



Università della Terza Età "Cardinale Giovanni Colombo" – Milano

A.A. 2023 - 2024

Corso di Astrofisica

Docente : **Adriano Gaspani**

Lezione 24

**Le superciviltà esistono?
Dove cercarle?**

Superciviltà: $K = 3$

Tipo III : civiltà potenzialmente in grado di utilizzare una quantità di energia dell'ordine di grandezza di quella immagazzinata nella propria galassia.



Densità media di sviluppo delle civiltà tecnologicamente evolute:

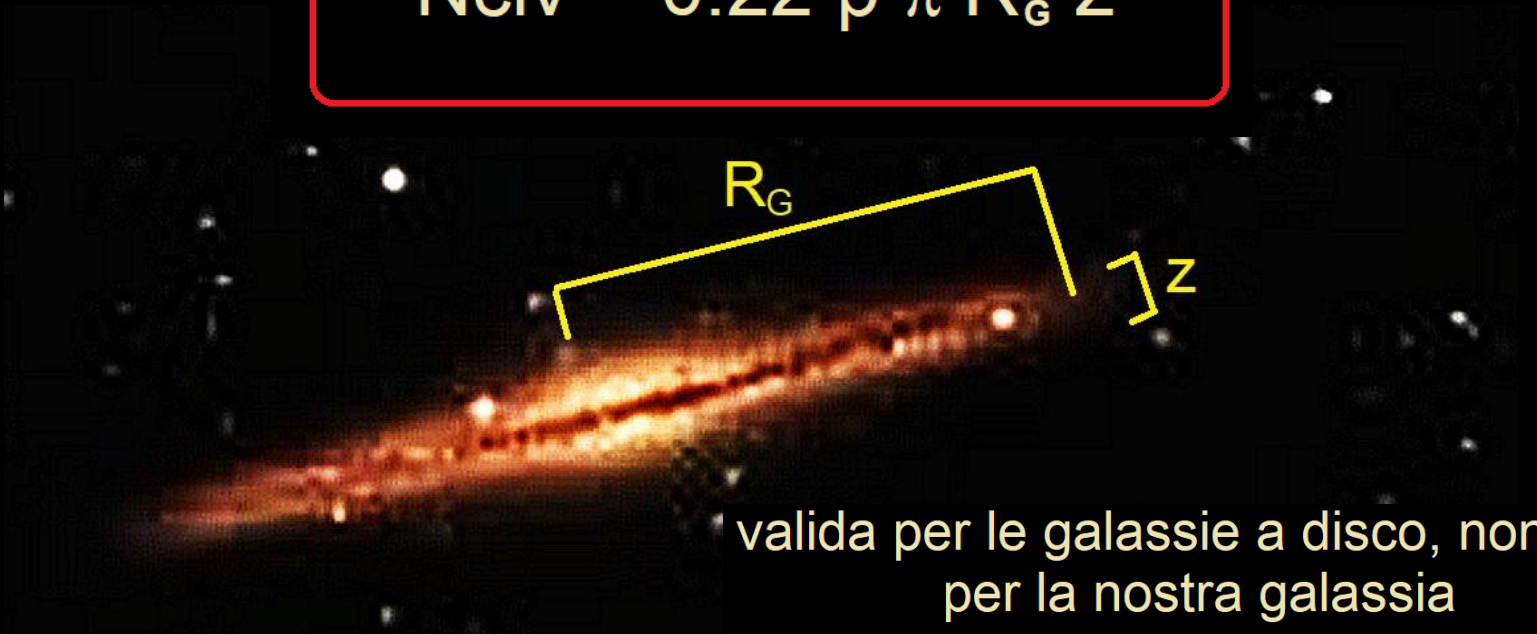
$$\text{Dens(civ)} = 0.22 \cdot p \quad \text{civiltà/kpc}^3$$

p = probabilità media di sopravvivenza

valida per le galassie a disco, non solo per la nostra galassia

Numero di civiltà tecnologicamente evolute attualmente presenti in una galassia di raggio R_G (Kpc) e spessore z (Kpc)

$$N_{\text{civ}} = 0.22 p \pi R_G z$$



valida per le galassie a disco, non solo per la nostra galassia

Ora calcoliamo la probabilità media di sopravvivenza "p" raggiunta da una civiltà tecnologicamente evoluta

Condizione statistica perché in una galassia di raggio R_g (Kpc) possa esistere una superciviltà:

$$R_g > 12 / \sqrt{p} \text{ Kpc}$$

se $p=0.5$ allora:

$$R_g > 17 \text{ Kpc}$$

Probabilità di sopravvivenza di una civiltà tecnologicamente evolute in funzione del suo livello tecnologico misurato mediante il K-rating di Kardashev

La probabilità di sopravvivenza $P(k)$ è data da:

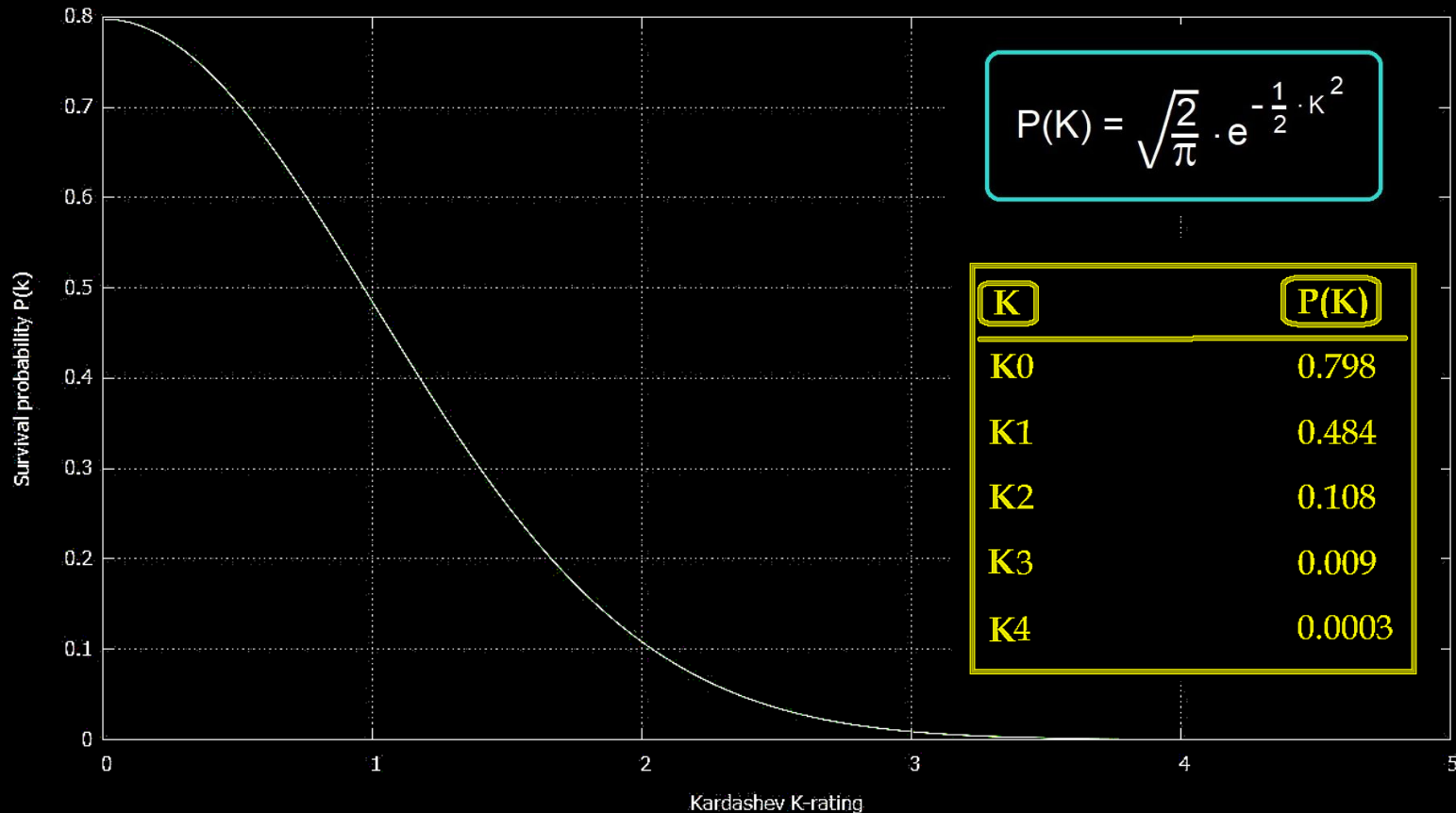
$$P(K) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot K^2}$$

Una civiltà tecnologica ha una probabilità bassa di sopravvivere alla sua tecnologia...

Più la tecnologia è alta e più è bassa la probabilità di sopravvivenza...

Probabilità di sopravvivenza di una civiltà tecnologicamente evolute in funzione del suo livello tecnologico misurato mediante il K-rating di Kardashev

Survival probability as function of the Kardashev K-rating for a technological civilization:



$$P(K) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot K^2}$$

Probabilità di sopravvivenza di una civiltà tecnologica in funzione del tempo

Ovviamente sarà possibile anche esprimere la probabilità $P(K)$ anche in funzione del tempo:

$$P(K(t)) \approx \sqrt{(2/\pi)} \cdot \exp(-1/2 \cdot K(t)^2)$$

Ma anche in termini di potenza energetica consumata. Definiamo $P(W)$ come la probabilità che una specie biologica tecnologicamente evoluta ha di sopravvivere utilizzando una quantità di energia espressa in Watt. Possiamo mettere in relazione in maniera semplice tale probabilità con il tipo di Kardashev oppure direttamente in termini di energia W espressa in MegaWatts:

$$P(W) \approx \sqrt{(2/\pi)} \cdot \exp(-0.005 \cdot \log_{10}(W)^2)$$

Livello tecnologico Ka => Kb	Probabilità di sopravvivenza	Densità numerica delle civiltà civiltà/kpc ³
K0 => K1	70%	0.15
K1 => K2	24%	0.05
K2 => K3	5%	0.01
K3 => K4 <	1% <	0.002

Nota:

La probabilità indicata è già ridotta per gli effetti delle catastrofi cosmiche

Tipologie di Specie Aliene

Communities

Si sviluppano rimanendo nel proprio sistema planetario.



Empires

Si espandono fuori dal proprio sistema planetario aggredendo anche altre civiltà



Rapporto "Community/Empires"

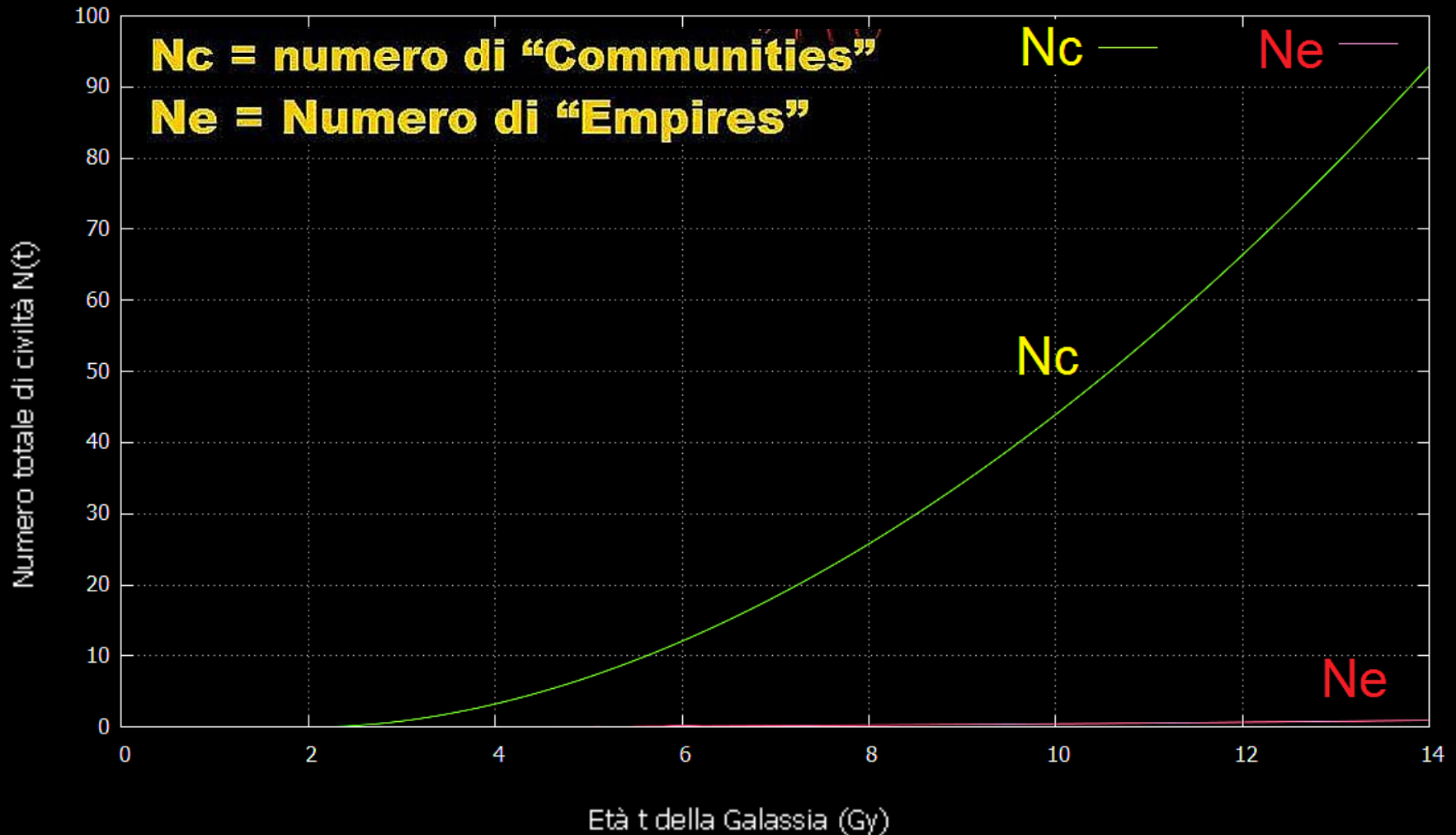
Nc = numero di "Communities"

Ne = Numero di "Empires"

