



Università della Terza Età "Cardinale Giovanni Colombo" – Milano

A.A. 2023 - 2024

Corso di Astrofisica

Docente : **Adriano Gaspani**

Lezione 20

L'Universo tollera la Tecnologia?

L'Universo tollera la Tecnologia?

...Ecco una domanda a cui
è difficile rispondere...

Qualche considerazione può essere
comunque fatta...

Il Livello Tecnologico

Le civiltà evolute possono in un certo tempo raggiungere svariati livelli di tecnologia e può essere utile stabilire alcuni criteri atti a valutare il grado di tecnologia raggiunto da una data civiltà evoluta.

Già nel 1964 l'astronomo russo Nikolai Kardashev mise a punto una scala di valutazione del grado tecnologico raggiunto da una civiltà durante il suo sviluppo e la sua evoluzione.

La scala di Kardashev

(basata sul consumo di energia)

La scala di Kardashev è un metodo di classificazione delle civiltà in funzione del loro livello tecnologico, proposta nel 1964 dall'astronomo russo Nikolai Kardashev.

Egli propose una scala con 5 livelli, da I a IV, più un livello di partenza 0.

Si compone di tre tipi, basati sulla quantità di energia di cui le civiltà dispongono, secondo una progressione esponenziale.

L'esistenza delle civiltà descritte è del tutto ipotetica, ma questa scala è stata utilizzata come base di partenza nella ricerca del progetto SETI, e viene utilizzata anche per classificare la nostra civiltà.



Nikolaj Kardašev

Livello tecnologico di Kardashev

Formula di
Carl Sagan

$$K = \frac{\log_{10} W - 6}{10}$$



Carl Edward Sagan |
(New York, 9 novembre 1934
– Seattle, 20 dicembre 1996)

Tipo K	Energia in Watts.	
Tipo 1	$4 \cdot 10^{12}$	Energia disponibile sul pianeta
Tipo 2	$4 \cdot 10^{26}$	Energia della stella del sistema planetario
Tipo 3	$4 \cdot 10^{37}$	Energia di tutta la galassia
Tipo 4	$4 \cdot 10^{46}$	Energia di un super ammasso di galassie
Tipo 5	$4 \cdot 10^{56}$	Energia di un intero universo

$$K = 0$$

Tipo 0: civiltà (compresa quella terrestre) che non sono in grado di sfruttare tutta l'energia prodotta dal loro pianeta, sia direttamente (energia solare) sia indirettamente (energia eolica, delle maree, dei fiumi, ma anche dei combustibili fossili).

Attualmente il Genere Umano ha raggiunto un livello tecnologico:

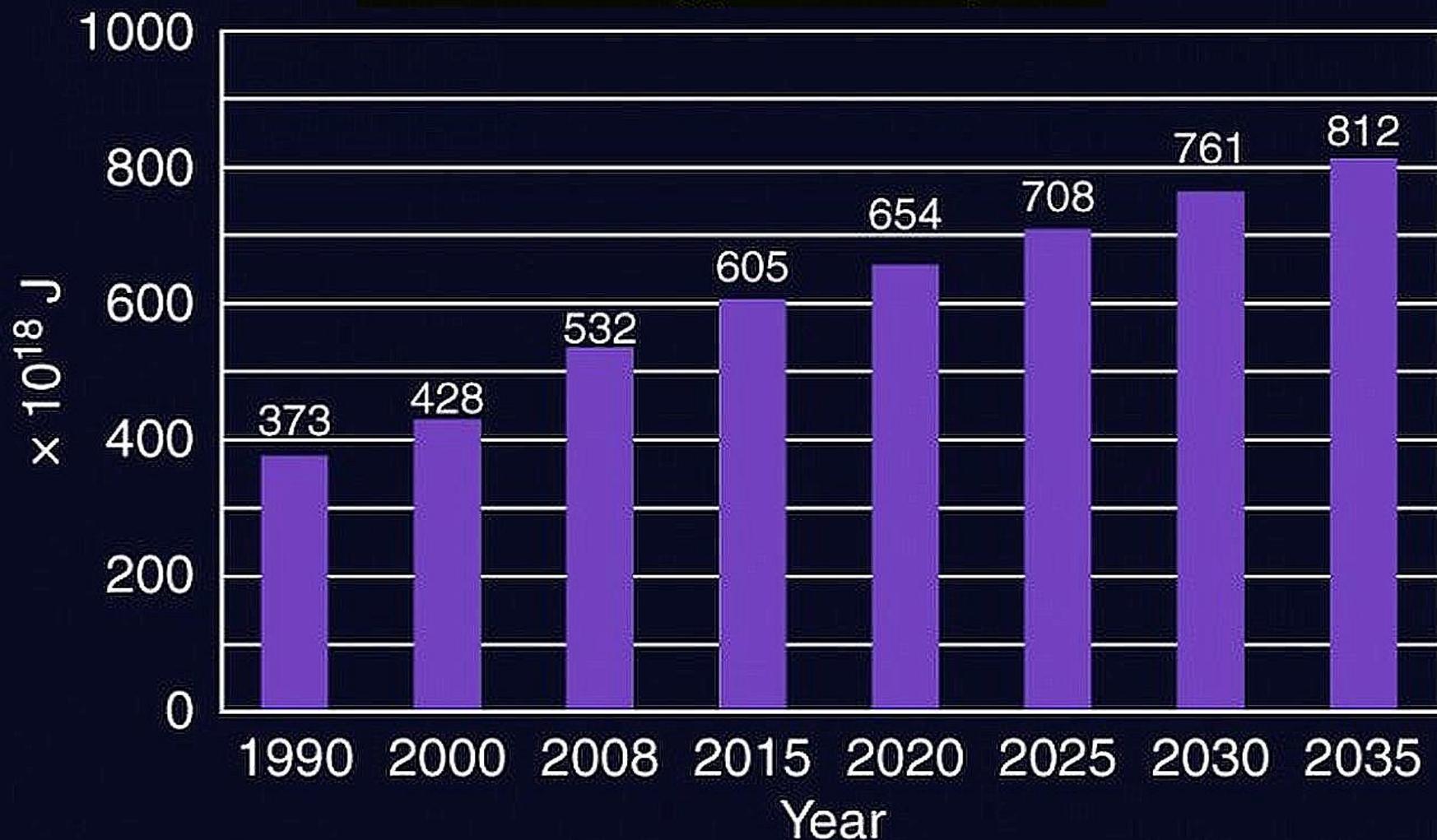
$$K = 0.72$$

Come facciamo a saperlo?

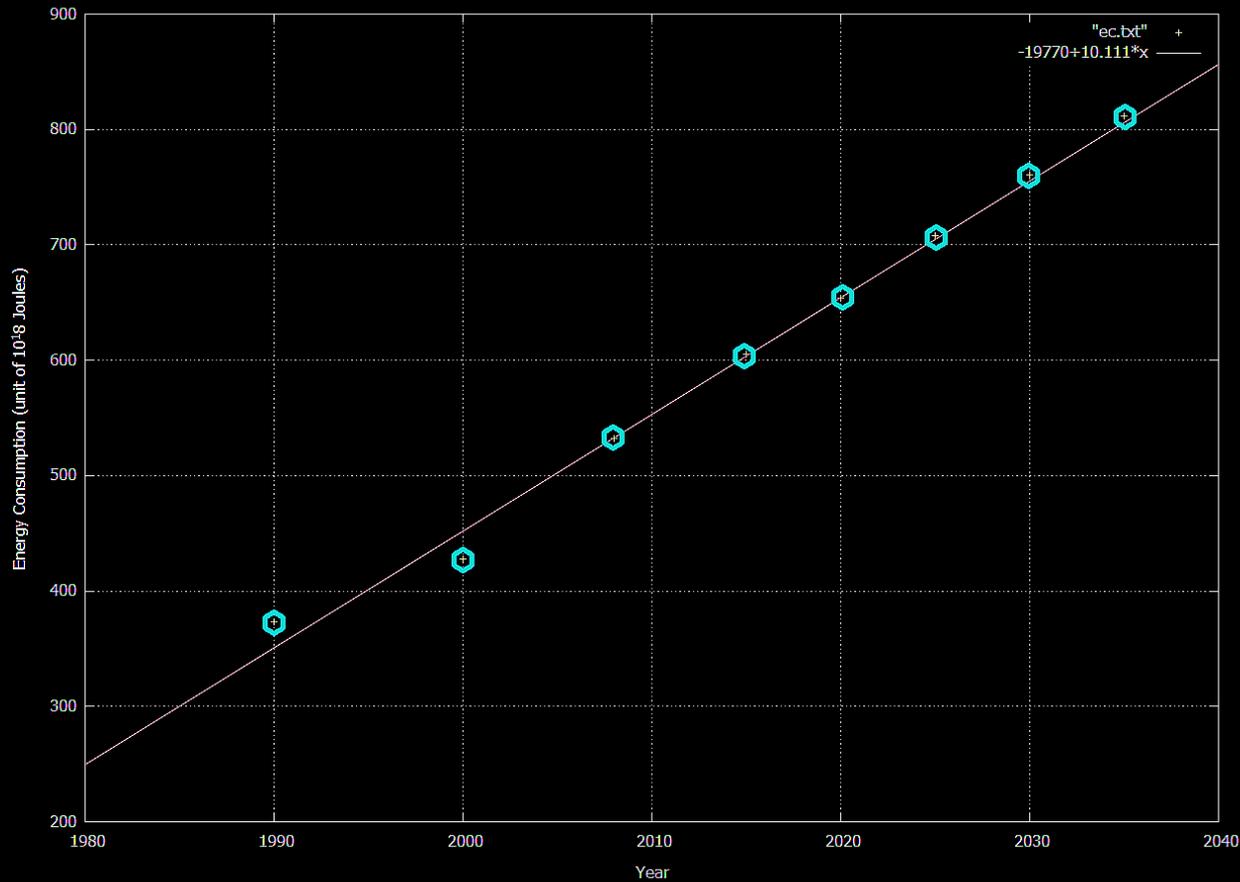
misurando la quantità di energia consumata annualmente nel mondo

energia consumata annualmente nel mondo

World Energy Consumption



Energy Consumption (1990-2035)



$$Ec(t) = -19770 + 10.111 \cdot \text{Year} \\ (\times 10^{18} \text{ Joules})$$

Incremento annuale di energia
consumata:

$dE/dt = 10^{19}$ Joules/anno
dal Genere Umano (attualmente)

ma l'incremento nel futuro è
altamente non lineare...

Sviluppo delle Civiltà Tecnologiche

Un conveniente modello (ricordiamo, non è l'unico) potrebbe essere il seguente che descrive il livello K di Kardashev in funzione del tempo. La funzione $K(t)$ potrebbe seguire un andamento del tipo:

$$K(t) = K_{max} / (1 + e^{-3 \cdot \sqrt{3} \cdot (2 t/L - 1)})$$

Dove t è il tempo espresso in anni di calendario; L è la durata della civiltà, definita come il tempo (in anni) richiesto per raggiungere il livello K_{max} che corrisponde alla singolarità tecnologica. Nel caso presente ho deciso di porre ragionevolmente $K_{max} = 4$, corrispondente al livello K4 di Kardashev.

K4 = singolarità tecnologica

La funzione $K(t)$ dipende dalla durata L della civiltà considerata.

Definiamo la durata L come il tempo richiesto da una civiltà tecnologica (se sopravvive) per arrivare alla singolarità tecnologica

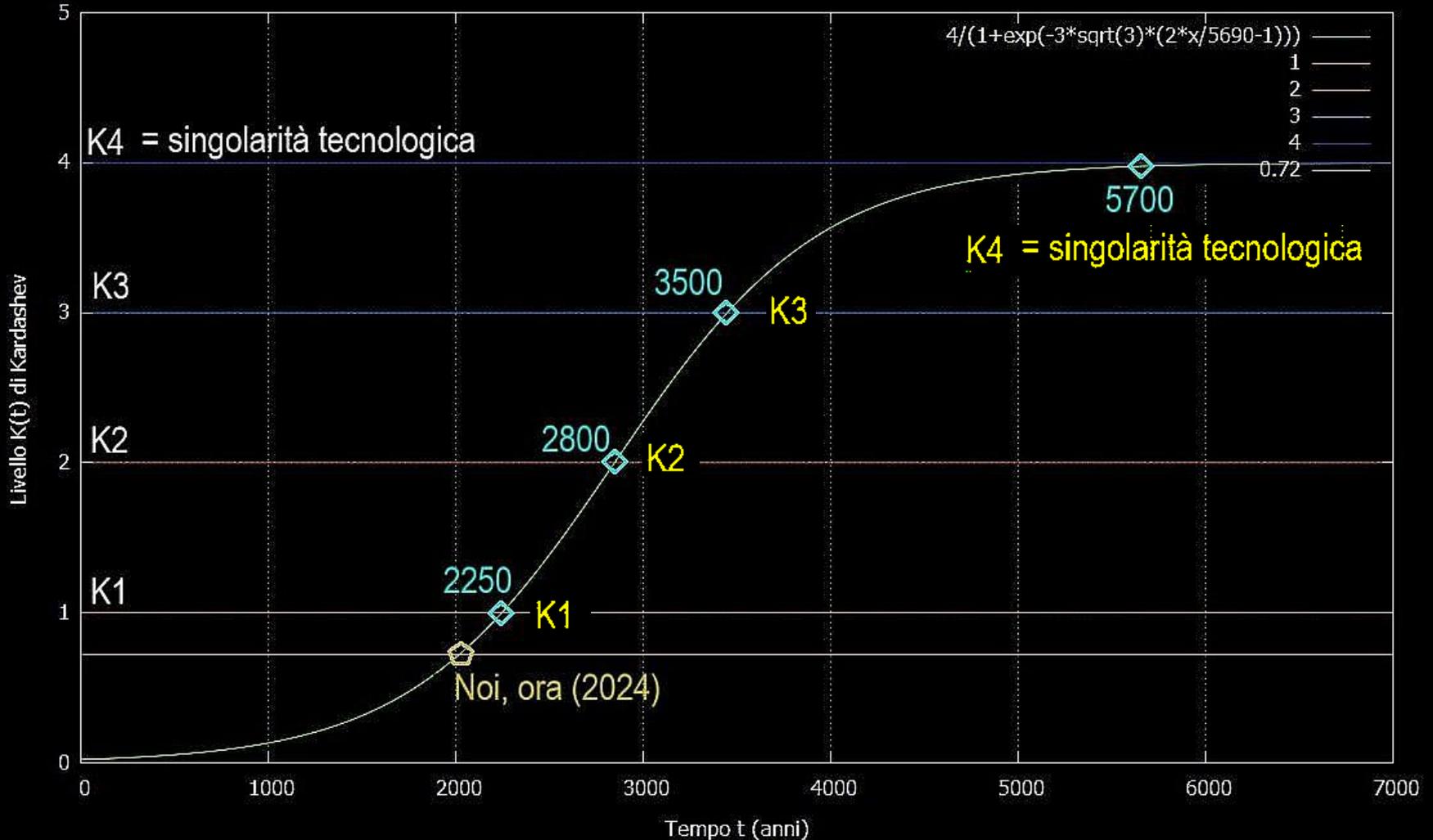
Tempi di sviluppo di una civiltà tecnologica

La formula precedente si può invertire ricavando il tempo $t(K)$ espresso in anni corrispondente ai vari livelli tecnologici K di Kardashev. Avremo quindi:

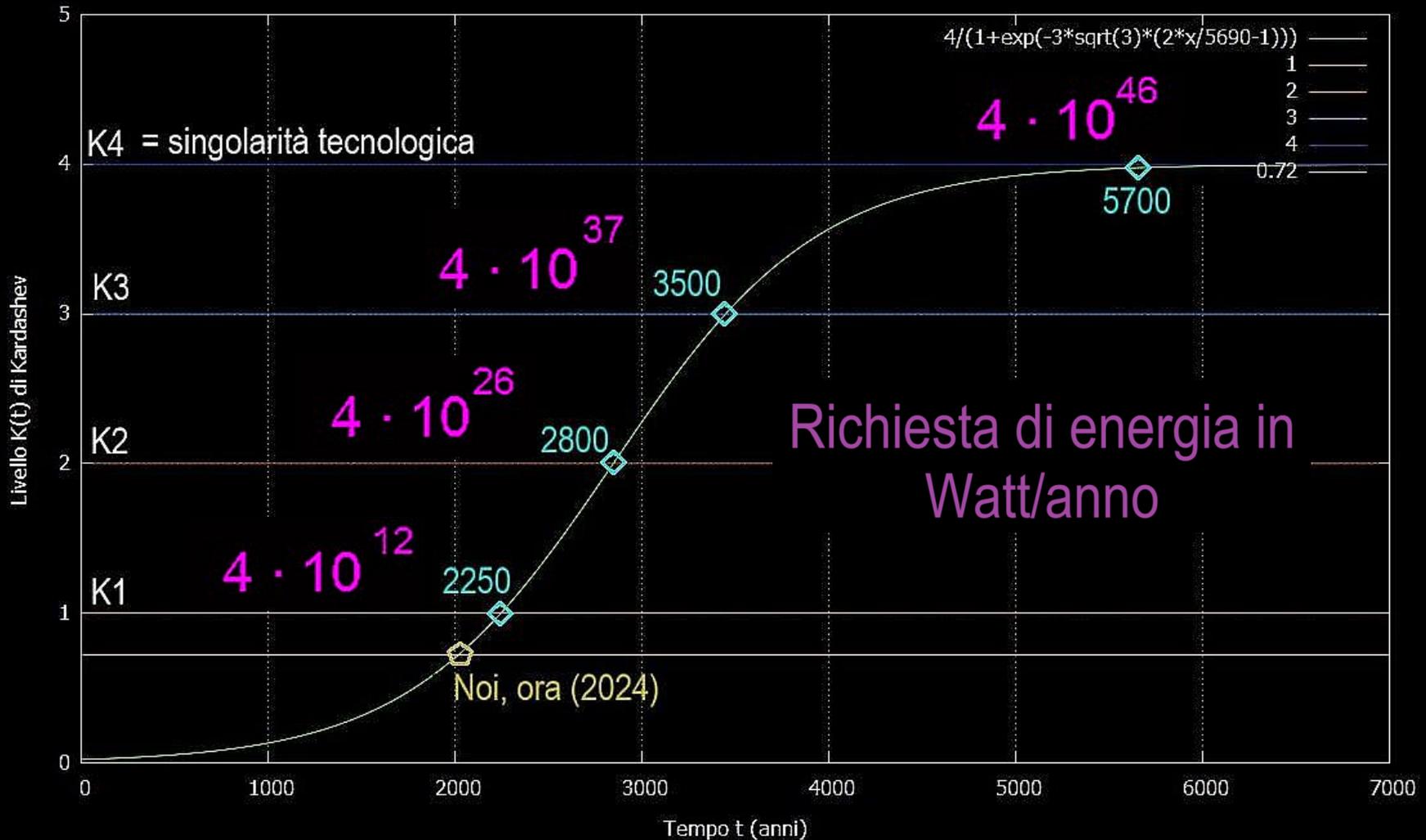
$$t(K) = L/2 \cdot (1 - 1/(3 \cdot \sqrt{3})) \cdot \ln(K_{max}/K - 1)$$

Il modello descritto dipende solamente da due parametri: il livello tecnologico massimo K_{max} corrispondente alla singolarità tecnologica e la durata L della civiltà. Se proviamo ad applicare il modello descritto al Genere Umano, ponendo $K_{max} = 4$ e sapendo che attualmente (anno 2024) il livello tecnologico raggiunto è circa $K=0.72$ allora posso risolvere l'equazione tipica del modello nonlineare e ricavare una ragionevole stima della durata L del Genere Umano. Il risultato è molto interessante, in quanto L risulta pari a 5700 anni circa; quindi non ci resterebbero che 3700 anni circa da vivere.

Modello evolutivo per il Genere Umano se L=5700 anni



Richiesta di energia



$$K = 1$$

Tipo I : civiltà potenzialmente in grado di utilizzare una quantità di energia pari a quella disponibile sul suo pianeta d'origine.

Il Genere Umano dovrebbe
arrivare al livello $K=1$ intorno
all'anno 2250

K = 2

Tipo II : civiltà potenzialmente in grado di utilizzare una quantità di energia pari a quella immagazzinata della stella al centro del proprio sistema planetario.

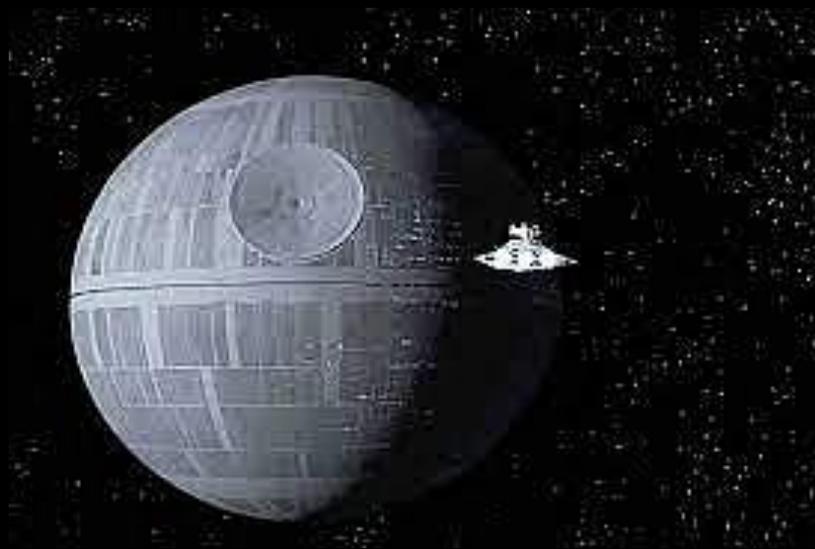
Il Genere Umano dovrebbe
arrivare al livello K=2 intorno
all'anno 2800



$$K = 3$$

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

Il Genere Umano dovrebbe
arrivare al livello $K=3$ intorno
all'anno 3500



$$K = 4$$

Tipo IV: civiltà potenzialmente in grado di controllare una quantità di energia pari a quella immagazzinata in un ammasso di galassie.

Il Genere Umano dovrebbe
arrivare al livello $K=4$ intorno
all'anno 5700

...ma una civiltà $K4$ non può più essere
biologica...



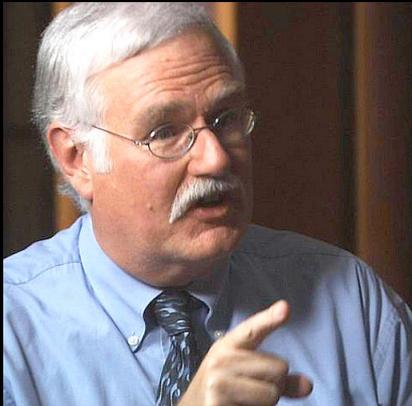


Iosif Samuilovich Shklovsky (1 July 1916 – 3 March 1985)

L'astrofisico russo Iosif Shklovsky, principale collaboratore di Kardashev, giunse però alla conclusione che una civiltà di tipo III non potrebbe sopravvivere a sé stessa e si autoestinguerebbe rapidamente secondo il concetto della cosiddetta “singolarità tecnologica”.

Il Punto Omega

Punto Omega è un termine coniato dallo scienziato gesuita francese Pierre Teilhard de Chardin per descrivere il massimo livello di complessità e di coscienza verso il quale sembra che l'universo tenda nella sua evoluzione.



Frank Tipler

Frank Jennings Tipler è un fisico e scrittore statunitense, autore della controversa teoria del punto Omega. Insegna fisica matematica alla Tulane University di New Orleans.



Pierre Teilhard de Chardin

Nascita: 1 maggio 1881, Orcines, Francia

Morte: 10 aprile 1955, New York

Pierre Teilhard de Chardin è stato un gesuita, filosofo e paleontologo francese.

L'idea del Punto Omega è stata ripresa in scritti successivi, come quelli di John David Garcia (1971), Paolo Soleri (1981), Frank Tipler (1994) e Juergen Schmidhuber (2018).

Quest'ultimo usa il termine Punto Omega per descrivere ciò che egli sostiene sia:

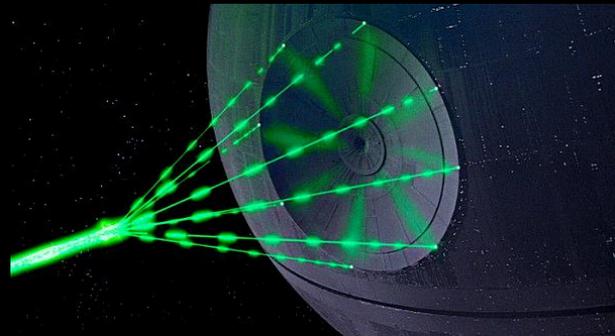
“...il momento in cui avremo una vera Superintelligenza artificiale, che cambierà tutto”.

...è la Singolarità Tecnologica

Il Tipo di Kardashev e l'energia corrispondente possono essere messi in relazione con la probabilità di sopravvivenza della civiltà considerata in quanto maggiore è l'energia correntemente disponibile e maggiore è il pericolo di autodistruzione completa della civiltà.

Già una civiltà di Tipo I, in caso di conflitto, potrebbe disporre di armi sufficientemente potenti da scaricare quantità di energia sufficienti a distruggere l'intero pianeta.

E' lo scenario "Morte Nera di Star Wars"



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:

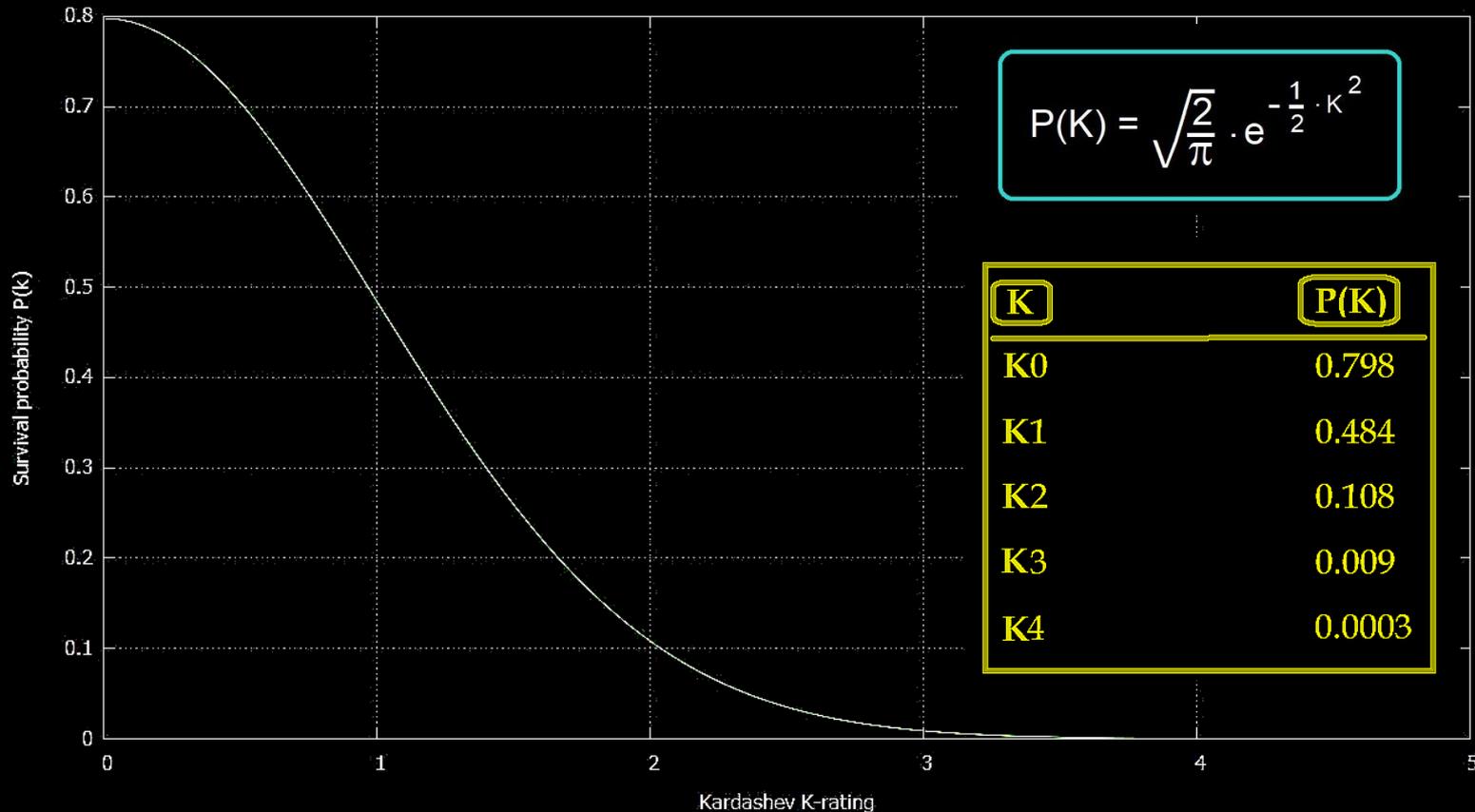
$$P(K) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot K^2}$$

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:

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

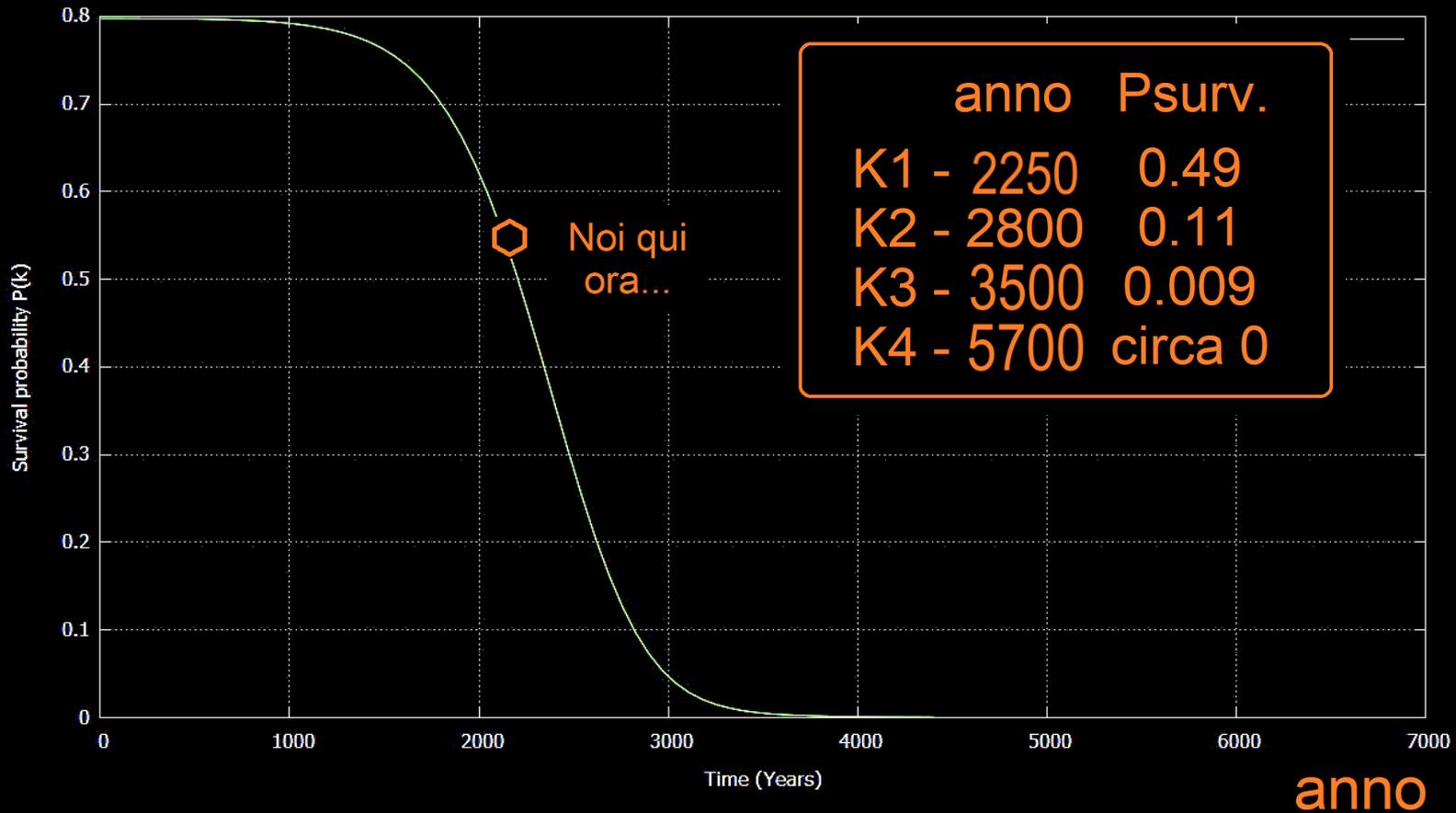
Ma anche in termini di potenza energetica consumata. Definiamo $P(W)$ come la probabilità che una specie biologica tecnologicamente evoluta ha di sopravvivere utilizzando una quantità di energia espressa in Watt. Possiamo mettere in relazione in maniera semplice tale probabilità con il tipo di Kardashev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

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

Probabilità di sopravvivenza del Genere Umano nel tempo dovuta all'aumento del suo livello tecnologico

Psurv.

Survival probability as function of the time (years) for the terrestrial civilization



Densità media di sviluppo delle civiltà tecnologicamente evolute:

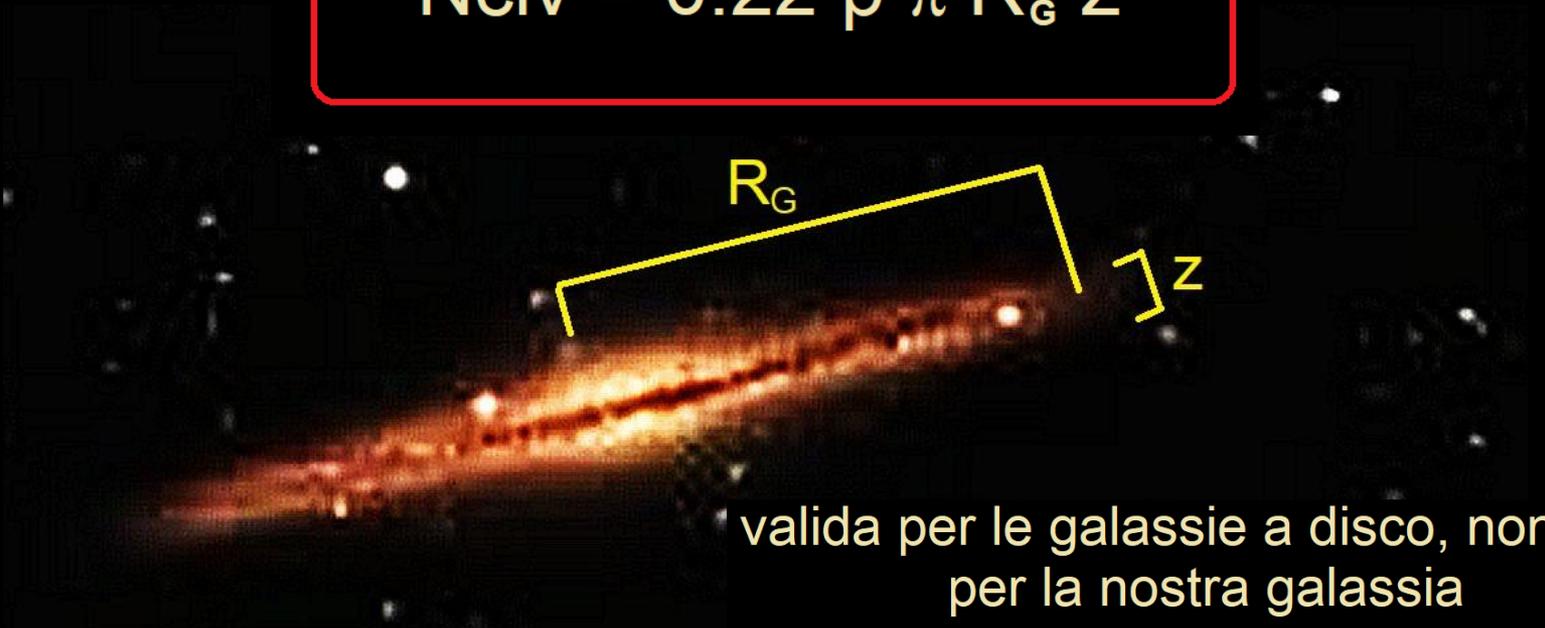
$$\text{Dens(civ)} = 0.22 \cdot p \quad \text{civiltà/kpc}^3$$

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)

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



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

La situazione attuale nella nostra Galassia

$$(N_{civ} = 91 \pm 10)$$

Livello tecnologico $K_a \Rightarrow K_b$	Probabilità di sopravvivenza	Densità numerica delle civiltà	Numero di civiltà tecnologiche
$K_0 \Rightarrow K_1$	70%	0.15	64 ± 8
$K_1 \Rightarrow K_2$	24%	0.05	22 ± 5
$K_2 \Rightarrow K_3$	5%	0.01	5 ± 2
$K_3 \Rightarrow K_4$	$< 1\%$	< 0.002	0 ± 0

civiltà/kpc³

Nota:

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

Attualmente il Genere Umano ha
raggiunto un livello tecnologico:

$$K = 0.72$$

La Singolarità Tecnologica

La cosiddetta Singolarità Tecnologica si verifica nel momento in cui una civiltà crea dei supercomputer dotati di intelligenza artificiale talmente sofisticata da essere superiore a quella naturale tipica della civiltà che li costruisce.

In genere questo avviene sulla spinta della necessità di utilizzare grandi quantità di energia destinata al mantenimento di condizioni di vita ipertecnologiche le quali prevedono, tra le altre cose, tentativi di supremazia bellica, ma anche viaggi spaziali interstellari sia di esplorazione che di conquista.

Definiamo una macchina ultra intelligente come una macchina che può superare di gran lunga tutte le attività intellettuali dell'individuo più intelligente della civiltà che l'ha costruita.

Dato che la progettazione di macchine è una di queste attività intellettuali, una macchina ultra intelligente potrebbe progettare e costruire a sua volta macchine ancora migliori; esisterebbe quindi una "esplosione di intelligenza" (e di ulteriore tecnologia) e l'intelligenza biologica rimarrebbe molto indietro rispetto a quella artificiale.



Potremmo quindi affermare che la prima macchina ultra intelligente sarebbe l'ultima invenzione che una civiltà tecnologica avrebbe bisogno di realizzare, ammesso che la macchina sia sufficientemente docile da tenerla sotto controllo e in caso di pericolo, di "staccare la spina" in caso contrario la civiltà biologica originale è virtualmente finita e si estinguerebbe molto rapidamente.



Questo è uno scenario che si avvicina molto a quello di Star Wars, dove esistono mondi dove ci sono macchine che costruiscono, in maniera del tutto autonoma, droidi, navi spaziali e quant'altro.

Dopo che si è verificata la Singolarità Tecnologica, il pianeta che prima ospitava una civiltà biologica tecnologicamente evoluta, potrebbe ora ospitare una civiltà formata esclusivamente da macchine pensanti capaci di programmare in maniera del tutto autonoma anche la conquista militare e la dominazione di altri mondi limitrofi.

Ovviamente la richiesta di energia, per questo tipo di civiltà artificiale non biologica sarebbe altissima, ma anche la capacità di reperirla e di utilizzarla sarebbe alla sua portata.

Una civiltà di Tipo IV di Kardashev, dovrebbe quindi essere, con grande probabilità, non biologica.



La durata di una simile civiltà artificiale potrebbe essere virtualmente molto lunga e potrebbe espandersi agevolmente nella galassia che la ospita in quanto per essa i viaggi interstellari, anche di lunghissima durata, presenterebbero molti meno problemi rispetto a quelli che una civiltà biologica dovrebbe affrontare.

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"

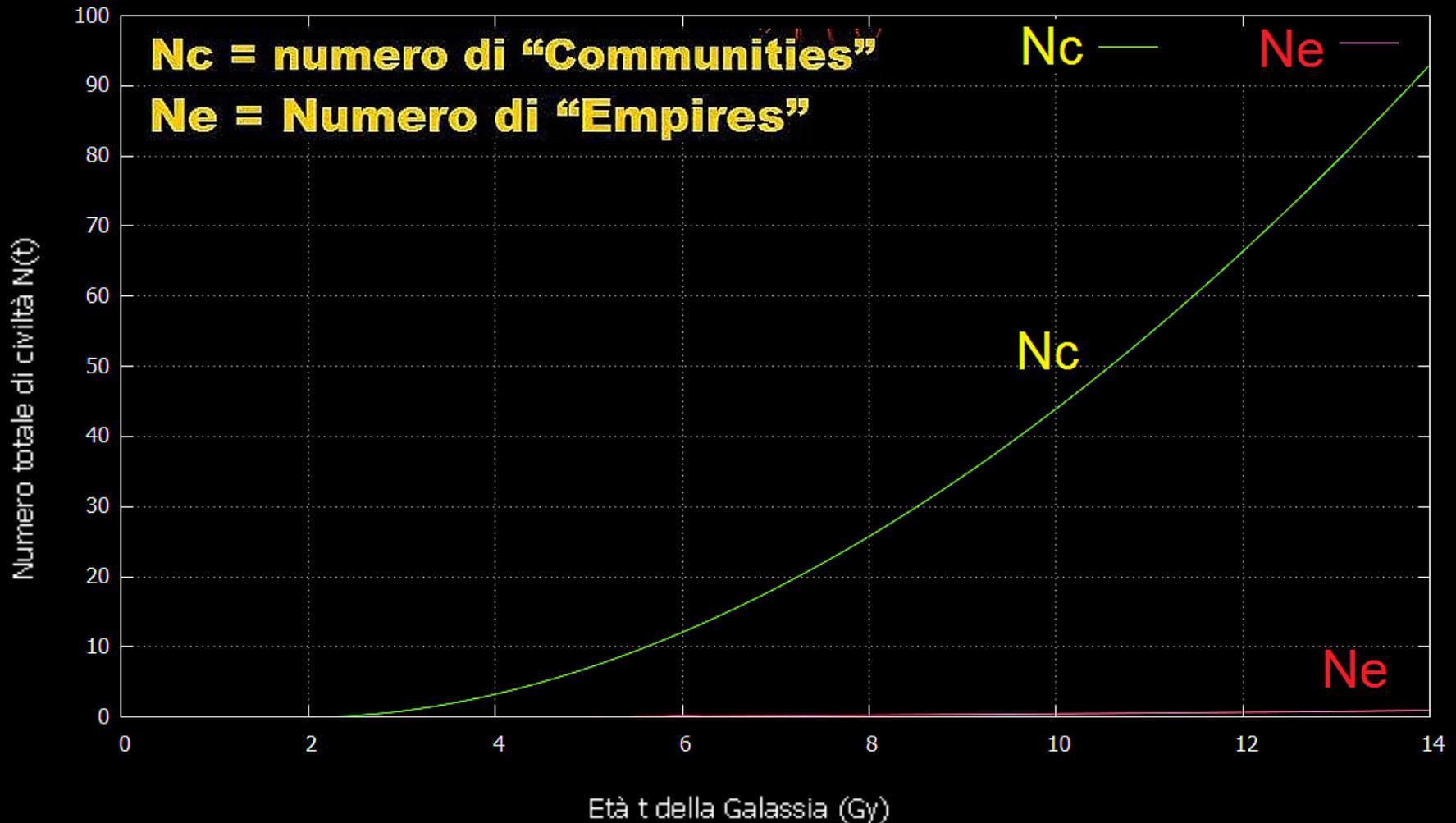
N_c = numero di "Communities"

N_e = Numero di "Empires"

