

11. Äly, Draken yhtälö, SETI

Älyn kehittyminen

- Vaikea määritellä objektiivisesti
 - ”Kyky toimia tarkoituksenmukaisesti tilanteissa joissa aiempi kokemus ei yksin riitä”
- Älykkäinä pidetään kädellisiä, joitakin hammasvalaita, varislintuja, pääjalkaisia
- Ei älykkäinä ainakin esim. bakteereita, kasveja, käärmeitä, krokotiileja, matoja, kaloja

Älyn Edellytykset

- Ihmisen älyn kehittyminen (Vuorisalo, TY):
 - Laumakäyttäytyminen ravinnonhaussa
 - Kollektiivisen ymmärryksen siirto sukupolvelta toiselle (isovanhempien merkitys ?)
 - perheeseen säätely (taas isovanhemmat säätelijöinä!?)
 - Puhekyky tiedon siirtämiseksi yksilöltä toiselle
 - Neoteeniset ”lapsekkaat” piirteet (leikkimielinen, oppimiskyky, kokeiluhalu) myös ruumiillisesti (vähän karvapeitettä, iso pää, lyhyet raajat)

Tulevaisuus: materiaalin/evoluution/ ym hallitseminen älyn avulla

- Ihmisellä älyn kehittyminen näyttää johtaneen kulttuuriin.
- Pystymmekö kollektiivisella älyllä hallitsemaan maata ja sen ekologista kehitystä? - Erittäin kyseenalaista.
- Voimmeko hallita esim. Marsin terraformoimista?

(Teknologinen) Älyä muualla?

- Vaatiiko äly kaksikykyisyyttä, samoja aisteja kuin ihmisellä, selkärankaa, meren ulkopuolista elämää tai muuten sopivaa ympäristöä?
- Vaadimmeko tässä, että älyn saavuttamiseksi evoluution pitäisi pääpiirteissään edetä samalla tavalla kuin maassa? – liian voimakas oletusko?

Draken yhtälö = kommunikointiin kykenevien sivilisaatioiden lukumäärä

Vuoden 1961 (ekan) SETI kokouksen sisällysluettelo!

$$N_t = N_g f_* f_p N_{HZ} f_e f_s f_t T_t / T_g$$

N_g = Tähtien määrä linnunradassa

f_* = Sopivien tähtien suhteellinen määrä

f_p = Niiden tähtien suhteellinen määrä joilla planeettoja

N_{HZ} = HZ:ssa oleva planeettojen määrä per planeetallinen tähti

f_e = elämää synnyttävien planeettojen suhteellinen osuus sopivista planeetoista

f_s = sivilisaatiota synnyttävien planeettojen osuus elämää synnyttävistä
planeetoista

f_t = osuus sivilisaatiosta jotka kehittyvät teknisesti kommunikointiin kykeneviksi

T_t = Teknisen sivilisaation ikä (vuosissa)

T_g = Linnunradan ikä (vuosissa)

$N_g f_* / T_g$ = Sopivien tähtien syntynopeus Linnunradassa (alkuperäinen Draken
yhtälö)

Tähtitieteelliset luvut

N_g = (Näkyvien) tähtien määrä Linnunradassa

$$10^{11}$$

f_* = Sopivien tähtien suhteellinen määrä

$$30\%$$

f_p = Niiden tähtien suhteellinen määrä joilla planeettoja

$$50\%$$

N_{HZ} = HZ:ssa oleva planeettojen määrä per planeetallinen tähti

$$0.5$$

T_g = Linnunradan ikä (vuosissa)

$$10^{10}$$

Tähtitieteelliset luvut yhdessä: $N_g f_* f_p N_{HZ} / T_g$

$$= 10^{11} \cdot 0.3 \cdot 0.5 \cdot 0.5 / 10^{10} = 0.75$$

Biologinen arvio:

f_e = Elämää synnyttävien planeettojen
suhteellinen osuus sopivista planeetoista

- Elämä näytti syntyvän pian Maassa heti olosuhteiden sallittua.
- Tämä luku voidaan arvioida melko suurella varmuudella 1.0:ksi.

Biologinen/yhteyskunnallinen arvio
 f_s = Sivilisaatiota synnyttävien planeettojen
osuus elämää synnyttävistä planeetoista

- Elämän kehitys, vaikka se on hidasta aluksi, etenee mahdollisesti kohti teknistä sivilisaatiota.
- Arvioidaan että elämä kehittyy joskus tälle tasolle 10% tapauksista.
- Osa sivilisaatiosta saattaa olla sellaisia että ne eivät kehity teknisesti (anarkiavaltiot tai vesimaa), joten on vielä huomioitava seuraava seikka:

Tekninen arvio

f_t = Osuus niistä sivilisaatioista jotka kehittyvät teknisesti edistyneiksi

- Tekniseksi sivilisaatioksi arvioidaan sellainen sivilisaatio, joka kykenee tähtienväliseen kommunikointiin = on vähintäänkin keksinyt radioteleskoopit ja satelliitit.
- Arvataan, että 50% sivilisaatioista kykenee tähän.

Itsetuhon arvio

T_t = Teknisen sivilisaation ikä

- Teknisen sivilisaation ikä on erittäin vaikea arvioida. Huonoimmillaan se on 70 vuotta (kuten nyt on maapallolla 1945...2015).
- Pisimmillään Maassa se voisi olla 1 miljardi vuotta.

