza, abbiamo quindi riconosciuto la legge di

Hubble (scoperta nel 1929). La costante di Hubble H_0 è allora data da

$$\frac{\dot{a}(t)}{a(t)} = H_0. \quad (2.4)$$

Dal punto di vista analitico la costante di Hubble avrebbe le dimensioni di s^{-1} ma, storicamente, viene misurata in $km/s/Mpc$ e oggi il suo valore è ritenuto essere (Hinshaw et al. 2013)

$$H_0 = 70 \pm 2.2 \text{ km/s/Mpc}, \quad (2.5)$$

oppure, ragionando in termini del parametro adimensionale h si ha

$$h = \frac{H_0}{100 \text{ km/s/Mpc}} = 0.7 \quad (2.6)$$

Nonostante venga chiamata costante, in realtà H_0 non è costante nel tempo¹ perché varia seguendo $a(t)$, come si evince dalla 2.4, ma piuttosto, fissata una certa epoca cosmica, è costante in ogni punto dell'Universo. Il fattore di scala dell'Universo permette inoltre di ottenere un'altro parametro, ovvero il parametro di decelerazione

$$q_0 = -\frac{\ddot{a}_0 a_0}{\dot{a}_0^2}, \quad (2.7)$$

dove il meno è dovuto al fatto che i modelli cosmologici standard indicano che l'Universo sta decelerando la sua espansione (quindi $q_0 > 0$).

Per completezza, introduciamo l'equazione di campo di Einstein e le due equazioni di Friedmann. Esse non verranno analizzate nel dettaglio ma forniranno semplicemente un riferimento alla discussione successiva. L'equazione di Einstein esprime la metrica dello spazio-tempo, rappresentata dal tensore metrico g_{ij} , in termini dell'energia dell'Universo, descritta dal tensore energia-impulso T_{ij} ²:

$$R_{ij} - \frac{1}{2}g_{ij}R = \frac{8\pi G}{c^4}T_{ij}, \quad (2.8)$$

con R_{ij} e R rispettivamente il tensore e lo scalare di Ricci. Le equazioni di Friedmann invece riguardano la conservazione dell'energia e la definizione di forza, o meglio come la forza si genera.

$$\begin{cases} \dot{a}^2 + kc^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho a^2 \rightarrow \text{cons. energia} \\ \ddot{a} = -\frac{4\pi}{3}G\left(\rho + \frac{3p}{c^2}\right) \rightarrow \text{forza} \end{cases} \quad (2.9)$$

¹Questo non vale per il modello dello Stato Stazionario dove $H_0 = \text{const}$, come vedremo nei prossimi paragrafi.

²Qui scriviamo l'equazione di Einstein senza costante cosmologica, che porterebbe il contributo $-\Lambda g_{ij}$ al primo membro

Le grandezze ρ e p sono la densità e la pressione dell'Universo; sono legate da un'altra equazione, complementare a quelle di Friedmann, ovvero l'equazione di stato

$$p(\rho) = w \rho c^2. \quad (2.10)$$

La fisica ordinaria prevede che la costante w vari nel cosiddetto intervallo di Zel'dovich $0 \leq w < 1$ e assuma un valore specifico per le diverse componenti dell'Universo, in particolare la materia ha $w = 0$, mentre per la radiazione vale $w = 1/3$. Negli universi con costante cosmologica Λ , tuttavia, w esce dal range di valori "canonici e risulta essere $w = -1$. L'equazione di stato unita alle equazioni di Friedmann permette di giungere ad un diverso criterio che stabilisca la geometria dell'Universo attraverso il parametro di densità Ω_0 , così definito:

$$\Omega_0 = \frac{\rho_0}{\rho_{0,crit}}, \quad \begin{cases} \Omega_0 = 1 \rightarrow k = 0 \\ \Omega_0 > 1 \rightarrow k = +1 \\ \Omega_0 < 1 \rightarrow k = -1 \end{cases} \quad (2.11)$$

il che ci dice che esiste un valore critico di densità $\rho_{0,crit}$ da confrontare con la densità misurata ρ_0 . Il pedice zero indica che la quantità è misurata a $t = t_0$, corrispondente al presente. In generale ad Ω_0 contribuiscono la materia visibile, la radiazione e la costante cosmologica Λ , cosicchè si ha

$$\Omega_0 = \Omega_m + \Omega_r + \Omega_\Lambda. \quad (2.12)$$

Per ogni modello cosmologico considerato di seguito verrà indicato il valore assunto dalle diverse densità.

2.1 Modelli di Friedmann

Questo tipo di descrizione dell'Universo permette di fare importanti considerazioni di carattere generale. I modelli di Friedmann poggiano su due assunzioni:

1. vale la metrica FRW (2.1);
2. l'Universo è pensato come un fluido perfetto.

Infine, la costante cosmologica Λ è posta uguale a zero. Ora andiamo ad analizzare i tre casi corrispondenti agli altrettanti valori del parametro k nella 2.1. Il contributo della radiazione verrà considerato trascurabile.

2.1.1 Universo piatto, $\Omega_0 = 1$

Altrimenti detti universi di Einstein-de Sitter (EdS), gli universi piatti sono descritti dalla metrica della 2.1 con $k = 0$. Dalle equazioni di Friedmann

troviamo che il fattore di scala varia nel tempo secondo la legge

$$a(t) = a_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{2/3(1+w)}. \quad (2.13)$$

Dato che non ho costante cosmologica, l'Universo è interamente dominato dalla materia visibile, corrispondente ad una equazione di stato con $w = 0$, perciò la 2.13 si riduce a

$$a(t) = a_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{2/3}. \quad (2.14)$$

Dalla 2.7 e dalla 2.13 possiamo stimare il parametro di decelerazione per gli universi piatti:

$$q_0 = \frac{1 + 3w}{2} = \frac{1}{2} \text{ quando } w = 0. \quad (2.15)$$

Possiamo giungere allo stesso risultato sfruttando le equazioni di Friedmann e la 2.15 che permettono di definire q_0 in termini di Ω_m Ω_Λ

$$q_0 = \frac{\Omega_m}{2} - \Omega_\Lambda. \quad (2.16)$$

Ponendo $\Omega_m = 1$ e non essendoci costante cosmologica si ritrova $q = 1/2$.

È interessante vedere come varia il tempo con il redshift per poi poter confrontare la differenza tra i tempi scala per i vari modelli. Sapendo che $\frac{a_0}{a(t)} = 1 + z$, dove z è il redshift, sostituendo nella 2.13 si trova

$$t = t_0 (1 + z)^{-3(1+w)/2} = t_0(1 + z)^{-3/2} \text{ per } w = 0, \quad (2.17)$$

mentre l'età dell'Universo oggi sarebbe

$$t_0 = \frac{2}{3(1+z)H_0} = \frac{2}{3H_0} \text{ per } w = 0. \quad (2.18)$$

2.1.2 Universo aperto, $\Omega_0 < 1$

Gli universi aperti, così come gli universi chiusi, fanno parte della famiglia degli universi curvi. Vicino al Big Bang, ovvero per tempi t piccoli o redshift grandi, essi sono approssimabili ad un Universo piatto come quello EdS. Quando allora la curvatura diventa non più trascurabile?

$$\frac{a_0}{a(t)} = 1 + z < |\Omega_0^{-1} - 1|^{1/1+3w}; \quad (2.19)$$

se consideriamo come valori possibili del parametro di densità l'intervallo $10^{-1} < \Omega_0 < 10$ e ancora un Universo dominato da materia ($w = 0$), il redshift al quale l'approssimazione cessa di essere vera è dell'ordine di 10.

Ricapitolando, per redshift $z \ll 10$ ogni Universo curvo è approssimabile ad uno piatto, per redshift maggiori al contrario la sua evoluzione dipende fortemente dalla curvatura.

Ora occupiamoci delle caratteristiche degli universi aperti. Essi hanno una curvatura $k = -1$ e $\Omega_0 = \Omega_m < 1$. Il comportamento asintotico (ovvero a $z > 10$) del fattore di scala $a(t)$ è lineare col tempo

$$a(t) = a_0 H_0 (1 - \Omega_0)^{1/2} t. \quad (2.20)$$

Dalla 2.20 deriva che il parametro di decelerazione q_0 è uguale a zero ($\dot{a}(t) = \text{cost}$), ne consegue che ad certo punto l'espansione smette di essere decelerata e diventa un'espansione libera.

2.1.3 Universo chiuso, $\Omega_0 > 1$

Quando la densità totale eccede l'unità, la geometria dell'Universo è sferica, ovvero ha una curvatura positiva ($k = +1$). La particolarità di questo Universo è che esiste un tempo che indichiamo con t_{MAX} in corrispondenza del quale $a(t)$ raggiunge un massimo, in altre parole l'espansione è massima a $t = t_{MAX}$:

$$a(t)_{MAX} = a_0 \left(\frac{\Omega_0}{\Omega_0 - 1} \right)^{1/1+3w} = a_0 \left(\frac{\Omega_0}{\Omega_0 - 1} \right) \text{ per } w = 0. \quad (2.21)$$

Superato t_{MAX} la derivata del fattore di scala $\dot{a}(t)$ passa dall'essere positiva all'essere negativa, il che si traduce in una contrazione dell'Universo (simmetrica perchè $|\dot{a}(t)|$ rimane lo stesso). La sua sorte finale lo riporta ad uno stato affine a quello iniziale di Big Bang, il Big Crunch. Considerando che l'evoluzione è simmetrica rispetto a t_{MAX} , il Big Crunch avverrà a $t = 2t_{MAX}$.

2.2 Lo Stato Stazionario

Quello dello Stato Stazionario è un modello che fu proposto nel secondo Dopo Guerra da Hermann Bondi e Thomas Gold (1948) e, indipendentemente, Fred Hoyle. Il concetto alla base di questo modello è il cosiddetto *Principio Cosmologico Perfetto*, la cui differenza rispetto al *Principio Cosmologico Imperfetto* sta nell'isotropia temporale, ovvero non esiste un tempo t privilegiato come invece è il Big Bang per i modelli standard. Per far sì che il tasso di formazione stellare si mantenga nel tempo, è necessaria la continua creazione di materia barionica ad un tasso di 10^{-43}g/s/cm^3 (Bondi & Gold 1948). In questo scenario H_0 è costante nel tempo (non solo nello spazio), perciò integrando la 2.4 si ottiene

$$a(t) = a_0 \exp H_0 (t - t_0) \quad (2.22)$$

Dal momento che l'Universo deve essere uguale a se stesso ad ogni età (non si può avere una misura assoluta del tempo), la densità di galassie deve essere costante ad ogni redshift, così come la loro età media. Quando fu proposta, questa visione dell'Universo sembrava risolvere alcuni problemi riguardanti la costante di Hubble legati al modello di Friedmann: il valore di H_0 da calcoli dell'epoca era tale (intorno ai 300 km/s/Mpc) che l'età risultava essere minore dell'età delle stelle più vecchie e addirittura comparabile all'età della Terra stimata dai decadimenti radioattivi. Tuttavia negli anni a seguire si accumularono dati che mostravano come le galassie ad alto z apparissero più giovani delle loro controparti a basso z . Questo è in completo accordo con il modello standard secondo il quale le osservazioni ad alto z ci forniscono uno sguardo sulle galassie quando queste erano effettivamente giovani, in contrasto col modello di Stato Stazionario. Ancor prima che l'evoluzione delle proprietà delle galassie col redshift fosse confermata senza riserve, molti abbandonarono il modello di Hoyle; l'evento decisivo fu probabilmente la scoperta della CMB e la difficoltà della sua interpretazione nel contesto dello stato stazionario. Se infatti supponiamo che la continua produzione di barioni porti all'emissione di nuova radiazione e che questa sia assorbita e riemessa dai grani di polvere alla temperatura osservata della CMB, si avrebbe un Universo talmente opaco da non consentire l'osservazione di radio galassie a redshift maggiori di 2, fatto che invece è avvenuto. Fino agli anni '60 Hoyle e il suo studente di dottorato Jayant Narlikar difesero il modello statico dell'Universo ma oggi è stato del tutto abbandonato. È doveroso però far notare come l'espansione esponenziale proposta da Hoyle e colleghi sia del tutto analoga alla fase inflazionaria nel modello standard, con la differenza che in quest'ultimo caso l'espansione è causata dall'energia del vuoto e non dalla produzione di barioni. Da un punto di vista più quantitativo, il modello dello Stato Stazionario prevede un Universo piatto ($k = 0$, $\Omega_0 = 1$) e parametro di decelerazione $q_0 = -1$ (Weinberg, 1972). Andando a sostituire nella 2.16 e imponendo $\Omega_m + \Omega_\Lambda = 1$ si trova $\Omega_\Lambda = 1$. L'Universo stazionario ha perciò le caratteristiche di un Universo di Friedmann piatto dominato dalla costante cosmologica.

Mostriamo in Figura 2.1 una rappresentazione schematica dei tre possibili tipi di geometrie del cosmo, e la relativa mappa delle fluttuazioni della CMB.

2.3 Cosmologia di consenso: WMAP

La missione denominata *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* venne lanciata nel 2001 con lo scopo di tracciare la mappa delle fluttuazioni della radiazione cosmica di fondo (CMB) ad una risoluzione, sensibilità e accuratezza molto maggiori di quanto avesse potuto fare COBE (*Cosmic Background Probe*) negli anni '90 (Figura 2.2). I dati raccolti da WMAP costituiscono

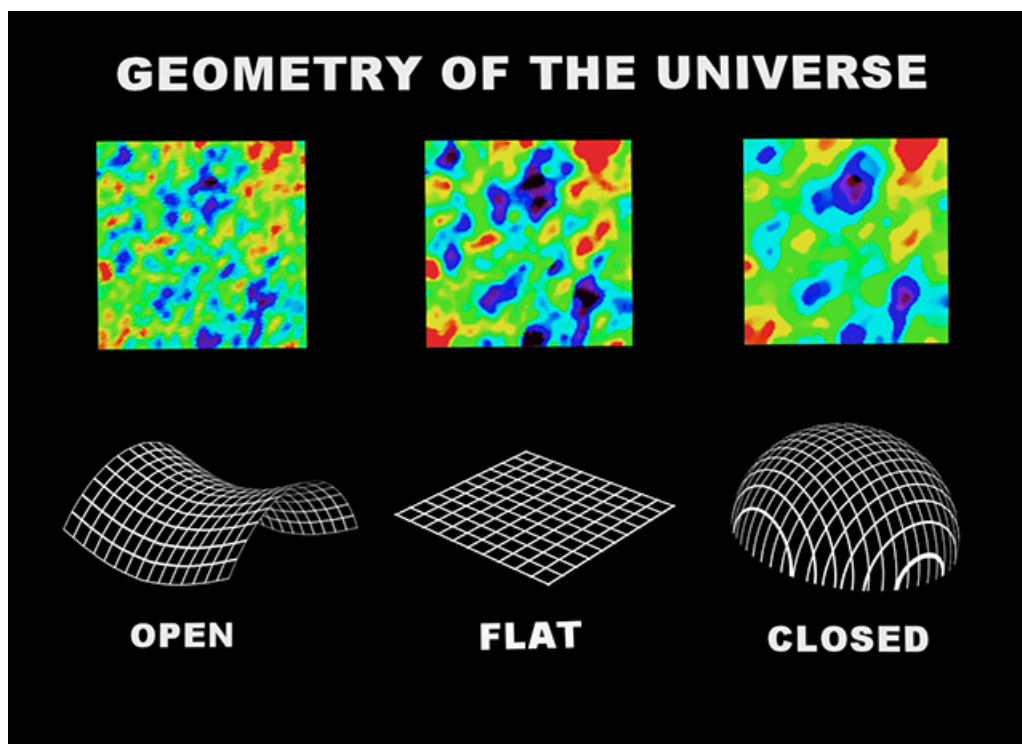


Figura 2.1: Geometrie dell'Universo e relative mappe delle fluttuazioni della CMB. Credit: NASA / WMAP Science Team.

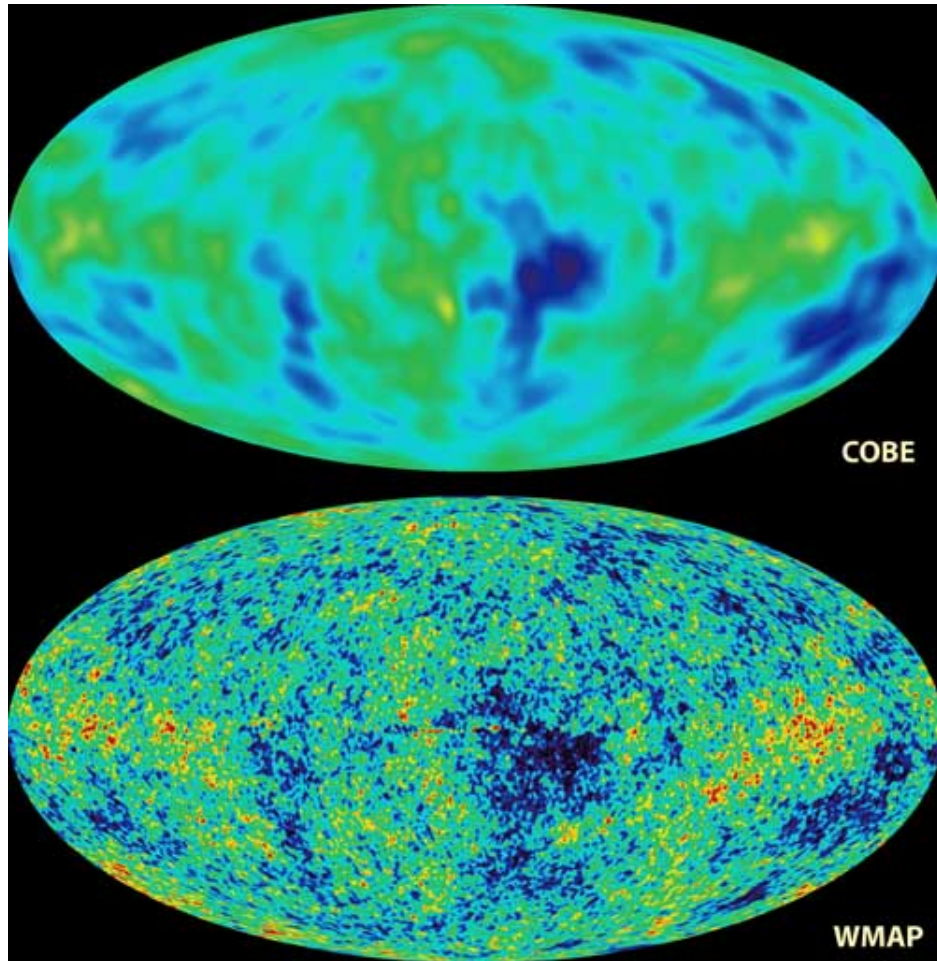


Figura 2.2: Mappa della CMB ottenuta dal satellite COBE (in alto) a confronto con quella ottenuta con WMAP (in basso). Credit: NASA / WMAP Science Team.

il terreno sul quale testare l’attendibilità del modello cosmologico standard Λ CDM: un modello a sei parametri liberi di Universo piatto, dominato dalla costante cosmologica Λ e dalla materia oscura fredda (*Cold Dark Matter*, CDM). In questo contesto siamo interessati unicamente ai parametri che permettano di stabilire il contenuto dell’Universo (quindi la sua geometria) e i tempi scala. Dall’analisi dati del nono anno (Hinshaw et al. 2013) quindi citiamo solo i risultati relativi ai parametri di densità, Ω_Λ e Ω_m , e alla costante di Hubble H_0 :

- $\Omega_\Lambda = 0.721 \pm 0.025$,
- $\Omega_m = 0.279 \pm 0.025$,
- $H_0 = 70.0 \pm 2.2 \text{ km/s/Mpc}$.

Nei capitoli successivi utilizzeremo come parametri rappresentativi di questo modello la terna $(\Omega_\Lambda, \Omega_m, H_0) = (0.72, 0.28, 70)$.

2.4 Cosmografia

Quando si adotta un modello cosmologico implicitamente si adottano tutti i parametri che ne definiscono la “misura”, ovvero la scala delle distanze e dei tempi. In questa sezione verranno definite tali quantità, necessarie allo sviluppo dei capitoli successivi, seguendo il lavoro di Hogg (2002).

2.4.1 Distanza comovente

La distanza tra due oggetti che si muovono seguendo il flusso di Hubble è chiamata distanza comovente. Se misurata lungo la linea di vista essa è definita come

$$D_c(z) = D_H \int_{z_0}^z \frac{d\tilde{z}}{E(\tilde{z})}, \quad (2.23)$$

dove

$$E(z) = \sqrt{(\Omega_m(1+z)^3 + \Omega_k(1+z)^2 + \Omega_\Lambda)} \quad (2.24)$$

e D_H è la distanza di Hubble: $D_H = c/H_0$. Il parametro di densità Ω_k dà una stima della curvatura dell’Universo, cioè è l’elemento che ne definisce la geometria. Esso è dato da

$$\Omega_k = 1 - \Omega_m - \Omega_\Lambda, \quad (2.25)$$

perciò si ha $\Omega_k = 0$ se l’Universo è piatto, $\Omega_k > 0$ se è aperto e $\Omega_k < 0$ se è chiuso. Se siamo interessati alla distanza tra due oggetti allo stesso redshift separati ad esempio da un angolo θ , misureremo la distanza comovente

trasversale, la quale è legata a D_c in questo modo

$$D_M(z) = \begin{cases} D_H \frac{1}{\sqrt{\Omega_k}} \sinh \left(\sqrt{\Omega_k} \frac{D_C(z)}{D_H} \right) & \text{per } \Omega_k > 0 \\ D_C(z) & \text{per } \Omega_k = 0 \\ D_H \frac{1}{\sqrt{\Omega_k}} \sin \left(\sqrt{\Omega_k} \frac{D_C(z)}{D_H} \right) & \text{per } \Omega_k < 0 \end{cases} \quad (2.26)$$

Il flusso di radiazione che ci arriva da un oggetto non è altro che la luminosità di quell'oggetto diviso l'area della sfera che ha come raggio la distanza oggetto-osservatore. Tale raggio non è altro che la distanza di luminosità; essa è esprimibile in termini di D_M come

$$D_L = (1+z) D_M \quad (2.27)$$

2.4.2 Volume comovente

Il volume che racchiude una densità numerica costante di oggetti che seguono il flusso di Hubble è detto volume comovente. L'elemento infinitesimo di volume in un angolo solido $d\Omega$ e in un intervallo di redshift dz è

$$dV_C = \frac{D_H D_M^2}{E(z)} d\Omega dz. \quad (2.28)$$

Integrando su tutto il cielo, il volume da redshift 0 a redshift z è uguale a

$$V_C(z) = \begin{cases} \left(\frac{4\pi D_H^3}{2\Omega_k} \right) \left[\frac{D_M}{D_H} \sqrt{1 + \Omega_k \frac{D_M^2}{D_H^2}} - \frac{1}{\sqrt{|\Omega_k|}} \operatorname{arsinh} \left(\sqrt{|\Omega_k|} \right) \frac{D_M}{D_H} \right] & \text{per } \Omega_k > 0 \\ \frac{4\pi}{3} D_M^3 & \text{per } \Omega_k = 0 \\ \left(\frac{4\pi D_H^3}{2\Omega_k} \right) \left[\frac{D_M}{D_H} \sqrt{1 + \Omega_k \frac{D_M^2}{D_H^2}} - \frac{1}{\sqrt{|\Omega_k|}} \operatorname{arcsin} \left(\sqrt{|\Omega_k|} \right) \frac{D_M}{D_H} \right] & \text{per } \Omega_k < 0 \end{cases} \quad (2.29)$$

2.4.3 Tempo di *lookback*

Viene definito tempo di *lookback* la differenza tra l'età dell'Universo oggi, cioè a $z = 0$ e la sua età a redshift z :

$$t_L = t_H \int_{z_0}^z \frac{dz'}{(1+z')E(z')}, \quad (2.30)$$

con $t_H = 1/H_0$ (tempo di Hubble). Dipendendo, come $D_c(z)$ (Equazione 2.23), da $E(z)$ la definizione della scala dei tempi cambia sensibilmente col modello cosmologico scelto. Se si volesse invece conoscere l'età dell'Universo oggi l'integrale dovrebbe essere calcolato tra 0 e ∞ . A titolo di esempio, in Figura 2.3 mostriamo proprio l'età dell'Universo in funzione di

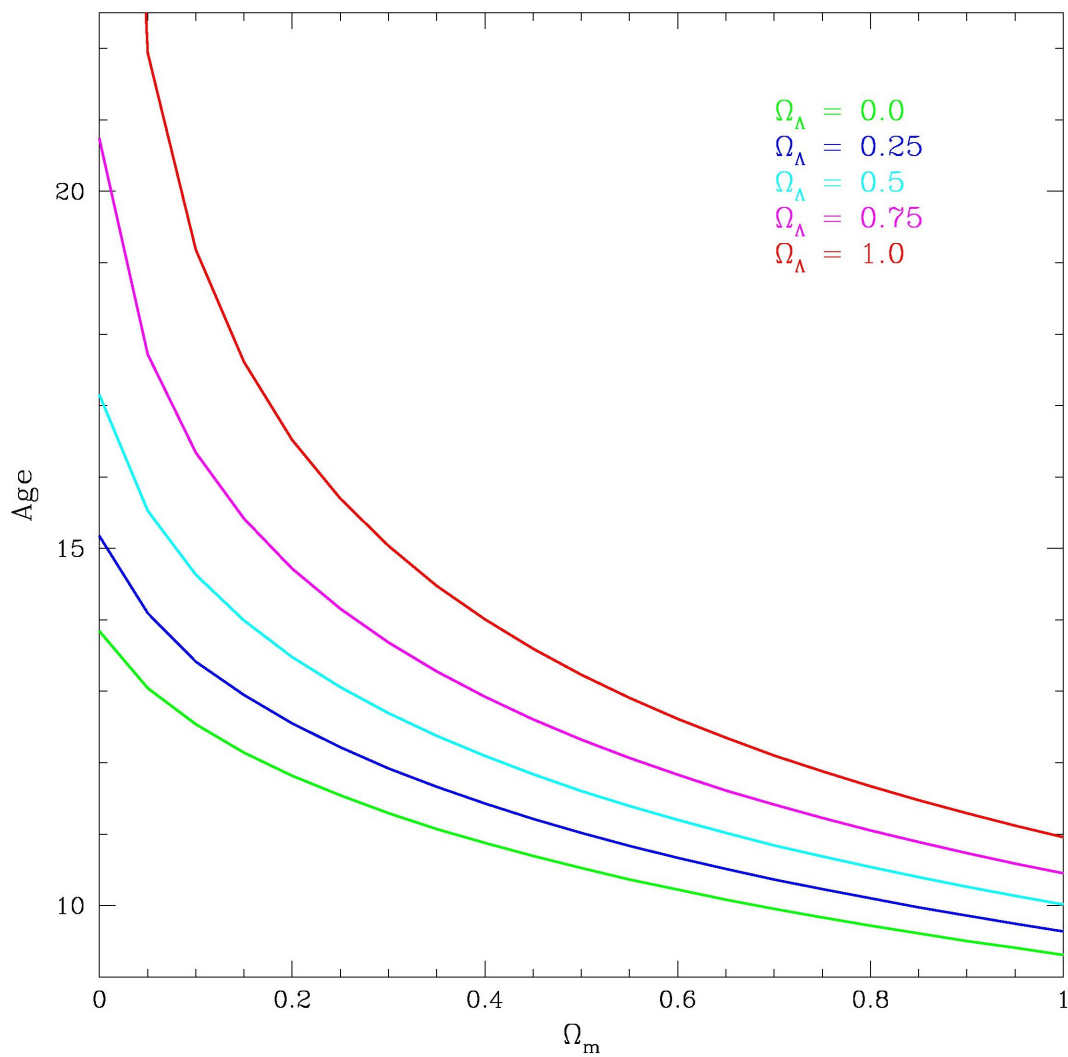


Figura 2.3: Età assoluta dell'Universo al variare di Ω_m per quattro diversi valori di Ω_Λ , 0.0 (curva verde), 0.25 (curva blu), 0.5 (curva azzurra), 0.75 (curva viola) e 1.0 (curva gialla).

Ω_m e Ω_Λ . I punti sono stati ottenuti con l'utilizzo del calcolatore di Ned Wright (<http://www.astro.ucla.edu/wright/CosmoCalc.html>). Si può notare che più la costante cosmologica pesa nel budget della densità totale più l'Universo risulta vecchio; a parità di Ω_Λ invece più la densità di materia è alta più l'Universo risulta giovane. Notiamo che per i valori limite $\Omega_m = 0$ e $\Omega_\Lambda = 1$, che corrispondono al set di parametri indistinguibili del modello di Stato Stazionario, l'età dell'Universo diverge a $+\infty$. Se normalizziamo ogni curva a $\Omega_m = 0$ otteniamo l'andamento mostrato in Figura 2.4. In questo grafico osserviamo come l'età cambi drasticamente al variare di Ω_m più Ω_Λ è elevato.

2.5 Scelta dei modelli cosmologici

Da qui in poi ci concentreremo su soli cinque modelli cosmologici e studieremo come essi influiscano sulle proprietà delle galassie. Essi sono i seguenti:

1. Universo di Einstein-de Sitter (EdS): $\Omega_m = 1$, $\Omega_\Lambda = 0$;
2. modello di Friedmann di Universo chiuso: $\Omega_m = 1.28$, $\Omega_\Lambda = 0$;
3. modello di Friedmann di Universo aperto: $\Omega_m = 0.05$, $\Omega_\Lambda = 0$;
4. modello WMAP: $\Omega_m = 0.28$, $\Omega_\Lambda = 0.72$;
5. modello dello Stato Stazionario $\Omega_m = 0$, $\Omega_\Lambda = 1$;

per ogni modello è stata scelta un valore della costante di Hubble H_0 pari a 70 km/s/Mpc . Cerchiamo ora di capire quali siano effettivamente le differenze tra un modello e l'altro iniziando col mostrare la variazione del volume comovente infinitesimo prendendo come redshift di riferimento al quale calcolare il volume di normalizzazione è stato scelto $z_0 = 0.01$ (e perciò $\Delta V(0.01)$). In Figura 2.5 è mostrato l'andamento di $\Delta V(z)/\Delta V(z_0)$ fino a redshift $z = 3.5$. L'Universo del tipo Stato Stazionario è quello che presenta una maggiore variazione volumetrica a tutti i redshift e la discrepanza aumenta all'aumentare di z . I modelli di Universo piatto e chiuso di Friedmann sono a $z < 1$ quasi confondibili, mentre a z maggiori in un Universo EdS il volume comovente risulta maggiore, pur mantenendosi molto simile all'Universo sovradenso. I volumi calcolati col modello WMAP crescono in modo analogo a quanto accade in un Universo EdS in quanto si tratta in entrambi i casi di una geometria piatta, ma la presenza di una costante cosmologica non nulla ($\Omega_\Lambda \neq 0$) fa sì che, a parità di redshift, si abbia un aumento maggiore del volume nel primo caso. Il rate di crescita del volume ha una pendenza sempre positiva in un Universo aperto (sottodenso), a differenza di quanto accade negli altri casi: in un Universo chiuso esiste un

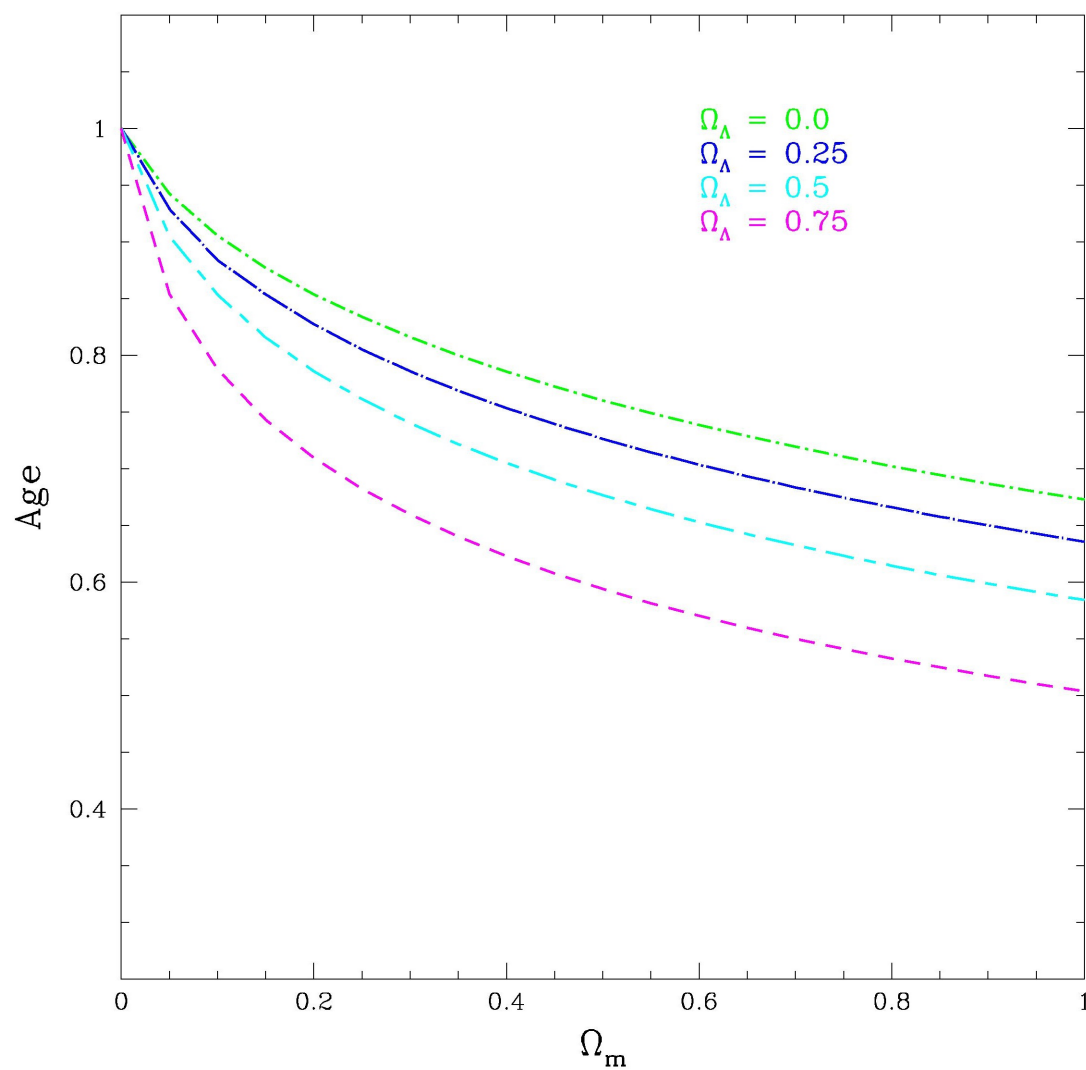


Figura 2.4: Età normalizzata dell'Universo al variare di Ω_m per quattro diversi valori di Ω_Λ , 0.0 (curva verde), 0.25 (curva blu), 0.5 (curva azzurra), 0.75 (curva viola).

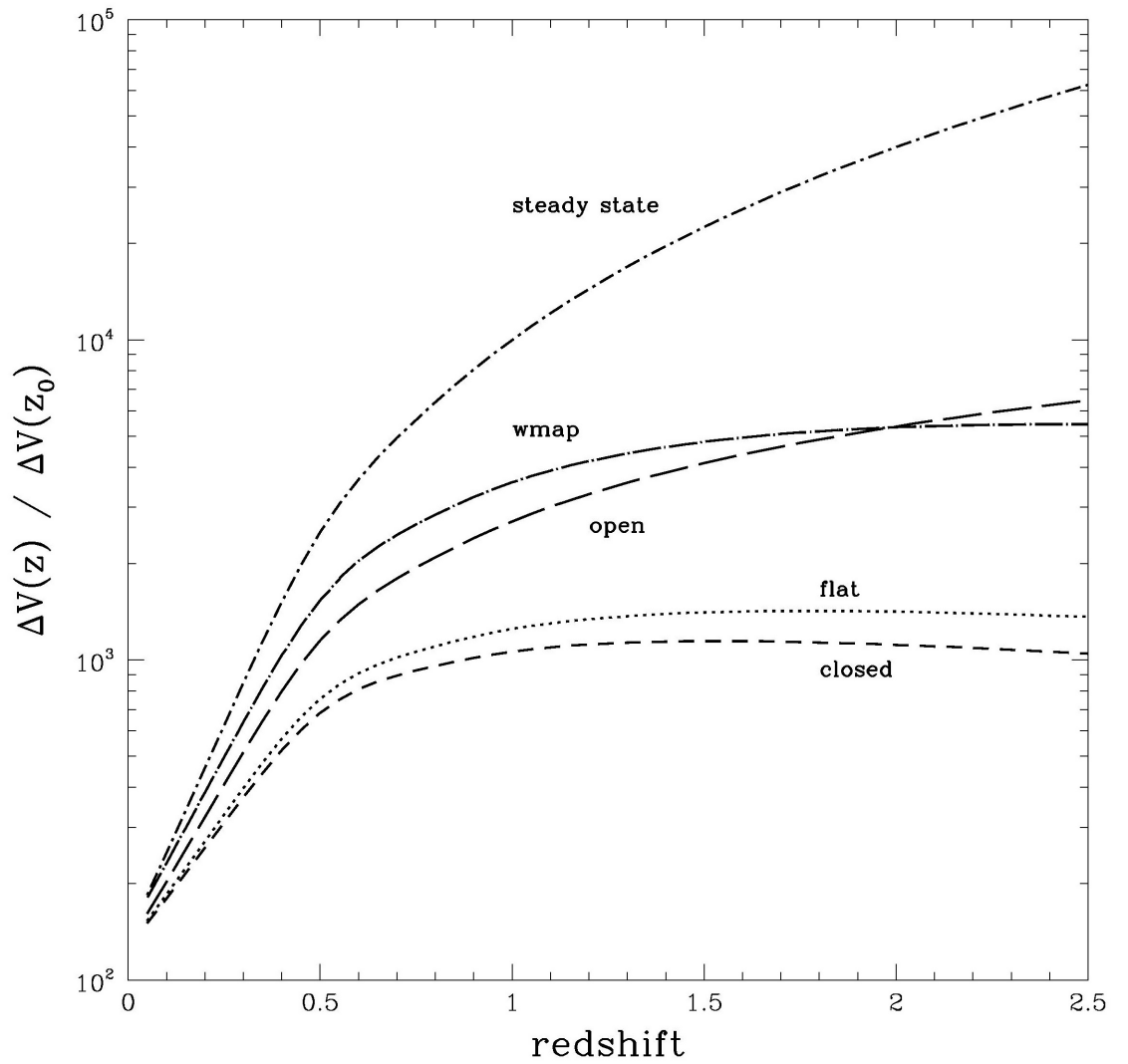


Figura 2.5: Variazione del volume comoviente normalizzato a $\Delta V(z_0 = 0.01)$ per diversi modelli cosmologici.

tempo t_{MAX} durante il quale viene raggiunta l'espansione massima e successivamente la pendenza della curva cambia; nei modelli a geometria piatta invece si raggiunge una sorta di plateau che indica una crescita costante. Rappresentiamo infine la relazione tempo-redshift. L'età dell'Universo in quattro dei cinque casi è stato ottenuto dal calcolatore di Ned Wright:

- Universo di Friedmann piatto \rightarrow 9.31 Gyr,
- Universo di Friedmann chiuso \rightarrow 8.84 Gyr,
- Universo di Friedmann aperto \rightarrow 13.04 Gyr,
- Universo WMAP \rightarrow 13.72 Gyr,

e ad ognuna di esse è stato assegnato il valore di redshift $z = 0$; nel caso dell'Universo di tipo Stato Stazionario, che rappresenta un Universo "eterno", si è scelto 14 Gyr, ovvero $1/H_0$, come età corrispondente a $z = 0$. Integrando numericamente la 2.30 per 40 valori di z da $z = 0$ a $z = 10$ ($\Delta z = 0.25$) e sottraendo il risultato alle età, è stata costruita una prima curva. In seguito, attraverso il comando *spline* di SuperMongo è stato possibile ottenere punti distanziati di $\Delta z = 0.01$. La relazione è rappresentata in Figura 2.6. È interessante notare che da $z = 0$ a circa $z = 1.5$ la relazione redshift-età per il modello di consenso WMAP e per lo Stato stazionario siano pressochè indistinguibili. La scelta di un limite massimo di età pari a 14 Gyr per lo Stato Stazionario, e di conseguenza il fatto che non ci si possa spingere oltre $z = 1.7$ (Figura 2.6), non significa che le galassie nascano a $z = 1.7$, perché per definizione stessa del modello nell'Universo odierno si trovano oggetti di tutte le età. Detto ciò, era necessario stabilire una scala temporale per permettere i calcoli dei capitoli successivi.

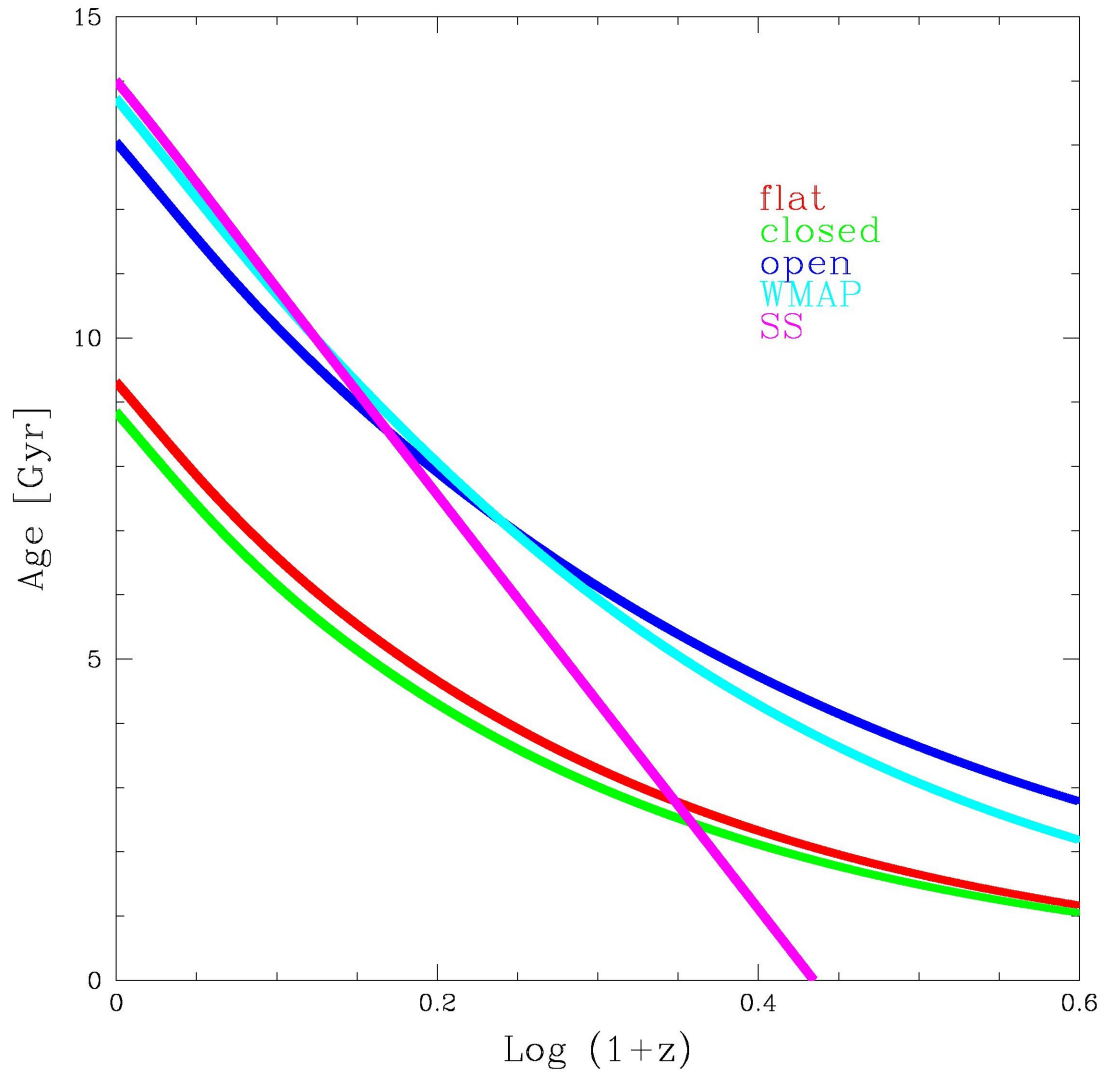


Figura 2.6: Relazione età dell'Universo - redshift per i cinque modelli cosmologici considerati.

Capitolo 3

Il problema della formazione stellare cosmica

Il rate di formazione stellare (SFR) indica la quantità di gas che viene trasformata in stelle ed è misurata in M_{\odot}/yr . Uno degli indicatori più diretti della SFR in una galassia è la luminosità UV della sua popolazione stellare, la quale è dominata dal contributo delle stelle giovani più massive ed è perciò legata alla storia di formazione recente della galassia. In generale, la luminosità totale di una popolazione stellare L_{SSP} è la somma della luminosità delle stelle in MS e di quella delle stelle in post-MS, $L_{SSP} = L_{MS} + L_{PMS}$; se ciò che vogliamo conoscere è la luminosità UV, questa sarà data dal solo contributo delle stelle in MS (per una popolazione giovane), si avrà quindi $L_{SSP} = L_{MS}$. Utilizzando le relazioni che legano la massa di turn-off (M_{TO}) all'età della SSP (Buzzoni 2002), è possibile ricavare la dipendenza di L_{SSP} dal tempo. Troviamo che essa è rappresentata da una legge di potenza con indice α (Buzzoni 2002): $L_{SSP} \propto t^{-\alpha}$. Il valore assunto da α dipende dalla lunghezza d'onda di osservazione λ ; per ora basti sapere che diminuisce all'aumentare di λ . Come influisce tutto ciò nella stima della luminosità UV di una galassia? Consideriamo un sistema con formazione stellare in atto e SFR costante. La luminosità totale UV sarà data da

$$L_{gal} \propto \int_{t_{min}}^T L_{SSP}(\tau) SFR(t - \tau) d\tau \propto SFR \int_{t_{min}}^T L_{SSP}(\tau), \quad (3.1)$$

dove T è l'età del sistema e t_{min} è l'età delle stelle più massive previste dalla IMF. Ricordando la dipendenza di L_{SSP} dal tempo, possiamo scrivere $L_{gal} \propto SFR [T^{1-\alpha} - t_{min}^{1-\alpha}]$. Notiamo come la luminosità “cambi” la sua proporzionalità rispetto al tempo al variare di α : per λ nel range dell'ottico e del IR $|\alpha| < 1$ quindi l'integrale è dominato dal termine $T^{1-\alpha}$; viceversa, se λ cade nel UV domina il termine $t_{min}^{1-\alpha}$, quello corrispondente alle stelle massive giovani. L'equazione 3.1 mostra allora che la luminosità UV di una galassia dipende effettivamente solo dalla SFR. Infatti l'emissione UV

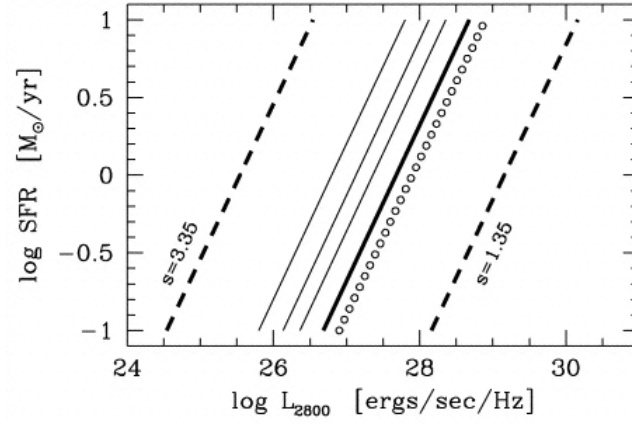


Figura 3.1: Calibrazione teorica SFR- L_{UV} a 2800\AA di Buzzoni (Buzzoni 2002). Le linee continue si riferiscono ad una IMF di Salpeter ($s = 2.35$) con limite di massa superiore di $40, 60, 80$ e $120 M_{\odot}$ da sinistra a destra. Le linee tratteggiate rappresentano altre due IMF con massa limite $120 M_{\odot}$. La linea a pallini mostra la calibrazione di Madau (Madau et al. 1998) per una IMF di Salpeter e un limite superiore di massa stellare di $125 M_{\odot}$.

di una galassia è dominata dal contributo delle stelle più massive e meno longeve, per questo è un tracciante della SFR istantanea (Madau et al. 1998). A questo punto ci chiediamo: una volta che conosco L_{UV} , qual è la SFR corrispondente? Esiste una proporzionalità diretta tra le due, nella forma

$$L_{UV}[\text{ergs s}^{-1} \text{Hz}^{-1}] = \text{cost} \cdot \text{SFR}[M_{\odot} \text{yr}^{-1}]. \quad (3.2)$$

Il valore della costante dipende sia da λ sia dalla IMF. Madau et al. (1998) trovano per una IMF di Salpeter $\text{cost} = (8 \times 10^{27}, 7.9 \times 10^{27})$ con $\lambda = (1500 \text{\AA}, 2800 \text{\AA})$; per una IMF di Scalo $\text{cost} = (3.5 \times 10^{27}, 5.1 \times 10^{27})$ con $\lambda = (1500 \text{\AA}, 2800 \text{\AA})$. Buzzoni (2002) studia la calibrazione della SFR rispetto alla luminosità a 2800\AA (Figura 3.1) trovando un buon accordo con i risultati di Madau et al. (1998), infatti i valori della sua costante (per una IMF di Salpeter) sono $\text{cost} = 8.32 \times 10^{27}$ a 1600\AA , $\text{cost} = 7.24 \times 10^{27}$ a 2000\AA , $\text{cost} = 4.78 \times 10^{27}$ a 2800\AA . In Figura 3.1 le linee continue rappresentano la proporzionalità per una IMF di Salpeter con limite di massa superiore di $40, 60, 80$ e $120 M_{\odot}$ da sinistra verso destra; la calibrazione di Madau et al. (2008) per la stessa IMF e massa superiore pari a $125 M_{\odot}$ è rappresentata dalla linea a cerchi. Notiamo poi che, a parità di SFR, una IMF *bottom-heavy* ha una luminosità UV minore rispetto ad una IMF *top-heavy*.

3.1 Il diagramma di Madau

Il grafico di Madau (Madau plot o Lilly-Madau plot, Madau 1996, Madau et al. 1998) rappresenta l'evoluzione della SFR col tempo (SFH), che viene indicato attraverso il redshift z . Questo autore è stato forse colui che, alla fine degli anni '90, prendendo spunto dagli avanzati dati di HST, ha fornito la visione più chiara riguardante questo importante tema (Madau 1996, Madau 1998, Madau et al. 1998). Per essere precisi, ciò che viene studiato è la densità di formazione stellare, ovvero la SFR per unità di volume. Di conseguenza, non si parlerà più di luminosità UV quanto di densità di luminosità ρ_ν (ν frequenza di osservazione). Se consideriamo un sistema con una SFR arbitraria, la densità di luminosità ρ_ν è data dalla convoluzione della luminosità $L_{\nu u}$ con la SFR:

$$\rho_\nu(t) = \int_0^t L_\nu(\tau) SFR(t - \tau) d\tau. \quad (3.3)$$

La Figura 3.2 mostra il grafico originale di Madau riguardante proprio la densità di luminosità ρ_ν , per $\lambda = (1500\text{\AA}, 2800\text{\AA})$ e un intervallo di redshift $0 < z \leq 4$; i dati che compongono il diagramma originale erano una collezione delle survey più profonde disponibili al momento. Raccogliamo quindi i dati di Lilly et al. (1996) ottenuti dalla *Canada-France Redshift Survey* nell'intervallo $0 < z < 1$ e $\lambda = 2800\text{\AA}$, Connolly et al. (1997) dalle osservazioni di HDF nell'intervallo $0.5 < z < 2$ e $\lambda = 2800\text{\AA}$, Madau et al. (1996) e Madau (1997) ancora da dati HDF ma nei range di redshift $2 < z < 3.5$ e $3.5 < z < 4.5$ rispettivamente (Tabella 3.1). Il modello cosmologico utilizzato in questi lavori è quello di un'Universo di Friedmann piatto con $\Omega_m = 1$ e $H_0 = 50 \text{ km/s/Mpc}$.

Osservando l'andamento di ρ_ν notiamo come essa cresca monotonicamente da redshift 0 a redshift ≈ 1.5 e poi decada in maniera meno ripida a redshift maggiori. Dato che la SFR risulta dalla semplice moltiplicazione di ρ_ν per un fattore, il suo andamento è pressochè identico a quanto appena descritto. Ciò significa che, almeno secondo queste osservazioni, la maggior parte della massa delle galassie è stata assemblata a redshift $1 < z < 2$. Le incertezze maggiori si hanno ad alti redshift ($z > 2$), dove più che mai bisogna tenere in considerazione due fattori: (i) l'eventuale oscuramento da parte della polvere, (ii) la possibile presenza di galassie quiescenti, difficili da osservare nell'UV. Il secondo punto in particolare merita dei chiarimenti in quanto il suo verificarsi, o meno, dipende dai modelli di formazione delle strutture. Nell'ambito del modello gerarchico le galassie più massive, tipicamente ellittiche, si formano a redshift bassi a causa di fenomeni di merging; seguendo invece l'ipotesi del collasso monolitico, esse si formerebbero ad alti redshift e in un intervallo di tempo molto limitato. La SFR riferita alla Figura 3.2 produce solo il 20% della massa stellare odierna a redshift $z > 1$, in accordo col modello gerarchico (Madau et al. 1998).

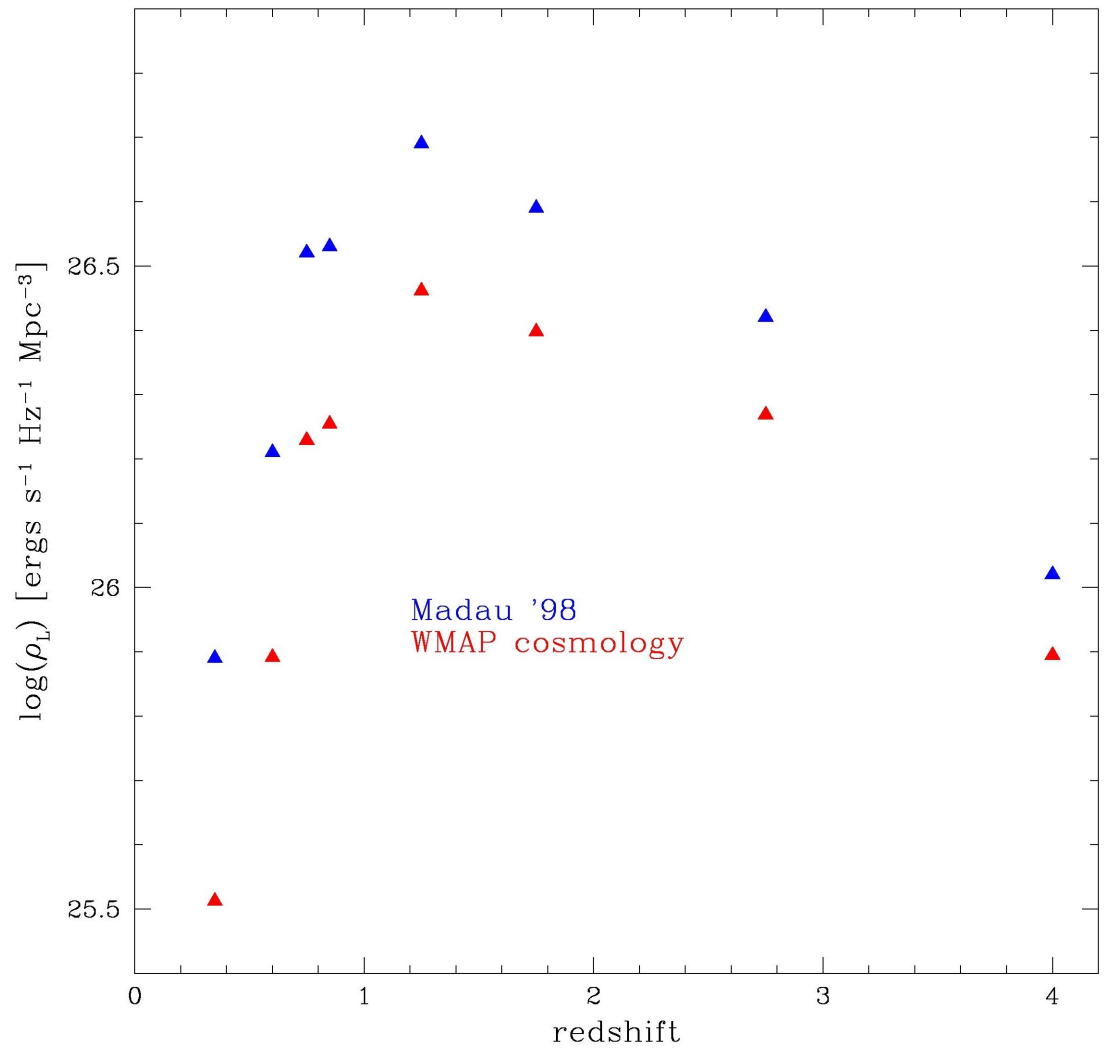


Figura 3.2: Grafico di Madau con valori dalla Tabella 3.1 in rosso. I triangoli blu si riferiscono alla cosmologia di consenso WMAP. Si è utilizzata una IMF di Salpeter e un'estinzione da parte della polvere $E(B - V) = 0.1$.

Redshift	1500Å	2800Å
Lilly et al. (1996)		
0.20 – –0.50	...	25.89 ± 0.07
0.50 – –0.75	...	26.21 ± 0.08
0.75 – –1.00	...	26.53 ± 0.15
Connolly et al. (1997)		
0.50 – –1.00	...	26.52 ± 0.15
1.00 – –1.50	...	26.69 ± 0.15
1.50 – –2.00	...	26.59 ± 0.15
Madau et al. (1996) and Madau (1997)		
2.00 – –3.50	26.42 ± 0.15	...
3.50 – –4.50	26.02 ± 0.20	...

Tabella 3.1: Valori della densità di luminosità ρ_ν in scala logaritmica per un Universo con $H_0 = 50 \text{ km/s/Mpc}$, $\Omega_m = 1$ e $\Omega_\lambda = 0$.

Come già detto nei capitoli precedenti, la nostra conoscenza della struttura geometrica dell’Universo è tutt’altro che completa e nuove osservazioni potrebbero portarci a correggere (o addirittura mutare completamente) la visione di consenso; per questo motivo vogliamo essere in grado di descrivere adeguatamente grandezze importanti come la SFR in modelli diversi da quello di consenso. Il passaggio da un modello cosmologico ad un altro richiede il calcolo di un fattore di conversione che tenga conto del cambiamento della scala delle distanze e del volume rispetto al redshift (Hogg 2002):

$$f = \left(\frac{D_L^2}{\tilde{D}_L^2} \right) \left(\frac{d\tilde{V}_c/dz}{dV_c/dz} \right) \quad (3.4)$$

dove \tilde{D}_L e $d\tilde{V}_c/dz$ sono rispettivamente la distanza di luminosità e la variazione del volume comovente col redshift del modello cosmologico di partenza, mentre le quantità senza tilde appartengono al modello a cui si sta passando.

3.2 Formazione stellare cosmica

La formazione stellare cosmica (CSFR) indica la SFR che interessa un volume di Universo comovente pari a 1 Mpc^3 . Anche se negli ultimi decenni il suo studio è stato approfondito grazie alle sempre più alte prestazioni degli strumenti di osservazione, l’evoluzione della CSFR con il redshift è ancora tema di dibattito, specialmente ad alti z . Giavalisco et al. (2004, che d’ora in avanti indicheremo con G04) hanno misurato la densità di luminosità UV di galassie *star forming* selezionate dalle immagini multibanda della survey GOODS nel range $3.5 < z < 6.5$ e, servendosi dei dati di Steidel et al. (1999), ottenuti da osservazioni da telescopi terrestri (e.g. Keck

e Palomar) nell'intervallo $3 < z < 4.5$, e di quelli dei già citati Lilly et al. (1996) e Connolly et al. (1997), hanno studiato la dipendenza della CSFR rispetto al redshift, supponendo un modello di Universo caratterizzato da $H_0 = 70 \text{ km/s/Mpc}$, $\Omega_m = 0.3$, $\Omega_\Lambda = 0.7$. Scannapieco & Bildsten (2004) hanno poi proposto come fit dei dati osservati la seguente funzione:

$$\log(\dot{\rho}_*) = -2.2 + 3.9 \log(1 + z) - 3.0 [\log(1 + z)]^2. \quad (3.5)$$

Un fit diverso è invece proposto da Hopkins et al. (2006, d'ora in avanti H06), il quale si serve della formula parametrica di Cole et al. (2001) per il fit di dati ottenuti da osservazioni dei telescopi *Spitzer* (FIR, Pérez-Gonzalez et al. 2005, Le Floc'h et al. 2005) e *GALEX* (UV, Arnouts et al. 2005, Schiminovich 2005), della survey SDSS (UV, Baldry et al. 2005) e del progetto COMBO17 (UV, Wolf et al. 2003) per $z \leq 3$; a redshift maggiori i dati provengono da HDF (Thompson et al. 2006) e GOODS (Giavalisco et al. 2004)¹. La funzione proposta da H06 con i relativi parametri di *best fit* è la seguente:

$$\dot{\rho}_* = (a + bz) h / [1 + (z/c)^d]. \quad \begin{cases} h = 0.7 \\ a = 0.017 \\ b = 0.13 \\ c = 3.3 \\ d = 5.3 \end{cases} \quad (3.6)$$

Le due funzioni sono mostrate in Figura 3.3: la linea continua rappresenta la curva di Giavalisco et al. (2004), quella tratteggiata si riferisce al fit di Hopkins et al. (2006). Dal confronto tra le due si notano subito delle differenze: ad esempio, a redshift pari a zero, l'intercetta di H06 è maggiore, trovano cioè che una maggiore quantità di materiale viene convertito in stelle per unità volumetrica, rispetto a quanto viene osservato in G04; questo trend si mantiene fino a $z \approx 4$ quando la CSFR di H06 cala mentre quella di G04 mantiene un andamento quasi costante. Seppure mostrino delle differenze, l'andamento della CSFR a $z < 2$ è pressochè lo stesso nei due casi, ciò in cui differiscono è piuttosto il comportamento a redshift maggiori. Il fit ottenuto da H06 prevede un picco di formazione stellare, ben visibile, a redshift attorno a $z = 2$, mentre la CSFR di G04 si mantiene quasi costante agli alti redshift. Dato che il modello cosmologico è il medesimo, cioè il volume comoviente sul quale viene calcolata la densità è uguale nei due casi, la differenza deve essere ricercata altrove. In primo luogo, essi non utilizzano gli stessi set di dati, in particolare nel regime a bassi redshift; in secondo luogo, l'oscuramento da parte della polvere è trattata in modo diverso. In H06, a $z < 3$ i dati UV vengono corretti con l'uso dei dati FIR di Le Floc'h et

¹Altre misure appartengono ai lavori di Bouwens et al. 2003 e 2006, Ouchi et al. 2004, Bunker et al. 2004.

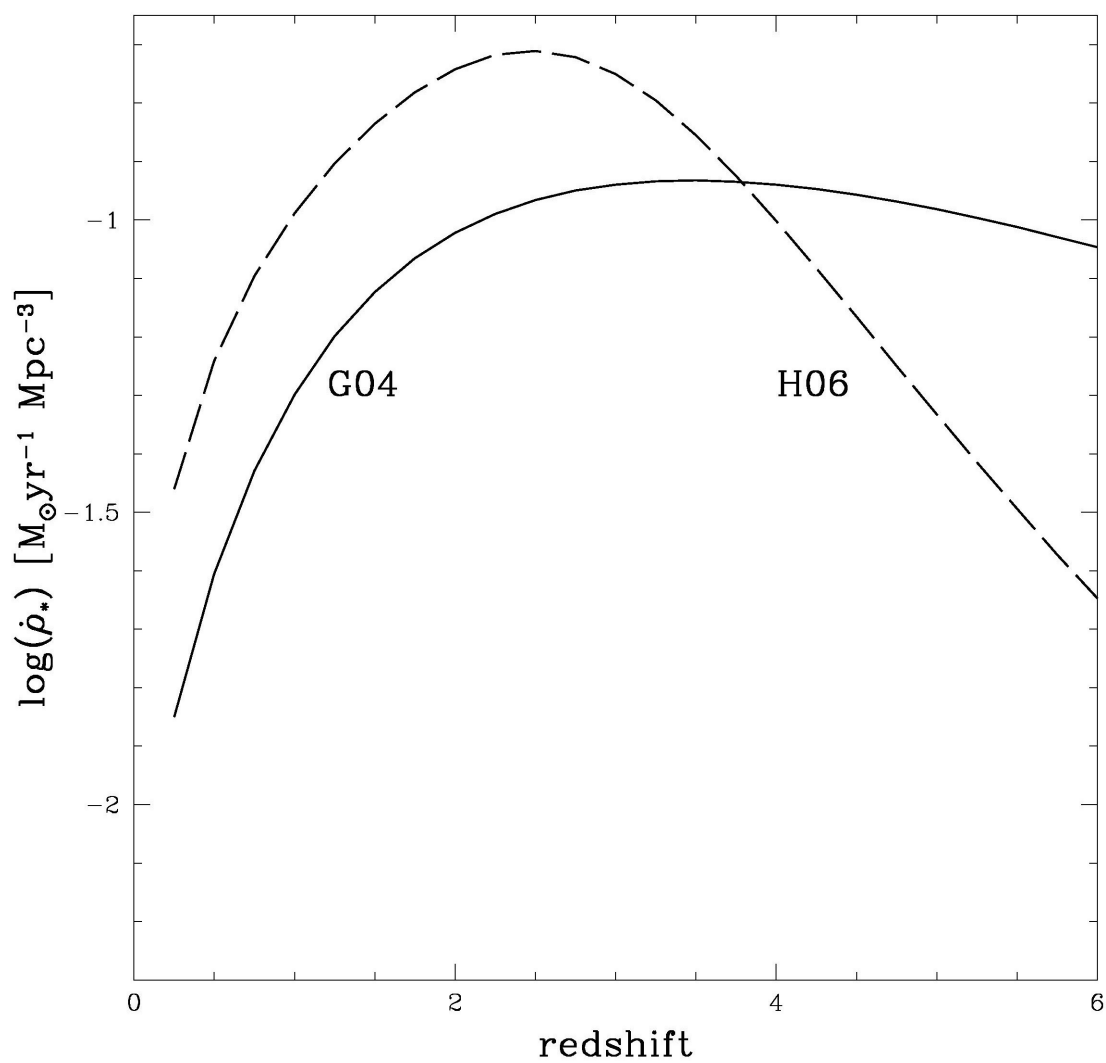


Figura 3.3: Logaritmo della CSFR in funzione del redshift. La linea continua e tratteggiata si riferiscono alla forma analitica di Giavalisco et al. (2004), Equazione 3.5, e a quella di Hopkins et al. (2006), Equazione 3.6, rispettivamente.

al. (2005) (quindi senza un effettivo modello per la polvere), mentre a $z < 3$ è stata adottata una attenuazione costante a 1500 \AA $A_{1500} \approx 1.35$; G04 utilizza la correzione proposta da Adelberger & Steidel (2000) $A_{1600} = 4.43 + 1.99\beta$, dove β è l'indice spettrale UV che varia al variare dell'assorbimento.

A questo punto possiamo dedicarci allo studio della CSFR al variare dello scenario cosmologico. Le Figure 3.4 e 3.5 rappresentano rispettivamente le curve di H06 e di quella di G04 per i cinque seguenti modelli:

- cosmologia WMAP, $\Omega_m = 0.28$, $\Omega_\Lambda = 0.72$ (curva nera);
- Universo di Einstein-de Sitter (EdS) con $\Omega_m = 1$, $\Omega_\Lambda = 0$ (curva rossa);
- modello di Friedmann di Universo chiuso: $\Omega_m = 1.28$, $\Omega_\Lambda = 0$ (curva verde);
- modello di Friedmann di Universo aperto: $\Omega_m = 0.05$, $\Omega_\Lambda = 0$ (curva blu);
- modello dello Stato Stazionario $\Omega_m = 0$, $\Omega_\Lambda = 1$ (curva rosa);

il valore della costante di Hubble è comune a tutti i modelli e vale $H_0 = 70 \text{ km/s/Mpc}$. Le curve riferite alla cosmologia “originale” 737 non sono mostrate perché risultano pressochè coincidenti con quelle ottenute per il modello WMAP.

Cerchiamo ora di capire quali fattori intervengono al momento della conversione. Il passaggio da un modello cosmologico ad un altro utilizza unicamente un variazione nella scala delle distanze (distanza di luminosità D_L) e di conseguenza della scala dei volumi (volume comovente dV_c/dz) (Hogg 2002), come mostrato nell'equazione 3.4. A questo punto possiamo ricorrere alla Figura 2.5 per sapere come scalano i volumi. Non ci sorprendiamo allora di trovare un quadro consistente: laddove il volume cresce più velocemente col redshift, la CSFR risulta minore rispetto ad un modello con volumi a crescita più lenta. Stiamo però trascurando il ruolo della distanza di luminosità? In realtà no, perché quello che è mostrato in Figura 3.4 e in Figura 3.5 è il risultato netto della variazione di distanze e volumi, e ciò che si osserva è che è proprio il volume ad essere l'elemento determinante nella stima del fattore di conversione. In generale esso non apporta sostanziali cambiamenti alla curva originaria tranne nel caso dello Stato Stazionario, nel quale il picco di formazione è più stretto e spostato a redshift minori, come ci si aspetterebbe da un modello di Universo che prevede una formazione gerarchica delle strutture (e.g. il modello standard).

3.3 Densità stellare per volume comovente

Integrando la formazione stellare cosmica sul tempo e sul volume si può giungere in principio alla determinazione della massa totale di stelle prodot-

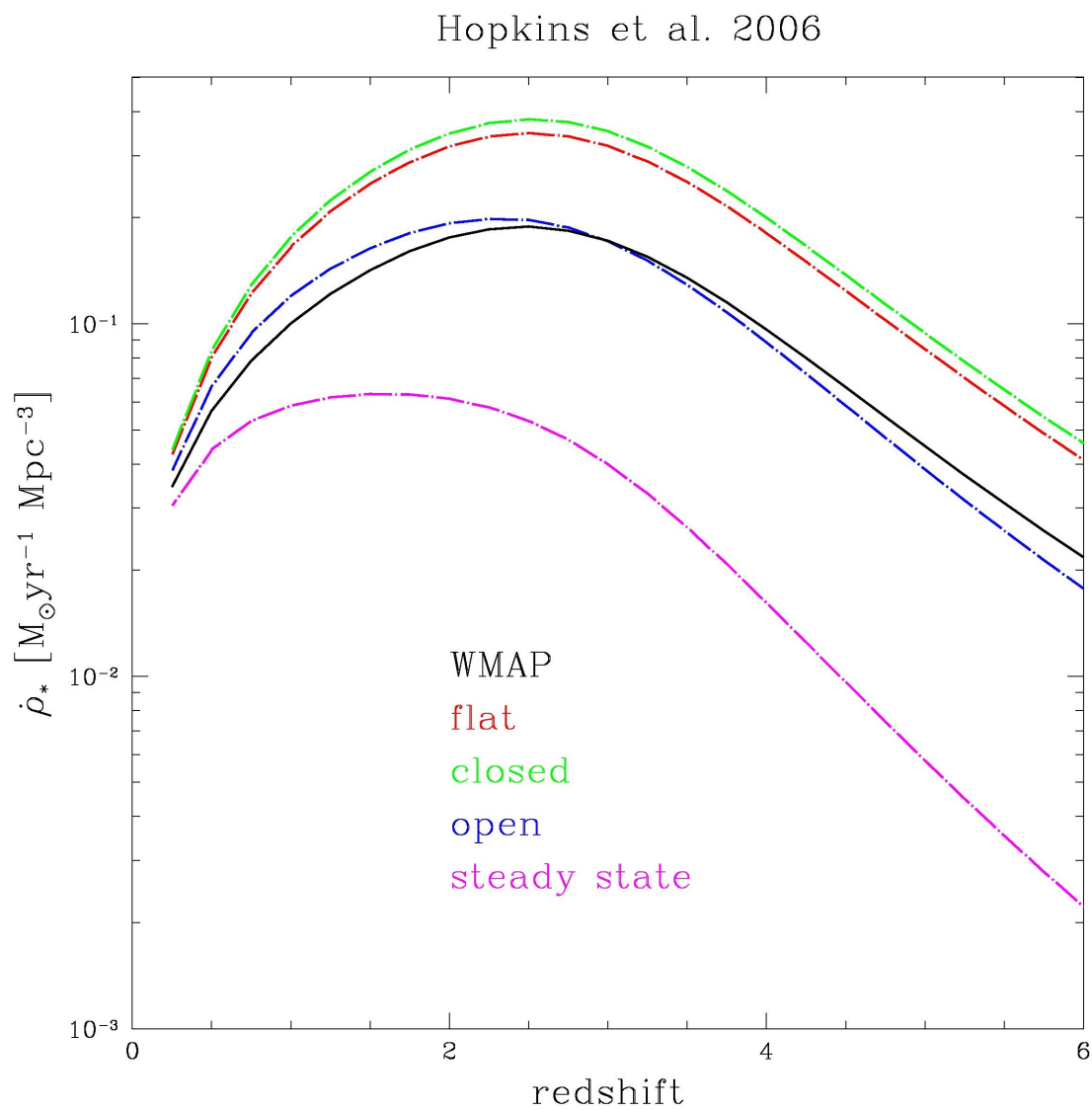


Figura 3.4: Logaritmo della CSFR in funzione del redshift. La linea nera è riferita al modello cosmologico WMAP; partendo dal basso troviamo il modello di Stato Stazionario (rosa), il modello di Universo aperto (blu), il modello EdS (rosso) e il modello di Universo chiuso (verde).

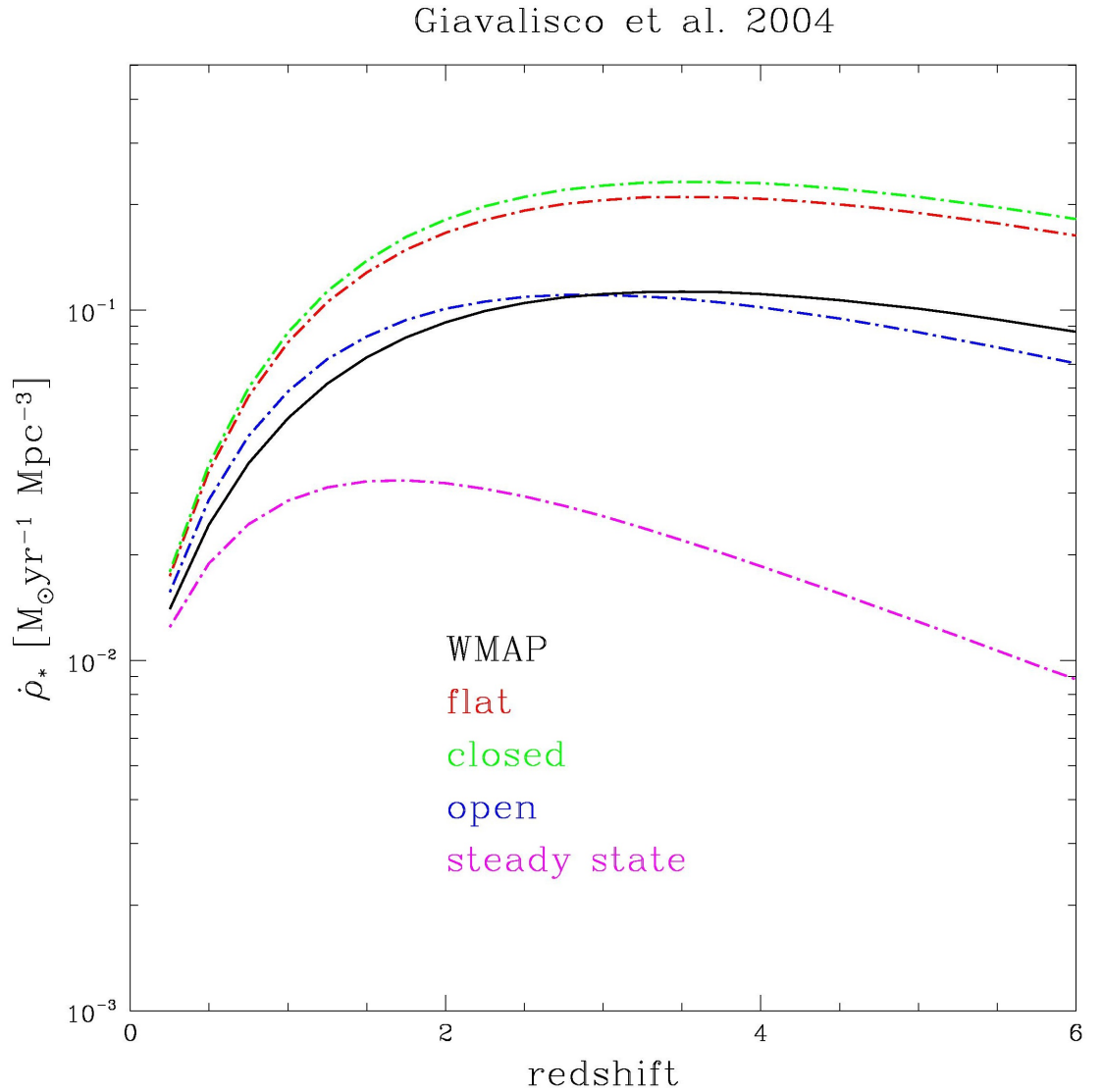


Figura 3.5: Logaritmo della CSFR in funzione del redshift. La linea nera è riferita al modello cosmologico WMAP; partendo dal basso troviamo il modello di Stato Stazionario (rosa), il modello di Universo aperto (blu), il modello EdS (rosso) e il modello di Universo chiuso (verde).

Massa stellare per Mpc ³ a z= 0 in M _⊙					
SFR / Modelli	F. Piatto	F. Chiuso	F. Aperto	WMAP	S. Stazionario
H06	1.05 · 10 ⁹	1.05 · 10 ⁹	1.06 · 10 ⁹	1.06 · 10 ⁹	6.4 · 10 ⁸
G04	6.3 · 10 ⁸	1.13 · 10 ⁹	6.3 · 10 ⁸	6.3 · 10 ⁸	3 · 10 ⁸

Tabella 3.2: Massa stellare per Mpc³ della meta galassia a z= 0, per i cinque modelli di Universo considerati.

ta per volume comovente. Supponiamo ora che le funzioni descritte sopra rappresentino la SFR per unità di volume di una “meta-galassia”, intesa come una sorta di sistema “medio” ottenuto dalla somma di tutti i tipi morfologici; in tal caso se volessimo stabilirne il tasso di formazione stellare dovremmo conoscere il volume occupato da essa. Per semplicità di calcolo consideriamo una galassia che occupi un volume di 1 Mpc³, perciò le funzioni di G04 e H06 ora sono a tutti gli effetti delle SFR(z). Per poter determinare la massa però dovremmo avere una SFR in funzione del tempo piuttosto che del redshift e per ottenerla bisognerebbe conoscere come varia il redshift in funzione del tempo. Nel capitolo precedente avevamo ottenuto le curve della relazione età-redshift rappresentate in Figura 2.6 e ciò ci permette di stabilire un parallelismo tra SFR(z) e SFR(t). L’intervallo scelto per ogni modello è $t_{min} = 3 \text{ Myr} \leq t \leq 15 \text{ Gyr}$ con un passo $\Delta\tau = 3 \text{ Myr}$, senza considerare l’età effettiva dell’Universo oggi ². Il risultato è rappresentato nelle Figure 3.6 e 3.7.

La massa ad un tempo t' definito è pari all’integrale della SFR(t) dall’istante iniziale $t_{min} = 3 \text{ Myr}$ all’istante t' ed è graficamente rappresentato dall’area sottesa alla curva della SFR(t). Per calcolarla si è utilizzato il metodo del trapezio: presi due valori della SFR(t), SFR(t₁) e SFR(t₂), con $t_2 = t_1 + \Delta\tau$, la massa costruita in quell’intervallo è

$$\frac{M}{M_{\odot}}(t_2) = \frac{[SFR(t_1) + SFR(t_2)]\Delta\tau}{2}. \quad (3.7)$$

Essa deve essere sommata alla massa formatasi negli intervalli temporali precedenti, in modo che cresca in modo continuo nel tempo.

La Tabella 3.2 comprende tutte le masse delle galassie modello con una SFR(t) ricavata dalle funzioni di H06 e G04. In generale la SFR(t) di G04 produce galassie di masse inferiore rispetto a quella di H06, tranne nel caso dell’Universo di Friedmann chiuso. Qui ci riferiamo genericamente alla massa quando dovrebbe essere specificato che stiamo parlando della massa dovuta ai soli oggetti luminosi. A titolo di confronto, la massa luminosa

²La scelta dell’intervallo temporale è dipesa dalla necessità di utilizzare le SFR(t) per il calcolo della luminosità bolometrica e del flusso nelle 17 bande fotometriche definite in seguito.