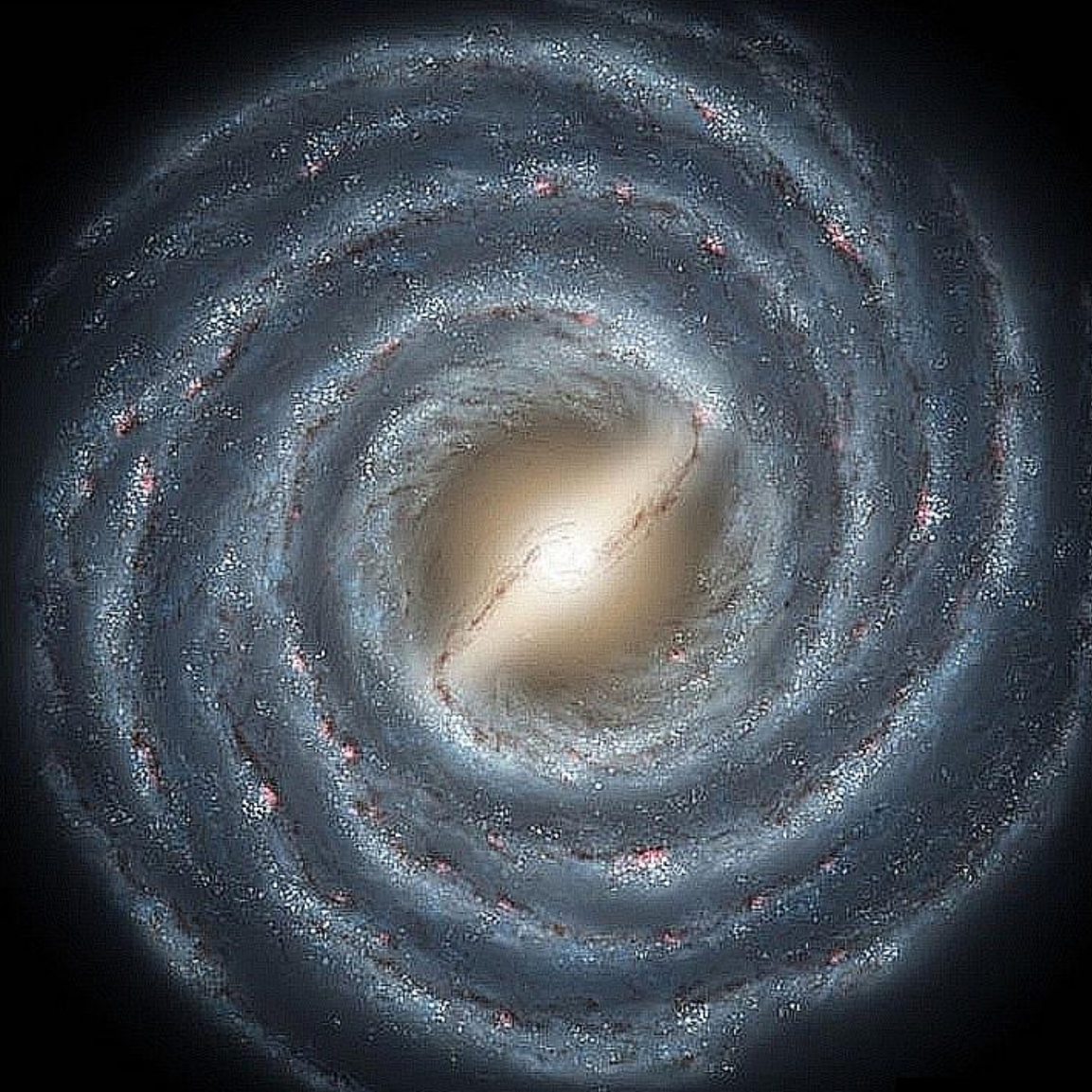
$$\mathbf{Nc/Ne = 100 \quad circa}$$

quindi solo 1 civiltà su 100 potrebbe
raggiungere il livello K3 (Empire)

Numero di civiltà che si sviluppano in una galassia simile alla nostra

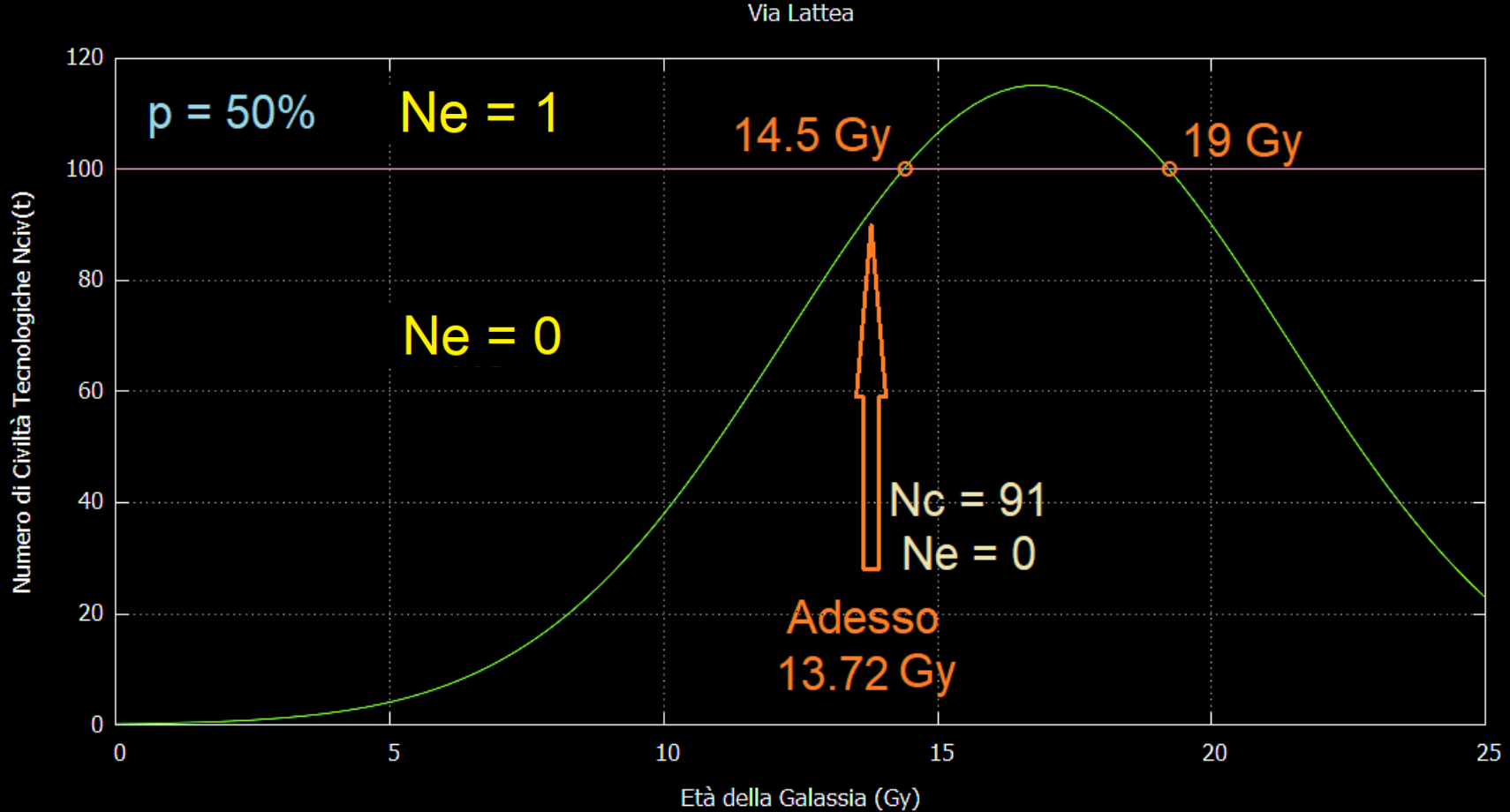


La Via Lattea



$R_g = 16.33 \text{ Kpc}$

A quando l'Impero Galattico?

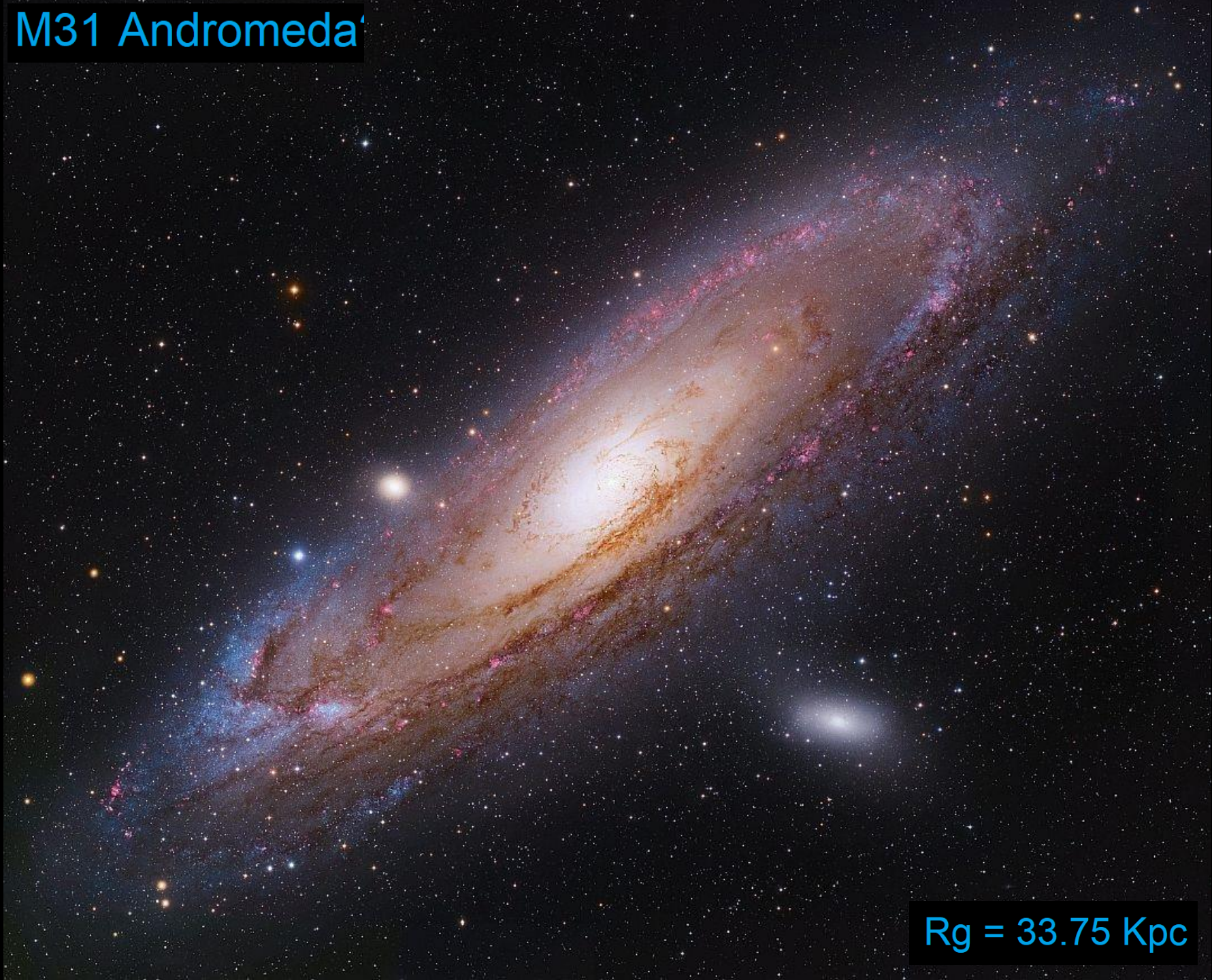


attualmente nessuna civiltà imperiale

...ma tra 780 milioni di anni forse ne esisterà una.