$N_T =$ Kommunikointiin kykenevien sivilisaatioiden lukumäärä

- Loppu tulokseksi saadaan arvioistamme

$$N_T = 0.75 \cdot 1.0 \cdot 0.1 \cdot 0.5 \cdot T_T$$

- $N_T = 0.04T_T$. Huomaa T_T :n merkitys.
- Jos $T_T = 70$ vuotta $\rightarrow N_T \approx 3$, olemme ehkä yksin, eikä kukaan kuule vaikka kuinka ”huutaisimme” tai toinen (tai kolmas) huutaa vastarannalla.
- Jos $T_T = 10^9$ vuotta $\rightarrow N_T = 40$ miljoonaa, emmekä olisi yksin.
- Huomaa, että eri oletuksilla muuttujille voidaan periaatteessa saada erilaisia arvioita (arvauksia) $N_T = 10 \cdot T_T$ ja melkein $0 \cdot T_T$:n välillä.

N_T :n merkitys, eli miten saada informaatiota yhtälöstä, jonka informaatio sisältö on lähes nolla

- 1 vai 10 miljoonaa?
- Tarkastellaan Linnunrataa 50 000 vv säteeltään. Jos N_t on muutama, ovat mahdolliset naapurit ilmeisen kaukana.
- Oletetaan seuraavaksi että $N_T=10$ miljoonaa. Tarkastellaan Linnunradan spiraalihaara-aluetta ulottuen 10 000vv:sta noin 50 000 vv:een keskuksesta ja ollen paksuudeltaan noin 3 000 vv. Tuon alueen tilavuus on noin $25 \cdot 10^{11} \text{ vv}^3$, silloin kunkin sivilisaation tilavuus on noin $2.5 \cdot 10^4 \text{ vv}^3$ ja **TEKNISESTI** kehittyneiden sivilisaatioiden keskimääräinen välimatka noin 58 vv, mikä olisi jo ”sopiva etäisyys” kommunikointiin.

- Jotta kommunikointi vieraiden sivilisaatioiden kanssa onnistuisi on sivilisaatioiden etäisyyden oltava sellainen, että sivilisaatioiden edestakainen viesti kestää lyhyemmän aikaa kuin sivilisaation tyypillinen ikä.
- Jos tyypillinen $T_T > 10\,000$ vuotta, on sivilisaatioita noin 500 ja sivilisaatioiden keskietäisyys noin 2500 - 5000vv.
- Oman sivilisaatiomme T_T on noin 70v, joten jos onnistumme pian kommunikoidaan muiden sivilisaatioiden kanssa on ilmeistä, että ne ovat pidemmälle kehittyneitä (koska T_T olisi silloin $> 10000v$).

Miltä me vaikutamme/näytämme?

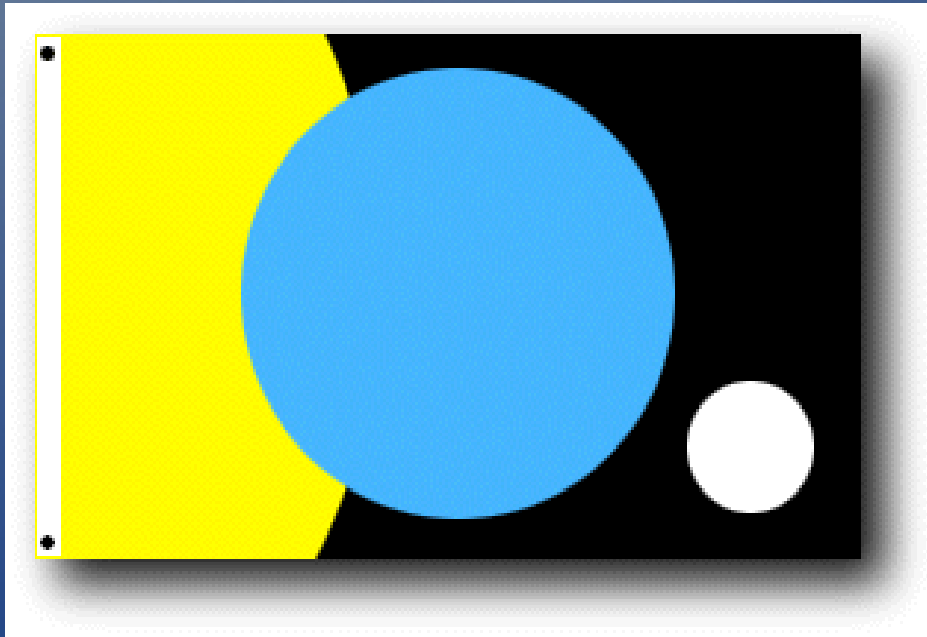
- Jos sivilisaatio on 200 kertaa vanhempi kuin omamme, niin varmaankin näytämme melko pöljille ja alkeellisille.
- Miten ”ne” tunnistaisivat maan?
 - Infrapunaspektrin avulla (O_3, H_2O, CO_2)
 - Heijastusspektrin avulla (klorofylli)
 - Radiospektrin perusteella (Maa on Aurinkokunnan kirkkain kohde kapeilla spektri-kaistoilla.)

Ihmisten aikaansaama radiosäteily

- Voimakasta, tärkein teknisesti sivistyneen ihmiskunnan tunnusmerkki. Ehkä?
- Alkoi noin 80 vuotta sitten (joten edennyt 80 vv päähän).
- Eksoplaneetalta nähtynä Maan radiosäteily vaihtelee 23h 56min rytmissä.

