

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta – Katedra fyziky

Hledání mimozemských civilizací

Bakalářská práce

Vedoucí: RNDr. Petr Jelínek, Ph. D.

Autor: Filip Pešek

Anotace:

Práce je na téma hledání mimozemských civilizací. Toto téma se stalo s rozvojem Internetu a projektu SETI@HOME velice populární. Pomocí Internetu a projektu SETI@HOME je možné na domácích počítačích provádět výpočty s daty pocházející z radioteleskopu Arecibo, který se nachází v Portoriku.

Nejvíce pozornosti jsem věnoval šetřiči obrazovky SETI@HOME, který je v práci podrobně popsán a tvoří základ projektů SETI. Dále jsem nastínil nové projekty v této oblasti a závěrečnou část jsem věnoval vesmírné sondě Kepler, která má za úkol hledat u vzdálených hvězd nové planety zemského typu.

Abstrakt:

Work is on the search for extraterrestrial civilizations. This topic has become the development of the Internet, and SETI @ HOME most popular. The Internet and SETI @ HOME is possible on home computers perform calculations with data from the Arecibo radio telescope, located in Puerto Rico.

Most of the attention I devoted screensaver SETI @ HOME, which is described in detail in the work and form the basis of SETI projects. I have also outlined new projects in this area and the final section I devoted Kepler space probe, which is responsible for looking at distant stars, terrestrial planets.

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. V platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum.....

Podpis.....

Poděkování:

Touto cestou děkuji vedoucímu práce RNDr. Petru Jelínkovi, Ph. D. za odborné vedení, konzultace, připomínky a velice vstřícný přístup, který mi pomohl při zpracování této bakalářské práce.

Obsah:

1. Úvod	06
2. Historie a počátek vzniku SETI	07
3. Teleskopy	08
4. Projekt Ozma.....	12
4.1 Drakeova rovnice	12
4.2 Dopplerův jev	14
5. Vzkaz ze Země	16
6. Vznik projektu SETI@HOME.....	22
6.1 Šetřič obrazovky SETI@HOME.....	24
6.2 SETI@HOME Enhanced.....	33
7. Projekt ALFA	35
7.1 Projekt ASTROPULSE.....	39
8. Sdružení vědeckých projektů BOINC	43
8.1 Einstein@Home	43
8.2 LHC@Home	44
8.3 Milkyway@Home	46
8.4 Orbit@Home	46
8.5 Cosmology@Home	47
9. Družice Kepler	49
10. Závěr.....	56
11. Seznam použité literatury.....	57
12. Seznam obrázků	58
13. Seznam tabulek	59

1. Úvod:

Existuje život ve vesmíru? Může být i jinde než-li zde na Zemi? Tuto otázku si lidé kladou již od pradávna. Už od počátku věků lidstvo vzhlíželo k vesmíru jako k místu, kde vládnu bohové. Do té doby než se začali stavět nové hvězdárny a velké dalekohledy, člověk věřil v existenci života ve vesmíru. Myšlenka o výskytu planet vhodných pro život říká v podstatě toto: bylo by divné, kdyby někde ve vesmíru nebyl život.

Ve sluneční soustavě jsou vyšší formy života pouze na Zemi. S rozvojem techniky se lidé postupně začali dostávat na dříve nemyslitelná místa ve vesmíru či vysílat nebo přijímat signály. Za začátek kosmického věku se považují 60. léta 20. století. 4. října 1957 byla vypuštěna 1. umělá družice Sputnik 1, která vysílala od 4. do 25. října 1957. Po pár letech již člověk vysílal do vesmíru jednu družici za druhou, což vyvrcholilo 20. července 1969 přistáním amerického lunárního modulu Eagle na Měsíci. Ten byl prvním tělesem mimo Zemi, kde byly hledány stopy života. Dalšími tělesy byly Merkur a Venuše. Bohužel i zde bylo zjištěno, že zdejší prostředí také neumožňuje život, tak jako na Zemi. Na Marsu hledaly stopy života dvě sondy Viking, ale jednoznačný důkaz o přítomnosti živých organismů nepřinesly.

Jedním z mnoha způsobů hledání mimozemské civilizace je také zkoumání rádiových signálů z vesmíru. První pokusy byly zaznamenány již v prvních dnech vynálezu rádia. 19. září 1959 dva fyzikové Philip Morrison a Giuseppe Cocconi zveřejnili článek o hledání mimozemské komunikace pomocí elektromagnetických vln. A právě tento článek je považován za zakládající dokument moderního SETI.

Rozjel se tedy projekt SETI, který spočívá v naslouchání rádiového šumu z vesmíru, v naději, že objevíme signál umělého původu. Na projektu SETI se můžou podílet všichni uživatelé internetu.

2. Historie a počátek vzniku projektu SETI

Jak jsem se zmínil již v úvodu, zakládajícím momentem projektu SETI, bylo zveřejnění článku dvou mladých fyziků Philipa Morrisona a Giuseppeho Cocconi na téma hledání mimozemských civilizací pomocí elektromagnetických vln. V článku připouštějí, že neexistují žádné podklady, které by potvrzovaly existenci mimozemské civilizace. Nicméně připomínají, že nikdo nemůže vyloučit existenci jiných civilizací, které mohou být na mnohem vyšší úrovni než je ta naše. Jak se ale s těmito „mimozemšťany“ spojit? Ve svém článku zmiňují, že nejvhodnějším způsobem by mohly být elektromagnetické vlny, které se mohou pohybovat rychlostí světla na obrovské vzdálenosti. Otázkou tedy zůstává, jaká frekvence je k tomu nejvhodnější.