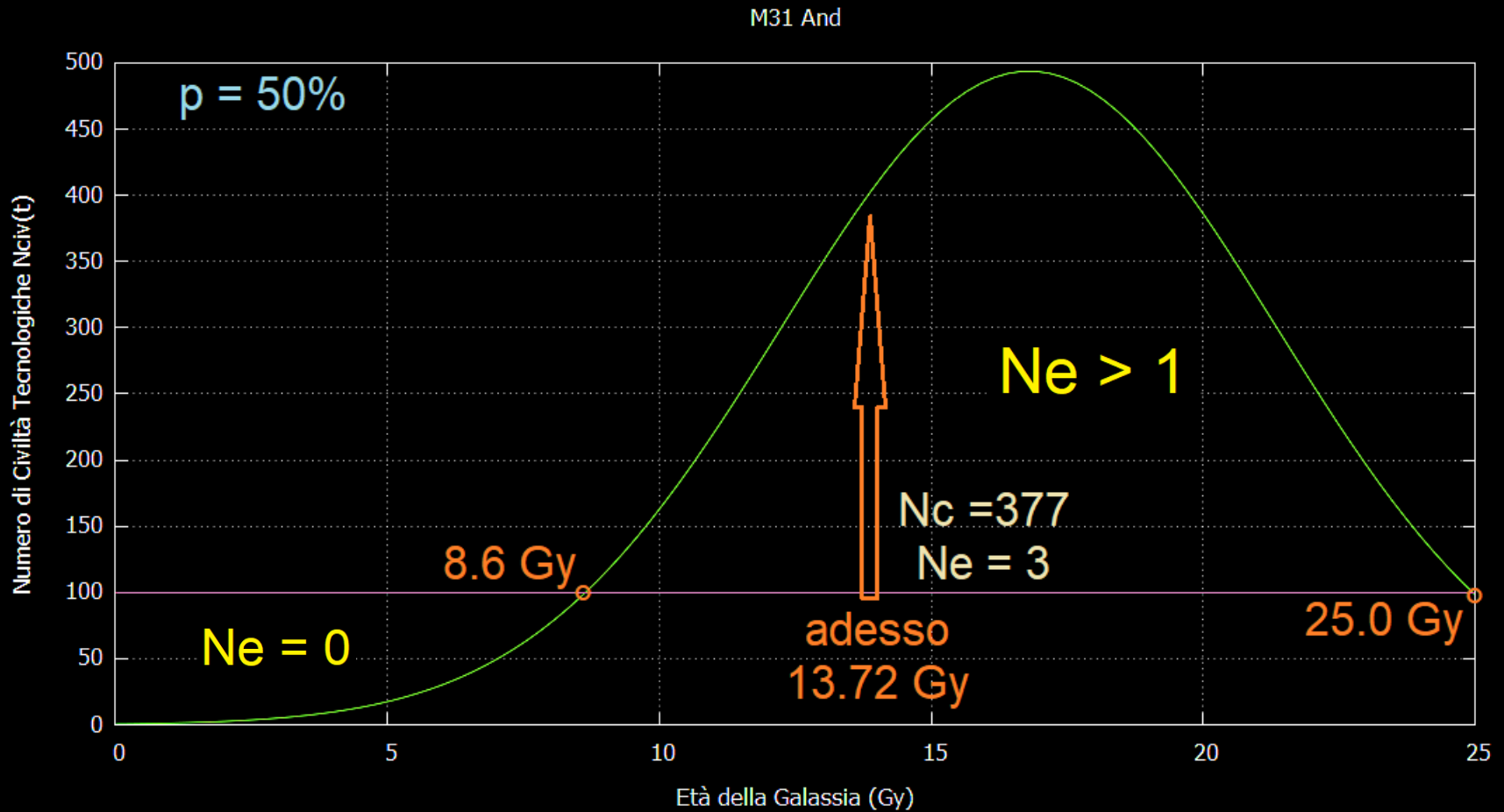
Saremo forse noi? **No!**

M31 Andromeda



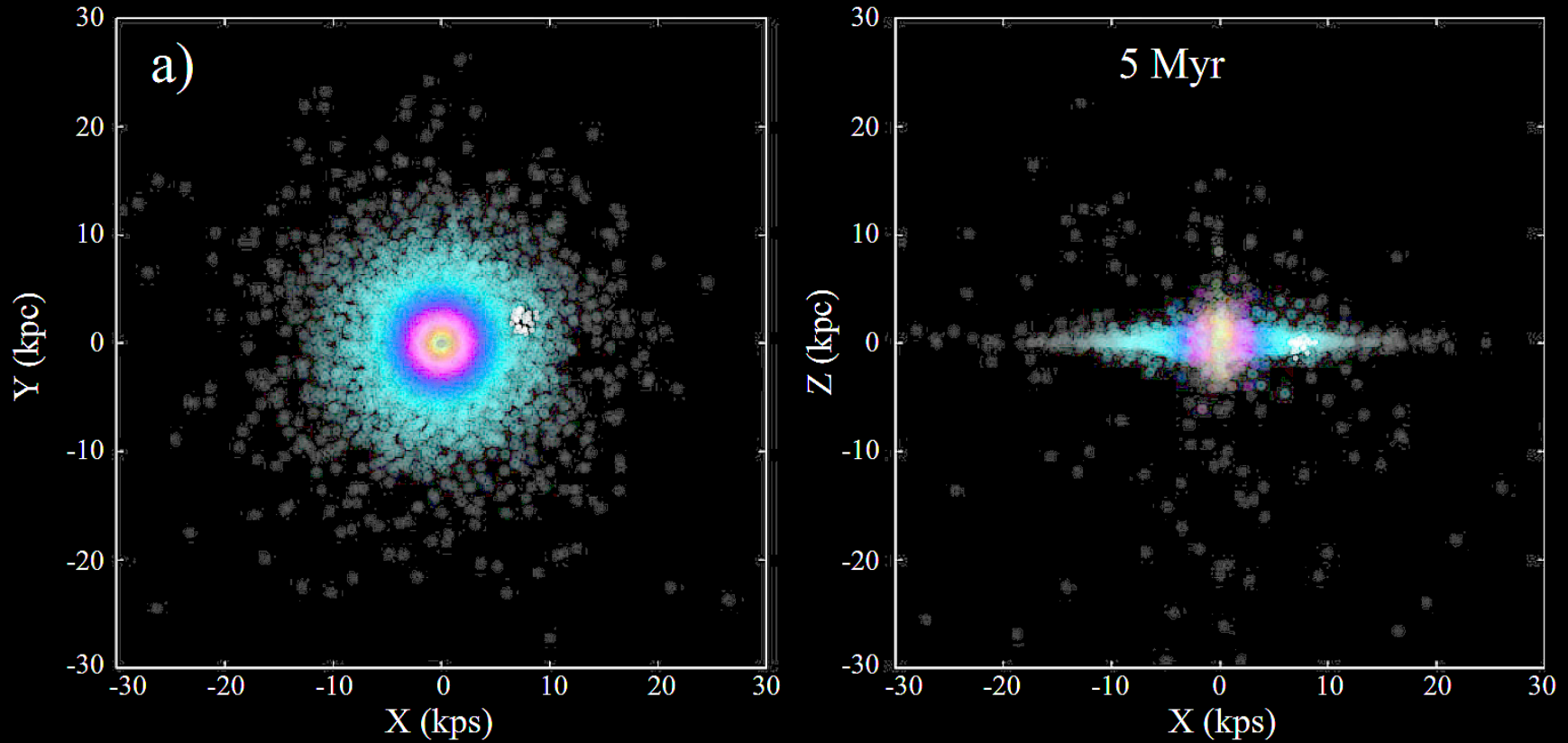
$R_g = 33.75 \text{ Kpc}$

.... e in M31 Andromeda?



circa 4 civiltà imperiali

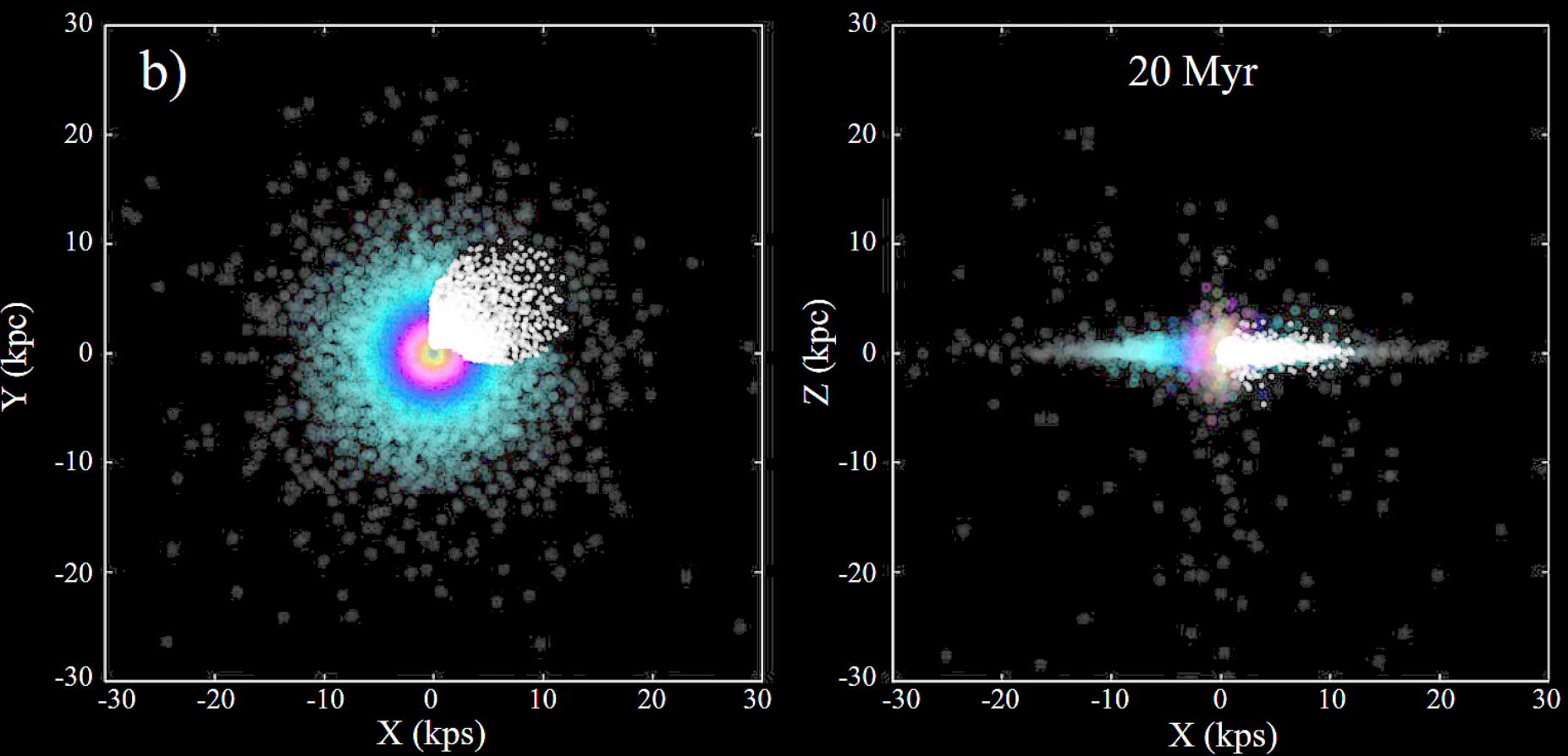
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a spirale



distribuzione dei sistemi colonizzati

1 Myr = 1 milione di anni

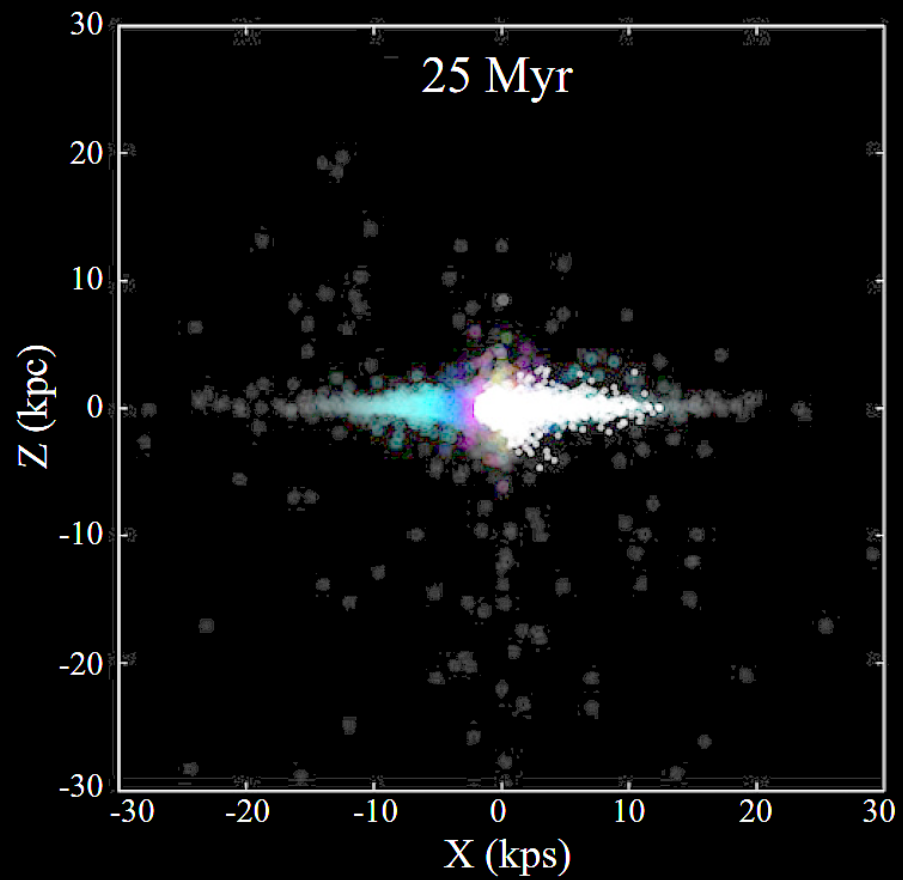
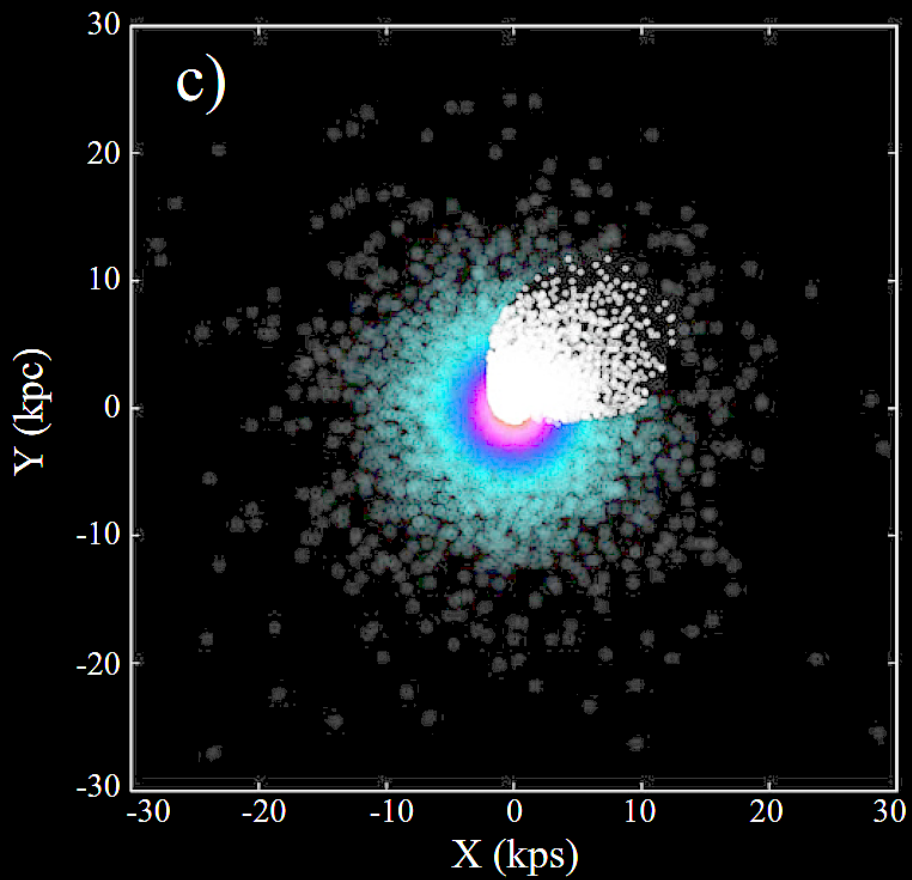
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco



distribuzione dei sistemi colonizzati

1 Myr = 1 milione di anni

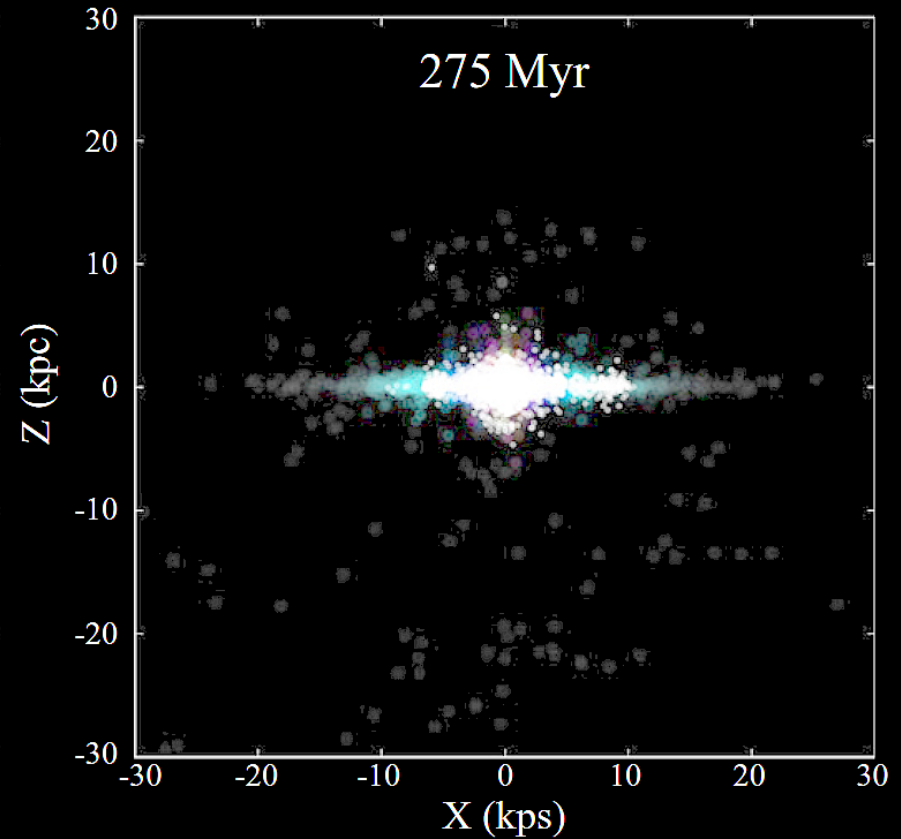
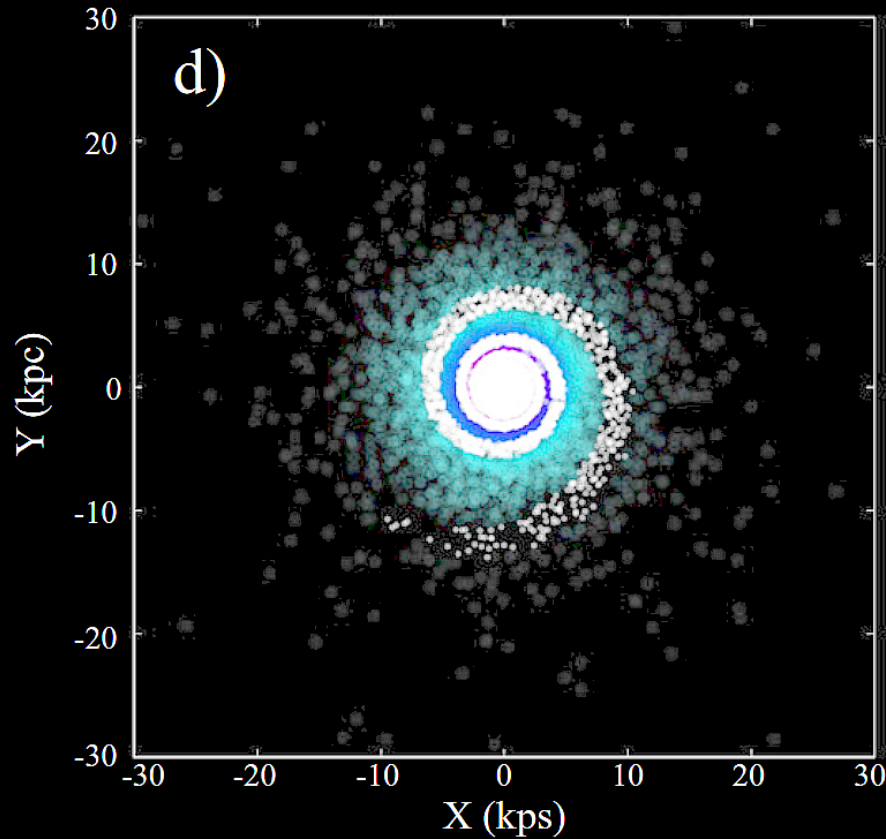
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco



distribuzione dei sistemi colonizzati

1 Myr = 1 milione di anni

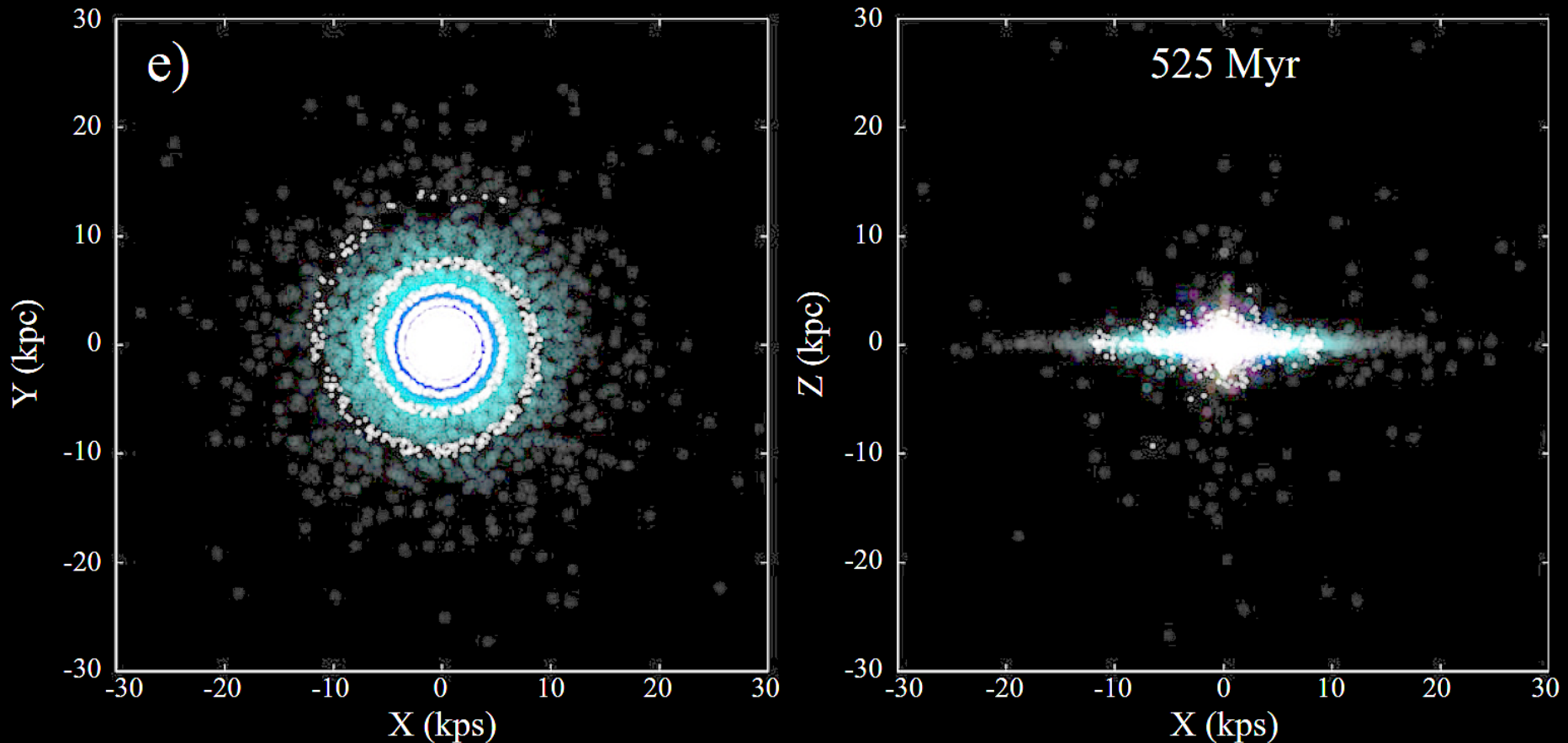
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco



distribuzione dei sistemi colonizzati

1 Myr = 1 milione di anni

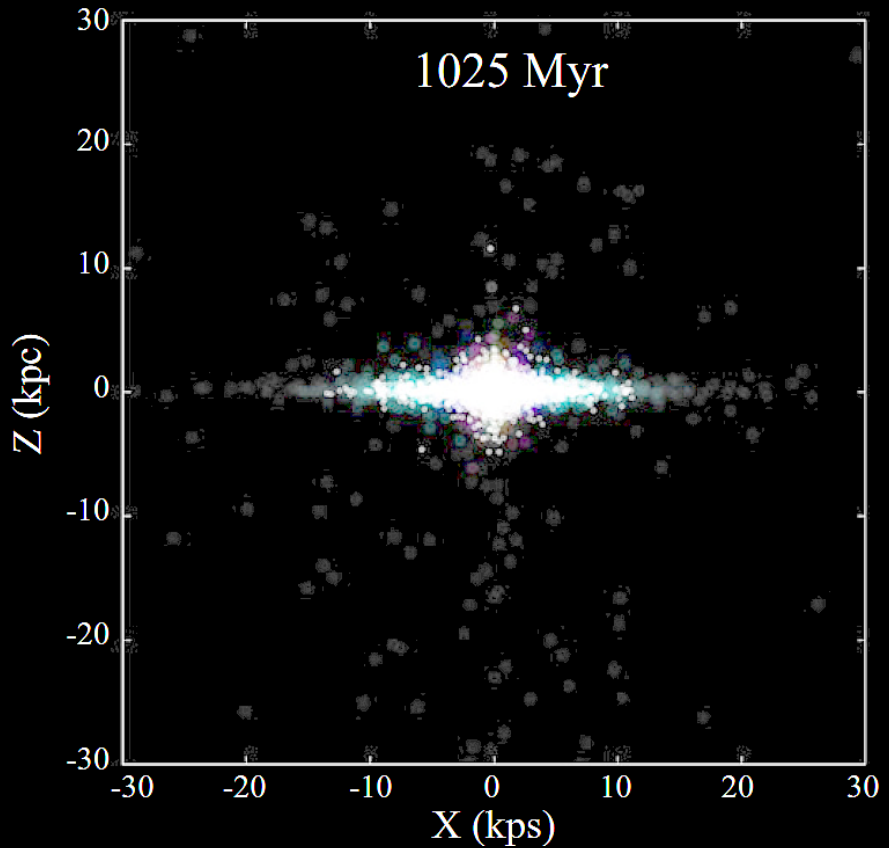
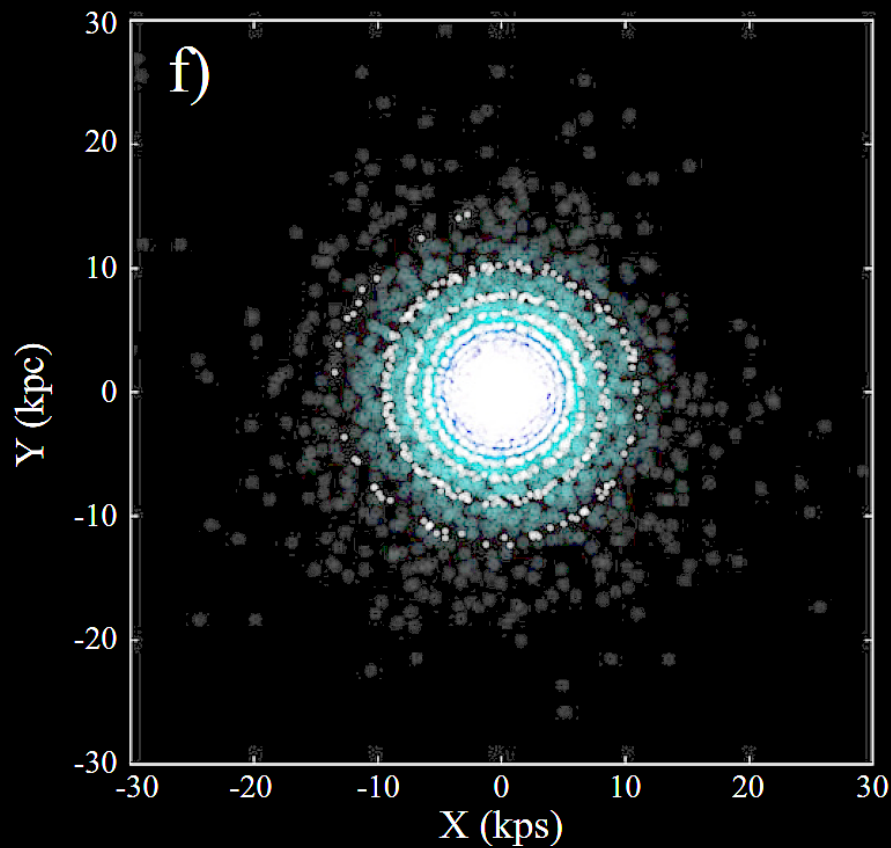
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco



 **distribuzione dei sistemi colonizzati**

1 Myr = 1 milione di anni

Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco



distribuzione dei sistemi colonizzati

1 Myr = 1 milione di anni

Come può avvenire il processo di colonizzazione.

- 1) Espansione verso un altro sistema stellare
- 2) Costruzione della Sfera di Dyson intorno alla stella
- 3) Spostamento verso la stella più vicina
- 4) ...si ripete il punto 2) e così via...

E' possibile eseguire alcune simulazioni...

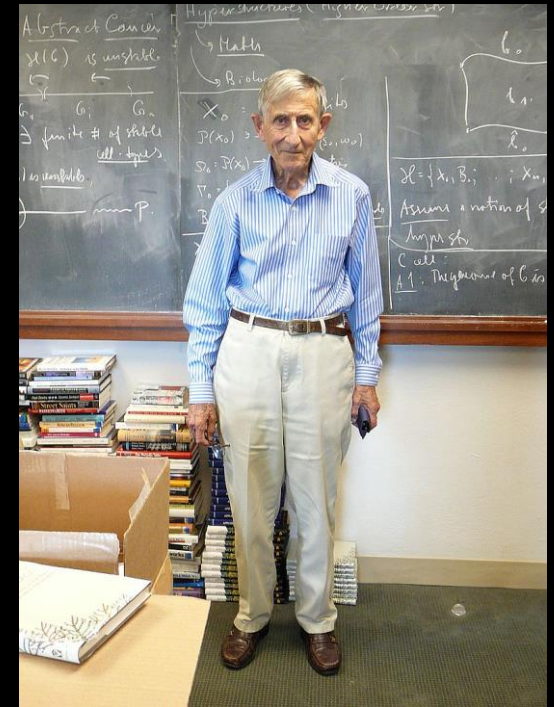
Rateo di colonizzazione della Galassia
da parte di sonde di Von Neumann con
velocità $V = 0.001 \cdot c$

La Sfera di Dyson

Una sfera di Dyson è un'ipotetica enorme struttura di rivestimento che potrebbe essere applicata attorno ad una stella allo scopo di catturarne l'energia.

È stata teorizzata dal fisico britannico Freeman Dyson.

anello di Dyson



Freeman Dyson

Freeman John Dyson (Crowthorne, 15 dicembre 1923 – Princeton, 28 febbraio 2020)

Nel suo articolo *Search for Artificial Stellar Sources of Infrared Radiation* ("Ricerca di sorgenti stellari artificiali di radiazione infrarossa"), pubblicato nel 1959 sulla rivista *Science*, Dyson teorizzò che delle società tecnologicamente avanzate avrebbero potuto circondare completamente la stella del proprio sistema planetario per poter massimizzare la cattura di energia proveniente dall'astro.

Una sfera di Dyson è una sfera di origine artificiale e di raggio pari a quello di un'orbita planetaria.

La sfera consisterebbe di un guscio di collettori solari o di habitat posti attorno alla stella.

Un'ipotetica Sfera di Dyson costruita intorno al Sole



Rinchiusa così la stella, sarebbe possibile intercettare tutte le lunghezze d'onda del visibile per inviarle verso l'interno, mentre tutta la radiazione non utilizzata verrebbe mandata all'esterno sotto forma di radiazione infrarossa.

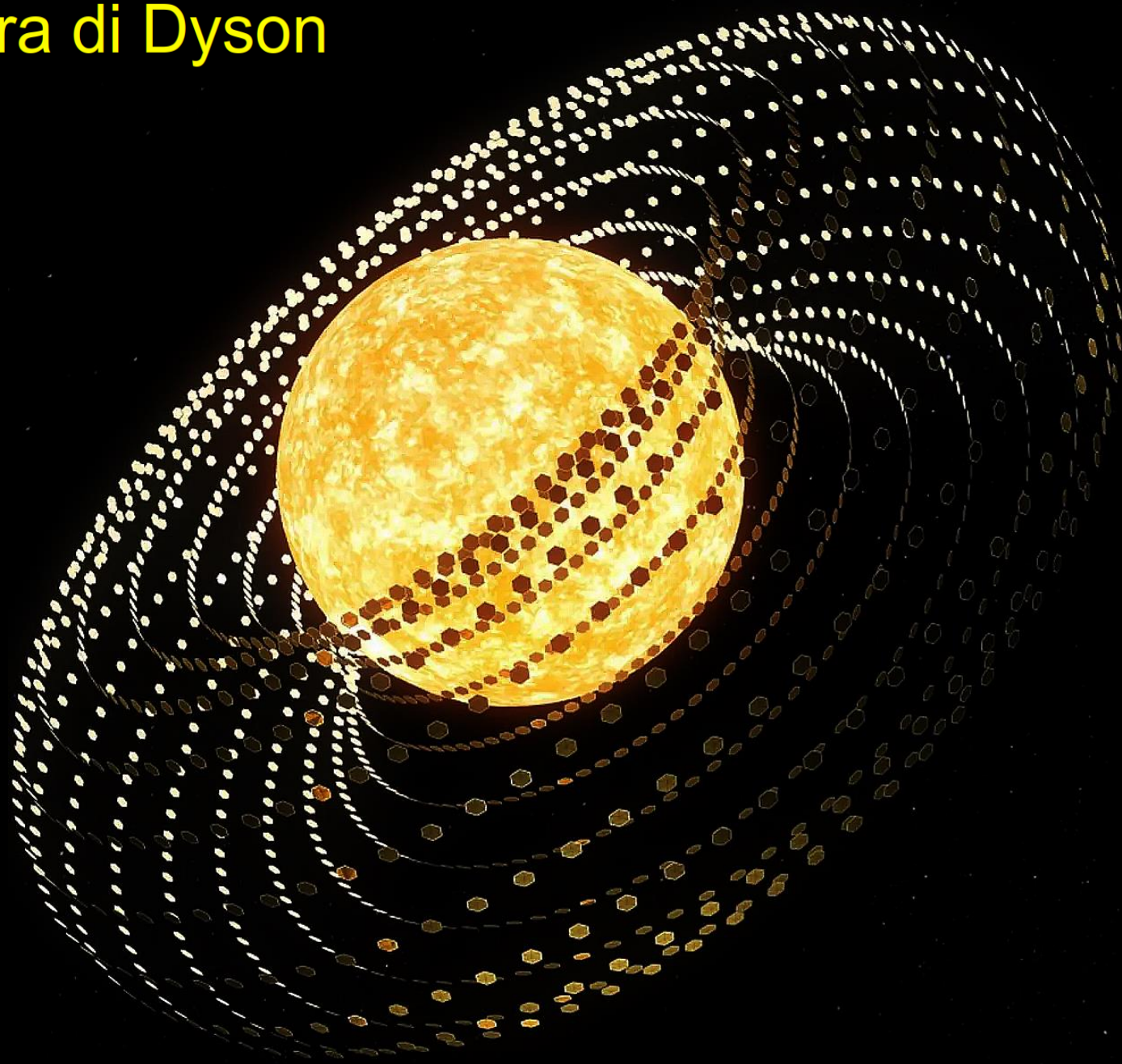
Da ciò consegue che un possibile metodo per cercare civiltà extraterrestri potrebbe essere proprio la ricerca di grandi fonti di emissione infrarossa nello spettro elettromagnetico.