SETI

- Search for ExtraTerrestrial Intelligence
- 1960, Frank Drake





BOARDING PASS
FOR THE
GALAXY
TO
WYCLIFFE
WELL

Eri tason sivilisaatiot

- Nikolai Kardashev'n luokittelu:
 - 0 luokan sivilisaatiot eivät vielä kykene vielä kosmiseen keskusteluun, eivät ole lainkaan kiinnostuneita tekniikasta?
 - I luokan sivilisaatiot tuntevat fysiikan perussäännöt, ja voivat yrittävät kommunikointia, mutta eivät kolonisoidu tähden energian keräämiseksi. Olemme näitä 😊.
 - II luokan sivilisaatiot ovat luoneet tähtensä ympärille kolonian, jonka avulla ne käyttävät hyväksi lähes kaiken tähdestä vapautuvan energian. “Kapaloivat” tähden.
 - III luokan sivilisaatiot kykenevät käyttämään hyväksi kokonaisen galaksin energian tuoton ja siten muuttavat jopa galaksien ulkonäköjä.



Figure 18.5 A highly evolved Type II civilization might capture all of its star's energy output for its own use. In this case, we would not see the star at all in visible light, but we might detect the infrared radiation leaked from the civilization, which might choose to maintain its temperature at a few hundred degrees K.



Figure 18.6 A Type III civilization captures the energy output from an entire galaxy of stars. Such a civilization might rearrange its galaxy into any configuration it found pleasant or useful.

Minkälaisia sivilisaatiota ?

- Onko “niiden” oliot meidän kokoisia? → kulkeeko niiden (biologinen) kello samaa tahtia kuin meidän?
- hitulaisilla voisi olla lyhyt elämä (1kk)
- giganteilla taas voisi yksi “sukupolvi” kestää 5000 vuotta.
- Ilmeisesti hiili- ja vesipohjaista. Muusta emme voi olla läheskään varmoja. Olisiko voinut kehittyä dinosaurussivilisaatio? Miten olisi pikkualkunenäkkäiden silloin käynyt? Entä mitä jos ihmissivilisaatio tuhoutuu? Seuraako megatorakoiden sivilisaatio? Tai minkälainen on ”ihmis”sivilisaatio 1 000 000 000 vuoden päästä?

Miten löydetään yhteinen kieli

- Perustuu “koviin faktoihin”
 - numeroihin (0, 1)
 - yleisimpiin alkuaineisiin ja fysiikan faktoihin
 - ei saa olla yksiköitä kuten sekunti, metri tai varsinaisia sanoja.

(lue esim. Carl Sagan: Ensimmäinen yhteys)

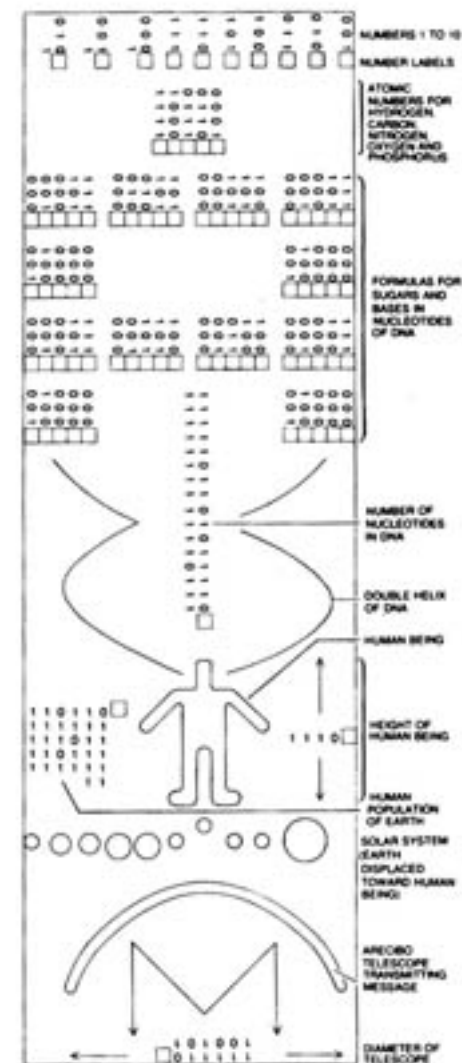
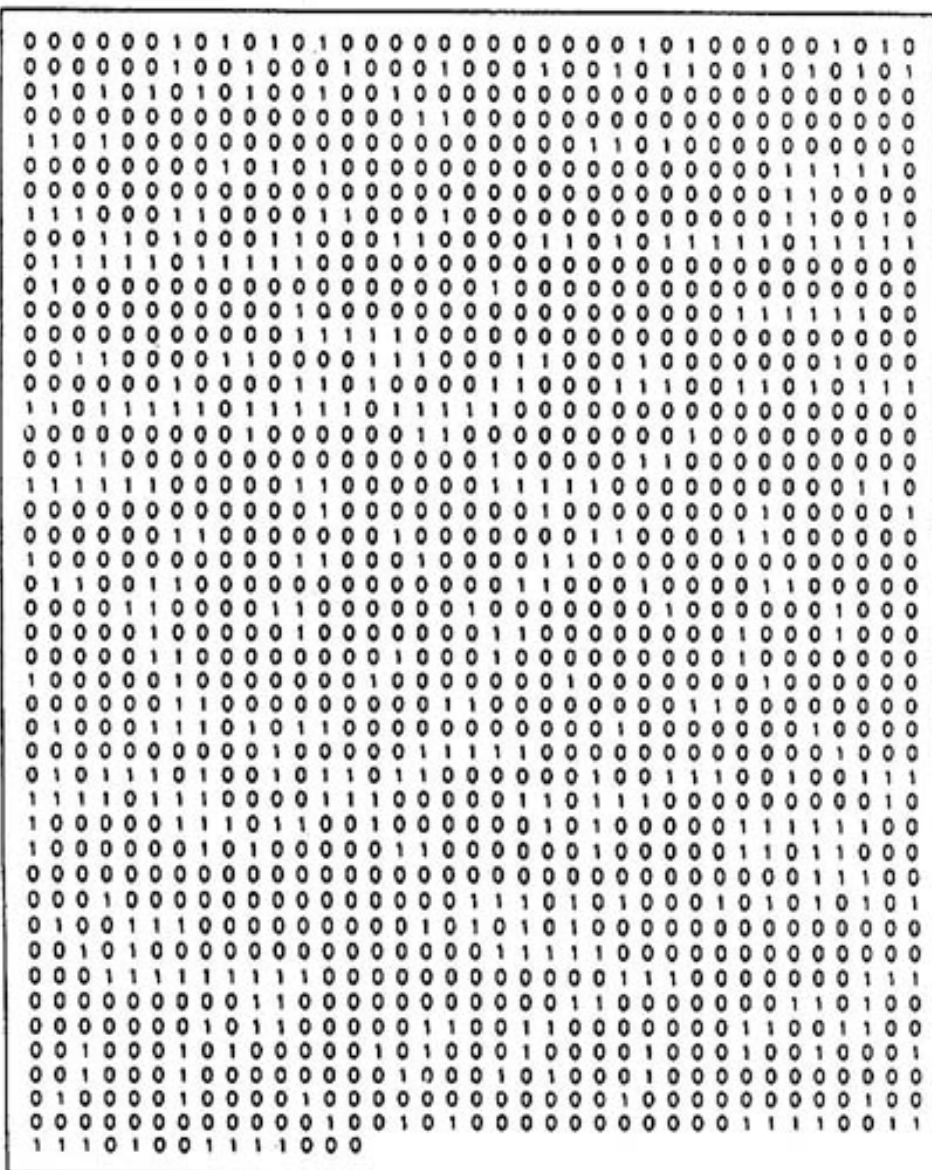