Tito mladí fyzikové se domnívali, že nejvhodnější frekvence by mohla být na 1420 MHz, to je 21 cm vlnové délky. Právě toto je vyzařovací frekvence vodíku, kterého se nachází ve vesmíru nejvíce. Poté dalším zkoumáním zjistili, že signál vyslaný z jakékoliv planety nacházející se mimo sluneční soustavu by se odchýlil ze své frekvence, proto je třeba při hledání signálu se zaměřit na frekvenci, která se mění. Tyto myšlenky zakončili výzvou. „Je těžké odhadnout pravděpodobnost úspěchu, ale pokud nebudeme hledat, pravděpodobnost úspěchu je nulová.“ A právě zveřejnění tohoto článku odstartovalo založení budoucích projektů SETI, zabývajících se hledáním mimozemských civilizací na základě elektromagnetických signálů. O několik let později bylo hledání rozšířeno ještě na frekvenci 1662 MHz, což je vyzařovací frekvence dalšího nejpočetněji zastoupeného prvku, a to prvku hydroxyly neboli OH. Vodík a hydroxyl společně vytvářejí vodu, což je základní stavební prvek pro život. Bohužel tuto teorii se již Cocconimu a Morrisonovi nepodařilo uvést do praxe a tak tento úkol zůstal na jiných. [5]

3. Teleskopy

V roce 1932 Karl Jansky objevil rádiové vlny přicházející z mimozemského prostoru. Byl to nečekaný objev fyzika Bellových laboratoří v USA. Tento objev, který měl zásadní význam v astronomii, zůstal dlouho nepovšimnut. Až rozvoj přijímacích zařízení na centimetrových vlnách především pro vojenské radary vedl k pokroku. V roce 1942 v USA a Anglii bylo objeveno rádiové záření Slunce. O rok později amatér Grote Reber s vlastnoručně postavenou parabolickou anténou pořídil na vlně 187 centimetrů první rádiovou mapu Galaxie. Dále bylo za války objeveno tepelné záření Měsíce a krátce po válce vznikla aktivní radioastronomie. V dnešní době radar umožňuje měření vzdáleností země od slunce s kilometrovou přesností, nebo mapování pohoří na Venuši.

Již v samých počátcích radioastronomie bylo jasné, že radioteleskopy musí být co největší. Tak jako v případě optických dalekohledů. Umožňují pak zachytit velmi slabé zdroje signálů a přesněji určit jejich polohu. Přesnost určení jejich polohy se zvětšuje s rozměrem dalekohledu, ale zmenšuje s prodlužující se vlnovou délkou. Na Zemi má pozorovatelné rádiové záření vlnové délky od jednoho milimetru po desítky metrů. Z toho plynou různé požadavky na antény v různých oblastech výzkumu.

V krátkovlnné oblasti na centimetrových a decimetrových vlnách je záření většiny rádiových zdrojů hodně slabé a proto antény pro příjem musí mít co největší plochu. Paraboloidy jsou typickými anténami pro příjem tohoto záření, jejichž průměr dosahuje až 100 metrů, jsou pohyblivé a lze je zpravidla natočit na jakékoli místo na obloze. Jen u některých je z úsporných důvodů pohyblivost omezená. Parabolické antény jsou vybaveny zařízeními pro příjem několika vlnových délek. Přijímače jsou vybaveny nejmodernější elektronikou. Mají chlazené parametrické zesilovače, záznam signálu na pásky, nebo do paměti počítače. Každou anténu lze charakterizovat nejkratší vlnovou délkou, kterou je schopna zachytit. Hlavním parametrem je dokonalost plochy antény. Čím je plocha antény přesnější, tím kratší vlnové délky je schopna účinně zachytit. Existují speciální antény menších rozměrů pro nejkratší vlnové délky, protože malé disky lze vyrobit přesněji.

Nejúspěšnější anténa schopná pracovat na vlnové délce 0,8 milimetru je na Kitt Peaku. Jejich disk se skládá z hliníkových odlitků a, aby se nedeformoval je chráněn před větrem a přímým slunečním světlem kopulí. Dnes většina známých mezihvězdných molekul byla objevena s touto anténou.

U příjmu metrových vln je situace trochu jiná. V této oblasti je dost zdrojů snadno zachytitelných, ale problém je s jejich rozlišením. Velkého úhlového rozlišení se dosáhne pouze v případě, že je anténa hodně velká. Z tohoto důvodu se používají až několika kilometrové anténní soustavy. Celková plocha těchto antén nemusí být velká, jde o důmyslné, mechanicky velice jednoduché anténní řady, kříže či kruhy, které využívají interference. Signály přijaté jednotlivými anténami se sčítají do jediného výstupu. V případě, že rádiový zdroj vlivem otáčení Země prochází přes zorné pole anténní soustavy, vyvolá na výstupu přijímače řadu maxim. Přesné poloze zdroje odpovídá nejvyšší z nich.

Dvě parabolické antény lze použít také jako interferometr. Je-li známa jejich vzdálenost, měří-li stejný objekt a jsou propojeny kabelem. Čím je větší vzdálenost mezi anténami, tím je obtížnější změřit hlavní interferenční maximum. Změní-li jedna z antén svou polohu, při dalším měření se změní i poloha interferenčních maxim, jen poloha hlavního maxima zůstane. Interferometr se sestavuje z více antén, některé z nich jsou pohyblivé, jiné stabilní. Tento postup se nazývá aperturní syntéza a přístroje používající tento postup jsou největšími vědeckými aparaturami na světě. Mezi největší přístroje patří „pětikilometrový“ radioteleskop v Cambridgi a anténní systém ve Westerborku v Holandsku. Výsledkem zachycených signálů zpracovaných v počítači jsou grafické mapy radiových zdrojů, které se podobají fotografiím získaných z optických dalekohledů.