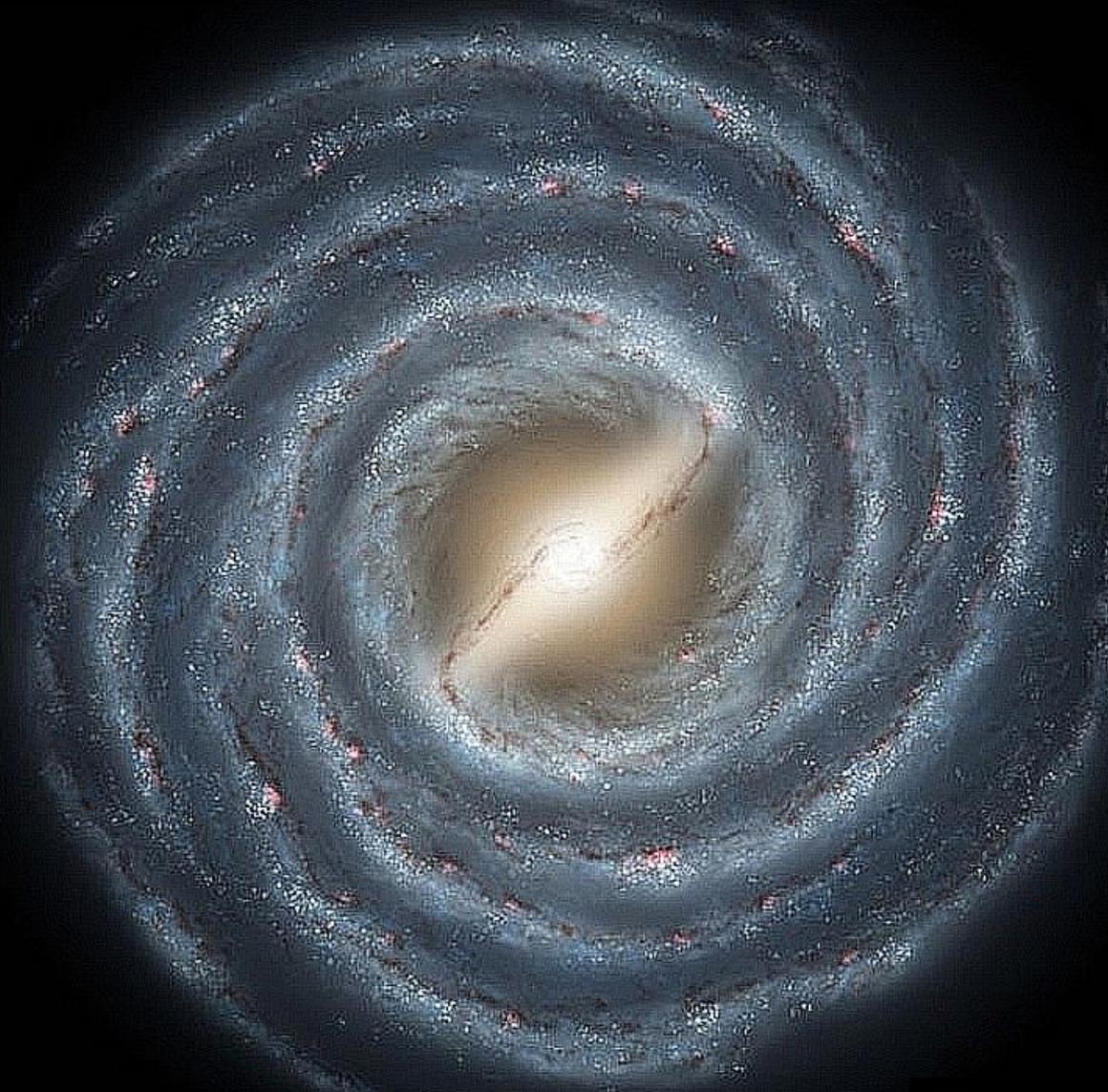
$$\mathbf{N_c/N_e = 100 \quad circa}$$

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

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

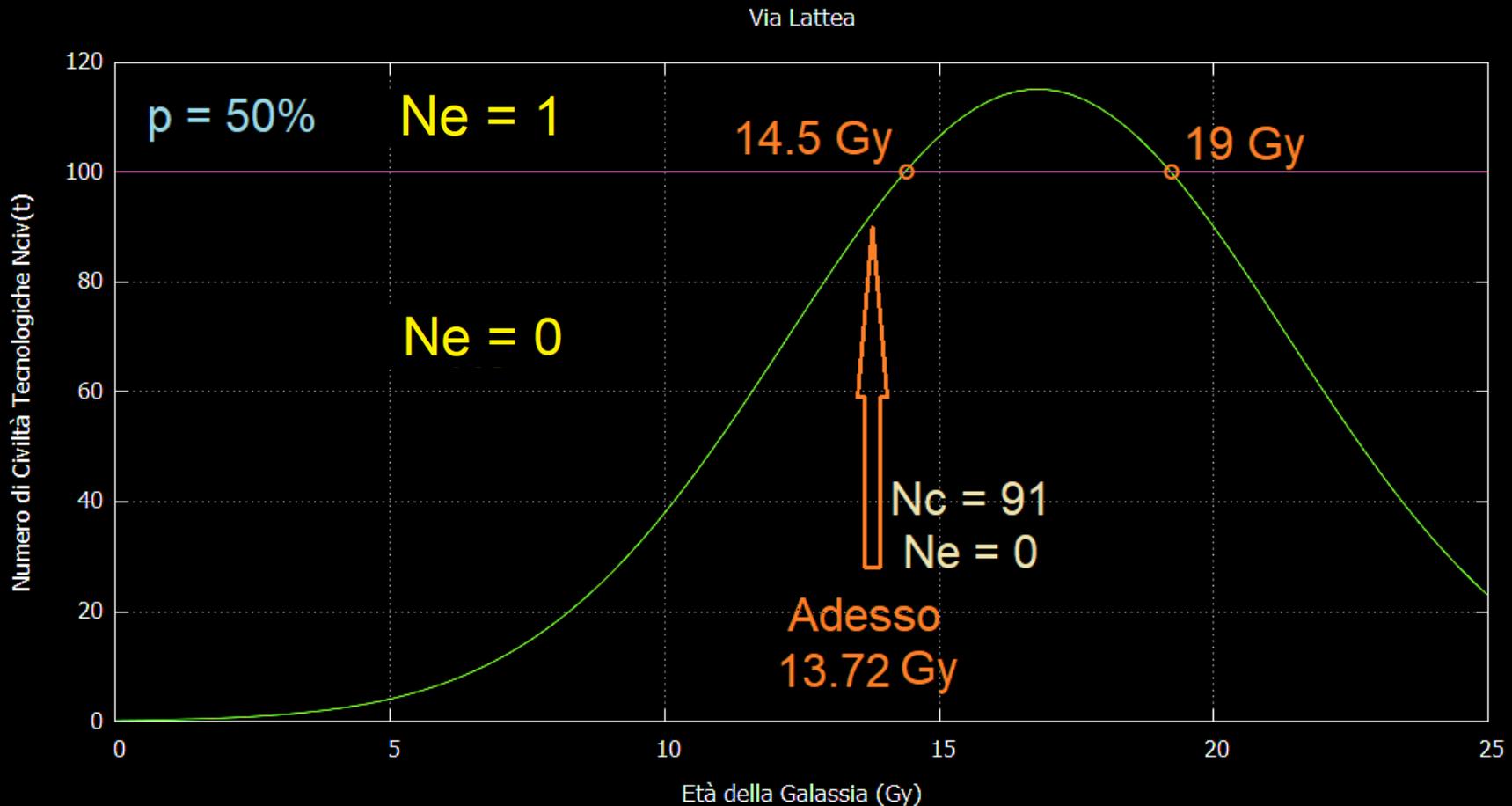


La Via Lattea



$R_g = 16.33 \text{ Kpc}$

A quando l'Impero Galattico?

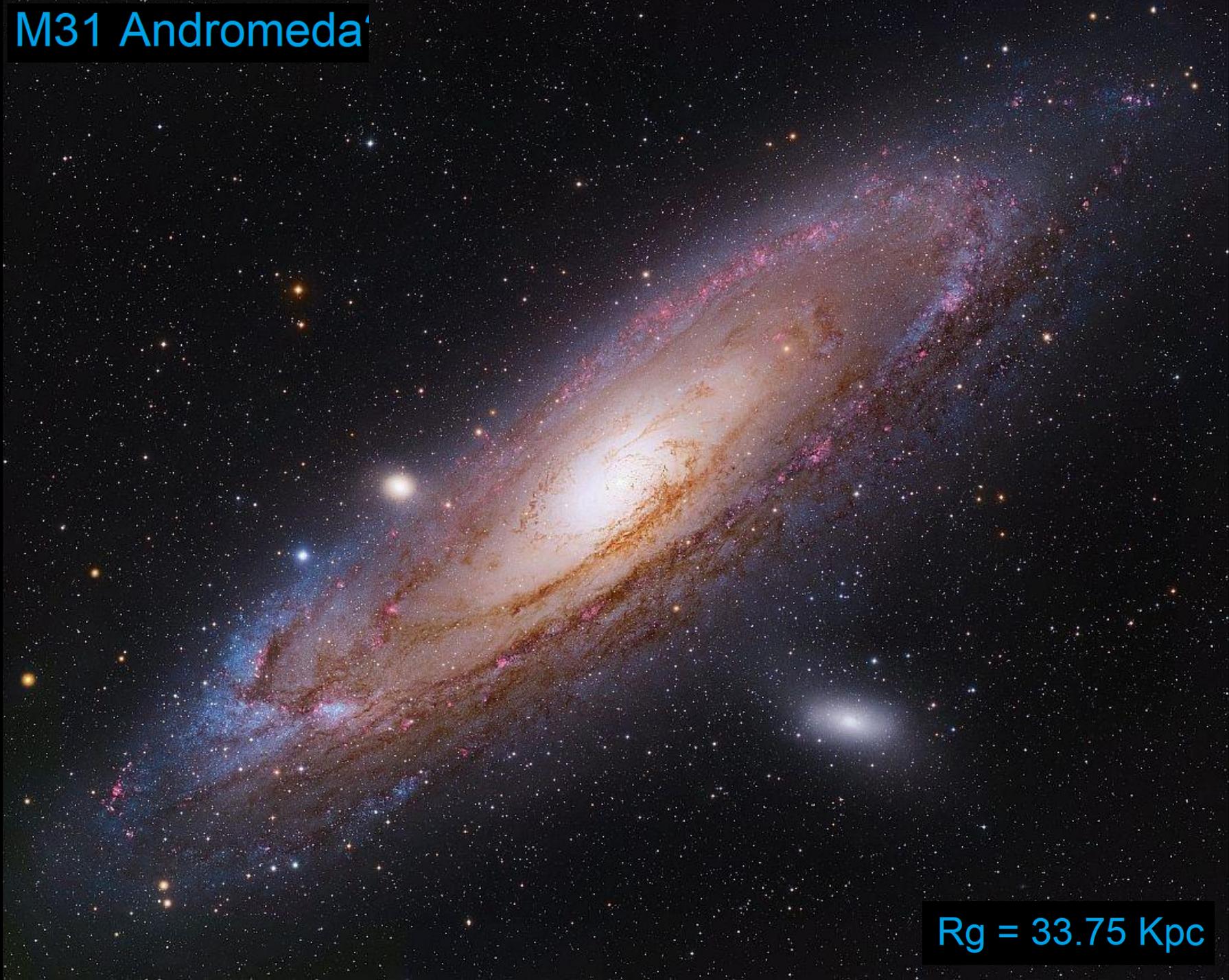


attualmente nessuna civiltà imperiale

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

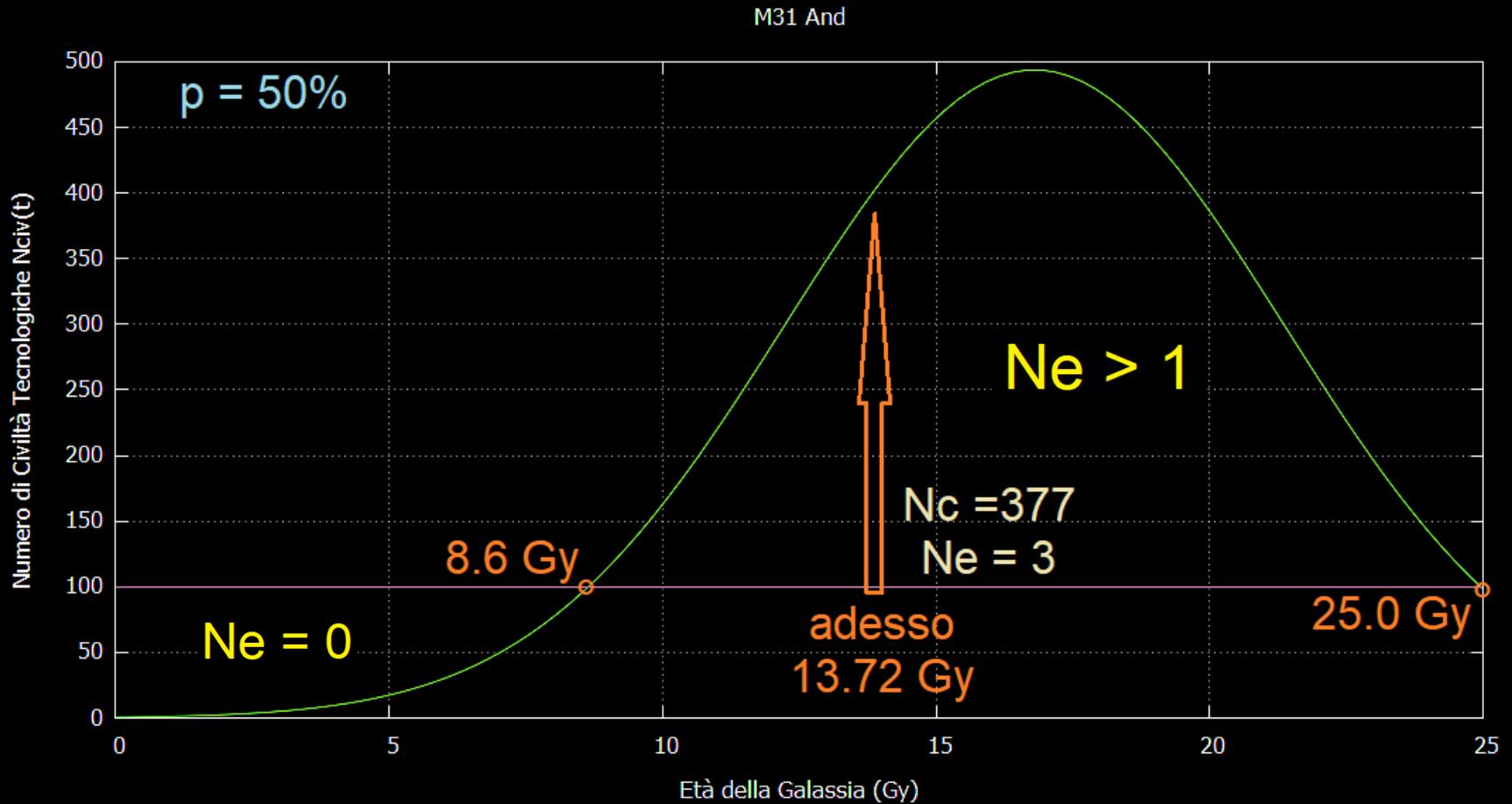
Saremo forse noi? **No!**

M31 Andromeda



$R_g = 33.75 \text{ Kpc}$

.... e in M31 Andromeda?



circa 4 civiltà imperiali

Espansione nella Galassia

- Teoria dell'Onda di Espansione (colonizzazione della Galassia)

Esistono due possibilità:

- a) Di persona
- b) Macchine di Bracewell-Von Neuman
- c) Berserker



Espansione di una civiltà all'interno della propria galassia

Autore	Tempo T richiesto per colonizzare la Galassia (anni)	Velocità di espansione V/c
Hart (1975)	10^6	0.1
Jones (1976)	5×10^6	0.02
Kuiper & Morris (1977)	6.25×10^6	0.016
Jones (1978)	1.75×10^7	5.7×10^{-3}
Tipler (1980)	4×10^6 (*)	0.025
	3.3×10^8	3×10^{-4}
Newman & Sagan (1981)	7.7×10^8	1.3×10^{-4}
Smith (1981)	10^{10}	10^{-5}
Jones (1981, 1982)	6×10^7	1.67×10^{-3}
Jones (1982)	3×10^8	3.3×10^{-4}

(*) sonde di Bracewell - Von Neumann

c = velocità della Luce (c = 300.000 km/sec)