Figure 20.10 If the 1679 bits of information in the Arecibo message are arranged into 23 columns of 73 rows each, and given black or white coloration depending on whether they are "on" or "off," a picture emerges. This picture incorporates a large amount of information—for those who can decipher it.

Optinen SETI (OSETI)

- Periaatteessa tähtienväliseen kommunikointiin voitaisiin käyttää 1ns laserpulsseja, jotka voivat olla hetkittäin jopa 300 000 kertaa emotähteä kirkkaampia.
- Laserit olisivat kevyitä ja pieniä rakentaa.
- Laajakaistaisia, kapeakiilaisia, ja vähemmän taustan interferenssiä.
- Nanosekunnin pulsseja ei juurikaan luonnossa.
- Etsintä alkoi vuonna 1961 (Charles Townes & Robert Schwartz).

ks. <http://www.setileague.org/general/optical.htm>

Waterhole (vesiaukko)

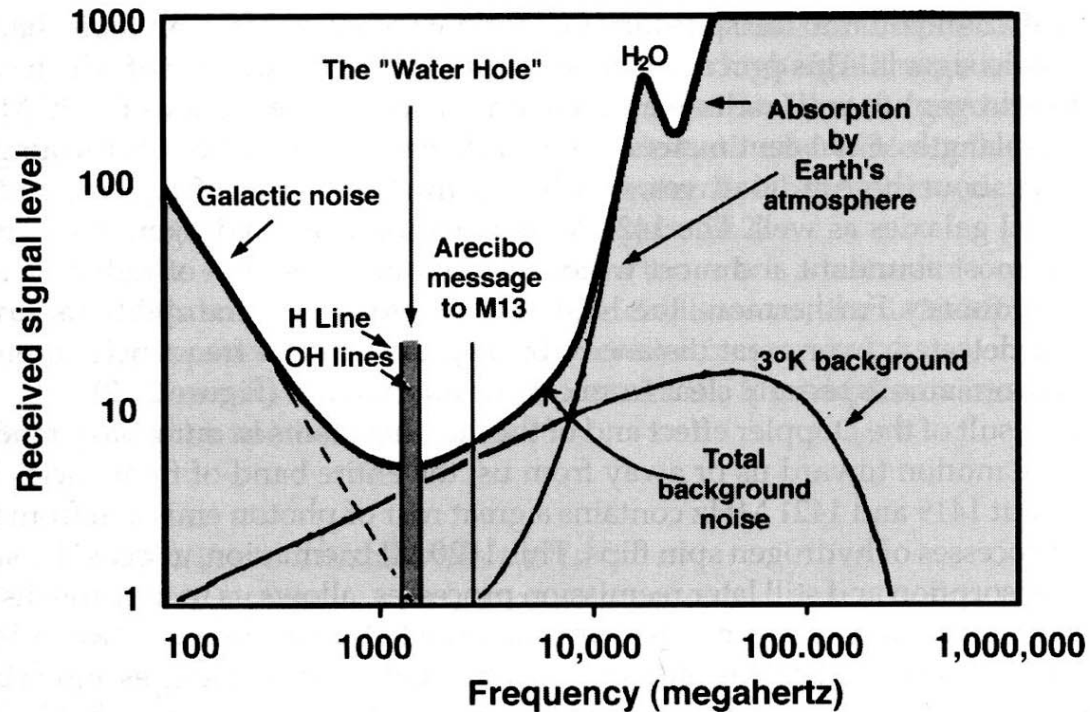


Figure 20.2 This graph of intensity versus frequency covers the radio domain of the spectrum and shows the sources that interfere with our detection of faint radio signals. The plot shows a trough between the low-frequency end of the radio spectrum (where noise from our own galaxy increases) and the high-frequency end (where Earth's atmosphere tends to absorb radio photons). Within this trough lies the "waterhole" that spans the frequencies at which H and OH radiate radio waves.