I antény, které nelze propojit přes velkou vzdálenost kabelem mohou pracovat jako interferometr. Signál přijímaný každou z antén se zaznamenává spolu s velmi přesnými časovými značkami a sečtení signálů poté provede počítač. Měření za pomoci velmi vzdálených antén má význam nejenom v astronomii, ale slouží i v geodezii a geofyzice. Z výsledků měření se dá vypočítat vzdálenost použitých antén s přesností na centimetry. V astronomickém použití tyto interferometry umožňují v silnějším rádiových zdrojích rozlišit detaily v rozměrech pouhé stotisíciny úhlové vteřiny. Pro představu to jsou dva centimetry na povrchu Měsíce. Kdyby byla taková možnost rozlišení v optickém oboru, mluvilo by se o desetimiliontinasobném zvětšení. [1]



Obr. 1: Radioteleskop Arecibo [5]

Největší radioteleskop na světě se nachází v Puerto Ricu asi 10 km od města Arecibo. Jde o největší stavbu vytvořenou člověkem určenou ke sledování hlubin vesmíru. Poblíž leží mezinárodní letiště San Juan, z kterého je radioteleskop snadno dostupný. Observatoř Arecibo je v provozu 24 hodin denně po 12 měsíců. Prostřednictvím řídicího systému a spolupráci mnoha vědeckých týmů je napojen do celosvětového systému hledání mimozemských civilizací. Obrovský reflektor, který zaplňuje přírodní proláklinu, má průměr 305 m a je vyložen 40 tisíci perforovaných hliníkových panelů. Panely jsou navzájem propojeny a kotveny k základu ocelovými lany. Ve výšce 140 metrů nad středem zrcadla je zavěšena 700 tun těžká plošina s trojhrannými rameny. Na těchto trojhranných ramenech je namontován systém pro směřování feedu v azimutu. Azimutární rameno je tvořeno profilovou strukturou o délce 93 metrů. Oblouková část ramene tvoří druhou dráhu po, které se může feedový domek pohybovat, nazývaný také jako Gregoriánský. Gregoriánským domkem byl nazván na památku po Jamesu Gragorym profesoru matematiky na univerzitě v Edinburgu. Ten v zeměpisné souřadnici $18^{\circ}21'$ severní šířky a $60^{\circ}45'$ západní délky stanovil první

geodetický bod budoucího radioteleskopu. Radioteleskop získává data s pásma oblohy mezi 0 a 38 stupněm deklinace. Teleskop má šířku svazku 3,5 obloukových minut v pásmu 1400 MHz a v současnosti je úhlová přesnost v řádu 5 obloukových vteřin. Nové přístroje používané pro spektroskopii k hledání pulsarů lze používat společně s radarovým systémem.

Arecibo observatoř je součástí National Astronomy and Ionosphere Centrum (NAIC) a National Research center. Teleskop Arecibo je největší radioteleskop na světě a je využíván k hledání signálů mimozemských civilizací pod hlavičkou SETI, jejíž odbočka se nachází i v ČR.

Národní úřad pro astronomii a ionosféru umožňuje na Arecibu výzkum široké škále zájemců v oblasti astronomie, planetárních systémů studia vesmírů. Dále tu je prostor pro výzkum atmosférických věd. Za použití přístrojů pro sběr a rozbor dat s možností zpracování a distribuce. NAIC pomáhá rozvíjet uvedené výzkumy vesmírného prostoru a také udržuje vědecký personál, jehož členové se podílí na rozvoji individuálních výzkumných programech. NAIC podporuje vědecký a inženýrský výzkum u podpůrných činností, které využívají absolventi vysokých škol a studenti s podobnými obory. Radioteleskop Arecibo lze užívat formou konkurence vědeckých programů mezi vědeckými týmy po celém světě v oblastech vesmírného prostoru a atmosféry. [5]

4. Projekt Ozma

Ve stejné době, kdy Cocconi a Morisson uvažovali o hledání „mimozemšťanů“ pomocí radiového signálu, astronom Frank Drake pracoval již na svém vlastním projektu hledání mezihvězdného života. Tento svůj projekt nazval „Projekt Ozma“. Jeho vznik je datován na 8. duben 1960. Frank Drake, byl členem Národní Radioastronomické observatoře v Green Bank v Západní Virginii. Pojmenoval ho po postavě princezny Ozmě z pohádky Franka Bauma (Lyman Frank Baum, *Ozma of Oz*, 1907). Tento projekt byl zaměřen na hledání signálu ze dvou nejbližších hvězd podobných slunci Tau Ceti a Epsilon Eridani. Ve své době byl tento projekt vrcholem technologie. K tomuto účelu byl použit nově budovaný radioteleskop v Green Bank. Pro hledání byla vybrána frekvence 1420 MHz a to především z úsporných důvodů. Je to frekvence vodíku, nejčastějšího prvku ve vesmíru a zároveň na této frekvenci nejčastěji pracují radioteleskopy. Používal parametrický zesilovač od firmy Microwave Associates a novou technologii maseru. Maser je předchůdce laseru, který slouží ke generování mikrovlnného záření. Spojením obou technologií a antény o průměru 26 m dosáhli 1000x vyšší citlivosti než kdokoli před nimi. Naproti tomu výstupní zařízení bylo velice jednoduché. Skládalo se ze zapisovače do grafu a nahrávacího magnetofonu. Později bylo zařízení doplněno ještě o reproduktor.

Projekt Ozma trval jeden měsíc. Poté byl na měsíc zastaven a důkladně analyzován. K analýze byly použity nahraná data. Následně byl opět spuštěn a za měsíc nadobro zastaven.