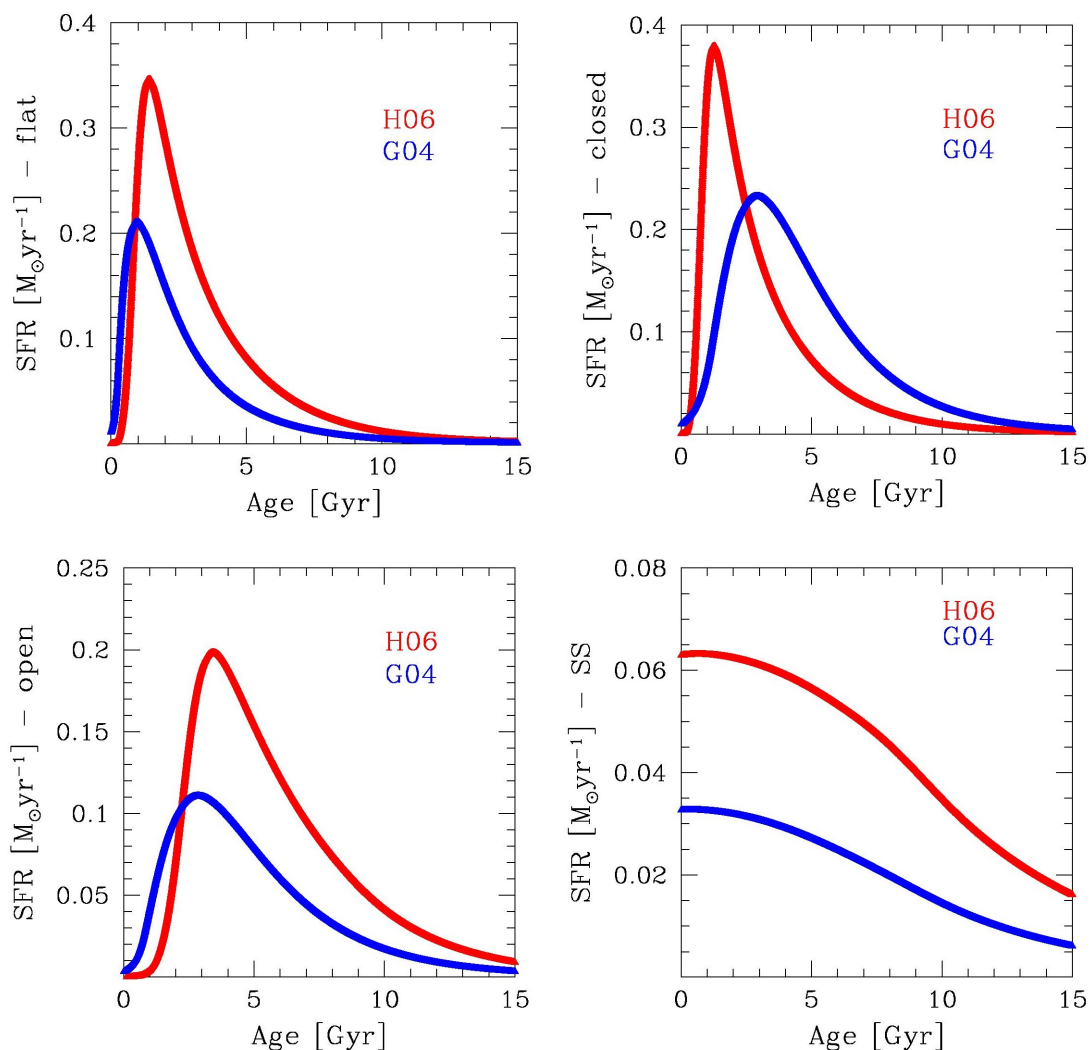


Figura 3.6: SFR in funzione dell'età dell'Universo in un modello di Friedmann piatto, chiuso, aperto e nel modello dello Stato Stazionario. La curva rossa rappresenta in ogni immagine la SFR derivata da H06, la curva blu rappresenta la SFR derivata da G04.

SFR / Modelli	Log(SFR) per Mpc^3 a $z=0$ in M_\odot/yr				
	F. Piatto	F. Chiuso	F. Aperto	WMAP	S. Stazionario
H06	-1.83	-1.84	-1.79	-1.77	-1.73
G04	-2.25	-1.38	-2.20	-2.19	-2.14

Tabella 3.3: Logaritmo del tasso di formazione stellare per 1 Mpc^3 a $z=0$ per i cinque modelli di Universo considerati.

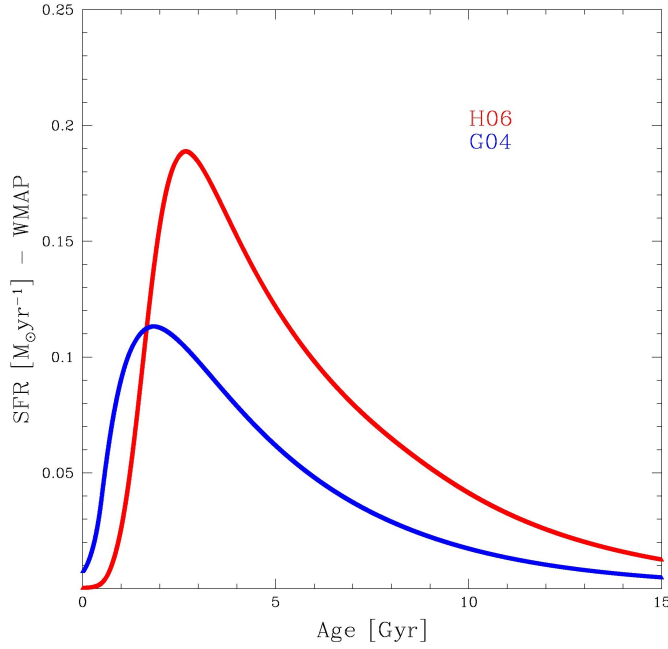


Figura 3.7: Come in Figura 3.6 ma per il modello WMAP.

della Via Lattea, la cui stima è stata ottenuta da recenti osservazioni SDSS (Xue et al. 2008) è pari a $4 \cdot 10^{11} M_{\odot}$, cioè almeno due ordini di grandezza in più delle masse calcolate sopra. Aver stimato la massa stellare per Mpc^3 ci permette di calcolare il parametro di densità relativo. La densità critica dell'Universo per $H_0 = 70 \text{ km/s/Mpc}$ è

$$\rho_{crit} = \frac{3H^3}{8\pi G} = 10^{-26} \text{ kg/m}^3 = 10^{-29} \text{ g/cm}^3. \quad (3.8)$$

Calcolando il parametro di densità stellare abbiamo $\rho_*/\rho_{crit} \approx 0.01$ per una densità di $10^9 M_{\odot}/\text{Mpc}^3$ e $\rho_*/\rho_{crit} \approx 0.001$ per una densità dell'ordine di $10^8 M_{\odot}/\text{Mpc}^3$. Notiamo che il primo valore ottenuto ha lo stesso ordine di grandezza del parametro di densità di materia Ω_m scelto per il modello cosmologico di Friedmann aperto. Mostriamo ora il *birthrate* della meta galassia (Figura 3.8), che è così definito: $b = \frac{SFR(t)}{\langle SFR \rangle} = \frac{SFR(t)}{M/t}$. La SFR(t) di G04 produce valori minori di b rispetto alla SFR(t) di H06 e presenta anche un comportamento anomalo nel caso di un Universo di Friedmann chiuso, lo stesso modello che portava ad una densità stellare maggiore di un ordine di grandezza rispetto agli altri modelli riferiti alla stessa SFR(t). Nel caso della funzione di H06 a $z = 0$ i modelli di Friedmann piatto e chiuso danno un valore di $b \approx 0.1$, il modello di Universo aperto e quello WMAP invece

danno $b \approx 0.2$ e lo Stato Stazionario $b \approx 0.4$; la funzione di G04 invece dà sostanzialmente dei valori di b inferiori di circa 0.1 rispetto a H06.

3.4 Sintesi fotometrica della meta galassia

Ora che abbiamo studiato a fondo la SFR cosmica e ne abbiamo ottenuto due meta-galassie, possiamo andare oltre e “dare loro luce”, ovvero utilizzare le SFR per ricavarne luminosità e colori. Come accennato nel capitolo precedente, la luminosità di un sistema stellare può essere espressa tramite un integrale di convoluzione tra la luminosità delle SSP che la compongono, L_{SSP} , e la SFR, secondo l’equazione

$$L_{gal}(t) = \int_0^t L_{SSP}(\tau) SFR(t - \tau) d\tau. \quad (3.9)$$

Dovendo trattarla numericamente, l’integrale non viene calcolato partendo da $t = 0$ bensì dall’età delle stelle più massive $t_{min} = 3$ Myr e il tempo viene discretizzato in passi $\Delta\tau = t_{min}$. A questo punto non resta che definire le quantità coinvolte nella computazione della luminosità L_{gal} . In questa trattazione sono stati utilizzati i modelli di SSP del lavoro di Buzzoni (2005, d’ora in avanti B05), per una IMF di Salpeter definita tra 0.1 e $120M_{\odot}$. Il set è costituito da diciassette funzioni che rappresentano le bande fotometriche di Johnson (U, B, V, R, I, J, H, K), Cousins (R_C , I_C), Gunn (g, r, i) e Washington (C, M, T_1 , T_2); una diciottesima funzione serve poi a descrivere la magnitudine bolometrica.

L’evoluzione della magnitudine, sia in banda che bolometrica, dipende da due fattori, ovvero l’età della SSP (espressa in miliardi di anni) e la metallicità:

$$mag = (\alpha' + \alpha''[Fe/H])\log(t_9) + \beta[Fe/H] + \gamma + \delta(t_9, [Fe/H]), \quad (3.10)$$

dove il valore dei coefficienti è dato in Tabella 3.4. Per ogni banda fotometrica è stata ottenuta l’evoluzione temporale al variare della metallicità: le SSP iniziano ad evolvere al tempo $t_{min} = 3 \cdot 10^6$ yr fino a $t_{max} = 15 \cdot 10^9$ yr, con un passo temporale $\Delta\tau = t_{min}$; dato che le funzioni di B05 sono ottimizzate nell’intervallo di metallicità $-1.5 \leq [Fe/H] \leq +0.5$, sono stati attribuiti a $[Fe/H]$ i tre valori (0.0), (-0.5), (-1). Una volta ottenute le magnitudini in tutte le bande, e dopo averle convertite in flusso tramite la formula

$$\log f = -0.4 \cdot mag + \log f_0, \quad (3.11)$$

esse sono state convolute con le dieci SFR(t) definite in precedenza e mostrate nelle Figure 3.6 e 3.7.

Nelle Figure 3.9-3.11 è mostrato l’output della convoluzione per la luminosità bolometrica cosmica ed ogni modello cosmologico. Le tre curve nei

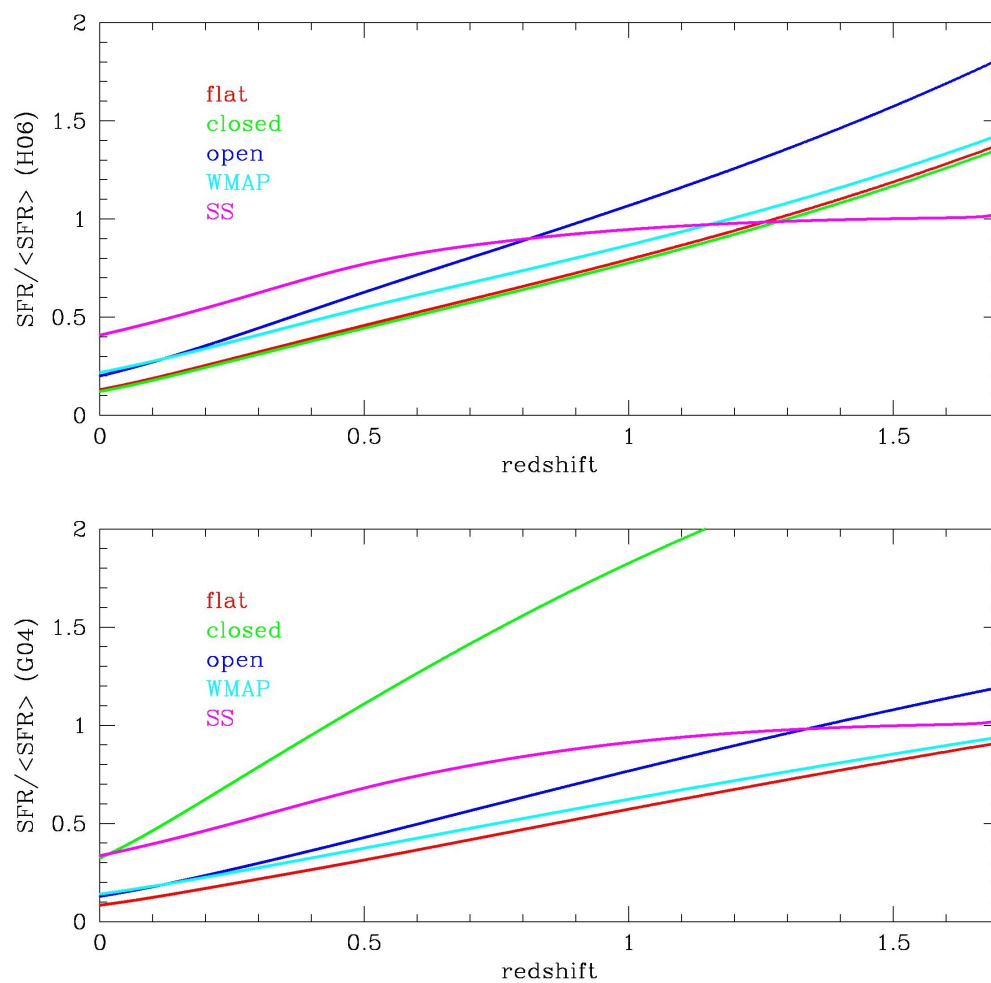


Figura 3.8: *Birthrate* come derivato dalle funzioni di H06 (in alto) e G04 (in basso).

Band	λ_{eff}	$\log f_o^{(a)}$	$\text{mag} = (\alpha' + \alpha''[\text{Fe}/\text{H}]) \log t_9 + \beta[\text{Fe}/\text{H}] + \gamma + \delta$					System
	[Å]	[erg/s/cm ² / Å]	α'	α''	β	γ	$\delta(t_9, [\text{Fe}/\text{H}])$	
U	3650	-8.392	2.743	0.26	0.006	2.872	+0.09 10 ^[Fe/H]	Johnson
C	3920	-8.275	2.560	0.16	-0.024	2.853	+0.09 10 ^[Fe/H]	Washington
B	4420	-8.205	2.390	0.08	0.033	2.909		Johnson
M	5060	-8.351	2.232	0.08	-0.060	2.477		Washington
g	5170	-8.384	2.214	0.08	-0.069	2.401		Gunn
V	5500	-8.452	2.163	0.08	-0.094	2.246		Johnson
T ₁	6310	-8.632	2.072	0.08	-0.160	1.835		Washington
R _C	6470	-8.670	2.048	0.08	-0.176	1.756		Cousins
r	6740	-8.527	2.037	0.08	-0.189	2.147		Gunn
R	7170	-8.790	2.006	0.08	-0.207	1.546		Johnson
I _C	7880	-8.936	1.977	0.08	-0.275	1.226		Cousins
T ₂	7940	-8.938	1.972	0.08	-0.255	1.250		Washington
i	8070	-8.653	1.969	0.08	-0.259	1.981		Gunn
I	9460	-9.136	1.923	0.08	-0.327	0.944		Johnson
J	12500	-9.526	1.863	0.08	-0.444	0.333		Johnson
H	16500	-9.965	1.833	0.08	-0.551	-0.375		Johnson
K	22000	-10.302	1.813	0.08	-0.614	-0.561		Johnson
Bol			1.923		-0.324	1.623	-0.1 t ₉ ^{-0.5}	

^(a) $\log f = -0.4 \text{ mag} + \log f_o$. For the bolometric: $\log L/L_\odot = -0.4 (\text{Bol} - 4.72)$.

Tabella 3.4: Parametri per la costruzione delle SSP.

grafici si riferiscono ai tre valori di metallicità: $[Fe/H] = 0.0$ curva rossa, $[Fe/H] = -0.5$ curva verde, $[Fe/H] = -1$ curva blu. In ogni figura la colonna di destra è riferita alla SFR(t) di H06, mentre la colonna di destra alla SFR(t) di G04.

Volendo poi conoscere l'evoluzione delle luminosità in funzione del redshift, è stato necessario fare ancora una volta uso della relazione tempo-redshift di Figura 2.6.

Concludiamo fornendo i diagrammi colore-colore nelle bande Johnson e Gunn (B-V)-(U-V), (B-V)-(V-K) e (g-r)-(g-i).

3.5 Recenti progressi sulla stima della CSFR

Di recente i risultati ottenuti da H06 sulla CSFR sono stati rivisitati da Kobayashi et al. (2013, da qui in poi K13) che utilizza un modello semi-analitico, chiamato *Mitaka*, per ottenere un catalogo di galassie modello e le relative proprietà. La CSFR a redshift bassi, $z < 1$, è stata studiata a fondo e confermata da vari indicatori di formazione stellare, tuttavia ciò che accade a redshift maggiori non è altrettanto chiaro. In particolare, K13 mette l'accento su tre principali cause di errore:

1. la coda della LF a basse luminosità (il parametro α nell'equazione 1.1),

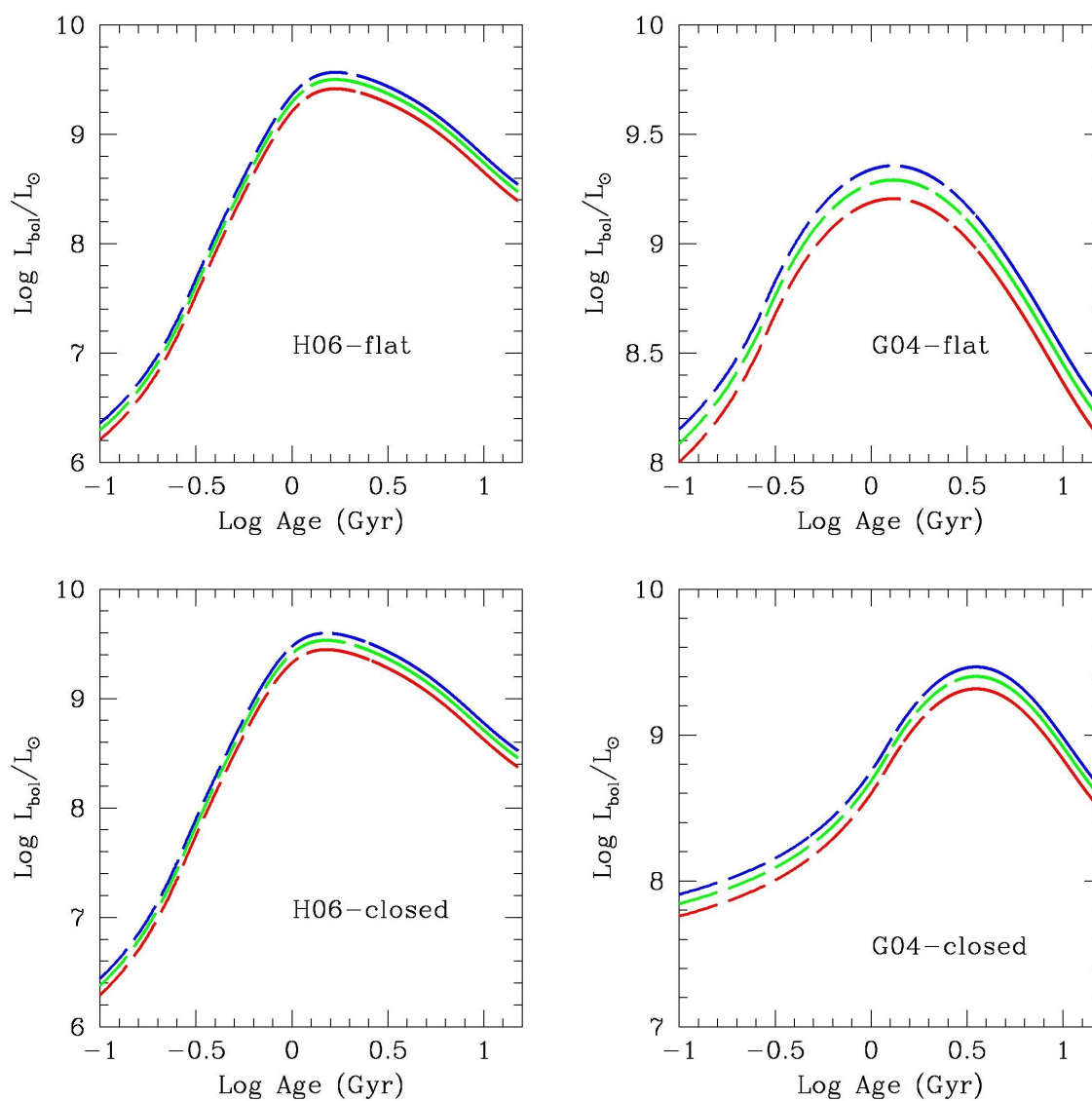


Figura 3.9: *Pannelli in alto:* Luminosità bolometrica cosmica in funzione dell'età per un modello di Universo di Friedmann piatto e una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli in basso:* Luminosità bolometrica in funzione dell'età delle galassie per un modello di Universo di Friedmann chiuso e una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra).

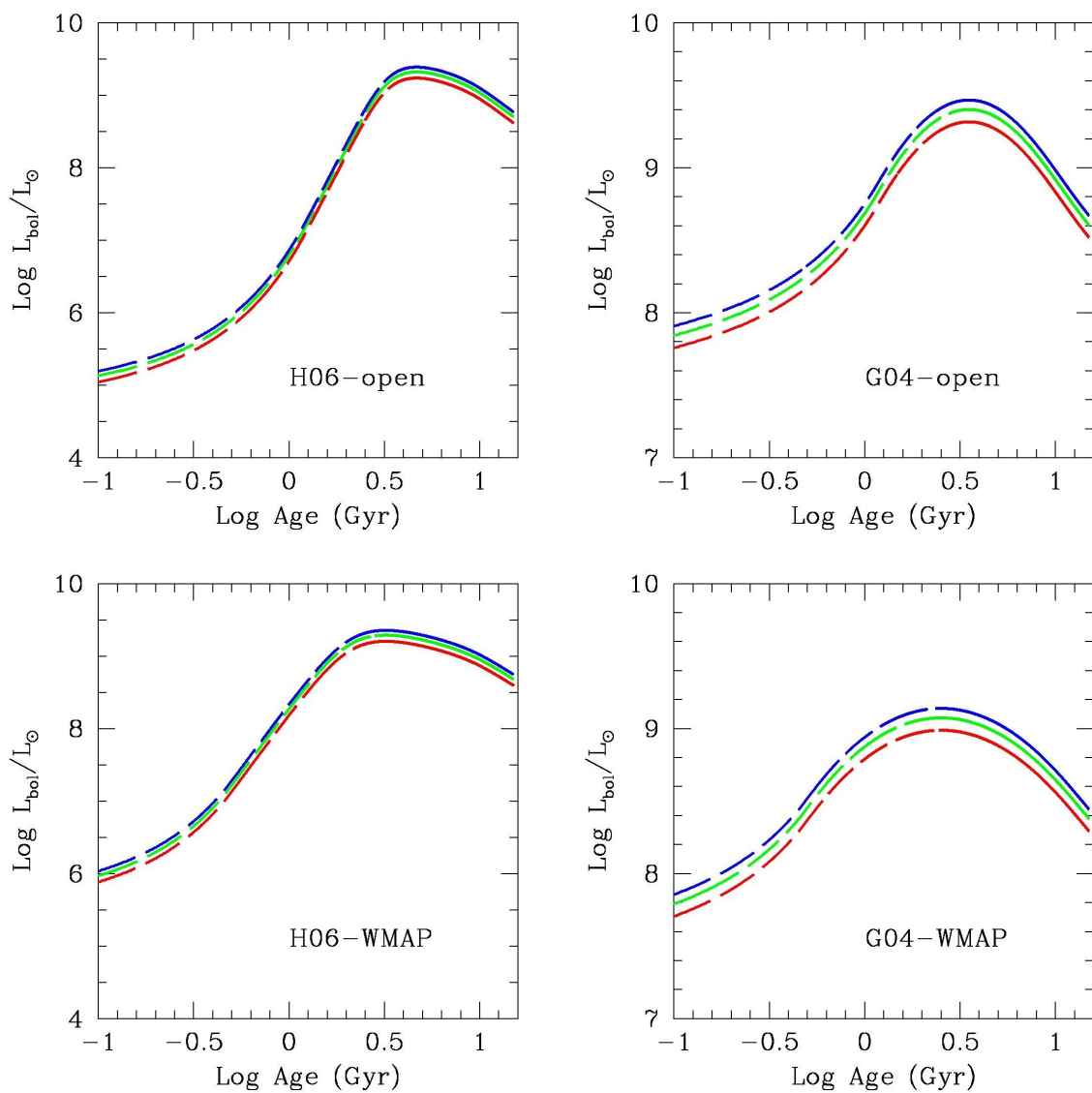


Figura 3.10: *Pannelli in alto*: Luminosità bolometrica cosmica in funzione dell'età per un modello di Universo di Friedmann aperto e una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli in basso*: Luminosità bolometrica in funzione dell'età delle galassie per un modello di Universo WMAP e una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra).

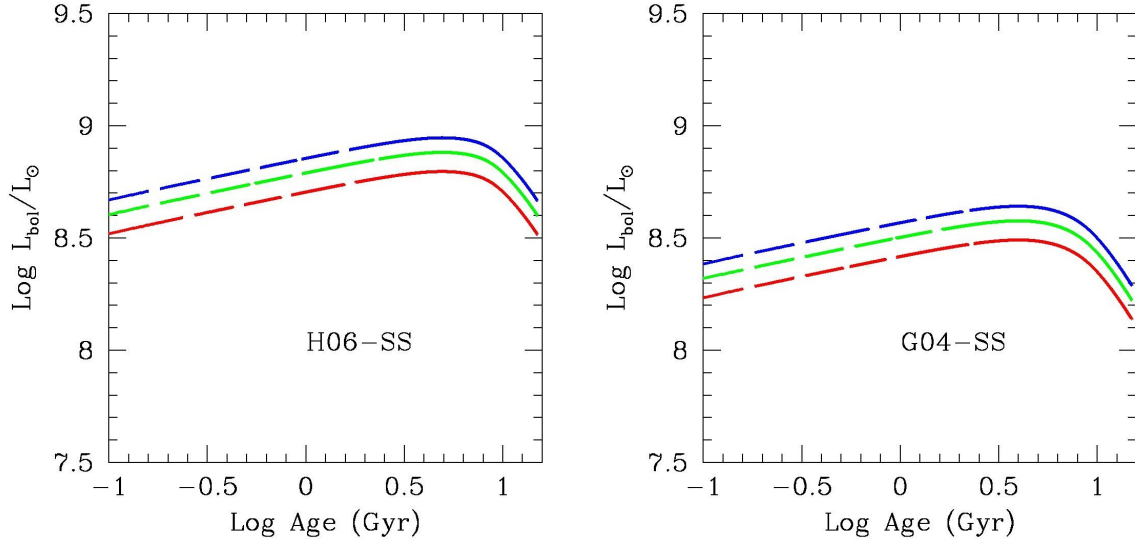


Figura 3.11: Luminosità bolometrica cosmica in funzione dell'età per un modello di Universo del tipo Stato Stazionario e una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra).

2. il fattore di conversione luminosità UV $L_{\nu,UV}$ e SFR (e.g. Buzzoni 2002),
3. la correzione dell'attenuazione della polvere,

esse possono portare sia ad una sottostima della CSFR, sia ad una sua sovrastima. Il primo fattore non risulta essere una fonte determinante di incertezza sulla CSFR, quindi ci concentreremo sugli altri due. Il fattore di conversione forse maggiormente utilizzato, anche in H06, è quello fornito da Kennicutt (1998)

$$C_{SFR}^{K98} = SFR/L_{\nu,UV} = 1.4 \cdot 10^{-28} M_{\odot} yr^{-1} (erg^{-1} s^{-1} Hz^{-1})^{-1}. \quad (3.12)$$

Sebbene sia spesso utilizzato indipendentemente dal tipo di galassie considerate, la relazione lineare che lo genera vale solo per galassie con SFR continua per almeno 100 Myr, metallicità solare e una IMF di Salpeter nell'intervallo $0.1 M_{\odot} < M < 100 M_{\odot}$ (Kennicutt 1998). Il vero fattore di conversione C_{SFR} dipende, oltre che dalla lunghezza d'onda di osservazione come già visto in precedenza, dalla SFH e, in misura minore, dalla metallicità della galassia. Se $C_{SFR} < C_{SFR}^{K98}$ la SFR sarà sovrastimata e viceversa. In Figura 3.21 è rappresentata la possibile discrepanza tra C_{SFR} e C_{SFR}^{K98} per due diverse SFH, una costante e una esponenziale. Nel primo caso, quando la formazione stellare è nelle sue fasi iniziali C_{SFR} è molto maggiore di C_{SFR}^{K98} ,

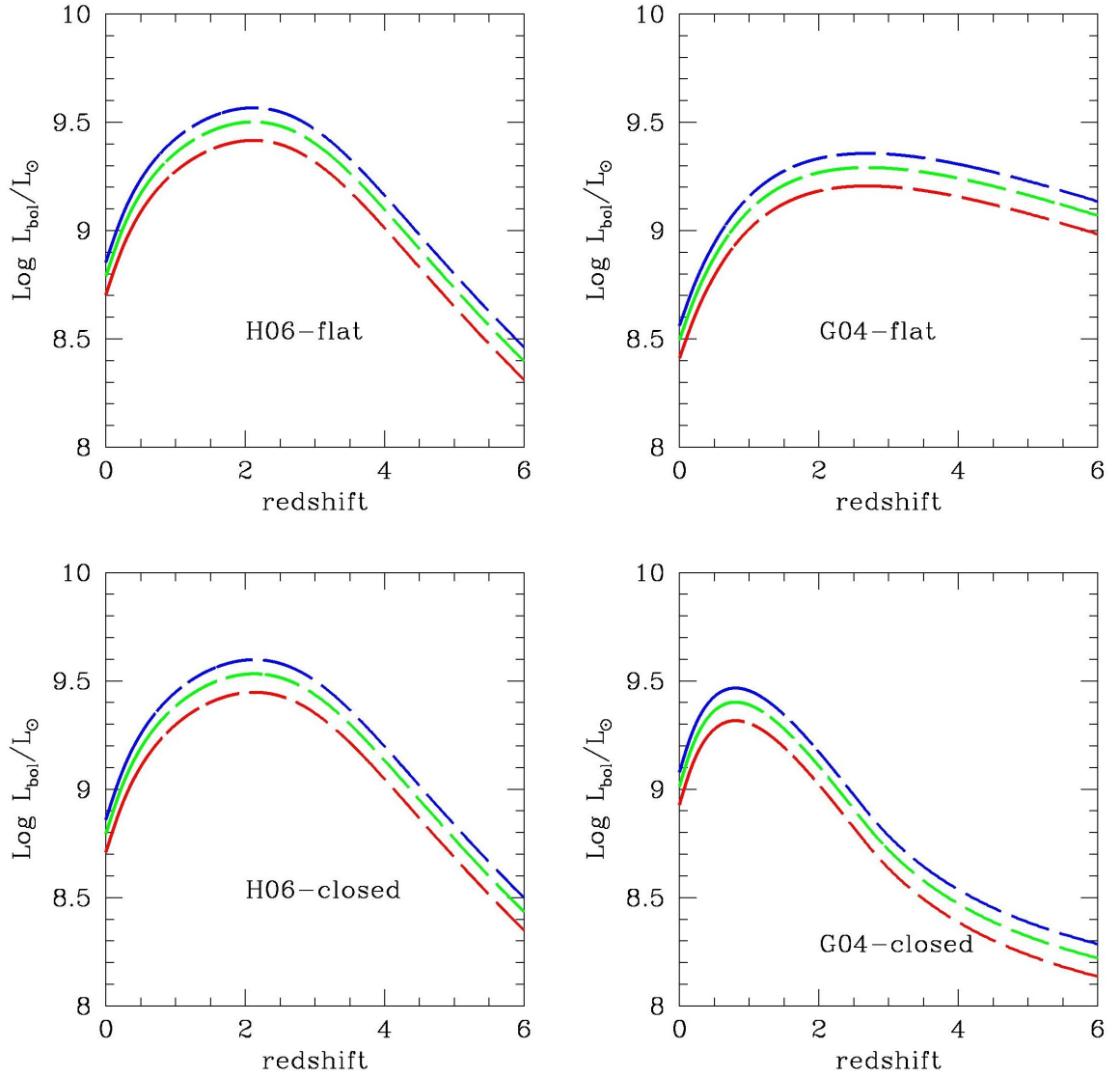


Figura 3.12: *Pannelli in alto:* Luminosità bolometrica cosmica in funzione dell'età delle galassie per un modello di Universo di Friedmann piatto e una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli in basso:* Luminosità bolometrica in funzione dell'età delle galassie per un modello di Universo di Friedmann chiuso e una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra).

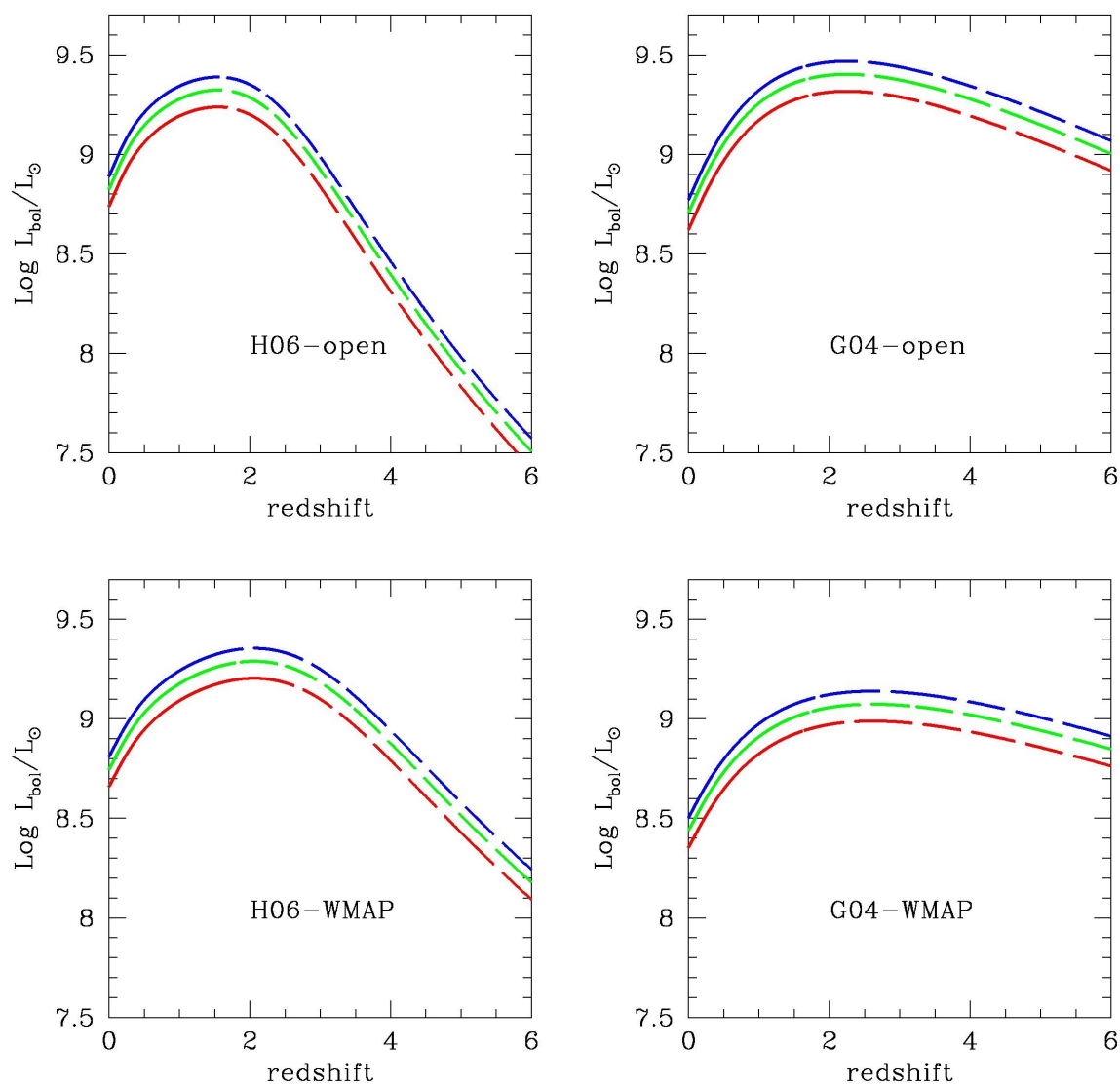


Figura 3.13: *Pannelli in alto:* Luminosità bolometrica in funzione dell'età delle galassie per un modello di Universo di Friedmann aperto e una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli in basso:* Luminosità bolometrica in funzione dell'età delle galassie per un modello di Universo WMAP e una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra).

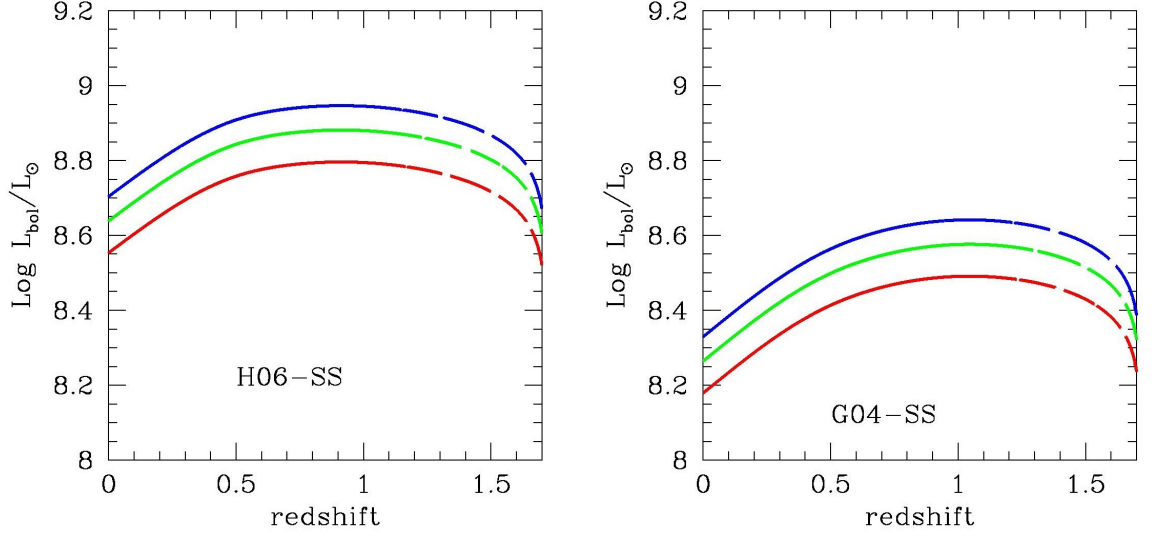


Figura 3.14: Luminosità bolometrica cosmica in funzione dell'età delle galassie per un modello di Universo del tipo Stato Stazionario e una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra).

con conseguente sottostima della vera SFR. Per metallicità solari solo se la SFH dura più di 10^8 anni (come già citato sopra) si giunge alla equivalenza $C_{SFR} = C_{SFR}^{K98}$; per metallicità subsolari l'equivalenza viene raggiunta prima ma, se la formazione stellare prosegue, si giunge ad un regime in cui $C_{SFR} < C_{SFR}^{K98}$ e pertanto la stima della SFR risulterebbe eccessiva. Le cose si complicano ulteriormente se la SFH ha un decadimento esponenziale poiché il fattore di conversione non è quasi mai costante, specialmente per tempi di *e-folding* τ_F molto brevi, perciò è ancora più facile incorrere in errori di sotto- o sovrastima della vera SFR. In K13 gli autori calcolano il valore effettivo del fattore di conversione, C_{SFR}^{eff} , nell'intervallo di redshift $0 < z < 10$ servendosi della sua definizione in termini della densità di luminosità intrinseca UV (anziché della LF) e della CSFR (anziché della semplice SFR):

$$C_{SFR}^{eff} \equiv \dot{\rho}_*(z)/\rho_{UV}^{int}. \quad (3.13)$$

In Figura 3.22 è mostrato C_{SFR}^{eff} a confronto con C_{SFR}^{K98} . I pallini risultano dall'applicazione del modello *Mitaka* mentre la linea continua è la funzione di best fit; essa è una funzione quadratica nel dominio $0 < z < 10$ ed ha la forma seguente

$$C_{SFR}^{eff}(z) = C_0[1 + C_1(1 + z) + C_2(1 + z)^2] \quad (3.14)$$

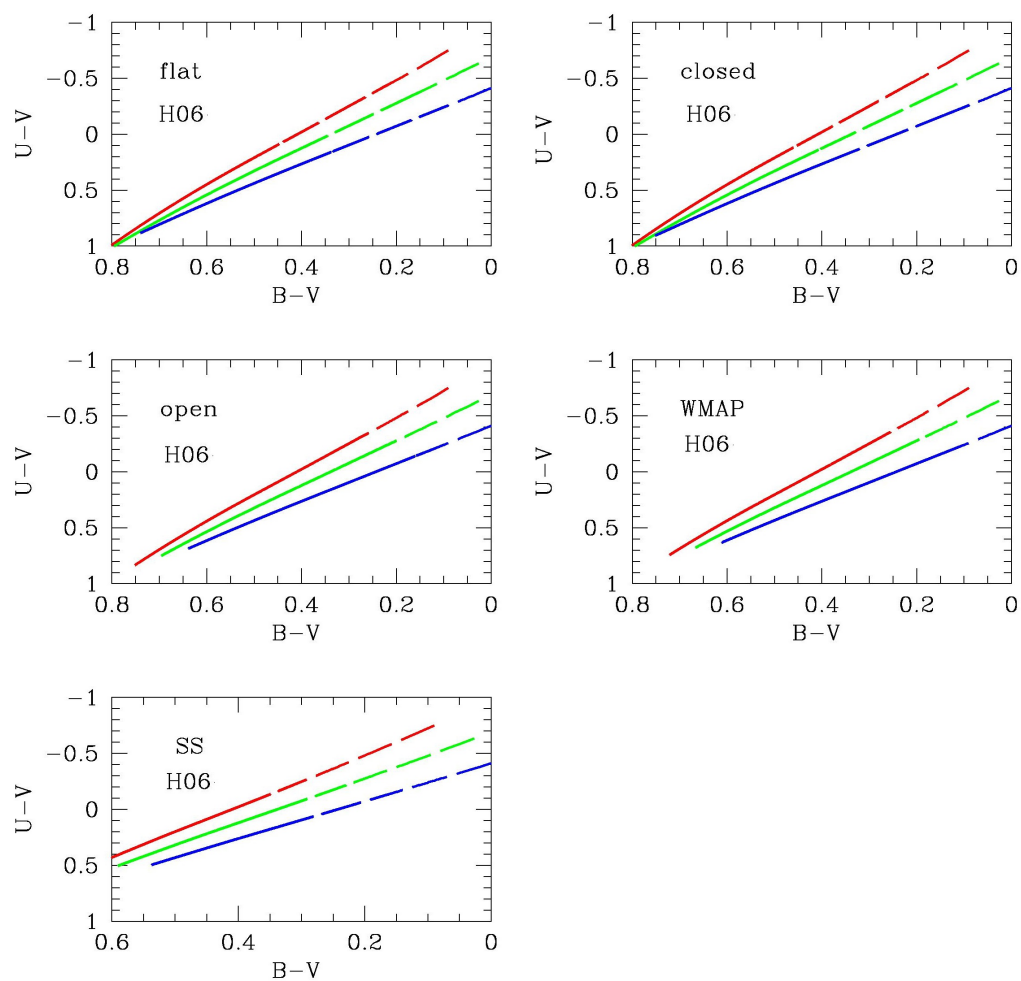


Figura 3.15: Diagramma colore-colore $(B-V)$ - $(U-V)$ per i modelli indicati in figura. La SFR(t) è quella di H06.

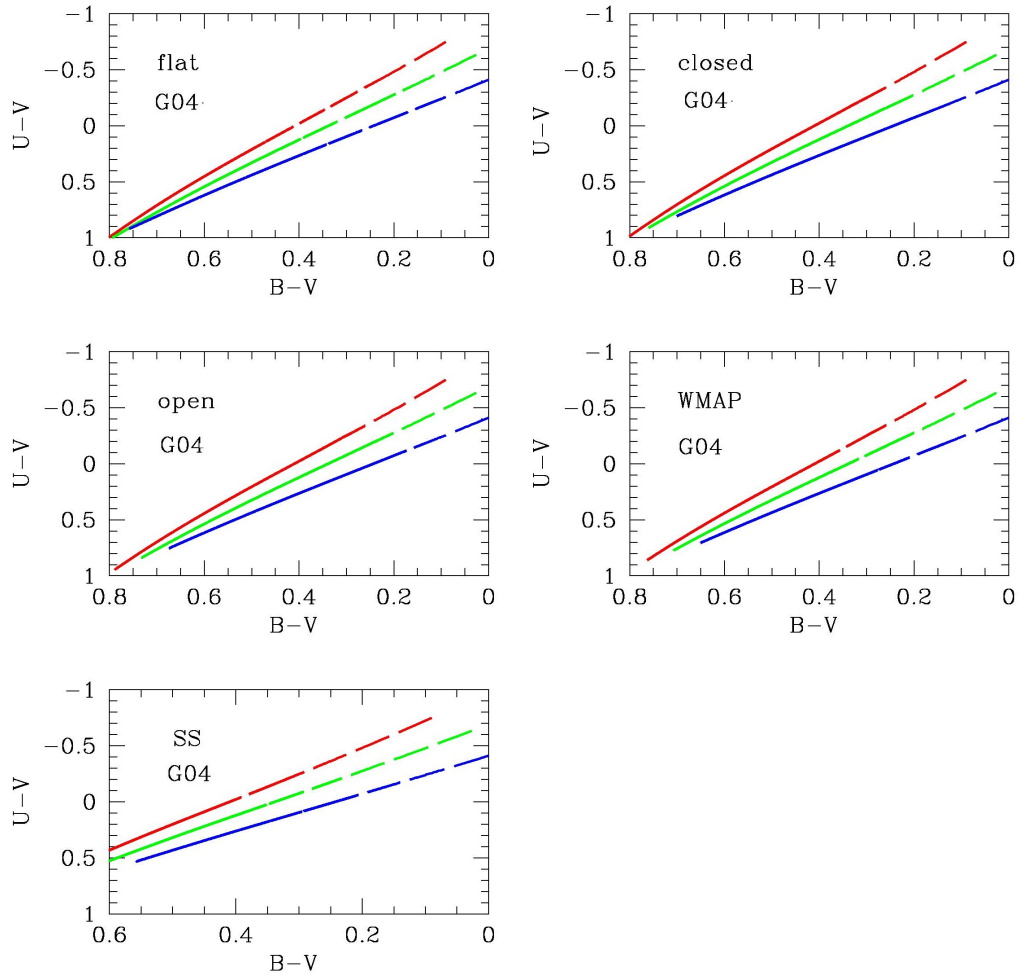


Figura 3.16: Diagramma colore-colore $(B-V)-(U-V)$ per i modelli indicati in figura. La $SFR(t)$ è quella di G04.

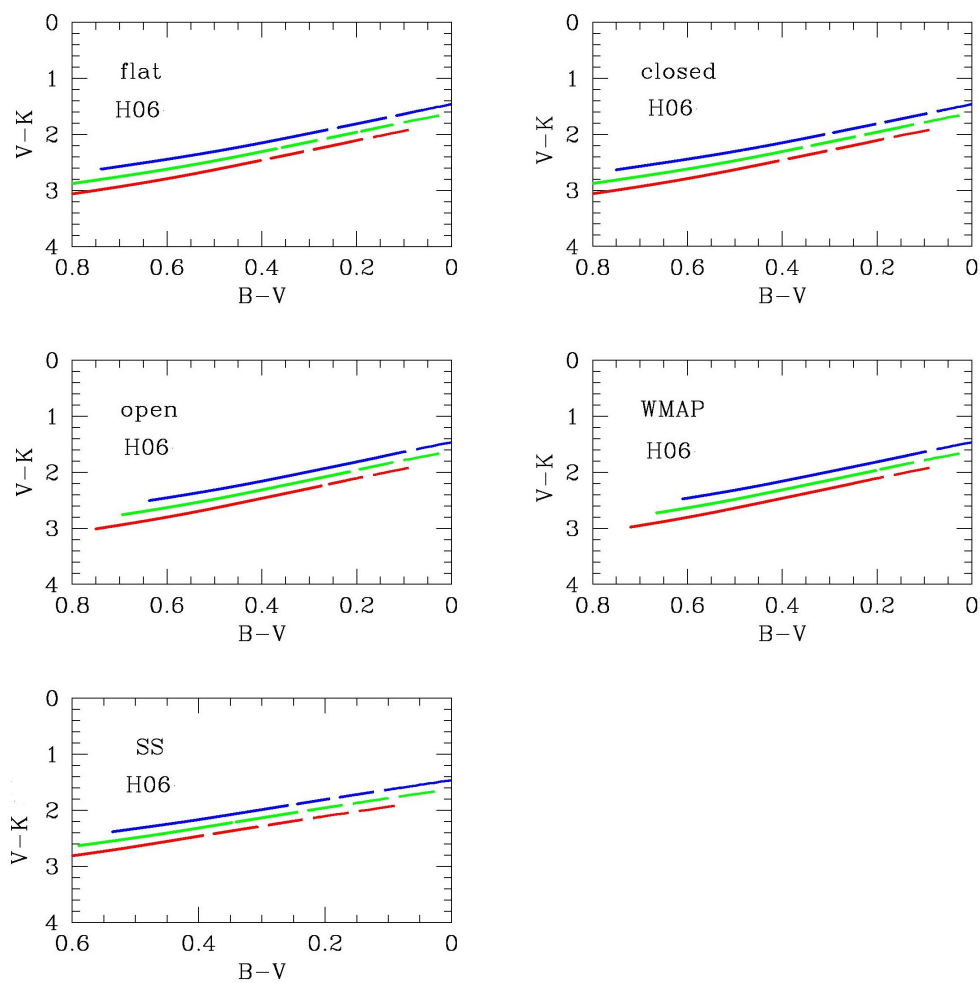


Figura 3.17: Diagramma colore-colore $(B-V)$ - $(V-K)$ per i modelli indicati in figura. La $SFR(t)$ è quella di H06.

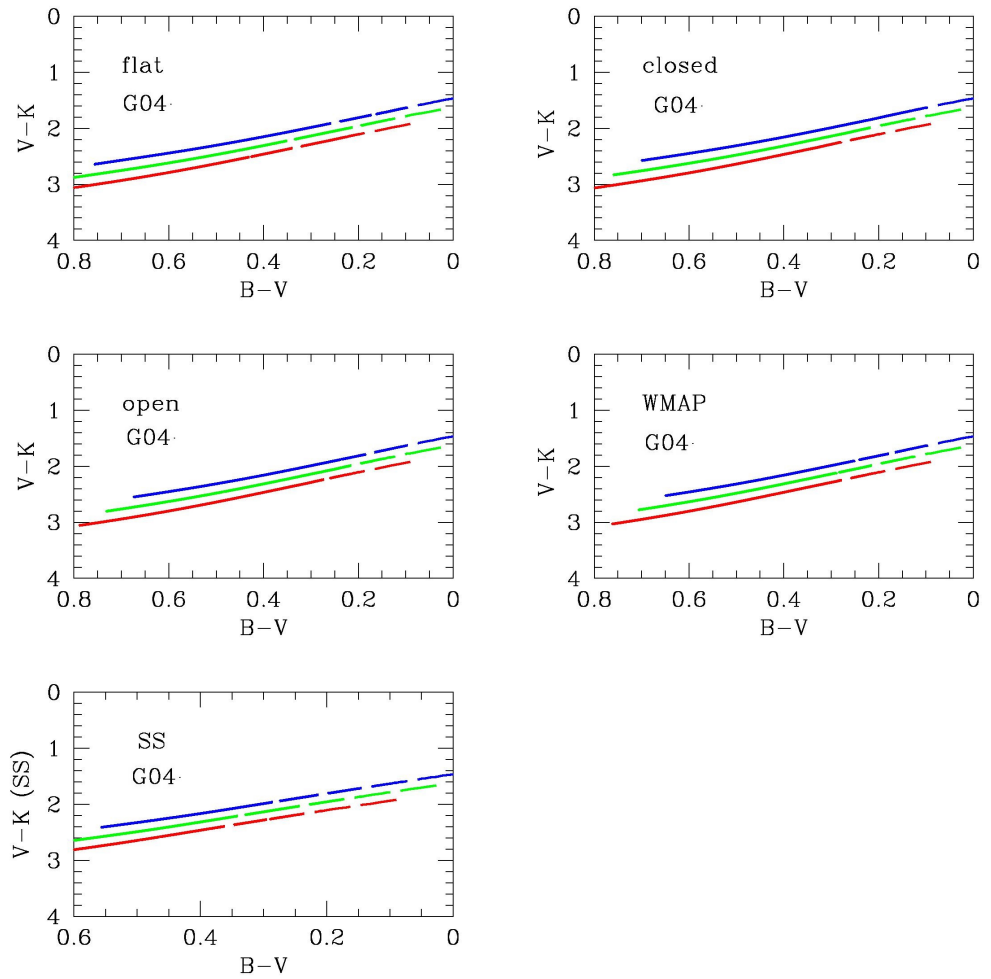


Figura 3.18: Diagramma colore-colore (B-V)-(V-K) per i modelli indicati in figura. La SFR(t) è quella di G04.

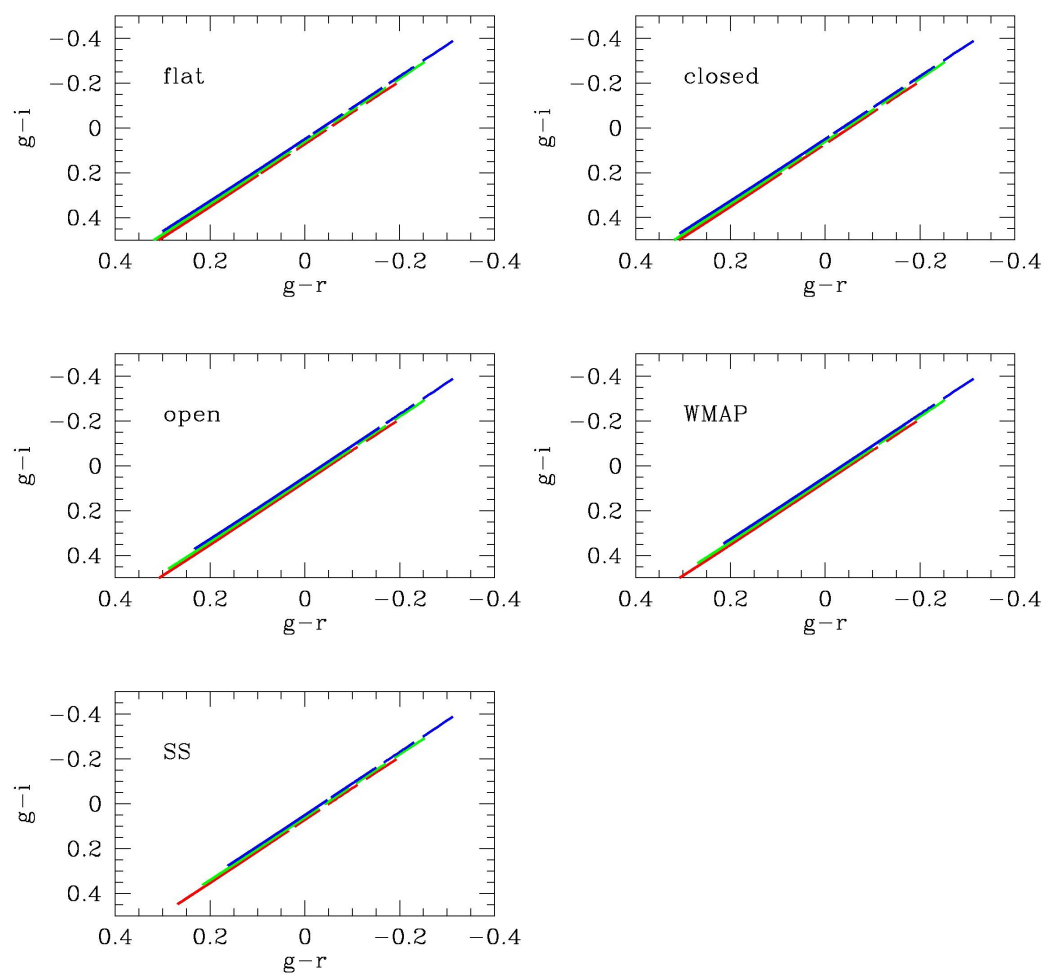


Figura 3.19: Diagramma colore-colore $(g-r)-(g-i)$ per i modelli indicati in figura. La $SFR(t)$ è quella di H06.

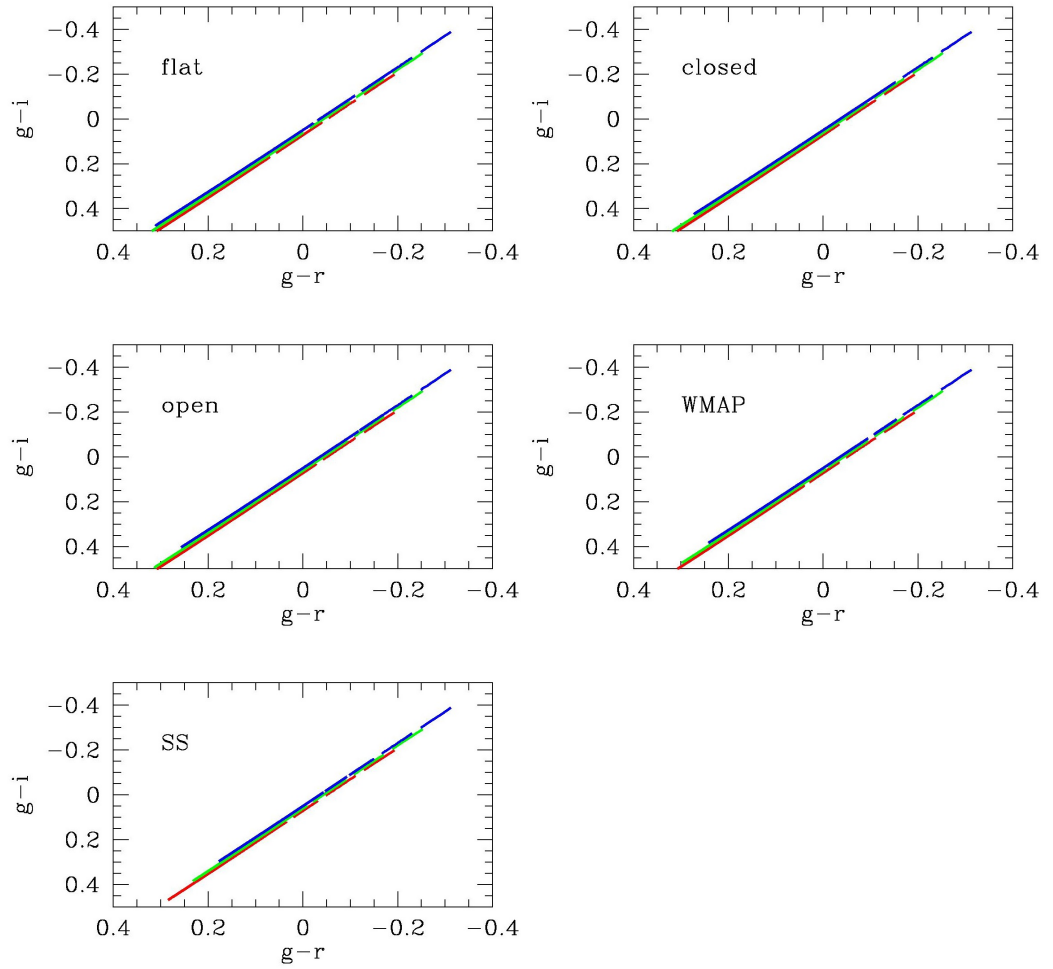


Figura 3.20: Diagramma colore-colore $(g-r)-(g-i)$ per i modelli indicati in figura. La $SFR(t)$ è quella di G4.

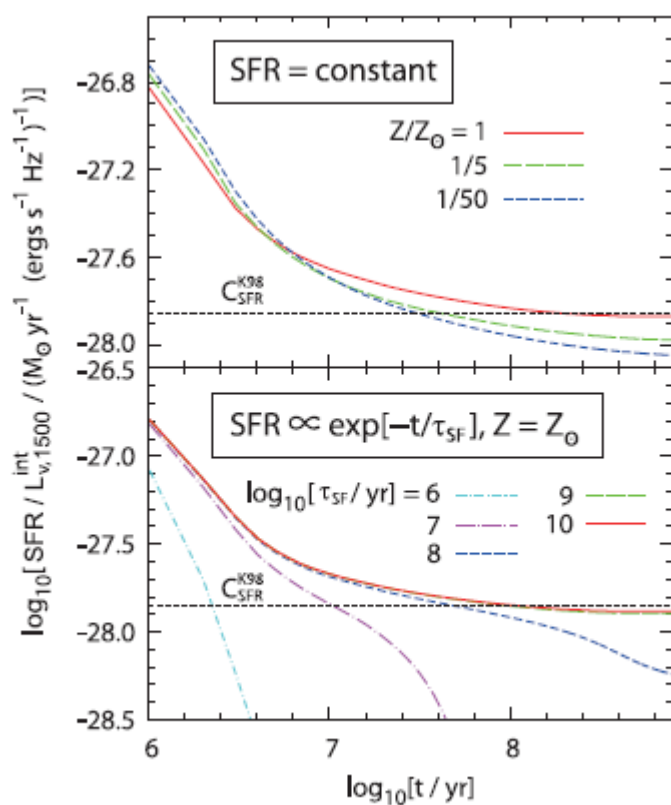


Figura 3.21: Pannello superiore: C_{SFR} confrontato con C_{SFR}^{K98} per una SFH costante; i diversi colori si riferiscono alle metallicità indicate in legenda. Pannello inferiore: C_{SFR} confrontato con C_{SFR}^{K98} per una SFH esponenziale; le linee si differenziano nel colore in base ai tempi scala caratteristici τ_F del decadimento esponenziale. Immagine da Kobayashi et al. (2013).

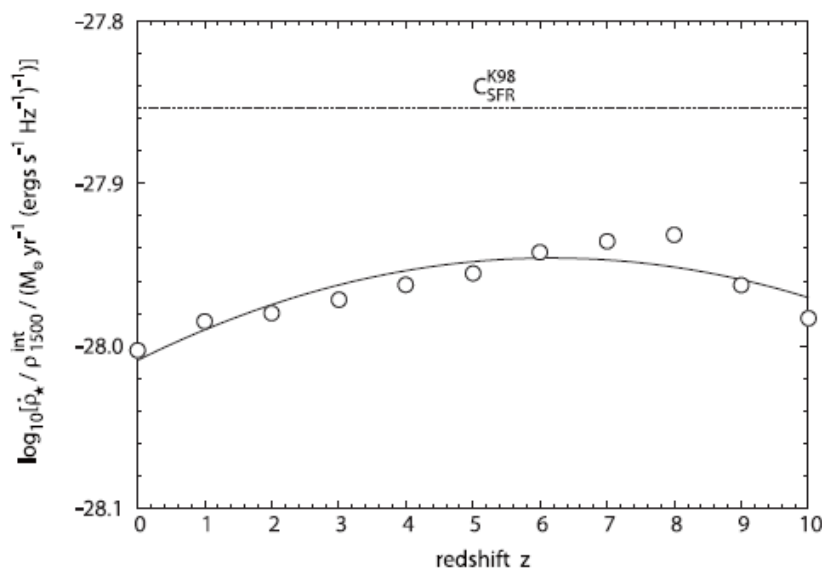


Figura 3.22: C_{SFR}^{eff} nel range di redshift $0 < z < 10$ confrontato con C_{SFR}^{K98} . I pallini sono il risultato del modello *Mitaka* mentre la curva continua è la funzione di best fit definita nell'equazione 3.14. Immagine da Kobayashi et al. (2013).

con

$$C_0 = -28.01, C_1 = 7.294 \cdot 10^{-4}, C_2 = -5.915 \cdot 10^{-5}.$$

Il ruolo dell'oscuramento da parte della polvere è forse ancora più incisivo nella determinazione della CSFR rispetto al fattore di conversione. La LF UV che si ottiene dalle osservazioni non può essere usata direttamente come indicatore di formazione stellare perché come sappiamo la radiazione che giunge ai nostri strumenti di misura difficilmente è la radiazione emana intrinsecamente dall'oggetto. Perciò, dato che è proprio la luminosità intrinseca a cui siamo interessati, è necessario correggere la luminosità osservata per la attenuazione da parte della polvere che, come abbiamo già detto in precedenza, è maggiore più ci inoltriamo negli intervalli di alte frequenze, e.g. nel range UV. In H06 vengono usati due diversi approcci per tener conto della componente polverosa: (i) a $z < 3$ gli autori combinano la CSFR derivata da osservazioni FIR con quella derivata da dati UV non corretta per l'oscuramento; (ii) a $z > 3$ adottano una correzione costante a tutti i redshift, $A_V = 0.52 \text{ mag}$ (Hopkins 2004), solitamente utilizzata per galassie locali selezionate in UV. Il modello di K13, tra le altre proprietà, fornisce anche l'evoluzione chimica del gas all'interno delle galassie (in base alla loro SFH) pertanto è stato possibile per gli autori ottenere l'evoluzione col redshift della componente polverosa. L'attenuazione effettiva a 1500 \AA è

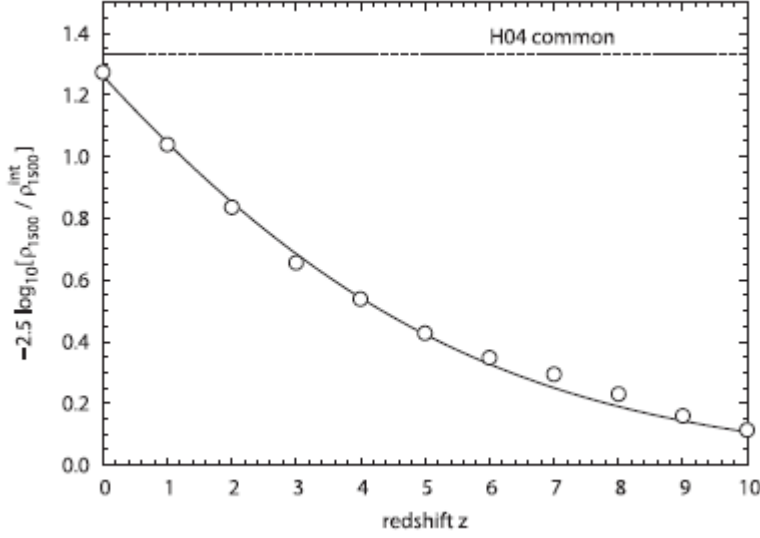


Figura 3.23: Attenuazione a 1500 Å ottenuta da K13 a confronto con quella costante utilizzata in H06. Immagine da Kobayashi et al. 2013.

definita come

$$A_{1500}^{eff} \equiv -2.5 \text{Log}(\rho_{1500}(z)/\rho_{1500}^{int}(z)) \quad (3.15)$$

In maniera del tutto analoga alla definizione di C_{SFR}^{eff} , si definisce il fattore di conversione effettivo tra luminosità osservata e intrinseca

$$C_{dust}^{eff}(z) \equiv \rho_{1500}^{int}(z)/\rho_{1500}(z). \quad (3.16)$$

Alla luce dell'equazione 3.15 è facile dimostrare che si può esprimere C_{dust}^{eff} in termini dell'attenuazione in questo modo

$$C_{dust}^{eff} = 10^{0.4A_{1500}^{eff}}. \quad (3.17)$$

K13 trova una funzione analitica piuttosto semplice per la descrizione dell'evoluzione di C_{dust}^{eff}

$$C_{dust}^{eff}(z) = \alpha \exp[-\beta(1+z)] + 1 \quad (3.18)$$

dove i parametri del best fit α e β assumono rispettivamente i valori 2.983 e 0.3056. In Figura 3.23 è rappresentata l'attenuazione A_{1500}^{eff} : i pallini sono i punti ottenuti dal modello e la linea continua è il best fit come da equazione 3.18. Le correzioni apportate da K13 danno un nuovo set di parametri per

la funzione analitica 3.6 che descrive la CSFR.

$$\dot{\rho}_*(z) = (a' + b'z) h / [1 + (z/c')^{d'}], \quad \begin{cases} h = 0.7 \\ a' = 0.0389 \\ b' = 0.0545 \\ c' = 2.973 \\ d' = 3.655 \end{cases} \quad (3.19)$$

Mostriamo in Figura 3.24 la funzione di equazione 3.19 e per riferimento quella trovata da H06 (equazione 3.6). La CSFR supposta da K13 si mantiene inferiore alla curva di H06 per tutto l'intervallo di redshift considerato. Ciò è in accordo con quanto rappresentato in Figura 3.23 dove è chiaro che l'attenuazione considerata da H06 è nettamente maggiore di quella trovata da K13.

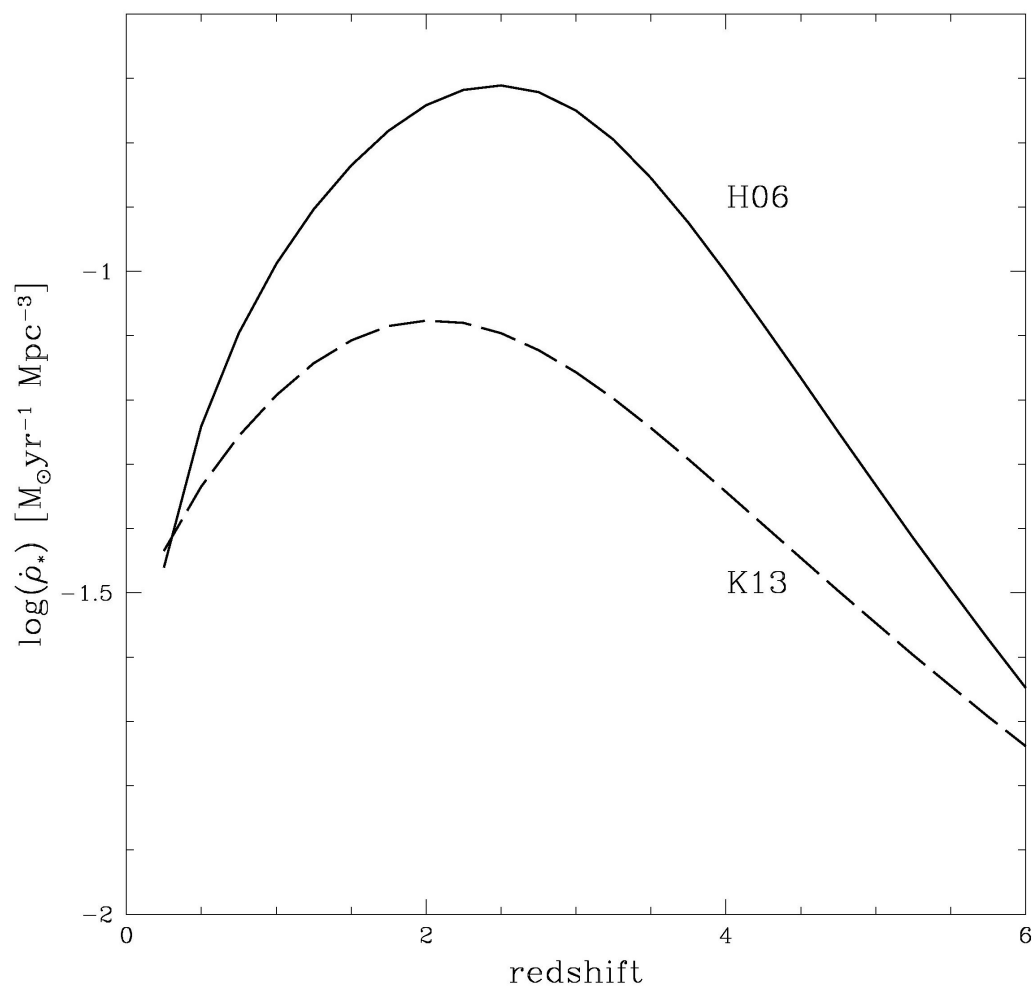


Figura 3.24: CSFR analitiche di K13 (linea tratteggiata) e H06 (linea continua). Il modello cosmologico adottato da entrambi è il 737.

Capitolo 4

Proprietà fotometriche delle galassie ad alto z

Le $SFR(t)$ che abbiamo utilizzato nel capitolo precedente non erano riferite a un particolare tipo morfologico e l'unica distinzione nel calcolo dei flussi in banda e della luminosità bolometrica era data dai tre diversi valori scelti per la metallicità. Se però volessimo studiare le proprietà delle galassie lungo la sequenza di Hubble dovremmo costruire delle $SFR(t)$ che tengano conto del grado di attività dei diversi tipi: le ellittiche, ad esempio, dovrebbero avere una SFR decrescente nel tempo, perché non dispongono più del gas necessario a formare altre stelle; al contrario le spirali, e soprattutto le irregolari, devono la loro attività ad un continuo apporto di gas. Possiamo tenere conto di questi diversi scenari supponendo una $SFR(t)$ nella forma (B05)

$$SFR(t) = K \cdot t^{-\eta} \text{ con } \eta < 1. \quad (4.1)$$

Il valore di η dipende dal *birthrate* b secondo la relazione (Buzzoni 2002)

$$b = \frac{SFR(t)}{\langle SFR \rangle} = 1 - \eta, \quad (4.2)$$

ed esso aumenta lungo la sequenza di Hubble, come d'altra parte ci si aspetterebbe.

Ogni $SFR(t)$ è stata normalizzata affinché al tempo $t = 15$ Gyr la massa totale della galassia fosse $M_{gal} = M_{bulge} + M_{disc} + M_{halo} = 10^{11} M_{\odot}$. Come già spiegato nel capitolo precedente, le $SFR(t)$ convolute con le funzioni della Tabella 3.4 consentono di trovare i flussi in banda, la luminosità bolometrica e i colori per ogni tipo morfologico. A titolo di esempio, in Figura 4.1 è rappresentata l'evoluzione del colore (B-V) in funzione dell'età delle galassie per i tipi morfologici (partendo dall'alto) ellittico (E), lenticolare (S0), spirale (Sa, Sb, Sc, Sd) e irregolare (Im). Le galassie classificate come E hanno un comportamento analogo alle S0 ma più accentuato: a parità di età, sono più rosse rispetto agli altri tipi morfologici e l'indice di colore cresce in modo

Tipo	b	$[\text{Fe}/\text{H}]_{tot}$
E	0.0	0.00
S0	0.0	-0.90
Sa	0.2	-0.17
Sb	0.5	-0.19
Sc	0.9	-0.18
Sd	1.3	-0.21
Im	1.8	-0.50

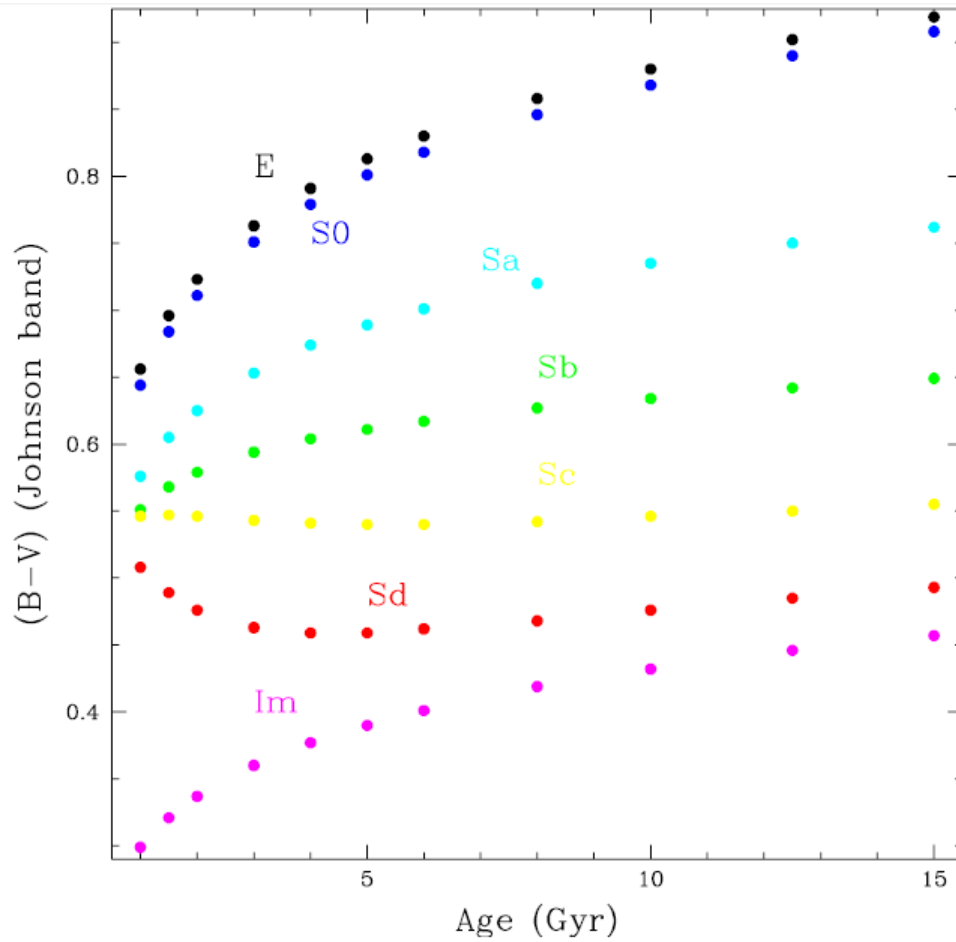


Figura 4.1: Evoluzione dei colori in funzione dell'età per diversi tipi morfologici. Dall'alto in basso: ellittiche (E), lenticolari (S0), spirali (Sa, Sb, Sc, Sd) e irregolari (Im). I punti sono il risultato dei modelli di evoluzione delle galassie di Buzzoni (2005).

monotono mano a mano che invecchiano. Lo stesso può essere detto per le spirali Sa e Sb, le quali però mostrano un minore “arrossamento” col passare del tempo (2 dex e 1 dex rispettivamente, contro 2.5 dex di E e S0). Le spirali Sc non mostrano quasi nessun gradiente di colore; le Sd sono invece le più particolari: per età t_{age} nell’intervallo $1 \text{ Gyr} < t_{age} < 5 \text{ Gyr}$ l’indice di colore diminuisce (diventano più blu) per poi aumentare nuovamente e tornare pressochè al colore di partenza. Le galassie Im sono e rimangono le più blu durante tutta la loro evoluzione e, come le E, le S0 e le spirali Sa e Sb, diventano via via più rosse con l’età. La distribuzione spettrale dell’energia (SED) è un altro prodotto ottenibile dall’utilizzo di questi modelli. La SED è un importante strumento per la caratterizzazione di una sorgente, perché ci informa sulla densità di flusso che l’oggetto emette in ogni banda. Se ci riferiamo alla parte di spettro dalle frequenze dall’ultravioletto al vicino infrarosso, la SED di una galassia ellittica tipica mostra un flusso molto basso nell’UV che cresce verso le lunghezze d’onda maggiori, un’irregolare invece ha un flusso maggiore nell’UV che decresce quasi monotonicamente al diminuire della frequenza (v. Figura 7 di B05). Le SED che risultano dai modelli di B05, per età comprese tra 1 Gyr e 15 Gyr, sono riferite all’emissione nel sistema di riferimento della sorgente (*rest frame*) non alle SED osservate; per poterle rendere tali dobbiamo manipolarle in modo da tener conto degli effetti del redshift. Facciamo un esempio pratico prendendo la SED di una galassia ellittica di 1 Gyr. Che SED “vedremmo” se osservassimo questa sorgente? Dipende dal modello cosmologico. Supponiamo che tutte le galassie si formino a redshift infinito, la loro età coinciderebbe così con l’età dell’universo. Per il modello cosmologico A 1 Gyr corrisponde al redshift z_A , per il modello cosmologico B invece a z_B . Allora la SED osservata della galassia nel modello A risulterebbe dalla traslazione di ogni lunghezza d’onda di un fattore $(1 + z_A)$, nel modello B di $(1 + z_B) \neq (1 + z_A)$ (Equazione 1.4). Questa operazione è stata fatta per tutti e cinque i modelli cosmologici da noi considerati. Il risultato è mostrato nelle Figure 4.2-4.6: la curva blu rappresenta la SED della galassia a 1 Gyr, la curva verde a 3 Gyr, la curva gialla a 6 Gyr, la curva rossa a 8 Gyr e la curva viola a 12.5 Gyr.

Una volta ottenuta la SED “stirata” in base al modello cosmologico e all’età, possiamo procedere al calcolo delle correzioni $k(z)$ ed $e(z)$.