Table 20.2 *Some Searches that Have Been Made for Extraterrestrial Radio Signals from Other Civilizations*

<i>Year</i>	<i>Scientific Investigator</i>	<i>Antenna Diameter (meters)</i>	<i>Frequency Observed (MHz)</i>	<i>Frequency Resolution (kHz)</i>	<i>Total Frequency Band (MHz)</i>
1960	Frank Drake	26	1420	0.1	0.4
1968–1982	V. Troitskii	14	100, 1800, 2500	0.013	2.2
1972–1976	B. Zuckerman & P. Palmer	91	1413–1425	4	12
1972	G. Verschuur	43, 91	1420	7	20
1976–1985	S. Bowyer and others	26	variable	2.5	20
1973–1986	R. Dixon and others	53	1420	30	0.4
1972–1976	A. Bridle & P. Feldman	46	22, 235	30	
1975–1976	Frank Drake & Carl Sagan	305	1420, 1653, 2380	1.0	3
1988	T. Bania & R. Rood	43	8665	0.3	
1995–present	P. Horowitz	26	1400–1720	0.0005	320
1992–1993	NASA scientists	305	1300–2400	1, 7, 28	1100
1992–1993	NASA scientists	26, 34	1700, 8300–8700	0.019	400
1992–present	S. Bowyer and others	305	424–436	0.0006	10
1996–present	D. Werthimer and others	305	1370–1470	0.0006	100
1995	SETI Institute scientists	64, 22	1200–1750	0.001	550

Radioseti (jatkuu)

- “Kuuntelua”, viestejä menneisyydestä
- “Kuuntelu”taajuus ? H n.21cm, OH n.18cm, tai nämä kerrottuna π :llä (7cm, 6cm).
- Kaistojen leveydet ?
- Integrointiajat ja kokonaismittausaika ?
- <http://www.setileague.org/general/compare.htm>

Radioseti (edelleen)

- NASA katkaisi rahoituksen kaikelta SETI tutkimukselta v 1993. Setileaguen rahoitus romahti noin 2005
- ARGUS 1996-, – paljon pieniä harrastelijoiden radioteleskooppeja taajuudella 1420.405 MHz (=Vedyn 21 cm viiva).
- Nyt 100 teleskooppia noin 24 maasta (Tavoitteena 5000 teleskooppia ja koko taivaan peittävä jatkuva mittaus.)

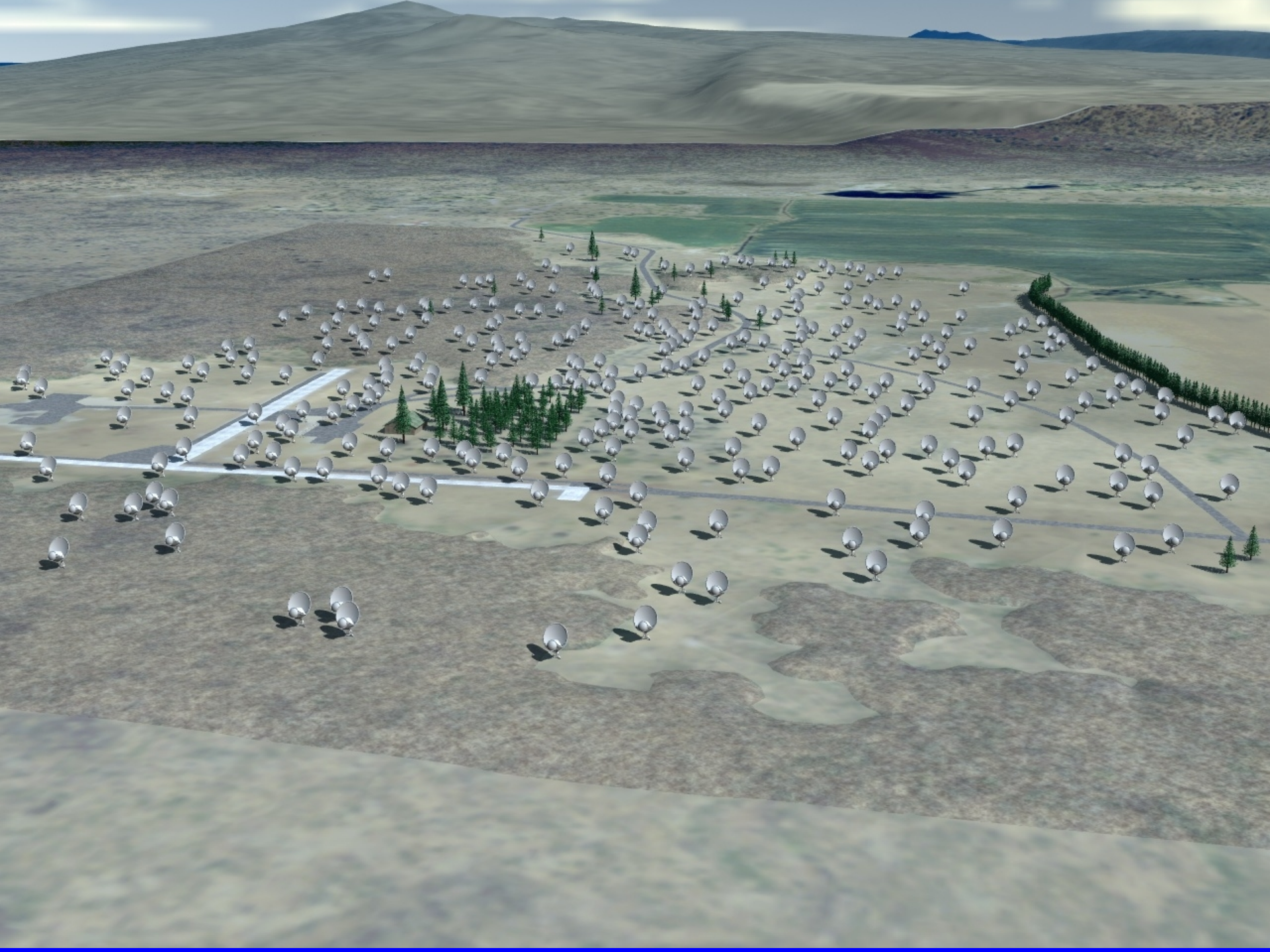
- Phoenix ja SETI@home: Piggyback Arecibon 305m teleskoopin seuralaisena. Katso samaan suuntaan mihin radioteleskooppikin katsoo. Saa näin mitattua koko Arecibon teleskoopilla näkyvän taivaan (25% koko taivaasta).
- Tähti menee näkökentän läpi 24 sekunnissa.
- Havaitsee jatkuvasti 1420MHz lähellä, 256 spektrikaistassa.
- SETI@home
- Etsii signaalia maankaltaisesta planeetasta tai sitä kiertävästä satelliitista (~känny Saturnuksen kuusta).