Espansione nella galassia

Espansione "di Persona": $V_c = 0.018 c$

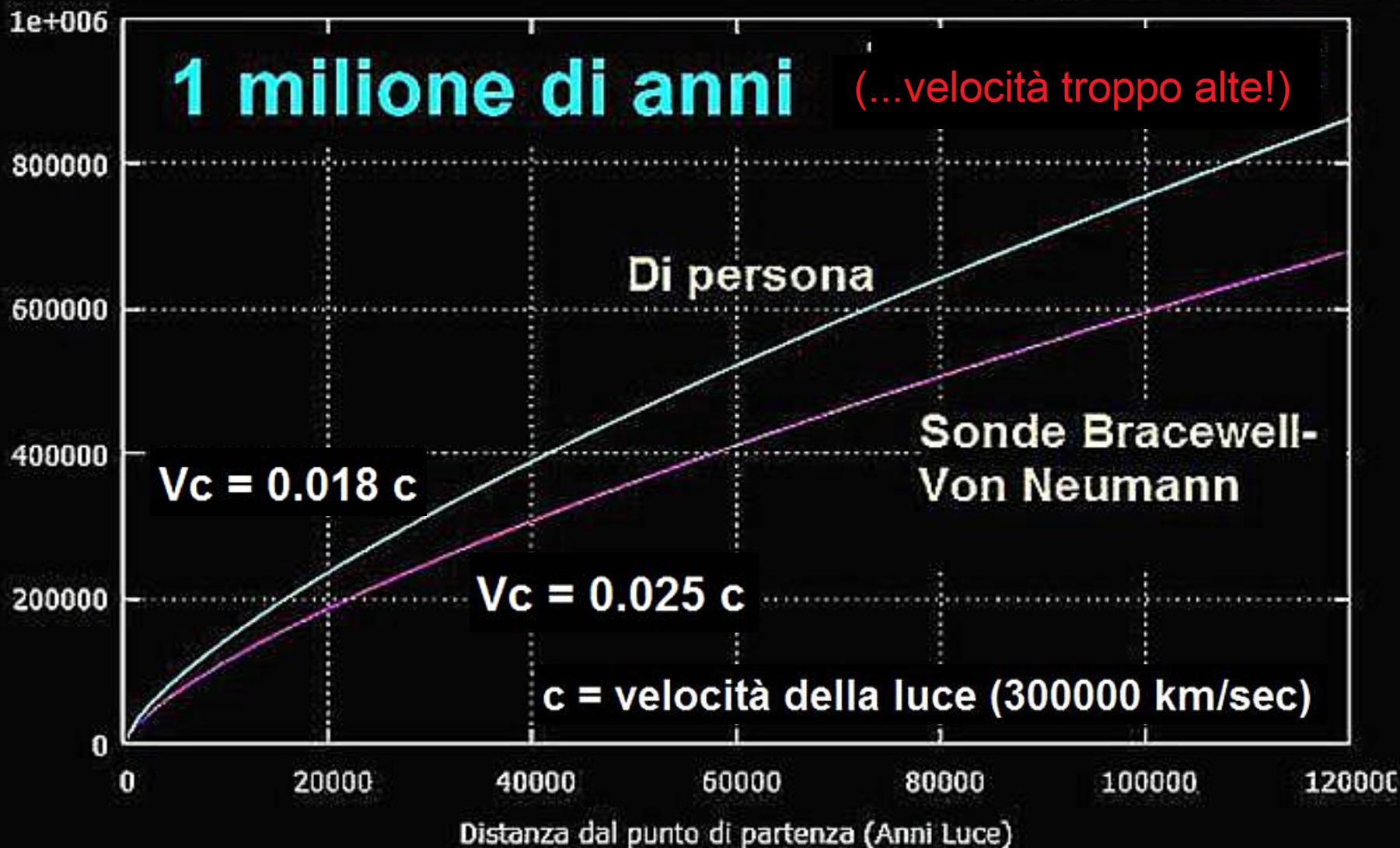
Espansione con sonde
di Bracewell-Von Neumann: $V_c = 0.025 c$
(robot autoreplicanti)

Berserker...

$c =$ velocità della luce (300000 km/sec)

(...velocità troppo alte!)

Tempo necessario per colonizzare l'intera Galassia



Sonde di Von Neumann

(V.N.P. Von Neumann Probe)

Una sonda Von Neuman è una sonda spaziale progettata per viaggiare nella galassia e cercare aree con risorse sfruttabili.



Una volta trovato un pianeta o un asteroide contenente metalli e volatili sufficienti, si comporta come una fabbrica e inizia a produrre copie di se stessa.

Una volta terminate, queste copie della sonda originale si dirigono in direzioni diverse e ripetono il ciclo.

In circostanze ideali, il numero di sonde si moltiplica geometricamente e alla fine si avrebbero miliardi di queste sonde che esplorano l'intera Galassia.

Si, ma...

Siccome le sonde di Bracewell. Von Neumann richiedono tempo per replicare loro stesse, dobbiamo scegliere una velocità di espansione media più bassa:

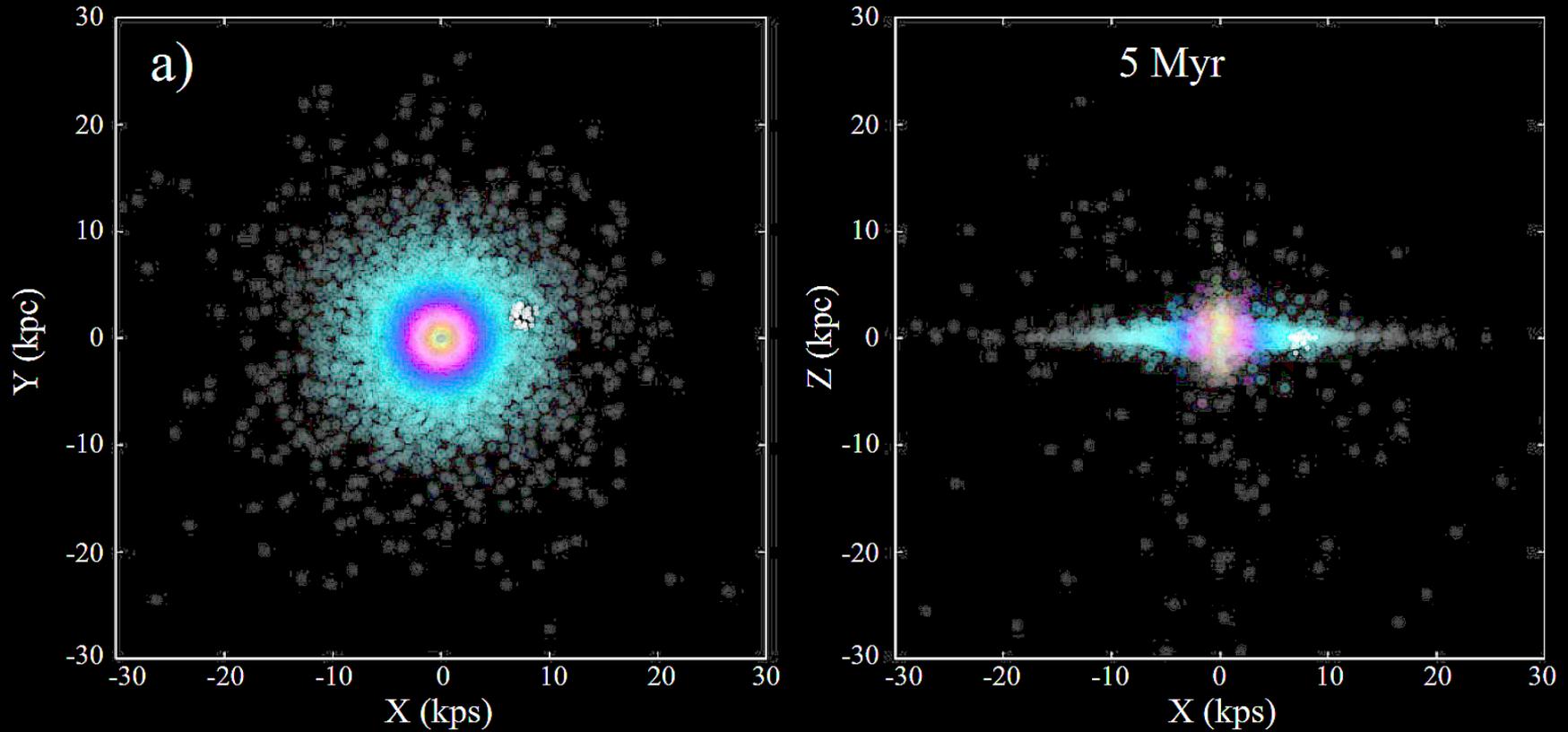
$$V_{\text{exp}} = 0.001 c$$

c = velocità della luce = 300000 Km/sec

Simuliamo l'espansione e la colonizzazione di una galassia da parte di una civiltà di tipo K3 di Kardashev

una galassia come la nostra...

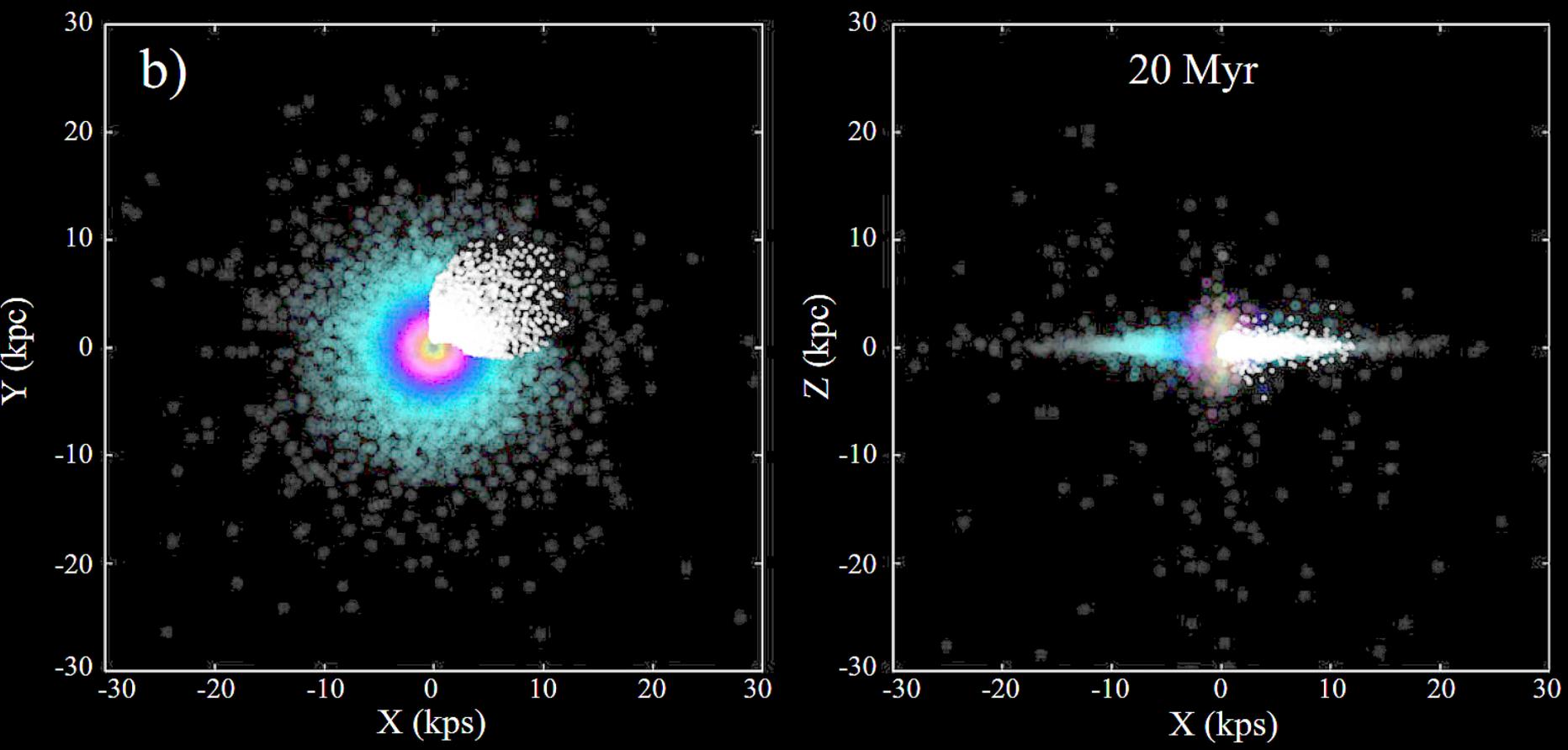
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a spirale



distribuzione dei sistemi colonizzati

1 Myr = 1 milione di anni

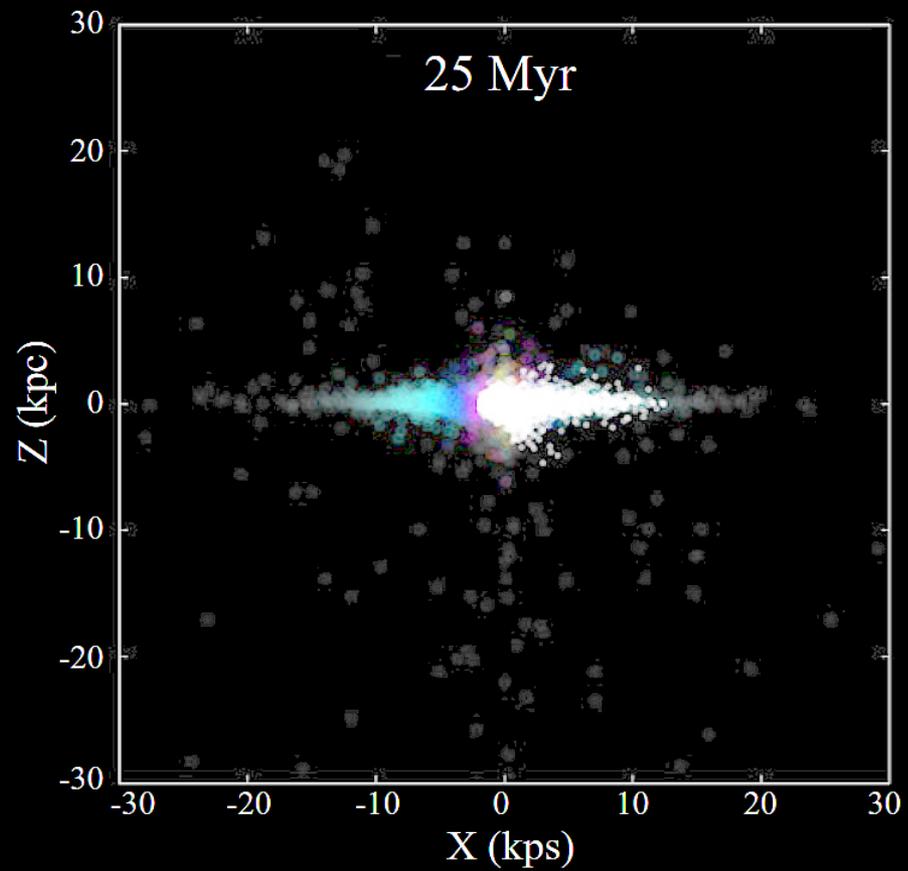
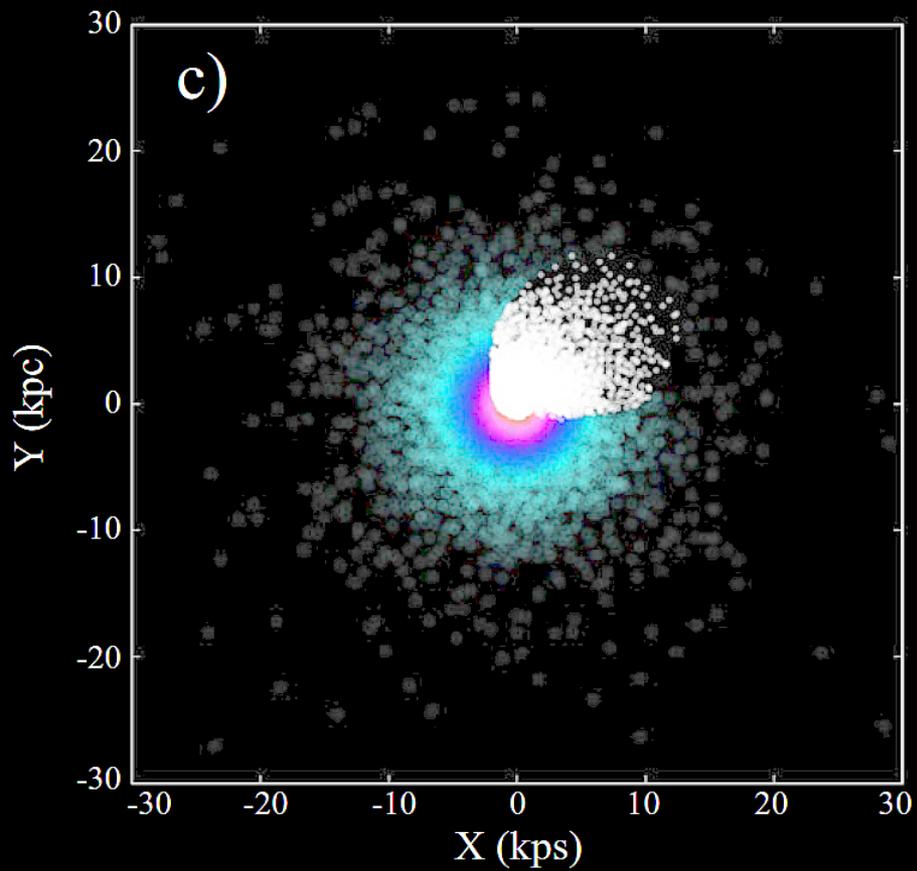
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco



 **distribuzione dei sistemi colonizzati**

1 Myr = 1 milione di anni

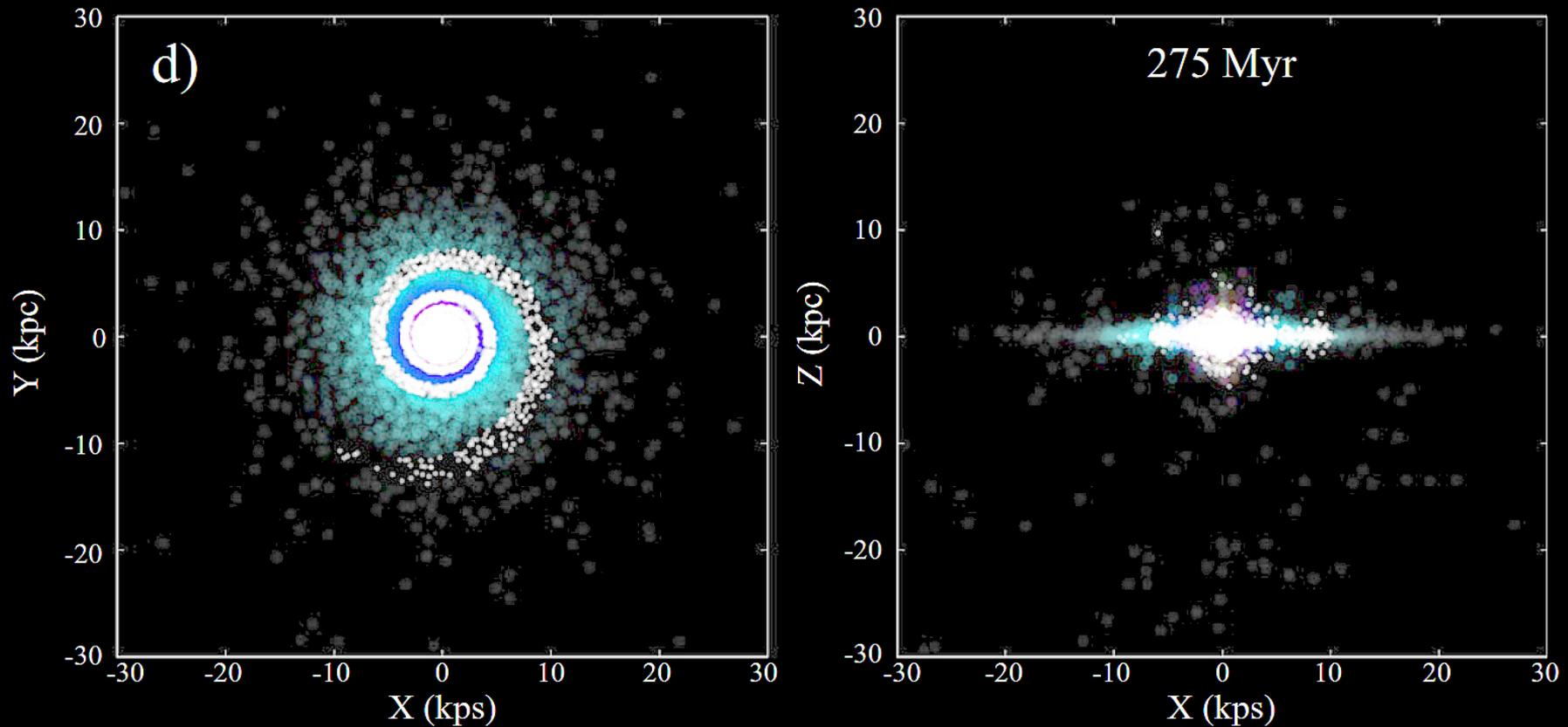
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco



distribuzione dei sistemi colonizzati

1 Myr = 1 milione di anni

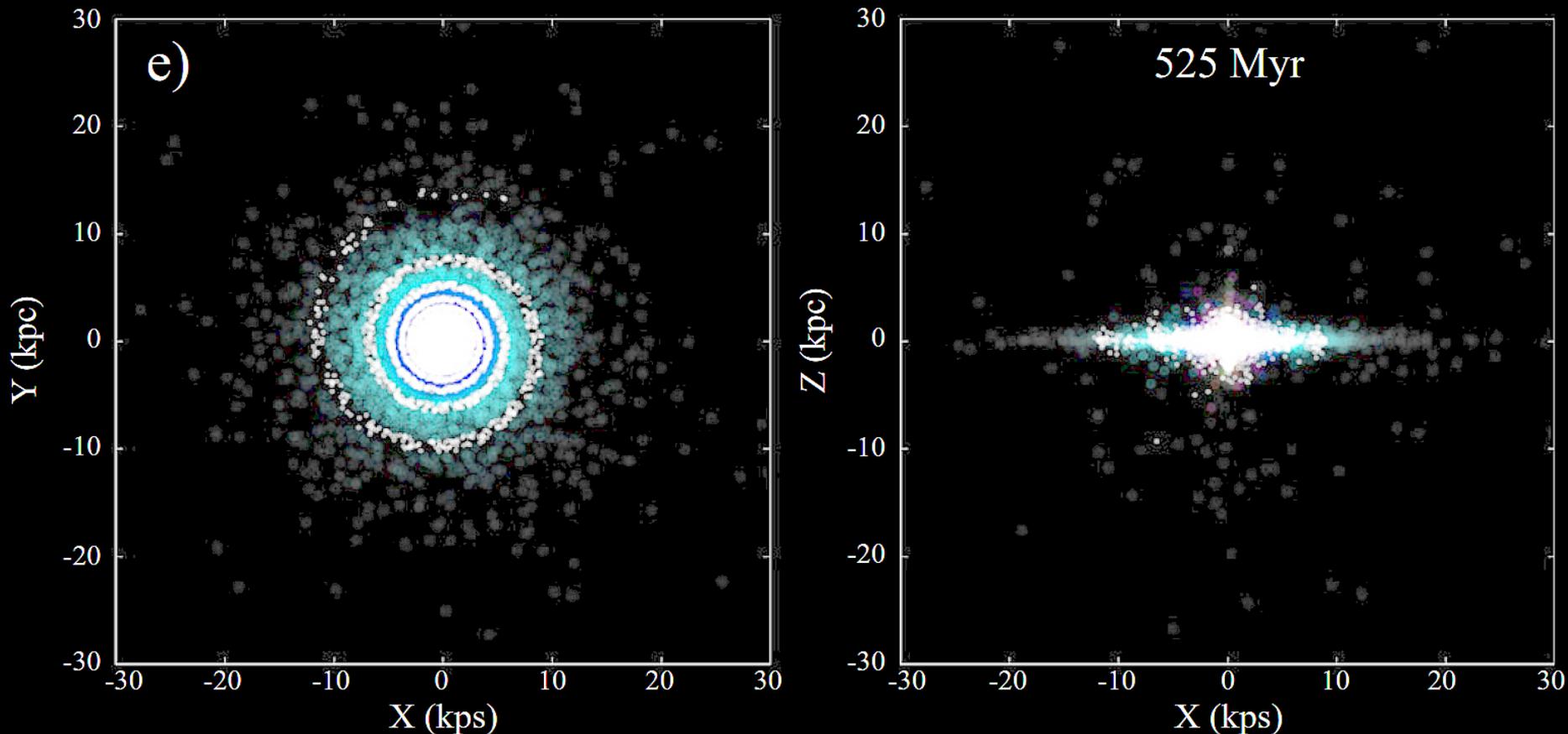
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco



distribuzione dei sistemi colonizzati

1 Myr = 1 milione di anni

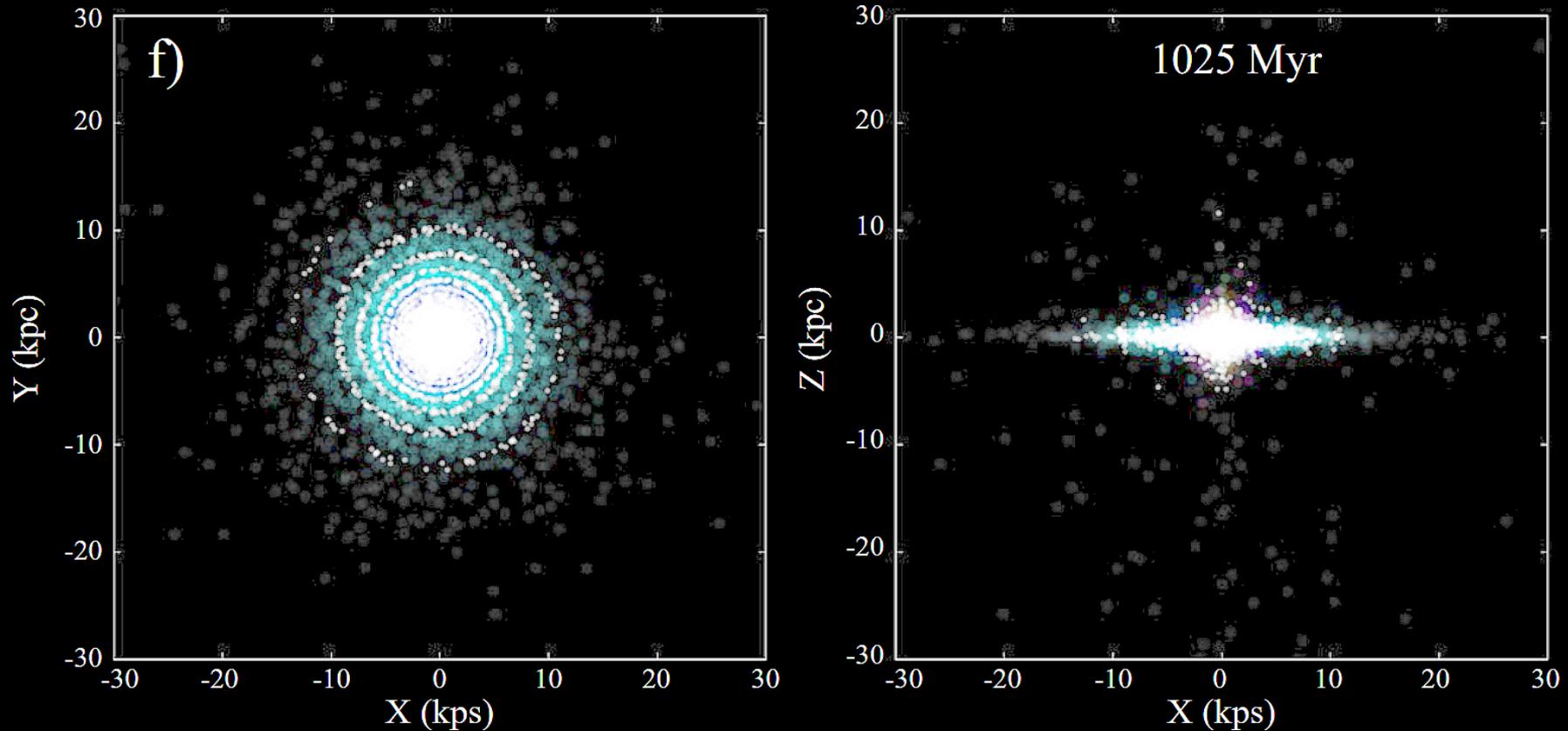
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco



 **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

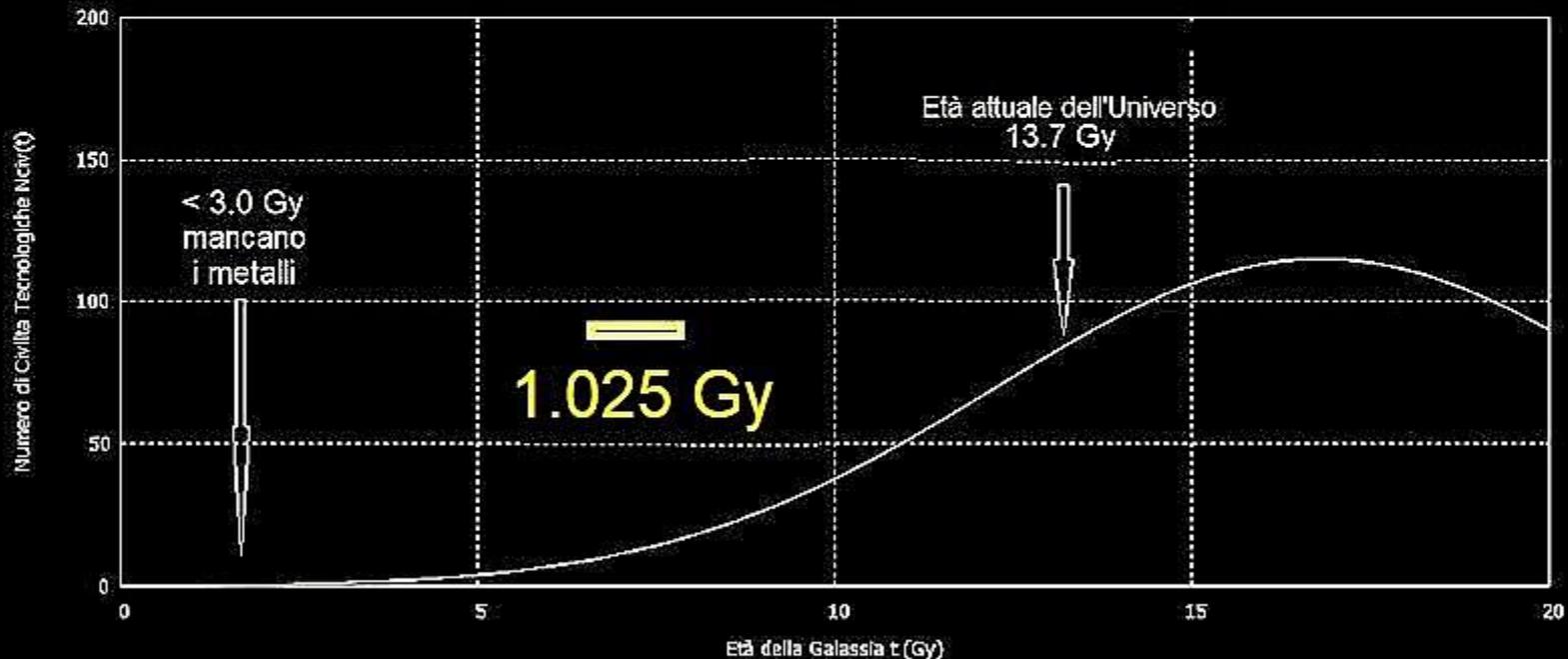


distribuzione dei sistemi colonizzati

1 Myr = 1 milione di anni

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

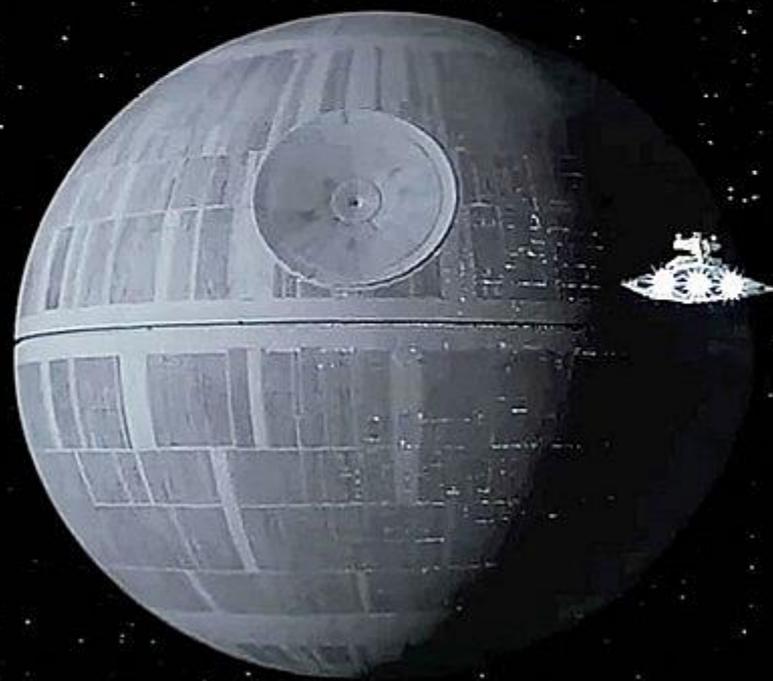
Quindi le galassie colonizzate da una superciviltà (K3) potrebbero esistere...

La nostra no, ma altre forse si...

Proviamo a cercarle?



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



Si

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...

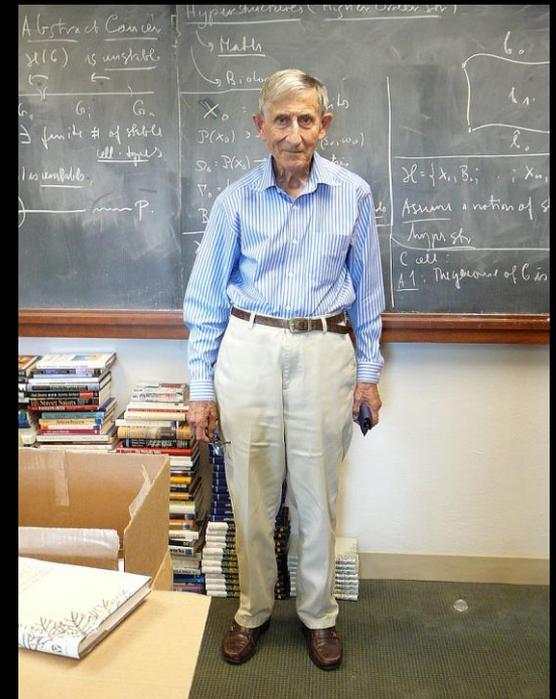
Rateo di colonizzazione della Galassia
da parte di sonde di Von Neumann con
velocità $V = 0.001 \cdot c$

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.

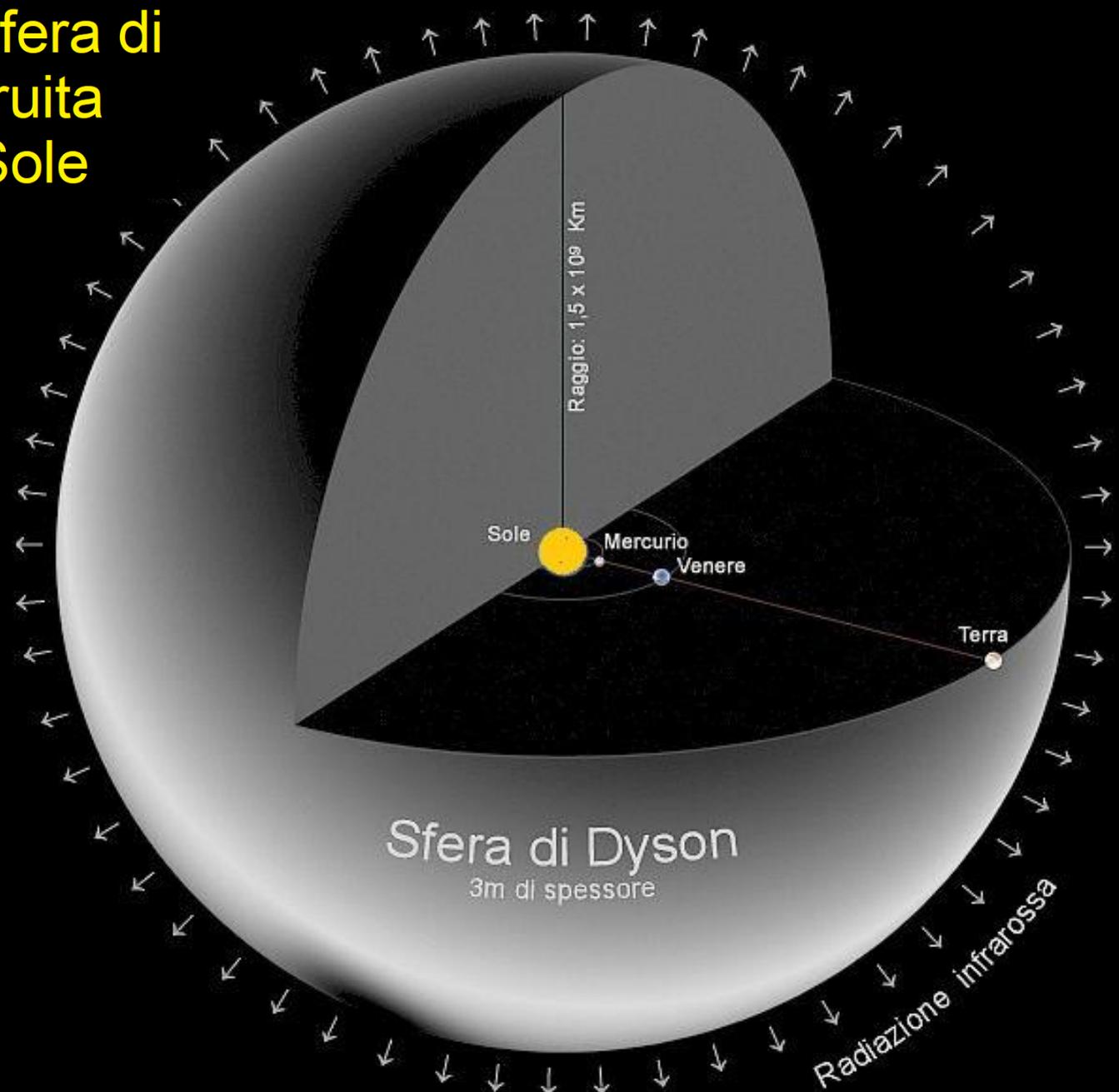
Rinchiusa così la stella, sarebbe possibile intercettare tutte le lunghezze d'onda del visibile per inviarle verso l'interno, mentre tutta la radiazione non utilizzata verrebbe mandata all'esterno sotto forma di radiazione infrarossa.

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.

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

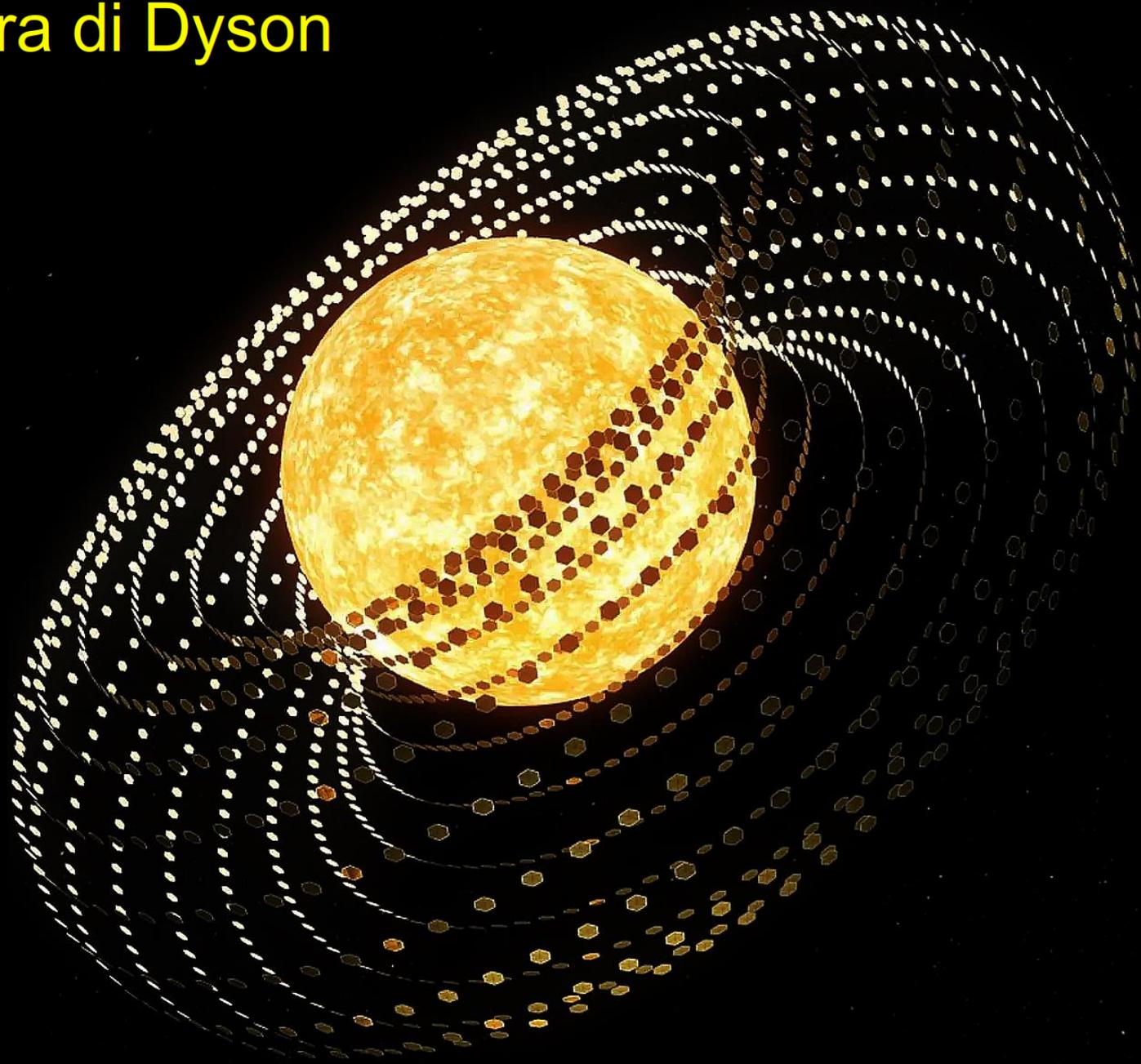


Questo, oltre ad essere un modo per raccogliere un'enorme quantità di energia, permetterebbe di creare uno spazio vitale immenso.

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



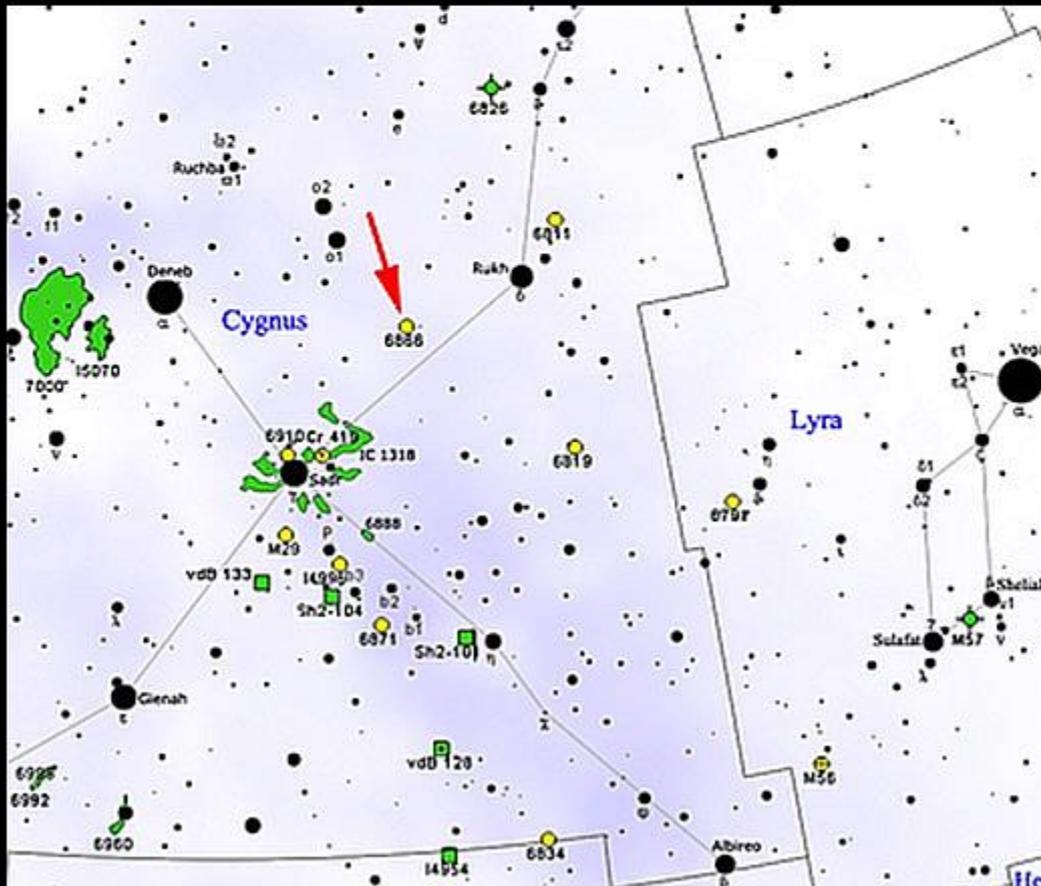
Matrioska Brain

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



La Tabby Star (KIC 8462852)



KIC 8462852 si trova a nordest, tra NGC 6866 e α^1 Cygni.