4.1 Correzione k

La magnitudine apparente di una galassia a redshift z in una banda centrata su una lunghezza d’onda λ differisce dalla magnitudine assoluta nella lunghezza d’onda λ a riposo di una quantità conosciuta come correzione k . Se indichiamo la magnitudine apparente con $m(z)$ e la magnitudine assoluta

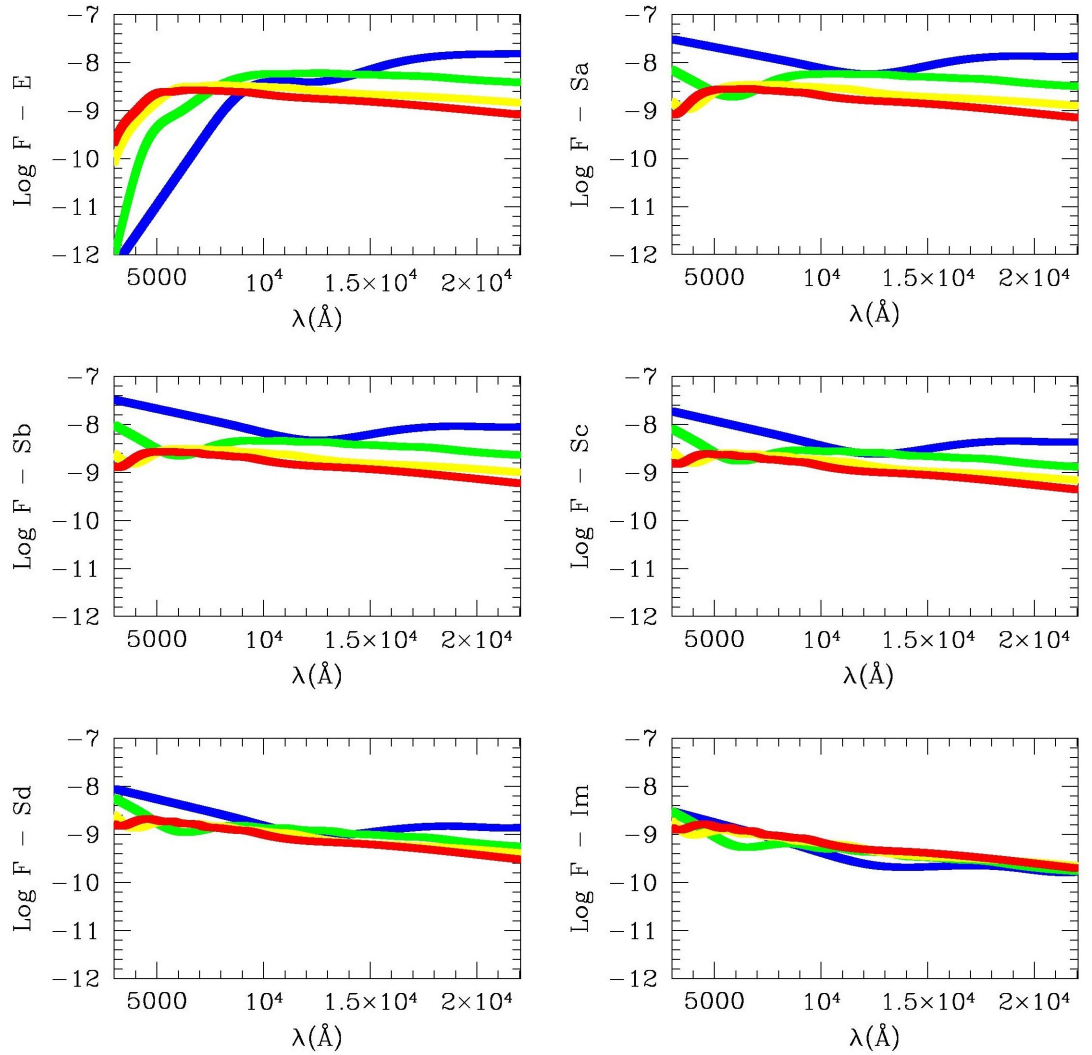


Figura 4.2: SED di ellittiche (E), spirali (Sa, Sb, Sc, Sd) e irregolari in un modello di universo di Friedmann piatto. La curva blu indica un'età della galassia di 1 Gyr, la curva verde un'età di 3 Gyr, la curva gialla un'età di 6 Gyr e quella rossa un'età di 8 Gyr.

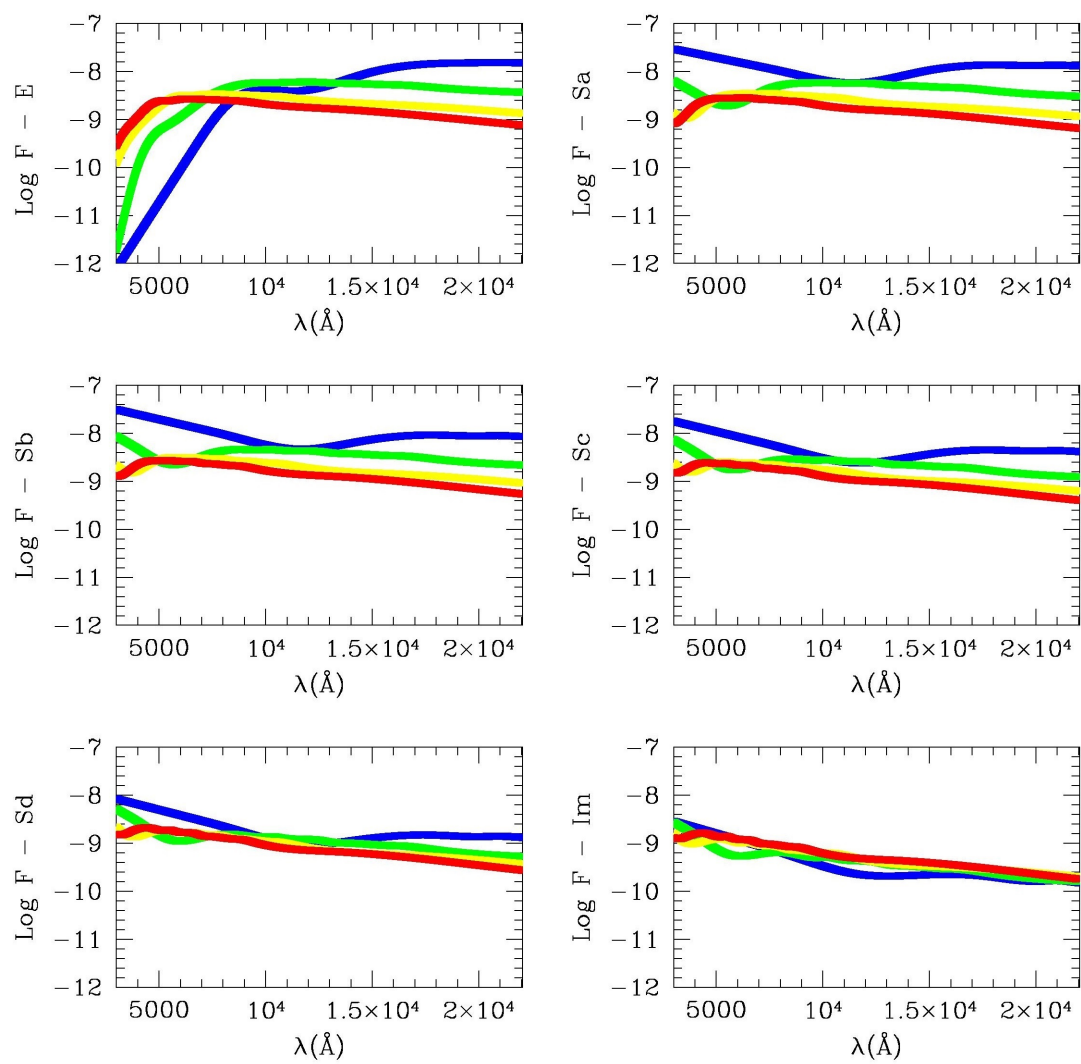


Figura 4.3: Come Figura 4.2 ma per un universo di Friedmann chiuso.

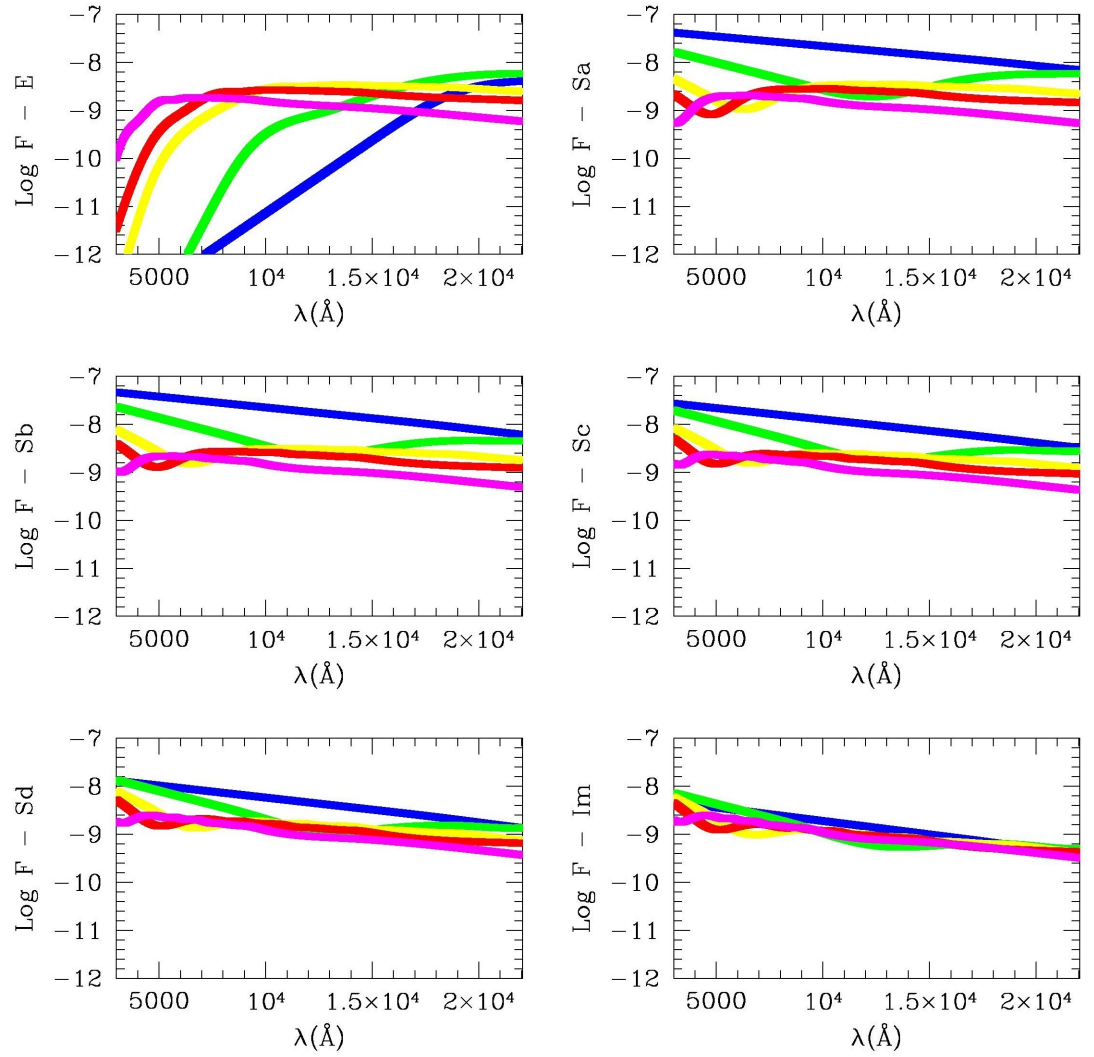


Figura 4.4: Come Figura 4.2 ma per un universo di Friedmann aperto.

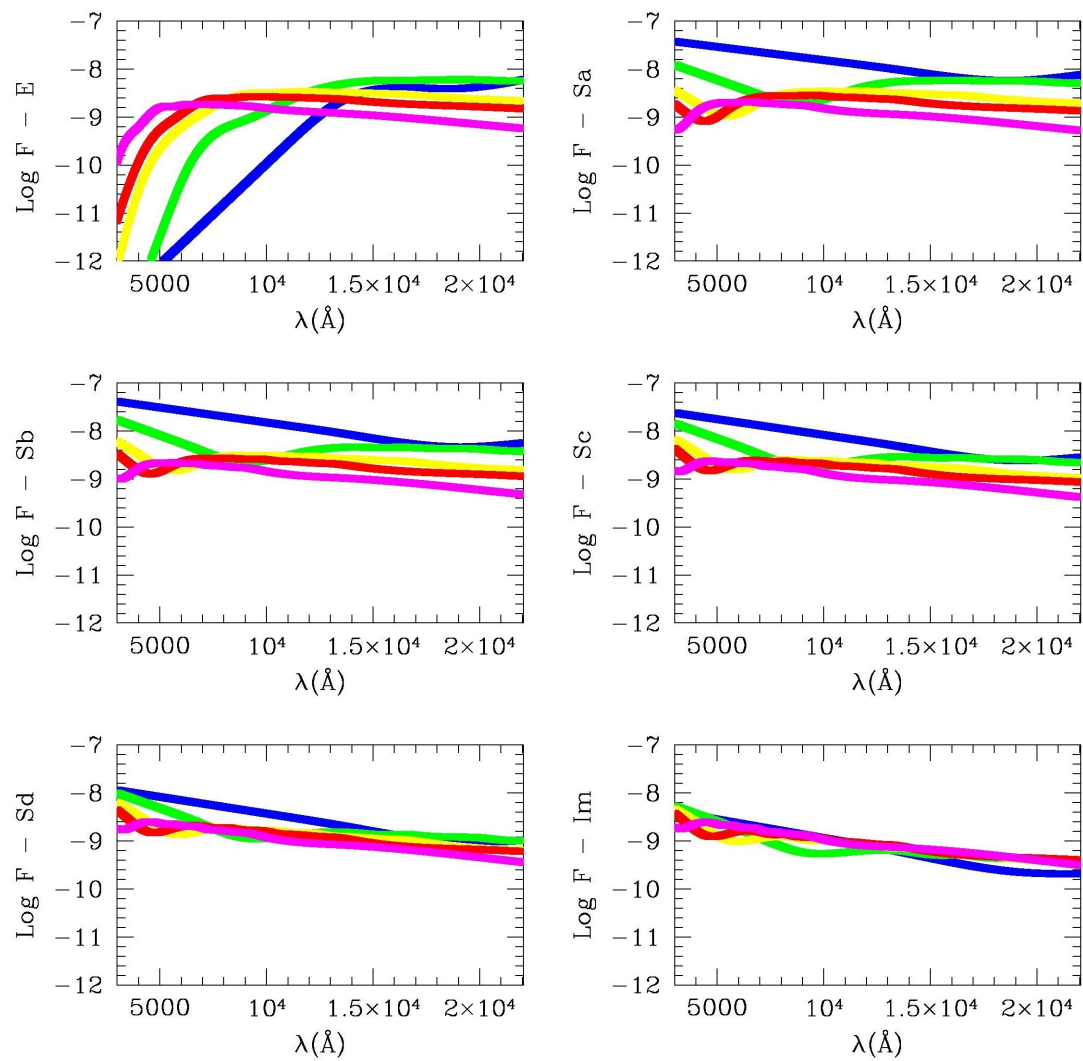


Figura 4.5: Come Figura 4.2 ma per l'universo secondo WMAP. La curva viola è riferita ad una età di 12.5 Gyr.

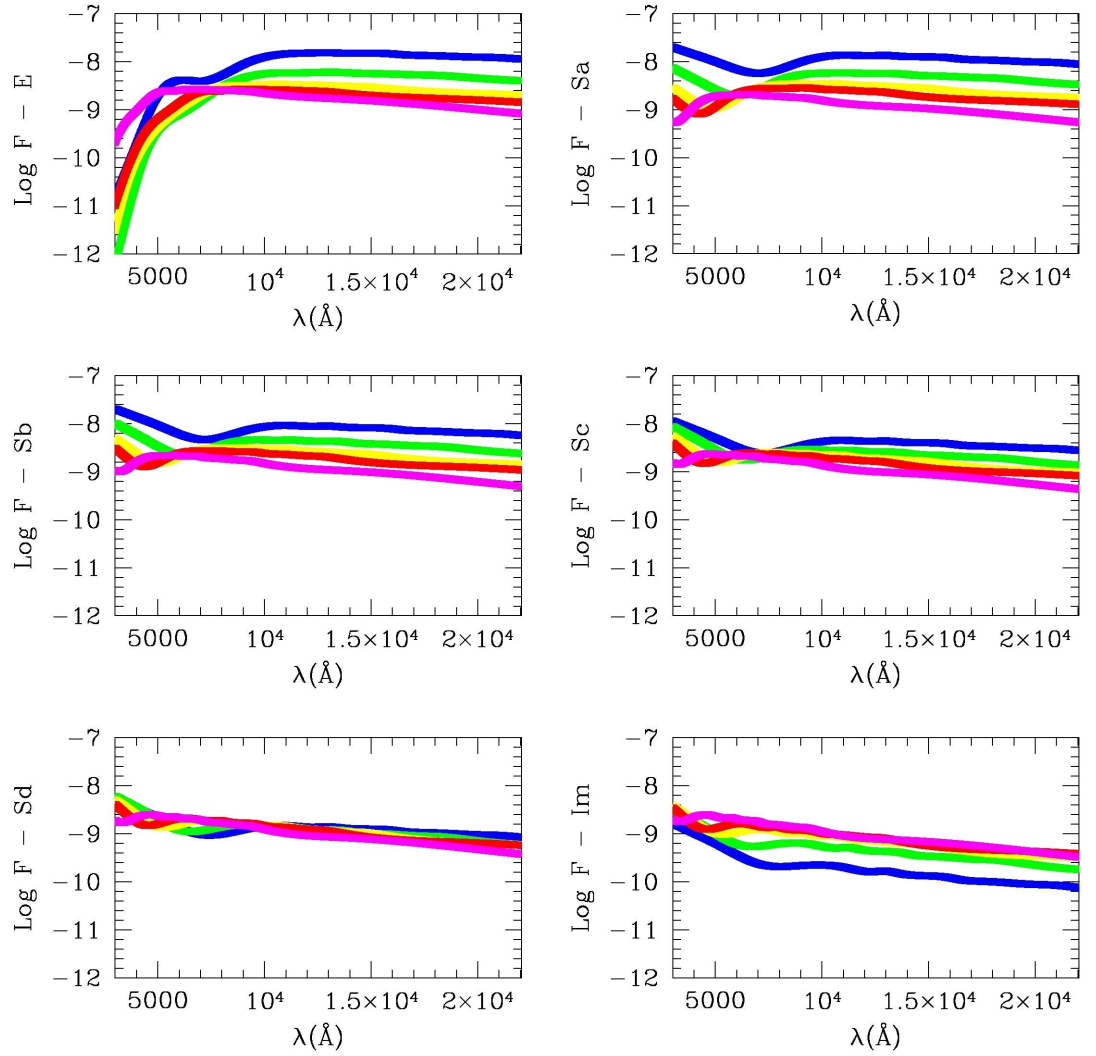


Figura 4.6: Come Figura 4.5 ma per un universo del tipo Stato Stazionario.

nel rest frame con $m(0)$, si trova (Buzzoni 1995)

$$m(z) - m(0) = k(z) = 2.5 \log(1+z) - 2.5 \log \frac{\int SED(\lambda, z) S(\lambda) d\lambda}{\int SED(\lambda, 0) S(\lambda) d\lambda} \quad (4.3)$$

dove $S(\lambda)$ è il profilo della banda di un dato sistema fotometrico. Ricordiamo che, in generale, la correzione k può essere applicata nel passare da una magnitudine in banda λ ad una in banda $\lambda' \neq \lambda$. Così come l'abbiamo definita, $k(z)$ è unicamente determinata una volta noto il redshift della sorgente. Esiste inoltre un altro tipo di correzione che tiene conto dell'evoluzione dell'età della galassia in funzione del redshift e pertanto viene chiamata correzione evolutiva $e(z)$. Notiamo che essa, a differenza di $k(z)$, dipende dal modello cosmologica ed è definita nel modo seguente (Buzzoni 1995):

$$m(z, t(z)) - m(z, t(0)) = e(z) = -2.5 \log \frac{\int SED(\lambda, z, t(z)) S(\lambda) d\lambda}{\int SED(\lambda, z, t(0)) S(\lambda) d\lambda} \quad (4.4)$$

con $t(z)$ e $t(0)$ rispettivamente l'età della sorgente a redshift z e l'età della sorgente oggi. I due tipi di correzione sono necessari per determinare la relazione che intercorre tra modulo di distanza ($m - M$) e distanza di luminosità D_L :

$$m - M = (m - k(z) - e(z)) - M = 5 \text{Log} D_L - 5. \quad (4.5)$$

In questa trattazione è stata calcolata dapprima la somma $k(z) + e(z)$ e successivamente $k(z)$, in questo modo $e(z)$ può essere ottenuto dalla differenza tra le due quantità. Si è scelto un intervallo di evoluzione $0.0 \leq z \leq 2$ in modo da evitare di incorrere in galassie *dropout*, ovvero galassie a redshift tali per cui il break di Lyman a 912 \AA cadrebbe nella banda U. La Figura 4.7 mostra a quale redshift le varie bande cadrebbero nel break; la regione grigia è idealmente occupata dalle galassie *dropout*. Gli z calcolati sono un limite superiore in quanto non si è tenuto conto della larghezza della banda.

Le Tabelle 4.1-4.11 danno le correzioni $k(z) + e(z)$ nelle bande di Johnson, Cousins, Gunn e Washington per un modello di universo di Friedmann piatto (EdS).

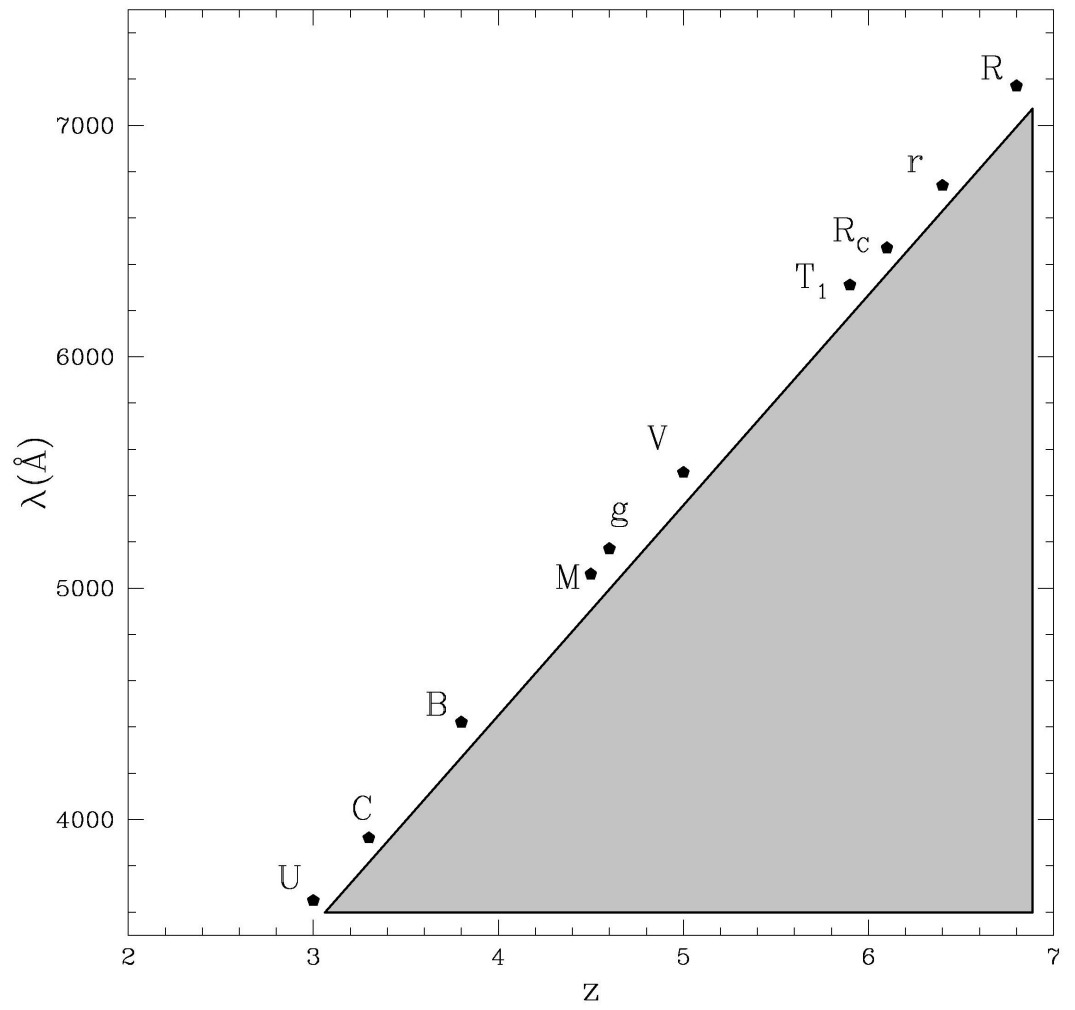


Figura 4.7: Redshift limite per non avere galassie *dropout* (regione in grigio).

z	$k(U)$	$k(B)$	$k(V)$	$k(R)$	$k(I)$	$k(J)$	$k(H)$	$k(K)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.36	0.34	0.02	-0.04	-0.14	-0.08	-0.13	-0.21
0.20	0.74	0.68	0.11	-0.07	-0.23	-0.17	-0.25	-0.41
0.30	1.14	1.01	0.26	-0.07	-0.28	-0.26	-0.35	-0.59
0.40	1.58	1.31	0.44	-0.04	-0.32	-0.35	-0.43	-0.73
0.50	2.05	1.59	0.64	0.04	-0.36	-0.42	-0.52	-0.85
0.60	2.56	1.86	0.87	0.14	-0.40	-0.49	-0.60	-0.94
0.70	3.08	2.12	1.11	0.27	-0.43	-0.55	-0.67	-1.01
0.80	3.62	2.39	1.35	0.42	-0.45	-0.60	-0.73	-1.06
0.90	4.17	2.68	1.60	0.58	-0.45	-0.64	-0.80	-1.11
1.00	4.71	3.01	1.85	0.74	-0.42	-0.68	-0.85	-1.15
1.10	5.24	3.37	2.10	0.91	-0.37	-0.71	-0.90	-1.20
1.20	5.76	3.78	2.33	1.07	-0.29	-0.73	-0.95	-1.25
1.30	6.24	4.23	2.55	1.22	-0.18	-0.74	-0.99	-1.30
1.40	6.70	4.71	2.76	1.36	-0.04	-0.75	-1.03	-1.37
1.50	7.13	5.20	2.96	1.50	0.10	-0.75	-1.06	-1.43
1.60	7.52	5.68	3.16	1.64	0.25	-0.75	-1.09	-1.49
1.70	7.87	6.13	3.35	1.77	0.40	-0.73	-1.11	-1.55
1.80	8.18	6.54	3.55	1.90	0.53	-0.71	-1.13	-1.61
1.90	8.44	6.90	3.74	2.03	0.65	-0.68	-1.14	-1.65
2.00	8.65	7.22	3.93	2.16	0.75	-0.63	-1.14	-1.70

Tabella 4.1: Correzione $k(z) + e(z)$ per le galassie ellittiche in un modello di Friedmann piatto. Sistema fotometrico di Johnson.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.00	-0.05	-0.05	-0.03	-0.05	0.41	0.01	-0.01	-0.05
0.20	-0.00	-0.07	-0.11	-0.05	-0.11	0.77	0.20	-0.03	-0.11
0.30	0.02	-0.05	-0.15	-0.04	-0.14	1.11	0.50	-0.02	-0.15
0.40	0.09	0.03	-0.18	0.03	-0.16	1.46	0.81	0.06	-0.17
0.50	0.24	0.14	-0.19	0.17	-0.16	1.84	1.08	0.20	-0.17
0.60	0.45	0.30	-0.17	0.35	-0.12	2.23	1.31	0.40	-0.14
0.70	0.69	0.48	-0.13	0.57	-0.07	2.65	1.53	0.63	-0.09
0.80	0.96	0.68	-0.07	0.81	0.01	3.09	1.73	0.89	-0.02
0.90	1.23	0.88	0.02	1.05	0.11	3.54	1.94	1.15	0.08
1.00	1.49	1.08	0.13	1.28	0.23	4.01	2.16	1.39	0.20
1.10	1.72	1.26	0.27	1.48	0.38	4.49	2.41	1.61	0.34
1.20	1.90	1.42	0.43	1.65	0.54	4.98	2.68	1.79	0.51
1.30	2.05	1.55	0.61	1.78	0.73	5.48	2.99	1.92	0.69
1.40	2.16	1.66	0.81	1.89	0.92	5.97	3.32	2.03	0.88
1.50	2.25	1.77	1.01	1.97	1.11	6.44	3.66	2.12	1.08
1.60	2.33	1.86	1.21	2.05	1.31	6.89	4.00	2.19	1.28
1.70	2.41	1.95	1.40	2.13	1.50	7.30	4.33	2.27	1.47
1.80	2.50	2.05	1.58	2.22	1.67	7.67	4.65	2.35	1.64
1.90	2.60	2.17	1.74	2.32	1.83	7.98	4.94	2.45	1.80
2.00	2.72	2.29	1.88	2.44	1.97	8.24	5.20	2.57	1.94

Tabella 4.2: Correzione $k(z) + e(z)$ per le galassie ellittiche in un modello di Friedmann piatto. Sistemi fotometrici di Gunn, Cousins e Washington.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.37	0.15	-0.00	-0.05	-0.17	-0.06	-0.13	-0.22
0.20	0.60	0.39	0.02	-0.09	-0.27	-0.15	-0.23	-0.42
0.30	0.71	0.68	0.08	-0.11	-0.31	-0.25	-0.32	-0.59
0.40	0.72	0.91	0.18	-0.11	-0.35	-0.34	-0.40	-0.73
0.50	0.65	1.03	0.31	-0.07	-0.39	-0.43	-0.48	-0.84
0.60	0.53	1.06	0.46	-0.01	-0.43	-0.50	-0.55	-0.92
0.70	0.37	1.03	0.62	0.07	-0.47	-0.56	-0.62	-0.98
0.80	0.18	0.94	0.77	0.17	-0.49	-0.62	-0.69	-1.03
0.90	-0.03	0.81	0.90	0.28	-0.51	-0.66	-0.76	-1.07
1.00	-0.23	0.66	1.00	0.38	-0.51	-0.70	-0.82	-1.11
1.10	-0.41	0.51	1.05	0.49	-0.49	-0.74	-0.88	-1.15
1.20	-0.57	0.37	1.04	0.58	-0.44	-0.76	-0.93	-1.20
1.30	-0.69	0.24	0.98	0.66	-0.37	-0.78	-0.97	-1.26
1.40	-0.79	0.13	0.88	0.73	-0.28	-0.80	-1.01	-1.32
1.50	-0.86	0.03	0.75	0.79	-0.18	-0.81	-1.05	-1.39
1.60	-0.92	-0.06	0.60	0.83	-0.09	-0.81	-1.08	-1.46
1.70	-0.97	-0.14	0.44	0.86	0.01	-0.81	-1.10	-1.52
1.80	-1.01	-0.22	0.30	0.87	0.09	-0.80	-1.12	-1.58
1.90	-1.05	-0.29	0.16	0.87	0.15	-0.78	-1.14	-1.64
2.00	-1.09	-0.35	0.05	0.85	0.21	-0.76	-1.15	-1.69

Tabella 4.3: Come Tabella 4.1 ma per le galassie Sa.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.00	-0.07	-0.06	-0.05	-0.06	0.27	0.02	-0.02	-0.06
0.20	0.07	-0.11	-0.12	-0.08	-0.12	0.56	0.11	-0.05	-0.12
0.30	0.20	-0.11	-0.17	-0.08	-0.17	0.81	0.25	-0.05	-0.17
0.40	0.34	-0.06	-0.22	-0.03	-0.20	0.96	0.41	0.00	-0.21
0.50	0.48	0.02	-0.25	0.07	-0.22	1.00	0.55	0.11	-0.23
0.60	0.61	0.13	-0.26	0.20	-0.22	0.93	0.67	0.25	-0.23
0.70	0.73	0.26	-0.25	0.35	-0.20	0.80	0.77	0.41	-0.22
0.80	0.83	0.39	-0.22	0.51	-0.16	0.61	0.85	0.58	-0.18
0.90	0.90	0.53	-0.17	0.67	-0.10	0.39	0.90	0.75	-0.13
1.00	0.94	0.65	-0.11	0.80	-0.03	0.17	0.91	0.89	-0.05
1.10	0.94	0.75	-0.02	0.90	0.06	-0.04	0.90	0.99	0.04
1.20	0.90	0.82	0.09	0.96	0.17	-0.21	0.84	1.04	0.15
1.30	0.82	0.86	0.22	0.98	0.30	-0.35	0.75	1.04	0.27
1.40	0.71	0.88	0.35	0.96	0.43	-0.45	0.64	1.00	0.40
1.50	0.57	0.87	0.49	0.91	0.55	-0.53	0.51	0.94	0.53
1.60	0.43	0.85	0.62	0.85	0.67	-0.60	0.37	0.85	0.65
1.70	0.29	0.81	0.73	0.77	0.78	-0.64	0.23	0.75	0.76
1.80	0.15	0.77	0.83	0.69	0.86	-0.69	0.10	0.65	0.85
1.90	0.03	0.72	0.89	0.61	0.92	-0.73	-0.02	0.55	0.91
2.00	-0.08	0.66	0.94	0.53	0.96	-0.77	-0.12	0.46	0.95

Tabella 4.4: Come Tabella 4.2 ma per le galassie Sa

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.30	0.11	0.00	-0.03	-0.15	-0.03	-0.10	-0.19
0.20	0.48	0.31	0.02	-0.06	-0.24	-0.09	-0.18	-0.37
0.30	0.54	0.55	0.06	-0.07	-0.26	-0.17	-0.24	-0.52
0.40	0.52	0.74	0.14	-0.07	-0.28	-0.26	-0.30	-0.65
0.50	0.45	0.83	0.24	-0.03	-0.31	-0.33	-0.36	-0.74
0.60	0.33	0.84	0.36	0.02	-0.34	-0.39	-0.42	-0.80
0.70	0.17	0.79	0.48	0.10	-0.37	-0.44	-0.48	-0.85
0.80	-0.00	0.69	0.60	0.18	-0.39	-0.49	-0.54	-0.89
0.90	-0.18	0.56	0.70	0.27	-0.40	-0.53	-0.59	-0.91
1.00	-0.36	0.41	0.77	0.36	-0.40	-0.56	-0.65	-0.94
1.10	-0.52	0.26	0.81	0.45	-0.38	-0.58	-0.70	-0.97
1.20	-0.65	0.13	0.79	0.52	-0.34	-0.61	-0.74	-1.01
1.30	-0.75	0.02	0.72	0.58	-0.27	-0.62	-0.78	-1.06
1.40	-0.82	-0.08	0.63	0.63	-0.20	-0.63	-0.81	-1.12
1.50	-0.88	-0.16	0.50	0.67	-0.11	-0.64	-0.84	-1.18
1.60	-0.92	-0.23	0.37	0.69	-0.03	-0.64	-0.87	-1.24
1.70	-0.95	-0.30	0.23	0.70	0.05	-0.64	-0.89	-1.31
1.80	-0.98	-0.35	0.09	0.70	0.13	-0.62	-0.90	-1.36
1.90	-1.01	-0.41	-0.03	0.69	0.18	-0.61	-0.91	-1.41
2.00	-1.03	-0.45	-0.13	0.67	0.23	-0.59	-0.92	-1.46

Tabella 4.5: Come Tabella 4.1 ma per le galassie Sb.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.03	-0.07	-0.04	-0.04	-0.04	0.23	0.03	-0.00	-0.04
0.20	0.09	-0.10	-0.08	-0.06	-0.08	0.46	0.11	-0.01	-0.08
0.30	0.18	-0.09	-0.12	-0.04	-0.12	0.66	0.22	-0.00	-0.12
0.40	0.27	-0.04	-0.16	0.01	-0.14	0.76	0.33	0.05	-0.15
0.50	0.37	0.04	-0.18	0.10	-0.15	0.77	0.43	0.14	-0.16
0.60	0.47	0.13	-0.18	0.21	-0.15	0.70	0.52	0.25	-0.16
0.70	0.56	0.24	-0.17	0.34	-0.13	0.56	0.59	0.39	-0.14
0.80	0.63	0.36	-0.14	0.47	-0.09	0.39	0.64	0.53	-0.11
0.90	0.68	0.47	-0.10	0.59	-0.04	0.19	0.67	0.66	-0.06
1.00	0.70	0.57	-0.04	0.69	0.02	-0.01	0.67	0.76	-0.00
1.10	0.69	0.65	0.03	0.77	0.10	-0.20	0.64	0.84	0.08
1.20	0.65	0.70	0.13	0.80	0.19	-0.35	0.58	0.87	0.17
1.30	0.57	0.72	0.23	0.80	0.29	-0.46	0.50	0.86	0.27
1.40	0.47	0.72	0.35	0.77	0.40	-0.55	0.40	0.81	0.38
1.50	0.35	0.70	0.46	0.72	0.50	-0.61	0.28	0.74	0.49
1.60	0.22	0.66	0.56	0.65	0.60	-0.66	0.16	0.65	0.59
1.70	0.09	0.62	0.66	0.57	0.68	-0.69	0.04	0.55	0.68
1.80	-0.03	0.57	0.73	0.49	0.75	-0.72	-0.08	0.45	0.75
1.90	-0.14	0.52	0.79	0.41	0.79	-0.74	-0.18	0.36	0.79
2.00	-0.23	0.47	0.82	0.34	0.82	-0.77	-0.27	0.27	0.82

Tabella 4.6: Come in Tabella 4.2 ma per le galassie Sb.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.30	0.10	0.03	0.02	-0.13	0.03	-0.04	-0.15
0.20	0.48	0.31	0.07	0.03	-0.17	0.01	-0.07	-0.29
0.30	0.56	0.56	0.13	0.03	-0.15	-0.04	-0.09	-0.40
0.40	0.56	0.75	0.21	0.06	-0.13	-0.09	-0.11	-0.49
0.50	0.50	0.85	0.31	0.11	-0.12	-0.13	-0.14	-0.55
0.60	0.41	0.87	0.43	0.18	-0.13	-0.17	-0.17	-0.58
0.70	0.29	0.83	0.56	0.26	-0.13	-0.20	-0.21	-0.60
0.80	0.15	0.75	0.68	0.36	-0.14	-0.23	-0.24	-0.61
0.90	-0.00	0.64	0.78	0.45	-0.14	-0.25	-0.28	-0.62
1.00	-0.14	0.51	0.86	0.55	-0.13	-0.26	-0.32	-0.62
1.10	-0.27	0.38	0.90	0.64	-0.10	-0.27	-0.36	-0.64
1.20	-0.37	0.28	0.89	0.71	-0.05	-0.28	-0.39	-0.66
1.30	-0.44	0.19	0.84	0.78	0.01	-0.28	-0.41	-0.70
1.40	-0.48	0.12	0.77	0.83	0.10	-0.28	-0.44	-0.75
1.50	-0.52	0.07	0.67	0.87	0.18	-0.28	-0.45	-0.80
1.60	-0.53	0.02	0.55	0.90	0.27	-0.27	-0.47	-0.85
1.70	-0.54	-0.01	0.44	0.92	0.36	-0.25	-0.48	-0.91
1.80	-0.55	-0.05	0.33	0.92	0.43	-0.23	-0.48	-0.96
1.90	-0.55	-0.07	0.23	0.92	0.50	-0.21	-0.49	-1.00
2.00	-0.56	-0.10	0.15	0.91	0.54	-0.18	-0.48	-1.04

Tabella 4.7: Come Tabella 4.1 ma per le galassie Sc.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.09	-0.04	0.01	-0.01	0.00	0.24	0.08	0.04	0.00
0.20	0.17	-0.04	0.01	0.01	-0.00	0.47	0.17	0.07	-0.00
0.30	0.25	0.00	-0.01	0.06	-0.01	0.67	0.28	0.11	-0.01
0.40	0.33	0.08	-0.01	0.15	-0.00	0.78	0.38	0.18	-0.01
0.50	0.43	0.17	-0.01	0.25	0.01	0.81	0.48	0.28	0.00
0.60	0.52	0.28	0.01	0.37	0.04	0.75	0.57	0.41	0.03
0.70	0.61	0.40	0.03	0.50	0.07	0.64	0.64	0.54	0.06
0.80	0.69	0.51	0.08	0.62	0.12	0.49	0.70	0.67	0.11
0.90	0.75	0.62	0.13	0.73	0.18	0.33	0.74	0.79	0.16
1.00	0.79	0.72	0.20	0.83	0.25	0.16	0.75	0.90	0.23
1.10	0.80	0.80	0.28	0.90	0.33	0.00	0.74	0.97	0.32
1.20	0.77	0.85	0.38	0.94	0.43	-0.12	0.71	1.00	0.41
1.30	0.72	0.88	0.49	0.94	0.53	-0.20	0.65	1.00	0.52
1.40	0.64	0.88	0.60	0.92	0.64	-0.26	0.57	0.96	0.62
1.50	0.54	0.87	0.71	0.88	0.74	-0.29	0.48	0.90	0.73
1.60	0.44	0.85	0.82	0.83	0.84	-0.31	0.38	0.83	0.83
1.70	0.34	0.82	0.91	0.76	0.92	-0.32	0.28	0.75	0.92
1.80	0.24	0.78	0.99	0.70	0.99	-0.33	0.19	0.67	0.99
1.90	0.15	0.74	1.04	0.64	1.04	-0.33	0.12	0.60	1.04
2.00	0.08	0.70	1.08	0.58	1.07	-0.34	0.05	0.53	1.07

Tabella 4.8: Come in Tabella 4.2 ma per le galassie Sc.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.32	0.13	0.08	0.08	-0.08	0.11	0.03	-0.08
0.20	0.53	0.35	0.16	0.14	-0.06	0.16	0.08	-0.15
0.30	0.63	0.62	0.24	0.19	0.02	0.17	0.13	-0.20
0.40	0.66	0.84	0.35	0.26	0.10	0.17	0.18	-0.23
0.50	0.65	0.97	0.47	0.34	0.15	0.17	0.20	-0.23
0.60	0.59	1.01	0.60	0.43	0.19	0.17	0.22	-0.21
0.70	0.50	1.00	0.74	0.54	0.22	0.18	0.22	-0.18
0.80	0.40	0.94	0.88	0.65	0.25	0.19	0.22	-0.15
0.90	0.29	0.85	0.99	0.76	0.27	0.21	0.22	-0.12
1.00	0.18	0.75	1.08	0.87	0.30	0.22	0.21	-0.09
1.10	0.09	0.65	1.14	0.96	0.35	0.24	0.20	-0.07
1.20	0.02	0.57	1.15	1.05	0.41	0.26	0.19	-0.06
1.30	-0.03	0.51	1.13	1.12	0.48	0.28	0.19	-0.07
1.40	-0.05	0.47	1.07	1.18	0.57	0.30	0.19	-0.10
1.50	-0.06	0.44	0.99	1.23	0.66	0.32	0.20	-0.13
1.60	-0.05	0.42	0.90	1.26	0.76	0.35	0.21	-0.16
1.70	-0.04	0.41	0.81	1.29	0.85	0.38	0.22	-0.20
1.80	-0.03	0.40	0.72	1.30	0.93	0.41	0.23	-0.23
1.90	-0.01	0.39	0.65	1.31	0.99	0.45	0.25	-0.26
2.00	0.00	0.39	0.59	1.31	1.05	0.49	0.26	-0.28

Tabella 4.9: Come Tabella 4.1 ma per le galassie Sd.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.16	0.01	0.08	0.05	0.07	0.27	0.14	0.10	0.07
0.20	0.27	0.06	0.14	0.12	0.13	0.52	0.26	0.18	0.13
0.30	0.37	0.15	0.17	0.22	0.17	0.74	0.39	0.27	0.17
0.40	0.46	0.26	0.20	0.34	0.21	0.88	0.50	0.38	0.21
0.50	0.57	0.39	0.24	0.47	0.26	0.93	0.61	0.51	0.26
0.60	0.67	0.52	0.29	0.61	0.32	0.91	0.72	0.65	0.31
0.70	0.78	0.65	0.35	0.75	0.38	0.83	0.81	0.79	0.37
0.80	0.88	0.78	0.41	0.89	0.45	0.72	0.88	0.93	0.44
0.90	0.96	0.90	0.49	1.01	0.53	0.58	0.94	1.06	0.51
1.00	1.02	1.01	0.57	1.11	0.61	0.45	0.98	1.17	0.60
1.10	1.05	1.09	0.67	1.18	0.71	0.33	1.00	1.25	0.69
1.20	1.05	1.15	0.77	1.23	0.81	0.24	0.98	1.29	0.80
1.30	1.02	1.19	0.89	1.24	0.92	0.18	0.95	1.29	0.91
1.40	0.96	1.21	1.00	1.23	1.03	0.15	0.89	1.27	1.02
1.50	0.89	1.21	1.12	1.21	1.13	0.14	0.82	1.23	1.13
1.60	0.81	1.20	1.23	1.17	1.23	0.14	0.75	1.18	1.23
1.70	0.73	1.18	1.32	1.12	1.32	0.16	0.68	1.11	1.32
1.80	0.66	1.15	1.41	1.08	1.40	0.17	0.61	1.05	1.40
1.90	0.59	1.13	1.47	1.03	1.45	0.19	0.56	1.00	1.46
2.00	0.54	1.10	1.51	1.00	1.49	0.20	0.51	0.95	1.50

Tabella 4.10: Come in Tabella 4.2 ma per le galassie Sd.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.38	0.18	0.16	0.16	0.01	0.21	0.13	0.01
0.20	0.64	0.46	0.30	0.30	0.10	0.35	0.27	0.04
0.30	0.79	0.78	0.43	0.42	0.27	0.45	0.42	0.07
0.40	0.87	1.05	0.58	0.54	0.42	0.52	0.55	0.13
0.50	0.90	1.22	0.74	0.68	0.55	0.60	0.66	0.22
0.60	0.89	1.31	0.92	0.82	0.66	0.67	0.75	0.32
0.70	0.85	1.33	1.09	0.97	0.74	0.74	0.83	0.43
0.80	0.79	1.31	1.25	1.11	0.82	0.81	0.89	0.54
0.90	0.72	1.26	1.40	1.25	0.89	0.88	0.95	0.66
1.00	0.66	1.20	1.52	1.39	0.96	0.95	1.00	0.76
1.10	0.61	1.13	1.61	1.51	1.03	1.02	1.05	0.85
1.20	0.58	1.09	1.65	1.62	1.12	1.09	1.10	0.92
1.30	0.57	1.06	1.65	1.71	1.23	1.15	1.16	0.97
1.40	0.58	1.05	1.63	1.79	1.33	1.22	1.21	1.00
1.50	0.61	1.05	1.58	1.85	1.45	1.29	1.27	1.02
1.60	0.64	1.06	1.52	1.90	1.56	1.36	1.33	1.04
1.70	0.68	1.08	1.46	1.94	1.66	1.43	1.38	1.05
1.80	0.72	1.10	1.40	1.98	1.75	1.49	1.44	1.06
1.90	0.76	1.12	1.35	2.00	1.83	1.56	1.49	1.08
2.00	0.80	1.14	1.31	2.02	1.90	1.62	1.54	1.10

Tabella 4.11: Come Tabella 4.1 ma per le galassie Im.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.24	0.08	0.17	0.12	0.15	0.33	0.22	0.18	0.16
0.20	0.42	0.20	0.30	0.27	0.29	0.64	0.40	0.35	0.29
0.30	0.56	0.36	0.41	0.45	0.41	0.90	0.57	0.51	0.41
0.40	0.69	0.53	0.51	0.63	0.52	1.09	0.72	0.67	0.51
0.50	0.83	0.71	0.61	0.81	0.63	1.18	0.87	0.85	0.62
0.60	0.97	0.89	0.71	0.99	0.73	1.20	1.01	1.03	0.73
0.70	1.12	1.06	0.82	1.17	0.84	1.17	1.14	1.20	0.83
0.80	1.25	1.22	0.92	1.33	0.95	1.10	1.25	1.37	0.94
0.90	1.37	1.37	1.03	1.47	1.06	1.01	1.35	1.52	1.05
1.00	1.46	1.50	1.15	1.59	1.18	0.92	1.42	1.65	1.17
1.10	1.53	1.60	1.27	1.68	1.30	0.84	1.47	1.74	1.29
1.20	1.56	1.69	1.40	1.74	1.42	0.79	1.49	1.81	1.41
1.30	1.56	1.74	1.53	1.78	1.55	0.77	1.48	1.83	1.54
1.40	1.53	1.78	1.66	1.80	1.67	0.77	1.46	1.84	1.67
1.50	1.49	1.80	1.79	1.79	1.79	0.79	1.42	1.82	1.79
1.60	1.44	1.81	1.91	1.78	1.91	0.82	1.38	1.79	1.91
1.70	1.39	1.82	2.02	1.76	2.01	0.87	1.34	1.76	2.01
1.80	1.34	1.81	2.12	1.74	2.10	0.91	1.30	1.72	2.10
1.90	1.31	1.81	2.20	1.72	2.17	0.95	1.27	1.69	2.18
2.00	1.28	1.80	2.26	1.70	2.22	0.99	1.25	1.67	2.23

Tabella 4.12: Come in Tabella 4.2 ma per le galassie Im.

Le Tabelle 4.13-4.23 danno le correzioni $k(z) + e(z)$ per un universo di Friedmann chiuso.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.36	0.31	0.05	-0.05	-0.14	-0.09	-0.13	-0.22
0.20	0.74	0.65	0.10	-0.09	-0.23	-0.18	-0.26	-0.43
0.30	1.13	0.98	0.18	-0.11	-0.29	-0.26	-0.38	-0.61
0.40	1.54	1.26	0.33	-0.09	-0.35	-0.35	-0.49	-0.75
0.50	1.98	1.51	0.55	-0.04	-0.41	-0.43	-0.58	-0.86
0.60	2.43	1.75	0.81	0.04	-0.45	-0.50	-0.66	-0.95
0.70	2.91	1.99	1.10	0.15	-0.48	-0.57	-0.74	-1.02
0.80	3.40	2.24	1.39	0.28	-0.49	-0.63	-0.80	-1.07
0.90	3.91	2.52	1.67	0.43	-0.48	-0.68	-0.86	-1.13
1.00	4.42	2.85	1.92	0.60	-0.44	-0.72	-0.91	-1.18
1.10	4.95	3.24	2.13	0.78	-0.39	-0.76	-0.96	-1.24
1.20	5.47	3.67	2.29	0.97	-0.30	-0.78	-1.00	-1.31
1.30	5.97	4.13	2.43	1.16	-0.21	-0.80	-1.04	-1.38
1.40	6.46	4.59	2.55	1.35	-0.11	-0.81	-1.07	-1.45
1.50	6.90	5.04	2.67	1.54	0.00	-0.81	-1.10	-1.51
1.60	7.29	5.46	2.79	1.71	0.10	-0.79	-1.13	-1.58
1.70	7.63	5.84	2.93	1.88	0.19	-0.77	-1.15	-1.63
1.80	7.90	6.16	3.08	2.02	0.28	-0.73	-1.16	-1.68
1.90	8.13	6.44	3.24	2.16	0.35	-0.69	-1.17	-1.73
2.00	8.30	6.68	3.42	2.28	0.41	-0.64	-1.18	-1.76

Tabella 4.13: Correzione $k(z) + e(z)$ per le galassie ellittiche in un modello di Friedmann chiuso. Sistema fotometrico di Johnson.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	-0.01	-0.05	-0.06	-0.05	-0.06	0.41	0.00	-0.03	-0.06
0.20	0.14	-0.06	-0.12	-0.05	-0.12	0.76	0.20	-0.04	-0.12
0.30	0.38	-0.03	-0.17	-0.00	-0.17	1.08	0.48	-0.00	-0.17
0.40	0.63	0.04	-0.21	0.10	-0.20	1.39	0.75	0.10	-0.21
0.50	0.88	0.15	-0.23	0.24	-0.21	1.72	1.00	0.27	-0.22
0.60	1.12	0.28	-0.23	0.41	-0.20	2.07	1.24	0.47	-0.21
0.70	1.37	0.44	-0.21	0.61	-0.16	2.44	1.47	0.69	-0.18
0.80	1.61	0.61	-0.16	0.81	-0.09	2.83	1.70	0.92	-0.11
0.90	1.85	0.78	-0.07	1.01	0.01	3.26	1.93	1.14	-0.02
1.00	2.08	0.95	0.05	1.19	0.14	3.72	2.16	1.34	0.11
1.10	2.31	1.12	0.21	1.35	0.31	4.21	2.40	1.50	0.28
1.20	2.53	1.28	0.40	1.49	0.51	4.74	2.65	1.63	0.47
1.30	2.74	1.43	0.60	1.61	0.72	5.26	2.90	1.74	0.68
1.40	2.96	1.57	0.81	1.72	0.93	5.78	3.15	1.83	0.90
1.50	3.17	1.71	1.02	1.83	1.14	6.27	3.40	1.93	1.11
1.60	3.38	1.85	1.21	1.95	1.34	6.71	3.64	2.02	1.30
1.70	3.58	1.99	1.37	2.06	1.51	7.09	3.88	2.13	1.47
1.80	3.79	2.12	1.51	2.19	1.65	7.40	4.10	2.25	1.61
1.90	4.00	2.26	1.63	2.33	1.77	7.67	4.33	2.39	1.73
2.00	4.20	2.39	1.72	2.47	1.87	7.88	4.54	2.53	1.82

Tabella 4.14: Correzione $k(z) + e(z)$ per le galassie ellittiche in un modello di Friedmann chiuso. Sistemi fotometrici di Gunn, Cousins e Washington.

z	$k(U)$	$k(B)$	$k(V)$	$k(R)$	$k(I)$	$k(J)$	$k(H)$	$k(K)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.34	0.15	-0.01	-0.04	-0.16	-0.07	-0.12	-0.22
0.20	0.59	0.39	-0.00	-0.09	-0.26	-0.16	-0.23	-0.43
0.30	0.72	0.63	0.05	-0.14	-0.32	-0.25	-0.34	-0.60
0.40	0.74	0.80	0.16	-0.15	-0.38	-0.34	-0.45	-0.74
0.50	0.67	0.89	0.32	-0.14	-0.43	-0.42	-0.54	-0.85
0.60	0.52	0.91	0.50	-0.10	-0.47	-0.50	-0.62	-0.92
0.70	0.32	0.89	0.69	-0.04	-0.50	-0.57	-0.70	-0.99
0.80	0.10	0.82	0.86	0.04	-0.52	-0.64	-0.76	-1.04
0.90	-0.13	0.73	0.99	0.14	-0.53	-0.70	-0.82	-1.08
1.00	-0.34	0.61	1.07	0.25	-0.52	-0.75	-0.88	-1.13
1.10	-0.50	0.49	1.07	0.36	-0.49	-0.79	-0.93	-1.19
1.20	-0.63	0.37	1.02	0.48	-0.45	-0.81	-0.97	-1.26
1.30	-0.73	0.25	0.91	0.60	-0.40	-0.83	-1.01	-1.33
1.40	-0.81	0.12	0.77	0.71	-0.34	-0.84	-1.05	-1.41
1.50	-0.87	0.01	0.62	0.81	-0.28	-0.84	-1.08	-1.48
1.60	-0.92	-0.10	0.46	0.88	-0.22	-0.84	-1.10	-1.55
1.70	-0.97	-0.20	0.32	0.93	-0.17	-0.82	-1.13	-1.61
1.80	-1.01	-0.29	0.20	0.96	-0.13	-0.80	-1.15	-1.66
1.90	-1.05	-0.37	0.09	0.96	-0.09	-0.78	-1.16	-1.71
2.00	-1.10	-0.44	-0.01	0.93	-0.06	-0.74	-1.18	-1.75

Tabella 4.15: Come Tabella 4.13 ma per le galassie Sa.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	-0.00	-0.08	-0.06	-0.08	-0.07	0.24	0.01	-0.05	-0.06
0.20	0.05	-0.11	-0.12	-0.10	-0.14	0.56	0.09	-0.07	-0.13
0.30	0.16	-0.10	-0.19	-0.07	-0.20	0.82	0.21	-0.05	-0.20
0.40	0.29	-0.06	-0.25	-0.01	-0.25	0.95	0.35	0.03	-0.25
0.50	0.45	0.01	-0.29	0.09	-0.28	0.95	0.50	0.14	-0.28
0.60	0.61	0.10	-0.31	0.21	-0.29	0.85	0.65	0.28	-0.30
0.70	0.77	0.20	-0.31	0.34	-0.28	0.68	0.79	0.43	-0.29
0.80	0.90	0.30	-0.29	0.48	-0.25	0.47	0.90	0.58	-0.26
0.90	0.98	0.41	-0.24	0.60	-0.19	0.25	0.97	0.71	-0.21
1.00	1.02	0.52	-0.16	0.70	-0.10	0.04	0.99	0.82	-0.12
1.10	0.99	0.61	-0.05	0.78	0.01	-0.13	0.94	0.88	-0.01
1.20	0.90	0.69	0.08	0.82	0.15	-0.27	0.85	0.91	0.13
1.30	0.78	0.75	0.22	0.85	0.30	-0.38	0.72	0.91	0.27
1.40	0.63	0.81	0.37	0.85	0.44	-0.46	0.57	0.89	0.42
1.50	0.46	0.84	0.50	0.84	0.58	-0.53	0.41	0.85	0.56
1.60	0.30	0.86	0.62	0.82	0.70	-0.59	0.25	0.79	0.67
1.70	0.16	0.86	0.71	0.78	0.78	-0.64	0.11	0.74	0.76
1.80	0.03	0.85	0.77	0.74	0.84	-0.70	-0.01	0.68	0.82
1.90	-0.08	0.82	0.80	0.69	0.87	-0.75	-0.12	0.61	0.85
2.00	-0.17	0.77	0.81	0.63	0.88	-0.79	-0.22	0.54	0.86

Tabella 4.16: Come Tabella 4.14 ma per le galassie Sa.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.28	0.10	-0.02	-0.02	-0.14	-0.04	-0.09	-0.20
0.20	0.47	0.31	-0.01	-0.05	-0.22	-0.10	-0.18	-0.38
0.30	0.56	0.52	0.05	-0.09	-0.27	-0.17	-0.27	-0.54
0.40	0.56	0.65	0.15	-0.10	-0.31	-0.24	-0.35	-0.66
0.50	0.47	0.72	0.28	-0.08	-0.34	-0.32	-0.42	-0.74
0.60	0.32	0.72	0.43	-0.04	-0.37	-0.38	-0.49	-0.80
0.70	0.14	0.67	0.58	0.01	-0.40	-0.45	-0.56	-0.85
0.80	-0.06	0.59	0.71	0.08	-0.41	-0.51	-0.62	-0.89
0.90	-0.26	0.48	0.81	0.16	-0.41	-0.56	-0.67	-0.92
1.00	-0.44	0.37	0.86	0.25	-0.40	-0.60	-0.72	-0.96
1.10	-0.59	0.25	0.85	0.35	-0.37	-0.63	-0.76	-1.01
1.20	-0.69	0.14	0.78	0.44	-0.33	-0.65	-0.80	-1.07
1.30	-0.77	0.03	0.68	0.54	-0.28	-0.66	-0.83	-1.14
1.40	-0.83	-0.07	0.54	0.62	-0.23	-0.67	-0.85	-1.21
1.50	-0.87	-0.16	0.40	0.70	-0.18	-0.66	-0.87	-1.27
1.60	-0.91	-0.25	0.26	0.75	-0.13	-0.65	-0.89	-1.34
1.70	-0.94	-0.33	0.13	0.79	-0.09	-0.64	-0.91	-1.40
1.80	-0.97	-0.40	0.02	0.80	-0.06	-0.61	-0.92	-1.45
1.90	-1.00	-0.46	-0.08	0.79	-0.03	-0.59	-0.94	-1.49
2.00	-1.03	-0.52	-0.17	0.77	-0.01	-0.55	-0.95	-1.53

Tabella 4.17: Come Tabella 4.13 ma per le galassie Sb.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.03	-0.07	-0.04	-0.07	-0.05	0.21	0.04	-0.02	-0.04
0.20	0.07	-0.09	-0.08	-0.08	-0.10	0.47	0.09	-0.03	-0.10
0.30	0.13	-0.08	-0.14	-0.05	-0.15	0.67	0.17	-0.01	-0.15
0.40	0.23	-0.03	-0.18	0.01	-0.19	0.76	0.27	0.06	-0.19
0.50	0.35	0.03	-0.21	0.10	-0.21	0.74	0.38	0.16	-0.21
0.60	0.47	0.11	-0.23	0.21	-0.22	0.63	0.50	0.28	-0.22
0.70	0.60	0.20	-0.22	0.32	-0.20	0.47	0.60	0.40	-0.21
0.80	0.70	0.29	-0.20	0.43	-0.17	0.27	0.69	0.53	-0.18
0.90	0.77	0.38	-0.16	0.53	-0.12	0.07	0.74	0.63	-0.13
1.00	0.79	0.46	-0.09	0.61	-0.04	-0.12	0.75	0.71	-0.06
1.10	0.76	0.53	0.01	0.67	0.06	-0.27	0.70	0.76	0.04
1.20	0.67	0.59	0.12	0.70	0.17	-0.39	0.61	0.77	0.16
1.30	0.56	0.64	0.24	0.70	0.30	-0.48	0.49	0.75	0.28
1.40	0.41	0.67	0.37	0.70	0.43	-0.54	0.35	0.72	0.41
1.50	0.26	0.69	0.48	0.67	0.54	-0.59	0.21	0.67	0.52
1.60	0.12	0.69	0.58	0.64	0.64	-0.64	0.06	0.61	0.62
1.70	-0.01	0.68	0.66	0.60	0.71	-0.67	-0.06	0.55	0.69
1.80	-0.13	0.66	0.71	0.55	0.75	-0.71	-0.17	0.49	0.74
1.90	-0.23	0.63	0.73	0.50	0.78	-0.75	-0.27	0.43	0.76
2.00	-0.31	0.59	0.74	0.44	0.77	-0.78	-0.35	0.36	0.76

Tabella 4.18: Come Tabella 4.14 ma per le galassie Sb.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.29	0.10	-0.00	0.04	-0.11	0.02	-0.04	-0.15
0.20	0.48	0.32	0.04	0.04	-0.15	0.01	-0.07	-0.29
0.30	0.59	0.54	0.12	0.03	-0.15	-0.03	-0.12	-0.41
0.40	0.60	0.69	0.24	0.04	-0.15	-0.07	-0.16	-0.49
0.50	0.54	0.76	0.39	0.08	-0.16	-0.11	-0.20	-0.55
0.60	0.42	0.77	0.54	0.13	-0.16	-0.16	-0.24	-0.58
0.70	0.27	0.73	0.68	0.19	-0.16	-0.20	-0.29	-0.60
0.80	0.10	0.67	0.81	0.27	-0.15	-0.24	-0.32	-0.61
0.90	-0.07	0.58	0.90	0.36	-0.14	-0.27	-0.36	-0.62
1.00	-0.21	0.48	0.95	0.46	-0.11	-0.30	-0.39	-0.64
1.10	-0.32	0.39	0.95	0.56	-0.08	-0.32	-0.42	-0.68
1.20	-0.40	0.30	0.90	0.66	-0.03	-0.32	-0.44	-0.72
1.30	-0.45	0.23	0.81	0.75	0.02	-0.32	-0.46	-0.78
1.40	-0.48	0.15	0.71	0.84	0.08	-0.31	-0.47	-0.84
1.50	-0.49	0.09	0.59	0.91	0.13	-0.29	-0.48	-0.90
1.60	-0.50	0.03	0.47	0.97	0.19	-0.27	-0.49	-0.95
1.70	-0.51	-0.02	0.37	1.01	0.23	-0.24	-0.50	-1.00
1.80	-0.52	-0.07	0.28	1.03	0.27	-0.21	-0.50	-1.05
1.90	-0.52	-0.10	0.21	1.03	0.31	-0.17	-0.51	-1.08
2.00	-0.53	-0.14	0.14	1.02	0.34	-0.13	-0.51	-1.11

Tabella 4.19: Come Tabella 4.13 ma per le galassie Sc.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.10	-0.05	0.02	-0.04	-0.00	0.22	0.10	0.01	0.00
0.20	0.15	-0.03	0.01	-0.02	-0.02	0.48	0.17	0.05	-0.01
0.30	0.20	0.02	-0.01	0.04	-0.03	0.69	0.23	0.11	-0.03
0.40	0.29	0.09	-0.03	0.13	-0.04	0.79	0.32	0.20	-0.04
0.50	0.40	0.17	-0.03	0.24	-0.04	0.79	0.43	0.31	-0.04
0.60	0.53	0.26	-0.03	0.35	-0.02	0.70	0.54	0.43	-0.03
0.70	0.66	0.36	-0.01	0.47	0.01	0.56	0.66	0.56	-0.00
0.80	0.77	0.45	0.03	0.58	0.05	0.40	0.75	0.68	0.04
0.90	0.86	0.55	0.08	0.68	0.11	0.22	0.82	0.78	0.10
1.00	0.90	0.63	0.16	0.77	0.20	0.07	0.85	0.86	0.19
1.10	0.88	0.71	0.26	0.82	0.30	-0.05	0.83	0.91	0.29
1.20	0.82	0.77	0.38	0.86	0.42	-0.14	0.76	0.93	0.41
1.30	0.73	0.82	0.51	0.87	0.55	-0.20	0.66	0.92	0.54
1.40	0.61	0.85	0.63	0.87	0.68	-0.23	0.55	0.90	0.66
1.50	0.48	0.88	0.75	0.86	0.79	-0.26	0.43	0.86	0.78
1.60	0.36	0.89	0.85	0.84	0.89	-0.27	0.31	0.82	0.88
1.70	0.26	0.89	0.93	0.81	0.97	-0.29	0.21	0.77	0.96
1.80	0.16	0.88	0.98	0.78	1.02	-0.30	0.12	0.73	1.01
1.90	0.09	0.86	1.02	0.74	1.05	-0.31	0.05	0.68	1.04
2.00	0.02	0.83	1.03	0.70	1.06	-0.32	-0.02	0.63	1.05

Tabella 4.20: Come Tabella 4.14 ma per le galassie Sc.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.31	0.13	0.03	0.11	-0.06	0.10	0.05	-0.08
0.20	0.54	0.37	0.12	0.16	-0.03	0.16	0.09	-0.15
0.30	0.67	0.62	0.26	0.20	0.04	0.19	0.12	-0.20
0.40	0.71	0.79	0.41	0.25	0.09	0.21	0.14	-0.22
0.50	0.69	0.89	0.58	0.32	0.14	0.21	0.15	-0.21
0.60	0.61	0.93	0.74	0.40	0.18	0.21	0.16	-0.19
0.70	0.49	0.92	0.90	0.49	0.22	0.20	0.16	-0.16
0.80	0.36	0.87	1.03	0.59	0.26	0.20	0.16	-0.13
0.90	0.23	0.81	1.13	0.69	0.30	0.20	0.15	-0.10
1.00	0.12	0.73	1.19	0.79	0.34	0.20	0.15	-0.09
1.10	0.04	0.67	1.21	0.90	0.39	0.21	0.16	-0.09
1.20	-0.00	0.61	1.17	1.01	0.45	0.23	0.16	-0.11
1.30	-0.03	0.56	1.11	1.11	0.51	0.26	0.17	-0.14
1.40	-0.03	0.52	1.03	1.20	0.57	0.30	0.18	-0.18
1.50	-0.02	0.48	0.93	1.28	0.64	0.33	0.20	-0.22
1.60	-0.01	0.45	0.84	1.35	0.69	0.38	0.21	-0.26
1.70	0.01	0.42	0.76	1.39	0.75	0.42	0.22	-0.29
1.80	0.02	0.40	0.70	1.42	0.79	0.47	0.23	-0.31
1.90	0.03	0.38	0.64	1.44	0.83	0.52	0.25	-0.33
2.00	0.05	0.37	0.60	1.44	0.87	0.57	0.26	-0.35

Tabella 4.21: Come Tabella 4.13 ma per le galassie Sd.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.17	0.00	0.09	0.01	0.07	0.25	0.17	0.08	0.07
0.20	0.26	0.07	0.14	0.08	0.11	0.54	0.26	0.17	0.12
0.30	0.32	0.17	0.18	0.20	0.15	0.77	0.34	0.27	0.15
0.40	0.42	0.28	0.20	0.32	0.18	0.90	0.44	0.40	0.18
0.50	0.55	0.39	0.24	0.46	0.22	0.92	0.56	0.54	0.22
0.60	0.69	0.51	0.28	0.60	0.27	0.87	0.70	0.68	0.27
0.70	0.84	0.63	0.33	0.73	0.33	0.77	0.83	0.82	0.32
0.80	0.98	0.74	0.39	0.85	0.40	0.64	0.95	0.95	0.39
0.90	1.08	0.84	0.46	0.96	0.48	0.50	1.04	1.06	0.47
1.00	1.15	0.94	0.56	1.06	0.58	0.37	1.09	1.15	0.57
1.10	1.15	1.02	0.67	1.12	0.69	0.29	1.09	1.20	0.69
1.20	1.12	1.09	0.79	1.17	0.82	0.23	1.05	1.23	0.81
1.30	1.05	1.15	0.92	1.19	0.95	0.20	0.98	1.24	0.94
1.40	0.95	1.19	1.06	1.20	1.08	0.19	0.89	1.23	1.07
1.50	0.85	1.23	1.18	1.20	1.20	0.19	0.80	1.21	1.19
1.60	0.75	1.25	1.28	1.20	1.31	0.20	0.70	1.18	1.30
1.70	0.67	1.26	1.37	1.18	1.39	0.21	0.62	1.16	1.38
1.80	0.60	1.27	1.43	1.17	1.44	0.22	0.55	1.13	1.44
1.90	0.54	1.26	1.47	1.14	1.48	0.23	0.50	1.10	1.48
2.00	0.50	1.24	1.49	1.12	1.50	0.23	0.46	1.07	1.50

Tabella 4.22: Come Tabella 4.14 ma per le galassie Sd.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.37	0.18	0.10	0.20	0.03	0.21	0.15	0.03
0.20	0.65	0.48	0.26	0.34	0.15	0.37	0.29	0.05
0.30	0.84	0.79	0.46	0.45	0.30	0.49	0.42	0.10
0.40	0.93	1.02	0.67	0.57	0.44	0.59	0.53	0.17
0.50	0.96	1.16	0.88	0.69	0.57	0.67	0.62	0.27
0.60	0.93	1.24	1.09	0.82	0.68	0.74	0.71	0.38
0.70	0.86	1.27	1.27	0.95	0.78	0.80	0.78	0.50
0.80	0.78	1.26	1.44	1.08	0.87	0.85	0.85	0.62
0.90	0.69	1.23	1.56	1.21	0.96	0.91	0.91	0.72
1.00	0.63	1.19	1.65	1.35	1.05	0.97	0.98	0.81
1.10	0.59	1.16	1.69	1.48	1.14	1.04	1.04	0.88
1.20	0.58	1.14	1.69	1.60	1.22	1.12	1.11	0.93
1.30	0.59	1.13	1.65	1.72	1.31	1.20	1.18	0.96
1.40	0.62	1.12	1.60	1.83	1.39	1.29	1.25	0.98
1.50	0.66	1.11	1.54	1.92	1.47	1.38	1.32	0.99
1.60	0.71	1.11	1.48	2.01	1.54	1.47	1.39	1.01
1.70	0.75	1.12	1.43	2.07	1.61	1.55	1.45	1.03
1.80	0.79	1.12	1.39	2.12	1.67	1.63	1.51	1.05
1.90	0.83	1.13	1.36	2.15	1.73	1.71	1.56	1.08
2.00	0.86	1.15	1.34	2.17	1.78	1.78	1.61	1.11

Tabella 4.23: Come Tabella 4.13 ma per le galassie Im.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.27	0.08	0.18	0.09	0.16	0.32	0.27	0.16	0.16
0.20	0.41	0.23	0.32	0.24	0.29	0.66	0.42	0.34	0.29
0.30	0.52	0.40	0.43	0.42	0.40	0.95	0.53	0.51	0.40
0.40	0.65	0.57	0.53	0.61	0.50	1.12	0.67	0.70	0.51
0.50	0.82	0.74	0.63	0.80	0.61	1.19	0.83	0.89	0.61
0.60	1.01	0.90	0.72	0.98	0.71	1.19	1.01	1.07	0.71
0.70	1.19	1.06	0.82	1.15	0.81	1.13	1.18	1.24	0.81
0.80	1.37	1.20	0.93	1.30	0.93	1.04	1.33	1.40	0.92
0.90	1.51	1.34	1.04	1.44	1.04	0.95	1.46	1.53	1.04
1.00	1.61	1.46	1.16	1.56	1.17	0.87	1.55	1.64	1.17
1.10	1.65	1.56	1.30	1.65	1.32	0.82	1.59	1.72	1.31
1.20	1.65	1.65	1.45	1.72	1.46	0.80	1.58	1.78	1.46
1.30	1.61	1.73	1.60	1.77	1.61	0.81	1.54	1.81	1.61
1.40	1.55	1.80	1.75	1.80	1.76	0.83	1.49	1.82	1.76
1.50	1.48	1.85	1.88	1.82	1.89	0.86	1.42	1.82	1.89
1.60	1.41	1.89	2.01	1.83	2.01	0.90	1.36	1.82	2.01
1.70	1.35	1.92	2.11	1.84	2.11	0.94	1.30	1.81	2.11
1.80	1.31	1.94	2.18	1.84	2.18	0.97	1.26	1.81	2.18
1.90	1.28	1.96	2.24	1.84	2.24	1.01	1.24	1.80	2.24
2.00	1.26	1.96	2.28	1.84	2.28	1.04	1.22	1.79	2.28

Tabella 4.24: Come Tabella 4.14 ma per le galassie Im.