Allen telescope A42

- Nyt 42 kpl 6 metrin teleskooppeja.
Tarkoitus on laajentaa A350:een
- 1GHz-18GHz
- Interferometri
- Havaitsee laajaa aluetta suurella tarkkuudella
- Uutta rahoitusta tulossa



100 000 000 \$

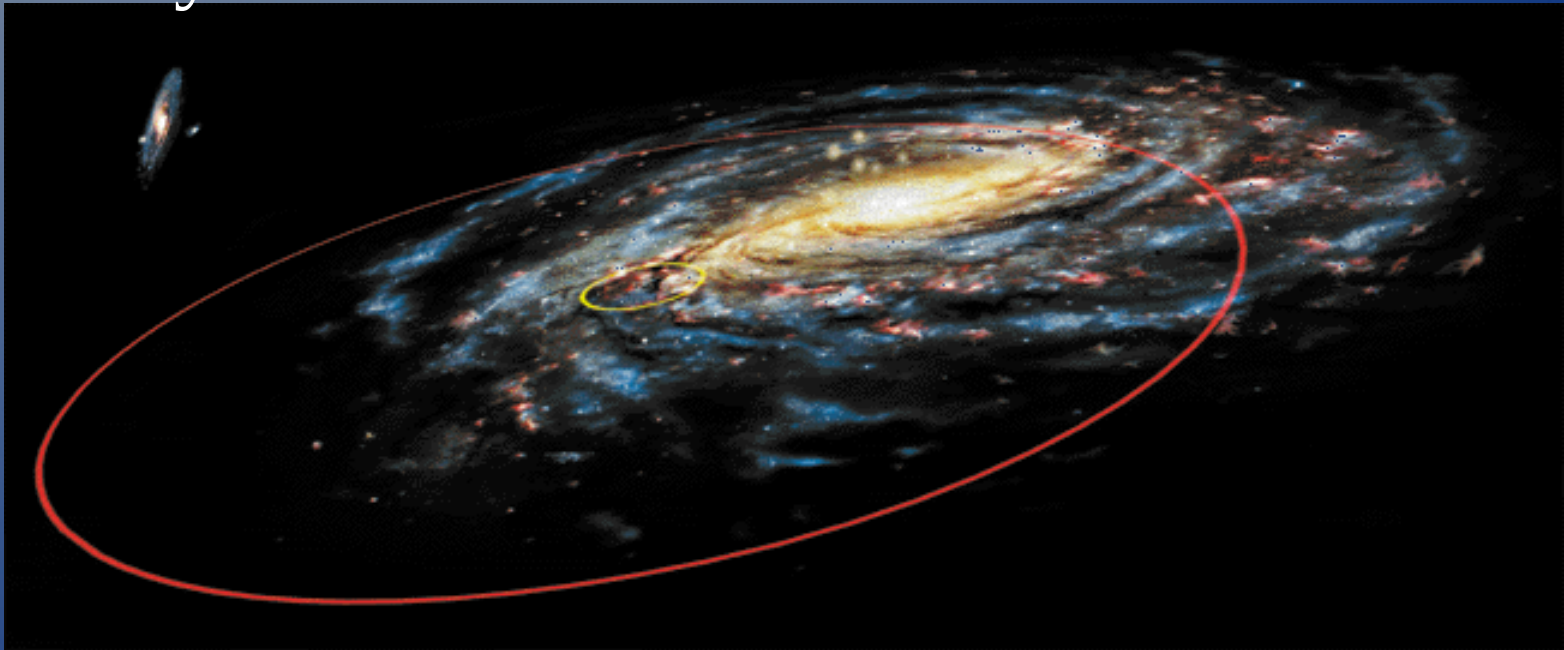
Breakthrough listen

- Juri Milner
- Tuhansia tunteja Parkesin radio teleskoopilta
- Ja Green Bankin radio teleskoopilta
- Licking Automated Planet finder



Miten paljon etsitty

- Arecibon kokoinen lähetin olisi helpohko löytää Linnunradasta.