Scoperta 2011

Classificazione Stella di classe F V

Classe spettrale F: F3 V/IV

Distanza dal Sole 1 480 al

Costellazione Cigno

Coordinate

(all'epoca J2000.0)

Ascensione retta $20^{\text{h}} 06^{\text{m}} 15,457^{\text{s}}$

Declinazione $+44^{\circ} 27' 24,61''$

Dati fisici

Raggio medio $1,58 R_{\odot}$

Massa $1,43 M_{\odot}$

Periodo di rotazione 21,11 ore

Velocità di rotazione 84 km/s

Temperatura 6 750 K (media)

superficiale

Luminosità $4,68^{[1]} L_{\odot}$

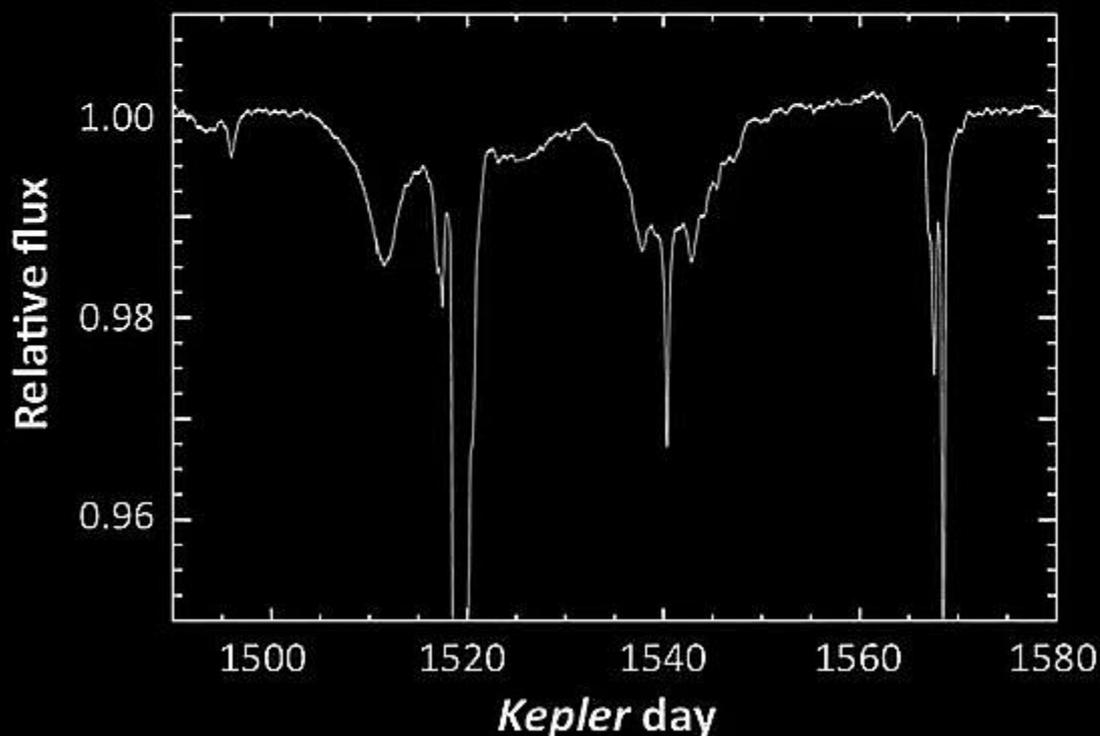
KIC 8462852 è una stella di sequenza principale di classe F situata nella costellazione del Cigno distante circa 454 parsec (1 480 anni luce) dalla Terra. È anche nota come stella di Tabby o Stella di Boyajian, in onore di Tabetha S. Boyajian, l'astronoma statunitense che effettuò i primi studi sulla stella.



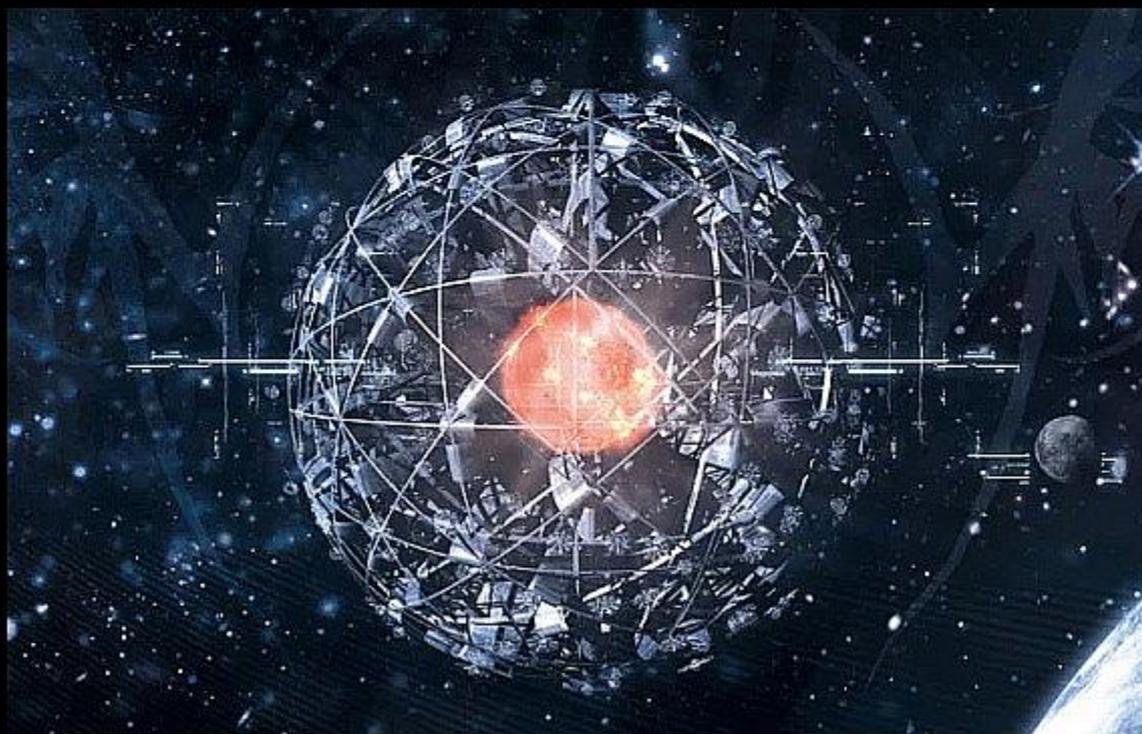
Tabetha S. Boyajian

Nel settembre 2015 numerosi astronomi hanno analizzato le insolite fluttuazioni nell'emissione luminosa di questa stella misurate dal telescopio spaziale Kepler, un sensore che registra le variazioni nella luminosità di stelle distanti per rilevare la presenza di esopianeti.

Portion of *Kepler* light curve showing peculiar dips in flux for the star KIC 8462852



Nell'ottobre 2015 Jason Wright ha avanzato l'ipotesi che l'insolita variazione di emissione di luce potesse essere associata a vita extraterrestre intelligente.



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

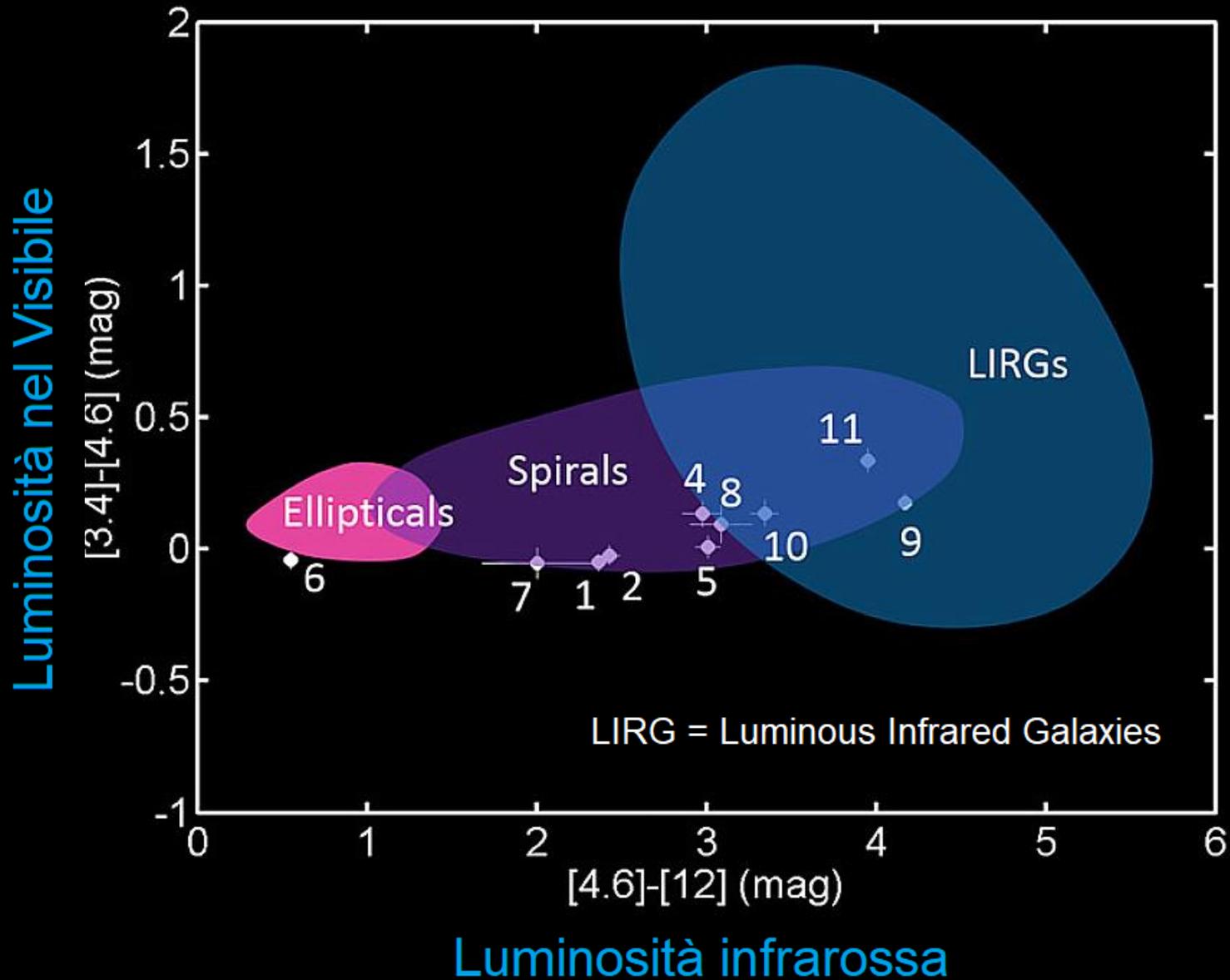
Received 2014 August 26; accepted 2015 June 30; published 2015 August 26

ABSTRACT

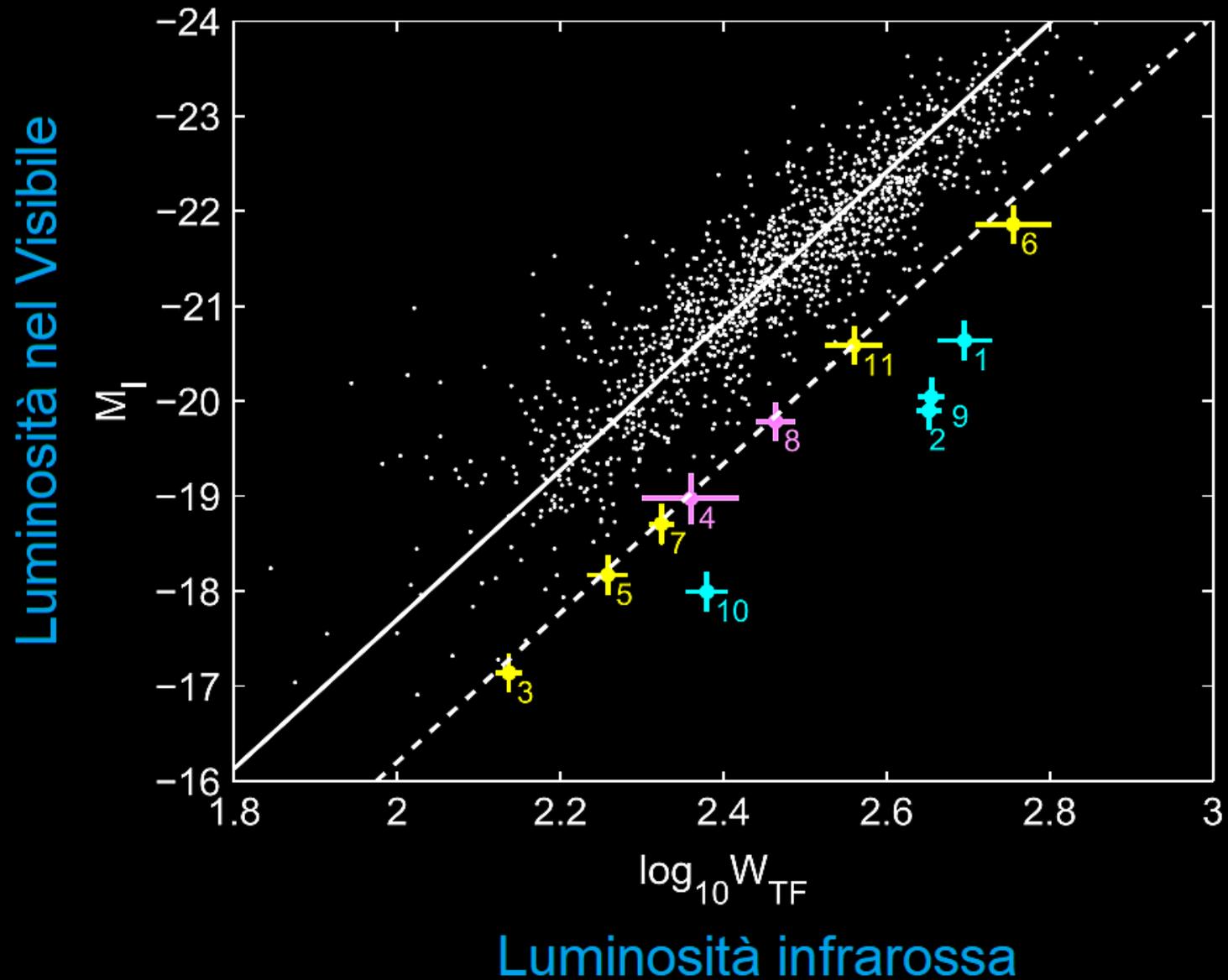
If advanced extraterrestrial civilizations choose to construct vast numbers of Dyson spheres to harvest radiation energy, this could affect the characteristics of their host galaxies. Potential signatures of such astroengineering projects include reduced optical luminosity, boosted infrared luminosity, 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



1359 galassie



Galassie con eccesso di infrarosso e difetto di luce visibile

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

ZACKRISSON ET AL.

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)

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

?

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

...o essere esistiti?