Le Tabelle 4.25-4.35 danno le correzioni $k(z) + e(z)$ per un universo di Friedmann aperto.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.46	0.49	0.13	0.05	-0.05	-0.00	-0.06	-0.13
0.20	0.96	0.95	0.30	0.10	-0.08	-0.02	-0.11	-0.26
0.30	1.52	1.38	0.52	0.15	-0.11	-0.06	-0.16	-0.38
0.40	2.11	1.78	0.78	0.21	-0.12	-0.11	-0.22	-0.49
0.50	2.73	2.17	1.07	0.29	-0.11	-0.17	-0.27	-0.58
0.60	3.36	2.57	1.38	0.39	-0.10	-0.22	-0.31	-0.67
0.70	3.99	2.97	1.68	0.52	-0.07	-0.27	-0.36	-0.74
0.80	4.61	3.40	1.99	0.68	-0.02	-0.31	-0.40	-0.79
0.90	5.22	3.84	2.29	0.88	0.03	-0.32	-0.44	-0.83
1.00	5.81	4.31	2.59	1.11	0.10	-0.32	-0.48	-0.86
1.10	6.38	4.78	2.90	1.36	0.18	-0.31	-0.51	-0.89
1.20	6.94	5.27	3.22	1.63	0.27	-0.28	-0.54	-0.90
1.30	7.49	5.75	3.56	1.91	0.37	-0.24	-0.56	-0.91
1.40	8.01	6.24	3.92	2.20	0.48	-0.18	-0.58	-0.93
1.50	8.52	6.73	4.30	2.49	0.59	-0.11	-0.59	-0.94
1.60	9.02	7.21	4.70	2.79	0.72	-0.03	-0.59	-0.95
1.70	9.49	7.69	5.11	3.09	0.85	0.07	-0.59	-0.96
1.80	9.95	8.16	5.53	3.40	0.98	0.17	-0.59	-0.97
1.90	10.38	8.62	5.96	3.71	1.13	0.28	-0.57	-0.98
2.00	10.80	9.08	6.39	4.02	1.28	0.39	-0.56	-0.99

Tabella 4.25: Correzione $k(z) + e(z)$ per le galassie ellittiche in un modello di Friedmann aperto. Sistema fotometrico di Johnson.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.08	0.06	0.03	0.07	0.03	0.54	0.12	0.08	0.03
0.20	0.25	0.13	0.05	0.16	0.05	1.07	0.31	0.19	0.05
0.30	0.50	0.22	0.05	0.28	0.06	1.58	0.57	0.33	0.06
0.40	0.81	0.34	0.05	0.44	0.07	2.09	0.90	0.51	0.06
0.50	1.17	0.47	0.07	0.61	0.09	2.59	1.27	0.70	0.08
0.60	1.55	0.63	0.10	0.80	0.13	3.10	1.66	0.91	0.12
0.70	1.93	0.81	0.17	1.01	0.21	3.62	2.06	1.13	0.19
0.80	2.30	1.00	0.28	1.22	0.33	4.16	2.44	1.35	0.31
0.90	2.65	1.22	0.43	1.45	0.50	4.70	2.80	1.58	0.48
1.00	2.99	1.45	0.62	1.68	0.70	5.25	3.16	1.82	0.67
1.10	3.34	1.70	0.83	1.93	0.92	5.80	3.52	2.08	0.89
1.20	3.69	1.96	1.06	2.20	1.17	6.35	3.89	2.35	1.13
1.30	4.05	2.25	1.29	2.48	1.41	6.89	4.27	2.63	1.37
1.40	4.44	2.54	1.52	2.78	1.66	7.42	4.67	2.94	1.62
1.50	4.84	2.85	1.76	3.10	1.91	7.94	5.08	3.26	1.86
1.60	5.26	3.17	1.99	3.43	2.16	8.44	5.51	3.60	2.11
1.70	5.69	3.50	2.22	3.77	2.41	8.92	5.94	3.95	2.35
1.80	6.12	3.83	2.45	4.12	2.66	9.39	6.38	4.32	2.59
1.90	6.57	4.17	2.68	4.49	2.90	9.84	6.83	4.69	2.83
2.00	7.01	4.52	2.91	4.85	3.15	10.28	7.28	5.07	3.07

Tabella 4.26: Correzione $k(z) + e(z)$ per le galassie ellittiche in un modello di Friedmann aperto. Sistemi fotometrici di Gunn, Cousins e Washington.

z	$k(U)$	$k(B)$	$k(V)$	$k(R)$	$k(I)$	$k(J)$	$k(H)$	$k(K)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.48	0.25	0.08	0.03	-0.09	0.01	-0.06	-0.15
0.20	0.79	0.51	0.22	0.06	-0.16	-0.01	-0.11	-0.28
0.30	0.91	0.76	0.41	0.07	-0.20	-0.06	-0.16	-0.40
0.40	0.90	0.98	0.62	0.08	-0.22	-0.12	-0.20	-0.51
0.50	0.79	1.17	0.84	0.11	-0.21	-0.19	-0.25	-0.61
0.60	0.62	1.31	1.05	0.16	-0.20	-0.26	-0.29	-0.68
0.70	0.43	1.38	1.22	0.25	-0.18	-0.32	-0.34	-0.75
0.80	0.27	1.38	1.34	0.38	-0.15	-0.37	-0.38	-0.80
0.90	0.13	1.30	1.41	0.55	-0.12	-0.39	-0.43	-0.84
1.00	0.01	1.17	1.44	0.74	-0.08	-0.40	-0.47	-0.87
1.10	-0.09	1.01	1.43	0.94	-0.05	-0.40	-0.52	-0.89
1.20	-0.17	0.84	1.41	1.13	-0.01	-0.38	-0.56	-0.91
1.30	-0.25	0.67	1.37	1.30	0.04	-0.35	-0.59	-0.92
1.40	-0.32	0.51	1.33	1.43	0.09	-0.30	-0.62	-0.94
1.50	-0.38	0.38	1.28	1.54	0.14	-0.25	-0.64	-0.95
1.60	-0.44	0.26	1.23	1.62	0.20	-0.19	-0.66	-0.96
1.70	-0.49	0.16	1.18	1.67	0.26	-0.12	-0.67	-0.98
1.80	-0.55	0.07	1.12	1.70	0.32	-0.04	-0.68	-0.99
1.90	-0.59	-0.00	1.06	1.71	0.38	0.04	-0.68	-1.00
2.00	-0.64	-0.06	0.99	1.70	0.44	0.12	-0.68	-1.02

Tabella 4.27: Come Tabella 4.25 ma per le galassie Sa.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.08	0.01	0.02	0.03	0.02	0.38	0.10	0.06	0.02
0.20	0.24	0.03	0.03	0.07	0.02	0.66	0.27	0.12	0.02
0.30	0.46	0.06	0.02	0.12	0.01	0.84	0.50	0.20	0.02
0.40	0.72	0.11	0.01	0.20	0.01	0.93	0.77	0.29	0.01
0.50	0.98	0.18	0.01	0.29	0.01	0.95	1.03	0.39	0.01
0.60	1.22	0.27	0.03	0.40	0.04	0.91	1.27	0.51	0.03
0.70	1.40	0.40	0.07	0.54	0.09	0.84	1.44	0.65	0.08
0.80	1.49	0.56	0.14	0.70	0.17	0.74	1.53	0.80	0.16
0.90	1.51	0.74	0.24	0.88	0.29	0.62	1.53	0.97	0.28
1.00	1.47	0.94	0.36	1.06	0.43	0.49	1.47	1.14	0.41
1.10	1.39	1.14	0.49	1.25	0.58	0.36	1.37	1.31	0.55
1.20	1.29	1.32	0.62	1.41	0.72	0.23	1.24	1.46	0.69
1.30	1.18	1.48	0.74	1.56	0.85	0.11	1.11	1.59	0.82
1.40	1.07	1.61	0.85	1.67	0.97	0.00	0.99	1.69	0.93
1.50	0.97	1.71	0.94	1.75	1.06	-0.10	0.88	1.76	1.02
1.60	0.88	1.77	1.01	1.81	1.14	-0.18	0.78	1.80	1.10
1.70	0.80	1.81	1.07	1.83	1.20	-0.26	0.69	1.82	1.16
1.80	0.72	1.83	1.12	1.84	1.24	-0.33	0.61	1.81	1.20
1.90	0.65	1.82	1.15	1.82	1.27	-0.39	0.53	1.79	1.23
2.00	0.58	1.79	1.17	1.78	1.28	-0.44	0.46	1.75	1.25

Tabella 4.28: Come Tabella 4.26 ma per le galassie Sa.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.36	0.17	0.06	0.03	-0.11	0.02	-0.05	-0.15
0.20	0.59	0.35	0.17	0.04	-0.18	0.01	-0.09	-0.28
0.30	0.66	0.54	0.32	0.05	-0.22	-0.03	-0.12	-0.39
0.40	0.62	0.71	0.48	0.06	-0.22	-0.08	-0.15	-0.49
0.50	0.49	0.85	0.66	0.08	-0.21	-0.14	-0.18	-0.57
0.60	0.33	0.95	0.82	0.12	-0.19	-0.21	-0.21	-0.63
0.70	0.15	0.99	0.95	0.19	-0.16	-0.26	-0.24	-0.68
0.80	-0.00	0.97	1.03	0.29	-0.13	-0.30	-0.28	-0.71
0.90	-0.13	0.88	1.06	0.43	-0.10	-0.33	-0.32	-0.74
1.00	-0.23	0.75	1.06	0.58	-0.08	-0.33	-0.36	-0.76
1.10	-0.32	0.60	1.04	0.74	-0.05	-0.32	-0.40	-0.77
1.20	-0.39	0.43	0.99	0.89	-0.03	-0.30	-0.44	-0.79
1.30	-0.45	0.28	0.94	1.03	-0.00	-0.27	-0.48	-0.79
1.40	-0.51	0.13	0.88	1.13	0.03	-0.23	-0.51	-0.80
1.50	-0.56	0.01	0.83	1.21	0.06	-0.19	-0.53	-0.81
1.60	-0.61	-0.10	0.77	1.27	0.10	-0.14	-0.55	-0.82
1.70	-0.66	-0.19	0.71	1.30	0.14	-0.08	-0.56	-0.84
1.80	-0.70	-0.27	0.65	1.31	0.18	-0.01	-0.57	-0.85
1.90	-0.74	-0.34	0.59	1.30	0.22	0.05	-0.57	-0.86
2.00	-0.78	-0.40	0.53	1.28	0.25	0.12	-0.57	-0.87

Tabella 4.29: Come Tabella 4.25 ma per le galassie Sb.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.09	-0.01	0.02	0.02	0.01	0.29	0.09	0.05	0.01
0.20	0.22	-0.01	0.02	0.04	0.01	0.51	0.23	0.10	0.02
0.30	0.40	0.01	0.02	0.08	0.01	0.63	0.42	0.17	0.01
0.40	0.60	0.05	0.02	0.14	0.01	0.67	0.62	0.23	0.01
0.50	0.80	0.11	0.03	0.21	0.02	0.66	0.82	0.31	0.02
0.60	0.97	0.19	0.04	0.30	0.04	0.60	1.00	0.40	0.04
0.70	1.09	0.29	0.08	0.41	0.09	0.51	1.12	0.51	0.08
0.80	1.14	0.42	0.14	0.54	0.16	0.41	1.16	0.63	0.15
0.90	1.13	0.57	0.22	0.68	0.25	0.29	1.14	0.76	0.24
1.00	1.07	0.73	0.31	0.82	0.36	0.18	1.06	0.89	0.34
1.10	0.98	0.88	0.41	0.96	0.47	0.06	0.95	1.01	0.45
1.20	0.87	1.02	0.51	1.09	0.58	-0.05	0.82	1.12	0.56
1.30	0.76	1.15	0.60	1.19	0.68	-0.16	0.69	1.21	0.66
1.40	0.66	1.24	0.67	1.27	0.77	-0.26	0.57	1.28	0.74
1.50	0.56	1.31	0.74	1.33	0.83	-0.34	0.46	1.33	0.80
1.60	0.47	1.35	0.78	1.36	0.88	-0.42	0.37	1.35	0.85
1.70	0.39	1.37	0.82	1.37	0.92	-0.48	0.28	1.35	0.89
1.80	0.31	1.37	0.84	1.36	0.94	-0.54	0.20	1.33	0.91
1.90	0.25	1.35	0.86	1.33	0.95	-0.59	0.13	1.30	0.92
2.00	0.18	1.31	0.86	1.28	0.95	-0.63	0.07	1.25	0.92

Tabella 4.30: Come Tabella 4.26 ma per le galassie Sb.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.35	0.15	0.07	0.05	-0.10	0.05	-0.02	-0.12
0.20	0.56	0.31	0.17	0.08	-0.16	0.07	-0.04	-0.23
0.30	0.63	0.48	0.31	0.10	-0.18	0.06	-0.04	-0.32
0.40	0.60	0.64	0.47	0.11	-0.17	0.02	-0.04	-0.38
0.50	0.48	0.77	0.63	0.14	-0.13	-0.02	-0.04	-0.43
0.60	0.33	0.87	0.77	0.18	-0.08	-0.07	-0.04	-0.47
0.70	0.17	0.91	0.89	0.24	-0.04	-0.11	-0.05	-0.49
0.80	0.04	0.89	0.96	0.34	0.01	-0.14	-0.07	-0.51
0.90	-0.06	0.82	1.00	0.47	0.04	-0.14	-0.09	-0.52
1.00	-0.14	0.71	0.99	0.62	0.06	-0.14	-0.12	-0.52
1.10	-0.20	0.58	0.97	0.76	0.09	-0.12	-0.15	-0.52
1.20	-0.25	0.43	0.93	0.90	0.11	-0.09	-0.18	-0.51
1.30	-0.29	0.29	0.88	1.03	0.13	-0.05	-0.21	-0.51
1.40	-0.32	0.17	0.83	1.13	0.16	-0.01	-0.24	-0.51
1.50	-0.36	0.06	0.78	1.20	0.18	0.04	-0.26	-0.51
1.60	-0.39	-0.03	0.73	1.25	0.21	0.09	-0.27	-0.51
1.70	-0.42	-0.11	0.68	1.28	0.24	0.15	-0.28	-0.51
1.80	-0.44	-0.18	0.63	1.29	0.27	0.21	-0.28	-0.51
1.90	-0.47	-0.23	0.58	1.28	0.31	0.27	-0.28	-0.52
2.00	-0.49	-0.27	0.53	1.26	0.34	0.33	-0.28	-0.53

Tabella 4.31: Come Tabella 4.25 ma per le galassie Sc.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.12	-0.01	0.04	0.02	0.03	0.29	0.11	0.07	0.03
0.20	0.27	-0.01	0.07	0.06	0.05	0.49	0.26	0.13	0.06
0.30	0.45	0.02	0.09	0.10	0.07	0.61	0.44	0.20	0.07
0.40	0.63	0.06	0.11	0.16	0.09	0.65	0.63	0.27	0.09
0.50	0.80	0.12	0.13	0.23	0.11	0.63	0.80	0.34	0.12
0.60	0.94	0.21	0.16	0.32	0.15	0.58	0.95	0.42	0.15
0.70	1.04	0.31	0.21	0.42	0.20	0.50	1.05	0.52	0.20
0.80	1.08	0.44	0.27	0.54	0.27	0.41	1.08	0.63	0.27
0.90	1.06	0.58	0.34	0.67	0.36	0.31	1.06	0.75	0.35
1.00	1.01	0.73	0.43	0.80	0.46	0.22	0.99	0.87	0.45
1.10	0.93	0.87	0.51	0.93	0.56	0.13	0.89	0.98	0.54
1.20	0.83	1.00	0.60	1.05	0.65	0.04	0.78	1.09	0.63
1.30	0.74	1.11	0.67	1.15	0.74	-0.04	0.67	1.17	0.72
1.40	0.65	1.20	0.73	1.22	0.81	-0.12	0.56	1.24	0.78
1.50	0.56	1.26	0.78	1.27	0.86	-0.18	0.47	1.28	0.84
1.60	0.49	1.30	0.82	1.30	0.91	-0.24	0.39	1.30	0.88
1.70	0.42	1.32	0.85	1.31	0.93	-0.29	0.31	1.30	0.91
1.80	0.36	1.32	0.87	1.30	0.95	-0.33	0.25	1.29	0.92
1.90	0.30	1.30	0.87	1.28	0.96	-0.37	0.19	1.26	0.93
2.00	0.25	1.26	0.87	1.24	0.95	-0.40	0.14	1.22	0.92

Tabella 4.32: Come Tabella 4.26 ma per le galassie Sc.

z	$k(U)$	$k(B)$	$k(V)$	$k(R)$	$k(I)$	$k(J)$	$k(H)$	$k(K)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.30	0.10	0.04	0.04	-0.11	0.05	-0.02	-0.12
0.20	0.49	0.23	0.13	0.07	-0.17	0.09	-0.01	-0.22
0.30	0.56	0.39	0.27	0.10	-0.17	0.10	0.01	-0.27
0.40	0.54	0.56	0.44	0.14	-0.12	0.10	0.05	-0.30
0.50	0.46	0.71	0.61	0.19	-0.05	0.10	0.10	-0.30
0.60	0.35	0.84	0.77	0.26	0.04	0.09	0.15	-0.29
0.70	0.23	0.91	0.90	0.34	0.12	0.09	0.18	-0.27
0.80	0.14	0.92	0.99	0.45	0.19	0.09	0.20	-0.24
0.90	0.06	0.87	1.03	0.59	0.24	0.11	0.21	-0.22
1.00	0.00	0.78	1.04	0.73	0.27	0.13	0.20	-0.19
1.10	-0.04	0.66	1.03	0.88	0.30	0.17	0.18	-0.17
1.20	-0.07	0.53	0.99	1.01	0.32	0.20	0.16	-0.14
1.30	-0.09	0.41	0.95	1.13	0.34	0.25	0.14	-0.12
1.40	-0.12	0.30	0.91	1.23	0.36	0.30	0.13	-0.11
1.50	-0.14	0.21	0.87	1.30	0.39	0.35	0.12	-0.09
1.60	-0.15	0.13	0.83	1.35	0.41	0.41	0.11	-0.08
1.70	-0.17	0.06	0.79	1.38	0.44	0.46	0.11	-0.07
1.80	-0.18	0.01	0.75	1.40	0.47	0.52	0.11	-0.06
1.90	-0.19	-0.03	0.71	1.40	0.50	0.58	0.11	-0.05
2.00	-0.20	-0.06	0.67	1.38	0.53	0.64	0.12	-0.05

Tabella 4.33: Come Tabella 4.25 ma per le galassie Sd.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.11	-0.03	0.03	0.01	0.03	0.24	0.10	0.06	0.03
0.20	0.26	-0.04	0.07	0.03	0.06	0.42	0.23	0.12	0.06
0.30	0.43	-0.00	0.12	0.09	0.10	0.53	0.41	0.20	0.10
0.40	0.61	0.06	0.17	0.16	0.14	0.59	0.60	0.28	0.15
0.50	0.79	0.15	0.22	0.25	0.20	0.60	0.78	0.37	0.21
0.60	0.94	0.26	0.29	0.36	0.26	0.58	0.94	0.47	0.27
0.70	1.05	0.39	0.36	0.48	0.34	0.54	1.06	0.58	0.35
0.80	1.10	0.53	0.43	0.62	0.43	0.48	1.11	0.70	0.43
0.90	1.10	0.67	0.52	0.75	0.52	0.41	1.09	0.82	0.52
1.00	1.06	0.82	0.60	0.89	0.62	0.34	1.04	0.95	0.61
1.10	0.99	0.96	0.68	1.01	0.71	0.26	0.96	1.06	0.70
1.20	0.91	1.09	0.76	1.13	0.80	0.19	0.86	1.17	0.79
1.30	0.83	1.19	0.82	1.23	0.88	0.12	0.76	1.25	0.86
1.40	0.75	1.28	0.88	1.30	0.95	0.07	0.67	1.32	0.92
1.50	0.68	1.34	0.93	1.35	1.00	0.02	0.59	1.36	0.97
1.60	0.62	1.38	0.96	1.38	1.04	-0.03	0.52	1.39	1.01
1.70	0.56	1.40	0.99	1.40	1.06	-0.06	0.46	1.40	1.04
1.80	0.51	1.40	1.00	1.40	1.08	-0.09	0.41	1.39	1.05
1.90	0.47	1.39	1.01	1.38	1.09	-0.11	0.36	1.37	1.06
2.00	0.43	1.37	1.02	1.35	1.08	-0.12	0.32	1.34	1.06

Tabella 4.34: Come Tabella 4.26 ma per le galassie Sd.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.30	0.10	0.06	0.05	-0.10	0.08	0.00	-0.11
0.20	0.50	0.24	0.17	0.11	-0.14	0.15	0.04	-0.17
0.30	0.60	0.41	0.33	0.17	-0.10	0.20	0.11	-0.18
0.40	0.62	0.61	0.52	0.25	-0.01	0.25	0.21	-0.16
0.50	0.58	0.80	0.72	0.33	0.11	0.29	0.31	-0.11
0.60	0.51	0.96	0.91	0.43	0.25	0.32	0.41	-0.04
0.70	0.43	1.07	1.07	0.55	0.37	0.36	0.49	0.04
0.80	0.37	1.12	1.19	0.69	0.47	0.41	0.56	0.11
0.90	0.33	1.10	1.25	0.84	0.55	0.46	0.60	0.18
1.00	0.30	1.03	1.28	1.00	0.60	0.51	0.62	0.24
1.10	0.28	0.94	1.28	1.16	0.65	0.57	0.63	0.30
1.20	0.27	0.83	1.27	1.31	0.68	0.63	0.64	0.36
1.30	0.26	0.73	1.24	1.44	0.71	0.70	0.64	0.40
1.40	0.25	0.64	1.22	1.54	0.74	0.76	0.64	0.45
1.50	0.25	0.56	1.19	1.62	0.77	0.83	0.65	0.49
1.60	0.25	0.50	1.16	1.68	0.81	0.90	0.66	0.52
1.70	0.25	0.45	1.14	1.73	0.84	0.96	0.67	0.55
1.80	0.25	0.41	1.11	1.75	0.88	1.03	0.69	0.58
1.90	0.26	0.39	1.09	1.76	0.92	1.10	0.70	0.60
2.00	0.26	0.38	1.06	1.75	0.95	1.17	0.73	0.62

Tabella 4.35: Come Tabella 4.25 ma per le galassie Im.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.13	-0.03	0.06	0.02	0.05	0.25	0.11	0.07	0.05
0.20	0.30	-0.01	0.12	0.06	0.10	0.44	0.27	0.16	0.11
0.30	0.50	0.05	0.20	0.14	0.18	0.58	0.46	0.26	0.18
0.40	0.71	0.14	0.29	0.25	0.26	0.67	0.68	0.37	0.27
0.50	0.91	0.27	0.39	0.37	0.36	0.72	0.89	0.50	0.37
0.60	1.08	0.42	0.50	0.52	0.47	0.74	1.08	0.63	0.48
0.70	1.22	0.58	0.60	0.67	0.58	0.73	1.22	0.77	0.59
0.80	1.29	0.74	0.71	0.83	0.69	0.70	1.29	0.91	0.70
0.90	1.32	0.91	0.81	0.98	0.81	0.66	1.31	1.06	0.81
1.00	1.30	1.07	0.91	1.14	0.92	0.62	1.28	1.19	0.92
1.10	1.25	1.23	1.00	1.28	1.03	0.56	1.22	1.32	1.02
1.20	1.19	1.36	1.09	1.40	1.12	0.51	1.14	1.44	1.11
1.30	1.13	1.48	1.16	1.51	1.21	0.47	1.06	1.54	1.19
1.40	1.07	1.57	1.22	1.59	1.28	0.43	0.99	1.61	1.26
1.50	1.02	1.64	1.28	1.65	1.34	0.40	0.93	1.67	1.32
1.60	0.97	1.69	1.32	1.70	1.39	0.37	0.87	1.70	1.36
1.70	0.93	1.72	1.35	1.72	1.42	0.35	0.83	1.73	1.40
1.80	0.90	1.74	1.38	1.73	1.45	0.34	0.79	1.73	1.42
1.90	0.87	1.74	1.40	1.73	1.46	0.34	0.76	1.72	1.44
2.00	0.85	1.72	1.41	1.71	1.47	0.33	0.74	1.71	1.45

Tabella 4.36: Come Tabella 4.26 ma per le galassie Im.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.40	0.43	0.09	0.00	-0.09	-0.05	-0.10	-0.17
0.20	0.87	0.83	0.25	0.00	-0.15	-0.10	-0.18	-0.34
0.30	1.42	1.21	0.47	0.00	-0.19	-0.17	-0.25	-0.48
0.40	2.01	1.58	0.73	0.02	-0.21	-0.24	-0.30	-0.60
0.50	2.61	1.94	1.01	0.08	-0.21	-0.31	-0.36	-0.71
0.60	3.20	2.30	1.29	0.19	-0.21	-0.37	-0.42	-0.79
0.70	3.76	2.67	1.56	0.36	-0.22	-0.41	-0.48	-0.86
0.80	4.30	3.05	1.82	0.57	-0.21	-0.43	-0.56	-0.90
0.90	4.82	3.45	2.09	0.80	-0.19	-0.45	-0.63	-0.94
1.00	5.33	3.87	2.37	1.03	-0.15	-0.46	-0.70	-0.98
1.10	5.86	4.32	2.66	1.24	-0.08	-0.47	-0.75	-1.02
1.20	6.38	4.79	2.98	1.42	0.02	-0.47	-0.80	-1.06
1.30	6.90	5.28	3.31	1.59	0.15	-0.47	-0.84	-1.10
1.40	7.41	5.78	3.65	1.75	0.28	-0.47	-0.87	-1.14
1.50	7.92	6.29	4.00	1.90	0.44	-0.45	-0.89	-1.18
1.60	8.41	6.79	4.36	2.05	0.60	-0.43	-0.90	-1.23
1.70	8.88	7.28	4.72	2.20	0.77	-0.40	-0.91	-1.27
1.80	9.33	7.77	5.09	2.35	0.94	-0.36	-0.91	-1.31
1.90	9.75	8.23	5.45	2.51	1.11	-0.31	-0.91	-1.36
2.00	10.14	8.67	5.82	2.68	1.27	-0.25	-0.90	-1.39

Tabella 4.37: Correzione $k(z) + e(z)$ per le galassie ellittiche in un Universo WMAP. Sistema fotometrico di Johnson.

Le Tabelle 4.37-4.48 danno le correzioni $k(z) + e(z)$ in un Universo WMAP.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.02	0.01	-0.01	0.02	-0.01	0.49	0.05	0.03	-0.01
0.20	0.17	0.03	-0.02	0.06	-0.02	0.98	0.22	0.09	-0.02
0.30	0.44	0.06	-0.02	0.13	-0.03	1.45	0.50	0.19	-0.03
0.40	0.77	0.13	-0.01	0.25	-0.03	1.92	0.85	0.33	-0.02
0.50	1.14	0.24	0.01	0.39	0.00	2.38	1.23	0.50	0.01
0.60	1.50	0.39	0.06	0.58	0.06	2.85	1.60	0.70	0.06
0.70	1.81	0.60	0.12	0.80	0.15	3.31	1.93	0.92	0.14
0.80	2.10	0.84	0.21	1.04	0.27	3.78	2.23	1.17	0.25
0.90	2.39	1.09	0.31	1.29	0.40	4.25	2.52	1.42	0.37
1.00	2.69	1.33	0.42	1.53	0.54	4.74	2.84	1.66	0.50
1.10	3.02	1.56	0.55	1.77	0.68	5.25	3.18	1.90	0.64
1.20	3.37	1.76	0.68	1.98	0.83	5.76	3.56	2.12	0.78
1.30	3.75	1.95	0.82	2.19	0.98	6.28	3.95	2.35	0.93
1.40	4.15	2.13	0.97	2.39	1.13	6.80	4.37	2.57	1.08
1.50	4.56	2.31	1.13	2.59	1.28	7.32	4.79	2.78	1.23
1.60	4.98	2.48	1.29	2.79	1.43	7.82	5.23	3.00	1.39
1.70	5.40	2.65	1.46	2.99	1.59	8.32	5.67	3.23	1.55
1.80	5.82	2.83	1.62	3.20	1.75	8.79	6.10	3.46	1.71
1.90	6.24	3.01	1.80	3.42	1.92	9.24	6.53	3.69	1.88
2.00	6.65	3.21	1.97	3.64	2.09	9.66	6.95	3.94	2.05

Tabella 4.38: Correzione $k(z) + e(z)$ per le galassie ellittiche in un modello di Friedmann aperto. Sistema fotometrico di Gunn, Cousins e Washington.

z	$k(U)$	$k(B)$	$k(V)$	$k(R)$	$k(I)$	$k(J)$	$k(H)$	$k(K)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.42	0.20	0.05	-0.00	-0.13	-0.03	-0.09	-0.18
0.20	0.68	0.46	0.14	-0.01	-0.22	-0.09	-0.17	-0.35
0.30	0.77	0.74	0.28	-0.02	-0.27	-0.16	-0.22	-0.50
0.40	0.74	1.01	0.45	-0.02	-0.29	-0.24	-0.27	-0.62
0.50	0.63	1.23	0.64	0.01	-0.29	-0.32	-0.31	-0.72
0.60	0.48	1.34	0.83	0.06	-0.29	-0.39	-0.37	-0.80
0.70	0.32	1.32	1.01	0.16	-0.30	-0.44	-0.44	-0.85
0.80	0.16	1.21	1.17	0.28	-0.30	-0.48	-0.52	-0.89
0.90	0.01	1.04	1.31	0.41	-0.29	-0.50	-0.61	-0.92
1.00	-0.14	0.86	1.39	0.54	-0.26	-0.52	-0.69	-0.95
1.10	-0.27	0.69	1.44	0.65	-0.21	-0.53	-0.76	-0.99
1.20	-0.39	0.55	1.43	0.74	-0.14	-0.55	-0.81	-1.03
1.30	-0.49	0.41	1.39	0.81	-0.05	-0.56	-0.86	-1.07
1.40	-0.59	0.30	1.32	0.86	0.05	-0.57	-0.89	-1.11
1.50	-0.67	0.19	1.22	0.90	0.16	-0.57	-0.92	-1.16
1.60	-0.75	0.10	1.09	0.93	0.27	-0.57	-0.93	-1.20
1.70	-0.82	0.02	0.96	0.94	0.38	-0.56	-0.95	-1.25
1.80	-0.88	-0.05	0.81	0.94	0.49	-0.54	-0.95	-1.30
1.90	-0.93	-0.12	0.66	0.92	0.59	-0.52	-0.95	-1.34
2.00	-0.98	-0.17	0.51	0.89	0.68	-0.49	-0.95	-1.38

Tabella 4.39: Come Tabella 4.37 ma per le galassie Sa.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.04	-0.03	-0.02	-0.02	-0.03	0.31	0.06	0.01	-0.02
0.20	0.17	-0.05	-0.04	-0.02	-0.05	0.57	0.21	0.03	-0.04
0.30	0.38	-0.05	-0.05	-0.00	-0.06	0.76	0.43	0.06	-0.06
0.40	0.62	-0.01	-0.06	0.04	-0.07	0.88	0.69	0.11	-0.06
0.50	0.86	0.05	-0.06	0.13	-0.06	0.92	0.95	0.20	-0.06
0.60	1.07	0.16	-0.05	0.26	-0.04	0.89	1.15	0.34	-0.04
0.70	1.21	0.31	-0.03	0.44	-0.00	0.78	1.27	0.53	-0.01
0.80	1.29	0.49	0.01	0.64	0.05	0.62	1.32	0.74	0.04
0.90	1.32	0.66	0.06	0.84	0.11	0.43	1.32	0.95	0.10
1.00	1.32	0.82	0.13	1.01	0.19	0.25	1.28	1.13	0.17
1.10	1.28	0.93	0.20	1.13	0.27	0.08	1.22	1.25	0.25
1.20	1.23	1.02	0.29	1.21	0.36	-0.06	1.14	1.33	0.33
1.30	1.15	1.07	0.38	1.25	0.45	-0.18	1.05	1.35	0.42
1.40	1.05	1.09	0.48	1.25	0.54	-0.29	0.95	1.34	0.52
1.50	0.94	1.09	0.58	1.22	0.63	-0.38	0.84	1.30	0.61
1.60	0.82	1.07	0.67	1.17	0.71	-0.46	0.73	1.23	0.70
1.70	0.70	1.03	0.76	1.09	0.79	-0.53	0.61	1.14	0.78
1.80	0.57	0.97	0.84	1.00	0.85	-0.58	0.49	1.03	0.85
1.90	0.44	0.91	0.91	0.90	0.91	-0.63	0.37	0.91	0.91
2.00	0.31	0.83	0.97	0.80	0.95	-0.68	0.25	0.79	0.96

Tabella 4.40: Come Tabella 4.38 ma per le galassie Sa.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.33	0.14	0.03	0.01	-0.13	-0.01	-0.07	-0.17
0.20	0.52	0.33	0.10	0.01	-0.22	-0.04	-0.12	-0.32
0.30	0.57	0.56	0.21	0.00	-0.26	-0.11	-0.16	-0.45
0.40	0.51	0.77	0.35	0.01	-0.27	-0.18	-0.18	-0.56
0.50	0.39	0.94	0.50	0.03	-0.26	-0.25	-0.21	-0.65
0.60	0.24	1.01	0.65	0.07	-0.25	-0.32	-0.25	-0.71
0.70	0.09	0.98	0.80	0.15	-0.24	-0.36	-0.32	-0.75
0.80	-0.06	0.86	0.92	0.25	-0.24	-0.38	-0.40	-0.77
0.90	-0.20	0.69	1.01	0.35	-0.22	-0.40	-0.48	-0.79
1.00	-0.32	0.51	1.07	0.45	-0.20	-0.41	-0.55	-0.80
1.10	-0.43	0.36	1.09	0.53	-0.15	-0.42	-0.61	-0.82
1.20	-0.53	0.22	1.07	0.59	-0.09	-0.42	-0.66	-0.85
1.30	-0.62	0.10	1.02	0.64	-0.01	-0.43	-0.70	-0.88
1.40	-0.70	-0.00	0.94	0.68	0.07	-0.44	-0.73	-0.92
1.50	-0.77	-0.09	0.85	0.70	0.16	-0.44	-0.75	-0.96
1.60	-0.83	-0.17	0.73	0.70	0.25	-0.43	-0.76	-1.00
1.70	-0.88	-0.23	0.61	0.70	0.34	-0.43	-0.77	-1.04
1.80	-0.92	-0.29	0.48	0.68	0.43	-0.41	-0.77	-1.08
1.90	-0.96	-0.33	0.34	0.66	0.51	-0.39	-0.76	-1.12
2.00	-1.00	-0.38	0.21	0.62	0.57	-0.36	-0.76	-1.17

Tabella 4.41: Come Tabella 4.37 ma per le galassie Sb.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.07	-0.04	-0.01	-0.02	-0.01	0.25	0.07	0.02	-0.01
0.20	0.19	-0.06	-0.01	-0.02	-0.02	0.45	0.20	0.04	-0.02
0.30	0.35	-0.06	-0.02	-0.01	-0.03	0.58	0.38	0.06	-0.03
0.40	0.54	-0.03	-0.03	0.02	-0.03	0.66	0.58	0.10	-0.03
0.50	0.71	0.03	-0.03	0.09	-0.02	0.66	0.77	0.17	-0.02
0.60	0.86	0.12	-0.02	0.20	-0.00	0.61	0.91	0.27	-0.01
0.70	0.95	0.25	-0.00	0.35	0.02	0.49	0.99	0.43	0.02
0.80	1.00	0.40	0.03	0.52	0.06	0.34	1.01	0.60	0.05
0.90	1.01	0.54	0.07	0.68	0.11	0.17	0.99	0.78	0.10
1.00	0.99	0.66	0.12	0.82	0.16	0.00	0.94	0.92	0.15
1.10	0.95	0.75	0.18	0.91	0.23	-0.14	0.87	1.01	0.21
1.20	0.88	0.81	0.25	0.97	0.29	-0.27	0.80	1.07	0.28
1.30	0.81	0.84	0.32	0.99	0.36	-0.37	0.71	1.08	0.35
1.40	0.72	0.85	0.40	0.97	0.43	-0.46	0.61	1.05	0.42
1.50	0.61	0.83	0.47	0.93	0.49	-0.54	0.51	1.00	0.49
1.60	0.51	0.80	0.54	0.87	0.56	-0.60	0.41	0.93	0.55
1.70	0.39	0.75	0.61	0.80	0.61	-0.65	0.30	0.83	0.61
1.80	0.28	0.69	0.67	0.70	0.66	-0.69	0.20	0.72	0.66
1.90	0.17	0.61	0.72	0.60	0.70	-0.73	0.10	0.61	0.70
2.00	0.06	0.54	0.75	0.50	0.72	-0.75	-0.00	0.49	0.73

Tabella 4.42: Come Tabella 4.38 ma per le galassie Sb.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
0.31	0.11	0.03	0.04	-0.11	0.03	-0.03	-0.14	0.20	0.48
0.29	0.11	0.07	-0.18	0.03	-0.04	-0.26	0.30	0.53	0.50
0.22	0.09	-0.20	0.00	-0.03	-0.36	0.40	0.49	0.71	0.36
0.10	-0.18	-0.05	-0.02	-0.43	0.50	0.39	0.87	0.50	0.14
-0.14	-0.10	-0.02	-0.48	0.60	0.26	0.95	0.65	0.19	-0.10
-0.14	-0.03	-0.51	0.70	0.14	0.93	0.79	0.27	-0.07	-0.16
-0.08	-0.52	0.80	0.02	0.83	0.91	0.36	-0.05	-0.17	-0.13
-0.52	0.90	-0.08	0.68	1.00	0.46	-0.01	-0.16	-0.20	-0.51
1.00	-0.18	0.53	1.06	0.55	0.03	-0.15	-0.26	-0.50	1.10
-0.26	0.40	1.09	0.63	0.08	-0.14	-0.31	-0.50	1.20	-0.33
0.28	1.08	0.70	0.15	-0.14	-0.34	-0.51	1.30	-0.39	0.19
1.04	0.74	0.23	-0.13	-0.37	-0.52	1.40	-0.44	0.11	0.99
0.78	0.31	-0.12	-0.38	-0.54	1.50	-0.48	0.05	0.91	0.80
0.40	-0.11	-0.39	-0.56	1.60	-0.52	-0.00	0.81	0.81	0.49
-0.10	-0.39	-0.59	1.70	-0.54	-0.04	0.71	0.82	0.57	-0.08
-0.38	-0.62	1.80	-0.57	-0.07	0.60	0.81	0.66	-0.06	-0.37
-0.65	1.90	-0.58	-0.10	0.49	0.79	0.73	-0.03	-0.35	-0.68
2.00	-0.60	-0.11	0.38	0.77	0.80	-0.00	-0.33	-0.71	height

Tabella 4.43: Come Tabella 4.37 ma per le galassie Sc.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.11	-0.03	0.02	-0.00	0.01	0.24	0.10	0.04	0.01
0.20	0.24	-0.04	0.04	0.00	0.03	0.43	0.24	0.08	0.03
0.30	0.40	-0.03	0.06	0.03	0.05	0.55	0.42	0.11	0.05
0.40	0.57	0.02	0.07	0.07	0.07	0.63	0.60	0.16	0.07
0.50	0.72	0.09	0.09	0.15	0.10	0.64	0.76	0.22	0.09
0.60	0.85	0.20	0.11	0.26	0.13	0.60	0.89	0.33	0.12
0.70	0.93	0.33	0.14	0.41	0.17	0.50	0.96	0.48	0.16
0.80	0.98	0.47	0.18	0.57	0.21	0.38	0.99	0.65	0.20
0.90	1.00	0.61	0.23	0.73	0.26	0.23	0.98	0.82	0.25
1.00	1.00	0.73	0.28	0.87	0.31	0.10	0.95	0.97	0.30
1.10	0.97	0.82	0.35	0.96	0.37	-0.02	0.90	1.06	0.36
1.20	0.92	0.88	0.42	1.02	0.44	-0.11	0.84	1.12	0.43
1.30	0.87	0.91	0.49	1.05	0.50	-0.19	0.78	1.14	0.50
1.40	0.80	0.92	0.57	1.04	0.57	-0.25	0.70	1.12	0.57
1.50	0.72	0.91	0.64	1.01	0.64	-0.30	0.63	1.08	0.64
1.60	0.63	0.89	0.71	0.96	0.70	-0.34	0.54	1.02	0.70
1.70	0.54	0.85	0.78	0.89	0.76	-0.36	0.46	0.94	0.76
1.80	0.45	0.80	0.84	0.82	0.81	-0.38	0.38	0.84	0.82
1.90	0.36	0.74	0.89	0.73	0.85	-0.39	0.29	0.74	0.86
2.00	0.27	0.68	0.93	0.64	0.88	-0.40	0.22	0.64	0.90

Tabella 4.44: Come Tabella 4.38 ma per le galassie Sc.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.32	0.12	0.05	0.08	-0.08	0.09	0.02	-0.09
0.20	0.51	0.29	0.15	0.15	-0.11	0.13	0.06	-0.17
0.30	0.58	0.52	0.28	0.20	-0.09	0.14	0.12	-0.22
0.40	0.56	0.74	0.43	0.25	-0.03	0.13	0.18	-0.25
0.50	0.49	0.92	0.59	0.30	0.04	0.12	0.23	-0.26
0.60	0.39	1.03	0.75	0.38	0.12	0.11	0.26	-0.24
0.70	0.30	1.03	0.90	0.47	0.18	0.13	0.26	-0.20
0.80	0.21	0.95	1.03	0.57	0.24	0.15	0.23	-0.15
0.90	0.14	0.83	1.14	0.68	0.30	0.19	0.19	-0.10
1.00	0.07	0.71	1.21	0.78	0.36	0.23	0.15	-0.05
1.10	0.02	0.60	1.25	0.86	0.44	0.26	0.13	-0.02
1.20	-0.02	0.52	1.26	0.94	0.52	0.29	0.12	0.01
1.30	-0.05	0.45	1.25	1.00	0.61	0.32	0.12	0.03
1.40	-0.07	0.40	1.21	1.04	0.70	0.35	0.13	0.04
1.50	-0.09	0.36	1.15	1.08	0.80	0.38	0.14	0.04
1.60	-0.09	0.34	1.09	1.10	0.89	0.41	0.17	0.04
1.70	-0.09	0.32	1.01	1.12	0.98	0.44	0.20	0.03
1.80	-0.09	0.32	0.92	1.12	1.07	0.47	0.23	0.02
1.90	-0.09	0.32	0.83	1.12	1.14	0.51	0.27	0.01
2.00	-0.08	0.32	0.75	1.11	1.21	0.55	0.31	-0.01

Tabella 4.45: Come Tabella reftab:kew ma per le galassie Sd.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.15	-0.01	0.07	0.02	0.06	0.25	0.14	0.08	0.06
0.20	0.32	0.00	0.13	0.06	0.11	0.46	0.30	0.15	0.12
0.30	0.49	0.05	0.18	0.11	0.17	0.60	0.49	0.21	0.17
0.40	0.66	0.12	0.22	0.18	0.23	0.69	0.68	0.27	0.22
0.50	0.82	0.23	0.26	0.28	0.28	0.73	0.85	0.36	0.28
0.60	0.95	0.35	0.31	0.40	0.34	0.71	0.98	0.48	0.33
0.70	1.04	0.50	0.36	0.56	0.40	0.64	1.06	0.64	0.38
0.80	1.11	0.65	0.42	0.74	0.45	0.54	1.10	0.82	0.44
0.90	1.14	0.80	0.49	0.91	0.51	0.43	1.11	1.00	0.50
1.00	1.16	0.93	0.56	1.05	0.58	0.33	1.10	1.15	0.57
1.10	1.15	1.02	0.64	1.16	0.65	0.25	1.08	1.26	0.64
1.20	1.13	1.09	0.72	1.23	0.72	0.18	1.04	1.33	0.72
1.30	1.10	1.14	0.80	1.27	0.80	0.13	1.00	1.36	0.80
1.40	1.05	1.16	0.89	1.28	0.87	0.10	0.95	1.36	0.88
1.50	1.00	1.17	0.97	1.26	0.95	0.08	0.90	1.34	0.95
1.60	0.93	1.16	1.05	1.23	1.02	0.07	0.84	1.29	1.03
1.70	0.87	1.13	1.12	1.18	1.09	0.06	0.78	1.23	1.10
1.80	0.80	1.10	1.19	1.12	1.15	0.07	0.72	1.16	1.16
1.90	0.73	1.06	1.25	1.05	1.20	0.08	0.67	1.08	1.22
2.00	0.67	1.01	1.29	0.99	1.24	0.10	0.61	1.00	1.26

Tabella 4.46: Come Tabella 4.38 ma per le galassie Sd.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.35	0.15	0.10	0.13	-0.04	0.15	0.08	-0.04
0.20	0.58	0.36	0.23	0.25	-0.01	0.25	0.18	-0.05
0.30	0.69	0.61	0.40	0.35	0.06	0.32	0.30	-0.05
0.40	0.72	0.87	0.59	0.44	0.17	0.36	0.43	-0.01
0.50	0.68	1.09	0.78	0.54	0.29	0.40	0.54	0.04
0.60	0.63	1.24	0.98	0.65	0.42	0.44	0.62	0.11
0.70	0.58	1.27	1.16	0.77	0.53	0.50	0.67	0.21
0.80	0.53	1.23	1.31	0.90	0.63	0.58	0.68	0.31
0.90	0.49	1.15	1.44	1.04	0.73	0.66	0.69	0.42
1.00	0.46	1.06	1.55	1.16	0.83	0.74	0.69	0.52
1.10	0.45	0.99	1.61	1.27	0.94	0.81	0.71	0.61
1.20	0.44	0.94	1.65	1.37	1.05	0.88	0.74	0.69
1.30	0.44	0.90	1.67	1.45	1.17	0.94	0.78	0.75
1.40	0.45	0.88	1.66	1.52	1.28	1.00	0.83	0.81
1.50	0.47	0.88	1.63	1.58	1.40	1.06	0.89	0.86
1.60	0.49	0.88	1.59	1.62	1.51	1.12	0.95	0.89
1.70	0.52	0.89	1.54	1.66	1.61	1.18	1.02	0.93
1.80	0.55	0.92	1.49	1.69	1.71	1.24	1.09	0.96
1.90	0.58	0.94	1.43	1.71	1.80	1.30	1.16	0.98
2.00	0.61	0.97	1.37	1.73	1.88	1.36	1.23	1.00

Tabella 4.47: Come Tabella 4.37 ma per le galassie Im.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.21	0.03	0.12	0.07	0.11	0.29	0.19	0.13	0.11
0.20	0.42	0.09	0.23	0.15	0.22	0.53	0.40	0.24	0.22
0.30	0.63	0.18	0.33	0.24	0.32	0.71	0.62	0.34	0.32
0.40	0.83	0.30	0.42	0.35	0.43	0.84	0.84	0.44	0.42
0.50	1.01	0.44	0.51	0.49	0.53	0.92	1.03	0.56	0.52
0.60	1.17	0.60	0.59	0.65	0.63	0.94	1.20	0.72	0.62
0.70	1.29	0.78	0.68	0.84	0.72	0.91	1.31	0.91	0.71
0.80	1.38	0.96	0.77	1.04	0.80	0.85	1.38	1.12	0.79
0.90	1.45	1.14	0.87	1.24	0.89	0.78	1.42	1.32	0.88
1.00	1.50	1.29	0.97	1.41	0.98	0.71	1.44	1.50	0.98
1.10	1.52	1.42	1.08	1.54	1.07	0.66	1.45	1.64	1.07
1.20	1.53	1.51	1.18	1.64	1.17	0.63	1.44	1.73	1.17
1.30	1.53	1.58	1.29	1.70	1.27	0.61	1.43	1.79	1.28
1.40	1.51	1.63	1.40	1.74	1.37	0.61	1.41	1.82	1.38
1.50	1.49	1.66	1.50	1.75	1.47	0.62	1.39	1.82	1.48
1.60	1.46	1.67	1.60	1.74	1.56	0.64	1.36	1.80	1.57
1.70	1.42	1.67	1.70	1.72	1.65	0.67	1.33	1.77	1.66
1.80	1.38	1.66	1.78	1.68	1.73	0.70	1.30	1.72	1.75
1.90	1.34	1.65	1.86	1.64	1.80	0.74	1.27	1.67	1.82
2.00	1.30	1.62	1.92	1.60	1.86	0.78	1.25	1.61	1.88

Tabella 4.48: Come Tabella 4.38 ma per le galassie Im.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	-0.07	-0.02	-0.32	-0.35	-0.43	-0.37	-0.43	-0.50
0.20	0.24	0.21	-0.32	-0.49	-0.63	-0.55	-0.63	-0.78
0.30	0.91	0.66	-0.01	-0.42	-0.61	-0.57	-0.64	-0.86
0.40	1.72	1.22	0.45	-0.24	-0.46	-0.50	-0.54	-0.84
0.50	2.49	1.77	0.92	-0.01	-0.31	-0.42	-0.45	-0.80
0.60	3.03	2.19	1.25	0.16	-0.24	-0.41	-0.45	-0.83
0.70	3.38	2.49	1.45	0.27	-0.27	-0.49	-0.56	-0.94
0.80	3.72	2.72	1.60	0.36	-0.34	-0.59	-0.70	-1.06
0.90	4.17	2.93	1.74	0.46	-0.40	-0.68	-0.83	-1.17
1.00	4.65	3.13	1.86	0.57	-0.46	-0.78	-0.96	-1.27
1.10	5.10	3.32	1.93	0.70	-0.52	-0.88	-1.09	-1.39
1.20	5.46	3.49	1.94	0.83	-0.59	-1.00	-1.24	-1.53
1.30	5.56	3.58	1.82	0.92	-0.68	-1.15	-1.41	-1.73
1.40	4.96	3.19	1.35	0.74	-0.86	-1.39	-1.65	-2.01
1.50	3.63	2.27	0.52	0.25	-1.13	-1.73	-1.98	-2.37
1.60	2.08	1.19	-0.42	-0.33	-1.42	-2.11	-2.34	-2.76
1.70	0.52	0.12	-1.37	-0.92	-1.72	-2.48	-2.69	-3.16
1.80	-1.03	-0.96	-2.31	-1.50	-2.02	-2.85	-3.05	-3.55
1.90	-2.58	-2.04	-3.25	-2.09	-2.31	-3.22	-3.40	-3.94
2.00	-4.14	-3.12	-4.19	-2.67	-2.61	-3.59	-3.75	-4.33

Tabella 4.49: Correzione $k(z) + e(z)$ per le galassie E in un Universo del tipo Stato Stazionario. Sistema fotometrico di Johnson.

Le Tabelle 4.49-4.60 danno le correzioni $k(z) + e(z)$ per un Universo del tipo Stato Stazionario.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	-0.36	-0.36	-0.36	-0.35	-0.36	-0.00	-0.33	-0.34	-0.36
0.20	-0.35	-0.49	-0.50	-0.46	-0.50	0.29	-0.30	-0.43	-0.50
0.30	0.01	-0.40	-0.42	-0.33	-0.41	0.86	0.08	-0.27	-0.41
0.40	0.54	-0.17	-0.23	-0.07	-0.22	1.55	0.62	0.02	-0.22
0.50	1.08	0.11	-0.06	0.24	-0.04	2.20	1.17	0.35	-0.05
0.60	1.47	0.34	-0.00	0.51	0.03	2.67	1.57	0.62	0.02
0.70	1.70	0.52	-0.04	0.71	0.00	2.99	1.81	0.83	-0.01
0.80	1.85	0.67	-0.08	0.87	-0.02	3.28	1.97	0.99	-0.04
0.90	1.99	0.80	-0.07	1.02	0.01	3.64	2.11	1.15	-0.02
1.00	2.10	0.93	-0.01	1.16	0.08	4.02	2.22	1.29	0.05
1.10	2.17	1.05	0.07	1.27	0.17	4.40	2.29	1.41	0.14
1.20	2.19	1.17	0.14	1.37	0.27	4.72	2.32	1.48	0.23
1.30	2.09	1.23	0.17	1.38	0.32	4.85	2.24	1.46	0.28
1.40	1.63	0.96	0.06	1.04	0.21	4.36	1.79	1.08	0.16
1.50	0.80	0.31	-0.21	0.31	-0.09	3.20	0.96	0.32	-0.13
1.60	-0.15	-0.45	-0.53	-0.53	-0.45	1.83	0.01	-0.56	-0.47
1.70	-1.10	-1.21	-0.84	-1.37	-0.80	0.46	-0.93	-1.44	-0.81
1.80	-2.04	-1.97	-1.16	-2.22	-1.16	-0.91	-1.88	-2.31	-1.16
1.90	-2.99	-2.72	-1.47	-3.06	-1.52	-2.28	-2.83	-3.19	-1.50
2.00	-3.94	-3.48	-1.79	-3.90	-1.87	-3.65	-3.78	-4.07	-1.84

Tabella 4.50: Correzione $k(z) + e(z)$ per le galassie E in un Universo del tipo Stato Stazionario. Sistemi fotometrici di Gunn, Cousins e Washington.

z	$k(U)$	$k(B)$	$k(V)$	$k(R)$	$k(I)$	$k(J)$	$k(H)$	$k(K)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.43	0.20	0.04	-0.01	-0.13	-0.03	-0.10	-0.19
0.20	0.69	0.46	0.10	-0.02	-0.23	-0.10	-0.18	-0.36
0.30	0.78	0.77	0.21	-0.03	-0.28	-0.19	-0.24	-0.51
0.40	0.74	1.04	0.35	-0.03	-0.31	-0.30	-0.29	-0.65
0.50	0.60	1.22	0.53	-0.03	-0.33	-0.40	-0.36	-0.76
0.60	0.41	1.26	0.74	-0.01	-0.35	-0.47	-0.44	-0.86
0.70	0.19	1.16	0.95	0.02	-0.38	-0.53	-0.53	-0.94
0.80	-0.02	0.98	1.08	0.08	-0.42	-0.59	-0.64	-1.02
0.90	-0.23	0.78	1.11	0.16	-0.48	-0.67	-0.76	-1.10
1.00	-0.44	0.56	1.04	0.25	-0.54	-0.76	-0.89	-1.20
1.10	-0.65	0.32	0.90	0.33	-0.62	-0.87	-1.02	-1.31
1.20	-0.87	0.07	0.71	0.38	-0.71	-0.99	-1.16	-1.45
1.30	-1.11	-0.20	0.45	0.38	-0.82	-1.14	-1.32	-1.63
1.40	-1.41	-0.54	0.07	0.21	-0.98	-1.36	-1.54	-1.89
1.50	-1.78	-0.98	-0.43	-0.15	-1.22	-1.66	-1.83	-2.23
1.60	-2.16	-1.43	-0.97	-0.56	-1.48	-1.98	-2.14	-2.59
1.70	-2.55	-1.89	-1.52	-0.97	-1.73	-2.30	-2.46	-2.96
1.80	-2.94	-2.34	-2.06	-1.38	-1.99	-2.62	-2.77	-3.32
1.90	-3.32	-2.80	-2.60	-1.78	-2.25	-2.94	-3.08	-3.68
2.00	-3.71	-3.25	-3.14	-2.19	-2.50	-3.26	-3.40	-4.05

Tabella 4.51: Come Tabella 4.49 ma per le galassie Sa.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.04	-0.03	-0.02	-0.01	-0.03	0.33	0.06	0.02	-0.03
0.20	0.15	-0.04	-0.04	-0.01	-0.05	0.61	0.19	0.03	-0.05
0.30	0.33	-0.04	-0.06	0.00	-0.06	0.82	0.39	0.05	-0.06
0.40	0.54	-0.01	-0.08	0.04	-0.08	0.93	0.63	0.09	-0.08
0.50	0.77	0.03	-0.10	0.10	-0.09	0.94	0.86	0.16	-0.09
0.60	0.98	0.09	-0.12	0.19	-0.11	0.82	1.05	0.27	-0.11
0.70	1.13	0.17	-0.14	0.30	-0.12	0.62	1.18	0.41	-0.13
0.80	1.19	0.27	-0.16	0.43	-0.13	0.39	1.20	0.55	-0.14
0.90	1.14	0.38	-0.17	0.56	-0.13	0.16	1.13	0.68	-0.14
1.00	1.00	0.49	-0.17	0.67	-0.11	-0.05	0.97	0.78	-0.13
1.10	0.79	0.58	-0.16	0.73	-0.09	-0.27	0.75	0.82	-0.11
1.20	0.55	0.61	-0.15	0.73	-0.05	-0.50	0.50	0.79	-0.08
1.30	0.28	0.56	-0.14	0.62	-0.04	-0.75	0.22	0.65	-0.07
1.40	-0.10	0.31	-0.25	0.33	-0.15	-1.07	-0.16	0.33	-0.18
1.50	-0.59	-0.12	-0.48	-0.13	-0.40	-1.46	-0.64	-0.15	-0.42
1.60	-1.12	-0.60	-0.75	-0.65	-0.69	-1.87	-1.16	-0.68	-0.71
1.70	-1.64	-1.09	-1.01	-1.17	-0.98	-2.28	-1.67	-1.21	-0.99
1.80	-2.17	-1.57	-1.28	-1.69	-1.27	-2.69	-2.19	-1.75	-1.28
1.90	-2.69	-2.06	-1.55	-2.21	-1.57	-3.10	-2.70	-2.28	-1.56
2.00	-3.21	-2.54	-1.82	-2.73	-1.86	-3.51	-3.22	-2.81	-1.84

Tabella 4.52: Come Tabella 4.50 ma per le galassie Sa.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.34	0.14	0.04	-0.01	-0.13	-0.01	-0.08	-0.17
0.20	0.53	0.34	0.09	-0.01	-0.22	-0.05	-0.14	-0.33
0.30	0.58	0.58	0.17	-0.00	-0.26	-0.14	-0.18	-0.47
0.40	0.51	0.81	0.28	0.01	-0.28	-0.23	-0.21	-0.58
0.50	0.37	0.95	0.42	0.02	-0.28	-0.32	-0.25	-0.68
0.60	0.20	0.96	0.60	0.02	-0.29	-0.38	-0.31	-0.75
0.70	0.00	0.86	0.77	0.04	-0.30	-0.42	-0.39	-0.81
0.80	-0.18	0.69	0.88	0.09	-0.32	-0.45	-0.48	-0.86
0.90	-0.35	0.52	0.90	0.16	-0.36	-0.50	-0.58	-0.92
1.00	-0.51	0.33	0.84	0.25	-0.41	-0.57	-0.68	-0.99
1.10	-0.67	0.14	0.72	0.34	-0.46	-0.65	-0.78	-1.07
1.20	-0.82	-0.06	0.56	0.41	-0.52	-0.75	-0.89	-1.18
1.30	-0.99	-0.26	0.36	0.43	-0.60	-0.86	-1.02	-1.33
1.40	-1.19	-0.50	0.07	0.31	-0.72	-1.04	-1.20	-1.55
1.50	-1.43	-0.79	-0.29	0.06	-0.89	-1.28	-1.44	-1.85
1.60	-1.68	-1.10	-0.68	-0.23	-1.07	-1.54	-1.70	-2.17
1.70	-1.93	-1.40	-1.07	-0.52	-1.26	-1.80	-1.97	-2.50
1.80	-2.19	-1.71	-1.45	-0.82	-1.44	-2.06	-2.23	-2.82
1.90	-2.44	-2.02	-1.84	-1.11	-1.62	-2.32	-2.49	-3.14
2.00	-2.69	-2.32	-2.23	-1.40	-1.81	-2.58	-2.76	-3.46

Tabella 4.53: Come Tabella 4.49 ma per le galassie Sb.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.06	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01	0.27	0.06	0.02	-0.01
0.20	0.16	-0.05	-0.02	-0.01	-0.03	0.48	0.17	0.04	-0.03
0.30	0.30	-0.04	-0.03	0.00	-0.04	0.64	0.33	0.05	-0.04
0.40	0.46	-0.01	-0.05	0.03	-0.05	0.71	0.52	0.08	-0.05
0.50	0.63	0.03	-0.06	0.08	-0.06	0.69	0.70	0.13	-0.06
0.60	0.80	0.08	-0.07	0.16	-0.06	0.57	0.85	0.23	-0.07
0.70	0.92	0.15	-0.07	0.26	-0.07	0.38	0.94	0.35	-0.07
0.80	0.96	0.23	-0.07	0.37	-0.06	0.18	0.96	0.48	-0.07
0.90	0.91	0.34	-0.07	0.49	-0.05	-0.01	0.88	0.59	-0.06
1.00	0.78	0.44	-0.07	0.58	-0.02	-0.19	0.74	0.68	-0.04
1.10	0.61	0.53	-0.05	0.65	0.01	-0.35	0.56	0.72	-0.01
1.20	0.41	0.57	-0.02	0.66	0.06	-0.52	0.35	0.70	0.03
1.30	0.20	0.54	0.01	0.59	0.09	-0.69	0.13	0.60	0.07
1.40	-0.08	0.37	-0.05	0.38	0.04	-0.91	-0.14	0.37	0.01
1.50	-0.43	0.06	-0.20	0.03	-0.13	-1.16	-0.48	0.02	-0.15
1.60	-0.80	-0.29	-0.38	-0.35	-0.33	-1.44	-0.84	-0.37	-0.35
1.70	-1.17	-0.65	-0.57	-0.73	-0.53	-1.71	-1.20	-0.76	-0.54
1.80	-1.54	-1.00	-0.75	-1.11	-0.74	-1.98	-1.56	-1.15	-0.74
1.90	-1.90	-1.36	-0.93	-1.49	-0.94	-2.25	-1.92	-1.54	-0.93
2.00	-2.27	-1.71	-1.11	-1.87	-1.14	-2.52	-2.28	-1.94	-1.13

Tabella 4.54: Come Tabella 4.50 ma per le galassie Sb.

z	$k(U)$	$k(B)$	$k(V)$	$k(R)$	$k(I)$	$k(J)$	$k(H)$	$k(K)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.31	0.12	0.05	0.02	-0.11	0.04	-0.04	-0.14
0.20	0.50	0.30	0.12	0.05	-0.18	0.03	-0.05	-0.26
0.30	0.56	0.54	0.20	0.09	-0.19	-0.02	-0.04	-0.36
0.40	0.51	0.76	0.31	0.13	-0.17	-0.09	-0.03	-0.44
0.50	0.40	0.91	0.46	0.16	-0.14	-0.15	-0.03	-0.49
0.60	0.26	0.95	0.64	0.19	-0.11	-0.17	-0.05	-0.52
0.70	0.11	0.87	0.82	0.22	-0.09	-0.16	-0.09	-0.53
0.80	-0.02	0.75	0.95	0.28	-0.07	-0.15	-0.14	-0.54
0.90	-0.13	0.62	1.00	0.37	-0.07	-0.16	-0.20	-0.55
1.00	-0.22	0.49	0.98	0.50	-0.07	-0.18	-0.26	-0.57
1.10	-0.30	0.37	0.92	0.63	-0.08	-0.21	-0.32	-0.61
1.20	-0.37	0.26	0.82	0.76	-0.08	-0.26	-0.38	-0.67
1.30	-0.43	0.17	0.72	0.84	-0.09	-0.32	-0.44	-0.77
1.40	-0.50	0.07	0.57	0.83	-0.13	-0.43	-0.56	-0.94
1.50	-0.56	-0.05	0.39	0.72	-0.20	-0.60	-0.75	-1.19
1.60	-0.63	-0.16	0.19	0.57	-0.29	-0.78	-0.95	-1.46
1.70	-0.70	-0.28	-0.01	0.43	-0.37	-0.96	-1.15	-1.73
1.80	-0.77	-0.39	-0.21	0.29	-0.45	-1.14	-1.36	-1.99
1.90	-0.84	-0.51	-0.41	0.14	-0.53	-1.32	-1.56	-2.26
2.00	-0.91	-0.63	-0.61	0.00	-0.62	-1.51	-1.76	-2.53

Tabella 4.55: Come Tabella 4.49 ma per le galassie Sc.

Con le Figure 4.8-4.12 diamo una rappresentazione grafica della correzione $k(z) + e(z)$ da applicare alle bande B, V, K, g, r ed i per le galassie ellittiche in ogni modello cosmologico.

Si trova buon accordo con le correzioni indicate nel lavoro di Buzzoni (1995) per gli universi di Friedmann piatto (Tabella 10C) e chiuso (Tabella 10E), consistentemente con la diversa scelta dei parametri cosmologici, in particolare H_0 .

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.10	-0.02	0.02	0.01	0.02	0.25	0.09	0.05	0.02
0.20	0.21	-0.02	0.04	0.03	0.03	0.46	0.21	0.09	0.03
0.30	0.35	0.01	0.05	0.06	0.04	0.61	0.36	0.12	0.04
0.40	0.50	0.07	0.06	0.10	0.05	0.69	0.54	0.16	0.05
0.50	0.66	0.14	0.08	0.17	0.07	0.69	0.71	0.22	0.07
0.60	0.83	0.21	0.11	0.26	0.10	0.60	0.87	0.33	0.10
0.70	0.97	0.29	0.15	0.38	0.14	0.46	0.98	0.47	0.14
0.80	1.04	0.39	0.18	0.52	0.18	0.30	1.03	0.62	0.18
0.90	1.02	0.52	0.22	0.66	0.23	0.17	0.99	0.76	0.22
1.00	0.94	0.66	0.26	0.79	0.29	0.06	0.89	0.88	0.28
1.10	0.83	0.78	0.31	0.89	0.36	-0.03	0.77	0.96	0.34
1.20	0.71	0.88	0.39	0.95	0.45	-0.11	0.64	1.00	0.43
1.30	0.59	0.93	0.49	0.96	0.55	-0.18	0.53	0.98	0.53
1.40	0.45	0.87	0.52	0.87	0.59	-0.26	0.39	0.87	0.57
1.50	0.28	0.71	0.48	0.69	0.54	-0.34	0.23	0.68	0.52
1.60	0.11	0.52	0.42	0.48	0.46	-0.42	0.06	0.47	0.45
1.70	-0.07	0.33	0.36	0.27	0.39	-0.51	-0.10	0.25	0.38
1.80	-0.25	0.14	0.29	0.06	0.31	-0.59	-0.27	0.04	0.31
1.90	-0.43	-0.06	0.23	-0.15	0.24	-0.68	-0.44	-0.18	0.24
2.00	-0.60	-0.25	0.17	-0.36	0.16	-0.76	-0.61	-0.39	0.16

Tabella 4.56: Come Tabella 4.50 ma per le galassie Sc.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.32	0.12	0.08	0.06	-0.08	0.09	0.01	-0.09
0.20	0.53	0.32	0.17	0.13	-0.10	0.13	0.05	-0.17
0.30	0.61	0.57	0.28	0.21	-0.07	0.12	0.11	-0.21
0.40	0.59	0.81	0.41	0.29	-0.00	0.10	0.19	-0.24
0.50	0.52	1.00	0.58	0.37	0.08	0.10	0.25	-0.23
0.60	0.43	1.07	0.78	0.42	0.16	0.13	0.29	-0.19
0.70	0.33	1.04	1.00	0.48	0.24	0.20	0.31	-0.14
0.80	0.26	0.96	1.17	0.58	0.31	0.28	0.32	-0.07
0.90	0.21	0.89	1.26	0.72	0.37	0.34	0.33	-0.00
1.00	0.19	0.83	1.30	0.90	0.44	0.40	0.34	0.06
1.10	0.19	0.78	1.30	1.10	0.51	0.45	0.37	0.11
1.20	0.20	0.75	1.29	1.29	0.59	0.49	0.41	0.15
1.30	0.23	0.76	1.28	1.46	0.67	0.53	0.45	0.15
1.40	0.30	0.80	1.28	1.58	0.76	0.54	0.45	0.08
1.50	0.41	0.87	1.28	1.66	0.85	0.52	0.39	-0.05
1.60	0.54	0.95	1.29	1.72	0.93	0.49	0.32	-0.19
1.70	0.66	1.03	1.30	1.79	1.02	0.46	0.25	-0.34
1.80	0.79	1.11	1.30	1.85	1.11	0.43	0.18	-0.49
1.90	0.91	1.19	1.31	1.92	1.19	0.41	0.10	-0.64
2.00	1.04	1.27	1.32	1.98	1.28	0.38	0.03	-0.79

Tabella 4.57: Come Tabella 4.49 ma per le galassie Sd.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.14	0.00	0.07	0.04	0.06	0.27	0.12	0.09	0.06
0.20	0.28	0.04	0.12	0.09	0.12	0.49	0.27	0.16	0.12
0.30	0.44	0.11	0.17	0.15	0.16	0.66	0.44	0.22	0.16
0.40	0.60	0.21	0.22	0.23	0.21	0.77	0.63	0.29	0.21
0.50	0.78	0.31	0.28	0.33	0.27	0.80	0.82	0.38	0.27
0.60	0.97	0.41	0.36	0.46	0.34	0.75	1.00	0.52	0.35
0.70	1.14	0.53	0.45	0.61	0.43	0.65	1.15	0.69	0.44
0.80	1.25	0.67	0.55	0.78	0.53	0.55	1.23	0.88	0.53
0.90	1.28	0.84	0.63	0.97	0.63	0.49	1.25	1.07	0.63
1.00	1.27	1.03	0.73	1.15	0.75	0.45	1.22	1.24	0.74
1.10	1.22	1.22	0.84	1.31	0.88	0.43	1.16	1.38	0.87
1.20	1.18	1.39	0.99	1.45	1.04	0.44	1.12	1.49	1.03
1.30	1.16	1.51	1.18	1.54	1.23	0.46	1.10	1.56	1.21
1.40	1.17	1.59	1.34	1.58	1.40	0.52	1.11	1.58	1.38
1.50	1.19	1.62	1.48	1.60	1.53	0.62	1.14	1.59	1.51
1.60	1.21	1.65	1.60	1.60	1.64	0.73	1.17	1.59	1.63
1.70	1.24	1.67	1.72	1.61	1.76	0.84	1.20	1.59	1.75
1.80	1.26	1.69	1.85	1.61	1.87	0.95	1.23	1.59	1.86
1.90	1.29	1.72	1.97	1.62	1.98	1.06	1.27	1.59	1.98
2.00	1.31	1.74	2.09	1.62	2.10	1.17	1.30	1.59	2.10

Tabella 4.58: Come Tabella 4.50 ma per le galassie Sd.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.36	0.16	0.13	0.11	-0.03	0.15	0.07	-0.03
0.20	0.60	0.39	0.26	0.24	-0.00	0.25	0.18	-0.04
0.30	0.73	0.68	0.42	0.38	0.09	0.31	0.32	-0.03
0.40	0.77	0.97	0.59	0.52	0.22	0.35	0.46	0.03
0.50	0.75	1.20	0.80	0.65	0.37	0.41	0.60	0.11
0.60	0.72	1.32	1.06	0.76	0.52	0.52	0.72	0.23
0.70	0.68	1.35	1.32	0.87	0.66	0.67	0.83	0.37
0.80	0.67	1.34	1.55	1.02	0.81	0.84	0.93	0.54
0.90	0.70	1.34	1.72	1.24	0.97	1.01	1.04	0.73
1.00	0.76	1.36	1.84	1.51	1.13	1.18	1.18	0.93
1.10	0.85	1.41	1.93	1.80	1.32	1.36	1.35	1.14
1.20	0.97	1.49	2.01	2.09	1.52	1.55	1.55	1.36
1.30	1.12	1.62	2.12	2.37	1.77	1.78	1.82	1.59
1.40	1.36	1.83	2.30	2.70	2.12	2.12	2.19	1.90
1.50	1.68	2.13	2.56	3.08	2.60	2.60	2.66	2.31
1.60	2.03	2.46	2.85	3.47	3.10	3.12	3.16	2.74
1.70	2.38	2.78	3.14	3.86	3.61	3.64	3.67	3.18
1.80	2.73	3.11	3.43	4.26	4.12	4.15	4.17	3.61
1.90	3.07	3.43	3.72	4.65	4.63	4.67	4.68	4.05
2.00	3.42	3.76	4.01	5.04	5.14	5.19	5.18	4.48

Tabella 4.59: Come Tabella 4.49 ma per le galassie Im.

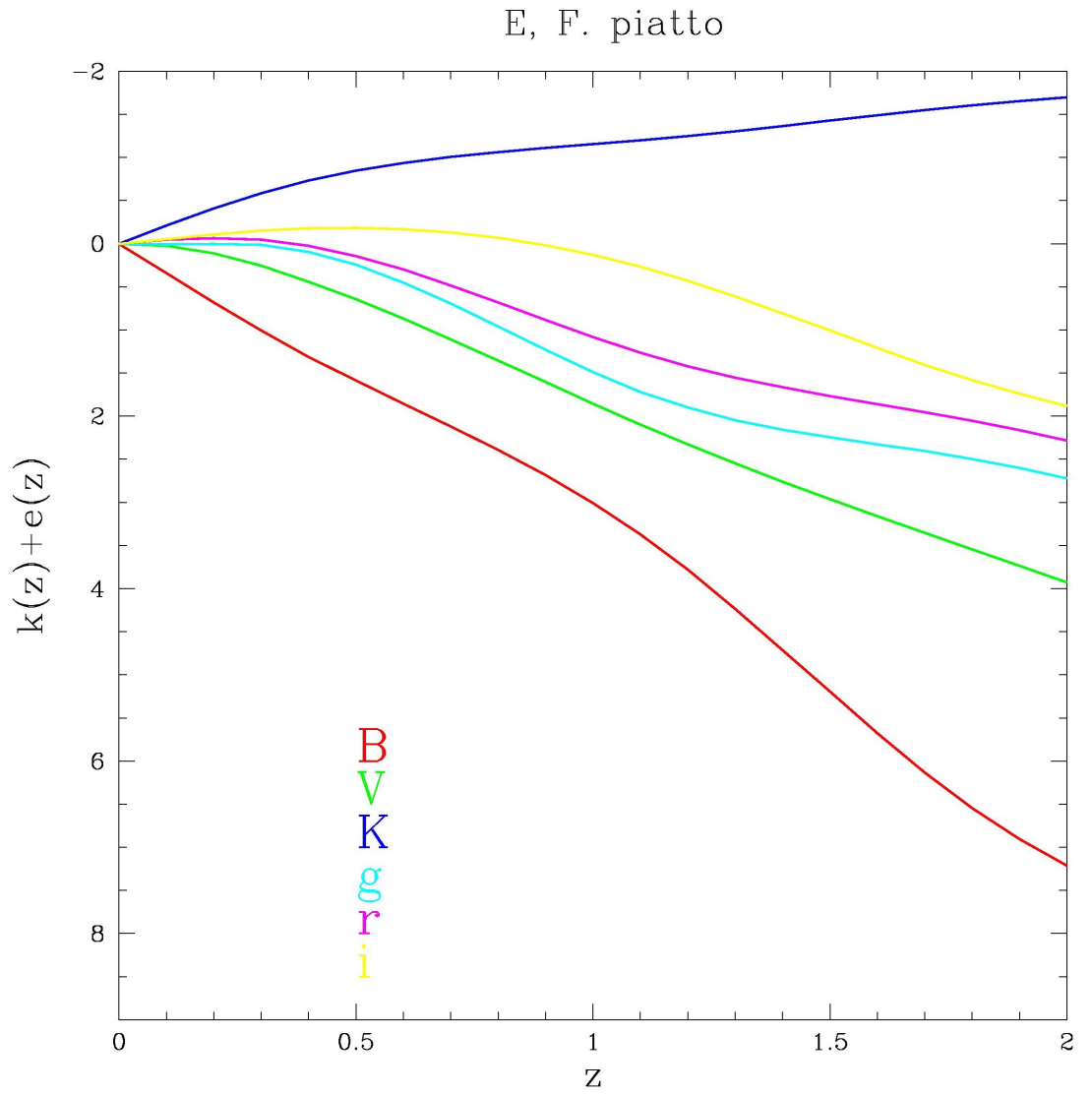


Figura 4.8: Correzione $k(z) + e(z)$ per le galassie ellittiche in un universo di Friedmann piatto.

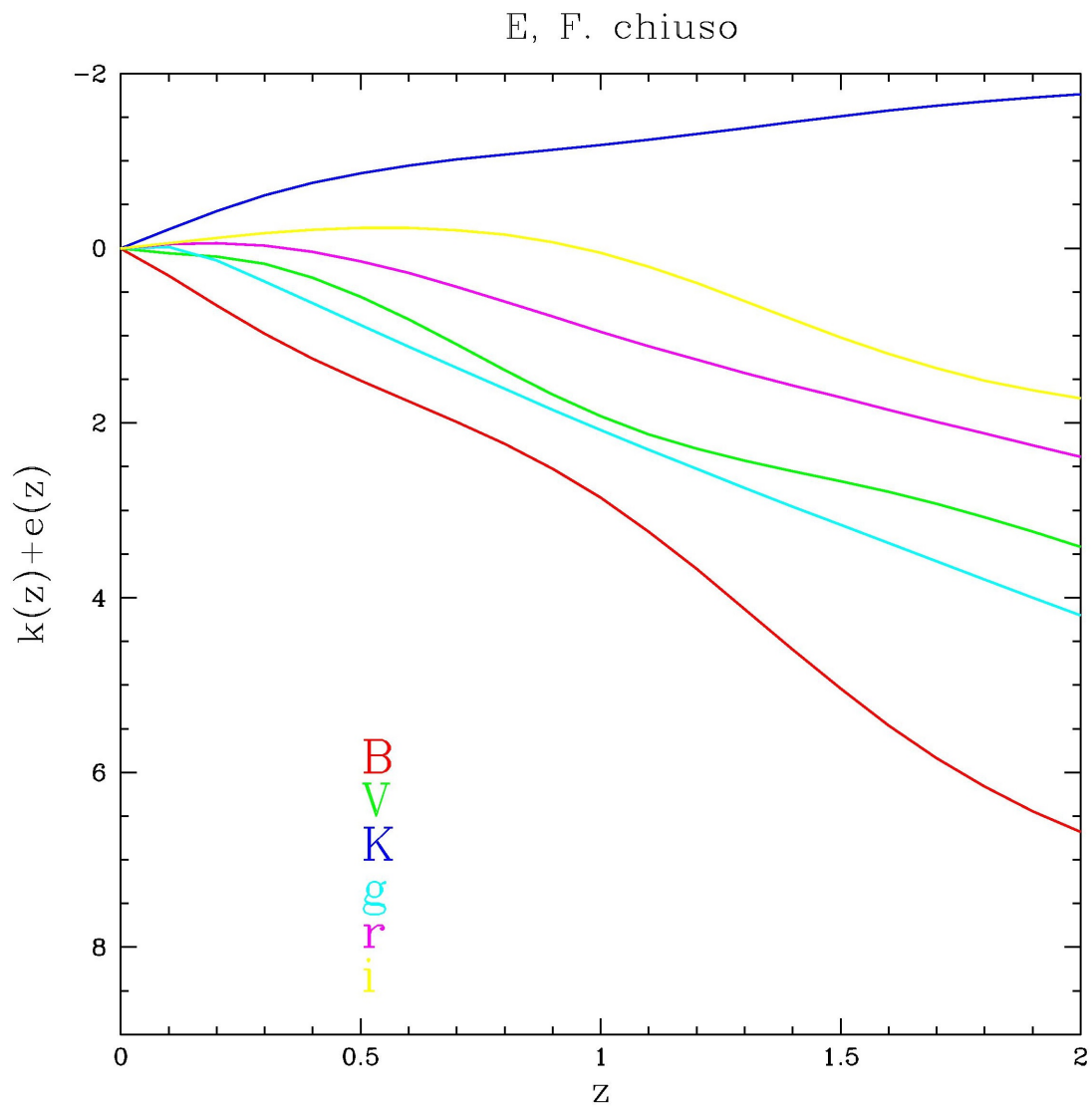


Figura 4.9: Come Figura 4.8 ma per un universo di Friedmann chiuso.

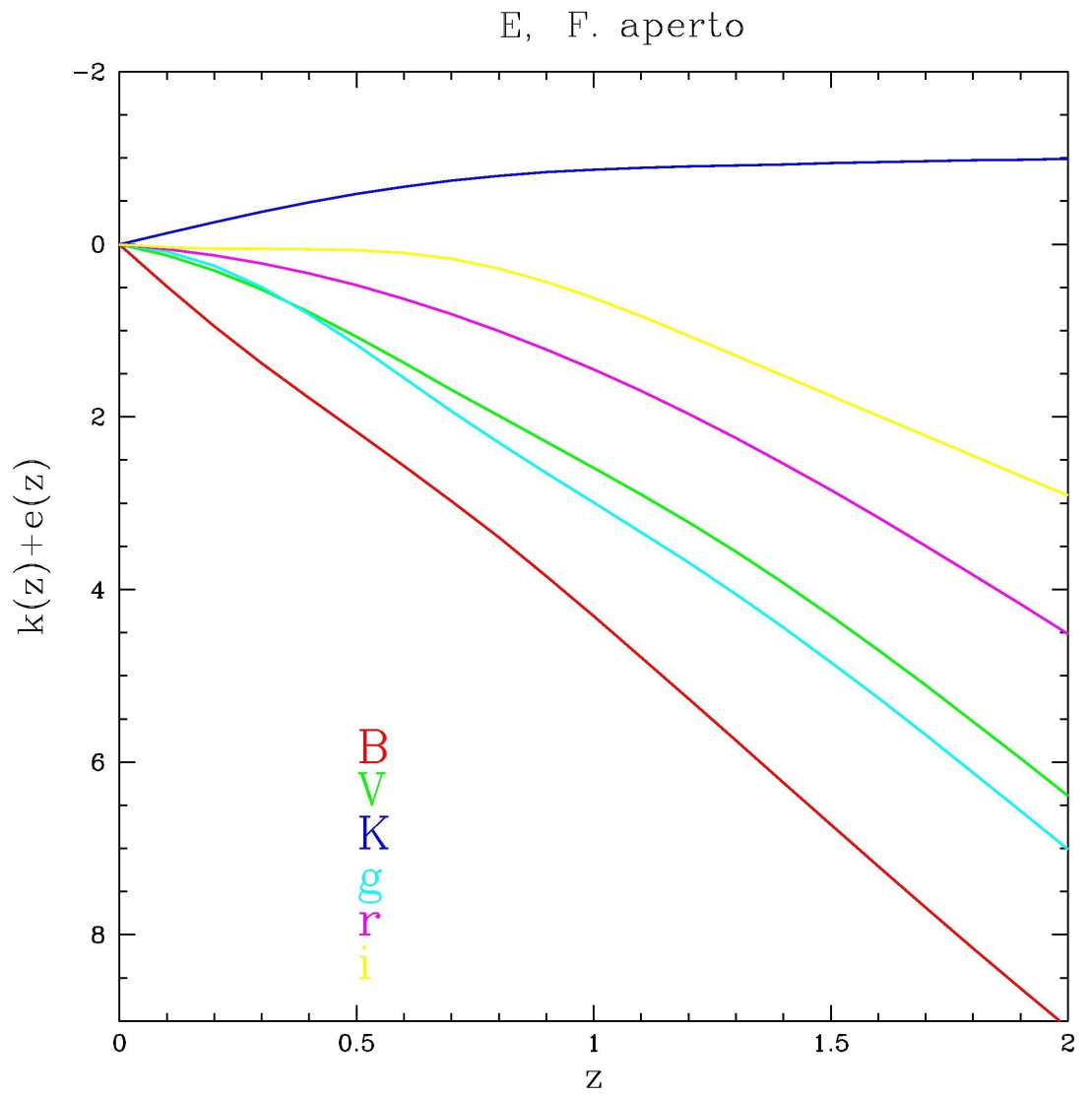


Figura 4.10: Come Figura 4.8 ma per un universo di Friedmann aperto.

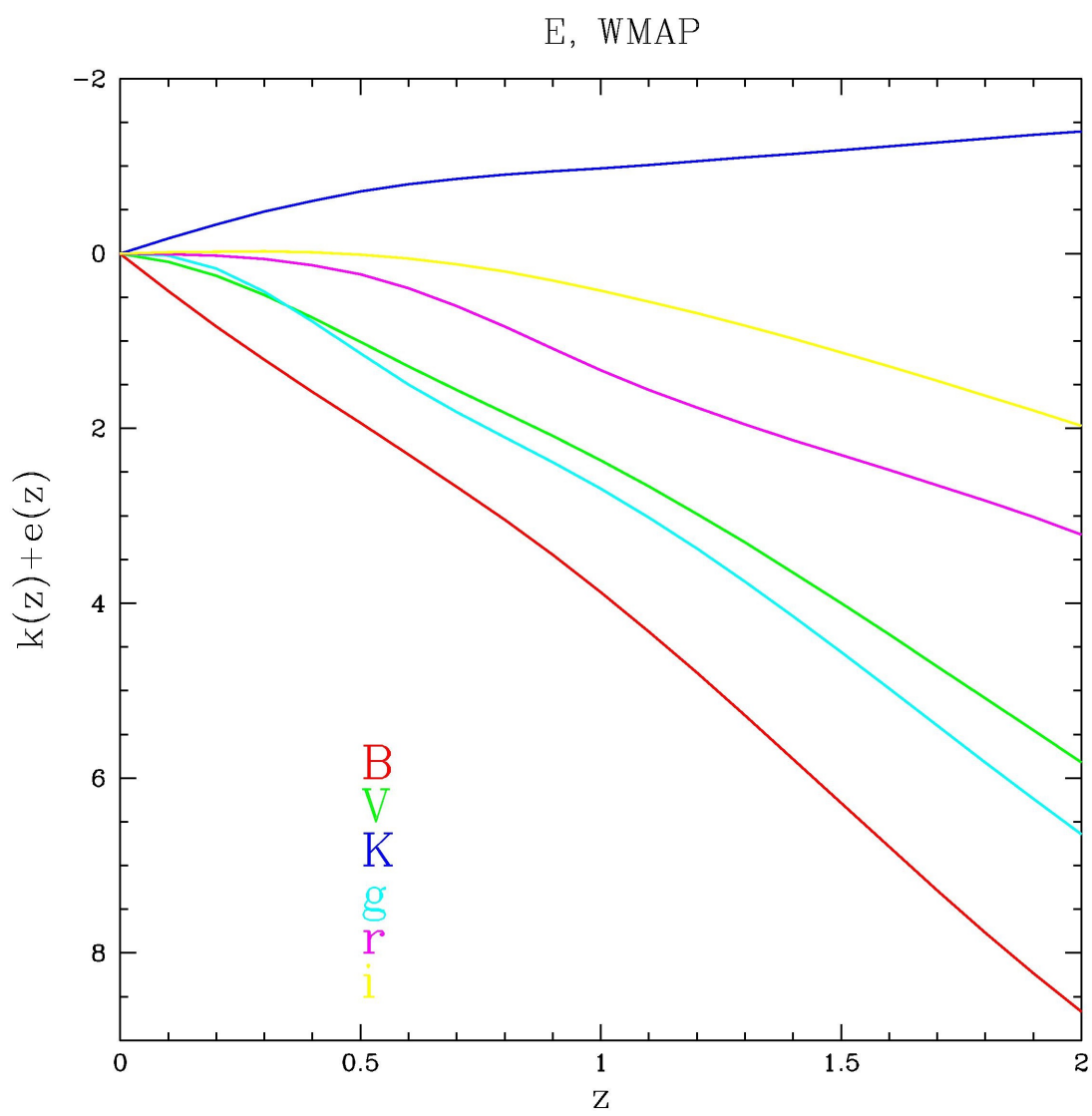


Figura 4.11: Come Figura 4.8 ma per il modello WMAP.