Onko saatu merkkejä?

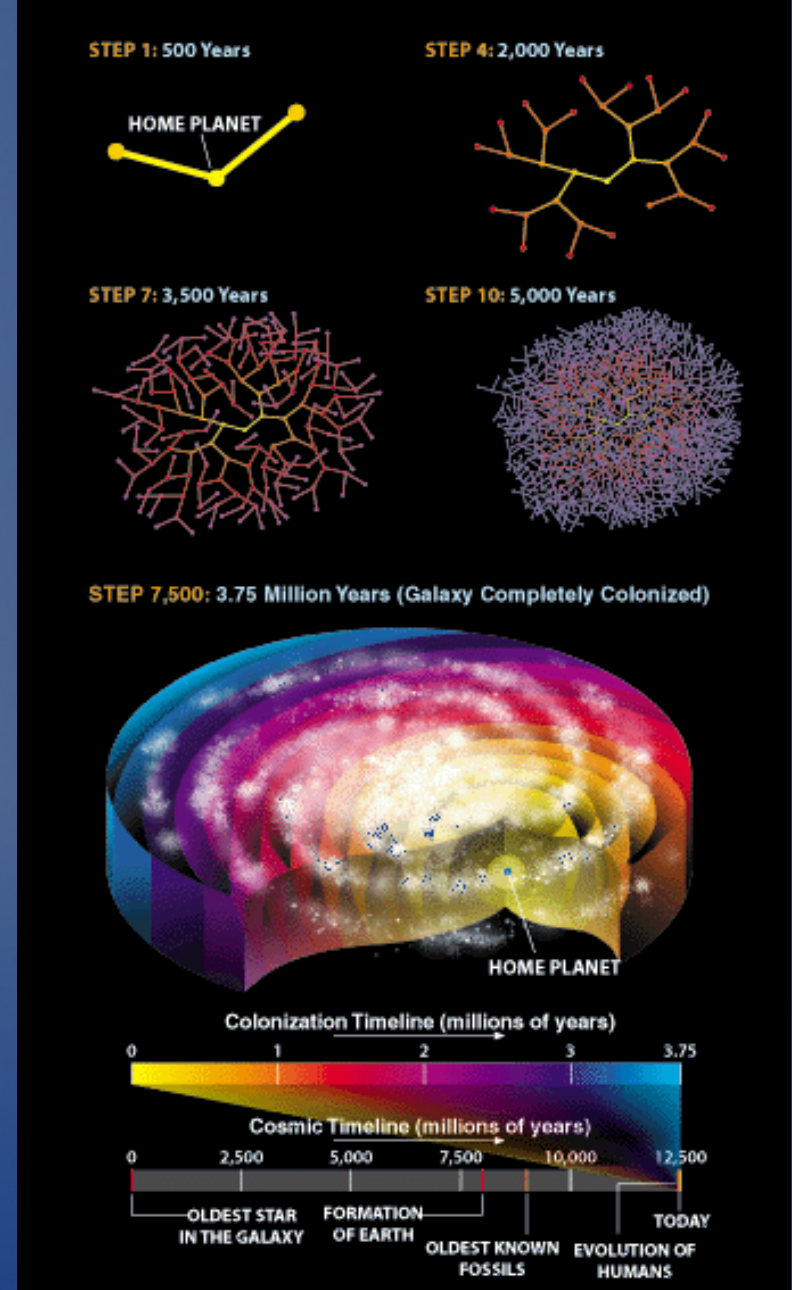
- WOW signaali, Big Ear radioteleskooppi (Ohio), v 1972, Sagittarius
- Parkesin teleskoopin signaali (Prof David Blair), v 1991, Ophiuchus, taajuudella $\pi * 1420.4047 \text{MHz} = 4462.914 \text{MHz}$ – ei luonnollinen signaali, ja kesti tarpeeksi kauan että saatiin suunta.

Onko lähellä vieraita vastaanottimia?

- Ei ole ainakaan vielä löydetty.
- Voisi olla “Nukkuvia vartijoita”
- Mikäli säteilyteho olisi kännykän luokkaa, niin se havaittaisiin ainakin Jupiterista asti.
- Avaruusaluksia tuskin on, koska niistä tulisi (lämpö)infrapunasäteilyä epätavallisen paljon ja ne olisi jo havaittu.

Missä ne ovat ?

- Eivät lähetä radiota (kaikki viestintä tapahtuu esim. valokaapelein tai laserein).
- Etsimme TÄYSIN väärällä tavalla?
 - fysiikkamme liian yksinkertaista?
- Yrittävät välttää meitä tahallaan
- Fermin paradoksi



DRAKEN ENNUSTE (2001)

sivilisaatioita	etäisyys	aikaraja
1 000 000	70 vv	2015 - tikittää
1000	2 000 vv	2030
1	yli 2 milj vv	2050

Mitä kun ne ottavat yhteyttä?