Hvězdám Tau Ceti a Ypsilon Eridani bylo věnováno celkem 200 hodin pozorování. Bylo prozkoumáno 7200 kanálů o rozsahu 100 Hz rozdělených rovnoměrně mezi obě hvězdy. Výzkum byl zaměřen na hranici kolem 1420 MHz s odchylkami na obě strany, aby se zmínil Dopplerův jev, který ovlivňuje frekvenci signálu pohybujících se planet ze kterých by mohl signál případně pocházet. Přestože projekt Ozma nezachytil žádný mimozemský signál, posloužil jako jasný model pro další projekty.

4.1 Drakeova rovnice

Při pátrání po mimozemských civilizacích se také nabízí otázka, kolik vlastně mimozemských civilizací ve vesmíru existuje? I na to existuje odpověď v podobě Drakeovy

rovnice. Uveřejnil ji americký radioastronom Francis Drake a právě tato rovnice se stala základem teorii SETI.

Drakeova rovnice vypadá takto:

$$N = R \cdot F_p \cdot N_e \cdot F_l \cdot F_i \cdot F_c \cdot L, \quad (1)$$

kde N je počet technicky vyspělých civilizací schopných komunikovat, R roční přírůstek hvězd v galaxii, F_p podíl hvězd s planetárním systémem, N_e je průměrný počet planet u hvězd, které mají vhodné podmínky pro vznik života, F_l podíl planet s vhodnými podmínkami na kterých život skutečně vznikl, F_i podíl planet na kterých se vyvinul inteligentní život, F_c podíl planet s inteligentním životem, schopným vyvinout technologie mezihvězdné komunikace, L délka trvání technologicky vyspělé civilizace.

R představuje ze 150 mld. hvězd v Galaxii jen ty, které

(a) nemají velkou hmotnost, neboť pak by jejich životní doba byla pouze miliony až desítky milionů let. Vývoj k technicky vyspělému společenství schopnému mezihvězdné komunikace potřeboval na Zemi asi 4 mld. let;

(b) nejsou vícenásobnými hvězdami (např. dvojhvězdami), neboť obíhající planety by byly vystaveny silnému kolísání toku dopadajícího záření.;

(c) nejsou mladé, neboť vývoj k inteligentnímu a technicky vyspělému společenství potřebuje několik miliard let (soudě podle života na Zemi).

Činitel F_p není zanedbatelný, jak dokazují četné objevy planetárních soustav kolem hvězd. Také objevy mnoha protoplanetárních disků dosvědčují, že vznik planetárních soustav kolem hvězd je ve vesmíru všední událostí. Pravděpodobně všechny hvězdy slunečního typu jsou provázeny planetární soustavou, jak lze soudit z jejich pomalé rotace. V planetárních soustavách je moment hybnosti především na planetách, N_e vyjadřuje, jaká část planetárních soustav je vhodná pro život. Příliš hmotné planety si podrží původní atmosféru, především vodík a helium. Obří planety nejsou vhodné pro život. Příliš malé planety si neudrží svou gravitací žádné plyny. F_l vyjadřuje pravděpodobnost vzniku života na planetě nebo přenos života z jiné planety. Složité organické molekuly objevené ve spektru nebo v uhlíkatých chondritech svědčí o tom, že základní stavební materiál pro život je připraven ještě před vznikem planety. Tři Marsovy meteority pravděpodobně dokazují, že na Marsu byl v dřívějších dobách život. Byl přenesen z jedné planety na druhou nebo vznikl nezávisle? F_i a F_c je obtížné odhadnout. V biologickém vývoji bylo třeba mnoho kroků k tomu, aby

se objevili inteligentní bytosti, a řadu kroků v historii lidské společnosti, aby technologicky vypsěla. Na druhé straně je možné, že jinde se tento vývoj uskutečňoval jinými cestami než na Zemi. F_l závisí na tom, jak dlouho technicky vypsělá civilizace na planetě žije. Může totiž zneužít vynalezenou dokonalou techniku k vlastnímu zničení.

Vzhledem ke značné neurčitosti jednotlivých činitelů v rovnici se konečné odhady počtu inteligentních technologicky vypsělých galaktických společenství v Galaxii značně liší od autora k autorovi. Většina se jich však shoduje, že N může být několik milionů. Vzdálenosti mezi nimi by pak v průměru byly stovky světelných let. [2]

4.2 Dopplerův jev

Poprvé jej formuloval Christian Doppler, v té době profesor na pražské polytechnice, na zasedání přírodovědecké sekce České královské společnosti nauk. Toto zasedání se konalo 25. května 1842 v Praze v dnešním Vlasteneckém sále Karolina. Dopplerova přednáška se jmenovala „O barevném světle dvojhvězd a některých jiných hvězd na nebi.“ [1] Dopplerův jev popisuje změnu frekvence a vlnové délky pohybujícího se signálu vůči přijímanému, který je způsoben nenulovou rychlostí zdroje a přijímače. V normálním životě se s ním můžeme setkat při přibližování houkajícího auta, které nás míjí a poté se vzdaluje. Frekvence námi přijímaného signálu se při přibližování zvyšuje, v okamžiku míjení je identická a při vzdalování se snižuje.

Ve vesmíru díky tomuto jevu můžeme zkoumat tzv. červený nebo modrý posuv. Světlo, které vysílá nějaký zdroj si představíme jako řadu kulových vlnoploch rozbíhajících se do okolí. Bude-li zdroj vůči pozorovateli v klidu, je doba mezi příchody jednotlivých vrcholů vln k pozorovateli stejná jako doba mezi jejich odchody ze zdroje. Při vzdalování zdroje od pozorovatele je doba mezi příchody dvou po sobě následujících vrcholů vlny delší, než doba mezi jejich odchody ze zdroje, protože druhý vrchol vlny musí urazit poněkud delší dráhu než vrchol předcházející. Z hlediska pozorovatele má vlna vysílaná zdrojem menší frekvenci a tím i delší vlnovou délku, než kdyby byl zdroj v klidu. Při přibližování zdroje se naopak vlnová délka zkracuje.