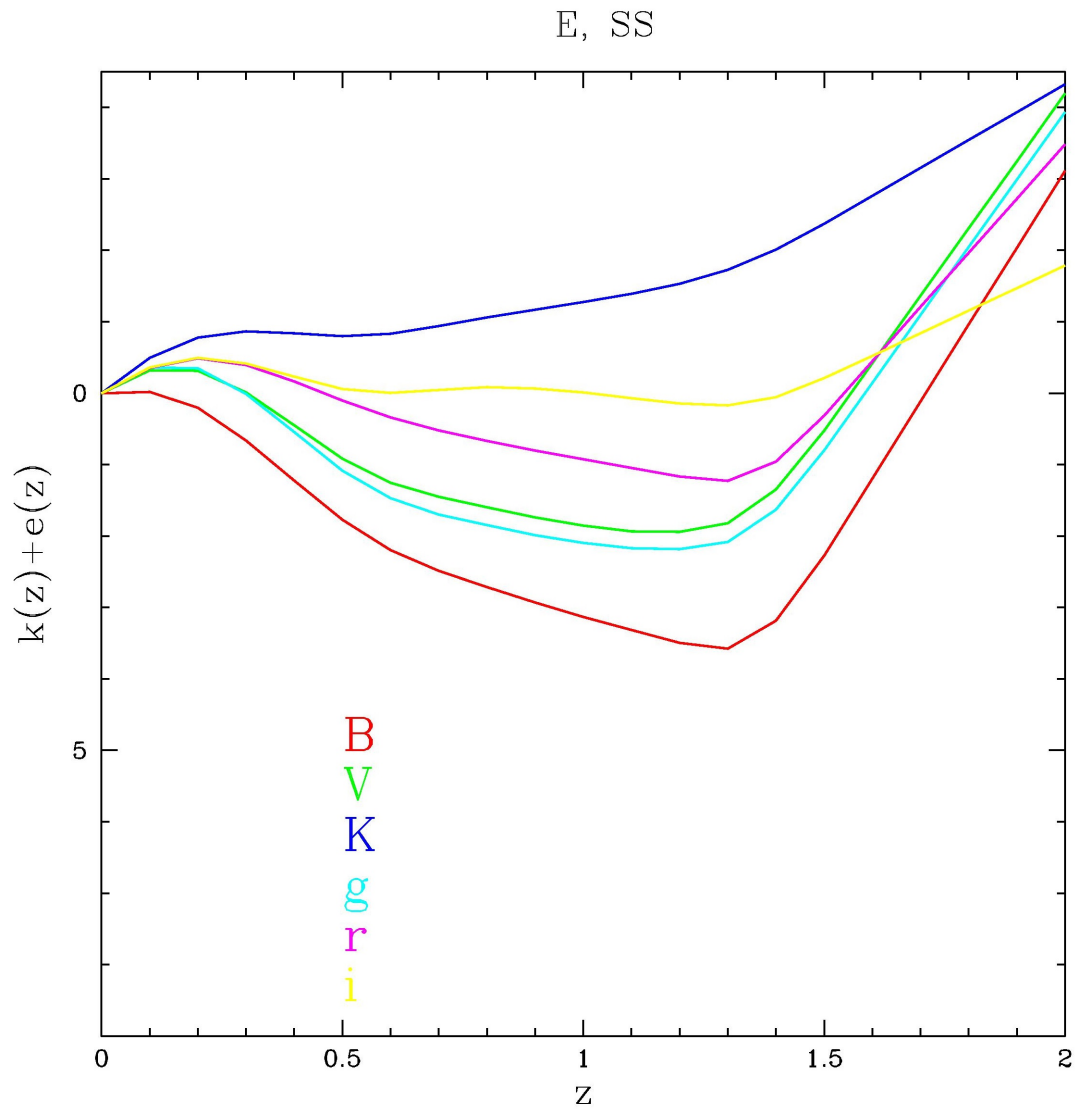


Figura 4.12: Come Figura 4.8 ma per un universo del tipo Stato Stazionario.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.19	0.05	0.12	0.09	0.11	0.30	0.17	0.14	0.12
0.20	0.39	0.13	0.23	0.18	0.22	0.57	0.36	0.26	0.22
0.30	0.59	0.26	0.33	0.29	0.32	0.79	0.58	0.37	0.32
0.40	0.79	0.40	0.44	0.42	0.42	0.94	0.81	0.48	0.42
0.50	1.01	0.57	0.56	0.57	0.54	1.02	1.05	0.63	0.54
0.60	1.24	0.72	0.71	0.75	0.68	1.03	1.27	0.82	0.69
0.70	1.46	0.89	0.88	0.96	0.84	0.99	1.47	1.05	0.85
0.80	1.63	1.09	1.04	1.20	1.01	0.96	1.61	1.30	1.02
0.90	1.74	1.34	1.21	1.46	1.19	0.97	1.70	1.56	1.20
1.00	1.80	1.62	1.39	1.72	1.39	1.01	1.75	1.81	1.39
1.10	1.85	1.89	1.59	1.97	1.62	1.09	1.79	2.04	1.61
1.20	1.91	2.15	1.85	2.20	1.89	1.20	1.84	2.24	1.87
1.30	2.01	2.39	2.17	2.40	2.21	1.34	1.95	2.41	2.19
1.40	2.20	2.66	2.57	2.63	2.60	1.57	2.14	2.63	2.59
1.50	2.47	2.99	3.03	2.93	3.04	1.89	2.41	2.92	3.04
1.60	2.76	3.33	3.51	3.25	3.51	2.23	2.71	3.23	3.51
1.70	3.06	3.67	3.99	3.57	3.97	2.57	3.01	3.54	3.98
1.80	3.36	4.02	4.47	3.89	4.44	2.91	3.31	3.85	4.45
1.90	3.65	4.36	4.95	4.21	4.90	3.25	3.61	4.15	4.92
2.00	3.95	4.70	5.42	4.53	5.37	3.60	3.90	4.46	5.39

Tabella 4.60: Come Tabella 4.50 ma per le galassie Im.

Mostriamo ora nelle Tabelle 4.61-4.72 le correzioni $k(z)$ per il modello di universo di Friedmann piatto.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	1.11	1.23	1.13	0.90	0.52	0.18	0.06	-0.09
0.20	2.14	2.38	2.19	1.74	0.99	0.35	0.11	-0.17
0.30	3.02	3.35	3.08	2.43	1.37	0.48	0.15	-0.24
0.40	3.67	4.06	3.72	2.92	1.60	0.56	0.17	-0.29
0.50	4.00	4.43	4.04	3.12	1.63	0.58	0.17	-0.32
0.60	3.99	4.41	3.99	3.01	1.45	0.53	0.14	-0.32
0.70	3.78	4.18	3.73	2.73	1.16	0.44	0.10	-0.30
0.80	3.56	3.93	3.46	2.42	0.90	0.36	0.06	-0.29
0.90	3.40	3.75	3.24	2.16	0.71	0.29	0.02	-0.30
1.00	3.25	3.58	3.04	1.89	0.59	0.24	0.00	-0.31
1.10	3.08	3.38	2.80	1.58	0.50	0.20	0.01	-0.34
1.20	2.87	3.13	2.51	1.25	0.43	0.15	0.02	-0.36
1.30	2.63	2.86	2.19	0.95	0.35	0.11	0.03	-0.37
1.40	2.38	2.56	1.84	0.71	0.26	0.07	0.03	-0.37
1.50	2.11	2.26	1.47	0.50	0.17	0.03	0.01	-0.37
1.60	1.84	1.95	1.10	0.30	0.08	-0.00	-0.00	-0.37
1.70	1.57	1.64	0.73	0.09	-0.01	-0.04	-0.02	-0.37
1.80	1.31	1.33	0.36	-0.12	-0.11	-0.08	-0.03	-0.37
1.90	1.04	1.02	-0.01	-0.33	-0.20	-0.12	-0.04	-0.37
2.00	0.77	0.71	-0.38	-0.54	-0.29	-0.16	-0.06	-0.37

Tabella 4.61: Correzione $k(z)$ per le galassie ellittiche in un modello di Friedmann piatto. Sistema fotometrico di Johnson.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	1.16	0.97	0.77	1.01	0.79	1.17	1.18	1.03	0.79
0.20	2.25	1.86	1.47	1.94	1.52	2.26	2.27	1.99	1.51
0.30	3.16	2.61	2.05	2.72	2.13	3.18	3.20	2.79	2.10
0.40	3.82	3.13	2.44	3.27	2.54	3.86	3.87	3.36	2.51
0.50	4.15	3.37	2.58	3.53	2.69	4.21	4.21	3.62	2.65
0.60	4.12	3.28	2.44	3.45	2.56	4.20	4.18	3.55	2.52
0.70	3.87	3.00	2.14	3.17	2.26	3.98	3.93	3.28	2.22
0.80	3.60	2.70	1.81	2.88	1.94	3.75	3.67	2.99	1.90
0.90	3.40	2.46	1.53	2.64	1.66	3.58	3.47	2.75	1.62
1.00	3.20	2.20	1.26	2.40	1.38	3.43	3.27	2.52	1.34
1.10	2.97	1.90	0.99	2.11	1.09	3.24	3.05	2.24	1.06
1.20	2.70	1.57	0.76	1.79	0.83	3.02	2.78	1.92	0.80
1.30	2.39	1.24	0.59	1.45	0.64	2.77	2.48	1.58	0.62
1.40	2.06	0.92	0.48	1.10	0.52	2.50	2.15	1.22	0.51
1.50	1.71	0.61	0.41	0.74	0.45	2.22	1.81	0.85	0.44
1.60	1.36	0.30	0.35	0.39	0.38	1.94	1.46	0.47	0.37
1.70	1.01	-0.01	0.29	0.03	0.32	1.66	1.12	0.10	0.31
1.80	0.66	-0.32	0.22	-0.33	0.25	1.37	0.77	-0.27	0.24
1.90	0.30	-0.63	0.16	-0.68	0.18	1.09	0.43	-0.64	0.18
2.00	-0.05	-0.94	0.09	-1.04	0.12	0.81	0.08	-1.02	0.11

Tabella 4.62: Correzione $k(z)$ per le galassie ellittiche in un modello di Friedmann piatto. Sistemi fotometrici di Gunn, Cousins e Washington.

z	$k(U)$	$k(B)$	$k(V)$	$k(R)$	$k(I)$	$k(J)$	$k(H)$	$k(K)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.77	0.83	0.76	0.60	0.33	0.10	0.02	-0.13
0.20	1.48	1.60	1.46	1.15	0.62	0.20	0.03	-0.25
0.30	2.08	2.25	2.05	1.61	0.86	0.27	0.04	-0.34
0.40	2.52	2.73	2.48	1.93	1.00	0.32	0.04	-0.41
0.50	2.75	2.97	2.69	2.06	1.02	0.33	0.03	-0.44
0.60	2.74	2.96	2.65	1.99	0.90	0.29	0.01	-0.43
0.70	2.59	2.79	2.48	1.80	0.71	0.24	-0.03	-0.40
0.80	2.44	2.62	2.29	1.60	0.55	0.18	-0.06	-0.37
0.90	2.32	2.49	2.14	1.42	0.44	0.13	-0.09	-0.37
1.00	2.22	2.37	2.00	1.25	0.36	0.09	-0.09	-0.38
1.10	2.09	2.23	1.84	1.04	0.30	0.06	-0.07	-0.40
1.20	1.94	2.07	1.65	0.82	0.24	0.03	-0.04	-0.42
1.30	1.78	1.88	1.43	0.64	0.18	0.01	-0.01	-0.43
1.40	1.60	1.68	1.20	0.49	0.11	-0.02	-0.00	-0.43
1.50	1.42	1.47	0.96	0.36	0.05	-0.04	-0.01	-0.43
1.60	1.23	1.26	0.71	0.24	-0.01	-0.07	-0.01	-0.43
1.70	1.05	1.05	0.47	0.12	-0.07	-0.10	-0.02	-0.43
1.80	0.86	0.84	0.22	-0.01	-0.14	-0.13	-0.02	-0.42
1.90	0.68	0.63	-0.02	-0.13	-0.20	-0.15	-0.03	-0.42
2.00	0.49	0.42	-0.27	-0.26	-0.26	-0.18	-0.03	-0.42

Tabella 4.63: Come Tabella 4.61 ma per le galassie Sa.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.78	0.64	0.51	0.67	0.52	0.80	0.79	0.69	0.52
0.20	1.51	1.23	0.97	1.29	1.00	1.54	1.53	1.32	0.99
0.30	2.12	1.72	1.35	1.80	1.40	2.17	2.15	1.86	1.39
0.40	2.57	2.07	1.61	2.17	1.67	2.64	2.60	2.24	1.65
0.50	2.79	2.22	1.70	2.34	1.77	2.87	2.82	2.41	1.75
0.60	2.76	2.16	1.61	2.28	1.69	2.86	2.80	2.36	1.66
0.70	2.59	1.97	1.41	2.09	1.49	2.71	2.63	2.18	1.46
0.80	2.41	1.78	1.19	1.90	1.27	2.54	2.45	1.98	1.25
0.90	2.27	1.61	1.01	1.74	1.09	2.43	2.31	1.82	1.06
1.00	2.13	1.44	0.83	1.57	0.91	2.32	2.18	1.67	0.88
1.10	1.98	1.24	0.67	1.38	0.73	2.19	2.02	1.48	0.71
1.20	1.79	1.02	0.53	1.17	0.57	2.03	1.84	1.27	0.55
1.30	1.59	0.81	0.42	0.95	0.44	1.86	1.64	1.04	0.43
1.40	1.36	0.61	0.34	0.72	0.36	1.67	1.42	0.81	0.35
1.50	1.13	0.42	0.28	0.50	0.29	1.48	1.19	0.57	0.29
1.60	0.90	0.23	0.22	0.27	0.23	1.29	0.96	0.33	0.23
1.70	0.66	0.04	0.16	0.05	0.17	1.09	0.73	0.09	0.17
1.80	0.43	-0.15	0.10	-0.18	0.11	0.90	0.50	-0.15	0.11
1.90	0.19	-0.34	0.04	-0.41	0.05	0.71	0.27	-0.39	0.05
2.00	-0.04	-0.53	-0.01	-0.63	-0.01	0.51	0.04	-0.63	-0.01

Tabella 4.64: Come Tabella 4.62 ma per le galassie Sa.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.63	0.66	0.59	0.45	0.23	0.06	-0.01	-0.15
0.20	1.21	1.27	1.14	0.87	0.43	0.11	-0.01	-0.28
0.30	1.70	1.79	1.60	1.22	0.59	0.15	-0.02	-0.40
0.40	2.06	2.17	1.93	1.46	0.68	0.18	-0.03	-0.47
0.50	2.24	2.36	2.09	1.56	0.69	0.18	-0.05	-0.50
0.60	2.23	2.34	2.05	1.50	0.59	0.16	-0.06	-0.48
0.70	2.11	2.21	1.91	1.35	0.45	0.12	-0.09	-0.44
0.80	1.98	2.07	1.76	1.19	0.34	0.07	-0.12	-0.41
0.90	1.88	1.96	1.64	1.05	0.27	0.03	-0.14	-0.40
1.00	1.79	1.87	1.53	0.91	0.23	-0.01	-0.15	-0.41
1.10	1.69	1.75	1.40	0.74	0.18	-0.02	-0.11	-0.43
1.20	1.57	1.61	1.25	0.58	0.13	-0.03	-0.06	-0.45
1.30	1.43	1.46	1.07	0.44	0.08	-0.05	-0.03	-0.46
1.40	1.28	1.30	0.89	0.35	0.03	-0.07	-0.01	-0.46
1.50	1.13	1.13	0.70	0.27	-0.02	-0.09	-0.01	-0.46
1.60	0.98	0.97	0.50	0.20	-0.07	-0.12	-0.01	-0.45
1.70	0.83	0.80	0.31	0.12	-0.11	-0.14	-0.01	-0.45
1.80	0.68	0.63	0.12	0.05	-0.16	-0.17	-0.01	-0.45
1.90	0.53	0.46	-0.08	-0.02	-0.21	-0.19	-0.01	-0.44
2.00	0.38	0.29	-0.27	-0.10	-0.26	-0.22	-0.01	-0.44

Tabella 4.65: Come Tabella 4.61 ma per le galassie Sb.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.62	0.49	0.38	0.51	0.39	0.65	0.62	0.53	0.39
0.20	1.19	0.94	0.73	0.99	0.75	1.25	1.20	1.02	0.74
0.30	1.67	1.31	1.01	1.38	1.05	1.76	1.69	1.44	1.04
0.40	2.02	1.57	1.20	1.66	1.25	2.14	2.04	1.73	1.23
0.50	2.19	1.69	1.27	1.79	1.32	2.33	2.22	1.86	1.30
0.60	2.16	1.63	1.19	1.74	1.25	2.31	2.19	1.82	1.23
0.70	2.02	1.48	1.04	1.59	1.09	2.19	2.05	1.67	1.08
0.80	1.88	1.33	0.87	1.43	0.92	2.05	1.91	1.51	0.91
0.90	1.76	1.20	0.72	1.30	0.78	1.95	1.79	1.39	0.76
1.00	1.65	1.06	0.59	1.18	0.64	1.86	1.69	1.26	0.62
1.10	1.53	0.90	0.48	1.02	0.51	1.75	1.56	1.11	0.50
1.20	1.38	0.73	0.38	0.85	0.40	1.63	1.42	0.94	0.40
1.30	1.21	0.57	0.31	0.68	0.31	1.48	1.25	0.77	0.31
1.40	1.03	0.43	0.25	0.51	0.25	1.33	1.08	0.59	0.25
1.50	0.85	0.29	0.20	0.34	0.20	1.18	0.89	0.41	0.20
1.60	0.66	0.16	0.15	0.18	0.15	1.02	0.71	0.22	0.15
1.70	0.48	0.03	0.10	0.01	0.10	0.86	0.53	0.04	0.10
1.80	0.29	-0.10	0.05	-0.16	0.04	0.70	0.34	-0.14	0.05
1.90	0.11	-0.23	-0.00	-0.32	-0.01	0.55	0.16	-0.32	-0.00
2.00	-0.08	-0.36	-0.05	-0.49	-0.06	0.39	-0.02	-0.50	-0.05

Tabella 4.66: Come Tabella 4.62 ma per le galassie Sb.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.53	0.54	0.47	0.34	0.14	0.01	-0.03	-0.17
0.20	1.02	1.04	0.90	0.66	0.26	0.02	-0.05	-0.33
0.30	1.43	1.46	1.26	0.92	0.36	0.02	-0.08	-0.45
0.40	1.73	1.77	1.52	1.10	0.41	0.03	-0.10	-0.54
0.50	1.89	1.92	1.64	1.17	0.39	0.02	-0.12	-0.57
0.60	1.88	1.91	1.61	1.11	0.31	0.01	-0.13	-0.54
0.70	1.77	1.79	1.49	0.99	0.21	-0.01	-0.15	-0.48
0.80	1.66	1.67	1.37	0.86	0.14	-0.04	-0.17	-0.44
0.90	1.57	1.59	1.27	0.75	0.10	-0.07	-0.20	-0.43
1.00	1.50	1.50	1.17	0.63	0.09	-0.10	-0.20	-0.44
1.10	1.41	1.40	1.06	0.50	0.05	-0.11	-0.15	-0.46
1.20	1.30	1.29	0.94	0.37	0.01	-0.10	-0.09	-0.48
1.30	1.19	1.16	0.80	0.27	-0.03	-0.10	-0.04	-0.49
1.40	1.06	1.03	0.64	0.22	-0.06	-0.12	-0.02	-0.49
1.50	0.94	0.89	0.49	0.18	-0.10	-0.14	-0.01	-0.49
1.60	0.81	0.75	0.33	0.15	-0.13	-0.16	-0.00	-0.49
1.70	0.68	0.61	0.17	0.12	-0.16	-0.18	0.00	-0.49
1.80	0.55	0.47	0.01	0.09	-0.19	-0.20	0.01	-0.48
1.90	0.43	0.33	-0.14	0.06	-0.22	-0.23	0.02	-0.48
2.00	0.30	0.19	-0.30	0.03	-0.25	-0.25	0.02	-0.48

Tabella 4.67: Come Tabella 4.61 ma per le galassie Sc.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.50	0.37	0.28	0.39	0.29	0.54	0.50	0.41	0.29
0.20	0.96	0.71	0.53	0.76	0.55	1.05	0.97	0.80	0.55
0.30	1.34	0.99	0.74	1.06	0.77	1.48	1.36	1.11	0.76
0.40	1.62	1.19	0.88	1.27	0.91	1.79	1.64	1.34	0.90
0.50	1.76	1.27	0.92	1.36	0.96	1.94	1.78	1.44	0.95
0.60	1.73	1.22	0.86	1.32	0.90	1.93	1.76	1.40	0.89
0.70	1.62	1.10	0.73	1.20	0.77	1.82	1.64	1.28	0.76
0.80	1.49	0.97	0.59	1.07	0.64	1.71	1.52	1.15	0.62
0.90	1.40	0.86	0.47	0.96	0.51	1.62	1.42	1.04	0.50
1.00	1.31	0.75	0.37	0.86	0.41	1.54	1.33	0.94	0.40
1.10	1.20	0.62	0.30	0.73	0.32	1.45	1.23	0.82	0.31
1.20	1.08	0.48	0.25	0.59	0.25	1.34	1.11	0.68	0.25
1.30	0.94	0.36	0.21	0.46	0.19	1.22	0.97	0.54	0.20
1.40	0.79	0.26	0.16	0.33	0.14	1.10	0.83	0.40	0.15
1.50	0.64	0.17	0.12	0.20	0.10	0.96	0.68	0.26	0.11
1.60	0.49	0.09	0.08	0.08	0.06	0.83	0.53	0.12	0.06
1.70	0.34	0.00	0.04	-0.04	0.02	0.70	0.38	-0.02	0.02
1.80	0.18	-0.08	-0.01	-0.16	-0.03	0.57	0.22	-0.16	-0.02
1.90	0.03	-0.16	-0.05	-0.29	-0.07	0.44	0.07	-0.30	-0.06
2.00	-0.12	-0.25	-0.09	-0.41	-0.11	0.30	-0.08	-0.44	-0.11

Tabella 4.68: Come Tabella 4.62 ma per le galassie Sc.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.46	0.46	0.38	0.26	0.07	-0.03	-0.05	-0.19
0.20	0.89	0.89	0.73	0.50	0.13	-0.07	-0.10	-0.37
0.30	1.26	1.25	1.03	0.70	0.17	-0.09	-0.14	-0.51
0.40	1.52	1.51	1.24	0.83	0.18	-0.11	-0.17	-0.61
0.50	1.66	1.64	1.33	0.88	0.15	-0.12	-0.19	-0.64
0.60	1.64	1.62	1.30	0.83	0.08	-0.12	-0.21	-0.60
0.70	1.55	1.52	1.20	0.72	-0.00	-0.13	-0.22	-0.53
0.80	1.45	1.41	1.09	0.61	-0.04	-0.15	-0.24	-0.48
0.90	1.37	1.33	1.01	0.52	-0.05	-0.17	-0.26	-0.46
1.00	1.30	1.26	0.92	0.42	-0.05	-0.19	-0.25	-0.47
1.10	1.22	1.17	0.83	0.30	-0.07	-0.19	-0.19	-0.49
1.20	1.13	1.07	0.72	0.19	-0.10	-0.17	-0.11	-0.51
1.30	1.03	0.96	0.60	0.13	-0.13	-0.16	-0.05	-0.53
1.40	0.92	0.85	0.47	0.10	-0.16	-0.17	-0.02	-0.53
1.50	0.81	0.72	0.33	0.10	-0.17	-0.19	-0.01	-0.53
1.60	0.70	0.60	0.20	0.10	-0.18	-0.20	0.00	-0.53
1.70	0.58	0.48	0.06	0.10	-0.20	-0.22	0.01	-0.52
1.80	0.47	0.36	-0.07	0.11	-0.21	-0.24	0.02	-0.52
1.90	0.36	0.24	-0.21	0.11	-0.23	-0.26	0.03	-0.52
2.00	0.25	0.12	-0.34	0.11	-0.24	-0.27	0.04	-0.51

Tabella 4.69: Come Tabella 4.61 ma per le galassie Sd.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.41	0.28	0.20	0.31	0.21	0.47	0.42	0.33	0.21
0.20	0.80	0.55	0.39	0.59	0.40	0.92	0.81	0.63	0.40
0.30	1.12	0.76	0.54	0.83	0.56	1.29	1.14	0.89	0.55
0.40	1.35	0.91	0.63	0.99	0.66	1.56	1.37	1.06	0.65
0.50	1.46	0.97	0.66	1.06	0.69	1.70	1.49	1.14	0.68
0.60	1.44	0.92	0.60	1.02	0.63	1.68	1.46	1.10	0.62
0.70	1.34	0.82	0.49	0.91	0.53	1.59	1.36	0.99	0.52
0.80	1.23	0.71	0.37	0.80	0.41	1.48	1.25	0.89	0.40
0.90	1.15	0.62	0.27	0.71	0.31	1.41	1.17	0.80	0.29
1.00	1.07	0.52	0.19	0.62	0.22	1.34	1.09	0.70	0.21
1.10	0.97	0.40	0.15	0.51	0.16	1.25	1.00	0.60	0.16
1.20	0.87	0.28	0.13	0.39	0.12	1.16	0.89	0.48	0.12
1.30	0.75	0.19	0.11	0.28	0.08	1.05	0.78	0.36	0.09
1.40	0.62	0.12	0.08	0.18	0.05	0.94	0.65	0.25	0.06
1.50	0.49	0.07	0.04	0.09	0.01	0.83	0.52	0.14	0.02
1.60	0.36	0.02	0.01	-0.00	-0.02	0.71	0.39	0.03	-0.01
1.70	0.23	-0.03	-0.03	-0.10	-0.06	0.59	0.26	-0.08	-0.05
1.80	0.10	-0.08	-0.06	-0.19	-0.09	0.48	0.13	-0.19	-0.08
1.90	-0.03	-0.13	-0.10	-0.28	-0.13	0.36	0.01	-0.31	-0.12
2.00	-0.16	-0.18	-0.13	-0.37	-0.16	0.25	-0.12	-0.42	-0.15

Tabella 4.70: Come Tabella 4.62 ma per le galassie Sd.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.44	0.42	0.34	0.22	0.03	-0.06	-0.06	-0.21
0.20	0.84	0.81	0.65	0.41	0.05	-0.12	-0.13	-0.40
0.30	1.18	1.14	0.91	0.57	0.05	-0.17	-0.18	-0.55
0.40	1.43	1.38	1.09	0.68	0.04	-0.20	-0.22	-0.66
0.50	1.56	1.50	1.17	0.71	-0.01	-0.22	-0.25	-0.69
0.60	1.54	1.48	1.14	0.66	-0.07	-0.22	-0.26	-0.65
0.70	1.45	1.38	1.05	0.57	-0.14	-0.21	-0.27	-0.57
0.80	1.36	1.29	0.95	0.47	-0.16	-0.22	-0.29	-0.51
0.90	1.29	1.21	0.87	0.38	-0.15	-0.25	-0.30	-0.49
1.00	1.22	1.14	0.79	0.28	-0.13	-0.26	-0.29	-0.50
1.10	1.14	1.06	0.70	0.18	-0.14	-0.25	-0.22	-0.52
1.20	1.06	0.97	0.60	0.08	-0.18	-0.22	-0.14	-0.54
1.30	0.96	0.86	0.48	0.03	-0.20	-0.21	-0.07	-0.55
1.40	0.86	0.75	0.36	0.03	-0.21	-0.21	-0.04	-0.55
1.50	0.75	0.64	0.24	0.05	-0.22	-0.22	-0.02	-0.55
1.60	0.65	0.53	0.12	0.08	-0.22	-0.23	-0.00	-0.55
1.70	0.54	0.41	-0.01	0.10	-0.23	-0.25	0.01	-0.54
1.80	0.44	0.30	-0.13	0.13	-0.23	-0.26	0.03	-0.54
1.90	0.33	0.19	-0.26	0.16	-0.24	-0.28	0.04	-0.54
2.00	0.23	0.07	-0.38	0.18	-0.24	-0.29	0.06	-0.53

Tabella 4.71: Come Tabella 4.61 ma per le galassie Im.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.37	0.24	0.16	0.26	0.17	0.44	0.38	0.28	0.16
0.20	0.72	0.45	0.30	0.50	0.32	0.86	0.73	0.55	0.31
0.30	1.01	0.63	0.41	0.70	0.44	1.21	1.02	0.76	0.43
0.40	1.22	0.75	0.48	0.83	0.51	1.46	1.24	0.91	0.50
0.50	1.31	0.79	0.50	0.89	0.53	1.59	1.33	0.97	0.52
0.60	1.29	0.75	0.44	0.84	0.47	1.57	1.31	0.94	0.46
0.70	1.19	0.65	0.34	0.75	0.38	1.48	1.22	0.84	0.37
0.80	1.10	0.56	0.23	0.65	0.27	1.38	1.12	0.74	0.26
0.90	1.02	0.47	0.14	0.57	0.17	1.31	1.04	0.66	0.16
1.00	0.94	0.38	0.07	0.48	0.09	1.24	0.96	0.57	0.09
1.10	0.85	0.27	0.05	0.37	0.05	1.17	0.88	0.47	0.05
1.20	0.75	0.16	0.05	0.27	0.03	1.08	0.78	0.36	0.04
1.30	0.64	0.08	0.04	0.17	0.01	0.98	0.67	0.26	0.02
1.40	0.53	0.03	0.02	0.08	-0.02	0.87	0.55	0.16	-0.00
1.50	0.41	0.00	-0.01	0.01	-0.05	0.76	0.43	0.06	-0.03
1.60	0.29	-0.03	-0.04	-0.07	-0.07	0.66	0.31	-0.04	-0.06
1.70	0.16	-0.06	-0.07	-0.14	-0.10	0.55	0.19	-0.13	-0.10
1.80	0.04	-0.08	-0.10	-0.22	-0.13	0.44	0.07	-0.23	-0.13
1.90	-0.08	-0.11	-0.13	-0.29	-0.16	0.33	-0.05	-0.32	-0.16
2.00	-0.20	-0.14	-0.16	-0.37	-0.19	0.22	-0.17	-0.42	-0.19

Tabella 4.72: Come Tabella 4.62 ma per le galassie Im.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	1.10	1.22	1.12	0.89	0.52	0.18	0.05	-0.09
0.20	2.12	2.35	2.17	1.72	0.99	0.34	0.10	-0.17
0.30	2.99	3.32	3.05	2.41	1.36	0.47	0.14	-0.24
0.40	3.63	4.02	3.69	2.89	1.58	0.56	0.16	-0.30
0.50	3.96	4.39	4.00	3.09	1.62	0.58	0.16	-0.32
0.60	3.95	4.37	3.95	2.98	1.44	0.52	0.13	-0.32
0.70	3.74	4.14	3.70	2.70	1.15	0.44	0.10	-0.31
0.80	3.53	3.89	3.43	2.40	0.89	0.35	0.05	-0.30
0.90	3.37	3.71	3.22	2.14	0.71	0.29	0.02	-0.30
1.00	3.22	3.54	3.01	1.88	0.58	0.24	-0.00	-0.32
1.10	3.05	3.34	2.77	1.56	0.50	0.19	0.00	-0.34
1.20	2.84	3.10	2.49	1.23	0.42	0.15	0.02	-0.36
1.30	2.61	2.83	2.17	0.94	0.35	0.11	0.02	-0.37
1.40	2.35	2.54	1.82	0.71	0.26	0.07	0.02	-0.37
1.50	2.09	2.23	1.46	0.50	0.17	0.03	0.00	-0.37
1.60	1.82	1.93	1.09	0.29	0.08	-0.00	-0.01	-0.37
1.70	1.56	1.62	0.73	0.08	-0.01	-0.04	-0.02	-0.37
1.80	1.29	1.32	0.36	-0.12	-0.10	-0.08	-0.04	-0.37
1.90	1.03	1.01	-0.00	-0.33	-0.19	-0.12	-0.05	-0.36
2.00	0.76	0.70	-0.37	-0.53	-0.28	-0.15	-0.06	-0.36

Tabella 4.73: Correzione $k(z)$ per le galassie ellittiche in un modello di Friedmann chiuso. Sistema fotometrico di Johnson.

Le Tabelle 4.73-4.84 danno le correzioni $k(z)$ per un universo di Friedmann chiuso.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	1.15	0.96	0.76	1.00	0.79	1.16	1.17	1.02	0.78
0.20	2.22	1.84	1.45	1.92	1.51	2.24	2.25	1.97	1.49
0.30	3.13	2.58	2.03	2.69	2.10	3.15	3.17	2.76	2.08
0.40	3.79	3.11	2.41	3.24	2.51	3.82	3.84	3.33	2.48
0.50	4.12	3.34	2.55	3.49	2.66	4.17	4.17	3.59	2.63
0.60	4.08	3.25	2.42	3.41	2.53	4.16	4.14	3.51	2.50
0.70	3.83	2.97	2.12	3.14	2.24	3.94	3.89	3.25	2.20
0.80	3.57	2.68	1.80	2.85	1.92	3.71	3.63	2.96	1.88
0.90	3.37	2.43	1.51	2.62	1.64	3.55	3.43	2.73	1.60
1.00	3.17	2.18	1.25	2.38	1.37	3.39	3.25	2.49	1.33
1.10	2.95	1.89	0.98	2.09	1.08	3.21	3.02	2.22	1.05
1.20	2.68	1.56	0.75	1.77	0.82	2.99	2.76	1.90	0.79
1.30	2.37	1.23	0.58	1.43	0.63	2.74	2.46	1.56	0.61
1.40	2.04	0.92	0.48	1.09	0.51	2.48	2.13	1.20	0.50
1.50	1.70	0.61	0.41	0.74	0.44	2.20	1.79	0.84	0.43
1.60	1.35	0.30	0.34	0.38	0.37	1.92	1.45	0.47	0.37
1.70	1.00	-0.01	0.28	0.03	0.31	1.64	1.11	0.10	0.30
1.80	0.65	-0.31	0.21	-0.32	0.24	1.36	0.76	-0.27	0.24
1.90	0.30	-0.62	0.15	-0.67	0.17	1.08	0.42	-0.64	0.17
2.00	-0.04	-0.93	0.08	-1.02	0.11	0.80	0.08	-1.01	0.11

Tabella 4.74: Correzione $k(z)$ per le galassie ellittiche in un modello di Friedmann chiuso. Sistemi fotometrici di Gunn, Cousins e Washington.

z	$k(U)$	$k(B)$	$k(V)$	$k(R)$	$k(I)$	$k(J)$	$k(H)$	$k(K)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.76	0.83	0.75	0.60	0.32	0.10	0.01	-0.13
0.20	1.48	1.59	1.45	1.15	0.62	0.19	0.03	-0.25
0.30	2.08	2.25	2.04	1.60	0.85	0.27	0.03	-0.35
0.40	2.52	2.72	2.47	1.92	0.99	0.31	0.04	-0.42
0.50	2.75	2.96	2.68	2.05	1.00	0.32	0.03	-0.44
0.60	2.73	2.95	2.64	1.98	0.89	0.29	0.01	-0.43
0.70	2.58	2.78	2.46	1.79	0.70	0.23	-0.02	-0.39
0.80	2.43	2.61	2.28	1.59	0.54	0.17	-0.06	-0.37
0.90	2.32	2.49	2.13	1.42	0.43	0.12	-0.09	-0.37
1.00	2.21	2.37	1.99	1.24	0.36	0.08	-0.10	-0.38
1.10	2.09	2.23	1.83	1.03	0.29	0.05	-0.07	-0.40
1.20	1.94	2.06	1.64	0.82	0.23	0.03	-0.03	-0.42
1.30	1.77	1.88	1.42	0.63	0.17	0.00	-0.01	-0.43
1.40	1.60	1.67	1.19	0.49	0.11	-0.02	0.00	-0.43
1.50	1.41	1.47	0.95	0.36	0.05	-0.05	-0.00	-0.43
1.60	1.23	1.26	0.71	0.24	-0.02	-0.08	-0.00	-0.43
1.70	1.04	1.05	0.46	0.12	-0.08	-0.11	-0.01	-0.43
1.80	0.86	0.84	0.22	-0.01	-0.14	-0.13	-0.01	-0.43
1.90	0.68	0.63	-0.03	-0.13	-0.21	-0.16	-0.02	-0.42
2.00	0.49	0.42	-0.27	-0.25	-0.27	-0.19	-0.02	-0.42

Tabella 4.75: Come Tabella reftab:kcec ma per le galassie Sa.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.78	0.64	0.50	0.67	0.52	0.80	0.79	0.69	0.51
0.20	1.50	1.23	0.96	1.28	1.00	1.54	1.52	1.32	0.99
0.30	2.12	1.72	1.34	1.80	1.39	2.17	2.14	1.85	1.38
0.40	2.56	2.06	1.60	2.16	1.66	2.63	2.59	2.23	1.64
0.50	2.78	2.21	1.69	2.33	1.76	2.87	2.81	2.40	1.74
0.60	2.75	2.15	1.60	2.27	1.68	2.85	2.79	2.35	1.65
0.70	2.58	1.96	1.40	2.08	1.48	2.70	2.62	2.17	1.45
0.80	2.40	1.77	1.19	1.89	1.26	2.54	2.44	1.97	1.24
0.90	2.26	1.60	1.00	1.73	1.08	2.42	2.30	1.81	1.05
1.00	2.12	1.43	0.83	1.57	0.90	2.31	2.17	1.66	0.88
1.10	1.97	1.23	0.67	1.38	0.72	2.18	2.01	1.47	0.70
1.20	1.78	1.02	0.52	1.16	0.56	2.03	1.83	1.26	0.55
1.30	1.58	0.80	0.42	0.94	0.44	1.85	1.63	1.04	0.43
1.40	1.35	0.61	0.34	0.72	0.35	1.67	1.41	0.80	0.35
1.50	1.12	0.41	0.28	0.49	0.29	1.48	1.18	0.57	0.29
1.60	0.89	0.23	0.22	0.27	0.23	1.28	0.95	0.33	0.23
1.70	0.66	0.04	0.16	0.04	0.17	1.09	0.72	0.09	0.17
1.80	0.42	-0.15	0.11	-0.18	0.11	0.90	0.49	-0.15	0.11
1.90	0.19	-0.34	0.05	-0.41	0.05	0.70	0.26	-0.39	0.05
2.00	-0.04	-0.53	-0.01	-0.63	-0.01	0.51	0.03	-0.63	-0.01

Tabella 4.76: Come Tabella 4.74 ma per le galassie Sa.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.62	0.66	0.59	0.45	0.23	0.06	-0.01	-0.15
0.20	1.20	1.27	1.13	0.87	0.43	0.11	-0.02	-0.28
0.30	1.69	1.78	1.59	1.22	0.59	0.15	-0.02	-0.40
0.40	2.05	2.16	1.92	1.45	0.68	0.17	-0.04	-0.47
0.50	2.23	2.35	2.08	1.55	0.68	0.17	-0.05	-0.50
0.60	2.22	2.33	2.05	1.49	0.58	0.15	-0.07	-0.48
0.70	2.10	2.20	1.90	1.34	0.45	0.11	-0.09	-0.44
0.80	1.97	2.06	1.76	1.18	0.33	0.07	-0.12	-0.41
0.90	1.87	1.95	1.64	1.05	0.27	0.02	-0.15	-0.40
1.00	1.78	1.86	1.52	0.90	0.22	-0.01	-0.15	-0.41
1.10	1.68	1.74	1.39	0.74	0.17	-0.03	-0.11	-0.43
1.20	1.56	1.61	1.24	0.58	0.12	-0.04	-0.07	-0.45
1.30	1.42	1.46	1.07	0.44	0.07	-0.05	-0.03	-0.46
1.40	1.28	1.30	0.89	0.35	0.02	-0.07	-0.02	-0.46
1.50	1.13	1.13	0.69	0.27	-0.02	-0.09	-0.01	-0.46
1.60	0.98	0.96	0.50	0.20	-0.07	-0.11	-0.01	-0.45
1.70	0.83	0.79	0.31	0.12	-0.11	-0.14	-0.01	-0.45
1.80	0.68	0.63	0.12	0.05	-0.16	-0.16	-0.01	-0.44
1.90	0.53	0.46	-0.08	-0.02	-0.21	-0.18	-0.01	-0.44
2.00	0.38	0.29	-0.27	-0.10	-0.25	-0.21	-0.01	-0.44

Tabella 4.77: Come Tabella 4.73 ma per le galassie Sb.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.61	0.48	0.38	0.51	0.39	0.65	0.62	0.53	0.39
0.20	1.18	0.93	0.72	0.98	0.75	1.25	1.20	1.02	0.74
0.30	1.66	1.30	1.00	1.38	1.04	1.75	1.68	1.43	1.03
0.40	2.01	1.57	1.19	1.65	1.24	2.13	2.04	1.72	1.23
0.50	2.18	1.68	1.26	1.78	1.31	2.32	2.21	1.85	1.30
0.60	2.15	1.62	1.19	1.73	1.24	2.30	2.18	1.81	1.23
0.70	2.01	1.48	1.03	1.58	1.09	2.18	2.04	1.66	1.07
0.80	1.87	1.32	0.86	1.43	0.92	2.04	1.90	1.51	0.90
0.90	1.75	1.19	0.71	1.30	0.77	1.94	1.79	1.38	0.75
1.00	1.65	1.05	0.58	1.17	0.64	1.85	1.68	1.25	0.62
1.10	1.52	0.89	0.47	1.02	0.51	1.74	1.55	1.10	0.50
1.20	1.37	0.72	0.38	0.85	0.40	1.62	1.41	0.94	0.39
1.30	1.21	0.56	0.31	0.68	0.31	1.48	1.25	0.76	0.31
1.40	1.03	0.42	0.25	0.51	0.25	1.33	1.07	0.59	0.25
1.50	0.85	0.29	0.20	0.34	0.19	1.17	0.89	0.40	0.19
1.60	0.66	0.16	0.15	0.18	0.14	1.01	0.71	0.22	0.14
1.70	0.48	0.03	0.09	0.01	0.09	0.86	0.53	0.04	0.09
1.80	0.29	-0.10	0.04	-0.16	0.04	0.70	0.34	-0.14	0.04
1.90	0.11	-0.23	-0.01	-0.32	-0.01	0.55	0.16	-0.32	-0.01
2.00	-0.08	-0.36	-0.06	-0.49	-0.06	0.39	-0.02	-0.50	-0.06

Tabella 4.78: Come Tabella 4.74 ma per le galassie Sb.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.53	0.54	0.47	0.34	0.14	0.01	-0.03	-0.17
0.20	1.02	1.04	0.90	0.66	0.26	0.02	-0.05	-0.32
0.30	1.43	1.46	1.26	0.92	0.36	0.02	-0.08	-0.45
0.40	1.73	1.77	1.52	1.10	0.40	0.02	-0.10	-0.54
0.50	1.89	1.92	1.64	1.17	0.39	0.02	-0.12	-0.57
0.60	1.88	1.91	1.61	1.11	0.31	0.01	-0.14	-0.54
0.70	1.77	1.79	1.49	0.99	0.21	-0.01	-0.15	-0.48
0.80	1.66	1.67	1.37	0.86	0.13	-0.04	-0.18	-0.44
0.90	1.57	1.59	1.27	0.75	0.10	-0.07	-0.20	-0.43
1.00	1.50	1.50	1.17	0.63	0.08	-0.10	-0.20	-0.44
1.10	1.41	1.40	1.06	0.50	0.05	-0.11	-0.15	-0.46
1.20	1.30	1.29	0.94	0.36	0.01	-0.10	-0.09	-0.48
1.30	1.19	1.16	0.80	0.27	-0.03	-0.11	-0.04	-0.49
1.40	1.06	1.03	0.64	0.21	-0.06	-0.12	-0.02	-0.49
1.50	0.94	0.89	0.49	0.18	-0.09	-0.14	-0.01	-0.49
1.60	0.81	0.75	0.33	0.15	-0.12	-0.16	-0.01	-0.49
1.70	0.68	0.61	0.17	0.12	-0.15	-0.18	-0.00	-0.48
1.80	0.55	0.47	0.01	0.09	-0.18	-0.20	0.01	-0.48
1.90	0.43	0.33	-0.14	0.06	-0.21	-0.22	0.01	-0.48
2.00	0.30	0.19	-0.30	0.03	-0.24	-0.24	0.02	-0.47

Tabella 4.79: Come Tabella 4.73 ma per le galassie Sc.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.50	0.37	0.28	0.39	0.29	0.54	0.50	0.41	0.29
0.20	0.96	0.71	0.53	0.76	0.55	1.05	0.97	0.79	0.55
0.30	1.34	0.99	0.74	1.06	0.77	1.48	1.36	1.11	0.76
0.40	1.62	1.19	0.88	1.27	0.91	1.79	1.64	1.34	0.90
0.50	1.76	1.27	0.92	1.36	0.96	1.94	1.78	1.44	0.95
0.60	1.73	1.22	0.86	1.31	0.90	1.93	1.76	1.40	0.89
0.70	1.62	1.10	0.73	1.19	0.78	1.82	1.64	1.27	0.76
0.80	1.49	0.97	0.59	1.07	0.64	1.71	1.52	1.15	0.62
0.90	1.40	0.86	0.47	0.96	0.51	1.62	1.42	1.04	0.50
1.00	1.31	0.75	0.37	0.85	0.41	1.54	1.33	0.94	0.40
1.10	1.20	0.62	0.30	0.73	0.32	1.45	1.23	0.81	0.31
1.20	1.08	0.48	0.25	0.59	0.25	1.34	1.11	0.68	0.25
1.30	0.94	0.36	0.20	0.45	0.19	1.22	0.97	0.54	0.20
1.40	0.79	0.26	0.16	0.33	0.14	1.10	0.83	0.40	0.15
1.50	0.64	0.17	0.12	0.20	0.10	0.96	0.68	0.26	0.11
1.60	0.49	0.09	0.08	0.08	0.06	0.83	0.53	0.12	0.06
1.70	0.34	0.00	0.03	-0.04	0.02	0.70	0.38	-0.02	0.02
1.80	0.18	-0.08	-0.01	-0.17	-0.03	0.57	0.22	-0.16	-0.02
1.90	0.03	-0.17	-0.05	-0.29	-0.07	0.44	0.07	-0.30	-0.07
2.00	-0.12	-0.25	-0.09	-0.41	-0.11	0.30	-0.08	-0.44	-0.11

Tabella 4.80: Come Tabella 4.74 ma per le galassie Sc.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.46	0.46	0.38	0.26	0.07	-0.03	-0.05	-0.19
0.20	0.90	0.89	0.73	0.50	0.13	-0.07	-0.09	-0.37
0.30	1.26	1.25	1.03	0.70	0.16	-0.09	-0.13	-0.51
0.40	1.53	1.51	1.24	0.83	0.17	-0.11	-0.17	-0.61
0.50	1.66	1.64	1.33	0.87	0.14	-0.12	-0.19	-0.64
0.60	1.65	1.62	1.30	0.82	0.07	-0.13	-0.20	-0.60
0.70	1.55	1.52	1.20	0.72	-0.01	-0.13	-0.21	-0.53
0.80	1.45	1.42	1.09	0.61	-0.05	-0.15	-0.23	-0.48
0.90	1.38	1.34	1.01	0.51	-0.05	-0.18	-0.26	-0.46
1.00	1.31	1.26	0.92	0.41	-0.05	-0.20	-0.25	-0.47
1.10	1.23	1.18	0.83	0.29	-0.07	-0.19	-0.19	-0.49
1.20	1.13	1.08	0.72	0.19	-0.11	-0.17	-0.11	-0.51
1.30	1.03	0.96	0.60	0.12	-0.14	-0.16	-0.04	-0.53
1.40	0.92	0.85	0.47	0.10	-0.16	-0.17	-0.01	-0.53
1.50	0.81	0.73	0.33	0.10	-0.17	-0.19	-0.00	-0.53
1.60	0.70	0.60	0.20	0.10	-0.19	-0.21	0.01	-0.53
1.70	0.59	0.48	0.06	0.10	-0.20	-0.23	0.02	-0.53
1.80	0.47	0.36	-0.07	0.11	-0.22	-0.25	0.03	-0.53
1.90	0.36	0.24	-0.21	0.11	-0.23	-0.27	0.04	-0.53
2.00	0.25	0.11	-0.34	0.12	-0.24	-0.29	0.05	-0.53

Tabella 4.81: Come Tabella 4.73 ma per le galassie Sd.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.42	0.28	0.20	0.31	0.21	0.48	0.42	0.33	0.21
0.20	0.80	0.54	0.39	0.59	0.40	0.92	0.81	0.63	0.40
0.30	1.12	0.76	0.53	0.83	0.56	1.29	1.14	0.89	0.55
0.40	1.36	0.91	0.63	0.99	0.66	1.56	1.37	1.06	0.65
0.50	1.47	0.96	0.65	1.05	0.69	1.70	1.49	1.14	0.67
0.60	1.44	0.92	0.60	1.01	0.63	1.69	1.46	1.10	0.62
0.70	1.34	0.81	0.49	0.91	0.52	1.59	1.36	0.99	0.51
0.80	1.23	0.70	0.37	0.80	0.41	1.49	1.25	0.89	0.39
0.90	1.15	0.61	0.27	0.71	0.30	1.41	1.17	0.79	0.29
1.00	1.07	0.51	0.19	0.61	0.21	1.34	1.09	0.70	0.21
1.10	0.97	0.40	0.15	0.50	0.16	1.26	1.00	0.60	0.15
1.20	0.87	0.28	0.13	0.39	0.12	1.16	0.89	0.48	0.12
1.30	0.75	0.18	0.11	0.28	0.08	1.06	0.78	0.36	0.09
1.40	0.62	0.12	0.08	0.18	0.05	0.94	0.65	0.25	0.06
1.50	0.49	0.07	0.04	0.08	0.01	0.83	0.52	0.14	0.02
1.60	0.36	0.02	0.01	-0.01	-0.02	0.71	0.39	0.03	-0.01
1.70	0.23	-0.03	-0.03	-0.10	-0.06	0.60	0.26	-0.09	-0.05
1.80	0.10	-0.08	-0.06	-0.19	-0.09	0.48	0.13	-0.20	-0.08
1.90	-0.03	-0.13	-0.10	-0.29	-0.13	0.37	0.00	-0.31	-0.12
2.00	-0.16	-0.18	-0.13	-0.38	-0.16	0.25	-0.13	-0.42	-0.15

Tabella 4.82: Come Tabella 4.74 ma per le galassie Sd.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.43	0.42	0.33	0.21	0.02	-0.07	-0.07	-0.21
0.20	0.83	0.80	0.64	0.40	0.04	-0.13	-0.13	-0.40
0.30	1.17	1.13	0.89	0.56	0.04	-0.18	-0.19	-0.55
0.40	1.42	1.36	1.07	0.66	0.03	-0.21	-0.23	-0.66
0.50	1.54	1.48	1.15	0.70	-0.02	-0.23	-0.26	-0.69
0.60	1.53	1.46	1.12	0.65	-0.08	-0.22	-0.27	-0.65
0.70	1.44	1.37	1.03	0.55	-0.15	-0.22	-0.28	-0.57
0.80	1.35	1.27	0.93	0.45	-0.17	-0.23	-0.29	-0.51
0.90	1.27	1.20	0.85	0.37	-0.15	-0.25	-0.31	-0.49
1.00	1.21	1.13	0.77	0.27	-0.13	-0.26	-0.30	-0.50
1.10	1.13	1.05	0.69	0.17	-0.15	-0.25	-0.23	-0.51
1.20	1.05	0.95	0.58	0.07	-0.18	-0.23	-0.14	-0.54
1.30	0.95	0.85	0.47	0.02	-0.21	-0.21	-0.08	-0.55
1.40	0.85	0.74	0.35	0.02	-0.22	-0.21	-0.04	-0.55
1.50	0.75	0.63	0.23	0.05	-0.22	-0.22	-0.02	-0.55
1.60	0.64	0.52	0.11	0.08	-0.22	-0.24	-0.01	-0.54
1.70	0.54	0.41	-0.02	0.11	-0.23	-0.25	0.01	-0.54
1.80	0.43	0.29	-0.14	0.14	-0.23	-0.26	0.02	-0.53
1.90	0.33	0.18	-0.26	0.16	-0.23	-0.27	0.04	-0.53
2.00	0.22	0.07	-0.39	0.19	-0.24	-0.28	0.05	-0.52

Tabella 4.83: Come Tabella 4.73 ma per le galassie Im.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.37	0.23	0.15	0.26	0.16	0.44	0.37	0.28	0.16
0.20	0.71	0.45	0.29	0.49	0.31	0.85	0.72	0.54	0.30
0.30	1.00	0.62	0.40	0.69	0.43	1.20	1.01	0.75	0.42
0.40	1.21	0.74	0.47	0.82	0.50	1.45	1.22	0.90	0.49
0.50	1.30	0.78	0.48	0.87	0.51	1.57	1.32	0.96	0.50
0.60	1.28	0.73	0.43	0.83	0.46	1.56	1.30	0.92	0.45
0.70	1.18	0.64	0.33	0.74	0.37	1.47	1.20	0.82	0.35
0.80	1.08	0.54	0.22	0.64	0.26	1.37	1.10	0.73	0.25
0.90	1.00	0.46	0.13	0.56	0.16	1.30	1.03	0.64	0.15
1.00	0.93	0.37	0.06	0.47	0.09	1.23	0.95	0.56	0.08
1.10	0.84	0.26	0.04	0.37	0.05	1.16	0.87	0.46	0.05
1.20	0.75	0.15	0.05	0.26	0.03	1.07	0.77	0.35	0.03
1.30	0.64	0.07	0.04	0.16	0.01	0.97	0.66	0.25	0.02
1.40	0.52	0.03	0.02	0.08	-0.02	0.86	0.55	0.15	-0.01
1.50	0.40	-0.00	-0.01	0.01	-0.05	0.76	0.43	0.06	-0.04
1.60	0.28	-0.03	-0.04	-0.07	-0.08	0.65	0.31	-0.04	-0.07
1.70	0.16	-0.05	-0.08	-0.14	-0.11	0.54	0.19	-0.13	-0.10
1.80	0.04	-0.08	-0.11	-0.21	-0.14	0.43	0.07	-0.23	-0.13
1.90	-0.08	-0.10	-0.14	-0.29	-0.17	0.33	-0.05	-0.32	-0.17
2.00	-0.20	-0.13	-0.17	-0.36	-0.21	0.22	-0.17	-0.42	-0.20

Tabella 4.84: Come Tabella 4.74 ma per le galassie Im.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	1.15	1.28	1.19	0.95	0.56	0.20	0.06	-0.08
0.20	2.22	2.47	2.29	1.82	1.06	0.38	0.12	-0.16
0.30	3.13	3.49	3.22	2.55	1.46	0.52	0.16	-0.23
0.40	3.80	4.23	3.89	3.06	1.71	0.61	0.19	-0.27
0.50	4.15	4.61	4.22	3.28	1.75	0.64	0.19	-0.30
0.60	4.14	4.60	4.17	3.17	1.56	0.58	0.16	-0.30
0.70	3.92	4.35	3.90	2.87	1.26	0.49	0.12	-0.29
0.80	3.69	4.10	3.62	2.55	0.97	0.40	0.07	-0.29
0.90	3.53	3.91	3.40	2.28	0.77	0.33	0.04	-0.29
1.00	3.38	3.73	3.19	2.00	0.64	0.28	0.02	-0.31
1.10	3.20	3.52	2.93	1.67	0.54	0.23	0.02	-0.33
1.20	2.98	3.27	2.64	1.33	0.47	0.18	0.02	-0.35
1.30	2.73	2.99	2.30	1.02	0.39	0.13	0.03	-0.36
1.40	2.47	2.68	1.93	0.76	0.30	0.09	0.02	-0.36
1.50	2.19	2.36	1.55	0.53	0.20	0.05	0.00	-0.36
1.60	1.91	2.04	1.17	0.30	0.10	0.01	-0.01	-0.36
1.70	1.64	1.72	0.78	0.08	0.00	-0.03	-0.03	-0.36
1.80	1.36	1.40	0.40	-0.15	-0.10	-0.07	-0.04	-0.36
1.90	1.08	1.07	0.02	-0.37	-0.20	-0.11	-0.06	-0.35
2.00	0.80	0.75	-0.37	-0.60	-0.29	-0.15	-0.07	-0.35

Tabella 4.85: Correzione $k(z)$ per le galassie ellittiche in un modello di Friedmann aperto. Sistema fotometrico di Johnson.

Le Tabelle 4.85-4.96 danno le correzioni $k(z)$ per un universo di Friedmann aperto.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	1.21	1.02	0.81	1.06	0.84	1.21	1.23	1.08	0.83
0.20	2.34	1.95	1.54	2.03	1.60	2.34	2.37	2.08	1.58
0.30	3.30	2.74	2.15	2.85	2.24	3.30	3.34	2.92	2.21
0.40	3.99	3.29	2.57	3.43	2.67	4.00	4.04	3.52	2.64
0.50	4.33	3.54	2.71	3.70	2.83	4.37	4.39	3.80	2.80
0.60	4.30	3.44	2.57	3.62	2.70	4.36	4.36	3.72	2.66
0.70	4.04	3.15	2.26	3.33	2.39	4.13	4.10	3.44	2.35
0.80	3.76	2.85	1.92	3.03	2.05	3.89	3.83	3.14	2.01
0.90	3.55	2.59	1.62	2.78	1.76	3.72	3.62	2.89	1.72
1.00	3.35	2.33	1.34	2.53	1.47	3.56	3.42	2.65	1.43
1.10	3.11	2.01	1.06	2.23	1.16	3.37	3.19	2.36	1.13
1.20	2.83	1.67	0.81	1.89	0.88	3.14	2.91	2.03	0.86
1.30	2.51	1.32	0.62	1.54	0.68	2.88	2.60	1.67	0.66
1.40	2.16	0.98	0.51	1.17	0.56	2.60	2.25	1.29	0.54
1.50	1.80	0.65	0.44	0.79	0.48	2.31	1.90	0.90	0.47
1.60	1.43	0.32	0.38	0.42	0.41	2.02	1.54	0.51	0.40
1.70	1.07	-0.01	0.31	0.05	0.35	1.72	1.18	0.12	0.34
1.80	0.70	-0.34	0.25	-0.33	0.28	1.43	0.82	-0.27	0.27
1.90	0.33	-0.67	0.18	-0.70	0.21	1.14	0.46	-0.66	0.21
2.00	-0.03	-1.00	0.12	-1.08	0.14	0.85	0.10	-1.05	0.14

Tabella 4.86: Correzione $k(z)$ per le galassie ellittiche in un modello di Friedmann aperto. Sistemi fotometrici di Gunn, Cousins e Washington.

z	$k(U)$	$k(B)$	$k(V)$	$k(R)$	$k(I)$	$k(J)$	$k(H)$	$k(K)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.78	0.85	0.78	0.62	0.35	0.12	0.02	-0.12
0.20	1.50	1.63	1.50	1.19	0.66	0.22	0.04	-0.24
0.30	2.12	2.30	2.11	1.67	0.91	0.31	0.06	-0.34
0.40	2.57	2.79	2.55	2.00	1.06	0.36	0.06	-0.40
0.50	2.80	3.04	2.76	2.14	1.08	0.37	0.05	-0.43
0.60	2.79	3.02	2.73	2.07	0.96	0.33	0.03	-0.42
0.70	2.63	2.85	2.55	1.87	0.77	0.27	-0.00	-0.38
0.80	2.48	2.68	2.36	1.66	0.60	0.20	-0.04	-0.36
0.90	2.36	2.55	2.21	1.49	0.48	0.15	-0.07	-0.36
1.00	2.25	2.43	2.07	1.31	0.40	0.11	-0.08	-0.37
1.10	2.13	2.29	1.90	1.09	0.33	0.08	-0.06	-0.39
1.20	1.98	2.12	1.71	0.87	0.27	0.05	-0.02	-0.41
1.30	1.81	1.93	1.49	0.68	0.20	0.02	0.00	-0.43
1.40	1.63	1.72	1.25	0.52	0.14	-0.01	0.01	-0.43
1.50	1.44	1.51	1.00	0.39	0.07	-0.04	0.00	-0.43
1.60	1.25	1.30	0.75	0.25	0.00	-0.07	-0.00	-0.43
1.70	1.06	1.08	0.50	0.11	-0.07	-0.10	-0.01	-0.43
1.80	0.88	0.87	0.26	-0.02	-0.14	-0.13	-0.01	-0.42
1.90	0.69	0.66	0.01	-0.16	-0.20	-0.16	-0.02	-0.42
2.00	0.50	0.44	-0.24	-0.29	-0.27	-0.19	-0.02	-0.42

Tabella 4.87: Come Tabella 4.85 ma per le galassie Sa.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.80	0.66	0.53	0.69	0.54	0.81	0.81	0.71	0.54
0.20	1.54	1.27	1.01	1.33	1.04	1.57	1.56	1.37	1.03
0.30	2.17	1.78	1.41	1.86	1.46	2.21	2.20	1.92	1.44
0.40	2.63	2.14	1.68	2.24	1.74	2.68	2.66	2.31	1.72
0.50	2.85	2.30	1.77	2.41	1.84	2.92	2.89	2.49	1.82
0.60	2.82	2.24	1.68	2.36	1.76	2.91	2.86	2.44	1.73
0.70	2.65	2.04	1.48	2.17	1.55	2.75	2.69	2.25	1.53
0.80	2.46	1.84	1.26	1.97	1.34	2.59	2.50	2.05	1.31
0.90	2.32	1.67	1.07	1.80	1.15	2.47	2.36	1.89	1.12
1.00	2.19	1.50	0.89	1.64	0.96	2.36	2.23	1.73	0.94
1.10	2.03	1.30	0.72	1.44	0.78	2.22	2.07	1.54	0.76
1.20	1.84	1.08	0.57	1.23	0.60	2.07	1.89	1.32	0.59
1.30	1.63	0.86	0.45	1.00	0.47	1.89	1.68	1.09	0.46
1.40	1.40	0.65	0.37	0.76	0.38	1.70	1.46	0.85	0.38
1.50	1.17	0.45	0.30	0.53	0.32	1.51	1.22	0.61	0.31
1.60	0.93	0.25	0.24	0.30	0.26	1.31	0.99	0.36	0.25
1.70	0.69	0.04	0.18	0.06	0.20	1.11	0.76	0.11	0.19
1.80	0.45	-0.16	0.12	-0.17	0.14	0.92	0.52	-0.13	0.13
1.90	0.21	-0.36	0.06	-0.41	0.07	0.72	0.29	-0.38	0.07
2.00	-0.02	-0.56	0.00	-0.64	0.01	0.52	0.05	-0.63	0.01

Tabella 4.88: Come Tabella 4.86 ma per le galassie Sa.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.63	0.66	0.60	0.46	0.24	0.06	-0.00	-0.15
0.20	1.21	1.28	1.15	0.89	0.45	0.12	-0.01	-0.28
0.30	1.70	1.80	1.61	1.24	0.61	0.17	-0.01	-0.39
0.40	2.06	2.18	1.95	1.49	0.71	0.20	-0.02	-0.47
0.50	2.25	2.37	2.11	1.59	0.72	0.20	-0.03	-0.50
0.60	2.23	2.36	2.08	1.53	0.62	0.18	-0.05	-0.48
0.70	2.11	2.22	1.94	1.38	0.48	0.13	-0.07	-0.44
0.80	1.98	2.08	1.79	1.22	0.36	0.09	-0.10	-0.40
0.90	1.88	1.97	1.67	1.08	0.29	0.04	-0.13	-0.40
1.00	1.80	1.88	1.55	0.94	0.24	0.01	-0.13	-0.41
1.10	1.69	1.76	1.42	0.77	0.19	-0.01	-0.10	-0.43
1.20	1.57	1.62	1.27	0.60	0.14	-0.02	-0.05	-0.45
1.30	1.43	1.47	1.10	0.47	0.09	-0.04	-0.02	-0.46
1.40	1.29	1.31	0.91	0.37	0.04	-0.06	-0.00	-0.47
1.50	1.14	1.14	0.72	0.28	-0.01	-0.08	-0.00	-0.47
1.60	0.98	0.97	0.52	0.21	-0.06	-0.11	-0.00	-0.46
1.70	0.83	0.80	0.33	0.13	-0.11	-0.13	-0.01	-0.46
1.80	0.68	0.64	0.14	0.05	-0.16	-0.16	-0.01	-0.46
1.90	0.53	0.47	-0.06	-0.03	-0.20	-0.19	-0.01	-0.46
2.00	0.38	0.30	-0.25	-0.11	-0.25	-0.21	-0.01	-0.45

Tabella 4.89: Come Tabella 4.85 ma per le galassie Sb.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.62	0.49	0.39	0.52	0.40	0.65	0.63	0.54	0.40
0.20	1.20	0.95	0.74	1.00	0.77	1.25	1.21	1.04	0.76
0.30	1.68	1.33	1.03	1.40	1.07	1.77	1.70	1.46	1.06
0.40	2.04	1.60	1.23	1.69	1.28	2.14	2.06	1.75	1.26
0.50	2.21	1.72	1.30	1.81	1.35	2.33	2.24	1.89	1.33
0.60	2.18	1.66	1.23	1.76	1.28	2.32	2.21	1.84	1.26
0.70	2.04	1.51	1.07	1.62	1.13	2.19	2.07	1.69	1.11
0.80	1.89	1.36	0.90	1.46	0.96	2.05	1.92	1.54	0.94
0.90	1.78	1.22	0.75	1.33	0.81	1.96	1.81	1.41	0.79
1.00	1.67	1.09	0.62	1.20	0.67	1.86	1.70	1.28	0.65
1.10	1.54	0.93	0.50	1.05	0.54	1.76	1.58	1.13	0.53
1.20	1.40	0.75	0.41	0.88	0.42	1.63	1.43	0.97	0.42
1.30	1.23	0.59	0.33	0.70	0.33	1.49	1.27	0.79	0.33
1.40	1.05	0.45	0.27	0.53	0.27	1.34	1.09	0.61	0.26
1.50	0.87	0.31	0.21	0.36	0.21	1.18	0.91	0.43	0.21
1.60	0.68	0.17	0.16	0.19	0.16	1.02	0.73	0.24	0.16
1.70	0.49	0.04	0.10	0.02	0.10	0.86	0.54	0.06	0.10
1.80	0.31	-0.10	0.05	-0.14	0.05	0.71	0.36	-0.13	0.05
1.90	0.12	-0.23	-0.00	-0.31	-0.01	0.55	0.17	-0.31	-0.00
2.00	-0.07	-0.37	-0.06	-0.48	-0.06	0.39	-0.01	-0.49	-0.06

Tabella 4.90: Come Tabella 4.86 ma per le galassie Sb.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.53	0.54	0.47	0.35	0.15	0.01	-0.03	-0.17
0.20	1.02	1.04	0.90	0.67	0.27	0.02	-0.05	-0.33
0.30	1.43	1.47	1.27	0.94	0.37	0.03	-0.08	-0.45
0.40	1.74	1.78	1.53	1.12	0.42	0.04	-0.10	-0.54
0.50	1.89	1.93	1.65	1.19	0.41	0.03	-0.12	-0.57
0.60	1.88	1.91	1.62	1.13	0.33	0.02	-0.13	-0.54
0.70	1.77	1.80	1.50	1.01	0.23	0.00	-0.15	-0.48
0.80	1.66	1.68	1.38	0.88	0.15	-0.03	-0.18	-0.44
0.90	1.58	1.59	1.28	0.77	0.12	-0.07	-0.20	-0.43
1.00	1.50	1.51	1.19	0.65	0.10	-0.10	-0.20	-0.44
1.10	1.41	1.41	1.08	0.52	0.06	-0.10	-0.15	-0.46
1.20	1.30	1.29	0.95	0.38	0.02	-0.10	-0.09	-0.48
1.30	1.19	1.17	0.81	0.29	-0.02	-0.11	-0.04	-0.49
1.40	1.06	1.03	0.66	0.23	-0.06	-0.12	-0.02	-0.49
1.50	0.94	0.89	0.50	0.19	-0.09	-0.14	-0.01	-0.49
1.60	0.81	0.75	0.34	0.16	-0.12	-0.16	-0.01	-0.49
1.70	0.68	0.61	0.18	0.13	-0.16	-0.18	0.00	-0.48
1.80	0.56	0.47	0.02	0.09	-0.19	-0.20	0.01	-0.48
1.90	0.43	0.33	-0.13	0.06	-0.22	-0.22	0.01	-0.48
2.00	0.30	0.19	-0.29	0.03	-0.25	-0.24	0.02	-0.47

Tabella 4.91: Come Tabella 4.85 ma per le galassie Sc.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.50	0.37	0.28	0.40	0.29	0.54	0.50	0.42	0.29
0.20	0.96	0.72	0.54	0.76	0.56	1.05	0.97	0.80	0.56
0.30	1.35	1.01	0.76	1.07	0.79	1.48	1.37	1.13	0.78
0.40	1.63	1.20	0.90	1.29	0.93	1.79	1.65	1.35	0.92
0.50	1.77	1.29	0.94	1.38	0.98	1.95	1.79	1.45	0.97
0.60	1.74	1.24	0.88	1.33	0.92	1.93	1.77	1.41	0.91
0.70	1.63	1.12	0.75	1.21	0.80	1.82	1.65	1.29	0.78
0.80	1.50	0.99	0.61	1.08	0.66	1.71	1.53	1.16	0.64
0.90	1.41	0.88	0.49	0.98	0.53	1.62	1.43	1.06	0.52
1.00	1.31	0.77	0.39	0.87	0.43	1.54	1.34	0.95	0.42
1.10	1.21	0.63	0.32	0.74	0.34	1.45	1.23	0.83	0.33
1.20	1.09	0.50	0.26	0.61	0.27	1.34	1.11	0.70	0.27
1.30	0.95	0.37	0.22	0.47	0.21	1.22	0.98	0.55	0.21
1.40	0.80	0.27	0.17	0.34	0.16	1.10	0.83	0.41	0.16
1.50	0.65	0.18	0.13	0.22	0.11	0.97	0.68	0.27	0.12
1.60	0.50	0.10	0.08	0.09	0.07	0.83	0.53	0.13	0.07
1.70	0.34	0.01	0.04	-0.03	0.02	0.70	0.38	-0.01	0.03
1.80	0.19	-0.07	-0.00	-0.16	-0.02	0.57	0.23	-0.15	-0.02
1.90	0.04	-0.16	-0.05	-0.28	-0.06	0.44	0.08	-0.29	-0.06
2.00	-0.11	-0.25	-0.09	-0.40	-0.11	0.30	-0.07	-0.43	-0.10

Tabella 4.92: Come Tabella 4.86 ma per le galassie Sc.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.48	0.48	0.40	0.28	0.08	-0.03	-0.05	-0.19
0.20	0.92	0.92	0.76	0.53	0.15	-0.05	-0.09	-0.36
0.30	1.30	1.29	1.07	0.74	0.20	-0.08	-0.13	-0.50
0.40	1.57	1.56	1.29	0.88	0.22	-0.09	-0.17	-0.60
0.50	1.71	1.69	1.39	0.93	0.19	-0.10	-0.19	-0.63
0.60	1.69	1.68	1.36	0.88	0.12	-0.11	-0.21	-0.60
0.70	1.60	1.57	1.26	0.77	0.03	-0.11	-0.22	-0.53
0.80	1.49	1.47	1.14	0.66	-0.01	-0.13	-0.24	-0.48
0.90	1.42	1.38	1.06	0.56	-0.02	-0.16	-0.26	-0.46
1.00	1.35	1.31	0.97	0.46	-0.02	-0.19	-0.25	-0.47
1.10	1.26	1.22	0.87	0.34	-0.05	-0.18	-0.19	-0.49
1.20	1.17	1.12	0.76	0.22	-0.08	-0.17	-0.12	-0.51
1.30	1.06	1.00	0.63	0.15	-0.12	-0.16	-0.06	-0.52
1.40	0.95	0.88	0.50	0.12	-0.14	-0.17	-0.03	-0.52
1.50	0.84	0.76	0.36	0.12	-0.16	-0.18	-0.02	-0.52
1.60	0.72	0.63	0.22	0.11	-0.18	-0.20	-0.01	-0.51
1.70	0.61	0.50	0.08	0.11	-0.20	-0.21	0.00	-0.51
1.80	0.49	0.38	-0.06	0.11	-0.21	-0.23	0.01	-0.50
1.90	0.37	0.25	-0.20	0.11	-0.23	-0.25	0.02	-0.50
2.00	0.26	0.13	-0.34	0.11	-0.25	-0.26	0.03	-0.50

Tabella 4.93: Come Tabella 4.85 ma per le galassie Sd.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.43	0.30	0.22	0.32	0.23	0.49	0.44	0.35	0.22
0.20	0.83	0.58	0.41	0.62	0.43	0.94	0.84	0.67	0.43
0.30	1.17	0.81	0.57	0.87	0.60	1.33	1.18	0.93	0.59
0.40	1.41	0.96	0.68	1.04	0.71	1.61	1.43	1.12	0.70
0.50	1.52	1.02	0.70	1.11	0.74	1.75	1.54	1.20	0.73
0.60	1.50	0.98	0.64	1.07	0.68	1.74	1.52	1.16	0.67
0.70	1.39	0.87	0.53	0.96	0.57	1.64	1.41	1.05	0.56
0.80	1.28	0.76	0.41	0.85	0.45	1.53	1.30	0.94	0.44
0.90	1.19	0.66	0.30	0.76	0.34	1.45	1.22	0.84	0.33
1.00	1.11	0.56	0.22	0.66	0.25	1.38	1.14	0.75	0.24
1.10	1.02	0.44	0.18	0.55	0.19	1.30	1.04	0.64	0.18
1.20	0.91	0.32	0.15	0.43	0.14	1.20	0.93	0.52	0.15
1.30	0.78	0.22	0.13	0.31	0.10	1.09	0.81	0.40	0.11
1.40	0.65	0.15	0.09	0.21	0.07	0.97	0.68	0.28	0.08
1.50	0.52	0.09	0.06	0.11	0.03	0.86	0.55	0.16	0.04
1.60	0.38	0.03	0.02	0.01	-0.01	0.74	0.42	0.04	0.00
1.70	0.25	-0.02	-0.01	-0.09	-0.04	0.62	0.28	-0.07	-0.03
1.80	0.11	-0.08	-0.05	-0.19	-0.08	0.50	0.15	-0.19	-0.07
1.90	-0.02	-0.13	-0.09	-0.28	-0.11	0.38	0.01	-0.31	-0.11
2.00	-0.16	-0.19	-0.12	-0.38	-0.15	0.26	-0.12	-0.42	-0.14

Tabella 4.94: Come Tabella 4.86 ma per le galassie Sd.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.45	0.44	0.36	0.24	0.05	-0.05	-0.06	-0.20
0.20	0.87	0.85	0.69	0.45	0.08	-0.10	-0.12	-0.39
0.30	1.23	1.20	0.97	0.63	0.10	-0.14	-0.17	-0.54
0.40	1.48	1.45	1.16	0.75	0.10	-0.17	-0.21	-0.64
0.50	1.61	1.57	1.25	0.79	0.06	-0.18	-0.23	-0.67
0.60	1.60	1.55	1.22	0.74	-0.01	-0.18	-0.25	-0.63
0.70	1.51	1.45	1.12	0.64	-0.08	-0.18	-0.26	-0.56
0.80	1.41	1.35	1.02	0.53	-0.11	-0.20	-0.28	-0.51
0.90	1.33	1.27	0.94	0.44	-0.10	-0.22	-0.29	-0.48
1.00	1.27	1.20	0.85	0.34	-0.09	-0.24	-0.28	-0.49
1.10	1.19	1.12	0.76	0.23	-0.11	-0.23	-0.22	-0.51
1.20	1.10	1.02	0.66	0.13	-0.15	-0.21	-0.14	-0.53
1.30	1.00	0.91	0.54	0.07	-0.17	-0.19	-0.07	-0.54
1.40	0.89	0.80	0.41	0.06	-0.19	-0.20	-0.04	-0.54
1.50	0.78	0.68	0.28	0.07	-0.20	-0.21	-0.02	-0.54
1.60	0.67	0.56	0.15	0.09	-0.21	-0.23	-0.01	-0.53
1.70	0.57	0.45	0.02	0.11	-0.21	-0.24	0.00	-0.53
1.80	0.46	0.33	-0.11	0.13	-0.22	-0.25	0.02	-0.52
1.90	0.35	0.21	-0.24	0.15	-0.23	-0.27	0.03	-0.52
2.00	0.24	0.09	-0.37	0.17	-0.24	-0.28	0.05	-0.52

Tabella 4.95: Come Tabella 4.85 ma per le galassie Im.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.39	0.26	0.18	0.28	0.19	0.46	0.40	0.31	0.18
0.20	0.76	0.50	0.34	0.54	0.36	0.89	0.77	0.59	0.35
0.30	1.07	0.69	0.47	0.76	0.50	1.25	1.08	0.82	0.49
0.40	1.29	0.83	0.55	0.91	0.58	1.52	1.31	0.98	0.57
0.50	1.39	0.87	0.57	0.97	0.60	1.65	1.41	1.05	0.59
0.60	1.37	0.83	0.51	0.92	0.55	1.64	1.39	1.01	0.54
0.70	1.27	0.73	0.41	0.83	0.45	1.54	1.29	0.91	0.44
0.80	1.16	0.63	0.30	0.72	0.33	1.44	1.18	0.81	0.32
0.90	1.08	0.54	0.20	0.63	0.23	1.36	1.10	0.72	0.22
1.00	1.00	0.44	0.13	0.54	0.15	1.29	1.03	0.63	0.14
1.10	0.91	0.33	0.10	0.43	0.10	1.21	0.94	0.53	0.10
1.20	0.81	0.21	0.09	0.32	0.07	1.12	0.83	0.42	0.08
1.30	0.70	0.13	0.08	0.22	0.05	1.02	0.72	0.30	0.05
1.40	0.57	0.07	0.05	0.13	0.01	0.91	0.60	0.20	0.03
1.50	0.45	0.03	0.02	0.04	-0.02	0.80	0.48	0.09	-0.01
1.60	0.32	-0.01	-0.02	-0.04	-0.05	0.69	0.35	-0.01	-0.04
1.70	0.19	-0.04	-0.05	-0.12	-0.09	0.57	0.22	-0.11	-0.08
1.80	0.07	-0.08	-0.09	-0.21	-0.12	0.46	0.10	-0.22	-0.11
1.90	-0.06	-0.12	-0.12	-0.29	-0.15	0.35	-0.03	-0.32	-0.15
2.00	-0.19	-0.15	-0.16	-0.37	-0.19	0.24	-0.15	-0.42	-0.18

Tabella 4.96: Come Tabella 4.86 ma per le galassie Im.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	1.16	1.29	1.20	0.96	0.56	0.20	0.06	-0.08
0.20	2.24	2.50	2.31	1.84	1.07	0.38	0.12	-0.16
0.30	3.16	3.52	3.24	2.58	1.47	0.53	0.16	-0.22
0.40	3.83	4.27	3.92	3.09	1.72	0.62	0.19	-0.27
0.50	4.18	4.65	4.25	3.31	1.76	0.64	0.19	-0.30
0.60	4.17	4.64	4.21	3.20	1.57	0.59	0.16	-0.30
0.70	3.96	4.39	3.94	2.90	1.27	0.49	0.12	-0.29
0.80	3.73	4.13	3.65	2.58	0.98	0.40	0.07	-0.29
0.90	3.56	3.94	3.43	2.30	0.78	0.34	0.04	-0.30
1.00	3.41	3.77	3.21	2.02	0.65	0.28	0.02	-0.31
1.10	3.22	3.55	2.96	1.69	0.55	0.23	0.02	-0.33
1.20	3.01	3.30	2.66	1.34	0.48	0.18	0.02	-0.35
1.30	2.76	3.02	2.32	1.03	0.40	0.14	0.02	-0.36
1.40	2.49	2.70	1.95	0.77	0.31	0.10	0.01	-0.36
1.50	2.21	2.38	1.56	0.54	0.21	0.06	-0.00	-0.36
1.60	1.93	2.06	1.18	0.31	0.11	0.02	-0.02	-0.36
1.70	1.65	1.73	0.79	0.08	0.01	-0.02	-0.03	-0.35
1.80	1.37	1.41	0.40	-0.15	-0.10	-0.06	-0.05	-0.35
1.90	1.09	1.08	0.01	-0.38	-0.20	-0.09	-0.06	-0.35
2.00	0.81	0.76	-0.38	-0.60	-0.30	-0.13	-0.08	-0.34

Tabella 4.97: Correzione $k(z)$ per le galassie ellittiche nel modello WMAP. Sistema fotometrico di Johnson.