Questo, oltre ad essere un modo per raccogliere un'enorme quantità di energia, permetterebbe di creare uno spazio vitale immenso.

La proposta originaria prevedeva che avrebbero dovuto esserci collettori solari posizionati intorno a tutta la stella, per assorbire la luce stellare, ma non presumeva che questi collettori avrebbero potuto costituire un guscio continuo.

Piuttosto, il guscio sarebbe consistito di strutture orbitanti indipendenti, ossia un numero complessivo di oggetti superiore a 10.000 e distribuiti lungo uno spessore radiale di un milione di chilometri.

La Sfera di Dyson



Matrioska Brain

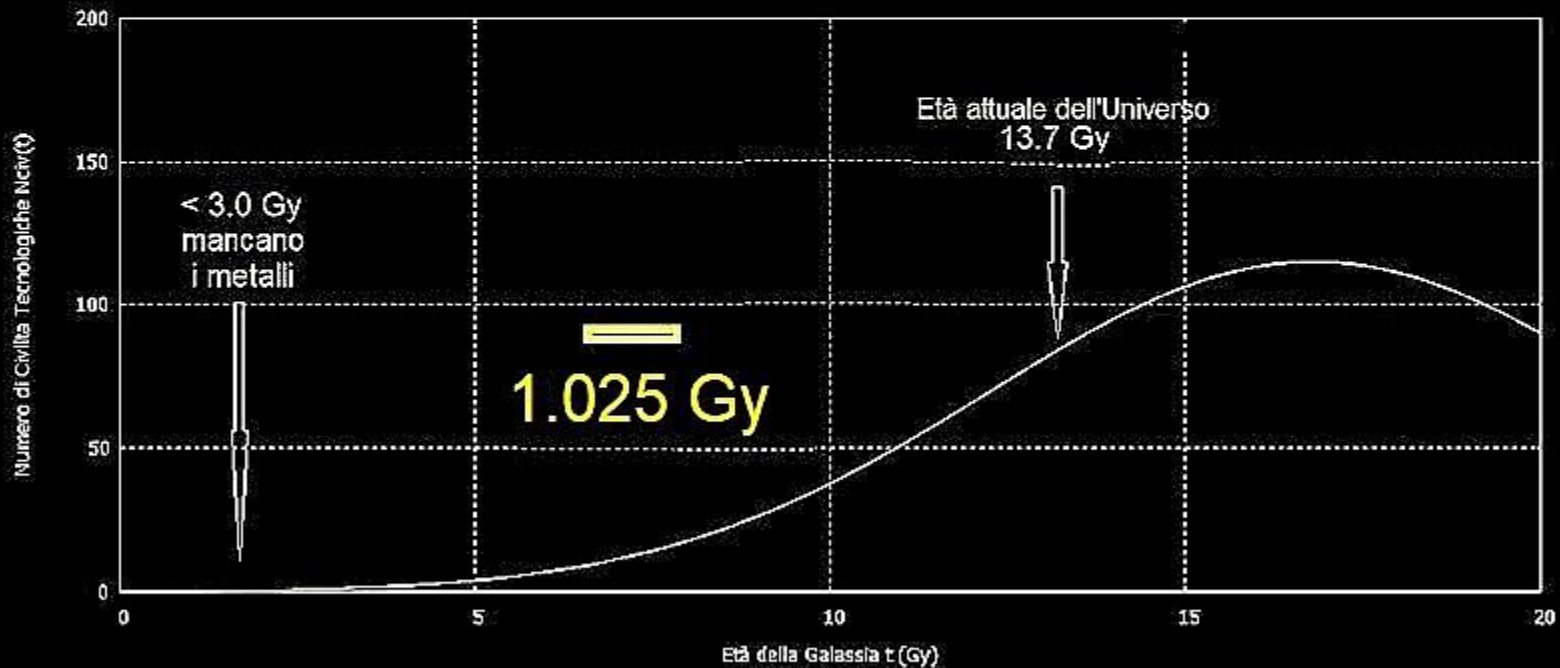
Una variante della sfera di Dyson è il cervello Matrioska (*Matrioshka Brain*), in cui la struttura viene ripetuta in più sfere concentriche, di cui ciascuna sfrutta l'energia ancora utilizzabile dispersa all'esterno dalla sfera più interna.

Matrioska Brain



Secondo questo modello di simulazione al computer, la pressochè completa colonizzazione di una galassia, recuperando l'energia costruendo le Sfere di Dyson intorno alle stelle, richiederebbe 1.025 miliardi di anni.

Storia evolutiva di una galassia

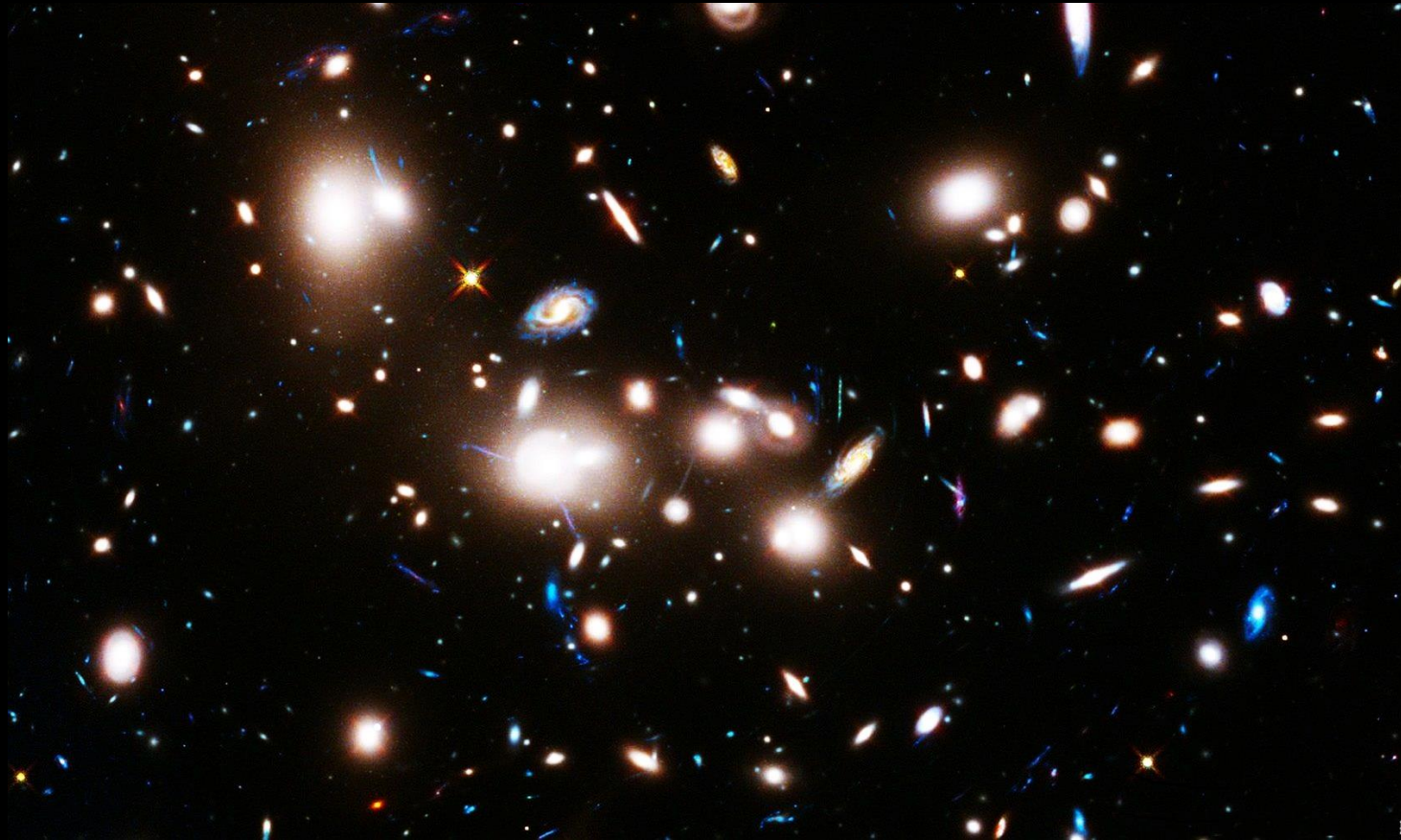


1 Gy = 1 miliardo di anni

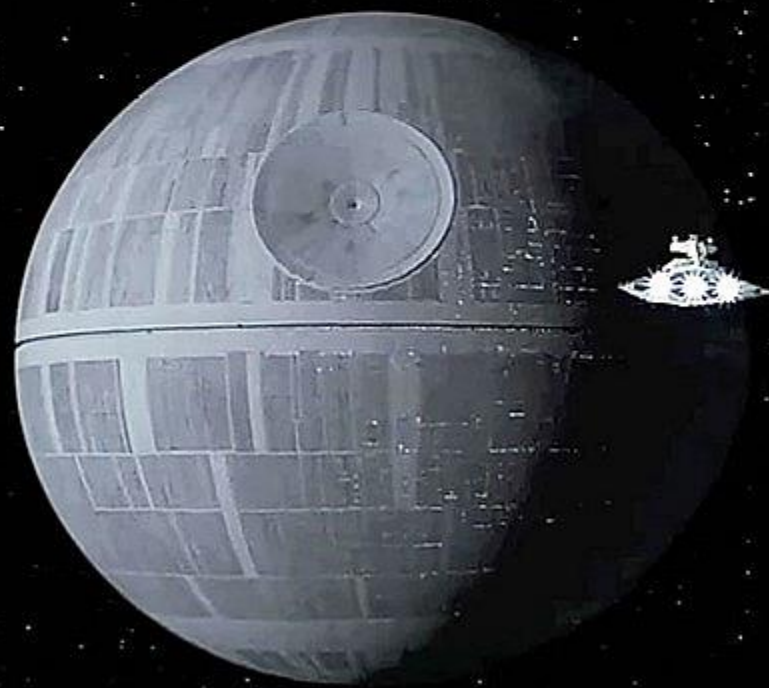
Quindi le galassie colonizzate da una superciviltà (K3) potrebbero esistere...

La nostra no, ma altre forse si...

Proviamo a cercarle?



E' possibile rilevare traccia
delle Civiltà
Supertecnologiche
nell'Universo?



Si

Galassie candidate
ad ospitare un civiltà
K3 di Kardashev

EXTRAGALACTIC SETI: THE TULLY–FISHER RELATION AS A PROBE OF DYSONIAN ASTROENGINEERING IN DISK GALAXIES

ERIK ZACKRISSON^{1,2}, PER CALISSENDORFF², SAGHAR ASADI², AND ANDERS NYHOLM²

¹Department of Physics and Astronomy, Uppsala University, Box 515, SE-751 20 Uppsala, Sweden; erik.zackrisson@physics.uu.se

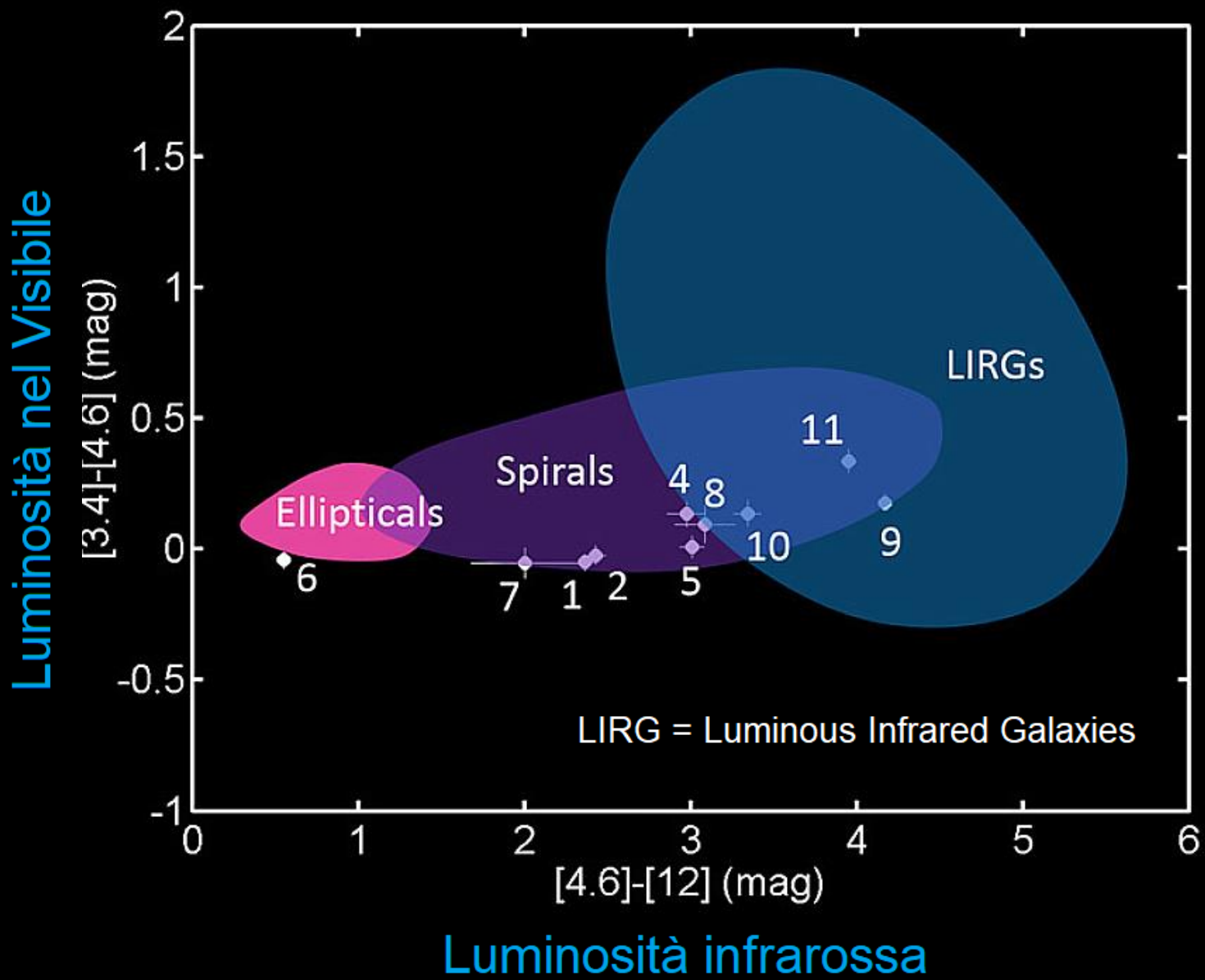
²Department of Astronomy, AlbaNova, Stockholm University, SE-106 91 Stockholm, Sweden