Díky tomu, že spektra hvězd nejsou spojitá, jsou absorpční čáry světla na dobře definovaných frekvencích. Dopplerův jev je dobře rozeznatelný, protože absorpční čáry nejsou na frekvencích jaké by měly nepohyblivé světelné zdroje. Modré světlo má vyšší

frekvenci než červené, spektrální čáry přibližujícího se zdroje světelného paprsku vykazuje modrý posuv a vzdalujícího se paprsku rudý posuv.

Ve výzkumu SETI se s tímto jevem rovněž setkáváme, konkrétně u vysílání v úzkém frekvenčním pásmu. Proto nestačí prohledávat pouze konkrétní frekvenci. Musíme se zaměřit i na frekvence vyšší i nižší v určitém rozsahu, protože těleso, které signál vysílá není ve stejné vzdálenosti s přijímačem.

5. Vzkaz ze Země

Projekt SETI se nezaměřoval pouze na pasivní pozorování a naslouchání signálů přicházejících z vesmíru, ale několikrát jsme vyslali signál, nebo poselství i my. Nejznámější vzkaz byl vyslán 16. listopadu 1974 z radioteleskopu Arecibo v Portoriku. Signál byl určen pro hvězdokupu M13 vzdálenou 25 000 světelných let a její stáří je přibližně 12 miliard let.

Zpráva se skládala z 1679 binárních čísel a byla odeslána na frekvenci 2380 MHz s posunem o 10 Hz. Signál byl silný 1000 kW. Byl to nejsilnější signál, jaký kdy lidé do vesmíru vyslali. Celé vysílání trvalo 1679 vteřin. Číslo 1679 je násobkem dvou prvočísel 23 a 73. Z tohoto důvodu může být tento signál rozdělen do 23 sloupců a 73 řádků. Při rozdělení právě na tento počet sloupců a řádků by vznikl obdélník, který obsahuje důležitá data.

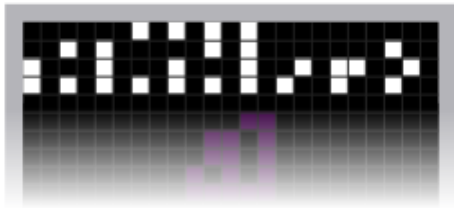
Pokud poselství budeme číst od shora dolů, je možno ji rozdělit na 7 částí.

- 1 – Čísla 1 – 10
- 2 – Atomová čísla DNA
- 3 – Chemické vzorce nukleotidů DNA
- 4 – Dvojšroubovice DNA
- 5 – Grafické znázornění člověka
- 6 – Sluneční soustava
- 7 – Informace o radioteleskopu



Obr. 2: Podoba zprávy vyslané ze Země 16. listopadu 1974 [5]

1. část



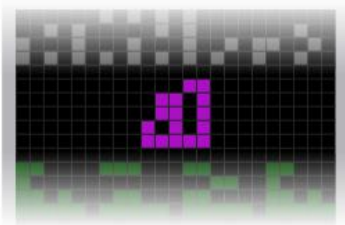
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

0	0	0	1	1	1	1	00	00	00
0	1	1	0	0	1	1	00	00	10
1	0	1	0	1	0	1	01	11	01
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Obr. 3: Vysvětlení vzkazu – 1. část [5]

Čísla 1 – 10 jsou v binárním formátu. Spodní řada ukazuje začátek každého čísla. Pro čtení 7 čísel stačí ignorovat spodní řadu a číslo přečíst v binárním formátu shora dolů. Čtení čísel 8, 9 a 10 je odlišné, protože čísla pokračují v dalším sloupci doprava. Toto naznačuje, že příliš velká čísla mohou být rozepsána do dalších a pokračují ve sloupci napravo. Návaznost je zdůrazňována chybějícím číslem ve spodní řadě označující začátek čísel.

2. část



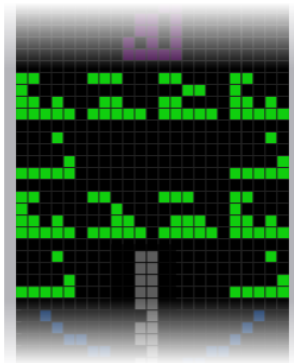
H	C	N	O	P
1	6	7	8	15

0	0	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	0	1
1	0	1	0	1

Obr. 4: Vysvětlení vzkazu – 2. část [5]

V další části jsou čísla 1, 6, 7, 8 a 15. Jsou to atomová čísla vodíku, uhlíku, dusíku, kyslíku a fosforu – základní stavební kameny DNA. Čísla jsou zde 8 a 15 zapsána v logickém rozšíření binárního kódování.

3. část



Deoxyribose (C ₅ OH ₇)	Adenine (C ₅ H ₄ N ₅)	Thymine (C ₅ H ₅ N ₂ O ₂)	Deoxyribose (C ₅ OH ₇)
Phosphate (PO ₄)			Phosphate (PO ₄)
Deoxyribose (C ₅ OH ₇)	Cytosine (C ₄ H ₄ N ₃ O)	Guanine (C ₅ H ₄ N ₅ O)	Deoxyribose (C ₅ OH ₇)
Phosphate (PO ₄)			Phosphate (PO ₄)

Obr. 5: Vysvětlení vzkazu – 3. část [5]

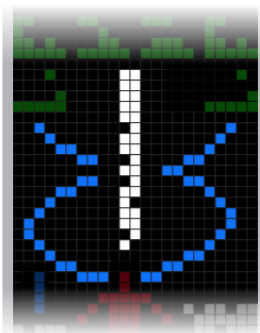
V této části jsou popsány nukleotidy pomocí 5 prvků z předcházející části zprávy. Každá část představuje vzorec nukleotidů, tak jak jsou začleněny do řetězce DNA.