Le Tabelle 4.97-4.108 danno le correzioni $k(z)$ per l'universo WMAP.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	1.23	1.02	0.81	1.06	0.84	1.22	1.24	1.09	0.83
0.20	2.36	1.97	1.56	2.05	1.62	2.36	2.39	2.10	1.60
0.30	3.32	2.76	2.17	2.88	2.26	3.33	3.37	2.94	2.23
0.40	4.02	3.32	2.59	3.46	2.69	4.04	4.08	3.55	2.66
0.50	4.37	3.57	2.74	3.73	2.86	4.41	4.43	3.83	2.82
0.60	4.33	3.47	2.59	3.65	2.72	4.40	4.40	3.75	2.68
0.70	4.07	3.18	2.28	3.36	2.41	4.17	4.14	3.47	2.37
0.80	3.79	2.87	1.94	3.05	2.07	3.93	3.86	3.16	2.03
0.90	3.58	2.61	1.64	2.80	1.77	3.75	3.65	2.91	1.73
1.00	3.38	2.34	1.35	2.55	1.48	3.59	3.45	2.67	1.44
1.10	3.14	2.03	1.07	2.25	1.17	3.40	3.22	2.38	1.14
1.20	2.85	1.68	0.81	1.91	0.89	3.17	2.94	2.05	0.86
1.30	2.53	1.33	0.63	1.55	0.68	2.91	2.62	1.68	0.66
1.40	2.18	0.99	0.52	1.18	0.56	2.62	2.27	1.30	0.55
1.50	1.81	0.66	0.45	0.80	0.49	2.33	1.91	0.91	0.48
1.60	1.44	0.33	0.38	0.42	0.42	2.03	1.55	0.51	0.41
1.70	1.07	-0.01	0.32	0.04	0.35	1.74	1.19	0.12	0.34
1.80	0.71	-0.34	0.25	-0.33	0.28	1.44	0.83	-0.28	0.28
1.90	0.34	-0.67	0.19	-0.71	0.22	1.15	0.46	-0.67	0.21
2.00	-0.03	-1.01	0.12	-1.09	0.15	0.85	0.10	-1.07	0.15

Tabella 4.98: Correzione $k(z)$ per le galassie ellittiche nel modello WMAP. Sistemi fotometrici di Gunn, Cousins e Washington.

z	$k(U)$	$k(B)$	$k(V)$	$k(R)$	$k(I)$	$k(J)$	$k(H)$	$k(K)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.78	0.84	0.78	0.62	0.35	0.12	0.02	-0.12
0.20	1.50	1.63	1.50	1.19	0.67	0.22	0.04	-0.24
0.30	2.11	2.29	2.11	1.67	0.92	0.31	0.06	-0.33
0.40	2.56	2.78	2.55	2.00	1.07	0.36	0.06	-0.40
0.50	2.79	3.03	2.76	2.14	1.09	0.37	0.05	-0.43
0.60	2.78	3.01	2.73	2.07	0.97	0.34	0.03	-0.42
0.70	2.63	2.85	2.55	1.88	0.78	0.27	-0.00	-0.38
0.80	2.47	2.67	2.36	1.67	0.61	0.21	-0.04	-0.36
0.90	2.35	2.55	2.21	1.50	0.49	0.15	-0.07	-0.36
1.00	2.25	2.43	2.07	1.31	0.40	0.11	-0.08	-0.37
1.10	2.12	2.28	1.90	1.10	0.33	0.08	-0.06	-0.39
1.20	1.97	2.11	1.71	0.88	0.27	0.05	-0.03	-0.41
1.30	1.80	1.93	1.49	0.69	0.21	0.02	-0.00	-0.43
1.40	1.62	1.72	1.25	0.53	0.14	-0.00	0.00	-0.43
1.50	1.44	1.51	1.01	0.39	0.07	-0.04	-0.00	-0.43
1.60	1.25	1.30	0.76	0.25	0.00	-0.07	-0.01	-0.42
1.70	1.06	1.09	0.51	0.11	-0.07	-0.10	-0.01	-0.42
1.80	0.88	0.87	0.26	-0.03	-0.14	-0.13	-0.02	-0.42
1.90	0.69	0.66	0.01	-0.16	-0.21	-0.16	-0.02	-0.42
2.00	0.50	0.45	-0.24	-0.30	-0.27	-0.19	-0.03	-0.41

Tabella 4.99: Come Tabella 4.97 ma per le galassie Sa.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.80	0.66	0.53	0.69	0.55	0.81	0.81	0.71	0.54
0.20	1.54	1.27	1.01	1.33	1.05	1.57	1.56	1.37	1.04
0.30	2.17	1.78	1.41	1.86	1.46	2.20	2.20	1.92	1.44
0.40	2.63	2.15	1.68	2.24	1.74	2.67	2.66	2.31	1.72
0.50	2.85	2.30	1.78	2.42	1.85	2.91	2.89	2.49	1.83
0.60	2.83	2.24	1.69	2.36	1.76	2.90	2.86	2.44	1.74
0.70	2.65	2.05	1.49	2.17	1.56	2.75	2.69	2.25	1.54
0.80	2.47	1.85	1.27	1.97	1.34	2.58	2.50	2.05	1.32
0.90	2.32	1.68	1.07	1.81	1.15	2.46	2.36	1.89	1.13
1.00	2.19	1.51	0.90	1.64	0.97	2.35	2.23	1.73	0.95
1.10	2.03	1.31	0.72	1.45	0.78	2.22	2.08	1.55	0.76
1.20	1.84	1.09	0.57	1.23	0.61	2.06	1.89	1.33	0.60
1.30	1.63	0.87	0.45	1.01	0.48	1.89	1.68	1.10	0.47
1.40	1.40	0.66	0.37	0.77	0.39	1.70	1.46	0.86	0.38
1.50	1.17	0.45	0.31	0.54	0.32	1.50	1.23	0.62	0.32
1.60	0.93	0.25	0.25	0.30	0.26	1.31	1.00	0.37	0.26
1.70	0.69	0.05	0.19	0.07	0.20	1.11	0.76	0.12	0.19
1.80	0.46	-0.16	0.13	-0.17	0.13	0.91	0.53	-0.13	0.13
1.90	0.22	-0.36	0.06	-0.40	0.07	0.72	0.29	-0.37	0.07
2.00	-0.02	-0.56	0.00	-0.63	0.01	0.52	0.06	-0.62	0.01

Tabella 4.100: Come Tabella 4.98 ma per le galassie Sa.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.63	0.66	0.60	0.46	0.24	0.06	-0.00	-0.15
0.20	1.21	1.28	1.15	0.89	0.45	0.12	-0.01	-0.28
0.30	1.70	1.80	1.61	1.25	0.62	0.17	-0.01	-0.39
0.40	2.06	2.18	1.95	1.49	0.71	0.20	-0.02	-0.47
0.50	2.24	2.37	2.11	1.59	0.72	0.20	-0.03	-0.50
0.60	2.23	2.35	2.08	1.53	0.62	0.18	-0.05	-0.48
0.70	2.11	2.22	1.93	1.38	0.48	0.14	-0.08	-0.43
0.80	1.98	2.08	1.78	1.22	0.37	0.09	-0.11	-0.40
0.90	1.88	1.97	1.67	1.08	0.30	0.04	-0.13	-0.40
1.00	1.79	1.88	1.55	0.94	0.25	0.01	-0.14	-0.41
1.10	1.69	1.76	1.42	0.78	0.19	-0.01	-0.10	-0.43
1.20	1.57	1.62	1.27	0.61	0.14	-0.02	-0.06	-0.45
1.30	1.43	1.47	1.09	0.47	0.09	-0.04	-0.02	-0.46
1.40	1.28	1.31	0.91	0.37	0.04	-0.06	-0.01	-0.46
1.50	1.13	1.14	0.72	0.29	-0.01	-0.08	-0.01	-0.46
1.60	0.98	0.97	0.52	0.21	-0.06	-0.11	-0.01	-0.46
1.70	0.83	0.80	0.33	0.13	-0.11	-0.13	-0.01	-0.45
1.80	0.68	0.63	0.14	0.04	-0.16	-0.16	-0.01	-0.45
1.90	0.53	0.47	-0.06	-0.04	-0.21	-0.18	-0.01	-0.45
2.00	0.38	0.30	-0.25	-0.12	-0.26	-0.21	-0.01	-0.45

Tabella 4.101: Come Tabella 4.97 ma per le galassie Sb.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.62	0.50	0.39	0.52	0.40	0.65	0.63	0.54	0.40
0.20	1.20	0.95	0.74	1.00	0.77	1.25	1.21	1.04	0.76
0.30	1.68	1.33	1.04	1.40	1.08	1.76	1.70	1.45	1.06
0.40	2.04	1.60	1.23	1.69	1.28	2.14	2.06	1.75	1.27
0.50	2.21	1.72	1.30	1.81	1.36	2.33	2.24	1.89	1.34
0.60	2.18	1.66	1.23	1.77	1.29	2.32	2.21	1.84	1.27
0.70	2.04	1.51	1.07	1.62	1.13	2.19	2.07	1.69	1.11
0.80	1.89	1.36	0.90	1.46	0.96	2.05	1.92	1.54	0.94
0.90	1.78	1.22	0.75	1.33	0.81	1.95	1.81	1.41	0.79
1.00	1.67	1.09	0.62	1.20	0.68	1.86	1.71	1.28	0.66
1.10	1.54	0.93	0.51	1.05	0.54	1.75	1.58	1.14	0.53
1.20	1.40	0.76	0.41	0.88	0.43	1.63	1.43	0.97	0.42
1.30	1.23	0.60	0.33	0.71	0.34	1.48	1.27	0.79	0.33
1.40	1.05	0.45	0.27	0.54	0.27	1.33	1.09	0.61	0.27
1.50	0.87	0.31	0.21	0.37	0.21	1.18	0.91	0.43	0.21
1.60	0.68	0.18	0.16	0.20	0.16	1.02	0.73	0.24	0.16
1.70	0.50	0.04	0.11	0.03	0.11	0.86	0.54	0.06	0.11
1.80	0.31	-0.10	0.06	-0.14	0.05	0.71	0.36	-0.12	0.05
1.90	0.12	-0.23	0.00	-0.31	-0.00	0.55	0.18	-0.31	0.00
2.00	-0.06	-0.37	-0.05	-0.48	-0.06	0.39	-0.01	-0.49	-0.05

Tabella 4.102: Come Tabella 4.98 ma per le galassie Sb.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.53	0.54	0.47	0.35	0.15	0.01	-0.03	-0.17
0.20	1.02	1.05	0.91	0.67	0.28	0.02	-0.05	-0.33
0.30	1.44	1.47	1.27	0.94	0.38	0.03	-0.08	-0.45
0.40	1.74	1.78	1.54	1.12	0.43	0.04	-0.10	-0.54
0.50	1.90	1.94	1.66	1.19	0.41	0.03	-0.12	-0.57
0.60	1.88	1.92	1.63	1.14	0.33	0.02	-0.13	-0.54
0.70	1.78	1.81	1.51	1.01	0.23	0.00	-0.15	-0.48
0.80	1.66	1.69	1.39	0.88	0.15	-0.03	-0.17	-0.44
0.90	1.58	1.60	1.29	0.77	0.12	-0.07	-0.20	-0.43
1.00	1.50	1.51	1.19	0.65	0.10	-0.09	-0.20	-0.44
1.10	1.41	1.42	1.08	0.52	0.06	-0.10	-0.15	-0.46
1.20	1.31	1.30	0.95	0.38	0.02	-0.10	-0.09	-0.48
1.30	1.19	1.17	0.81	0.29	-0.02	-0.10	-0.04	-0.49
1.40	1.07	1.04	0.66	0.23	-0.06	-0.12	-0.02	-0.49
1.50	0.94	0.90	0.50	0.19	-0.09	-0.14	-0.01	-0.49
1.60	0.81	0.76	0.34	0.16	-0.12	-0.16	-0.00	-0.49
1.70	0.68	0.62	0.18	0.12	-0.15	-0.18	0.00	-0.49
1.80	0.56	0.48	0.03	0.09	-0.18	-0.21	0.01	-0.48
1.90	0.43	0.34	-0.13	0.05	-0.22	-0.23	0.01	-0.48
2.00	0.30	0.20	-0.29	0.02	-0.25	-0.25	0.02	-0.48

Tabella 4.103: Come Tabella 4.97 ma per le galassie Sc.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.50	0.38	0.29	0.40	0.30	0.55	0.51	0.42	0.29
0.20	0.97	0.72	0.55	0.77	0.57	1.05	0.98	0.81	0.56
0.30	1.36	1.01	0.76	1.08	0.79	1.48	1.38	1.13	0.78
0.40	1.64	1.21	0.90	1.29	0.94	1.80	1.66	1.36	0.92
0.50	1.78	1.29	0.94	1.39	0.99	1.95	1.80	1.46	0.97
0.60	1.75	1.25	0.88	1.34	0.93	1.94	1.78	1.42	0.91
0.70	1.63	1.12	0.75	1.22	0.80	1.83	1.66	1.30	0.78
0.80	1.51	1.00	0.61	1.09	0.66	1.71	1.54	1.17	0.64
0.90	1.41	0.89	0.49	0.98	0.54	1.63	1.44	1.06	0.52
1.00	1.32	0.77	0.39	0.88	0.43	1.55	1.35	0.96	0.42
1.10	1.22	0.64	0.32	0.75	0.34	1.46	1.24	0.84	0.33
1.20	1.09	0.50	0.26	0.61	0.27	1.35	1.12	0.70	0.26
1.30	0.96	0.38	0.22	0.47	0.21	1.23	0.99	0.56	0.21
1.40	0.81	0.28	0.17	0.34	0.16	1.10	0.84	0.42	0.16
1.50	0.66	0.19	0.13	0.22	0.11	0.97	0.69	0.27	0.11
1.60	0.50	0.10	0.08	0.09	0.06	0.84	0.54	0.13	0.07
1.70	0.35	0.01	0.04	-0.03	0.02	0.70	0.39	-0.01	0.03
1.80	0.19	-0.08	-0.00	-0.16	-0.02	0.57	0.24	-0.15	-0.02
1.90	0.04	-0.16	-0.05	-0.28	-0.07	0.44	0.08	-0.29	-0.06
2.00	-0.11	-0.25	-0.09	-0.41	-0.11	0.31	-0.07	-0.43	-0.11

Tabella 4.104: Come Tabella 4.98 ma per le galassie Sc.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.48	0.48	0.40	0.28	0.08	-0.03	-0.05	-0.19
0.20	0.92	0.92	0.77	0.53	0.16	-0.05	-0.09	-0.36
0.30	1.30	1.29	1.07	0.74	0.21	-0.07	-0.13	-0.51
0.40	1.57	1.56	1.29	0.89	0.23	-0.09	-0.17	-0.60
0.50	1.71	1.69	1.40	0.94	0.20	-0.10	-0.19	-0.64
0.60	1.69	1.68	1.37	0.89	0.12	-0.10	-0.21	-0.60
0.70	1.60	1.57	1.26	0.78	0.04	-0.11	-0.22	-0.53
0.80	1.49	1.47	1.15	0.66	-0.01	-0.13	-0.24	-0.48
0.90	1.42	1.38	1.06	0.56	-0.01	-0.16	-0.26	-0.47
1.00	1.35	1.31	0.97	0.46	-0.02	-0.18	-0.25	-0.47
1.10	1.26	1.22	0.88	0.34	-0.04	-0.18	-0.20	-0.49
1.20	1.17	1.12	0.76	0.23	-0.08	-0.16	-0.12	-0.51
1.30	1.06	1.00	0.64	0.16	-0.11	-0.16	-0.06	-0.52
1.40	0.95	0.88	0.50	0.13	-0.14	-0.17	-0.04	-0.52
1.50	0.84	0.76	0.36	0.12	-0.16	-0.18	-0.02	-0.52
1.60	0.72	0.63	0.22	0.12	-0.17	-0.20	-0.01	-0.52
1.70	0.61	0.50	0.08	0.12	-0.19	-0.22	-0.00	-0.51
1.80	0.49	0.38	-0.06	0.11	-0.21	-0.23	0.01	-0.51
1.90	0.37	0.25	-0.20	0.11	-0.23	-0.25	0.02	-0.50
2.00	0.26	0.13	-0.34	0.11	-0.25	-0.27	0.03	-0.50

Tabella 4.105: Come Tabella 4.97 ma per le galassie Sd.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.43	0.30	0.22	0.33	0.23	0.49	0.44	0.35	0.22
0.20	0.83	0.58	0.42	0.63	0.44	0.94	0.84	0.67	0.43
0.30	1.17	0.81	0.58	0.88	0.61	1.33	1.19	0.93	0.60
0.40	1.41	0.97	0.68	1.05	0.72	1.61	1.43	1.12	0.70
0.50	1.53	1.03	0.71	1.12	0.75	1.75	1.55	1.20	0.73
0.60	1.50	0.98	0.65	1.08	0.69	1.74	1.52	1.16	0.68
0.70	1.40	0.87	0.54	0.97	0.58	1.64	1.42	1.05	0.57
0.80	1.29	0.76	0.42	0.86	0.46	1.53	1.31	0.94	0.45
0.90	1.20	0.67	0.31	0.76	0.35	1.45	1.22	0.85	0.34
1.00	1.12	0.57	0.23	0.67	0.26	1.38	1.14	0.75	0.25
1.10	1.02	0.44	0.18	0.55	0.20	1.30	1.05	0.64	0.19
1.20	0.91	0.32	0.16	0.43	0.15	1.20	0.94	0.52	0.15
1.30	0.79	0.22	0.13	0.32	0.11	1.09	0.82	0.40	0.12
1.40	0.66	0.15	0.10	0.21	0.07	0.97	0.69	0.28	0.08
1.50	0.53	0.09	0.06	0.11	0.03	0.86	0.56	0.17	0.04
1.60	0.39	0.04	0.02	0.01	-0.01	0.74	0.42	0.05	0.00
1.70	0.25	-0.02	-0.02	-0.08	-0.04	0.62	0.29	-0.07	-0.04
1.80	0.12	-0.07	-0.06	-0.18	-0.08	0.50	0.15	-0.18	-0.08
1.90	-0.02	-0.13	-0.09	-0.28	-0.12	0.38	0.02	-0.30	-0.12
2.00	-0.15	-0.19	-0.13	-0.38	-0.16	0.26	-0.11	-0.42	-0.15

Tabella 4.106: Come Tabella 4.98 ma per le galassie Sd.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.45	0.44	0.36	0.24	0.05	-0.05	-0.06	-0.20
0.20	0.87	0.85	0.69	0.46	0.09	-0.09	-0.12	-0.39
0.30	1.22	1.19	0.97	0.63	0.11	-0.13	-0.17	-0.54
0.40	1.48	1.44	1.16	0.75	0.11	-0.16	-0.21	-0.64
0.50	1.61	1.56	1.25	0.79	0.07	-0.18	-0.23	-0.67
0.60	1.59	1.55	1.22	0.74	0.00	-0.17	-0.25	-0.63
0.70	1.50	1.45	1.12	0.64	-0.07	-0.17	-0.25	-0.56
0.80	1.40	1.35	1.02	0.54	-0.10	-0.19	-0.27	-0.51
0.90	1.33	1.27	0.94	0.45	-0.09	-0.21	-0.29	-0.49
1.00	1.26	1.20	0.86	0.35	-0.08	-0.23	-0.28	-0.49
1.10	1.18	1.11	0.76	0.24	-0.10	-0.22	-0.22	-0.51
1.20	1.09	1.02	0.66	0.14	-0.14	-0.20	-0.14	-0.53
1.30	0.99	0.91	0.54	0.08	-0.17	-0.19	-0.07	-0.54
1.40	0.89	0.80	0.42	0.07	-0.18	-0.19	-0.04	-0.54
1.50	0.78	0.68	0.29	0.08	-0.19	-0.21	-0.03	-0.54
1.60	0.67	0.56	0.16	0.09	-0.20	-0.22	-0.01	-0.53
1.70	0.56	0.45	0.03	0.11	-0.21	-0.24	0.00	-0.53
1.80	0.45	0.33	-0.10	0.12	-0.22	-0.25	0.01	-0.52
1.90	0.34	0.21	-0.23	0.14	-0.23	-0.26	0.03	-0.52
2.00	0.24	0.09	-0.36	0.15	-0.24	-0.28	0.04	-0.51

Tabella 4.107: Come Tabella 4.97 ma per le galassie Im.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.39	0.26	0.18	0.29	0.19	0.46	0.40	0.31	0.19
0.20	0.76	0.50	0.34	0.55	0.36	0.89	0.77	0.59	0.35
0.30	1.07	0.70	0.47	0.77	0.50	1.25	1.08	0.83	0.49
0.40	1.29	0.83	0.56	0.91	0.59	1.51	1.30	0.99	0.58
0.50	1.39	0.88	0.58	0.97	0.61	1.64	1.41	1.06	0.60
0.60	1.37	0.83	0.52	0.93	0.56	1.63	1.39	1.02	0.54
0.70	1.27	0.74	0.42	0.83	0.45	1.53	1.29	0.92	0.44
0.80	1.16	0.63	0.30	0.73	0.34	1.43	1.18	0.81	0.33
0.90	1.08	0.54	0.20	0.64	0.24	1.36	1.10	0.73	0.23
1.00	1.00	0.45	0.13	0.55	0.16	1.29	1.03	0.64	0.15
1.10	0.92	0.34	0.10	0.44	0.11	1.21	0.94	0.54	0.11
1.20	0.81	0.22	0.09	0.33	0.08	1.12	0.84	0.42	0.08
1.30	0.70	0.14	0.08	0.23	0.05	1.01	0.72	0.31	0.06
1.40	0.58	0.08	0.05	0.14	0.02	0.91	0.60	0.21	0.03
1.50	0.45	0.04	0.02	0.05	-0.02	0.79	0.48	0.10	-0.01
1.60	0.33	0.00	-0.02	-0.03	-0.05	0.68	0.35	-0.00	-0.04
1.70	0.20	-0.04	-0.05	-0.11	-0.09	0.57	0.23	-0.10	-0.08
1.80	0.07	-0.08	-0.09	-0.20	-0.12	0.46	0.11	-0.21	-0.11
1.90	-0.05	-0.11	-0.12	-0.28	-0.15	0.35	-0.02	-0.31	-0.15
2.00	-0.18	-0.15	-0.16	-0.36	-0.19	0.24	-0.14	-0.41	-0.18

Tabella 4.108: Come Tabella 4.98 ma per le galassie Im.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	1.16	1.29	1.20	0.96	0.56	0.20	0.06	-0.08
0.20	2.24	2.50	2.31	1.85	1.07	0.38	0.12	-0.16
0.30	3.16	3.52	3.25	2.58	1.48	0.53	0.16	-0.22
0.40	3.84	4.27	3.93	3.10	1.73	0.62	0.19	-0.27
0.50	4.18	4.66	4.26	3.31	1.77	0.65	0.19	-0.30
0.60	4.17	4.64	4.21	3.20	1.58	0.59	0.16	-0.30
0.70	3.96	4.40	3.94	2.90	1.27	0.50	0.12	-0.29
0.80	3.73	4.14	3.66	2.58	0.99	0.40	0.08	-0.29
0.90	3.56	3.95	3.43	2.31	0.78	0.34	0.04	-0.30
1.00	3.41	3.77	3.22	2.03	0.65	0.28	0.02	-0.31
1.10	3.23	3.56	2.96	1.69	0.55	0.23	0.02	-0.33
1.20	3.01	3.31	2.67	1.35	0.48	0.18	0.03	-0.35
1.30	2.76	3.02	2.33	1.03	0.40	0.14	0.03	-0.36
1.40	2.49	2.71	1.96	0.77	0.31	0.10	0.02	-0.36
1.50	2.21	2.39	1.57	0.54	0.21	0.06	0.00	-0.36
1.60	1.93	2.06	1.18	0.31	0.10	0.02	-0.01	-0.36
1.70	1.65	1.74	0.79	0.08	0.00	-0.02	-0.03	-0.36
1.80	1.37	1.41	0.41	-0.15	-0.10	-0.06	-0.04	-0.35
1.90	1.09	1.09	0.02	-0.38	-0.20	-0.10	-0.06	-0.35
2.00	0.81	0.76	-0.37	-0.61	-0.30	-0.14	-0.07	-0.35

Tabella 4.109: Correzione $k(z)$ per le galassie ellittiche in un modello del tipo Stato Stazionario. Sistema fotometrico di Johnson.

Le Tabelle 4.109-4.120 danno le correzioni $k(z)$ per un universo del tipo Stato Stazionario.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	1.23	1.03	0.81	1.07	0.84	1.22	1.24	1.09	0.83
0.20	2.36	1.97	1.56	2.05	1.62	2.36	2.39	2.10	1.60
0.30	3.33	2.77	2.18	2.88	2.26	3.33	3.37	2.95	2.23
0.40	4.03	3.33	2.59	3.47	2.70	4.04	4.08	3.56	2.67
0.50	4.38	3.58	2.74	3.74	2.86	4.41	4.44	3.84	2.83
0.60	4.34	3.48	2.60	3.66	2.73	4.40	4.40	3.76	2.69
0.70	4.08	3.19	2.28	3.37	2.41	4.17	4.14	3.47	2.37
0.80	3.80	2.88	1.94	3.06	2.08	3.93	3.87	3.17	2.03
0.90	3.59	2.62	1.64	2.81	1.78	3.76	3.66	2.92	1.74
1.00	3.38	2.35	1.36	2.55	1.49	3.60	3.46	2.68	1.44
1.10	3.14	2.04	1.07	2.26	1.18	3.40	3.22	2.39	1.14
1.20	2.86	1.69	0.81	1.92	0.89	3.17	2.94	2.05	0.86
1.30	2.53	1.34	0.63	1.55	0.68	2.91	2.62	1.69	0.66
1.40	2.18	1.00	0.52	1.18	0.56	2.63	2.28	1.31	0.55
1.50	1.81	0.66	0.45	0.80	0.49	2.33	1.92	0.91	0.48
1.60	1.44	0.33	0.38	0.43	0.42	2.04	1.55	0.52	0.41
1.70	1.08	-0.01	0.32	0.05	0.36	1.74	1.19	0.12	0.35
1.80	0.71	-0.34	0.26	-0.33	0.29	1.45	0.83	-0.27	0.28
1.90	0.34	-0.68	0.19	-0.71	0.22	1.15	0.47	-0.67	0.22
2.00	-0.03	-1.01	0.13	-1.09	0.16	0.85	0.11	-1.06	0.15

Tabella 4.110: Correzione $k(z)$ per le galassie ellittiche in un modello del tipo Stato Stazionario. Sistemi fotometrici di Gunn, Cousins e Washington.

z	$k(U)$	$k(B)$	$k(V)$	$k(R)$	$k(I)$	$k(J)$	$k(H)$	$k(K)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.78	0.85	0.78	0.62	0.35	0.12	0.02	-0.12
0.20	1.50	1.64	1.50	1.20	0.67	0.23	0.04	-0.24
0.30	2.12	2.30	2.12	1.68	0.92	0.31	0.05	-0.33
0.40	2.57	2.79	2.56	2.01	1.08	0.37	0.06	-0.40
0.50	2.80	3.04	2.77	2.15	1.10	0.38	0.05	-0.43
0.60	2.79	3.03	2.74	2.08	0.98	0.34	0.03	-0.42
0.70	2.64	2.86	2.56	1.88	0.79	0.27	-0.00	-0.38
0.80	2.48	2.68	2.37	1.68	0.61	0.21	-0.04	-0.36
0.90	2.36	2.55	2.22	1.50	0.49	0.16	-0.07	-0.36
1.00	2.26	2.43	2.08	1.32	0.41	0.11	-0.08	-0.37
1.10	2.13	2.29	1.91	1.11	0.34	0.08	-0.06	-0.39
1.20	1.98	2.12	1.72	0.89	0.27	0.05	-0.03	-0.41
1.30	1.81	1.93	1.50	0.69	0.21	0.02	-0.00	-0.43
1.40	1.63	1.73	1.26	0.53	0.14	-0.01	0.00	-0.43
1.50	1.44	1.51	1.01	0.39	0.07	-0.04	-0.00	-0.43
1.60	1.25	1.30	0.76	0.25	0.01	-0.07	-0.01	-0.42
1.70	1.07	1.09	0.51	0.11	-0.06	-0.10	-0.01	-0.42
1.80	0.88	0.87	0.26	-0.02	-0.13	-0.13	-0.02	-0.42
1.90	0.69	0.66	0.01	-0.16	-0.20	-0.16	-0.02	-0.42
2.00	0.50	0.45	-0.24	-0.30	-0.27	-0.19	-0.03	-0.41

Tabella 4.111: Come Tabella 4.109 ma per le galassie Sa.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.80	0.66	0.53	0.69	0.55	0.81	0.81	0.71	0.54
0.20	1.55	1.28	1.02	1.33	1.05	1.57	1.57	1.37	1.04
0.30	2.18	1.79	1.42	1.87	1.47	2.21	2.20	1.92	1.45
0.40	2.64	2.15	1.69	2.25	1.75	2.68	2.67	2.32	1.73
0.50	2.86	2.31	1.79	2.42	1.86	2.92	2.90	2.50	1.83
0.60	2.83	2.25	1.70	2.37	1.77	2.91	2.87	2.45	1.75
0.70	2.66	2.06	1.49	2.18	1.57	2.76	2.70	2.26	1.54
0.80	2.47	1.86	1.27	1.98	1.35	2.59	2.51	2.06	1.32
0.90	2.33	1.69	1.08	1.81	1.16	2.47	2.37	1.90	1.13
1.00	2.19	1.52	0.90	1.65	0.98	2.36	2.24	1.74	0.95
1.10	2.04	1.31	0.73	1.46	0.79	2.23	2.08	1.55	0.77
1.20	1.85	1.09	0.57	1.24	0.61	2.07	1.90	1.34	0.60
1.30	1.64	0.87	0.45	1.01	0.48	1.89	1.69	1.10	0.47
1.40	1.41	0.66	0.37	0.78	0.39	1.70	1.47	0.86	0.38
1.50	1.17	0.46	0.31	0.54	0.32	1.51	1.23	0.62	0.32
1.60	0.93	0.25	0.25	0.31	0.26	1.31	1.00	0.37	0.26
1.70	0.70	0.05	0.19	0.07	0.20	1.11	0.76	0.12	0.20
1.80	0.46	-0.15	0.13	-0.16	0.14	0.92	0.53	-0.13	0.14
1.90	0.22	-0.36	0.07	-0.40	0.07	0.72	0.29	-0.38	0.08
2.00	-0.02	-0.56	0.01	-0.64	0.01	0.52	0.06	-0.62	0.01

Tabella 4.112: Come Tabella 4.110 ma per le galassie Sa.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.63	0.66	0.60	0.46	0.24	0.07	-0.00	-0.15
0.20	1.21	1.28	1.15	0.89	0.45	0.12	-0.01	-0.28
0.30	1.70	1.80	1.61	1.25	0.62	0.17	-0.01	-0.39
0.40	2.06	2.18	1.95	1.49	0.72	0.20	-0.02	-0.47
0.50	2.24	2.37	2.11	1.59	0.73	0.20	-0.04	-0.50
0.60	2.23	2.35	2.08	1.53	0.63	0.18	-0.06	-0.48
0.70	2.11	2.22	1.94	1.38	0.49	0.14	-0.08	-0.44
0.80	1.98	2.08	1.79	1.22	0.37	0.09	-0.11	-0.41
0.90	1.88	1.97	1.67	1.08	0.30	0.04	-0.14	-0.40
1.00	1.79	1.88	1.55	0.94	0.25	0.01	-0.14	-0.41
1.10	1.69	1.76	1.42	0.78	0.20	-0.01	-0.11	-0.43
1.20	1.57	1.62	1.27	0.61	0.15	-0.02	-0.06	-0.45
1.30	1.43	1.47	1.10	0.47	0.09	-0.04	-0.03	-0.46
1.40	1.28	1.31	0.91	0.37	0.04	-0.06	-0.02	-0.46
1.50	1.13	1.14	0.72	0.29	-0.00	-0.08	-0.01	-0.46
1.60	0.98	0.97	0.53	0.21	-0.05	-0.11	-0.01	-0.45
1.70	0.83	0.80	0.33	0.13	-0.10	-0.13	-0.01	-0.45
1.80	0.68	0.64	0.14	0.05	-0.15	-0.16	-0.01	-0.45
1.90	0.53	0.47	-0.05	-0.03	-0.20	-0.18	-0.01	-0.44
2.00	0.38	0.30	-0.25	-0.11	-0.25	-0.21	-0.02	-0.44

Tabella 4.113: Come Tabella 4.109 ma per le galassie Sb.

z	$k(g)$	$k(r)$	$k(i)$	$k(R_C)$	$k(I_C)$	$k(C)$	$k(M)$	$k(T_1)$	$k(T_2)$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.62	0.50	0.39	0.52	0.40	0.65	0.63	0.54	0.40
0.20	1.20	0.95	0.74	1.00	0.77	1.25	1.21	1.04	0.76
0.30	1.68	1.34	1.04	1.40	1.08	1.76	1.70	1.45	1.07
0.40	2.04	1.60	1.23	1.69	1.28	2.14	2.06	1.75	1.27
0.50	2.21	1.72	1.30	1.81	1.36	2.33	2.23	1.89	1.34
0.60	2.18	1.67	1.23	1.77	1.29	2.31	2.21	1.84	1.27
0.70	2.04	1.52	1.07	1.62	1.13	2.19	2.07	1.69	1.11
0.80	1.89	1.36	0.90	1.46	0.96	2.05	1.92	1.54	0.94
0.90	1.78	1.23	0.75	1.33	0.81	1.95	1.81	1.41	0.79
1.00	1.67	1.09	0.62	1.20	0.68	1.86	1.71	1.28	0.66
1.10	1.54	0.93	0.51	1.05	0.55	1.75	1.58	1.14	0.53
1.20	1.40	0.76	0.41	0.88	0.43	1.63	1.43	0.97	0.42
1.30	1.23	0.60	0.33	0.71	0.34	1.48	1.27	0.79	0.34
1.40	1.05	0.45	0.27	0.54	0.27	1.33	1.09	0.61	0.27
1.50	0.87	0.32	0.21	0.37	0.21	1.18	0.91	0.43	0.21
1.60	0.68	0.18	0.16	0.20	0.16	1.02	0.73	0.25	0.16
1.70	0.50	0.04	0.11	0.03	0.11	0.86	0.54	0.06	0.11
1.80	0.31	-0.09	0.05	-0.14	0.05	0.71	0.36	-0.12	0.05
1.90	0.12	-0.23	-0.00	-0.31	-0.00	0.55	0.18	-0.31	-0.00
2.00	-0.06	-0.37	-0.05	-0.48	-0.06	0.39	-0.01	-0.49	-0.06

Tabella 4.114: Come Tabella 4.110 ma per le galassie Sb.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.53	0.54	0.47	0.35	0.15	0.01	-0.03	-0.17
0.20	1.02	1.04	0.91	0.67	0.28	0.03	-0.05	-0.33
0.30	1.43	1.47	1.27	0.94	0.38	0.03	-0.08	-0.45
0.40	1.74	1.78	1.53	1.12	0.43	0.04	-0.10	-0.54
0.50	1.89	1.93	1.66	1.19	0.41	0.03	-0.12	-0.57
0.60	1.88	1.91	1.63	1.14	0.33	0.02	-0.13	-0.54
0.70	1.77	1.80	1.51	1.01	0.23	0.00	-0.15	-0.48
0.80	1.66	1.68	1.38	0.88	0.16	-0.03	-0.17	-0.44
0.90	1.58	1.59	1.29	0.77	0.12	-0.07	-0.20	-0.43
1.00	1.50	1.51	1.19	0.65	0.10	-0.09	-0.20	-0.44
1.10	1.41	1.41	1.08	0.52	0.06	-0.10	-0.15	-0.46
1.20	1.30	1.29	0.95	0.39	0.02	-0.10	-0.09	-0.48
1.30	1.19	1.17	0.81	0.29	-0.02	-0.10	-0.04	-0.49
1.40	1.06	1.03	0.66	0.23	-0.06	-0.12	-0.02	-0.49
1.50	0.94	0.89	0.50	0.19	-0.09	-0.14	-0.01	-0.49
1.60	0.81	0.75	0.34	0.16	-0.12	-0.16	-0.00	-0.49
1.70	0.68	0.61	0.19	0.13	-0.15	-0.18	0.00	-0.49
1.80	0.56	0.47	0.03	0.09	-0.18	-0.21	0.01	-0.48
1.90	0.43	0.33	-0.13	0.06	-0.21	-0.23	0.01	-0.48
2.00	0.30	0.19	-0.29	0.02	-0.24	-0.25	0.02	-0.48

Tabella 4.115: Come Tabella 4.109 ma per le galassie Sc.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.50	0.38	0.28	0.40	0.30	0.54	0.51	0.42	0.29
0.20	0.96	0.72	0.55	0.77	0.57	1.05	0.98	0.81	0.56
0.30	1.36	1.01	0.76	1.07	0.79	1.48	1.37	1.13	0.78
0.40	1.64	1.21	0.90	1.29	0.93	1.79	1.66	1.36	0.92
0.50	1.77	1.29	0.94	1.38	0.98	1.95	1.80	1.46	0.97
0.60	1.75	1.24	0.88	1.34	0.92	1.93	1.77	1.42	0.91
0.70	1.63	1.12	0.75	1.22	0.80	1.82	1.65	1.30	0.78
0.80	1.51	0.99	0.61	1.09	0.66	1.71	1.53	1.17	0.64
0.90	1.41	0.89	0.49	0.98	0.54	1.62	1.44	1.06	0.52
1.00	1.32	0.77	0.39	0.88	0.43	1.54	1.35	0.96	0.42
1.10	1.21	0.64	0.32	0.75	0.34	1.45	1.24	0.83	0.33
1.20	1.09	0.50	0.27	0.61	0.27	1.34	1.12	0.70	0.27
1.30	0.95	0.38	0.22	0.47	0.21	1.22	0.98	0.56	0.21
1.40	0.81	0.28	0.17	0.35	0.16	1.10	0.84	0.42	0.16
1.50	0.66	0.19	0.13	0.22	0.11	0.97	0.69	0.28	0.11
1.60	0.50	0.10	0.08	0.10	0.06	0.83	0.54	0.13	0.07
1.70	0.35	0.02	0.04	-0.03	0.02	0.70	0.39	-0.01	0.02
1.80	0.20	-0.07	-0.01	-0.15	-0.03	0.57	0.24	-0.15	-0.03
1.90	0.04	-0.16	-0.06	-0.28	-0.08	0.44	0.08	-0.29	-0.07
2.00	-0.11	-0.24	-0.10	-0.40	-0.13	0.30	-0.07	-0.43	-0.12

Tabella 4.116: Come Tabella 4.110 ma per le galassie Sc.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.48	0.48	0.40	0.28	0.09	-0.03	-0.05	-0.19
0.20	0.92	0.92	0.77	0.54	0.16	-0.05	-0.10	-0.36
0.30	1.30	1.29	1.08	0.75	0.21	-0.07	-0.14	-0.50
0.40	1.57	1.57	1.30	0.89	0.23	-0.09	-0.17	-0.60
0.50	1.71	1.70	1.40	0.94	0.21	-0.10	-0.20	-0.63
0.60	1.70	1.68	1.37	0.89	0.13	-0.10	-0.21	-0.60
0.70	1.60	1.58	1.27	0.78	0.05	-0.11	-0.22	-0.54
0.80	1.49	1.47	1.16	0.67	-0.00	-0.13	-0.24	-0.49
0.90	1.42	1.39	1.07	0.57	-0.01	-0.16	-0.26	-0.47
1.00	1.35	1.31	0.98	0.47	-0.01	-0.18	-0.25	-0.48
1.10	1.27	1.22	0.88	0.35	-0.04	-0.18	-0.20	-0.49
1.20	1.17	1.12	0.77	0.23	-0.08	-0.16	-0.13	-0.51
1.30	1.06	1.01	0.64	0.16	-0.11	-0.16	-0.07	-0.52
1.40	0.95	0.89	0.51	0.13	-0.13	-0.16	-0.04	-0.52
1.50	0.84	0.76	0.37	0.12	-0.15	-0.18	-0.03	-0.52
1.60	0.72	0.64	0.23	0.12	-0.17	-0.19	-0.02	-0.51
1.70	0.61	0.51	0.09	0.11	-0.19	-0.21	-0.01	-0.50
1.80	0.49	0.38	-0.05	0.11	-0.20	-0.22	0.00	-0.50
1.90	0.37	0.26	-0.19	0.10	-0.22	-0.24	0.01	-0.49
2.00	0.26	0.13	-0.33	0.10	-0.24	-0.26	0.02	-0.49

Tabella 4.117: Come Tabella 4.109 ma per le galassie Sd.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.43	0.30	0.22	0.33	0.23	0.49	0.44	0.35	0.23
0.20	0.84	0.58	0.42	0.63	0.44	0.94	0.85	0.67	0.43
0.30	1.17	0.81	0.58	0.88	0.61	1.33	1.19	0.94	0.60
0.40	1.42	0.97	0.69	1.05	0.72	1.61	1.43	1.13	0.71
0.50	1.53	1.03	0.71	1.12	0.75	1.75	1.55	1.20	0.74
0.60	1.51	0.99	0.66	1.08	0.70	1.74	1.53	1.17	0.68
0.70	1.40	0.88	0.54	0.98	0.59	1.64	1.42	1.06	0.57
0.80	1.29	0.77	0.42	0.86	0.46	1.53	1.31	0.95	0.45
0.90	1.20	0.67	0.31	0.77	0.35	1.45	1.23	0.85	0.34
1.00	1.12	0.57	0.23	0.67	0.27	1.38	1.15	0.76	0.25
1.10	1.03	0.45	0.18	0.56	0.20	1.30	1.05	0.65	0.19
1.20	0.92	0.33	0.16	0.44	0.15	1.20	0.94	0.53	0.15
1.30	0.79	0.23	0.13	0.32	0.11	1.09	0.82	0.40	0.12
1.40	0.66	0.15	0.10	0.21	0.07	0.98	0.69	0.28	0.08
1.50	0.53	0.09	0.06	0.11	0.03	0.86	0.56	0.17	0.04
1.60	0.39	0.04	0.02	0.02	-0.00	0.74	0.42	0.05	0.00
1.70	0.26	-0.02	-0.02	-0.08	-0.04	0.62	0.29	-0.07	-0.03
1.80	0.12	-0.08	-0.05	-0.18	-0.08	0.50	0.16	-0.19	-0.07
1.90	-0.02	-0.14	-0.09	-0.28	-0.12	0.38	0.02	-0.30	-0.11
2.00	-0.15	-0.19	-0.13	-0.38	-0.15	0.26	-0.11	-0.42	-0.15

Tabella 4.118: Come Tabella 4.110 ma per le galassie Sd.

z	k(U)	k(B)	k(V)	k(R)	k(I)	k(J)	k(H)	k(K)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.45	0.44	0.36	0.24	0.05	-0.05	-0.06	-0.20
0.20	0.87	0.85	0.69	0.46	0.09	-0.10	-0.12	-0.39
0.30	1.23	1.20	0.97	0.64	0.12	-0.13	-0.17	-0.54
0.40	1.48	1.45	1.17	0.76	0.11	-0.16	-0.21	-0.64
0.50	1.61	1.57	1.26	0.80	0.08	-0.18	-0.23	-0.67
0.60	1.60	1.56	1.23	0.75	0.01	-0.17	-0.24	-0.63
0.70	1.50	1.46	1.13	0.65	-0.06	-0.17	-0.25	-0.56
0.80	1.41	1.36	1.03	0.55	-0.10	-0.18	-0.27	-0.51
0.90	1.33	1.28	0.94	0.45	-0.09	-0.21	-0.29	-0.49
1.00	1.27	1.20	0.86	0.36	-0.08	-0.23	-0.28	-0.49
1.10	1.19	1.12	0.77	0.24	-0.10	-0.22	-0.22	-0.51
1.20	1.10	1.02	0.66	0.14	-0.14	-0.20	-0.14	-0.53
1.30	1.00	0.92	0.54	0.08	-0.17	-0.19	-0.07	-0.54
1.40	0.89	0.80	0.42	0.07	-0.18	-0.19	-0.04	-0.54
1.50	0.78	0.69	0.29	0.08	-0.19	-0.21	-0.02	-0.54
1.60	0.67	0.57	0.16	0.09	-0.20	-0.22	-0.01	-0.53
1.70	0.56	0.45	0.03	0.11	-0.21	-0.23	0.00	-0.53
1.80	0.46	0.33	-0.10	0.12	-0.22	-0.25	0.02	-0.52
1.90	0.35	0.21	-0.23	0.13	-0.23	-0.26	0.03	-0.52
2.00	0.24	0.09	-0.36	0.15	-0.24	-0.28	0.04	-0.51

Tabella 4.119: Come Tabella 4.109 ma per le galassie Im.

z	k(g)	k(r)	k(i)	k(R _C)	k(I _C)	k(C)	k(M)	k(T ₁)	k(T ₂)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.40	0.26	0.18	0.29	0.19	0.46	0.40	0.31	0.19
0.20	0.77	0.50	0.35	0.55	0.36	0.89	0.77	0.59	0.36
0.30	1.07	0.70	0.48	0.77	0.50	1.25	1.09	0.83	0.50
0.40	1.30	0.84	0.56	0.92	0.59	1.52	1.31	0.99	0.58
0.50	1.40	0.89	0.58	0.98	0.62	1.65	1.42	1.06	0.60
0.60	1.38	0.84	0.53	0.94	0.56	1.63	1.40	1.02	0.55
0.70	1.28	0.74	0.42	0.84	0.46	1.54	1.30	0.92	0.45
0.80	1.17	0.64	0.31	0.73	0.35	1.44	1.19	0.82	0.33
0.90	1.09	0.55	0.21	0.65	0.24	1.36	1.11	0.73	0.23
1.00	1.01	0.45	0.14	0.55	0.16	1.29	1.03	0.64	0.15
1.10	0.92	0.34	0.11	0.45	0.11	1.21	0.95	0.54	0.11
1.20	0.82	0.23	0.09	0.33	0.08	1.12	0.84	0.43	0.08
1.30	0.71	0.14	0.08	0.23	0.05	1.02	0.73	0.31	0.06
1.40	0.58	0.08	0.05	0.14	0.02	0.91	0.61	0.21	0.03
1.50	0.46	0.04	0.02	0.05	-0.01	0.80	0.49	0.10	-0.00
1.60	0.33	-0.00	-0.01	-0.03	-0.05	0.69	0.36	-0.00	-0.04
1.70	0.20	-0.04	-0.05	-0.12	-0.08	0.57	0.23	-0.11	-0.07
1.80	0.08	-0.08	-0.08	-0.20	-0.12	0.46	0.11	-0.21	-0.11
1.90	-0.05	-0.12	-0.12	-0.29	-0.15	0.35	-0.02	-0.31	-0.14
2.00	-0.18	-0.16	-0.15	-0.37	-0.19	0.24	-0.14	-0.42	-0.18

Tabella 4.120: Come Tabella 4.110 ma per le galassie Im.

Capitolo 5

Risultati e Conclusioni

La scelta del modello cosmologico certamente influenza le nostre previsioni sulle proprietà osservabili delle galassie ma, come abbiamo constatato, non sempre si trova accordo tra osservazioni e teoria.

Nel Capitolo 3 abbiamo studiato a fondo le funzioni di formazione stellare cosmica di Hopkins (2006, H06) e Giavalisco (2004, G04) e le SFR(t) di una ipotetica meta-galassia.

La Tabella 5.2 mostra i risultati ottenuti dal calcolo del parametro di densità $\Omega_* = \rho_*/\rho_{crit}$, dove la densità critica dell'Universo è presa pari a 10^{-29} g/cm³. Notiamo che Ω_* è dell'ordine di grandezza del parametro di densità Ω_m per un Universo di Friedmann aperto ($\Omega_m = 0.05$) o minore, in altre parole le funzioni di H06 e G04 non riproducono nessuno dei parametri di densità di materia caratteristici dei modelli cosmologici utilizzati¹.

Occupiamoci ora dei risultati riguardanti il rapporto massa-luminosità. Riprendiamo allora in esame la Figura 1.12 riguardante M/L_K trovata da Arnouts et al. (2007) grazie ai dati della *VIMOS VLT Deep Survey* (VVDS). Si può notare che il rapporto raggiunge un valore massimo di 1.25 a $z = 0$ e un valore minimo di 0.6 a $z = 1.5$ per le galassie quiescenti; le galassie *star forming* invece presentano un rapporto massa-luminosità K minore, in particolare esso assume un valore prossimo a 1 a $z = 0$ e diminuisce fino

¹Ricordiamo che le funzioni originali di CSFR erano inserite nell'ambito del modello cosmologico 737, ovvero $H_0 = 70$ km/s/Mpc, $\Omega_m = 0.3$ e $\Omega_\Lambda = 0.7$.

Massa stellare per Mpc ³ a $z=0$ in M_\odot					
SFR / Modelli	F. Piatto	F. Chiuso	F. Aperto	WMAP	S. Stazionario
H06	$1.05 \cdot 10^9$	$1.05 \cdot 10^9$	$1.06 \cdot 10^9$	$1.06 \cdot 10^9$	$6.4 \cdot 10^8$
G04	$6.3 \cdot 10^8$	$1.13 \cdot 10^9$	$6.3 \cdot 10^8$	$6.3 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^8$

Tabella 5.1: Massa stellare per Mpc³ della meta galassia a $z=0$, per i cinque modelli di Universo considerati.

Parametro di densità stellare Ω_* a $z=0$					
SFR / Modelli	F. Piatto	F. Chiuso	F. Aperto	WMAP	S. Stazionario
H06	$7.3 \cdot 10^{-3}$	$7.3 \cdot 10^{-3}$	$7.4 \cdot 10^{-3}$	$7.4 \cdot 10^{-3}$	$4.5 \cdot 10^{-3}$
G04	$4.4 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$4.4 \cdot 10^{-3}$	$4.4 \cdot 10^{-3}$	$2.1 \cdot 10^{-3}$

Tabella 5.2: Parametro di densità stellare Ω_* a $z=0$ derivato dalle funzioni di H06 e G04 supponendo una densità critica dell'Universo $\rho_{crit} = 10^{-29}$ g/cm³.

ad un minimo di 0.3 a $z = 1.5$. Confrontiamo ora questi valori con quelli ottenuti dalla convoluzione tra le SFR(t) della meta-galassia e i modelli di SSP di Buzzoni (2005).

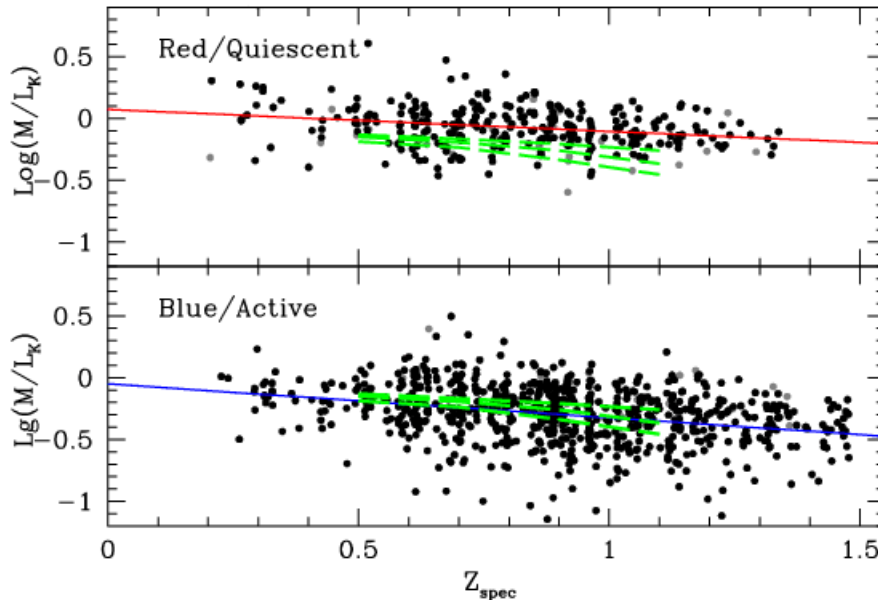


Figura 5.1: *Pannello in alto*: $\text{Log}(M_*/L_K)$ per le galassie quiescenti. *Pannello in basso*: $\text{Log}(M_*/L_K)$ per le galassie attive. Le linee continue rappresentano il *best fit* (Arnouts et al. 2007).

La Figura 5.2 mostra M/L_K in funzione del redshift in un Universo del tipo WMAP; il pannello superiore è riferito alla SFR(t) di H06, quello inferiore alla SFR(t) di G04; le Figure 5.3 e 5.4 invece riguardano i modelli di Friedmann piatto, chiuso, aperto e dello Stato Stazionario come indicato in ogni immagine. A $z = 0$ troviamo sostanzialmente in tutti i modelli un buon accordo con quanto osservato da Arnouts e colleghi, con un limite superiore di $M/L_K \approx 1.5$ nel caso di una SFR(t) di G04 in un Universo di Friedmann

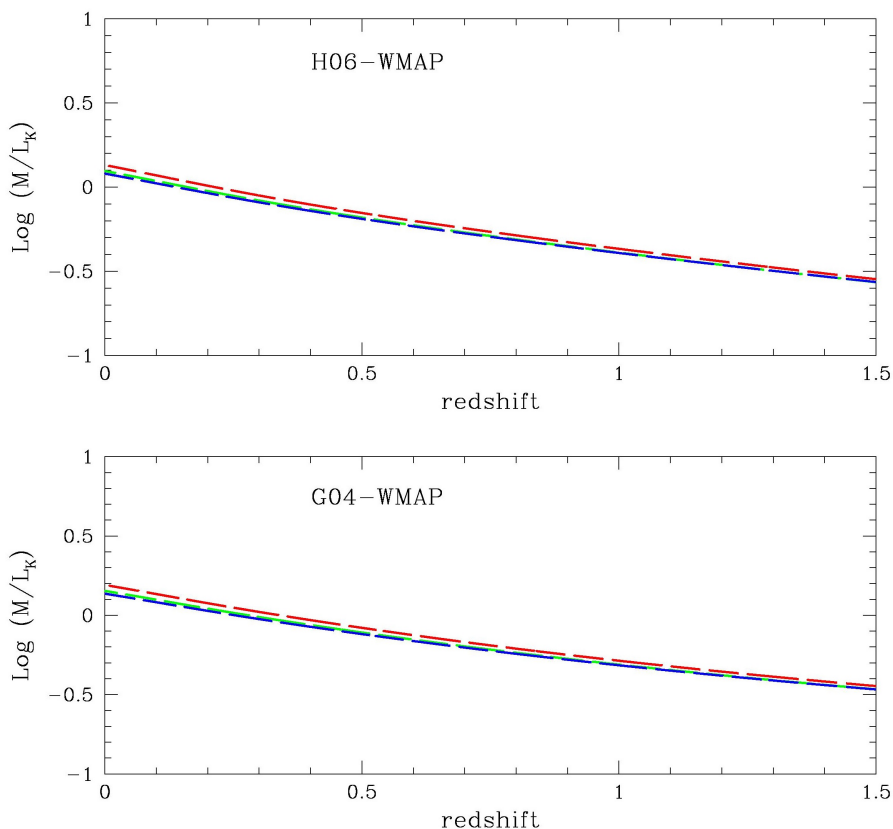


Figura 5.2: *Pannello in alto*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità in unità di M_{\odot}/L_{\odot} per la meta galassia con la SFR(t) di H06. *Pannello in basso*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità in unità di M_{\odot}/L_{\odot} per la meta galassia con la SFR(t) di G04. Il modello di Universo adottato è quello WMAP. La evoluzione fotometrica si basa sulle SSP di Buzzoni (2005).

chiuso e nel modello WMAP. Per quanto riguarda l'evoluzione fino a $z = 1.5$ quasi tutti i modelli predicono un rapporto M/L_K inferiore a 0.3 (valore minimo trovato da Arnouts), ad eccezione del modello WMAP e quello di Friedmann aperto. Si tratta comunque di piccole differenze rispetto alla curva di *best fit*, perciò nuove osservazioni potrebbero modificare in parte la sua pendenza. Sempre a riguardo del rapporto M/L_K , abbiamo verificato che la sua evoluzione in funzione del colore $(g-r)_{AB}$ per diversi valori di metallicità desse gli stessi risultati ottenuti da Baldry et al. (2008) come mostrato in Figura 5.5.

Le Figure 5.6 e 5.7 confermano quanto già visto: a parità di indice $(g-r)$ i sistemi *metal rich* (e.g. $[\text{Fe}/\text{H}] = +0.0$) hanno un rapporto M/L_K minore dei *metal poor*. Le differenze riscontrabili con i risultati di Baldry sono in

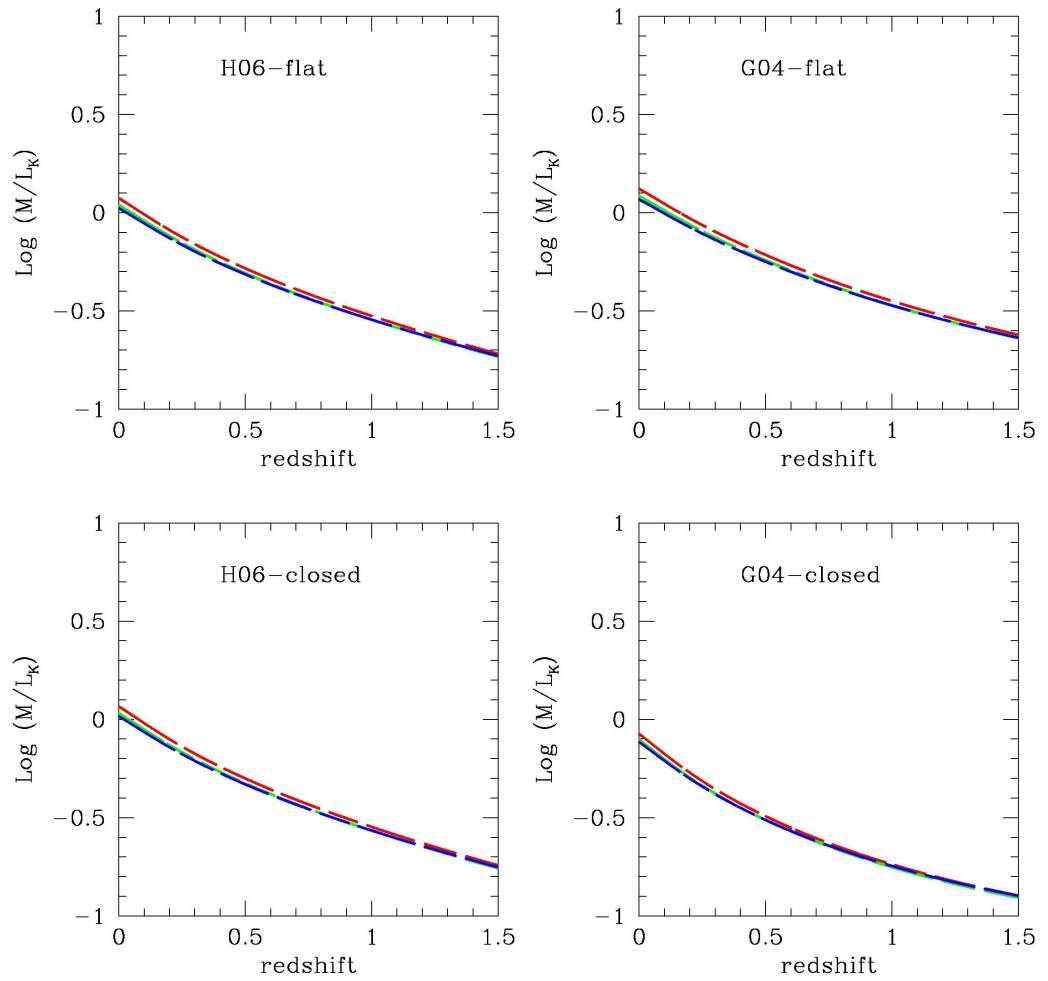


Figura 5.3: Logaritmo del rapporto massa-luminosità K in unità di M_{\odot}/L_{\odot} per le SFR(t) e i modelli cosmologici di Friedmann piatto e chiuso come indicato in ogni figura. La evoluzione fotometrica si basa sulle SSP di Buzzoni (2005).

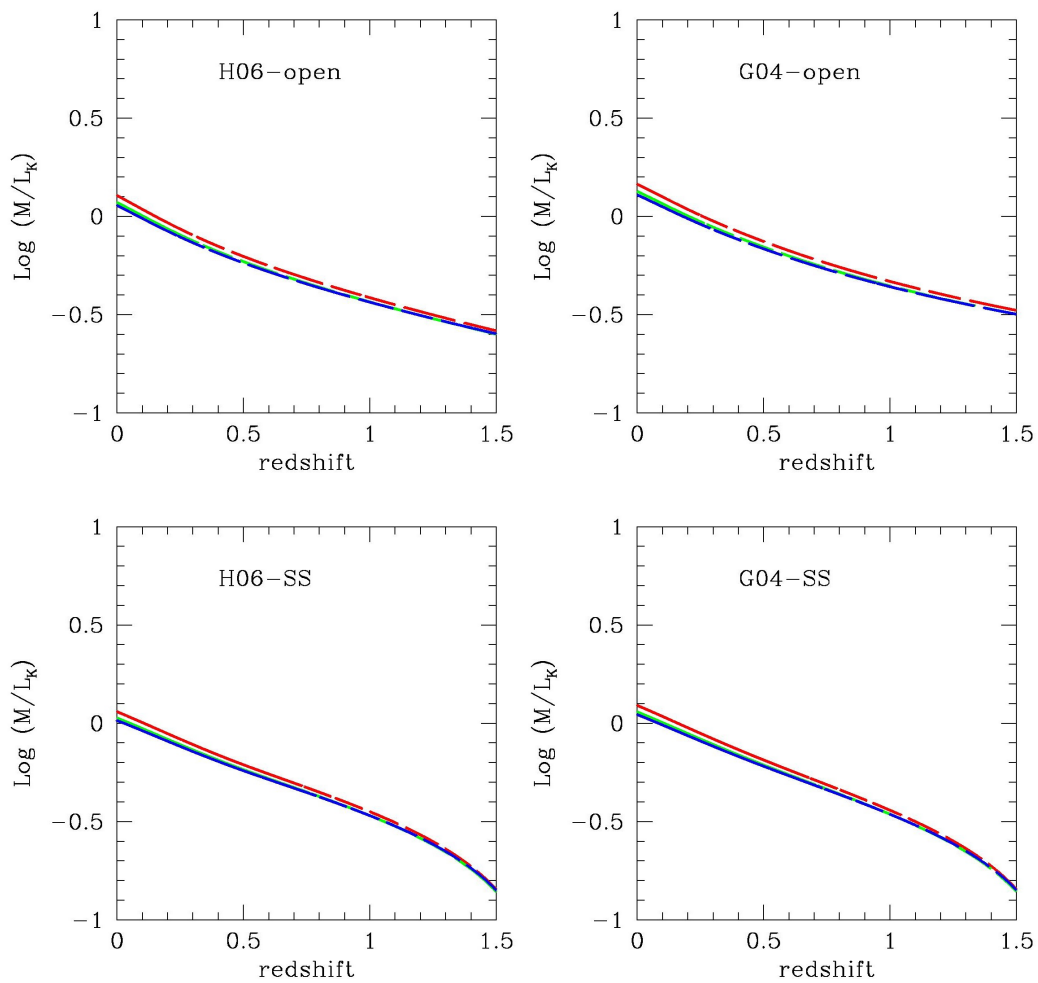


Figura 5.4: Logaritmo del rapporto massa-luminosità K in unità di M_{\odot}/L_{\odot} per le SFR(t) e i modelli cosmologici di Friedmann aperto e WMAP come indicato in ogni figura. La evoluzione fotometrica si basa sulle SSP di Buzzoni (2005).

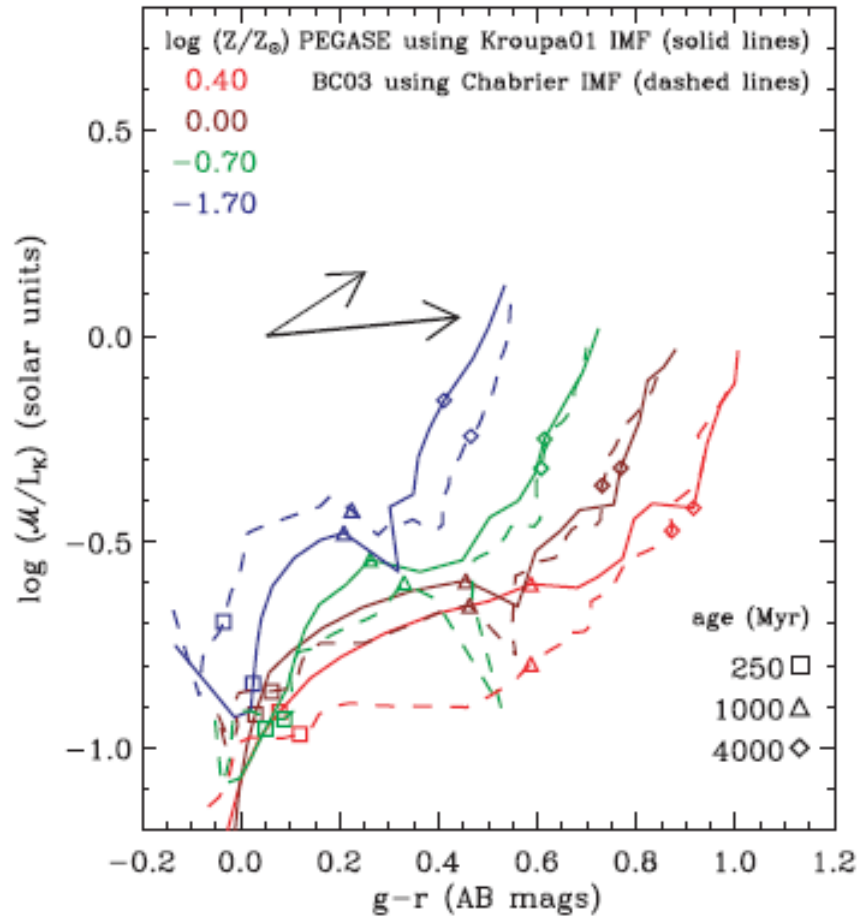


Figura 5.5: M_*/L_k di una SSP in funzione del colore $g - r$ (sistema AB), al variare della metallicità. Le frecce rappresentano gli effetti di un'attenuazione da parte della polvere pari a 1 mag. (Baldry et al. 2008).

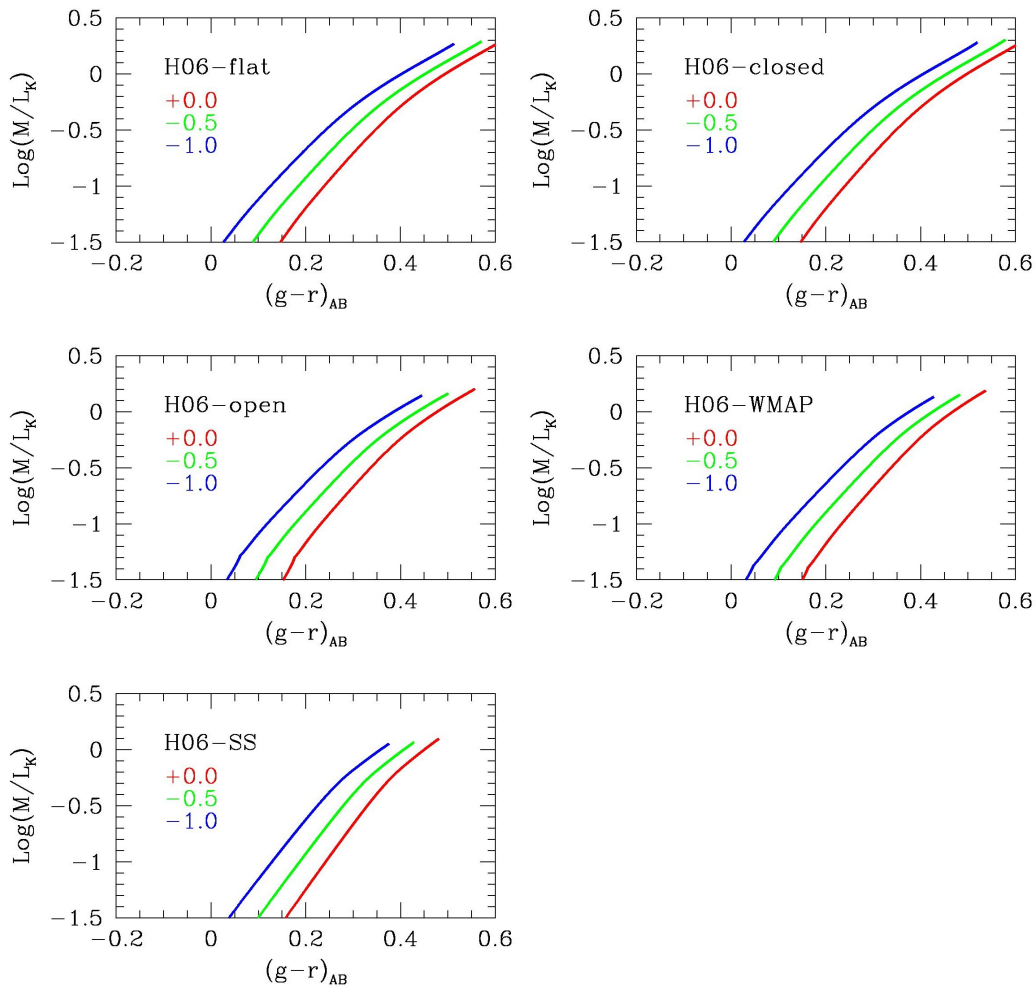


Figura 5.6: Logaritmo di M/L_K in funzione del colore $(g-r)_{AB}$ ottenuti con l'utilizzo della SFR(t) di H06 per i modelli di Universo indicati nelle figure. La curva rossa indica un valore di metallicità $[\text{Fe}/\text{H}] = +0.0$, la curva verde indica $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.5$ e la curva blu $[\text{Fe}/\text{H}] = -1$.

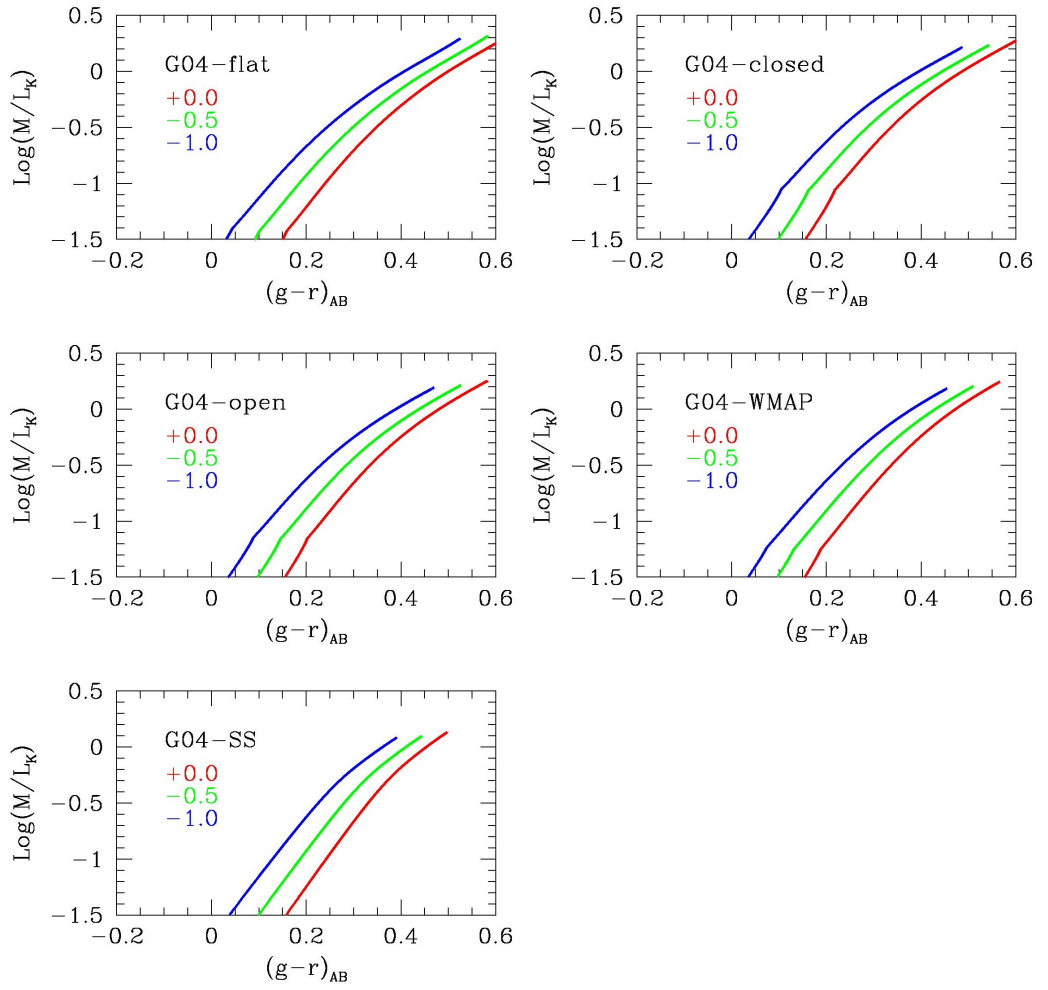


Figura 5.7: Logaritmo di M/L_K in funzione del colore $(g-r)_{AB}$ ottenuti con l'utilizzo della $\text{SFR}(t)$ di G04 per i modelli di Universo indicati nelle figure. La curva rossa indica un valore di metallicità $[\text{Fe}/\text{H}] = +0.0$, la curva verde indica $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.5$ e la curva blu $[\text{Fe}/\text{H}] = -1$.

parte dovute alle diverse IMF adottate (i nostri modelli di SSP utilizzano una IMF di Salpeter), ma soprattutto al fatto che Baldry si riferisce a SSP mentre il nostro lavoro tratta di popolazioni stellari composte.

Concludiamo il confronto con le osservazioni occupandoci della densità di luminosità nell'Universo locale. Madgwick et al. (2002) grazie alle osservazioni della *2dF Galaxy Redshift Survey* (2dFGRS) hanno costruito la funzione di luminosità del vicino Universo, $0.01 < z < 0.17$ (Figura 5.8), per 4 tipi morfologici; i parametri caratteristici della funzione di luminosità totale L_* , Φ_* e α permettono di stabilire la densità di luminosità, nella banda b_j da loro utilizzata, secondo l'equazione

$$\rho_L = \Phi * L * \Gamma(\alpha + 2) , \text{ in unità di } 10^7 L_\odot h \text{Mpc}^3, \quad (5.1)$$

con $h = H_0/100$ km/s/Mpc. Considerando che per i nostri modelli si ha $h = 0.7$ e il valore di 1 Mpc^3 per il volume, la luminosità sommata sugli oggetti di ogni tipo morfologico è

$$L = 1.4 \cdot 10^8 L_\odot , \text{ o in magnitudini } M_{b_j} = -15.1. \quad (5.2)$$

La conversione in magnitudine in banda B (quella usata nei nostri modelli) è data da Blair & Gilmore (1982):

$$M_B = M_{b_j} + 0.28(B - V) \quad (5.3)$$

Non avendo informazioni sull'indice di colore (B-V) dalla pubblicazione di Madgwick, prendiamo un valore plausibile di 0.6 mag. A questo punto, dall'Equazione 5.3 risulta $M_B = -14.9$. Ora possiamo confrontare questo valore con quello trovato dalla convoluzione delle SFR(t) con i modelli di SSP di Buzzoni (2005)². Mostriamo in Tabella 5.3 le magnitudini in banda B della nostra meta-galassia al variare della SFR(t) e del modello cosmologico. L'uso di una SFR(t) del tipo H06 produce, per un volume di Universo di 1 Mpc^3 , una magnitudine minore, ovvero una meta-galassia più brillante rispetto a quanto osservato da Madgwick e colleghi; la differenza maggiore si ha per i modelli di Friedmann piatto e chiuso, più brillanti di 0.8 mag. La SFR(t) di G04, d'altra parte, riproduce meglio i risultati osservativi e anche se in parte li sottostima fino a 0.6 mag (Stato Stazionario). Segnaliamo un'eccezione: l'Universo di Friedmann chiuso predice una meta-galassia più brillante di 1.4 mag.

Il modello della meta-galassia presenta caratteristiche fotometriche confrontabili con quelle di galassie reali ottenute da osservazioni. Dal punto di vista della densità di materia, sottolineiamo ancora una volta quanto riassunto dalla Tabella 5.2, cioè un parametro di densità $\Omega_* \leq 0.007$; questo

²Le SFR(t) di cui disponiamo non distinguono tra i tipi morfologici, ma indicano la produzione stellare per unità di volume di un sistema medio quindi la luminosità derivata non può essere confrontata con nessuna di quelle riferite ai 4 tipi morfologici di Madgwick.

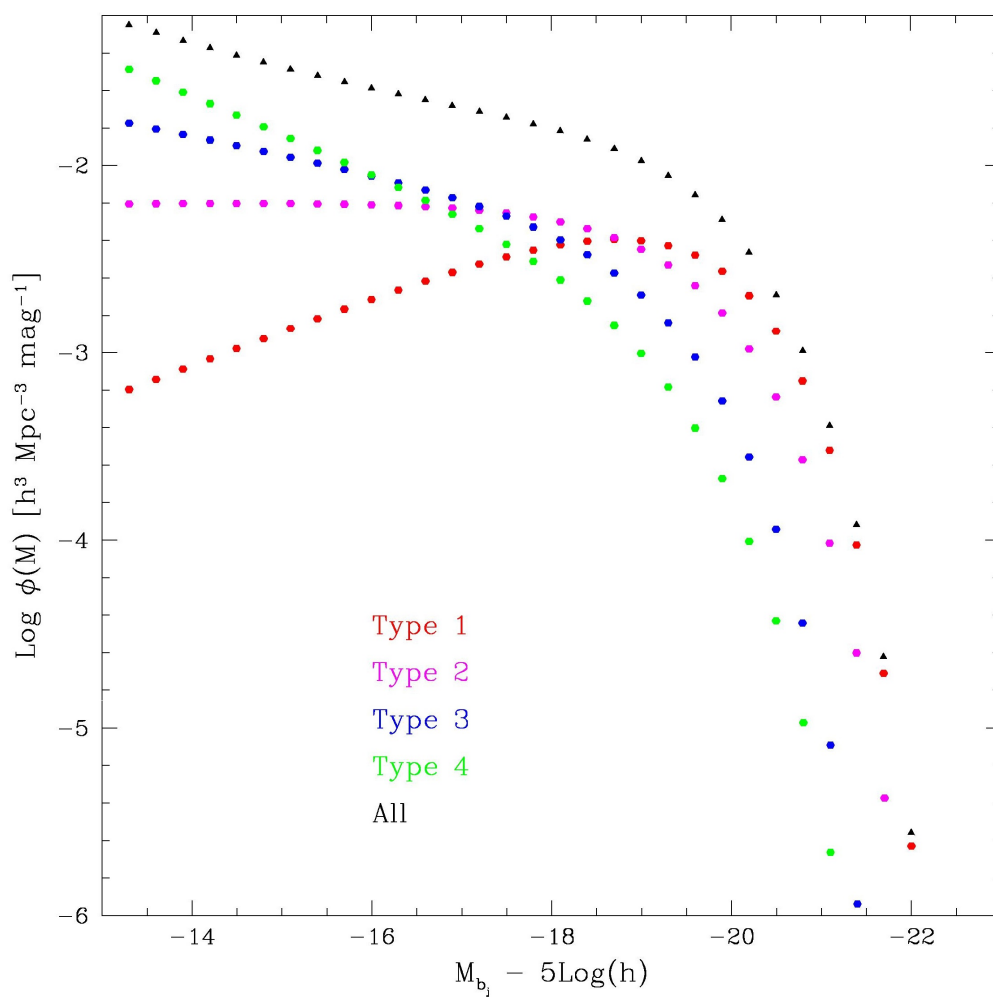


Figura 5.8: Funzione di luminosità osservata dell'Universo locale ($0.01 < z < 0.17$) dal lavoro di Madgwick et al. (2002) come risultato delle osservazioni nell'ambito della *2d Galaxy Redshift Survey*. Le curve di diverso colore rappresentano i 4 tipi morfologici come indicato in figura; la curva nera è invece la funzione di luminosità totale.

Magnitudine in banda B a $z \approx 0.08$					
SFR / Modelli	F. Piatto	F. Chiuso	F. Aperto	WMAP	S. Stazionario
H06	-15.7	-15.7	-15.6	-15.5	-15.2
G04	-14.9	-16.3	-14.8	-14.7	-14.3

Tabella 5.3: Magnitudine in banda B a $z \approx 0.08$ (redshift “medio” dell’intervallo $0.01 < z < 0.17$) derivata dalla convoluzione delle SFR(t) di H06 e G04 con i modelli di SSP di Buzzoni (2005) con metallicità solare (nel caso di metallicità subsolari pari a -0.5 o -1 non si osservano differenze sostanziali).

valore equivale a circa un quarantesimo della densità di materia barionica dell’Universo secondo la visione di consenso, ovvero il modello WMAP. In questo scenario, Ω_* ammonterebbe al 2% della materia totale, contro il 4% supposto da WMAP (Hinshaw et al. 2013), e perciò il contributo della materia oscura salirebbe dal 96% al 98%. Tali risultati possono suggerire che le funzioni di H06 e G04 sottostimino la CSFR reale, fatto che può essere dovuto ad esempio ad una errata correzione per l’assorbimento della polvere o al fattore di proporzionalità tra luminosità UV e SFR; in questo ambito abbiamo analizzato il fit proposto da Kobayashi et al. (2013) che differisce da quello di H06 proprio a causa del diverso trattamento di tali fattori. Altri autori danno poi risultati ancora diversi, citiamo ad esempio il lavoro di Behroozi et al. (2013) che riprende i dati utilizzati da H06 ma trovando un fit che predice una minore CSFR a $z > 2$. Le osservazioni multi banda sono sicuramente il mezzo migliore per porre restrizioni alla CSFR e specialmente a $z > 1 - 2$ i futuri progressi in questa direzione saranno fondamentali al raggiungimento dello scopo.