Received 2014 August 26; accepted 2015 June 30; published 2015 August 26

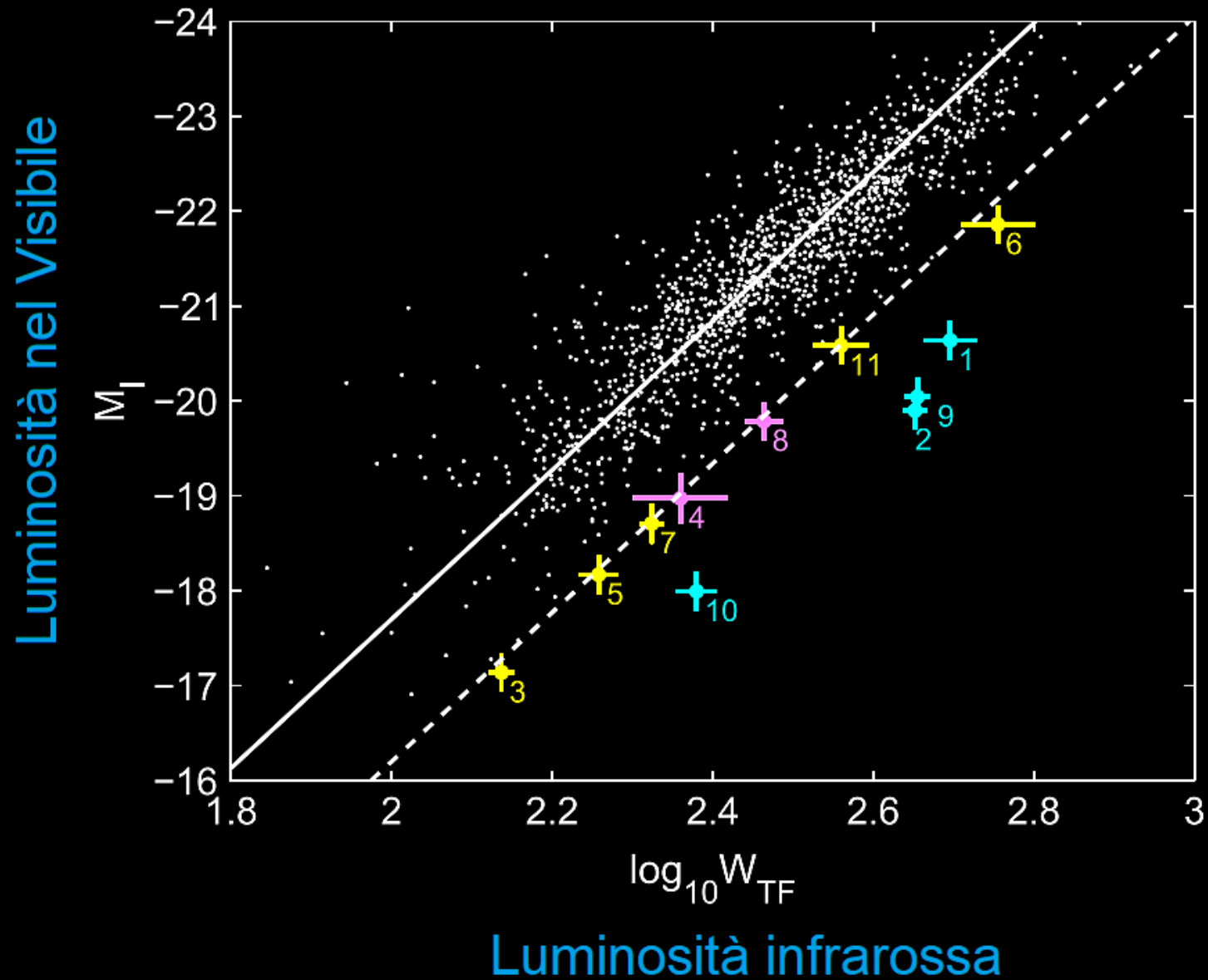
ABSTRACT

If advanced extraterrestrial civilizations choose to construct vast numbers of Dyson spheres to harvest radiation energy, this could affect the characteristics of their host galaxies. Potential signatures of such astroengineering projects include reduced optical luminosity, boosted infrared luminosity, and morphological anomalies. Here, we apply a technique pioneered by Annis to search for Kardashev type III civilizations in disk galaxies, based on the predicted offset of these galaxies from the optical Tully–Fisher (TF) relation. By analyzing a sample of 1359 disk galaxies, we are able to set a conservative upper limit of $\lesssim 3\%$ on the fraction of local disks subject to Dysonian astroengineering on galaxy-wide scales. However, the available data suggests that a small subset of disk galaxies actually may be underluminous with respect to the TF relation in the way expected for Kardashev type III objects. Based on the optical morphologies and infrared-to-optical luminosity ratios of such galaxies in our sample, we conclude that none of them stand out as strong Kardashev type III candidates and that their inferred properties likely have mundane explanations. This allows us to set a tentative upper limit at $\lesssim 0.3\%$ on the fraction of Kardashev type III disk galaxies in the local universe.

Key words: extraterrestrial intelligence – galaxies: spiral – galaxies: stellar content – infrared: galaxies



1359 galassie



Galassie con eccesso di infrarosso e difetto di luce visibile

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 810:23 (12pp), 2015 September 1

1359 galassie

Table 1
Candidates for Host Galaxies of Star-fed Kardashev Type III Civilizations

No.	R.A. (J2000)	Decl. (J2000)	Name	$\log W_{\text{TF}}$ (km s^{-1})	$\sigma(\log W_{\text{TF}})$ (km s^{-1})	m_{Ic}	M_I	$\sigma(M_I)$	$r_{\text{grp,M}}$ (km s^{-1})	cZ_{gal} (km s^{-1})	Type	Group	Class
1	00 09 48.2	+27 49 55	NGC 0022	2.696	0.033	12.42	-20.64	0.13	2862	7980	Sb	40702	C
2	00 11 45.1	+28 29 56	UGC 00108	2.652	0.007	13.16	-19.90	0.13	2862	7709	Sb	40702	C
3	10 01 47.9	+36 29 56	UGC 05394	2.137	0.009	14.45	-17.14	0.23	1455	1685	Sc	40032	A
4	11 45 41.2	-28 22 03	ESO 440-G004	2.360	0.059	13.11	-18.98	0.29	1827	2182	Scd	30590	B
5	12 32 03.2	+16 41 13	NGC 4502	2.258	0.024	12.89	-18.17	0.28	1140	1944	Scd	30654	A
6	12 48 22.9	+08 29 15	NGC 4698	2.755	0.046	9.20	-21.86	0.27	1140	1330	Sa	30654	A
7	12 54 48.5	+19 10 34	IC 3877	2.324	0.012	12.35	-18.71	0.28	1140	1216	Sc	30654	A
8	13 26 12.8	-27 29 06	AGC 530433	2.464	0.023	16.21	-19.79	0.09	11080	9992	S0/a	1736	B
9	22 13 30.6	-27 33 30	ESO 467-G023	2.655	0.013	11.82	-20.05	0.20	1651	4976	Sb	31043	C
10	22 15 48.2	-27 30 44	ESO 467-G034	2.380	0.025	13.87	-18.00	0.21	1651	4859	Sb	31043	C
11	07 03 26.7	-48 59 40	AGC 470027	2.560	0.035	15.32	-20.91	0.08	12346	12574	Sb	3407	A

Note. The entries in the group column correspond to group identifiers from the SFI++ catalog.

Queste galassie emettono fortemente più calore e meno luce visibile del dovuto (rispetto alla media)

distanza: $D = c \cdot z / H_0$ Mpc (Ho = costante di Hubble)



STOCKHOLM UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ASTRONOMY

BACHELOR OF SCIENCE THESIS

A Dysonian Search for Kardashev Type III Civilisations in
Spiral Galaxies

Author:
Per Calissendorff

Relazione di Tully-Fisher

In astronomia, la **relazione di Tully-Fisher**, presentata da R. Brent Tully e J. Richard Fisher nel 1977, è una relazione empirica tra la luminosità intrinseca (proporzionale alla massa stellare) di una galassia a spirale e la velocità asintotica.

La luminosità è la quantità di energia emessa dalla stella per unità di tempo; può essere misurata a partire dalla luminosità apparente una volta nota la distanza della galassia. La larghezza di velocità viene misurata dalla larghezza o dallo spostamento delle righe spettrali e dallo studio dell'effetto Doppler.

La relazione quantitativa fra la luminosità e la larghezza di velocità è una funzione della lunghezza d'onda alla quale viene misurata la luminosità, ma sostanzialmente la luminosità è proporzionale alla velocità alla quarta.

La relazione permette di esprimere la larghezza di velocità (osservabile direttamente e facilmente misurabile) in termini della luminosità intrinseca, che è invece difficile da valutare.

$$M_I - 5 \log(h) = -7.85[\log(W_{\text{TF}}) - 2.5] - 20.85$$

where M_I is the absolute magnitude in the I-band, W_{TF} is the rotational linewidth and h is the *Hubble constant*, H_0 divided by $100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

Relazione Tully-Fisher standard

$$M_i = 2.93 - 9.29 \cdot \log(W)$$

Relazione Tully-Fisher discriminante

$$M_i^* = 1.43 - 9.29 \cdot \log(W)$$

Se una galassia ha

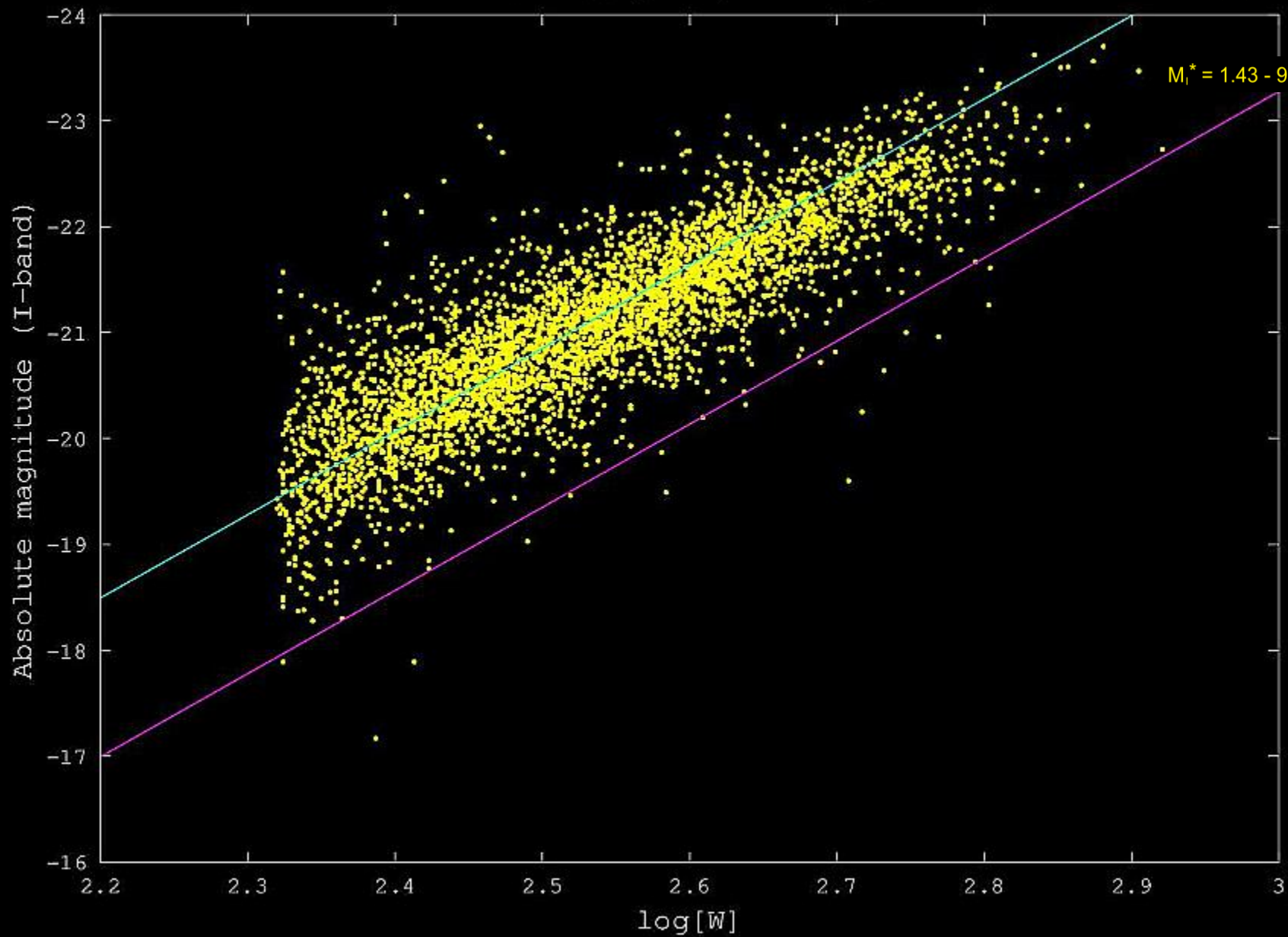
$$M > M_i^*$$

allora potrebbe ospitare
una civiltà K3

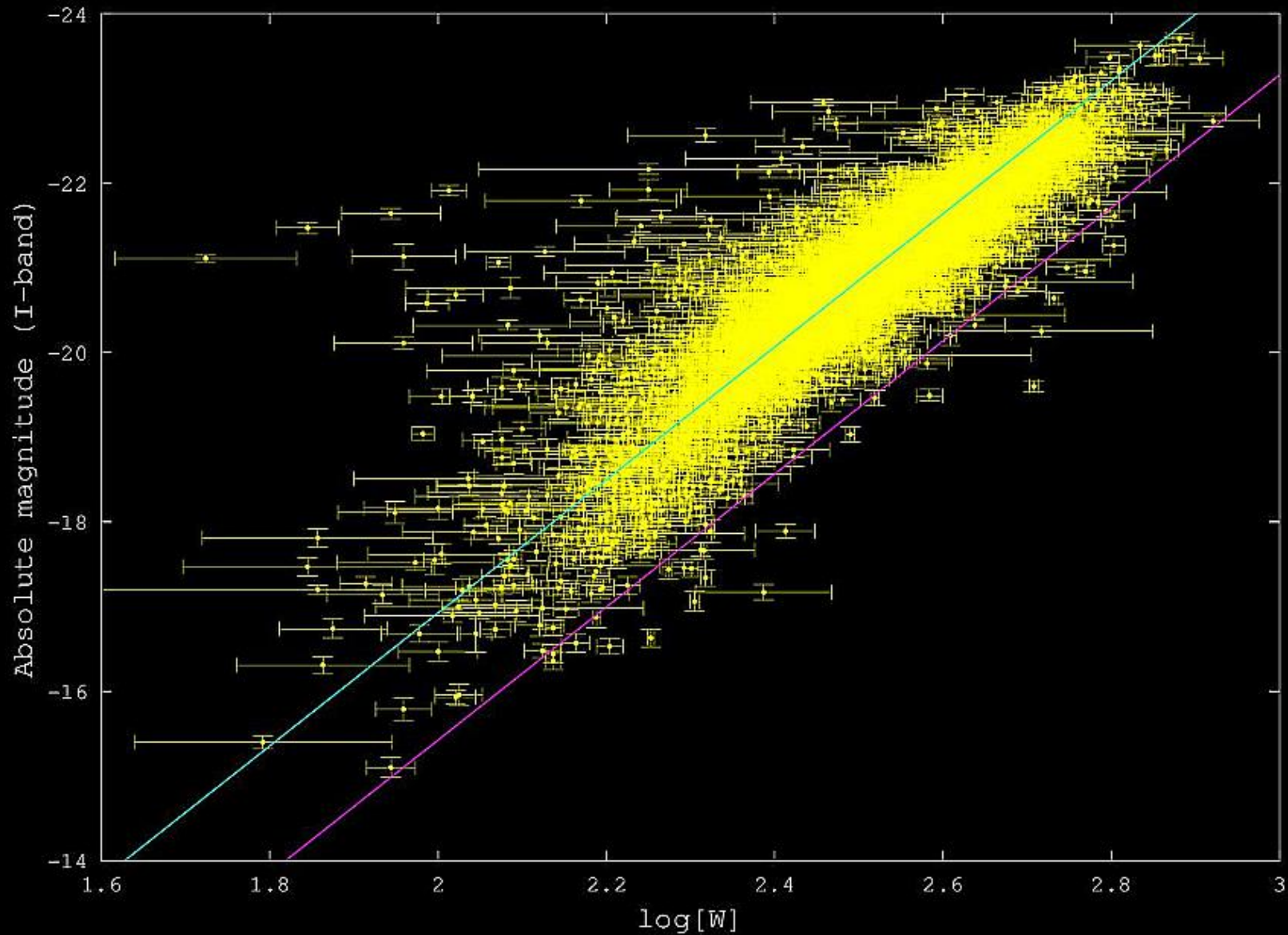
Main sample (N = 4202)