Např. deoxyribóza (C₅OH₇ v řetězci DNA, ale 05O4H10 ve volné formě) je v binárním kódu zapsána takto:

	11000
	10000
7 atomů vodíku, 5 uhlíku, žádný dusík, 1 atom kyslíku a žádný fosfor	11010
	XXXXX

	75010

4. část

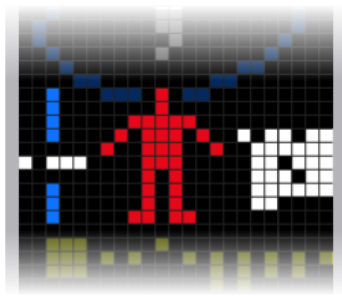


111111111110111 1111101101011110 (binárně)
= 4,294,441,822 (dekadicky)

Obr. 6: Vysvětlení vzkazu – 4. část [5]

Tato část ukazuje dvojšroubovici DNA. Prostřední sloupec udává počet nukleotidů.

5. část



X01111
X011011
111111
110111
111011
111111
110000

Obr. 7: Vysvětlení vzkazu – 5. část [5]

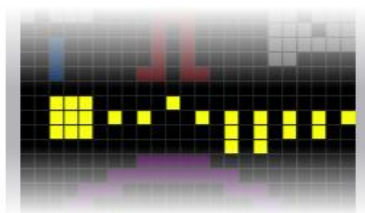
Prostřední symbol ukazuje fyzickou podobu člověka.

Prvek vlevo udává průměrnou výšku člověka 1764 mm. Toto číslo odpovídá horizontálně zapsanému číslu 14 v binárním kódu a vynásobenému číslem 126, které představuje vlnovou délku zprávy. Prvek v pravé části je velikost lidské populace v roce 1974. V tomto případě je číslo orientováno horizontálně s označením počátku v levém horním rohu.

1110 (binárně) = 14 (dekadicky)

000011 111111 110111 111011 111111 110110 (binárně)
= 4,292,853,750 (dekadicky)

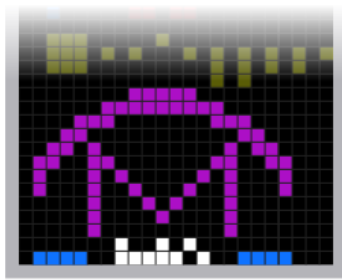
6. část



Obr. 8: Vysvětlení vzkazu – 6. část [5]

Zde je vyobrazena sluneční soustava se svými planetami. Toto vyobrazení ukazuje poměry velikostí hmotností planet. Země je vyobrazena směrem nahoru a nad ní je vyobrazena postava člověka.

7. část



poslední dva řádky:

100101

<--- 111110X --->

100101 111110 (binárně) = 2,430 (dekadicky)

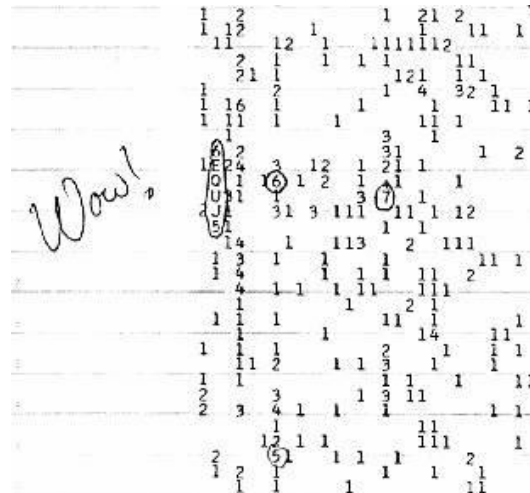
Obr. 9: Vysvětlení vzkazu – 7. část [5]

V této části je zobrazen radioteleskop v Arecibo. Představuje číslo získané násobením 2430 a vlnové délky zprávy 126 mm. Zde je číslo orientováno horizontálně, ale začátek je v pravém horním rohu.

Autorem této zprávy byl Dr. Francis Drake a Carl Sagan. Tato zpráva by měla dorazit do svého cíle za 25 000 let. Vždy je tu však možnost, že zprávu zachytí mimozemská sonda či kosmická loď.

Dalším významným radioteleskopem v hledání mimozemských civilizací je radioteleskop Státní Univerzity Ohio. Skládal se z rovné hliníkové plochy o velikosti 3 fotbalových hřišť s reflektorem na každém konci. Citlivost by se dala porovnávat s 53 metrovou talířovou anténou. Pátrat na frekvenci vodíku začal v r. 1973 a skončil v r. 1998.

Největší chvíle tohoto radioteleskopu, kterému se říká Velké ucho, byla v noci 15. srpna 1977. Tehdy bylo zachyceno zvláštní vysílání na kanálu 2. Síla signálu byla zapsána jako 6EQUJ5. Tento signál byl nazván jako signál WOW. Systém Velkého ucha označoval čísla 1 – 9 sílu signálu nad běžný šum pozadí. Stupnice byla poté rozšířena na písmena A – Z, které označovaly sílu signálu. 6EQUJ5 dosáhl síly U a poté klesl. Signál tedy vzrostl z 0 na 30, tedy nad šum pozadí a poté klesl na 0 v rozmezí 37 vteřin.



Obr. 10: Signál WOW, který byl zachycen 15. srpna 1977 [5]

Po dalším zkoumání tohoto signálu vyšly najevo dva zajímavé fakty. Tak především prvním faktem bylo přerušování signálu. Velké ucho má dva snímací paprsky, které snímají oblohu na stejném místě pár minut po sobě. Je tedy jasné, že signál byl vypnut dříve, než ho druhý paprsek stačil zachytit, protože se objevil pouze na jednom snímacím paprsku. Druhým faktem je, že snímací paprsek Velkého ucha prozkoumává místo na obloze přesně 37 vteřin. Právě proto, aby jakýkoli signál z vesmíru měl vlastnosti jako WOW signál, tedy zvýšení a následný útlum během 37 vteřin. Tento fakt znemožnil, že by signál byl výsledkem rádiového rušení ze Země.