Bibliografia

- [1] Adelberger, K. L., Steidel, C. C., 2000, ApJ, 544, 218
- [2] Arnouts, S., 2007, A& A, 476, 137-150
- [3] Bahcall, N. A., Soneira, R. M., 1983, ApJ, 270, 20B
- [4] Bahcall, N. A., Soneira, R. M., 1984, ApJ, 277, 27B
- [5] Baldry, I. K., et al., 2004, ApJ, 600, 681 – 694
- [6] Baldry, I.K., et al., 2008, MNRAS, 388, 945 – 959
- [7] Barrow, J. D., et al., 1986, MNRAS, 223, 835
- [8] Beckwith, S. V. W., et al., 2006, arXiv:astro-ph/0607632v1
- [9] Behroozi, P. S., et al., 2013, ApJ, 770, 57B
- [10] Bell, E. F., 2003, ApJS, 149, 289-312
- [11] Binggeli, B., 1988, ARAA, 26, 509B
- [12] Blair, M., Gilmore, G., 1982, PASP, 94, 742
- [13] Bondi H., Gold, T, MNRAS, 1948, 108, 252
- [14] Boselli, A., et al., 2011, AA, 528, A107
- [15] Buzzoni, A., 1995, ApJS, 98, 69-101
- [16] Buzzoni, A., 2002, ApJ, 123, 1188-1199
- [17] Buzzoni, A., 2005, MNRAS, 361, 725-742
- [18] Buzzoni, A., 2011, MNRAS, 000, 1-24
- [19] Calzetti, D., 1997, AJ, 113, 1
- [20] Cimatti, A., et al., 2006, AA, 453, L29
- [21] Cole, S., 2001, MNRAS, 326, 255-273

- [22] Coles, P., Lucchin, F., 2002, *Cosmology - The Origin and Evolution of Cosmic Structure, 2nd Edition*
- [23] Connolly, A. J., et al., 1997, ApJ, 486, L11
- [24] Cucciati, O., et al., 2011, sf2a.conf, 85C
- [25] Dressler, A., 1980, ApJ, 236, 351
- [26] Faber, S. M., Jackson, R. E., 1976, ApJ, 204, 668
- [27] Frei Gunn 1994, AJ, 108, 1476
- [28] Gavazzi, G., 2010, A& A, A73
- [29] Giavalisco, M., et al., 2004, ApJ, 600, L103-L106
- [30] Graves, G. J., Faber, S. M., 2010, ApJ, 721, 278G
- [31] Hinshaw, G., et al., 2013, ApJS, 208, 19
- [32] Hogg, D. W., 2000, arXiv:astro-ph/9905116v4
- [33] Hogg, D. W., 2001, arXiv:astro-ph/0105280
- [34] Hopkins, A. M., 2004, ApJ, 615, 209-221
- [35] Hopkins, A. M., Beacom, J. F., 2006, ApJ, 651, 142-154
- [36] Hoyle, F., 1993, ApJ, 410, 437-457
- [37] Hubble, E. P., 1925, PA, 33, 252
- [38] Hubble, E. P., 1926, ApJ, 64, 321
- [39] Hubble, E. P., 1929, PNAS, 15,168H
- [40] Ilbert, O., 2010, ApJ, 709, 644-663
- [41] Ilbert, O., et al., 2013, AA, 556A, 55I
- [42] Kennicutt, R. C., 1998, ARAA, 36, 189K
- [43] Kobayashi, M. A. R., 2013, ApJ, 763, 3
- [44] Lanzetta, K. M., et al., 1998, arXiv:astro-ph/9809294
- [45] Lilly, S. J, et al., 2007, ApJS, 172, 70L
- [46] Madgwick, D. S., 2002, MNRAS, 333, 133-144
- [47] Madau, P., 1996, arXiv:astro-ph/9612157v1

- [48] Madau, P., et al., 1996, MNRAS, 283, 1388-1404
- [49] Madau, P., 1997, arXiv:astro-ph/9709147v1
- [50] Madau, P., et al., 1998, ApJ, 498, 106-116
- [51] Madau, P., 1998, arXiv:astro-ph/9812087v2
- [52] Milne, E. A., 1940, ApJ, 91, 2
- [53] Narlikar, J. V., 2007, JApA, 28, 67N
- [54] Oesch, P. A., et al., 2013, ApJ, 772, 136O
- [55] Peebles, P. J. E., 1993, *Principles of Physical Cosmology*
- [56] Poggianti, B. M., 1997, A& A SS, 122, 399-407
- [57] Portinari, L., 2004, MNRAS, 347, 691-719
- [58] Portinari, L., Salucci, P., 2010, AA, 521A, 82P
- [59] Reddy, N. A., et al., 2008, ApJS, 175, 48-85
- [60] Reddy, N. A., et al., 2012, ApJ, 754, 25
- [61] Sandage, A., 1989, JRASC, 83, 351S
- [62] Scannapieco, E., Bildsten, L., 2005, ApJ, 629, L85-L88
- [63] Smith, G. P., et al., 2005, ApJ, 620, 78
- [64] Somerville, R. S., et al., 2001, MNRAS, 320, 504
- [65] Steidel, C. C., et al., 1999, ApJ, 519, 1-17
- [66] Strateva, I., et al., 2001, ApJ, 122, 1861-1874
- [67] Thomas, D., et al., 2010, MNRAS, 404, 1775-1789
- [68] Tomczak, A. R., 2014, ApJ, 783, 85T
- [69] Tortora, C., et al., 2011, MNRAS, 418, 1557T
- [70] Tully, R. B., 1986, ApJ, 303, 25
- [71] Tully, R. B., 1987, ApJ, 323, 1T
- [72] Tully, R. B., 1988, IAUS, 130, 243T
- [73] de Vaucouleurs, G., de Vaucouleurs, A., 1970, ApL, 5, 219D

- [74] Weinberg, S., *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory*
- [75] Wilford, J. N., 1987, *New York Times*, “Massive Clusters of Galaxies Defy Concepts of the Universe”
- [76] Xue, X. X., et al., 2008, *ApJ*, 684.1143X
- [77] cosmology.carnegiescience.edu/
- [78] cosmos.astro.caltech.edu/
- [79] hubblesite.org/
- [80] www.sdss.org/
- [81] www.stsci.edu/science/goods/

Appendice A

Proprietà fotometriche

Includiamo di seguito la rappresentazione grafica delle proprietà fotometriche della meta galassia ottenute dalla convoluzione dei modelli di SSP di Buzzoni (2005) e dalle SFR(t) di Hopkins (2006, H06) e Giavalisco (2004, H04) per i cinque modelli cosmologici considerati. In ogni immagine le tre curve rappresentano oggetti di diversa metallicità: $[\text{Fe}/\text{H}] = +0.0$ (curva rossa), $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.5$ (curva verde), $[\text{Fe}/\text{H}] = -1.0$ (curva blu); la colonna di sinistra riguarda la convoluzione con la SFR(t) di H06, la colonna di destra la convoluzione con la SFR(t) di G04; il flusso è misurato in $\text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{\AA}^{-1}$. Le Figure A.1-A.6 mostrano i flussi in banda per un modello di Universo di Friedmann piatto.

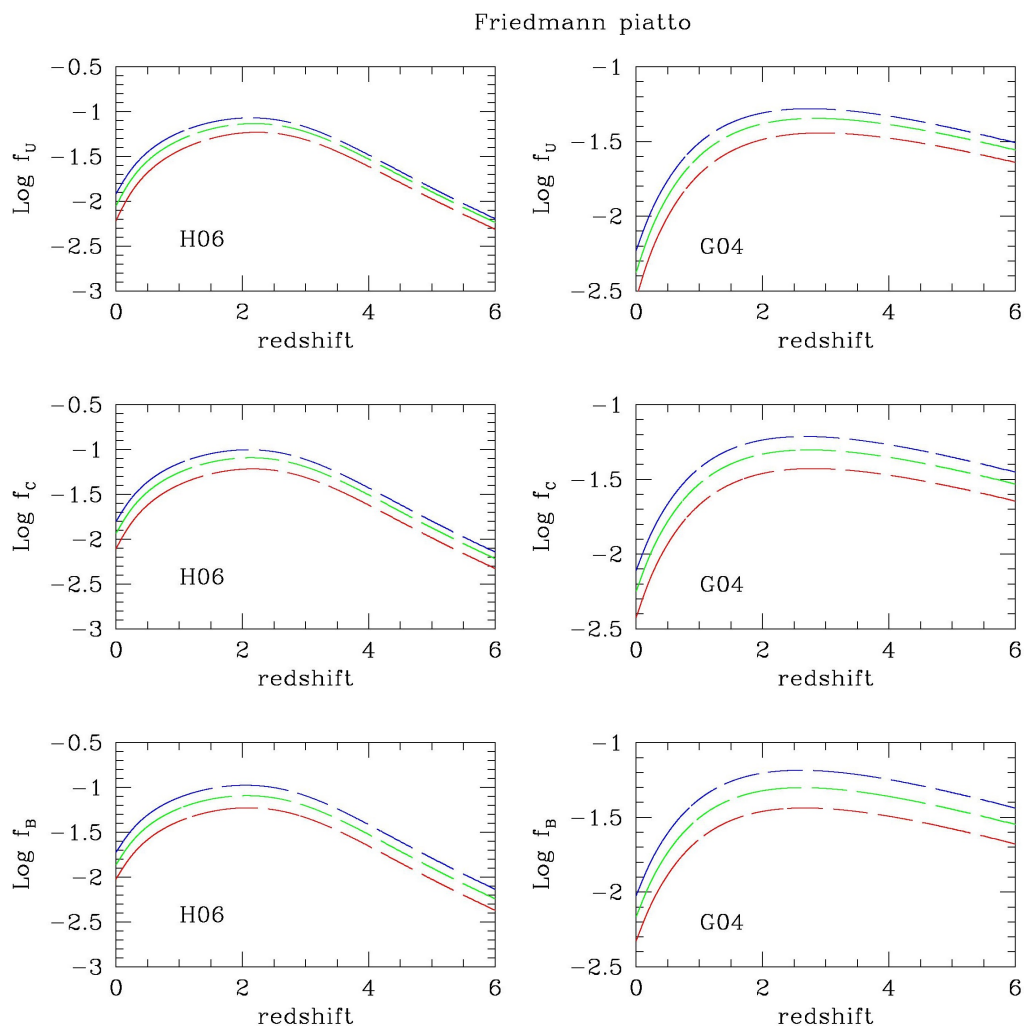


Figura A.1: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda U in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann piatto.

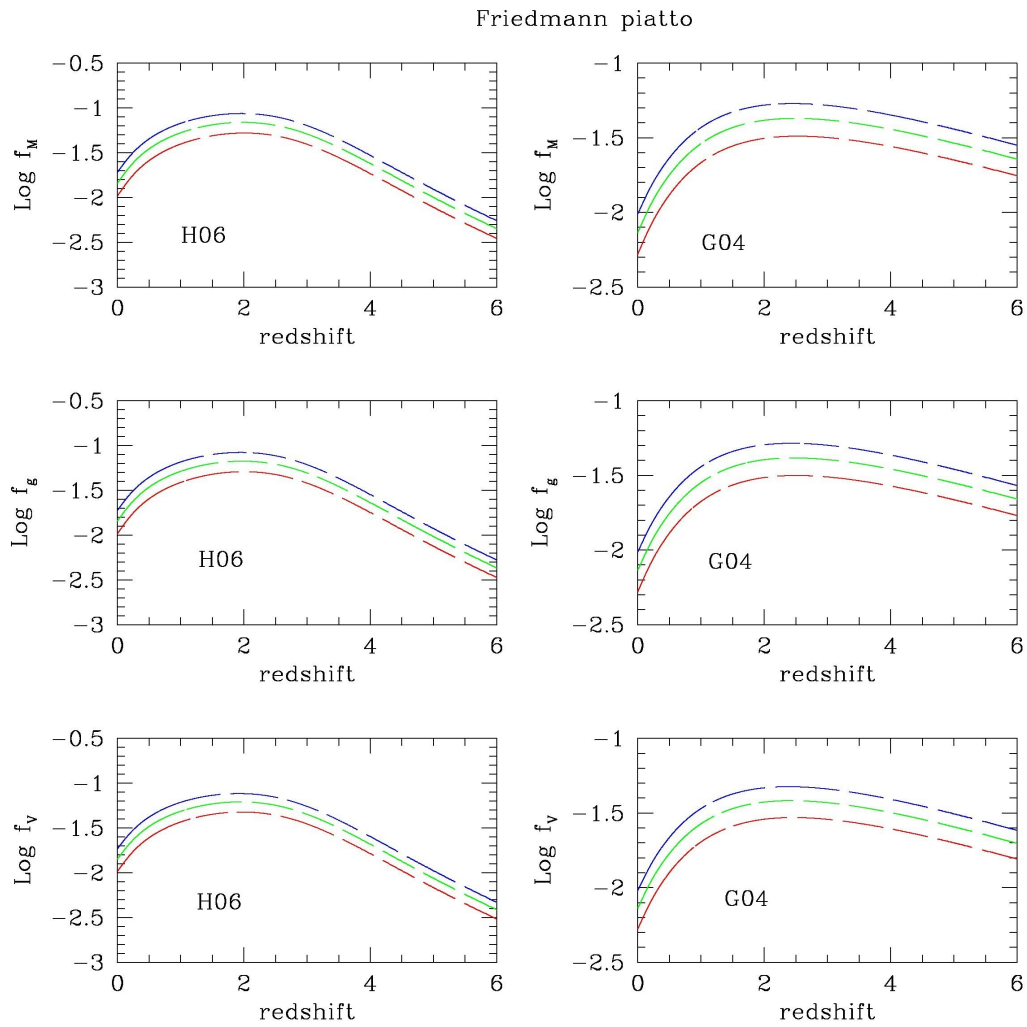


Figura A.2: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda M in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda g in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda V in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann piatto.

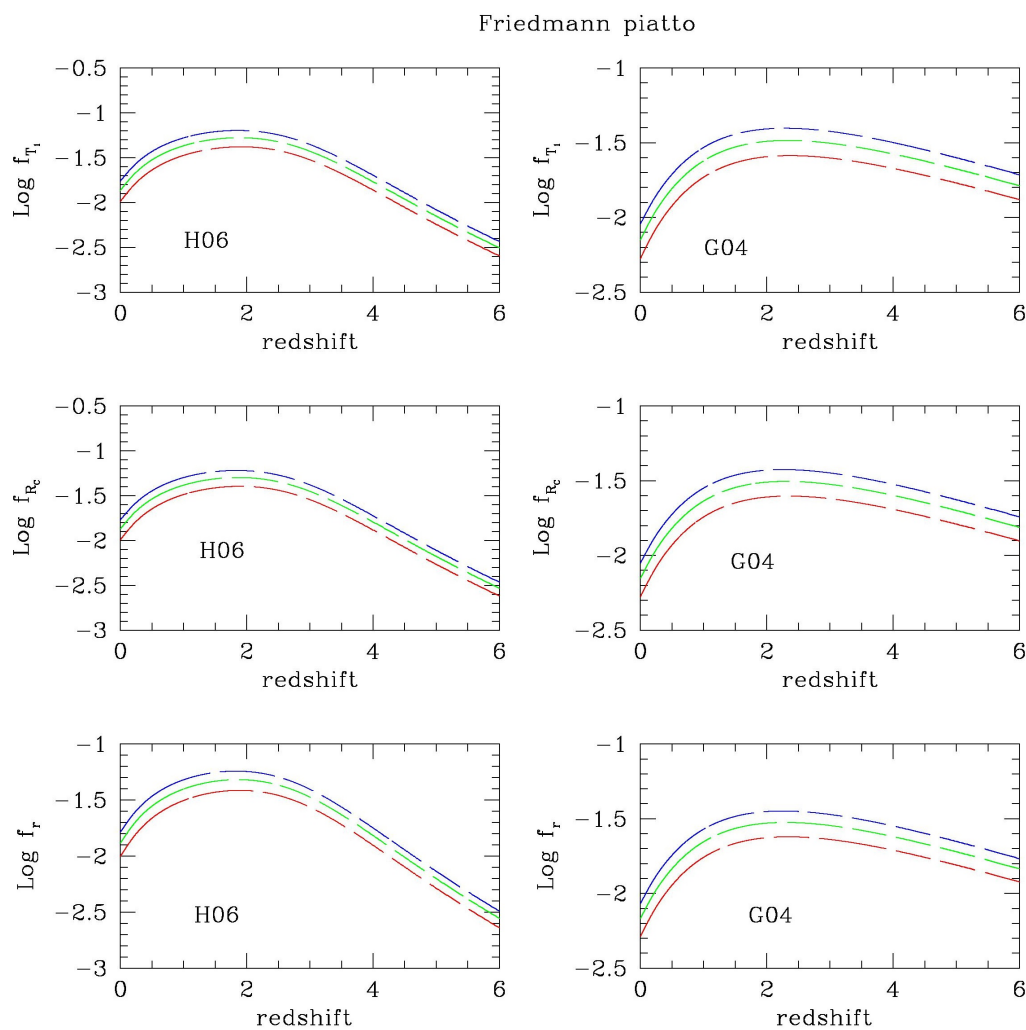


Figura A.3: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda T_1 in funzione del redshift per una $\text{SFR}(t)$ di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda R_C in funzione del redshift per una $\text{SFR}(t)$ di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda r in funzione del redshift per una $\text{SFR}(t)$ di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann piatto.

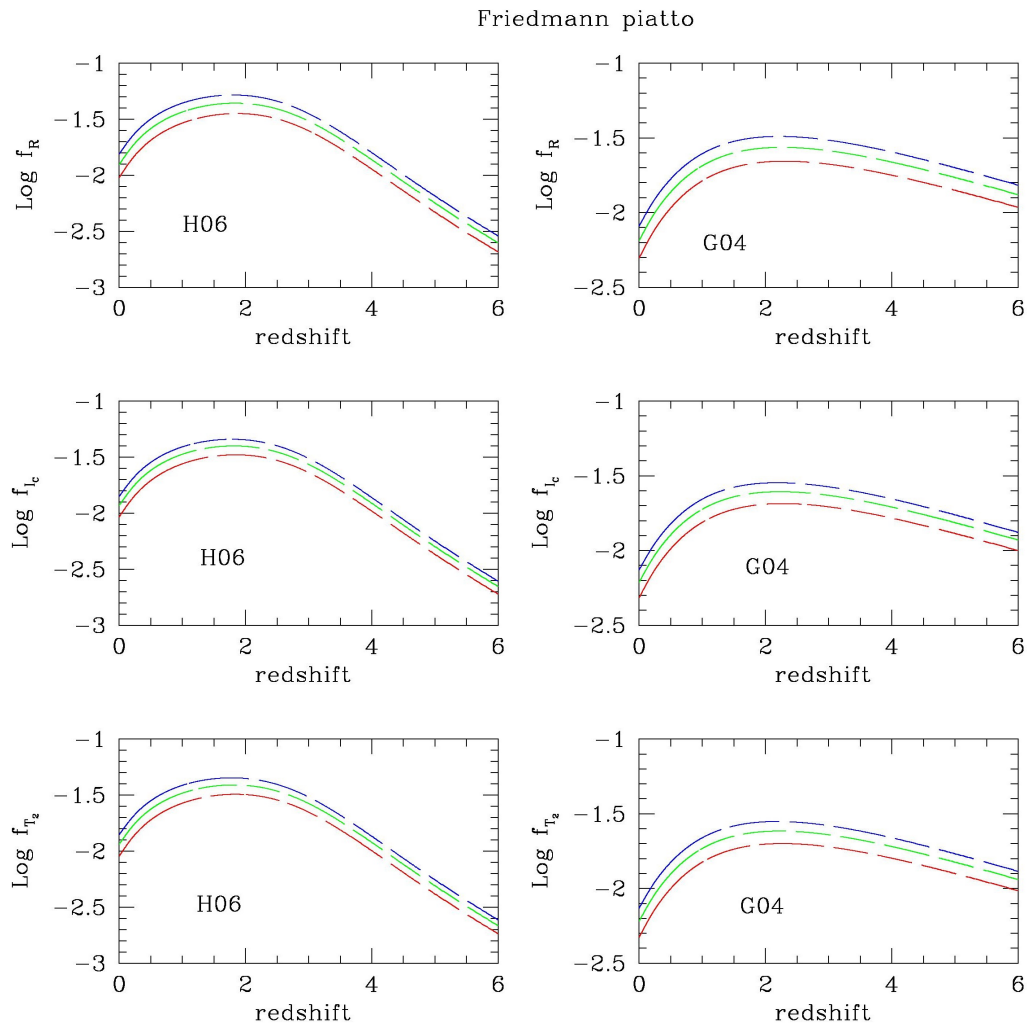


Figura A.4: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda R in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda I_C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda T_2 in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann piatto.

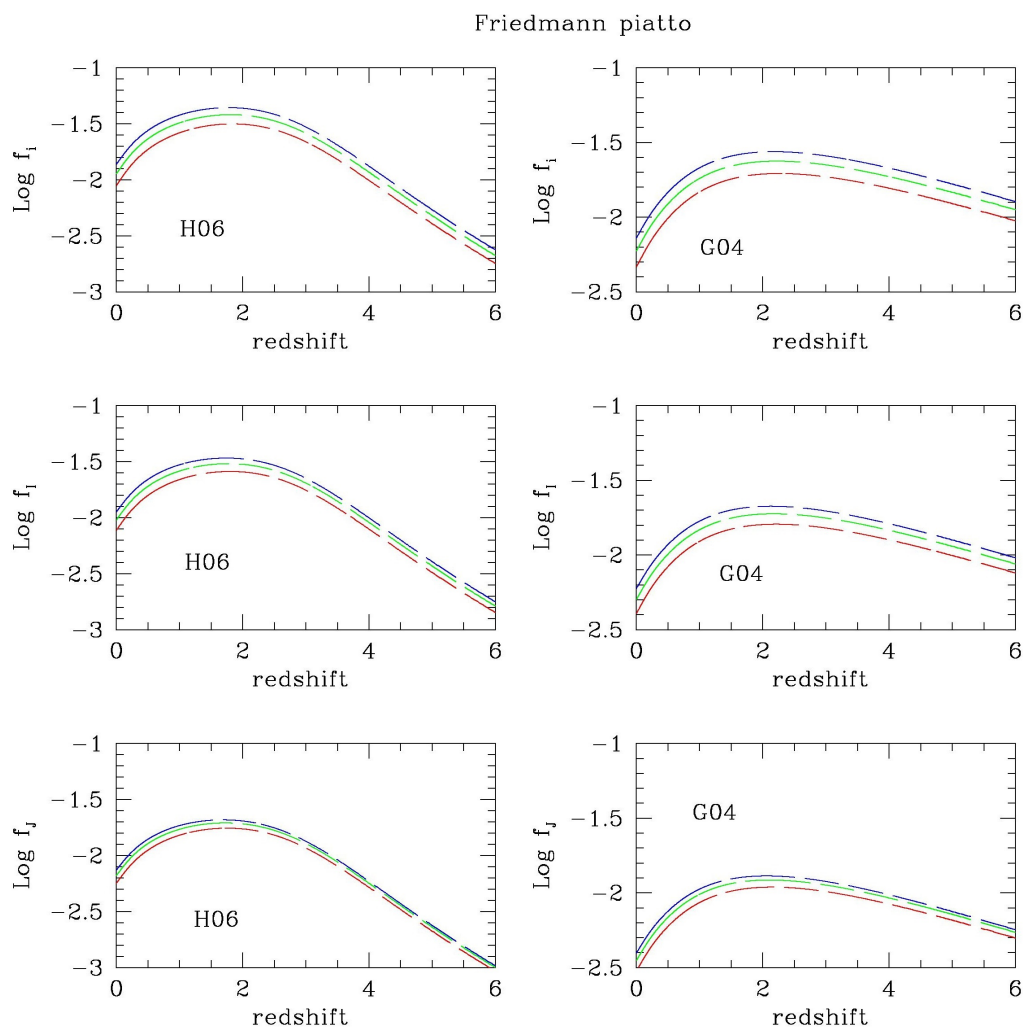


Figura A.5: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda i in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda I in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda J in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann piatto.

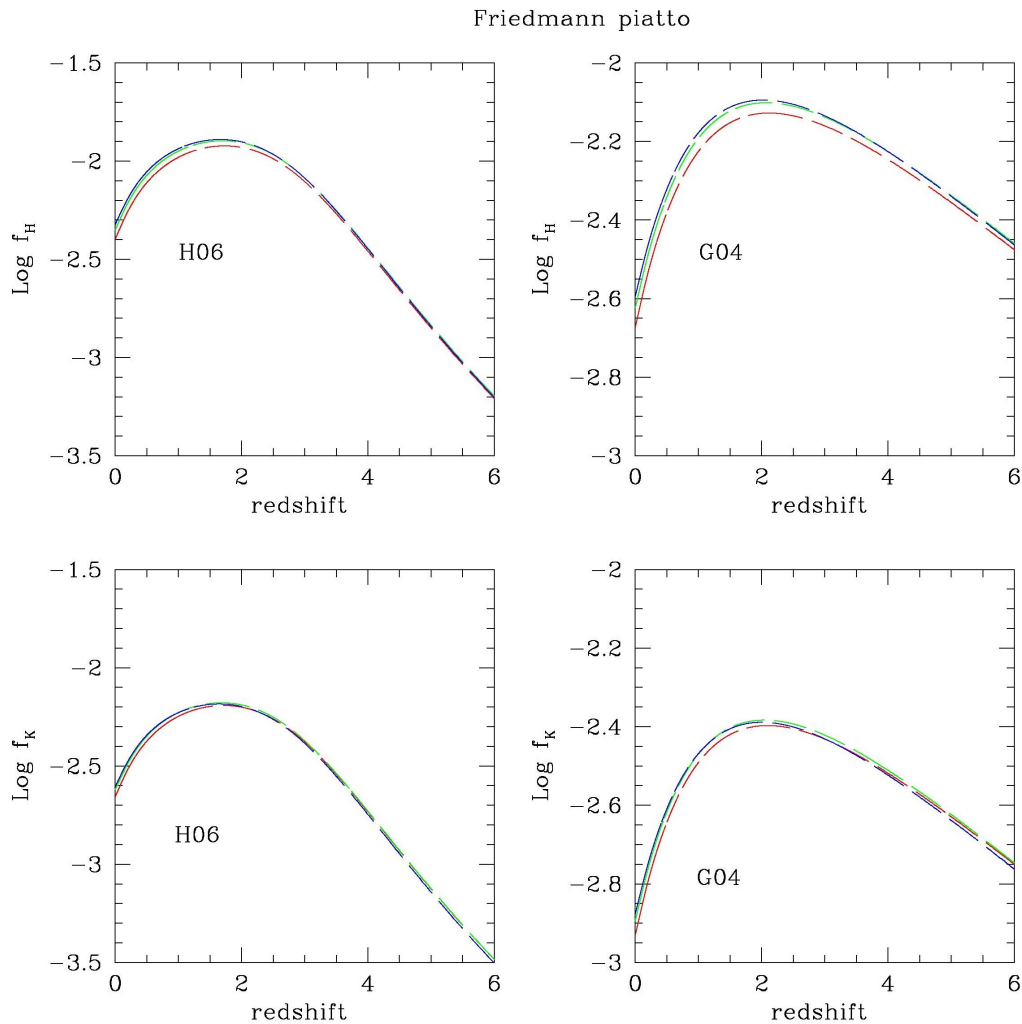


Figura A.6: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda H in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda K in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann piatto.

Le Figure A.7-A.12 mostrano i flussi in banda per un modello di Universo di Friedmann chiuso.

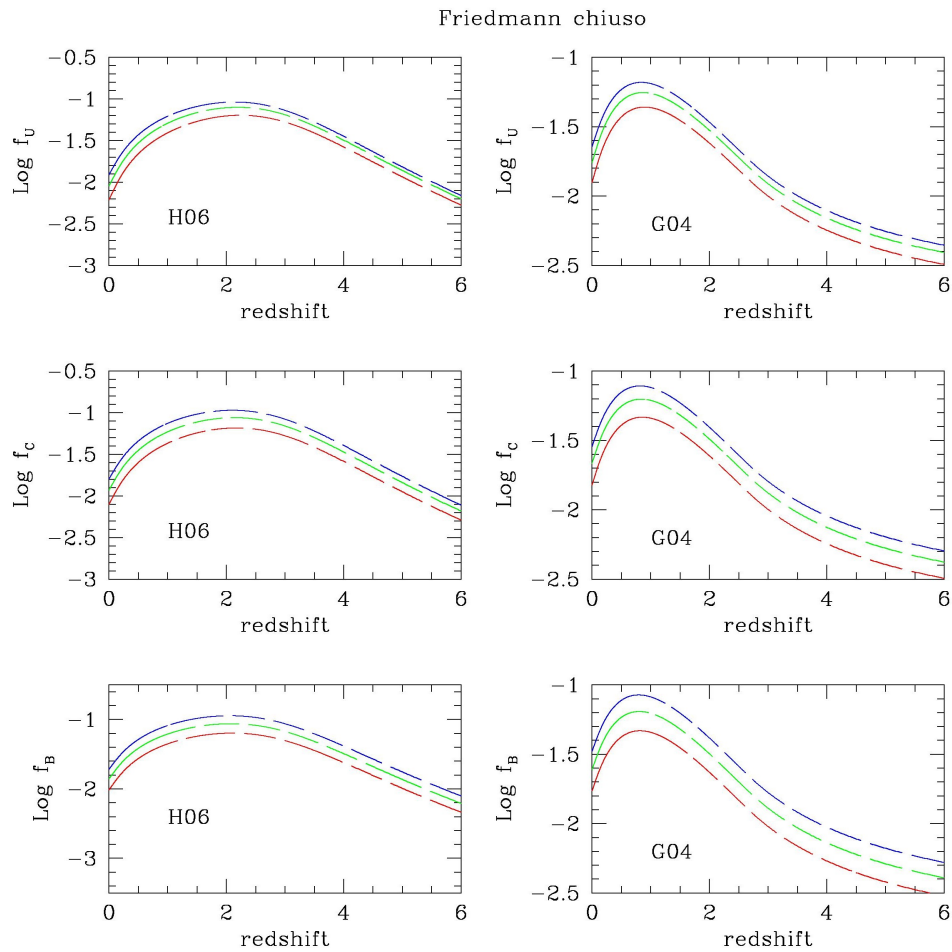


Figura A.7: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda U in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda B in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann chiuso.

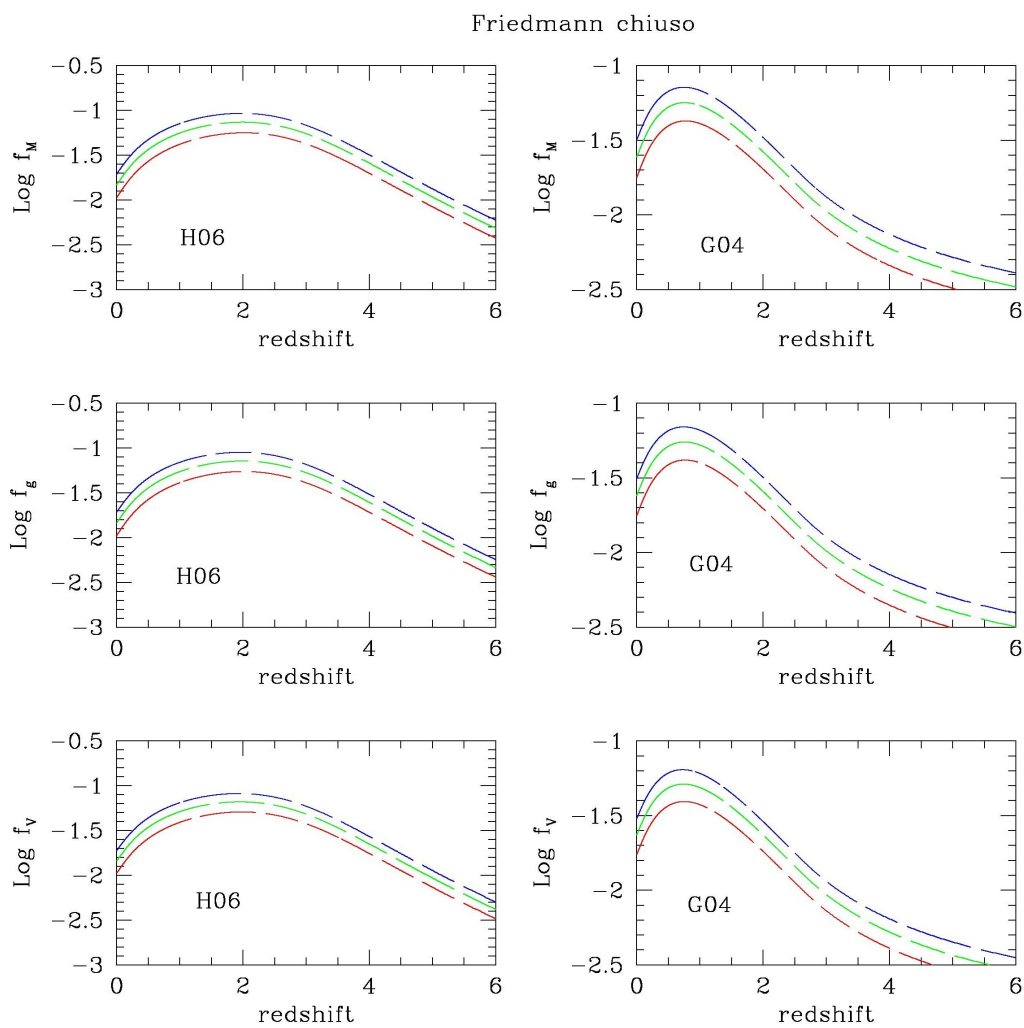


Figura A.8: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda M in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda g in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda V in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann chiuso.

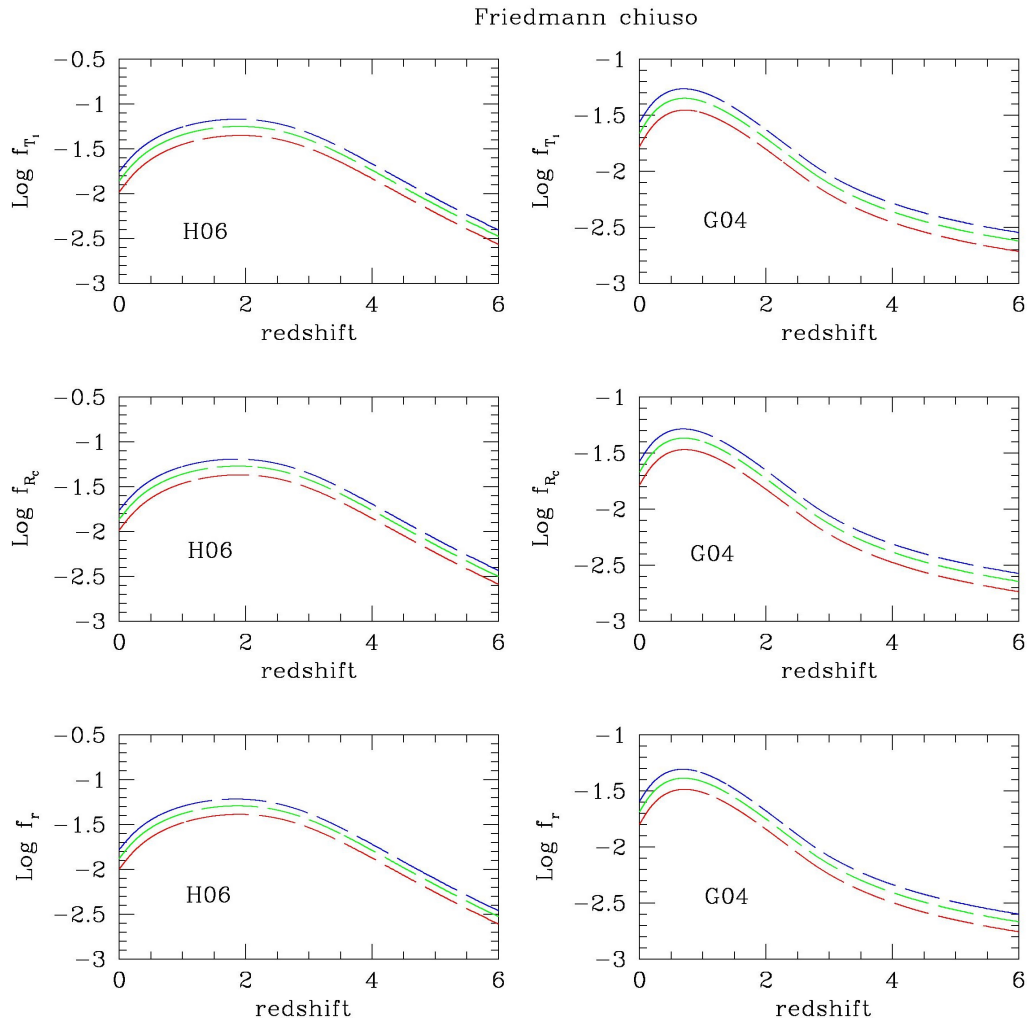


Figura A.9: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda T_1 in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda R_C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda r in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann chiuso.

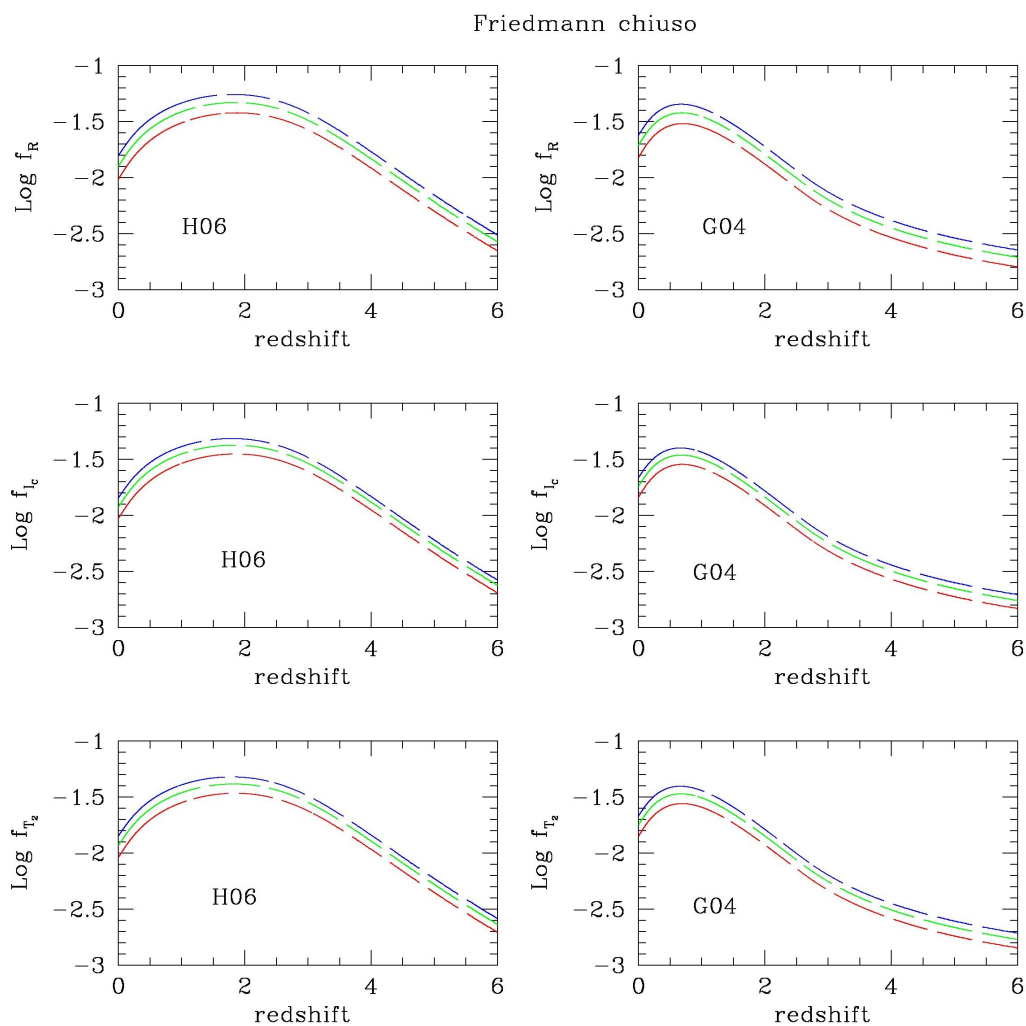


Figura A.10: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda R in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda I_C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda T_2 in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann chiuso.

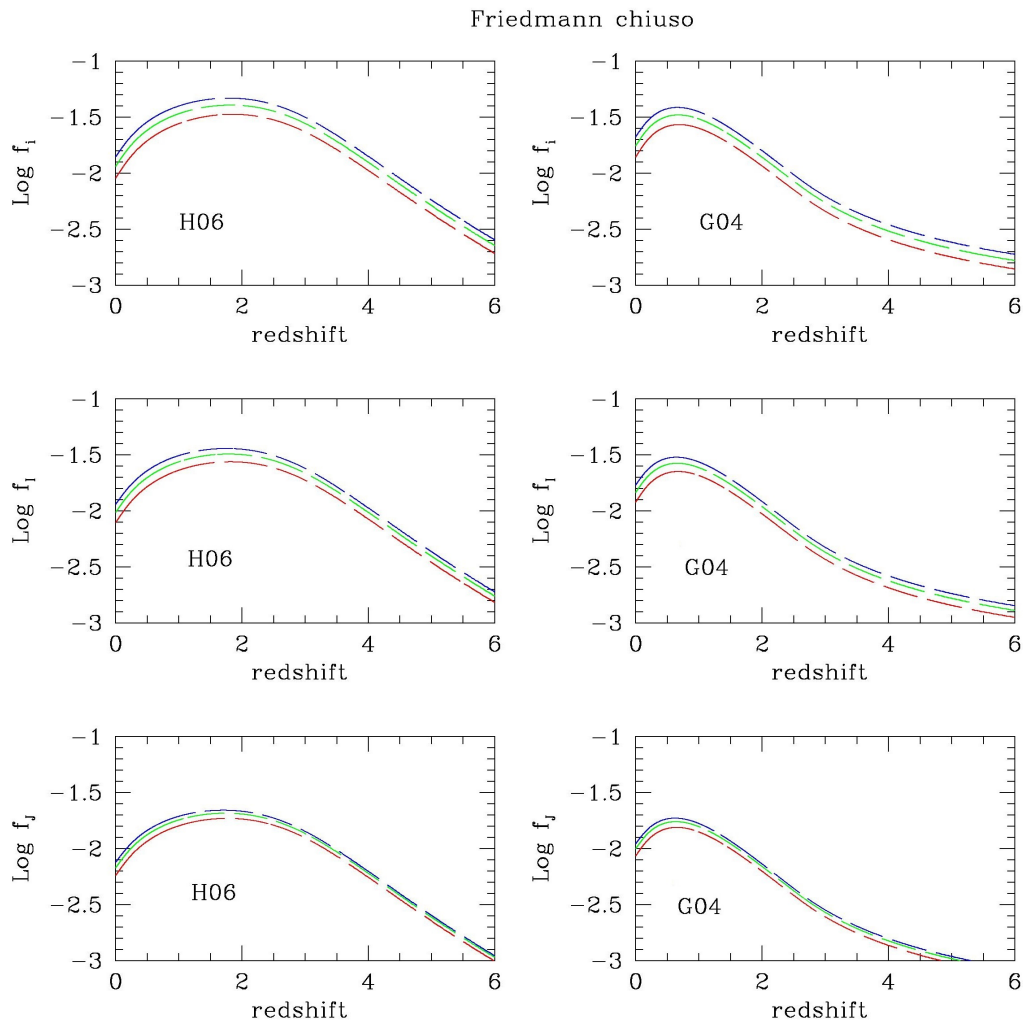


Figura A.11: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda i in funzione del redshift per una $\text{SFR}(t)$ di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda I in funzione del redshift per una $\text{SFR}(t)$ di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda J in funzione del redshift per una $\text{SFR}(t)$ di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann chiuso.

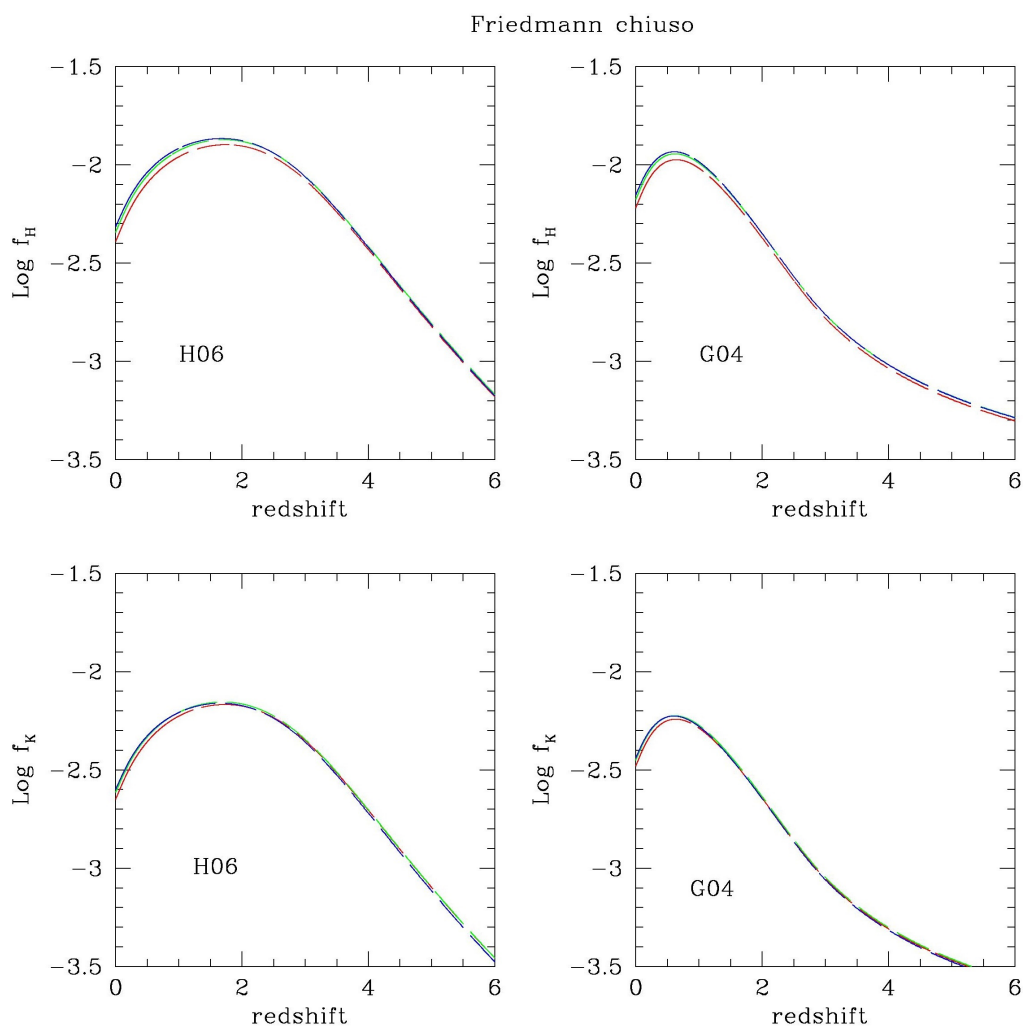


Figura A.12: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda H in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda K in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann chiuso.

Le Figure A.13-A.18 mostrano i flussi in banda per un modello di Universo di Friedmann aperto.

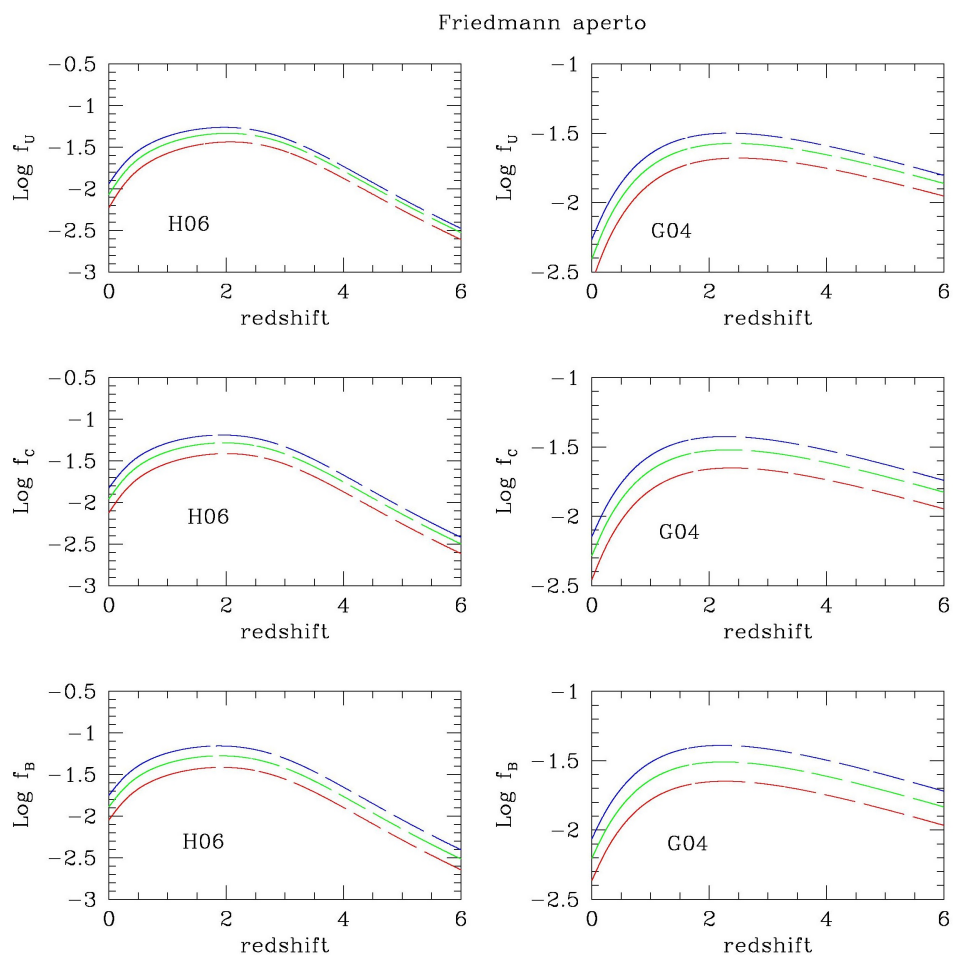


Figura A.13: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda U in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda B in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann aperto.

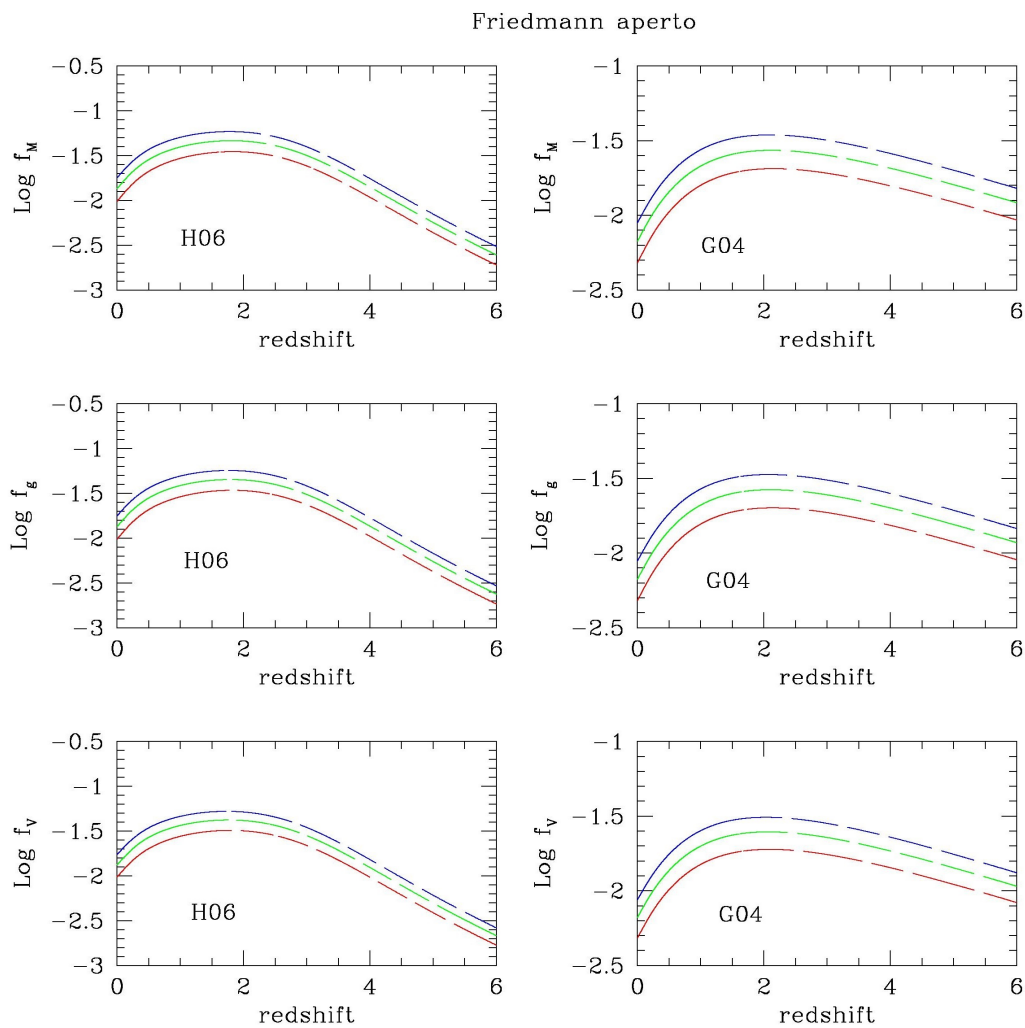


Figura A.14: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda M in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda g in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda V in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann aperto.

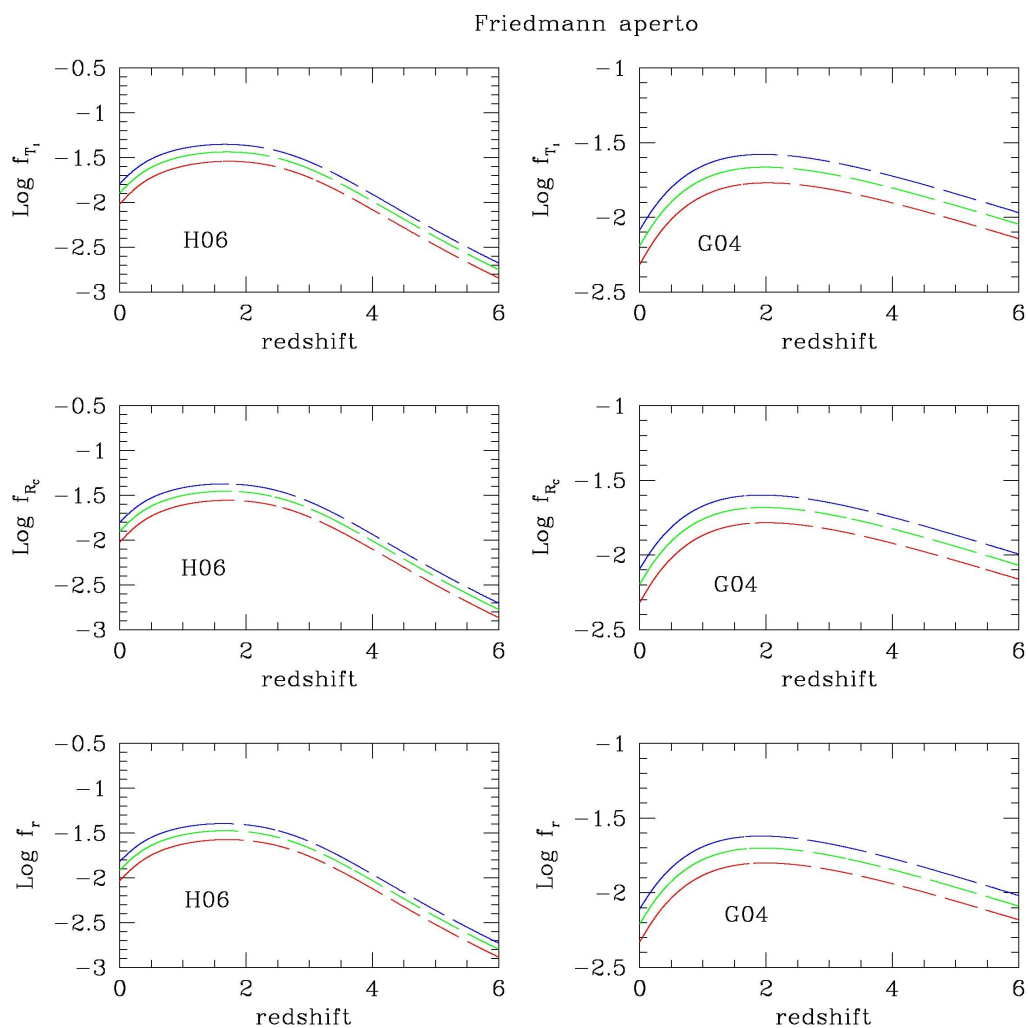


Figura A.15: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda T_1 in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda R_C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda r in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann aperto.

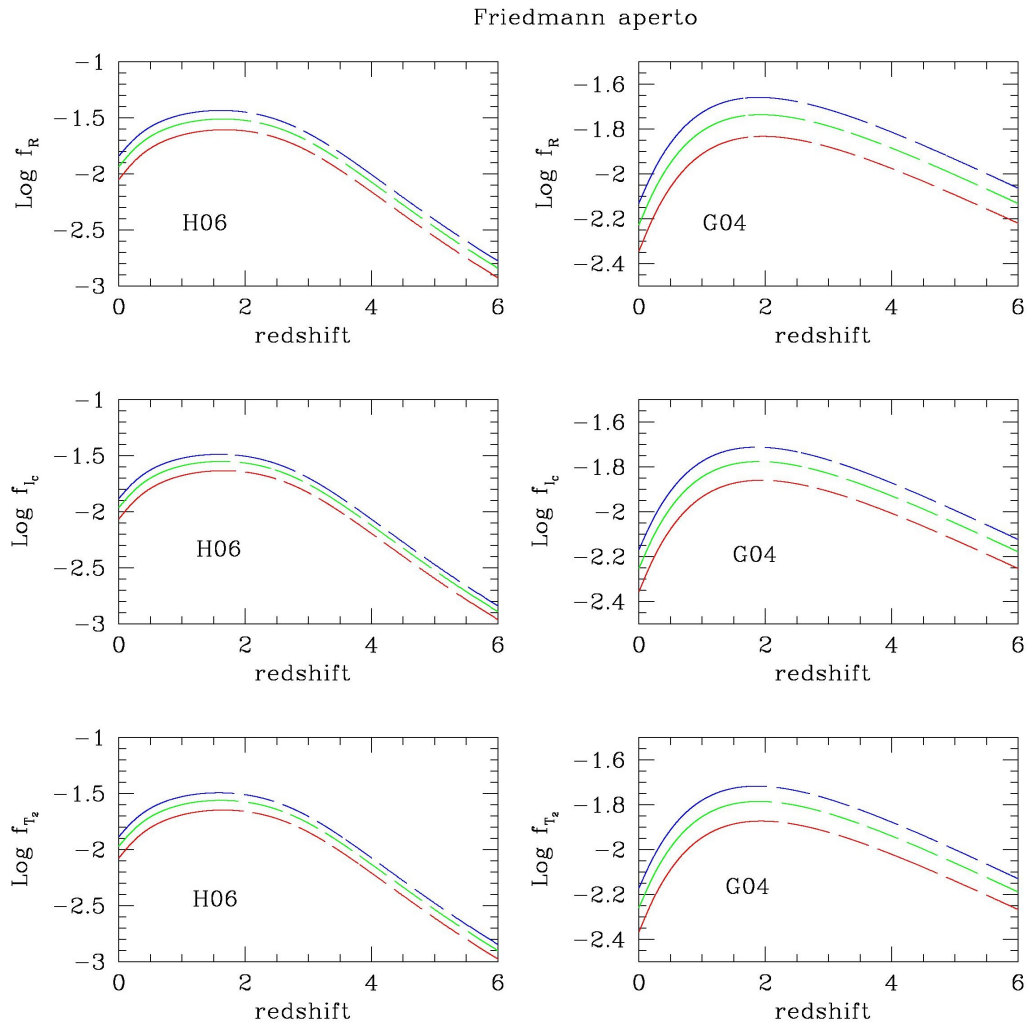


Figura A.16: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda R in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda I_C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda T_2 in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann aperto.

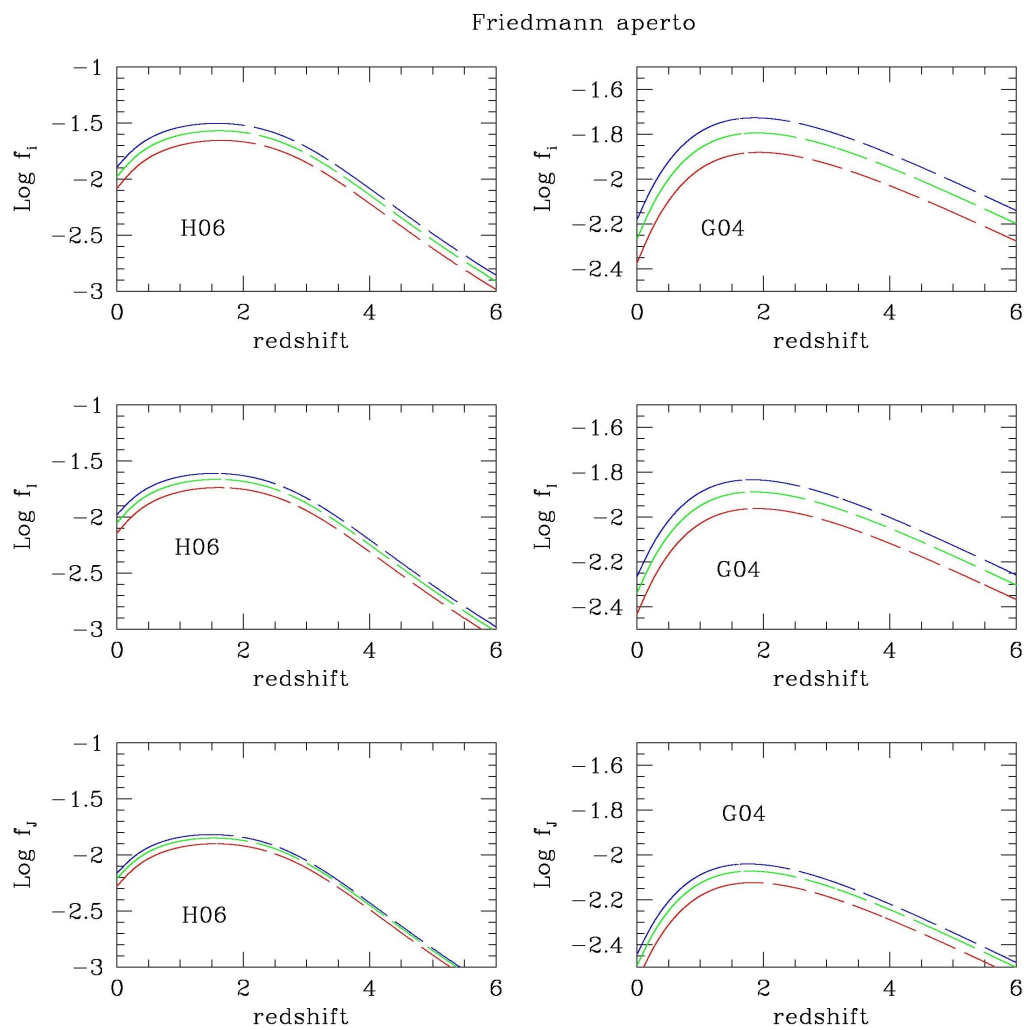


Figura A.17: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda i in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda I in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda J in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann aperto.

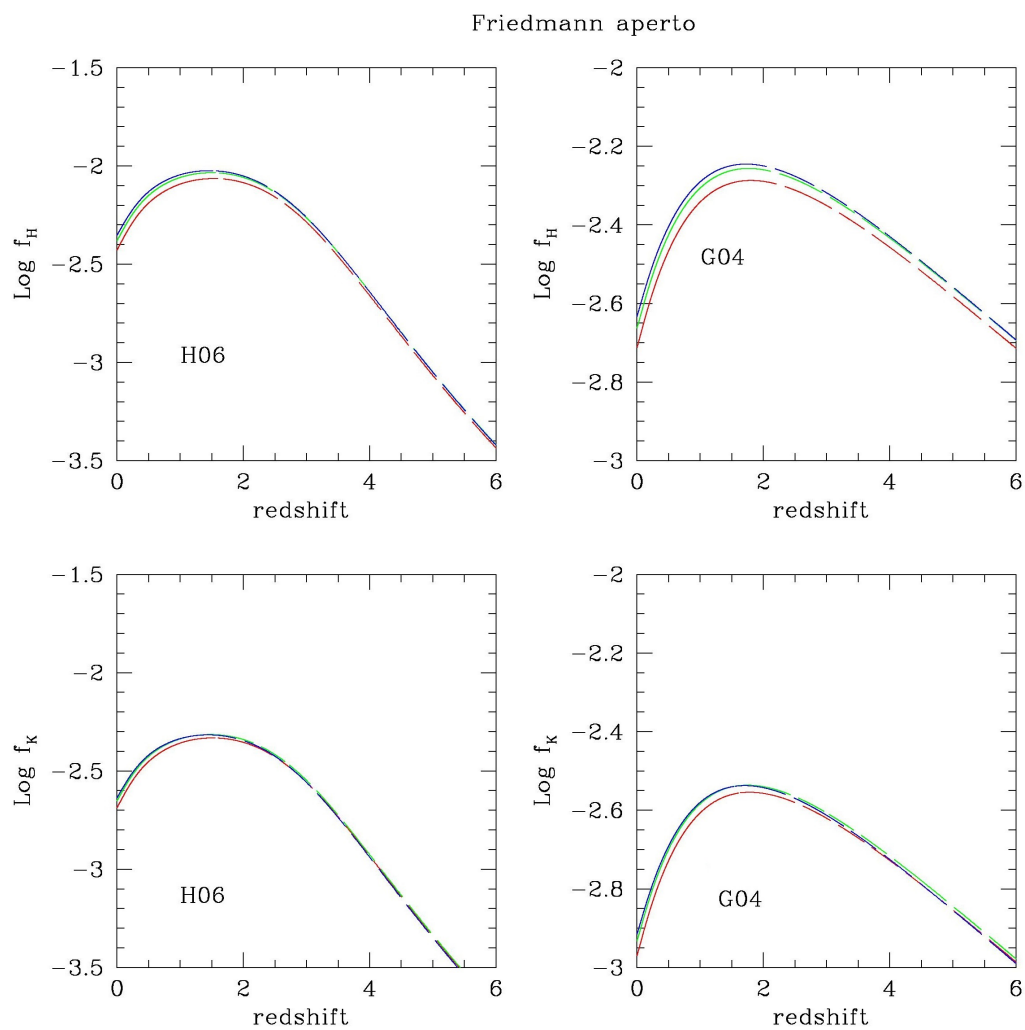


Figura A.18: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda H in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda K in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo di Friedmann aperto.

Le Figure A.19-A.24 mostrano i flussi in banda per il modello di Universo WMAP.

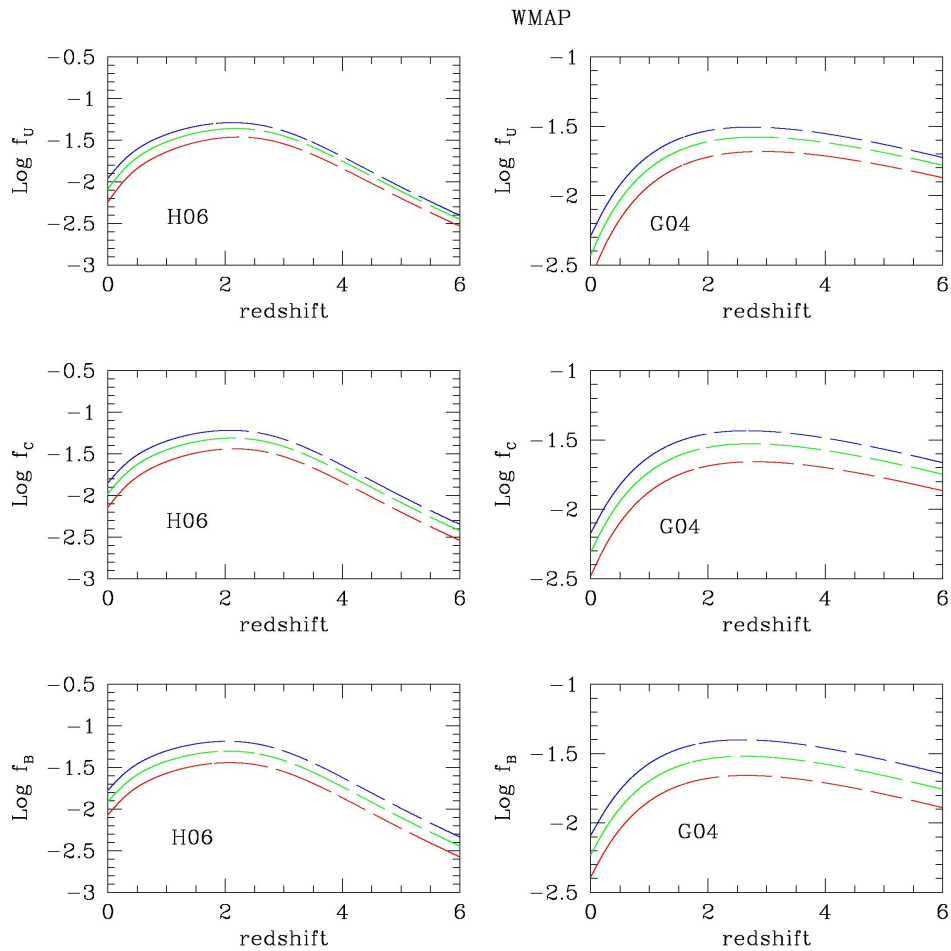


Figura A.19: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda U in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda B in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo WMAP.

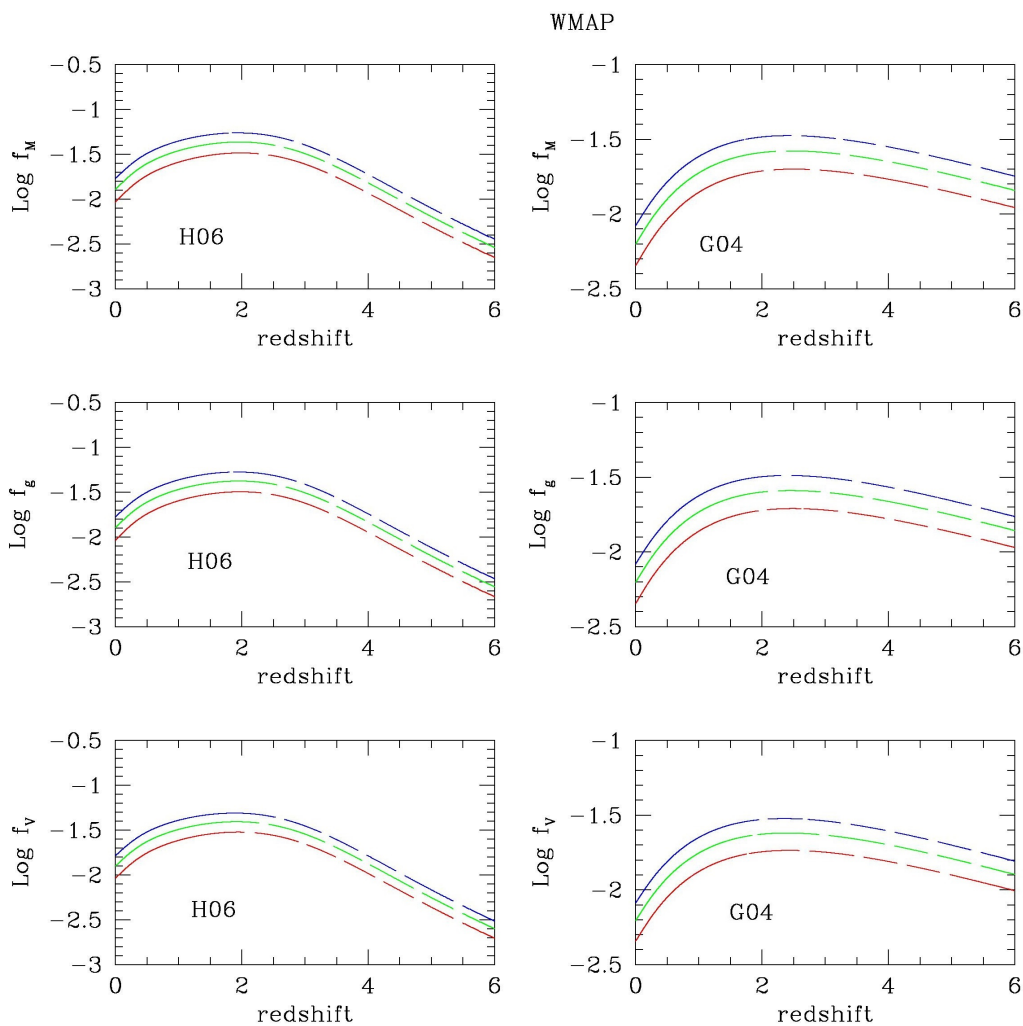


Figura A.20: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda M in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda g in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda V in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo WMAP.

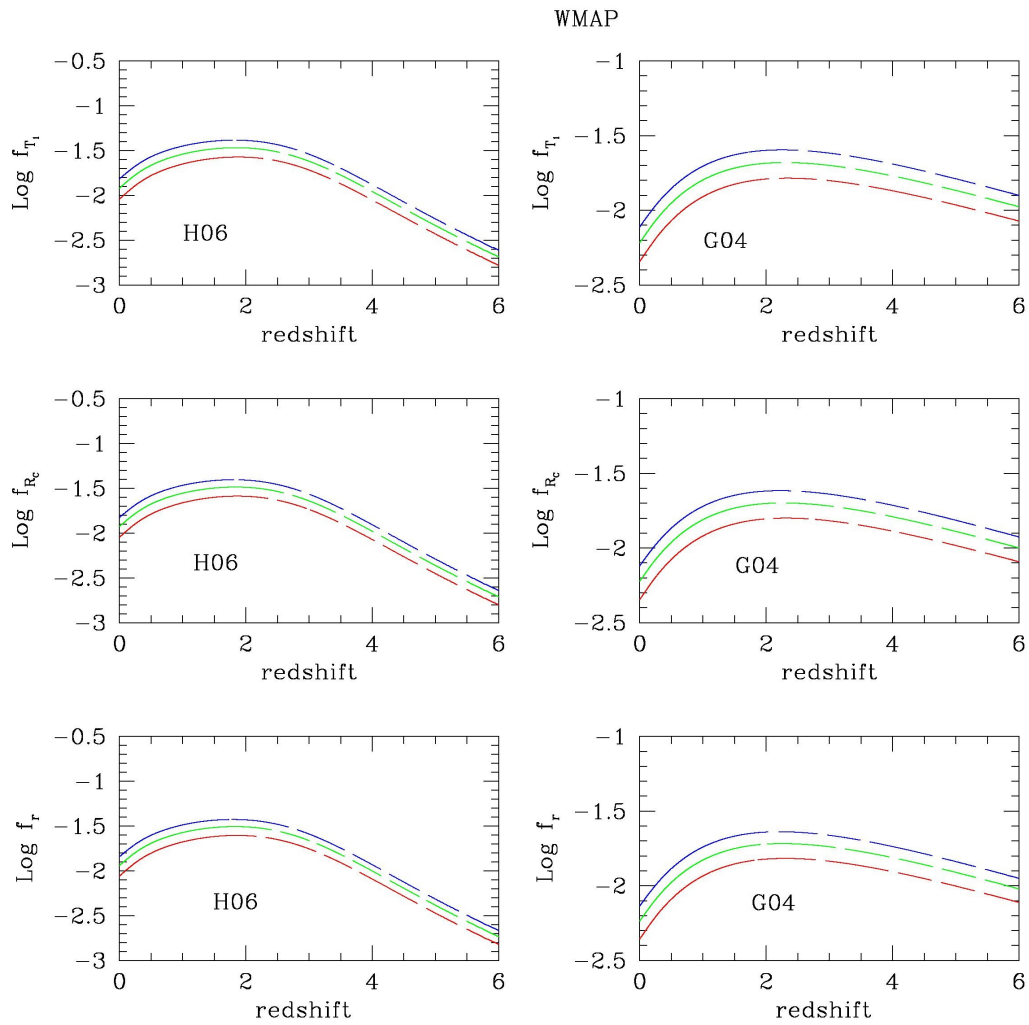


Figura A.21: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda T_1 in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda R_C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda r in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo WMAP.

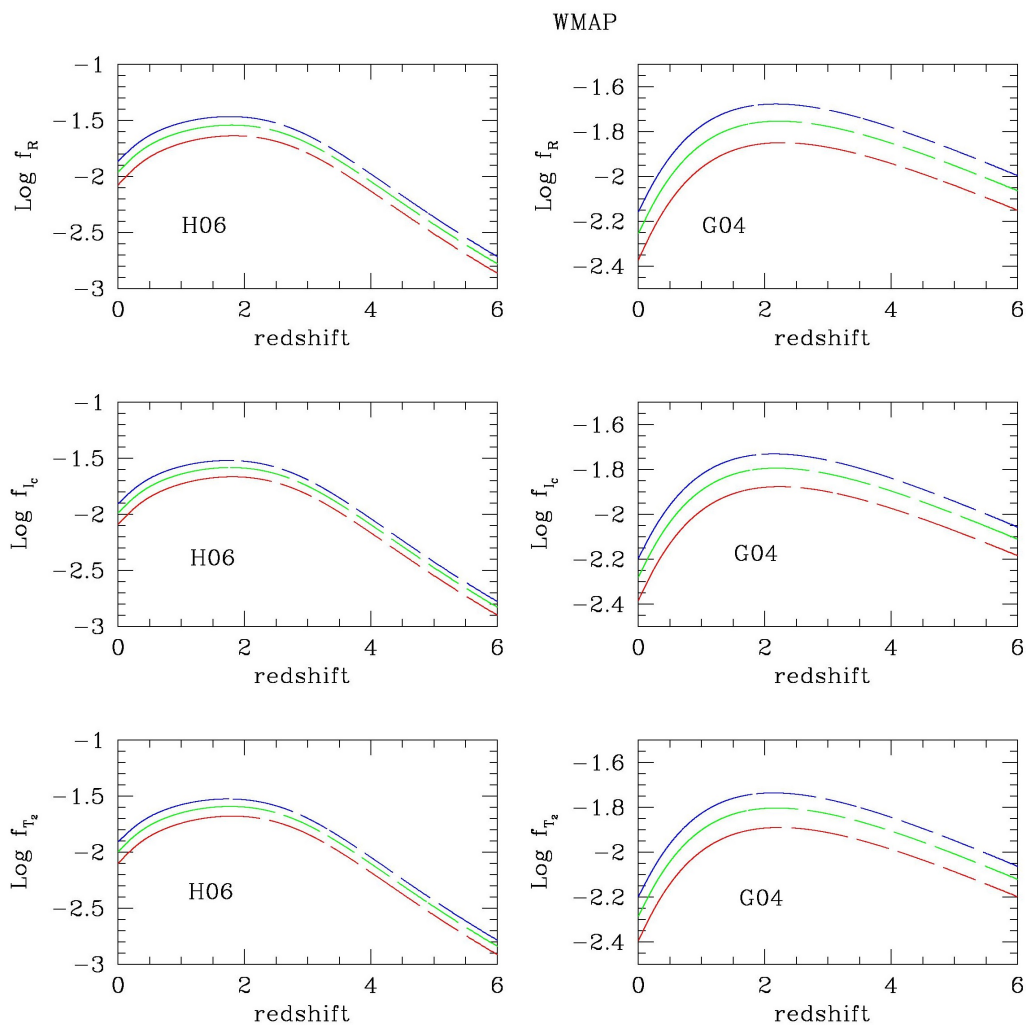


Figura A.22: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda R in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda I_C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda T_2 in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo WMAP.

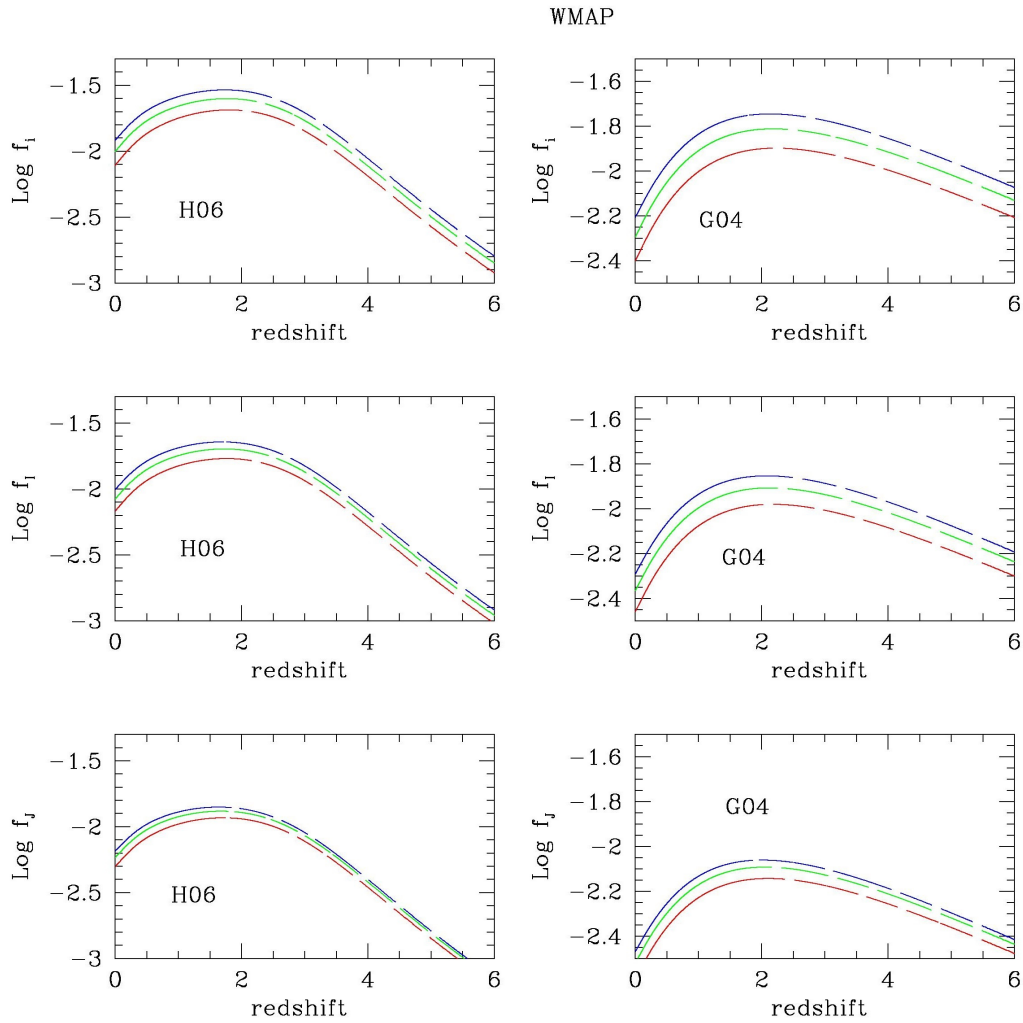


Figura A.23: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda i in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda I in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda J in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo WMAP.