$$M_i = 2.93 - 9.29 \cdot \log(W)$$

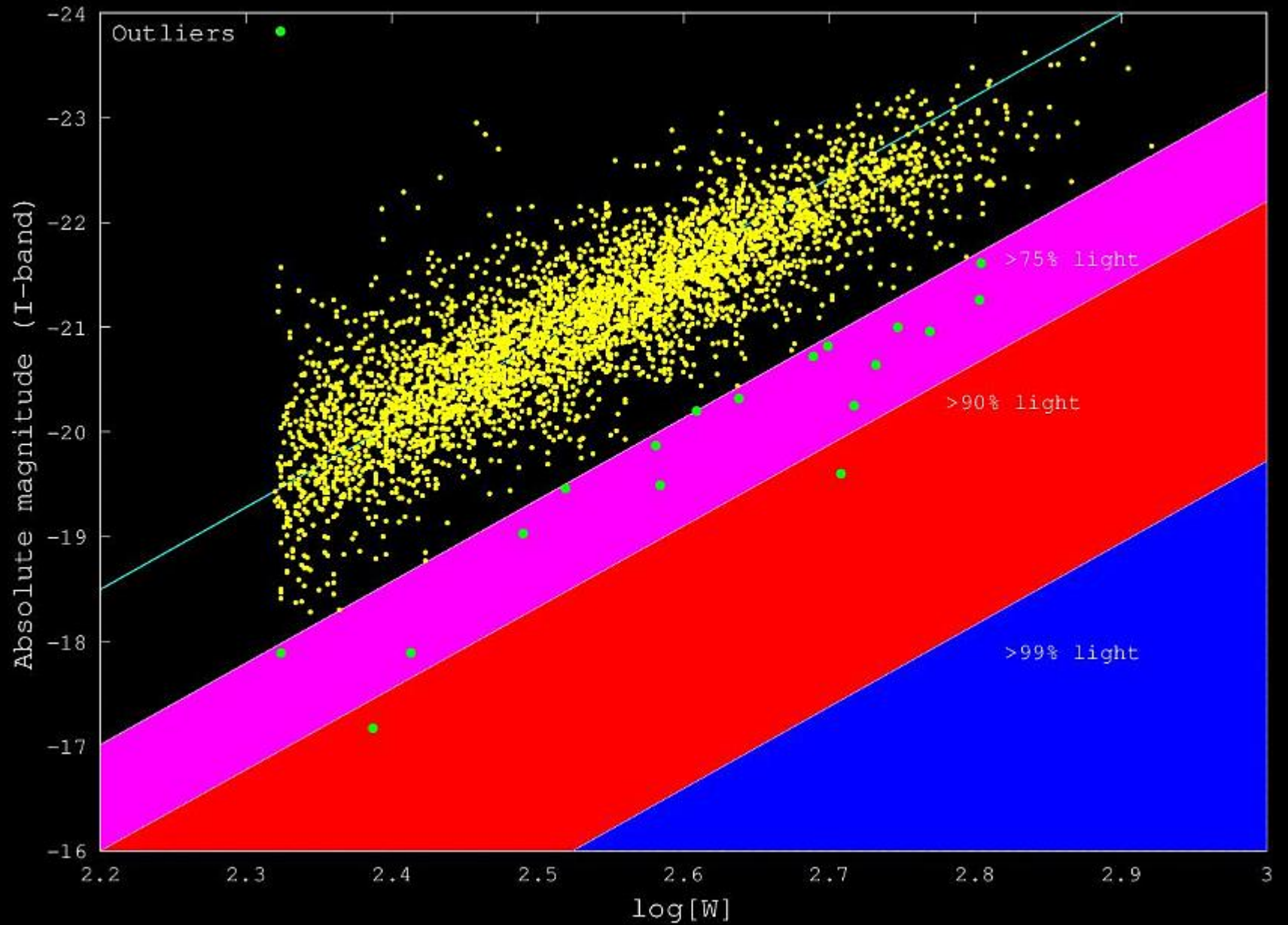
$$M_i^* = 1.43 - 9.29 \cdot \log(W)$$



SFI++ errorbar plot



Light obstruction



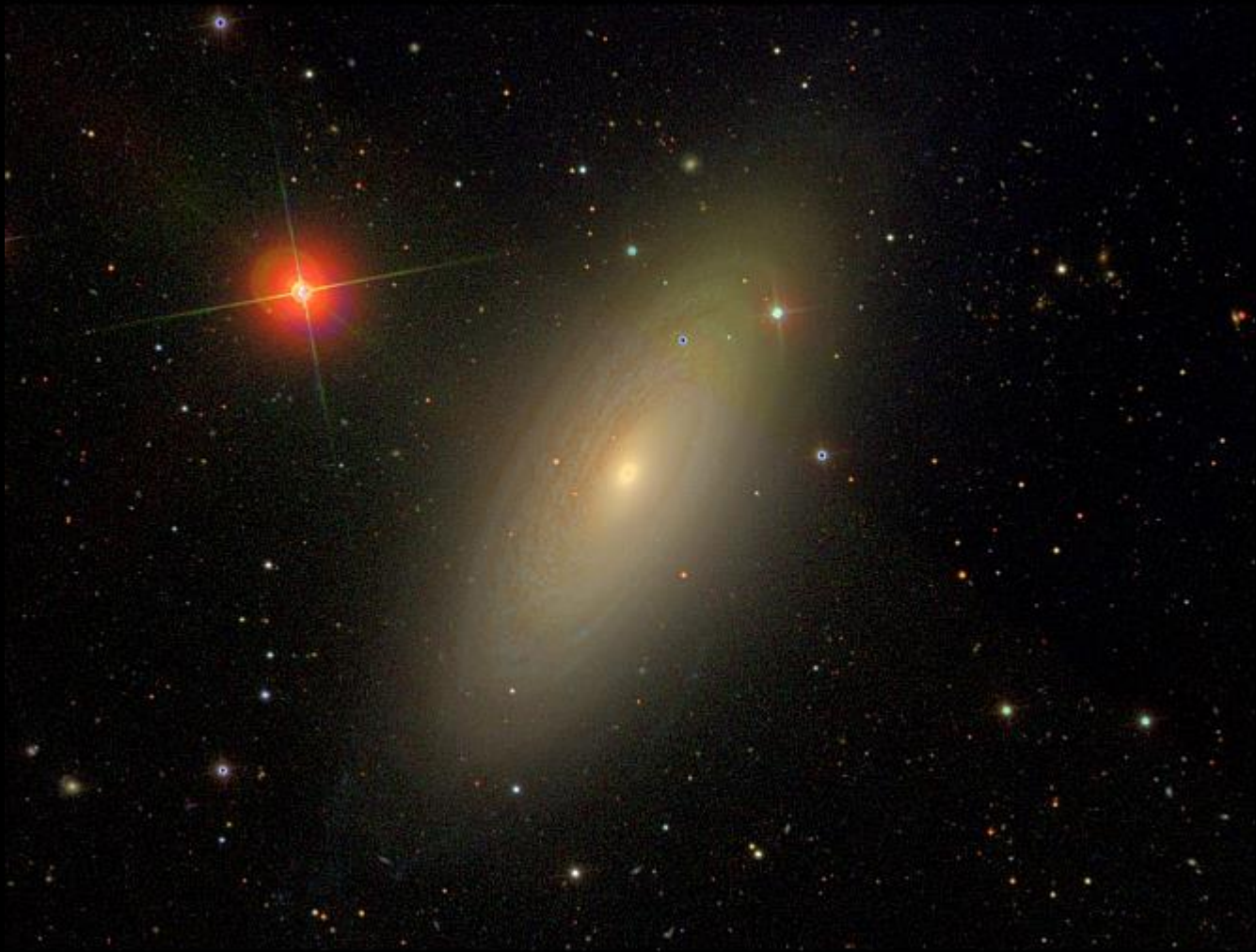
RA	DE	Name	$\log[W]$	M_I	cz	-
00 03 14.8	+16 08 44	N7814	2.708	-19.60	695	
00 39 43.1	+09 00 18	409-060	2.717	-20.25	4097	
01 43 01.7	+13 38 36	N 660	2.490	-19.03	556	
01 50 19.8	+33 09 17	110911	2.747	-21.00	9867	
02 08 32.3	+06 19 24	N 825	2.699	-20.82	3130	
02 17 53.2	+14 31 16	N 876	2.609	-20.20	3638	
02 23 51.9	+25 32 30	483-026	2.689	-20.72	4872	
02 39 16.4	+40 52 21	N1003	2.324	-17.89	423	
09 19 58.1	+37 11 27	I2461	2.581	-19.87	2495	
09 22 02.0	+50 58 39	N2841	2.804	-21.61	803	
12 20 38.2	+46 17 30	N4288	2.387	-17.17	5357	
12 44 42.6	+40 40 42	I3726	2.769	-20.96	2568	
15 15 05.0	+42 12 32	N5900	2.638	-20.32	701	
15 33 27.8	+56 33 32	N5963	2.413	-17.89	803	
22 00 41.1	+17 44 16	N7177	2.584	-19.49	491	
22 37 04.1	+34 24 58	N7331	2.732	-20.64	989	
22 37 47.0	+23 47 11	N7339	2.519	-19.46	4687	
22 56 50.7	-08 58 03	M-258011	2.803	-21.26	743	