Snaha o opětovné zachycení signálu WOW byla provedena ještě několikrát, ale bohužel bez úspěchu. Dokud se nepodaří signál znovu zachytit, nemůžeme si být jisti, zda signál pocházel od mimozemské civilizace, či to byl jen signál z vesmírné sondy. [5]

6. Vznik projektu SETI@HOME

Větší část výzkumů se prováděla na místních univerzitách, ale vyskytly se i projekty které zaštitila i NASA. Tím byly získány zejména finanční prostředky na vylepšení pátracích technologií. Zvláště významné bylo i rozšíření povědomí a uznání pátrání po mimozemských civilizacích.

Ovšem například velký projekt KYKLOP sponzorován NASA nebyl nikdy touto agenturou schválen. Jednalo se o projekt, kde by se vytvořilo pole jednoho tisíce 100 m talířových antén o rozloze 10 km čtverečních. Tento projekt vyžadoval investici 10 miliard amerických dolarů a proto nebyl nikdy uskutečněn.

NASA preferovala především vypuštění raketoplánů a výzkumy SETI, byly až na druhé koleji. NASA pokračovala ve sponzorování seminářů a studií SETI. Postupně se začaly vykrystalizovat dvě hlavní strategie. První strategie zahrnovala pátrání po celé obloze. Tento výzkum mohl být úspěšný hlavně z důvodu svého rozsahu a pokrytí. Druhá strategie byla zaměřena na pátrání po mimozemském signálu na blízkých hvězdách podobných Slunci. NASA pracovala s oběma způsoby pátrání. Cílené pátrání mělo základnu v Amesově centru a pátrání po celé obloze bylo vedeno v Laboratořích tryskových pohonů v Pasadeně. Výzkum vedl Program pozorování mikrovlnného záření (MOP – Microwave Observing Program).

Ale i přesto, že byl program spuštěn pod záštitou NASA, musel čelit mnoha překážkám. Jedna z nich byla například ta, že v roce 1982 chtěl senátor Proxmire prosadit, aby byl tento program ukončen. Calr Sagan tohoto senátora přesvědčil, aby tento program pokračoval dál. Sepsal petici, kterou poté podepsalo 7 předních světových vědců, držitelé Nobelových cen. Výzkumy programu SETI byly tedy zachovány.

Oba výzkumné programy založené na zcela jiných strategiích byly spuštěny 12. října 1992. Pomocí radioteleskopu Arecibo bylo spuštěno zkoumání 800 1000 hvězd a teleskop v Deep Space Communications Komplexu v Goldstone v Mohavské poušti (JPL) začal mapovat celou oblohu. Výzkum mikrovlnného záření ve velkém rozlišení HRMS, tak byly oba tyto projekty nazvány.

Tento cílený výzkum analyzoval spektrum mezi 1 a 3 GHz s cílem nalézt signály úzkého rozsahu. K tomuto účelu používal vícekanálový spektrální analyzátor, který pásmo o šířce 20 Mhz rozdělil na 20 milionů 1 Herzových kanálů, kde hledal signály o vlnovém rozsahu 1 až 28 Hz. Oproti tomu byl JPL navržen pro mapování celé oblohy na frekvencích od 1 do 10 Ghz. Tento obrovský rozsah byl zkoumán pomocí širokopásmového spektrálního

analyzátoru, který jednotlivá 320 Mhz pásma rozdělil na 16 milionů 20 Hz kanálů. To vytvořilo mozaiku 25 000 snímků, která pokryla celou oblohu. Toto byl obrovský technologický pokrok.

Bohužel po necelém roce americká vláda zastavila financování a projekt SETI se ocitl na mrtvém bodě. Institut SETI tedy spustil své vlastní pátrání pod názvem projekt Phoenix. Ačkoli NASA již není aktivním účastníkem výzkumů SETI, tento projekt stále těží z jeho předchozího působení a z jejích výsledků.

Po odchodu NASA ztratilo SETI obrovské finanční prostředky, vydalo se tedy cestou úsporných opatření. Rádiové SETI používaly k výzkumu speciální superpočítače, které byly k tomuto účelu speciálně navrženy a zabudovány přímo v teleskopu. Prováděly převážnou část analýzy nasbíraných dat. Výkon superpočítačů byl sice obrovský, ale pro tyto účely nedostačující. Právě tehdy napadla Davida Gedye a Craiga Kosnoffera myšlenka distribuovaných výpočtů. V roce 1995 navrhli, že by se rádio SETI mohlo analyzovat na virtuálním superpočítači, který by se skládal z velkého počtu individuálních počítačů na Internetu. Tak vznikl projekt SETI@HOME, který měl tuto myšlenku uvést do praxe. Chtěli využít tisíce běžných osobních PC, které by prováděly výpočty po krátký časový úsek místo jednoho drahého superpočítače.