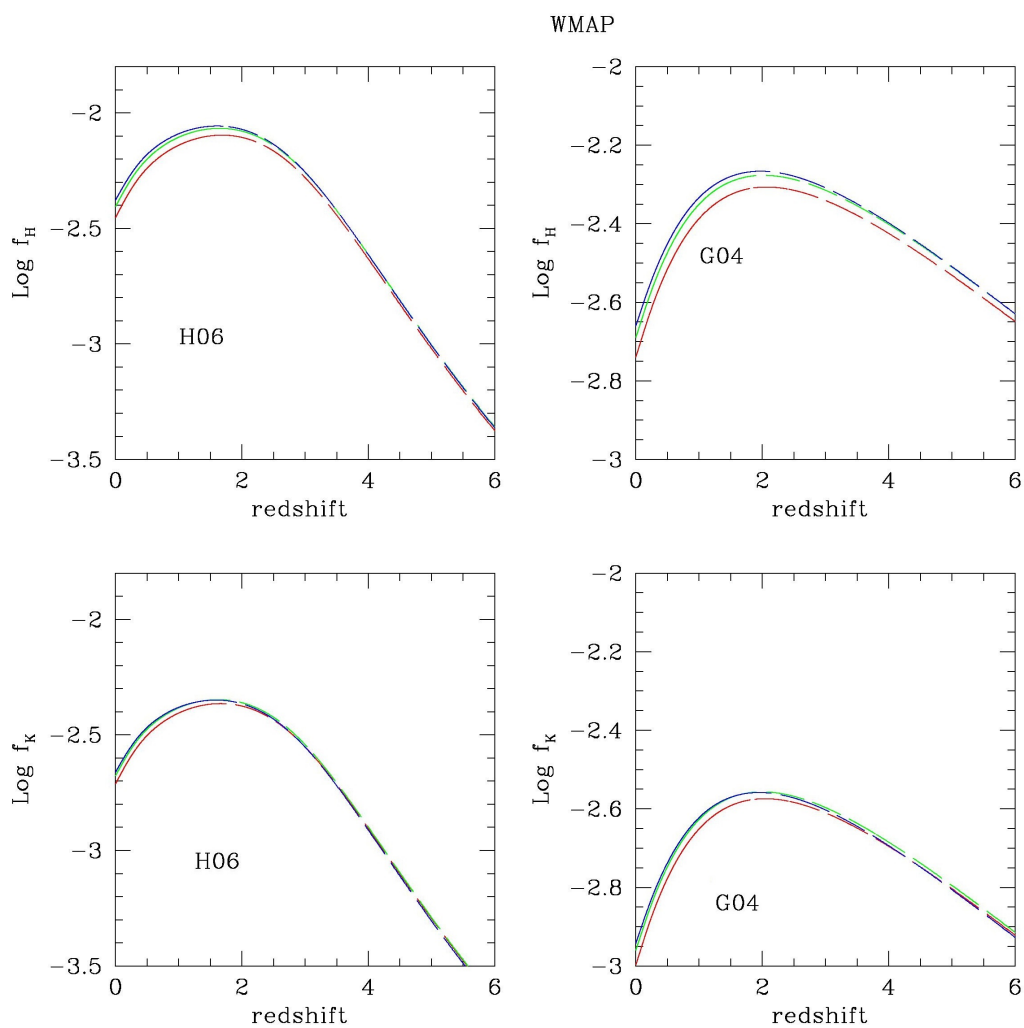


Figura A.24: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda H in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda K in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo WMAP.

Le Figure A.25-A.30 mostrano i flussi in banda per il modello di Universo dello Stato Stazionario.

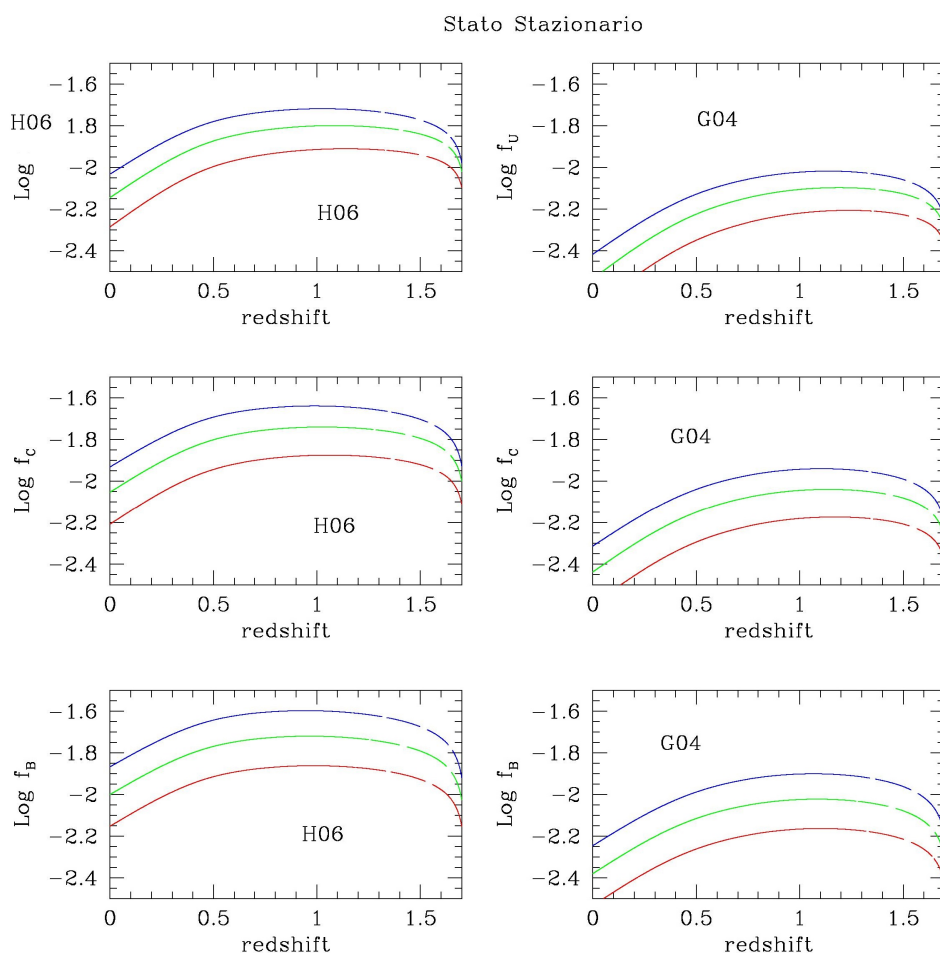


Figura A.25: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda U in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda B in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo Stato Stazionario.

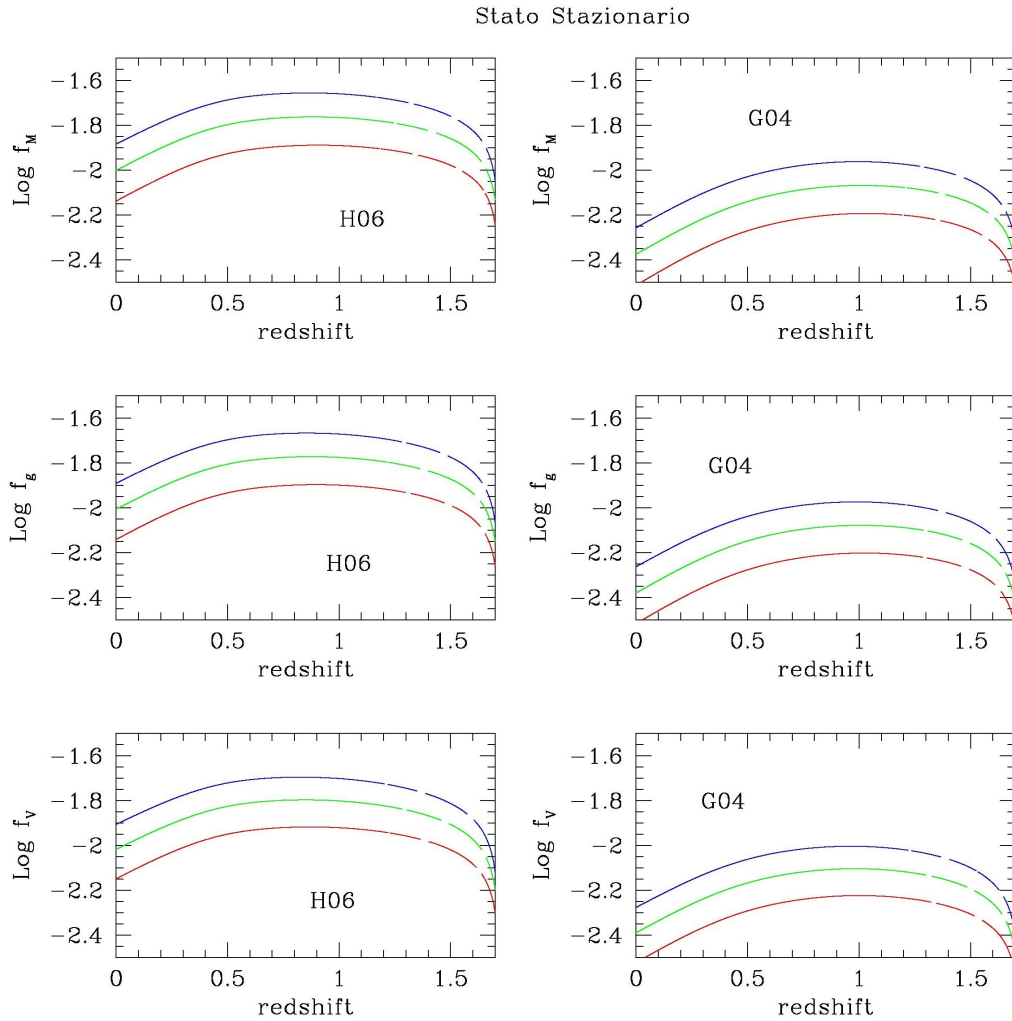


Figura A.26: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda M in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda g in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda V in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo Stato Stazionario.

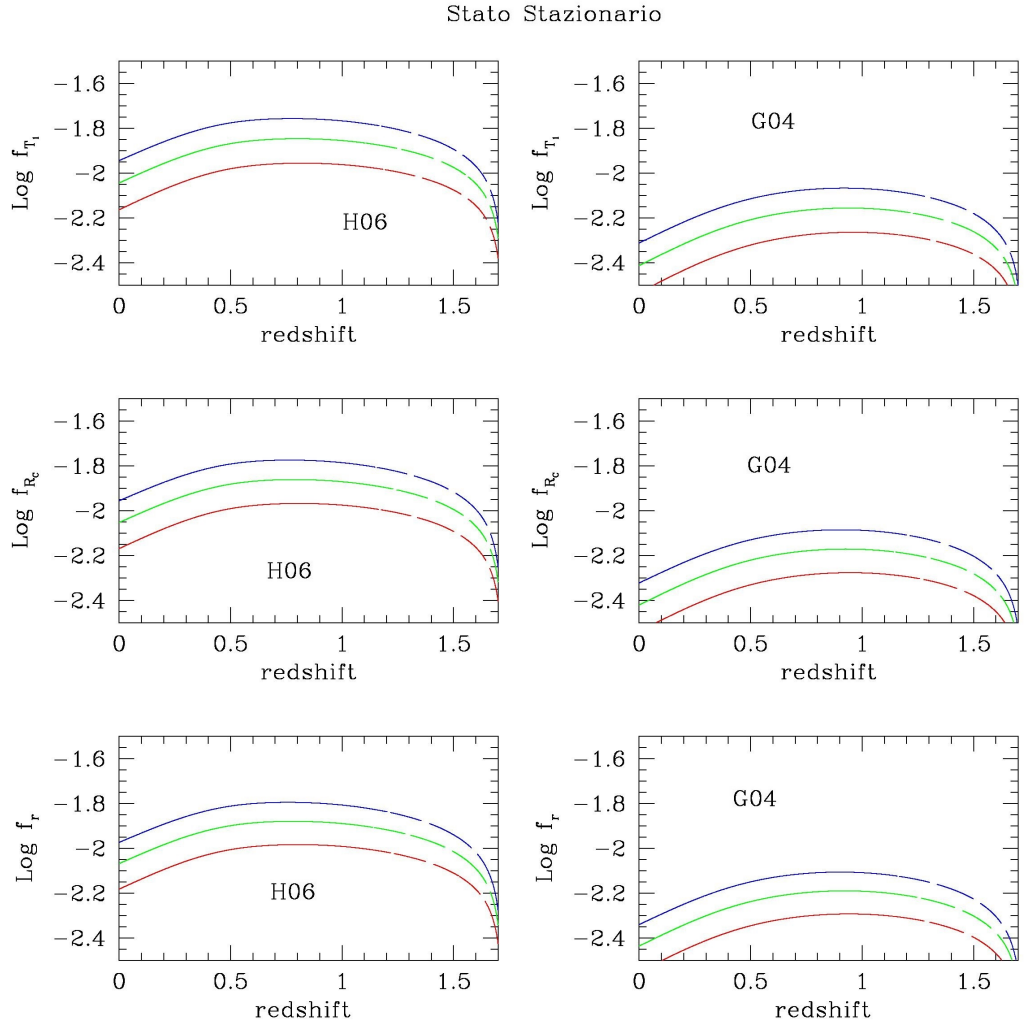


Figura A.27: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda T_1 in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda R_C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda r in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo Stato Stazionario.

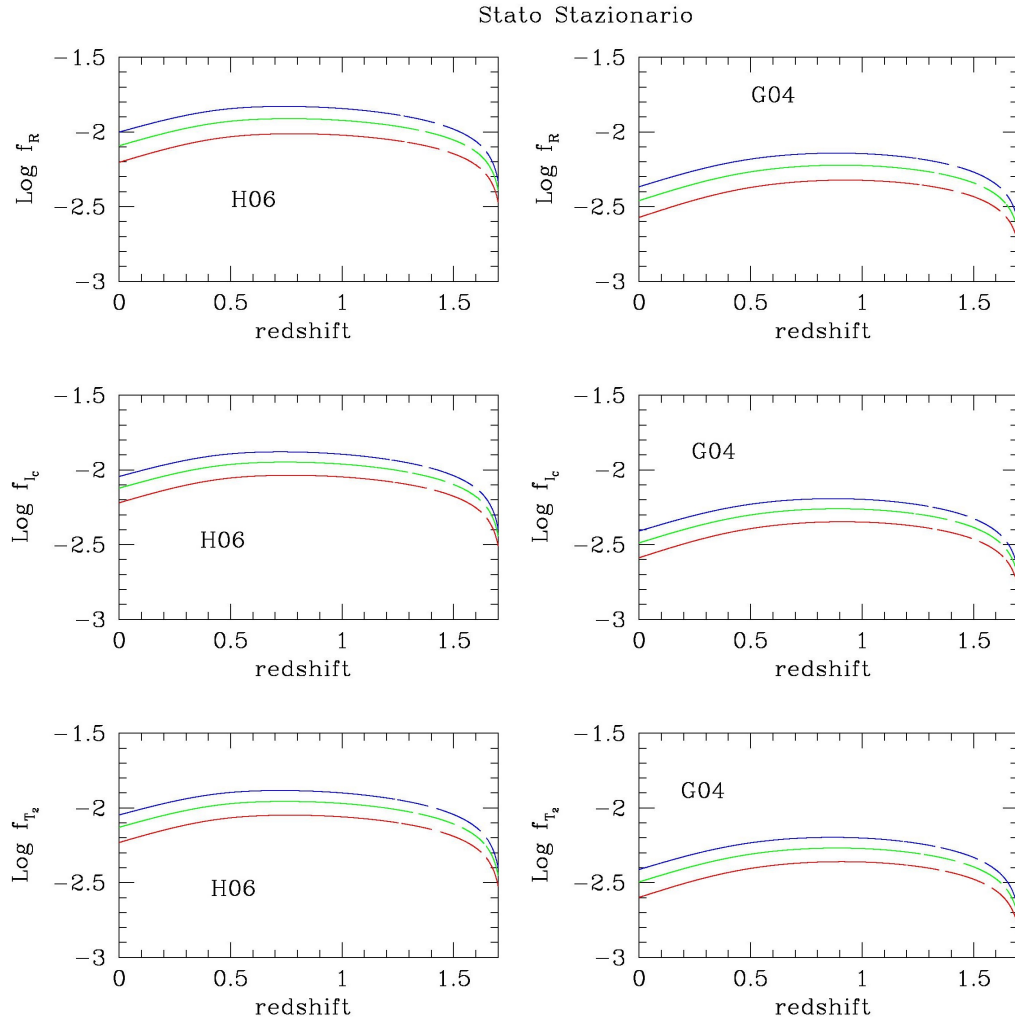


Figura A.28: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda R in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda I_C in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda T_2 in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo Stato Stazionario.

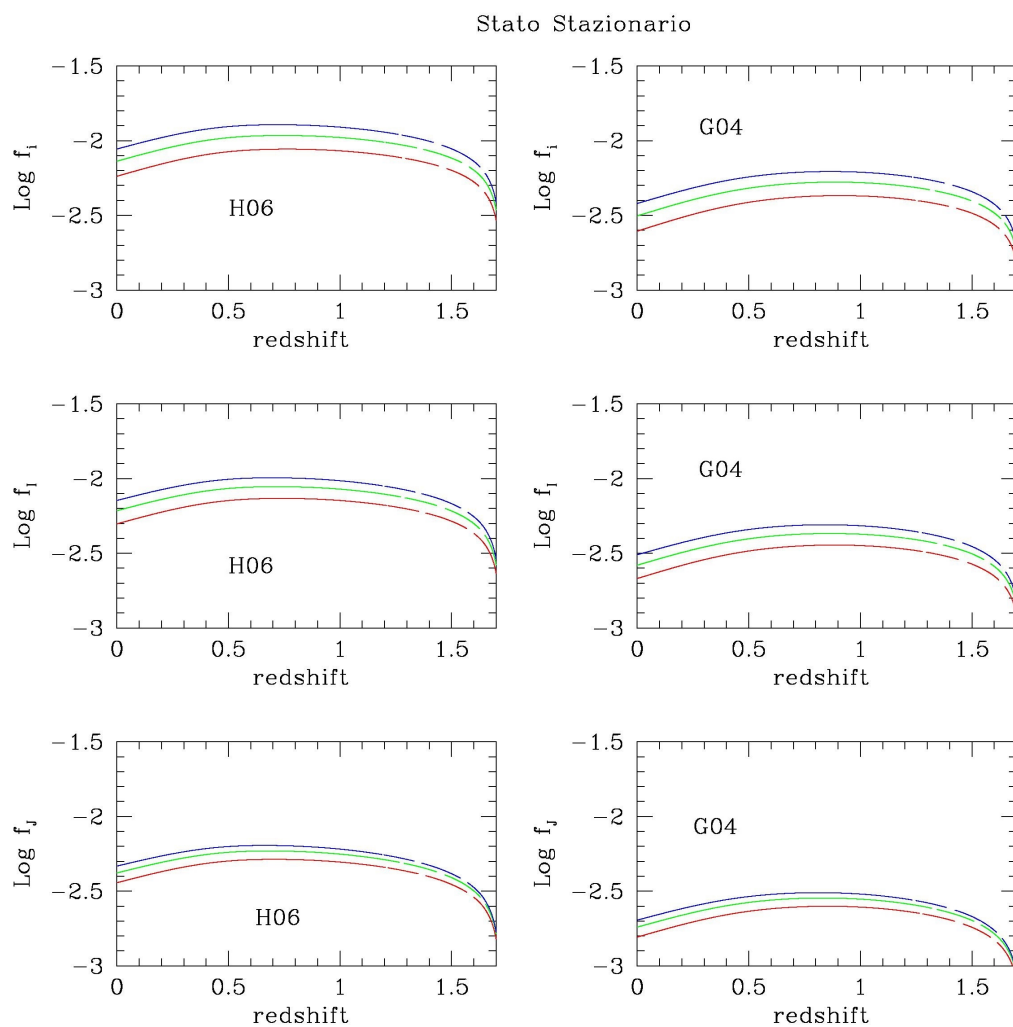


Figura A.29: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda i in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli centrali*: Logaritmo del flusso in banda I in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda J in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo Stato Stazionario.

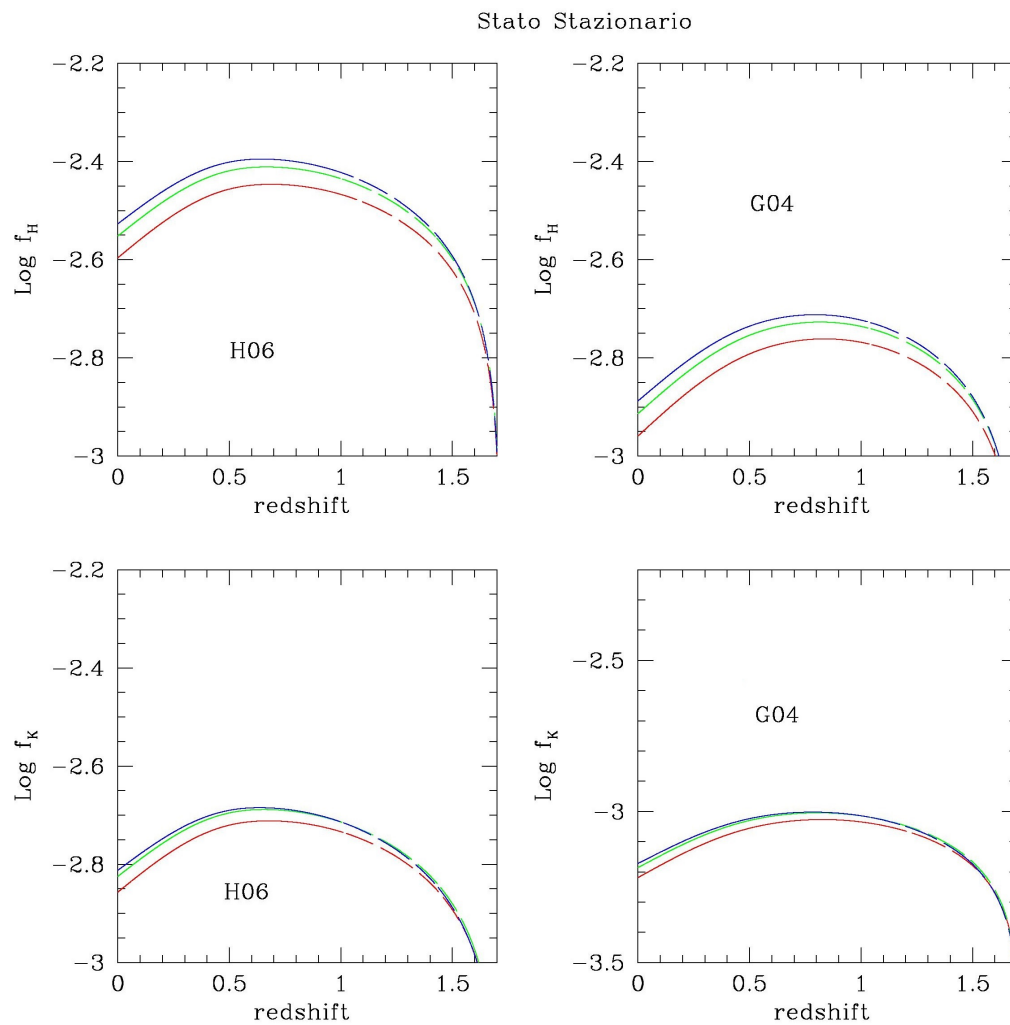


Figura A.30: *Pannelli superiori*: Logaritmo del flusso in banda H in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). *Pannelli inferiori*: Logaritmo del flusso in banda K in funzione del redshift per una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra). Modello di Universo Stato Stazionario.

Presentiamo infine i rapporti massa-luminosità, in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift per le bande fotometriche di Johnson U, B, V, R, I, J, H.

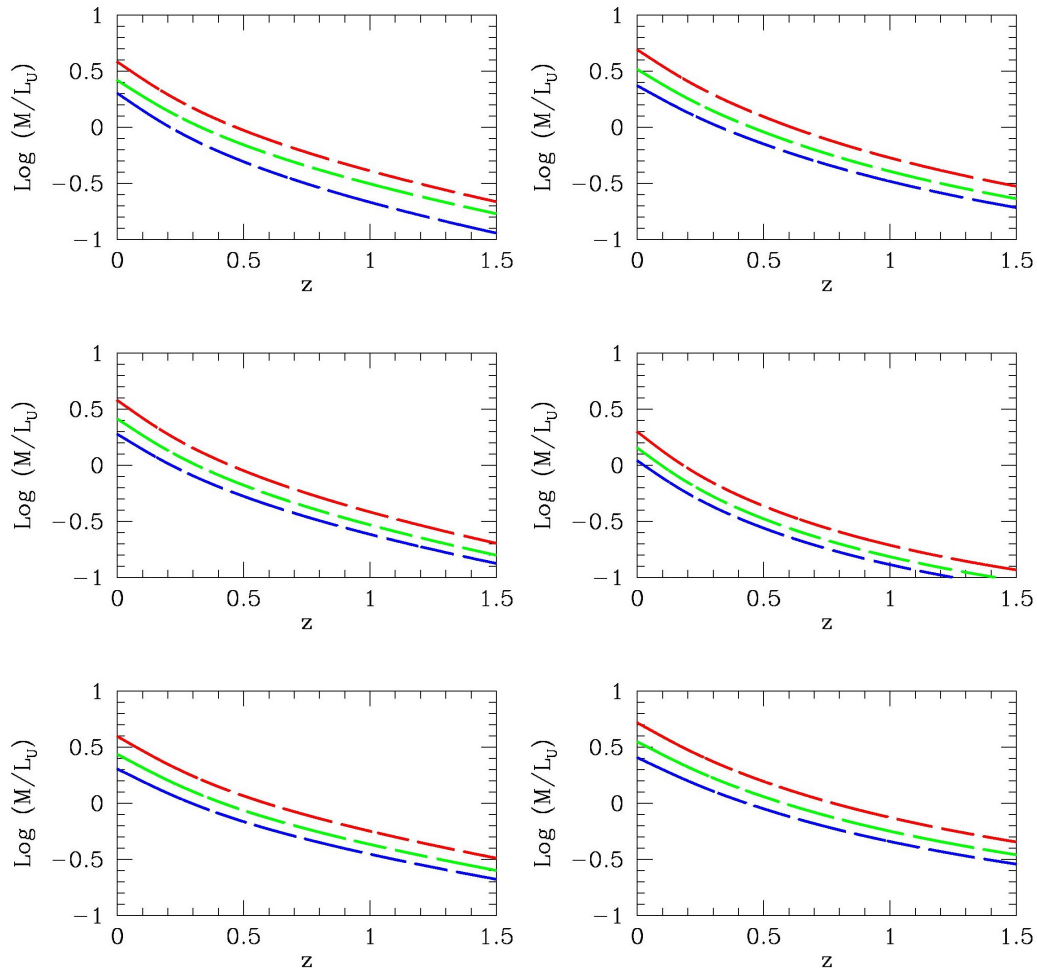


Figura A.31: *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità U , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann piatto. *Pannelli intermedi*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità U , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann chiuso. *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità U , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann aperto.

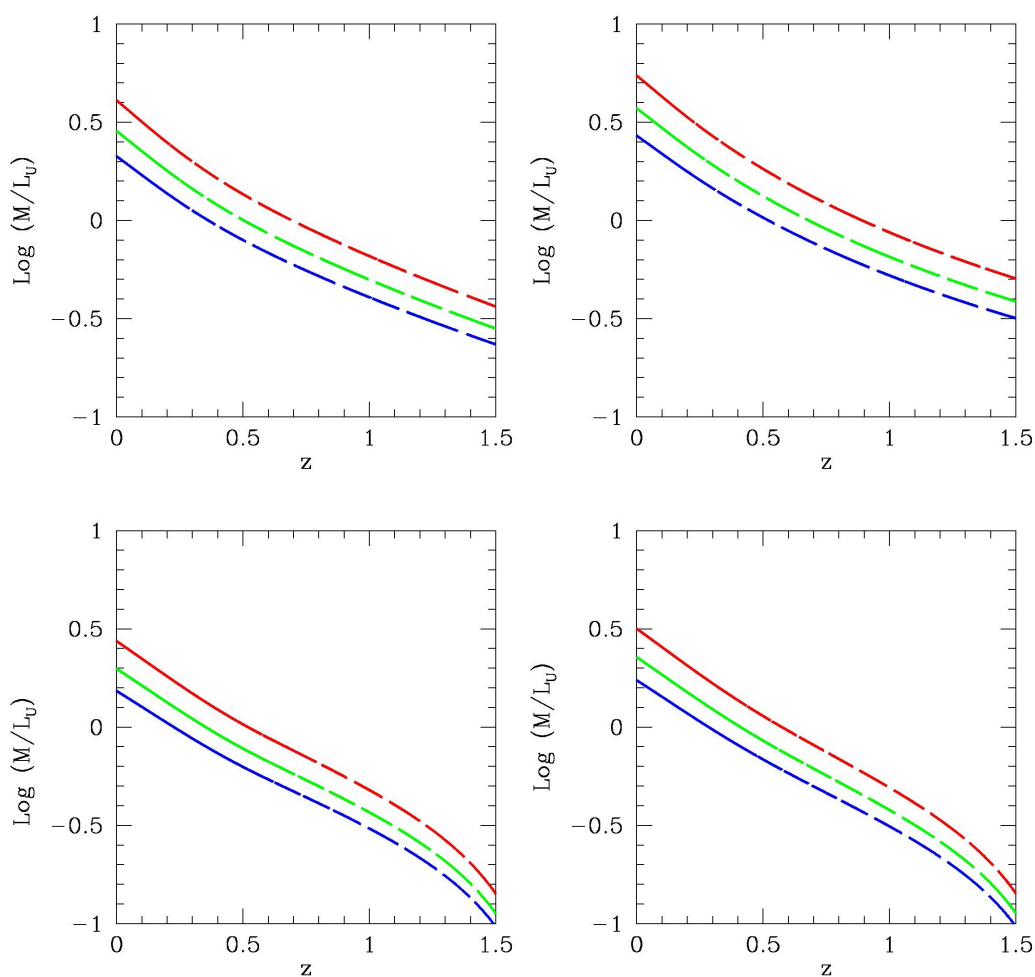


Figura A.32: *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità U , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo WMAP. *Pannelli inferiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità U , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo Stato Stazionario.

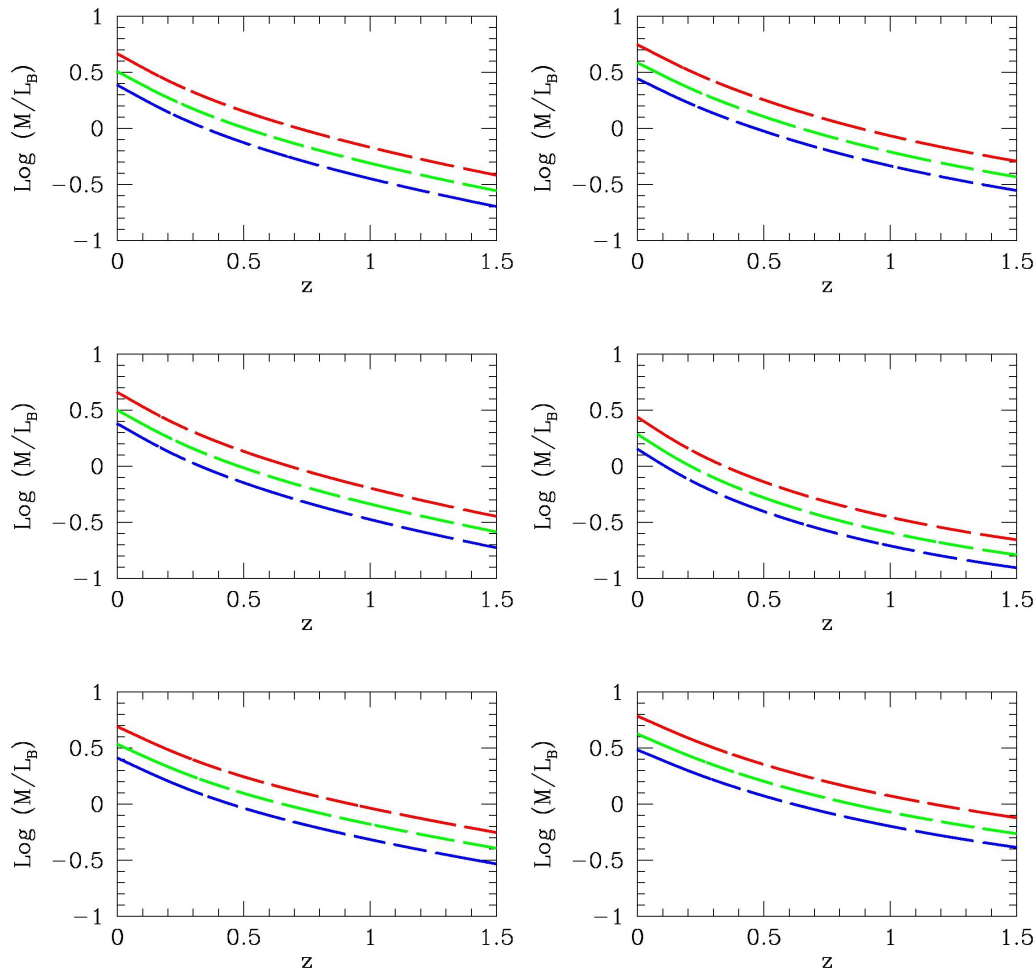


Figura A.33: *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità B, in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann piatto. *Pannelli intermedi*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità B, in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann chiuso. *Pannelli inferiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità B, in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann aperto.

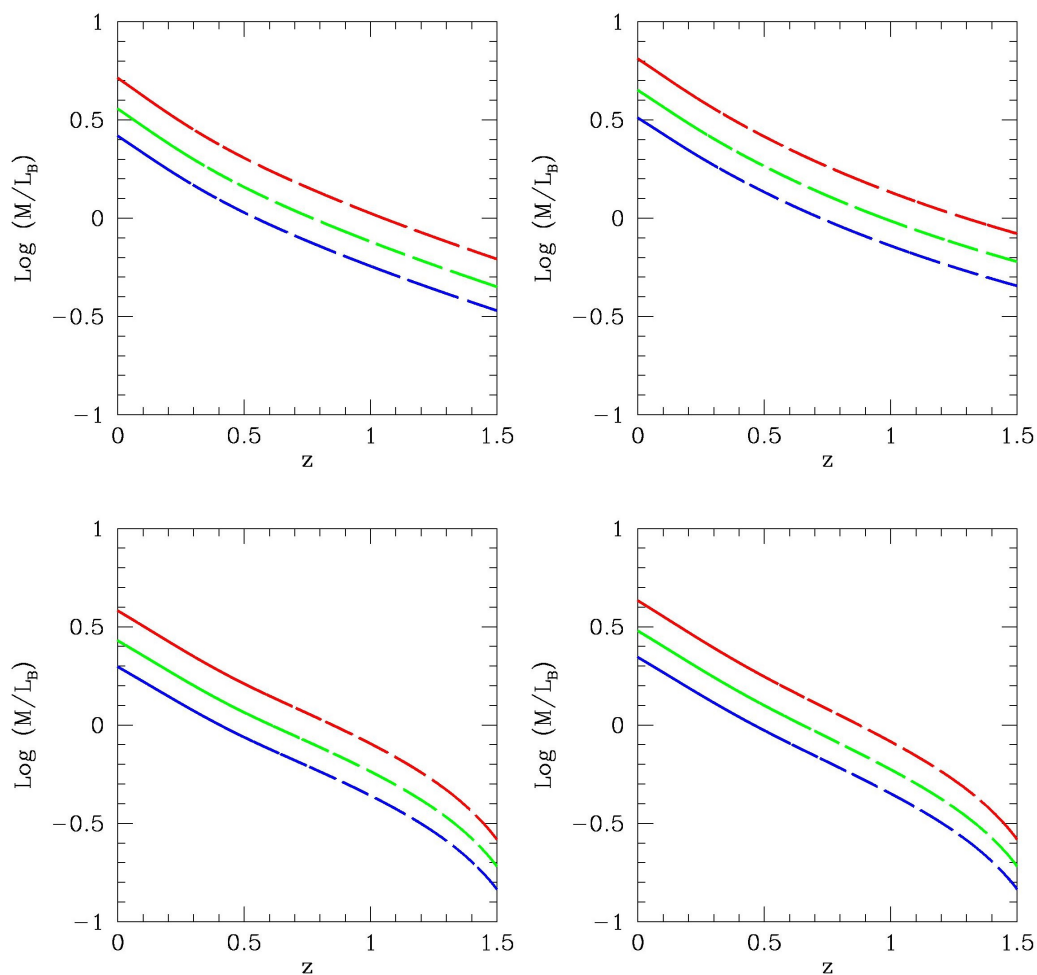


Figura A.34: *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità B, in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo WMAP. *Pannelli inferiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità B, in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo Stato Stazionario.

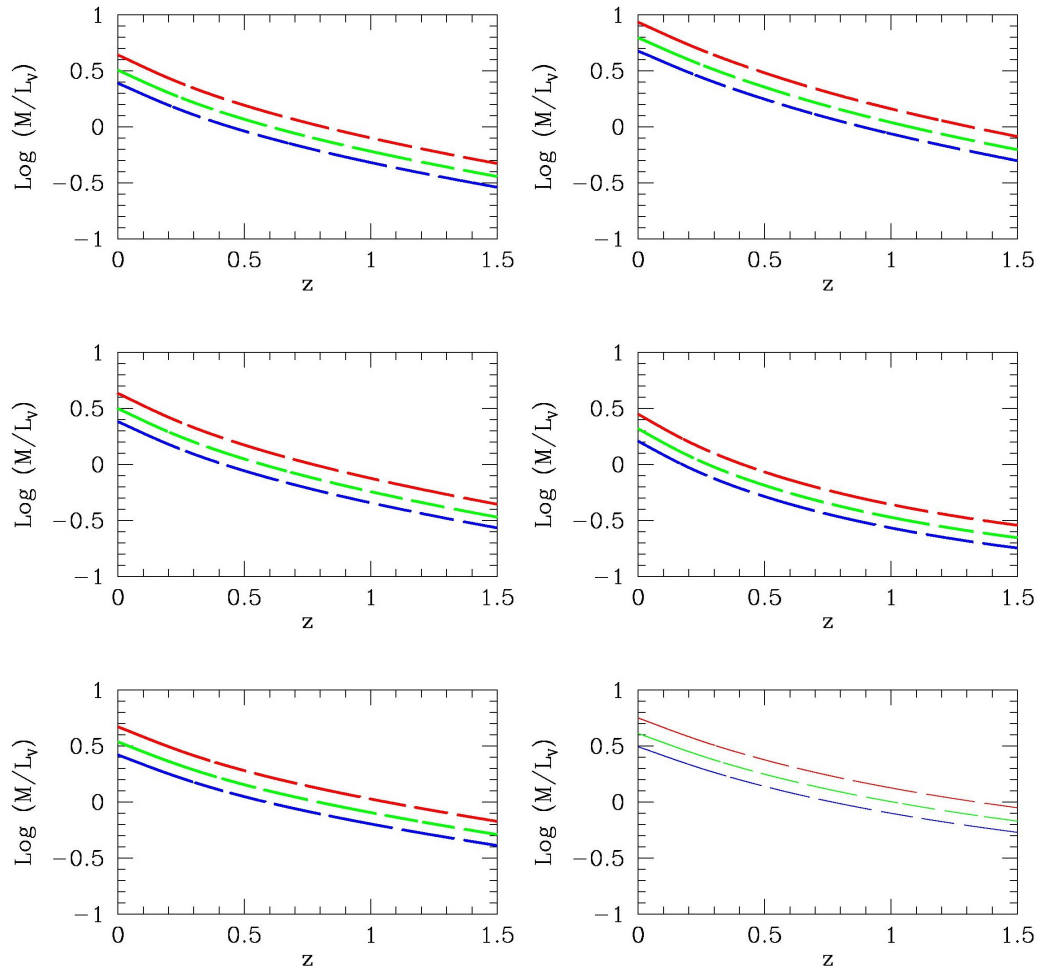


Figura A.35: *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità V , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una $\text{SFR}(t)$ di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann piatto. *Pannelli intermedi*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità V , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una $\text{SFR}(t)$ di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann chiuso. *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità V , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una $\text{SFR}(t)$ di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann aperto.

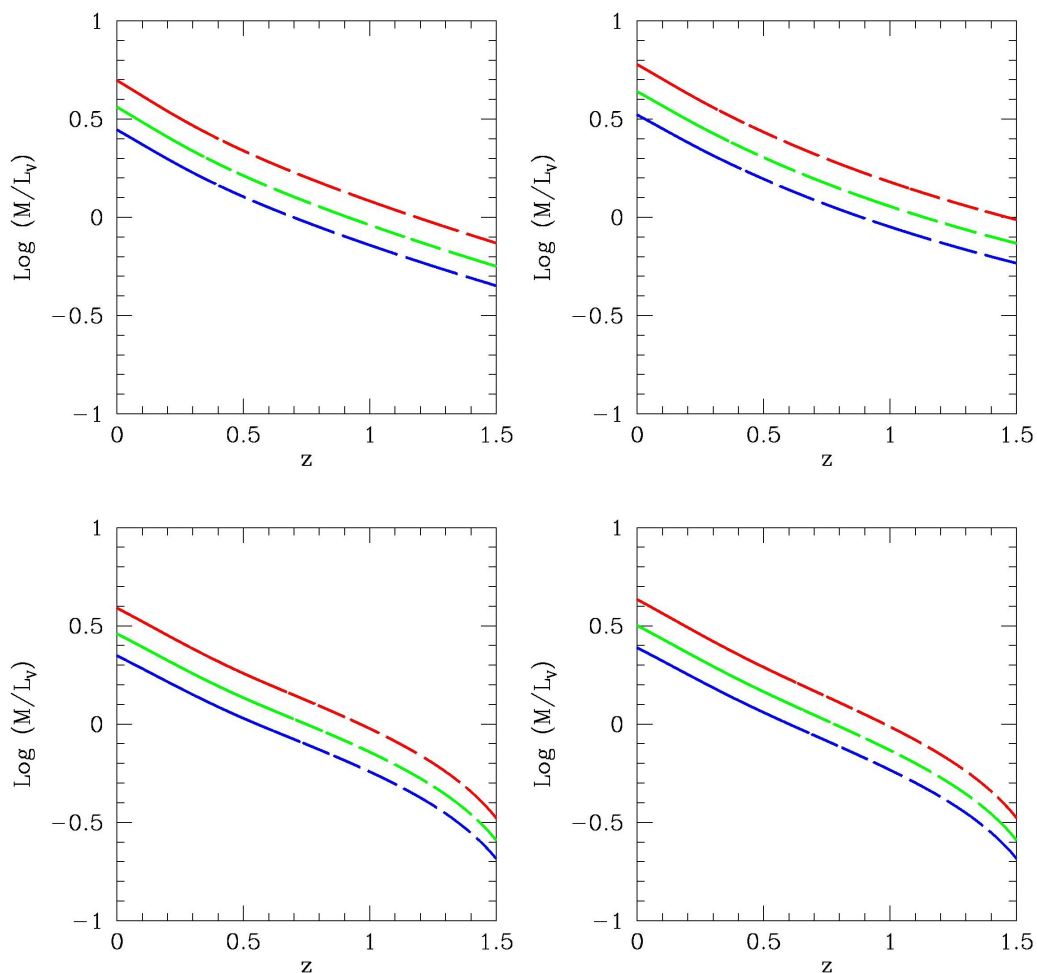


Figura A.36: *Pannelli superiori:* Logaritmo del rapporto massa-luminosità V, in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo WMAP. *Pannelli inferiori:* Logaritmo del rapporto massa-luminosità V, in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo Stato Stazionario.

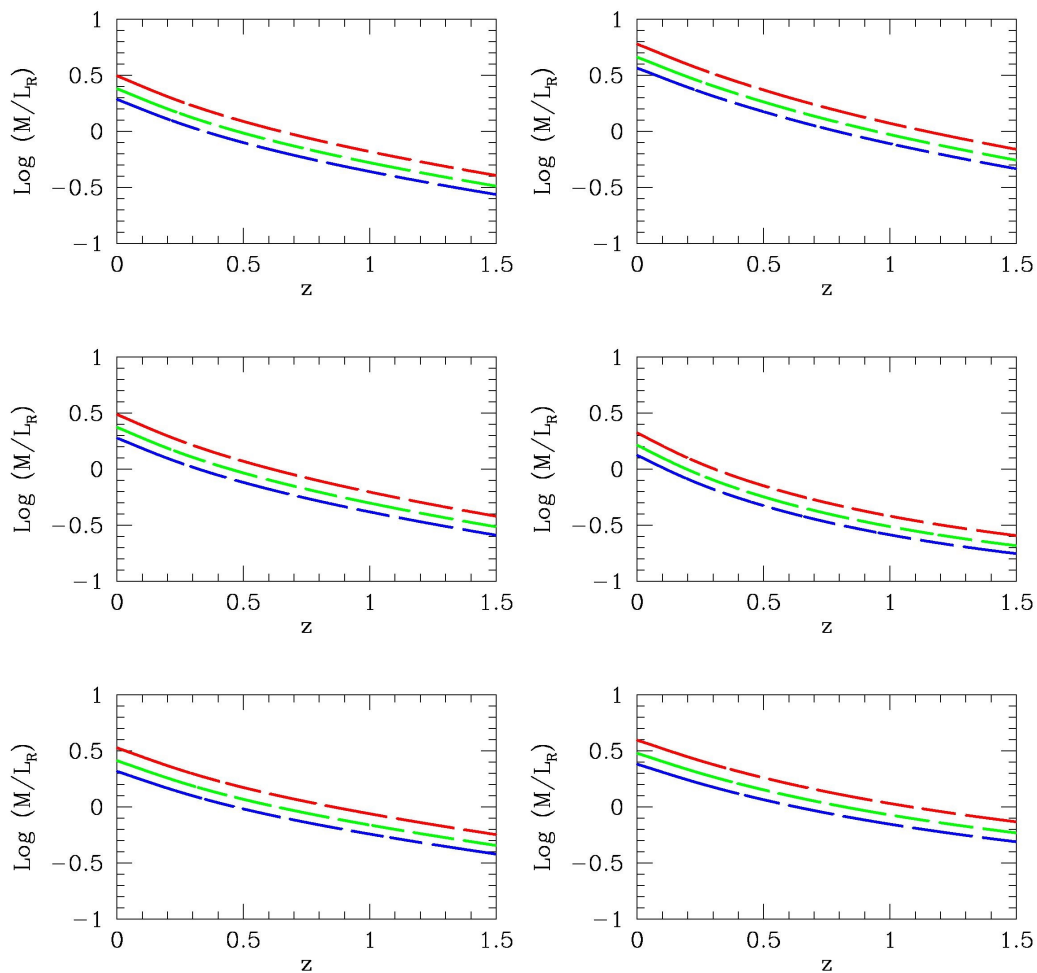


Figura A.37: *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità R , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann piatto. *Pannelli intermedi*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità R , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann chiuso. *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità R , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann aperto.

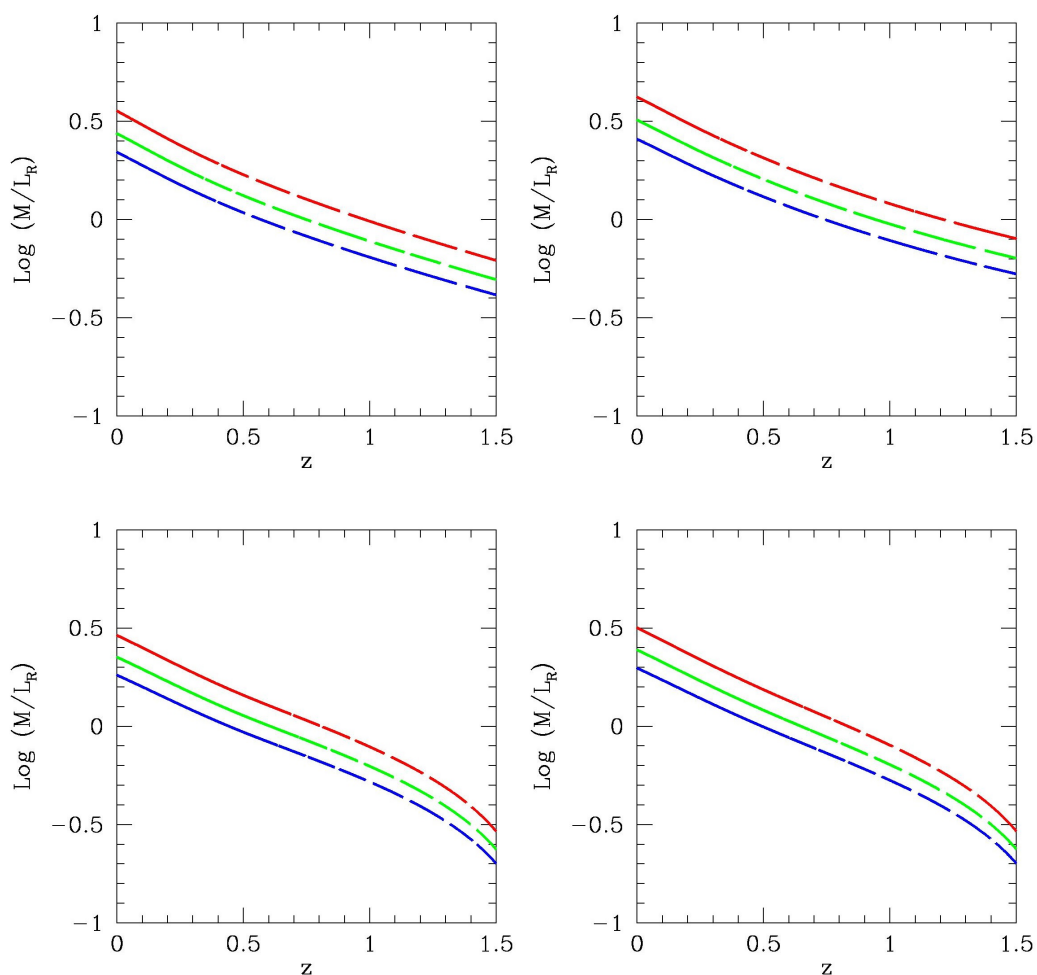


Figura A.38: *Pannelli superiori:* Logaritmo del rapporto massa-luminosità R , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo WMAP. *Pannelli inferiori:* Logaritmo del rapporto massa-luminosità R , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo Stato Stazionario.

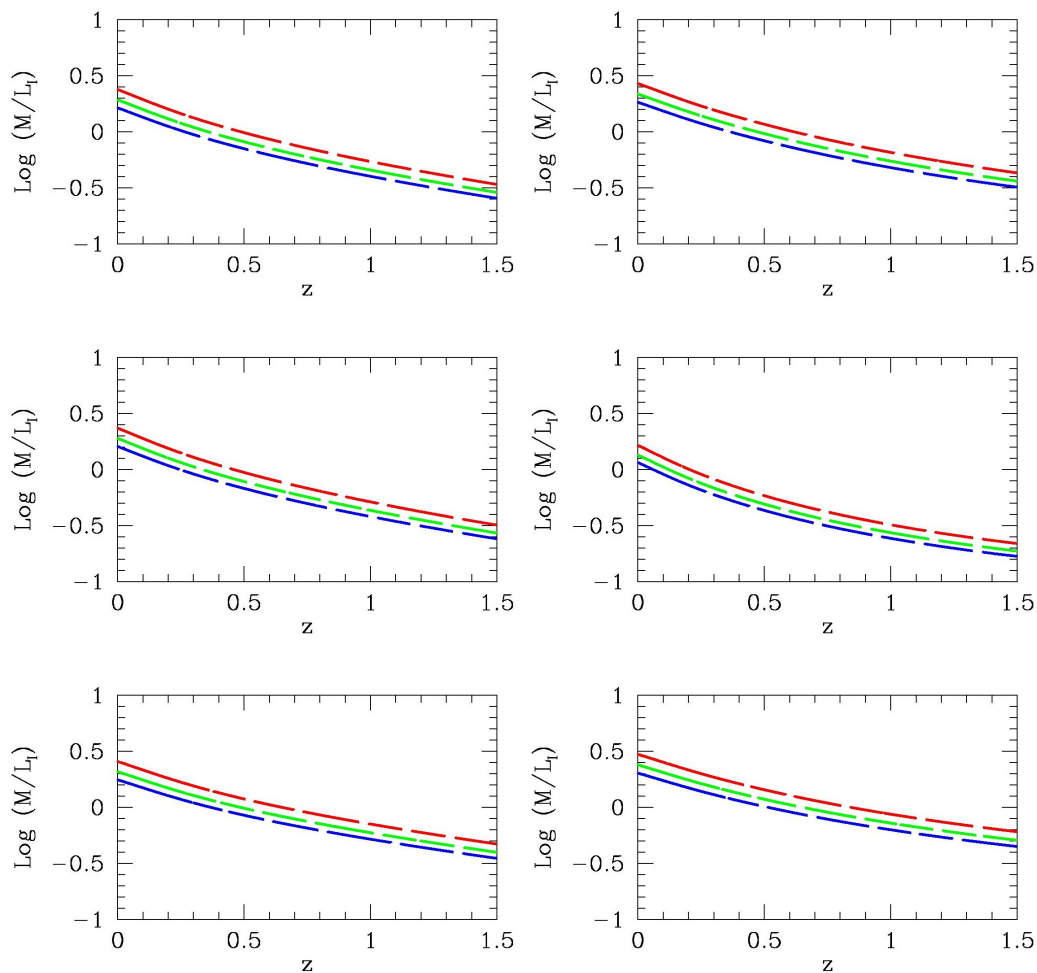


Figura A.39: *Pannelli superiori:* Logaritmo del rapporto massa-luminosità I , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann piatto. *Pannelli intermedi:* Logaritmo del rapporto massa-luminosità I , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann chiuso. *Pannelli superiori:* Logaritmo del rapporto massa-luminosità I , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann aperto.

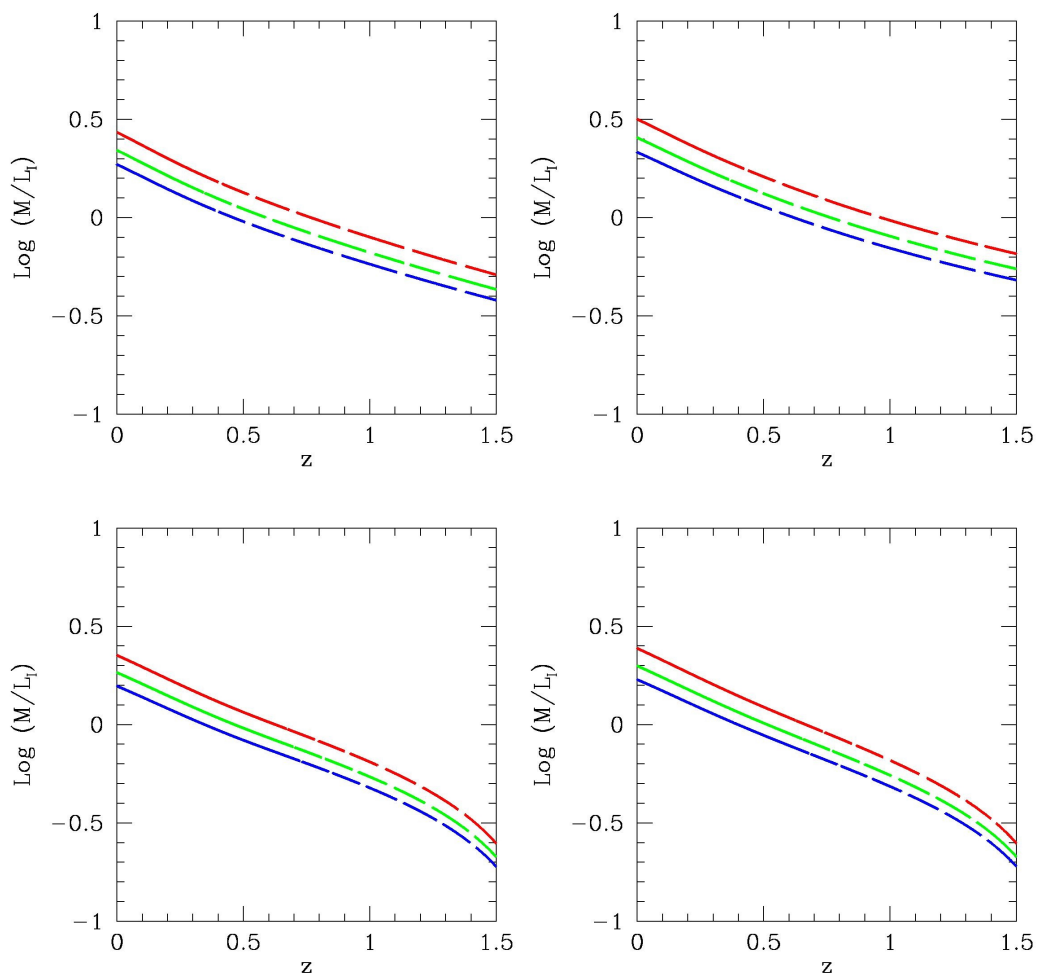


Figura A.40: *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità I, in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo WMAP. *Pannelli inferiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità I, in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo Stato Stazionario.

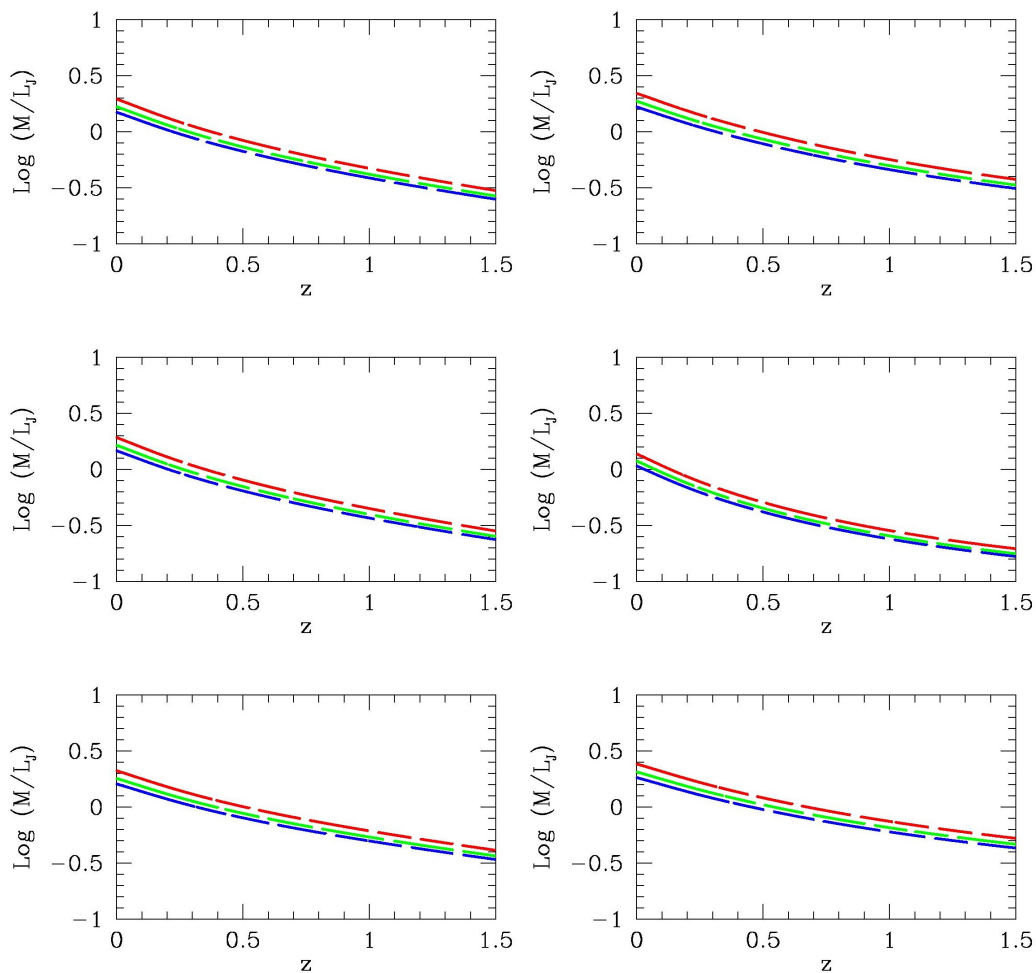


Figura A.41: *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità J , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann piatto. *Pannelli intermedi*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità J , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann chiuso. *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità J , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann aperto.

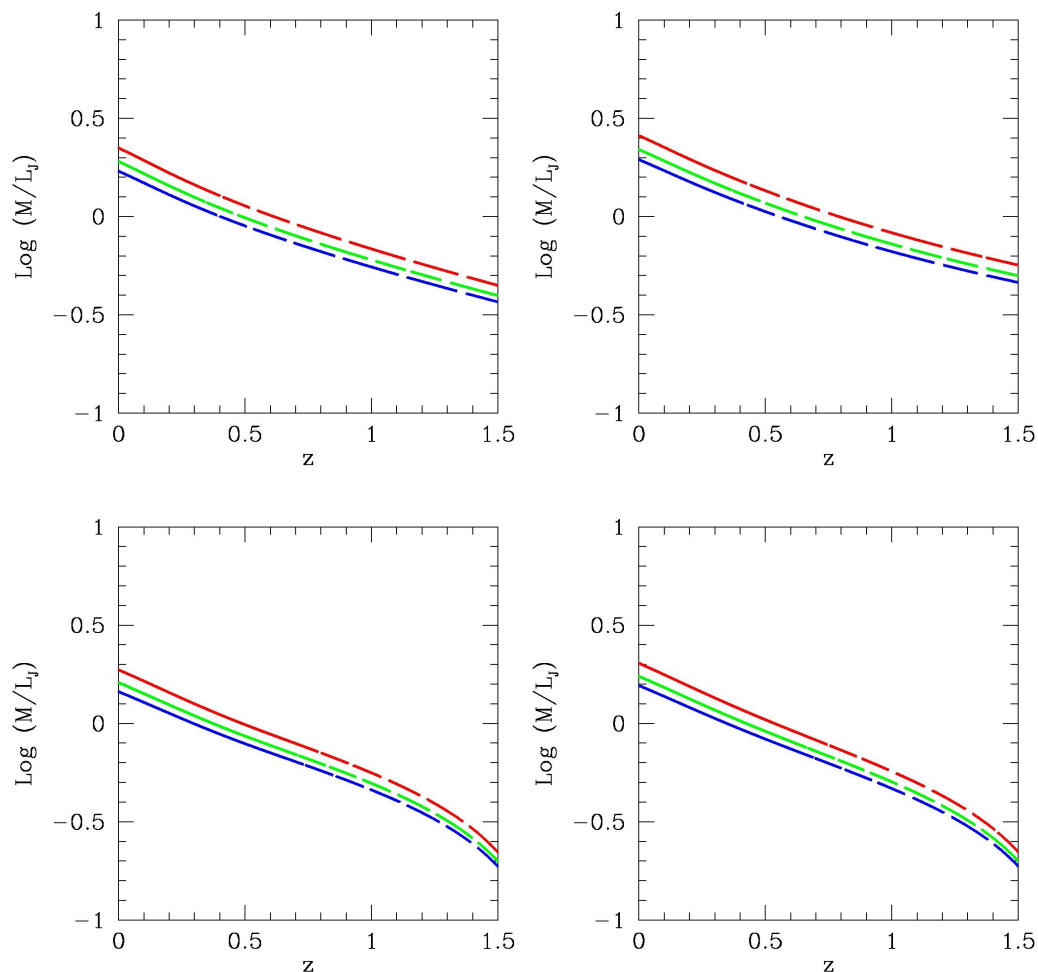


Figura A.42: *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità J , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo WMAP. *Pannelli inferiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità J , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo Stato Stazionario.

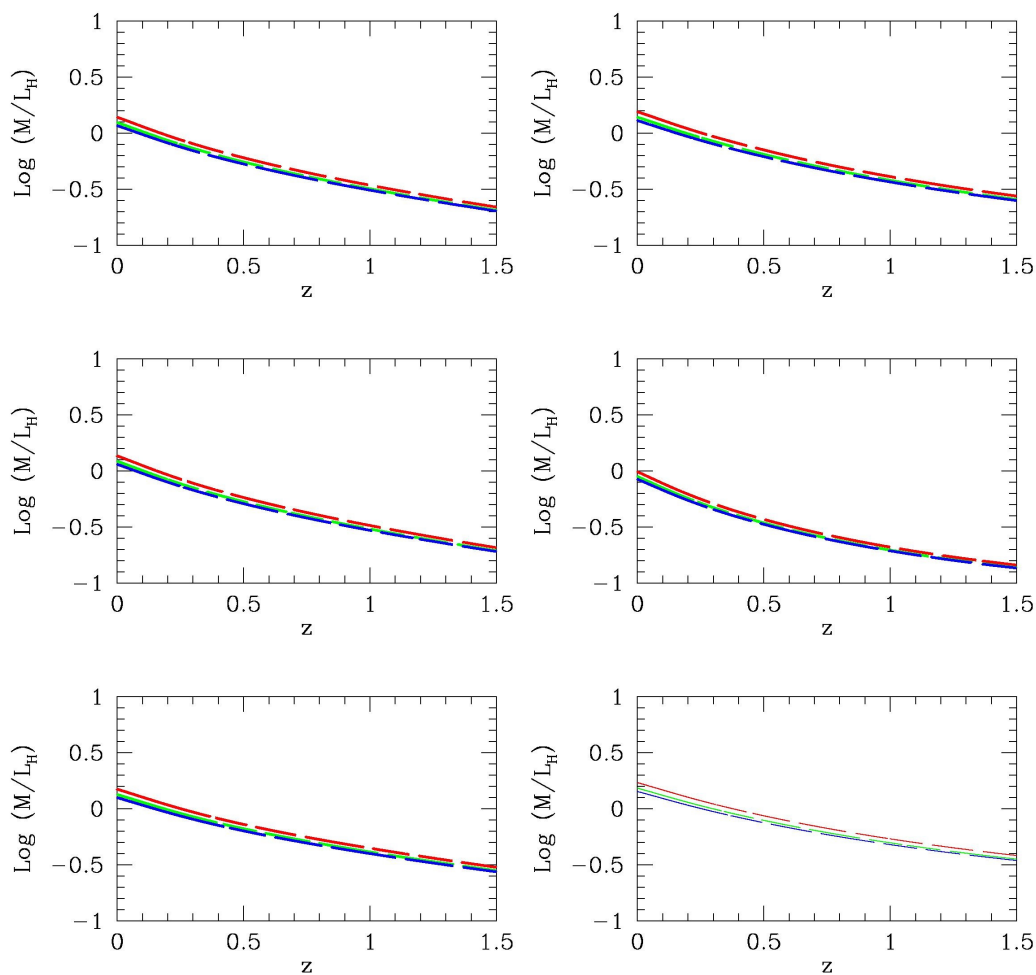


Figura A.43: *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità H, in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann piatto. *Pannelli intermedi*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità H, in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann chiuso. *Pannelli inferiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità H, in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo di Friedmann aperto.

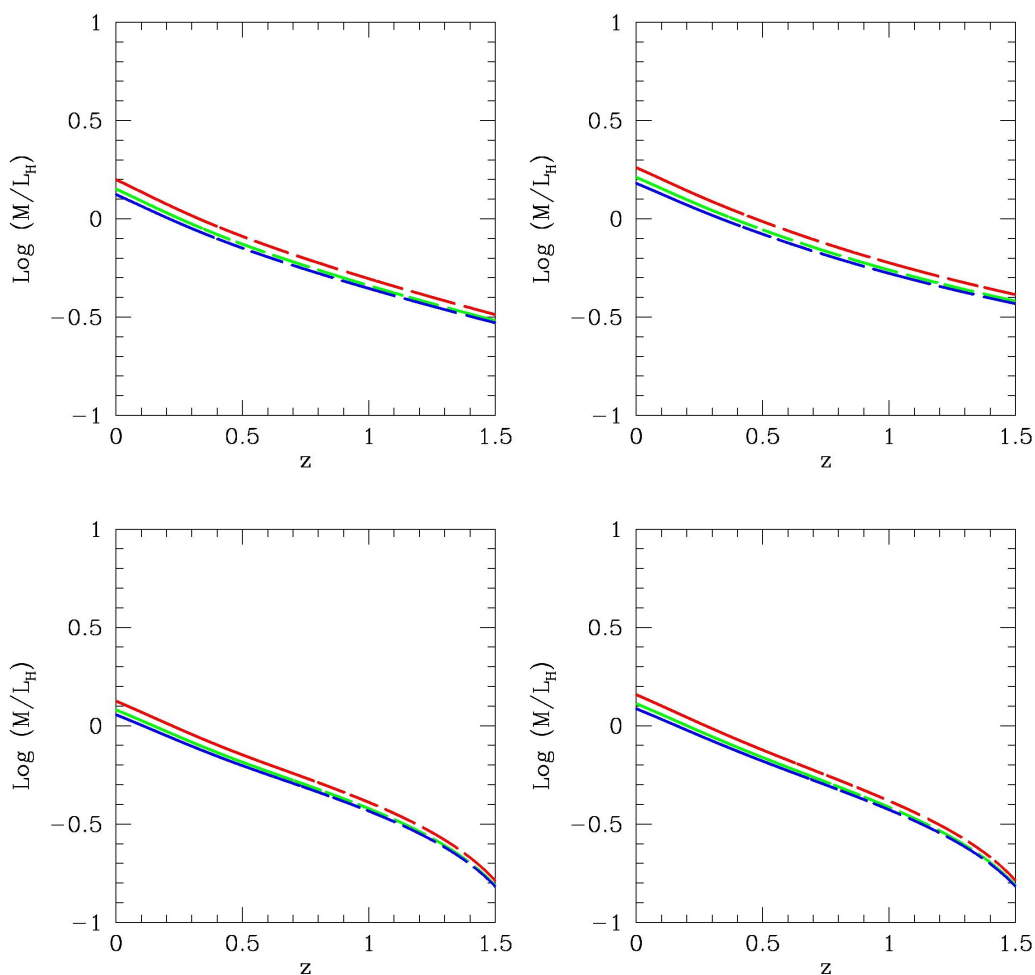


Figura A.44: *Pannelli superiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità J , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo WMAP. *Pannelli inferiori*: Logaritmo del rapporto massa-luminosità J , in unità di M_{\odot}/L_{\odot} , in funzione del redshift, supponendo una SFR(t) di H06 (sinistra) e di G04 (destra) e un modello di Universo Stato Stazionario.

Appendice B

Codici utilizzati

Includiamo di seguito alcuni dei codici Fortran 90 utilizzati, ad esempio, per il calcolo dei parametri geometrici caratteristici dei modelli e delle proprietà fotometriche presentate in precedenza.

Il programma *madau.f90* calcola il volume comovente e la distanza di luminosità necessari per ottenere il fattore di conversione della SFR da un modello cosmologico ad un altro.

```
program madau

implicit none
real a, b_1, b_2, Dc, E, s, h, H_0, z
integer nint
integer n, i, j
real, parameter :: pi=3.14, c=3.E3
real f, x, y, M, K, L, Dh
real clo, op
real V, Vc, Vf, Vo
real, dimension(8) :: Dl, dV, corW, Dlw, dVw, lum, lumw
real, dimension(8) :: red = (/0.35, 0.60, 0.75, 0.85, 1.25, 1.75, 2.75, 4./)
!real, dimension(40) :: dV, Dl !dV in Mpc3 e Dl (e altre distanze) in Mpc

!write (*,*) 'scegli la costante di Hubble'
!read (*,*) H_0
H_0 = 0.5
Dh = c/H_0

!write (*,*) 'scegli la densità di materia'
!read (*,*) M
M = 1.0
```

```

!write (*,*) 'scegli la densitÃ di lambda'
!read (*,*) L
L = 0.0

K = 1.- L - M

!do i=1,40
! red(i)= (i)*0.25
!end do

a = 0.0

do j = 1,8
!b_1 = 0.01
b_1 = red(j)
z = b_1

n = 1000
if ((n/2)*2.ne.n) n=n+1

s = 0.0
h = (b_1-a)/dfloat(n)
do i=2, n-2, 2
x = a + dfloat(i)*h
s = s + 2.*f(x, M, K, L) + 4.*f(x+h, M, K, L)
end do

Dc = (s * f(a, M, K, L) + f(b_1, M, K, L) + 4.*f(a+h, M, K, L))*h/3.
! write (*,*) Dc*Dh

if (K == 0.) then
Dc = Dc
V = Vf(Dc)*(Dh**3)
elseif (K > 0.) then
Dc = op(Dc, M, K, L)
V = Vo(Dc, M, K, L)*(Dh**3)
elseif (K < 0.) then
Dc = clo(Dc, M, K, L)
V = Vc(Dc, M, K, L)*(Dh**3)
endif

```

```

!write (*,*) V

dV = (Dh**3)*(Dc**2)/sqrt(M*((1+z)**3) + K*((1+z)**2) + L)
Dl(j) = Dh*Dc*(1+z)

end do

end program madau

real function f(x, M, K, L)
implicit none
real x, M, K, L
f = 1./sqrt(M*((1+x)**3) + K*((1+x)**2) + L)
return
end function f

real function op(Dc, M, K, L)
implicit none
real Dc, M, K, L
op = (1./sqrt(K))*sinh(Dc*sqrt(K))
return
end function op

real function clo(Dc, M, K, L)
implicit none
real Dc, M, K, L
clo = (1./sqrt(abs(K)))*sin(Dc*sqrt(abs(K)))
return
end function clo

real function Vo(Dc, M, K, L)
implicit none
real, parameter :: pi =3.14
real Dc, M, K, L
Vo = (4.*pi/(2.*K))*(Dc*sqrt(1+K*(Dc**2)) -
(1./sqrt(abs(K)))*asinh(Dc*sqrt(abs(K))))
return
end function Vo

real function Vc(Dc, M, K, L)
implicit none
real, parameter :: pi =3.14

```

```

real Dc, M, K, L
Vc = (4.*pi/(2.*K))*(Dc*sqrt(1+K*(Dc**2)) -
(1./sqrt(abs(K)))*asin(Dc*sqrt(abs(K))))
return
end function Vc

```

```

real function Vf(Dc)
implicit none
real, parameter :: pi =3.14
real Dc
Vf = 4.*pi*(Dc**3)/3.
return
end function Vf

```

Il codice *birthrate.f90* calcola il birthrate una volta nota la SFR in funzione del tempo.

```

program birthrate
implicit none

integer n, i, j, k
!real, dimension(3) :: fe=(/0.0, -0.5, -1.0/) !metallicit\ '{a} di E,Sb,Im
real, dimension(5000) :: t9, fh, ch, oh, fg, cg, og, wh, wg, sh, sg
!age in Gyr
real, dimension(4999) :: bhf, bhc, bho, bhw, bhs, bgf, bgc, bgo, bgw,
bgs, mhf, mhc, mho, mhw, mhs, mgf, mgc, mgo, mgw, mgs

do n=1,5000
t9(n) = 0.003 + (n-1)*0.003
end do

open(1, file='shflat.txt')
read(1,*)
read(1,*)
read(1,*) fh

open(2, file='sgflat.txt')
read(2,*)
read(2,*)
read(2,*) fg

open(3, file='shclo.txt')

```

```

read(3,*)
read(3,*)
read(3,*) ch

open(4, file='sgclo.txt')
read(4,*)
read(4,*)
read(4,*) cg

open(5, file='shop.txt')
read(5,*)
read(5,*)
read(5,*) oh

open(6, file='sgop.txt')
read(6,*)
read(6,*)
read(6,*) og

do i=1,5000
ch(i)=10**(ch(i))
cg(i)=10**(cg(i))
oh(i)=10**(oh(i))
og(i)=10**(og(i))
end do

mhf(1)=(fh(1)+fh(2))*(t9(2)-t9(1))/2.
mhc(1)=(ch(1)+ch(2))*(t9(2)-t9(1))/2.
mho(1)=(oh(1)+oh(2))*(t9(2)-t9(1))/2.
mgf(1)=(fg(1)+fg(2))*(t9(2)-t9(1))/2.
mgc(1)=(cg(1)+cg(2))*(t9(2)-t9(1))/2.
mgo(1)=(og(1)+og(2))*(t9(2)-t9(1))/2.

do n=2,4999
mhf(n) = mhf(n-1)+(fh(n)+fh(n+1))*(t9(n+1)-t9(n))/2.
mgf(n) = mgf(n-1)+(fg(n)+fg(n+1))*(t9(n+1)-t9(n))/2.
mhc(n) = mhc(n-1)+(ch(n)+ch(n+1))*(t9(n+1)-t9(n))/2.
mgc(n) = mgc(n-1)+(cg(n)+cg(n+1))*(t9(n+1)-t9(n))/2.
mho(n) = mho(n-1)+(oh(n)+oh(n+1))*(t9(n+1)-t9(n))/2.
mgo(n) = mgo(n-1)+(og(n)+og(n+1))*(t9(n+1)-t9(n))/2.
end do

close(1)

```

```
close(2)
close(3)
close(4)
close(5)
close(6)

open(7,file='shwa.txt')
read(7,*)
read(7,*)
read(7,*) wh

open(8,file='sgwa.txt')
read(8,*)
read(8,*)
read(8,*) wg

open(9,file='shsta.txt')
read(9,*)
read(9,*)
read(9,*) sh

open(1,file='sgsta.txt')
read(1,*)
read(1,*)
read(1,*) sg

do i=1,5000
wh(i)=10**(wh(i))
wg(i)=10**(wg(i))
sh(i)=10**(sh(i))
sg(i)=10**(sg(i))
end do

mhw(1)=(wh(1)+wh(2))*(t9(2)-t9(1))/2.
mhs(1)=(sh(1)+sh(2))*(t9(2)-t9(1))/2.
mgw(1)=(wg(1)+wg(2))*(t9(2)-t9(1))/2.
mgs(1)=(sg(1)+sg(2))*(t9(2)-t9(1))/2.

do n=2,4999
mhw(n) = mhw(n-1)+(wh(n)+wh(n+1))*(t9(n+1)-t9(n))/2.
mgw(n) = mgw(n-1)+(wg(n)+wg(n+1))*(t9(n+1)-t9(n))/2.
mhs(n) = mhs(n-1)+(sh(n)+sh(n+1))*(t9(n+1)-t9(n))/2.
mgs(n) = mgs(n-1)+(sg(n)+sg(n+1))*(t9(n+1)-t9(n))/2.
end do
```

```

close(7)
close(8)
close(9)
close(1)

do j=1,4999
bhf(j) = fh(j+1)/(mhf(j)/t9(j+1))
bhc(j) = ch(j+1)/(mhc(j)/t9(j+1))
bho(j) = oh(j+1)/(mho(j)/t9(j+1))
bhw(j) = wh(j+1)/(mhw(j)/t9(j+1))
bhs(j) = sh(j+1)/(mhs(j)/t9(j+1))
!!!!!!!
bgf(j) = fg(j+1)/(mgf(j)/t9(j+1))
bgc(j) = cg(j+1)/(mgc(j)/t9(j+1))
bgo(j) = og(j+1)/(mgo(j)/t9(j+1))
bgw(j) = wg(j+1)/(mgw(j)/t9(j+1))
bgs(j) = sg(j+1)/(mgs(j)/t9(j+1))
end do

open(1,file='brateh.txt')
open(2,file='brateg.txt')

do i=1,4999
write(1,*) t9(i+1), bhf(i), bhc(i), bho(i), bhw(i), bhs(i)
write(2,*) t9(i+1), bgf(i), bgc(i), bgo(i), bgw(i), bgs(i)
end do

close(1)
close(2)

end program

```

Infine, nel codice *bolo.f90* è contenuta la routine di convoluzione tra la SFR e la luminosità bolometrica delle SSP (Buzzoni 2005), utilizzata anche per l'ottenimento dei flussi in banda.

```

program bolo
implicit none

integer n, i, j
real, dimension(3) :: fe=(/0.0, -0.5, -1.0/) !metallicitÃ di E,Sb,Im
!real, dimension(40) :: red, hop, sca, tw, tf, to, tc, tt, ff, cc,

```

```

oo, ss, ww, rev
real, dimension(5000) :: t9, b_e, b_sb, b_i, hh, gg, h_e, h_sb,
h_i, g_e, g_sb, g_sc, g_i, fh, ch, sh, fg, cg, sg, wh, wg, oh, og

do i=1,5000
t9(i) = 0.003 + (i-1)*0.003
b_e(i) = 1.923*log10(t9(i))-0.324*fe(1)+1.623 -0.1*((t9(i))**(-0.5))
b_sb(i) = 1.923*log10(t9(i))-0.324*fe(2)+1.623 -0.1*((t9(i))**(-0.5))
b_i(i) = 1.923*log10(t9(i))-0.324*fe(3)+1.623 -0.1*((t9(i))**(-0.5))
b_e(i) = 10**(-0.4*(b_e(i)-4.72))
b_sb(i) = 10**(-0.4*(b_sb(i)-4.72))
b_i(i) = 10**(-0.4*(b_i(i)-4.72))
!write (*,*) t9(i)
end do

open (1, file='shflat.txt')
read (1,*)
read (1,*)
read (1,*) fh

open (2, file='sgflat.txt')
read (2,*)
read (2,*)
read (2,*) fg

do i=1,5000
h_e(i)=0.0
h_sb(i)=0.0
h_i(i)=0.0
g_e(i)=0.0
g_sb(i)=0.0
g_i(i)=0.0
j=i
n=1
do while (j>0)
h_e(i) = h_e(i) + b_e(j)*fh(n)
h_sb(i) = h_sb(i) + b_sb(j)*fh(n)
h_i(i) = h_i(i) + b_i(j)*fh(n)
g_e(i) = g_e(i) + b_e(j)*fg(n)
g_sb(i) = g_sb(i) + b_sb(j)*fg(n)
g_i(i) = g_i(i) + b_i(j)*fg(n)

```



```
j=j-1
n=n+1
end do
end do

open(3, file='L_hf.txt')
open(4, file='L_gf.txt')

do i=1,5000

write (3,*) log10(h_e(i)), log10(h_sb(i)), log10(h_i(i)), t9(i)
write (4,*) log10(g_e(i)), log10(g_sb(i)), log10(g_i(i)), t9(i)
end do

close (1)
close (2)
close(3)
close(4)

end program
```