Galassie candidate
ad ospitare un civiltà
K3 di Kardashev

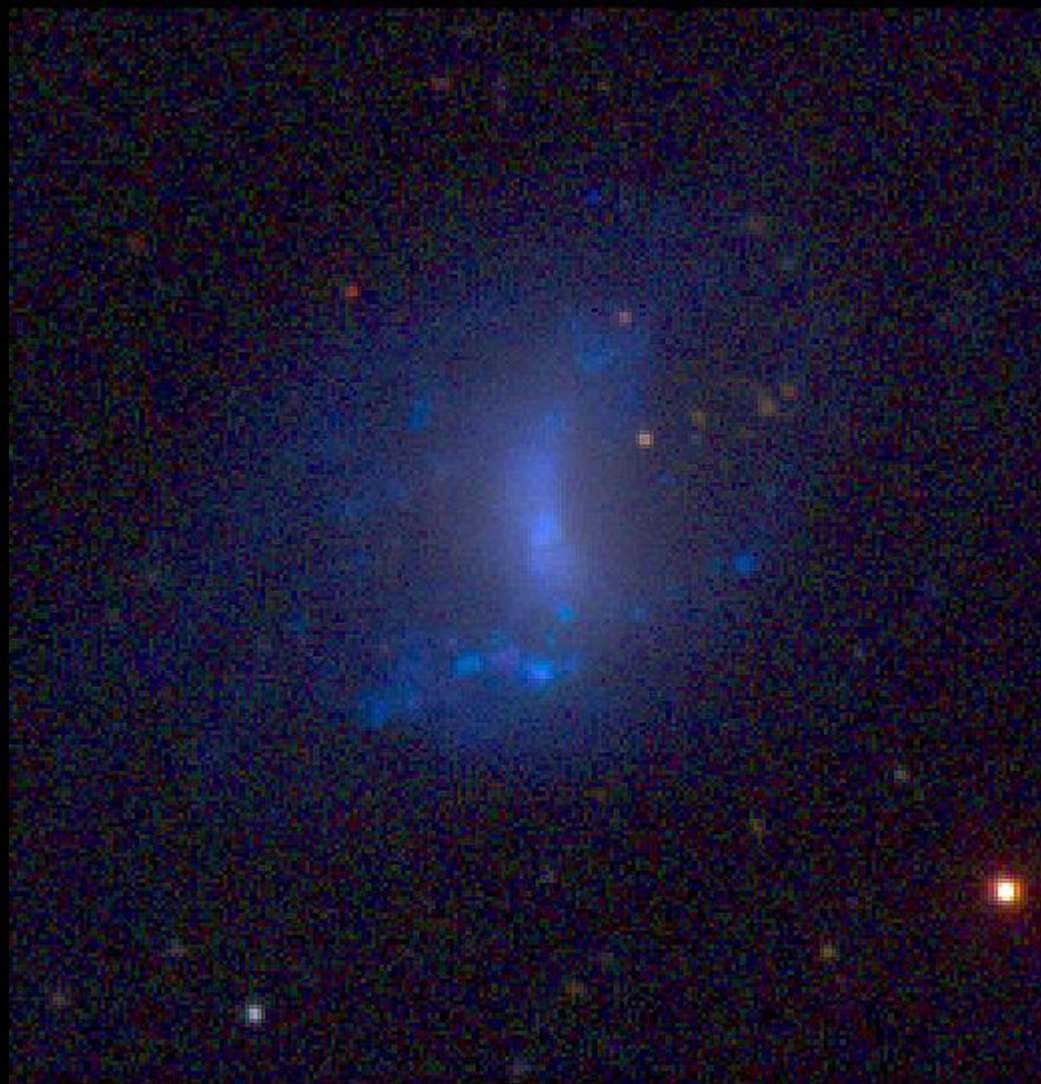
$$D = c \cdot z / H_0 \text{ Mpc}$$



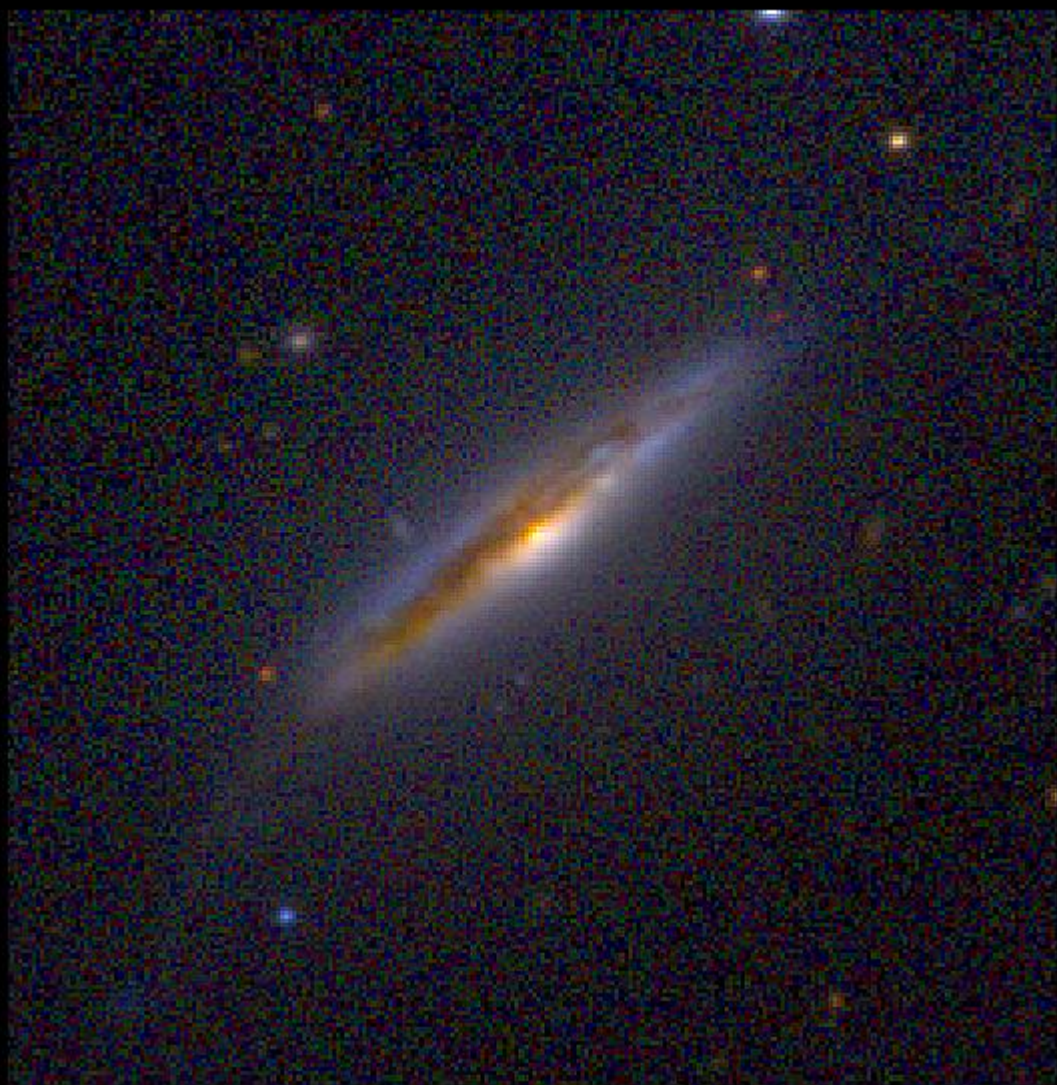
NGC 1003.



NGC 2841.



NGC 4288.



NGC 5900.



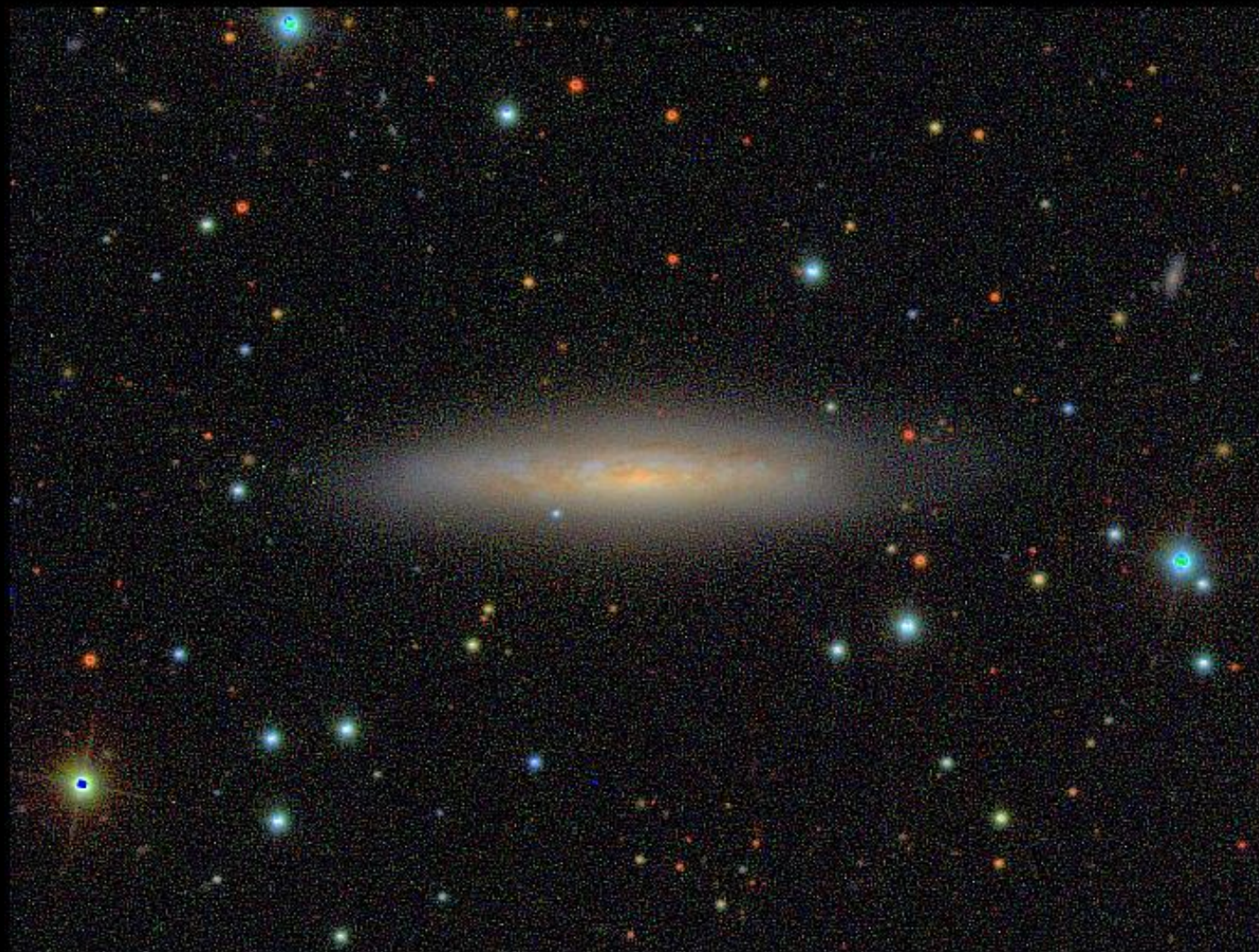
NGC 5963.



NGC 7177.



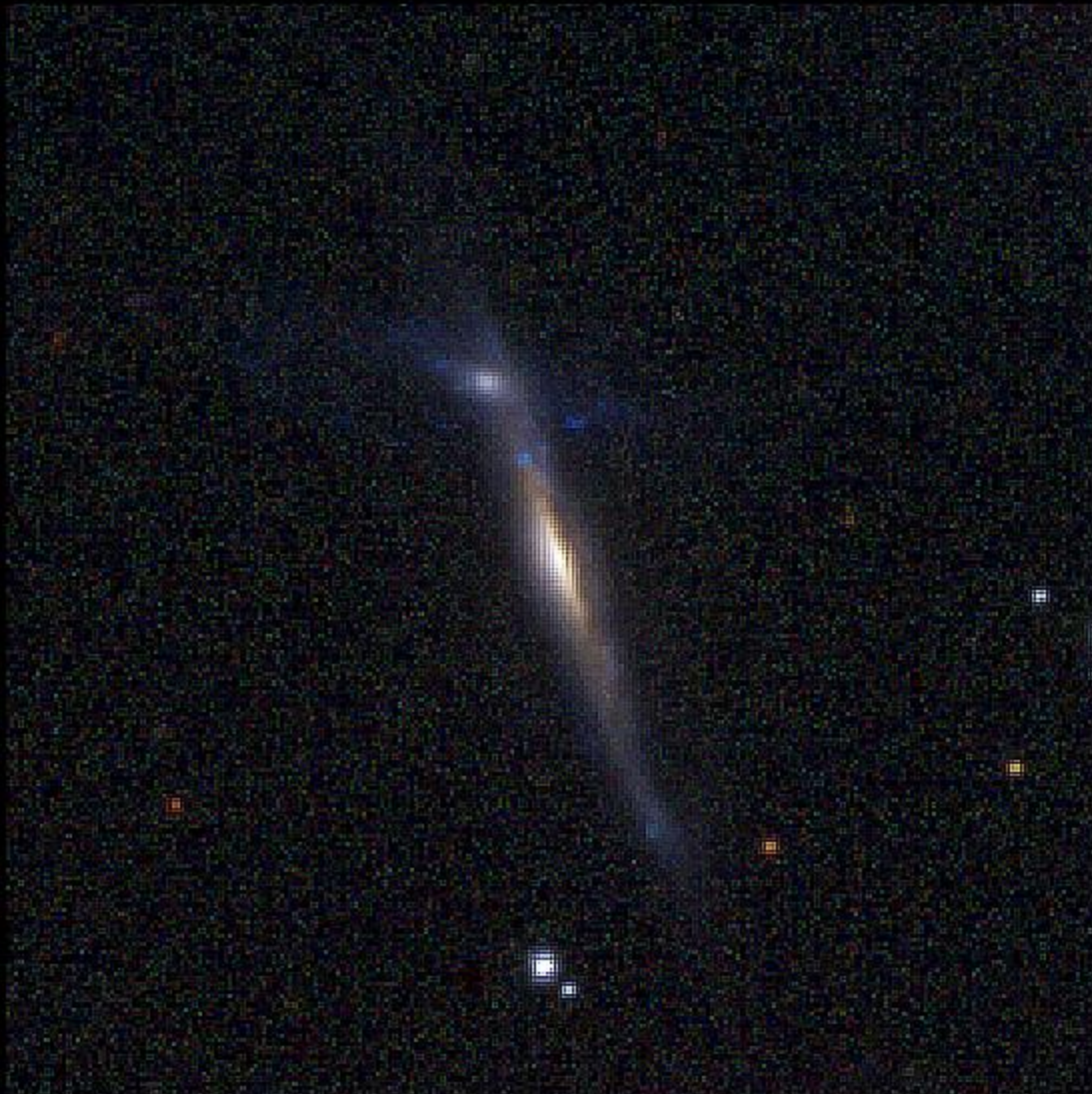
NGC 7331.



NGC 7339.



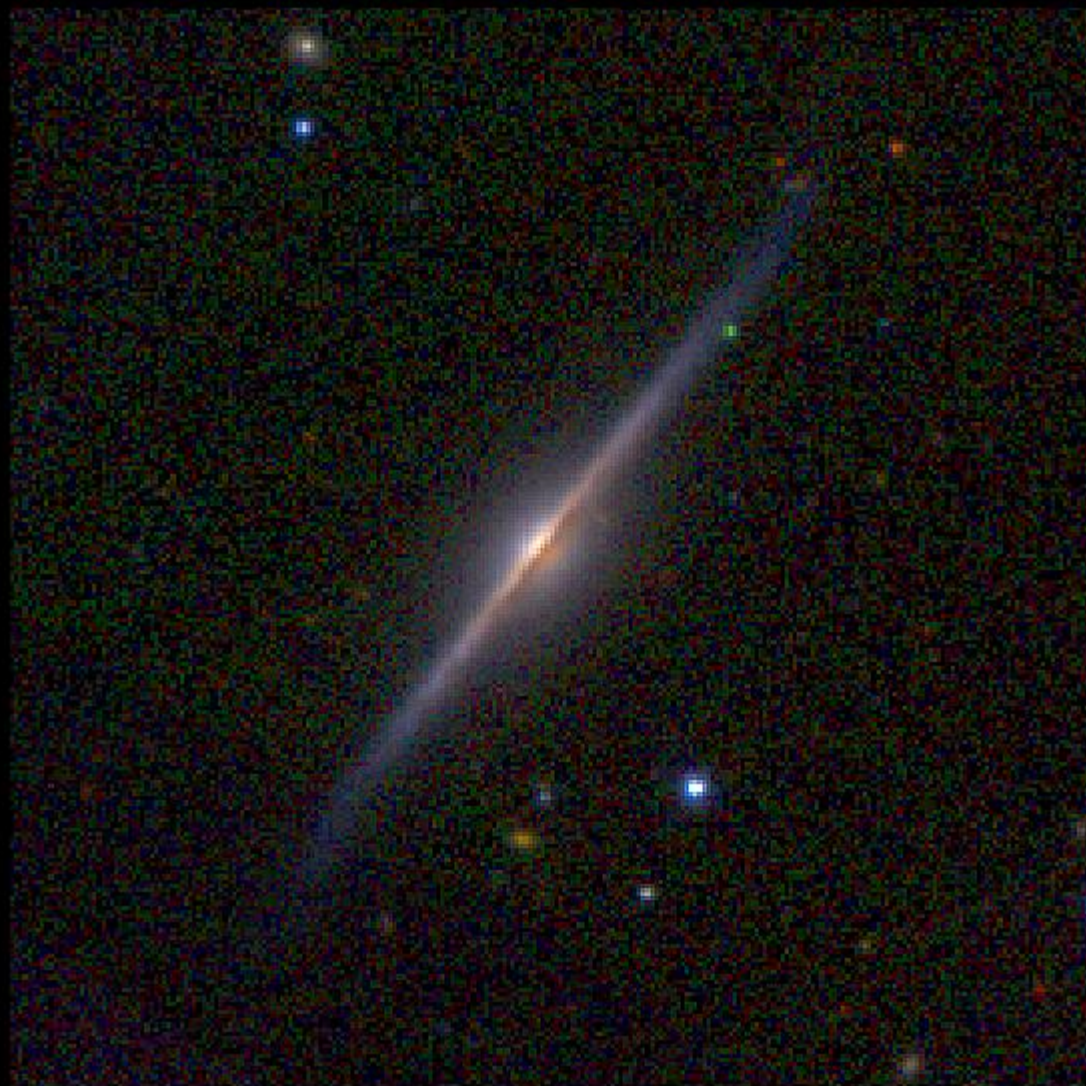
NGC 7814.



M-258011.



NGC 0660.



IC 2461.



IC 3726.

Unica spiegazione possibile (per ora...) è che esista, in ciascuna di esse, una civiltà di tipo KIII che ha costruito Sfere di Dyson intorno a moltissime stelle della rispettiva galassia per catturare l'energia

E' esistito quindi un processo di colonizzazione di ciascuna galassia da parte di una civiltà di tipo KIII di Kardashev

?

Forse si...

Se la risposta fosse positiva allora...

... Ma allora gli imperi galattici potrebbero veramente esistere?

...o essere esistiti?



...ecco una domanda a
cui è pressochè
impossibile
rispondere...

Grazie per
l'attenzione!!