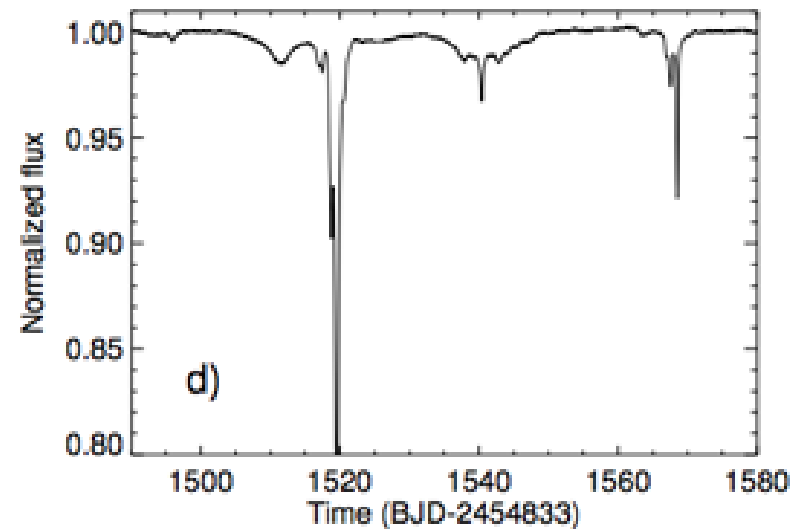
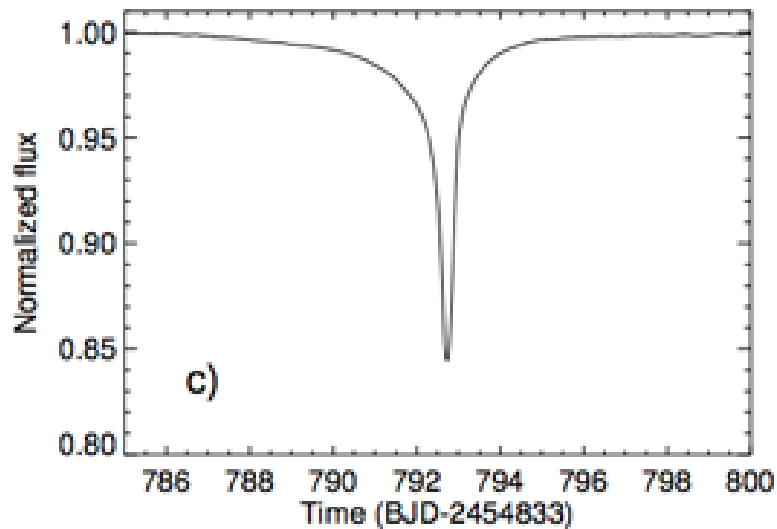
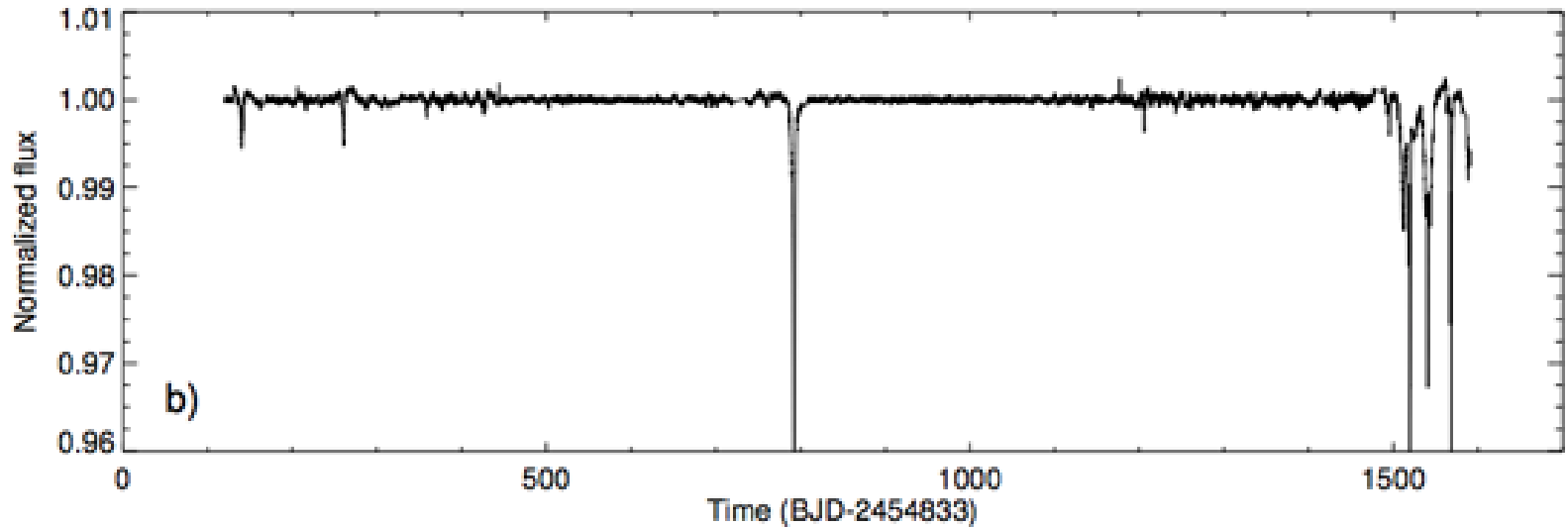
- Uskooko kukaan ensihavaintoa?
- Miten se varmistetaan? (tarkka ajoitus ja etäisyys, kohteen tunnistus)
- Koodin avaaminen? Kuka maksaa, kuka saa hyödyn?
- Yhteiskunnalliset vaikutukset?
- Uskonnolliset vaikutukset?
- Miten tieto julkistetaan?

Miten “ne” löytyvät?

Miten “ne” löytyvät?

?

KIC 8462852



Preprint ja selitystä

<http://arxiv.org/pdf/1509.03622v1.pdf>

http://www.slate.com/blogs/bad_astronomy.html

Maitovalas