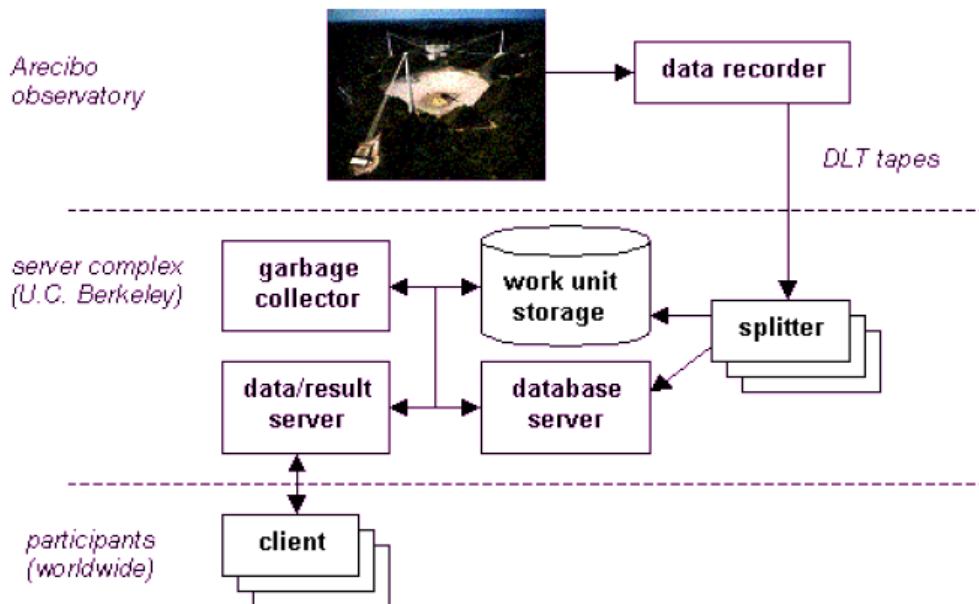
Projekty SETI měly obrovskou popularitu mezi širokou veřejností. Jejich představou bylo, aby si lidé po celém světě měli možnost stáhnout přes Internet na své osobní počítače analyzující program. Program by prováděl výpočty po určitý čas a nikterak nezasahoval do běžné práce uživatele. Po zpracování přijatých dat by je program odeslal zpátky na centrální server a stáhl by si ke zpracování další data. Trvalo dalších 5 let než se tuto geniální myšlenku za pomoci Planetární společnosti podařilo uvést do praxe. David Gedye s Raigem Kosnoflem v roce 1996 sestavili vlastní projektový tým a vytvořili plán, který byl na 5. Mezinárodní konferenci bioastronomie přijat akademickou obcí v italském Capri v červenci 1996. V následujícím roce dokončil tým prototyp klientského a serverového softwaru a kód analyzující přijatá data. V roce 1998 se věnovali testování a ověřovali funkčnost celého systému. Hlavním finančním sponzorem projektu SETI@HOME se stala Planetární společnost. V září 1998 byl spuštěn systém přijímající, ukládající a distribuující data. Finální verze klientského softwaru byla testována a doladěna do dubna roku 1999. Poté byla připravena ke spuštění spolu s internetovými stránkami projektu.

Projekt SETI@HOME byl spuštěn 17. května 1999. Do historie SETI se tento den zapsal zlatým písmem.

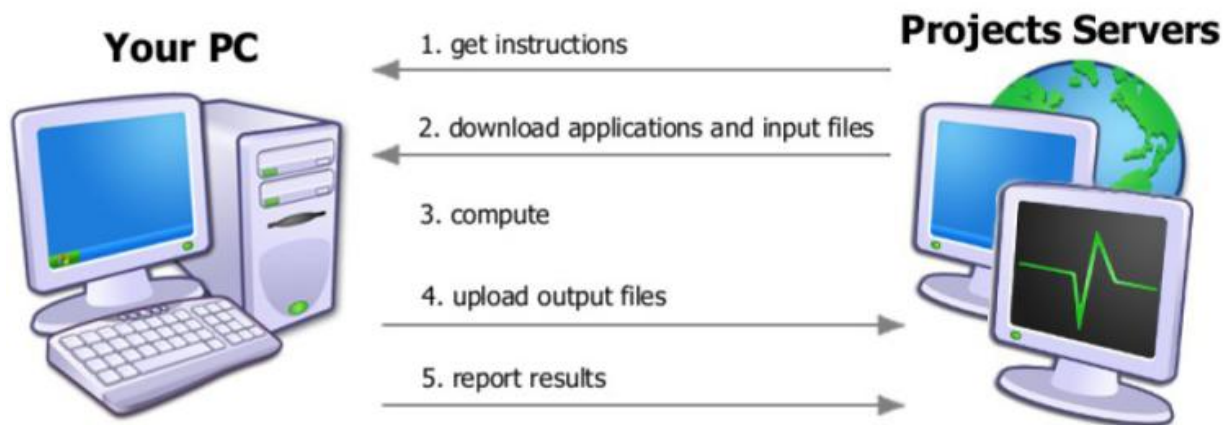
Už během prvních měsíců se do projektu zapojilo statisíce lidí z celého světa. Po 3 měsících fungování měl projekt SETI@HOME více jak 1 milion uživatelů. Ze začátku servery nestíhaly reagovat na množství požadavků, ale postupem času se podařilo většinu technických problémů odstranit. Projekt SETI@HOME po ročním provozu pokořil hranici dvou milionů uživatelů, z toho jich bylo aktivních přibližně půl milionu. Účastníci projektu, které za poslední měsíc odeslali alespoň 1 zpracovaný datový balíček se počítali mezi aktivní uživatele. Balíčky se ukládaly v centrální databázi. Z databáze se začalo tříděním více jak 1,4 miliardy potenciálních signálů, vyhledávání chyb při zpracování a nalezení opakujících se signálů. Rovněž došlo k eliminaci veškerého rádiového rušení.

Projekt se rozšiřoval s rostoucím zájmem po celém světě. Více jak 5 milionů uživatelů z celého světa se zapojilo do projektu SETI@HOME. [5]

6.1 Šetřič obrazovky SETI@HOME



Obr. 11: Průběh tvorby pracovních jednotek [5]



Obr. 12: Proces zpracování dat [5]

Rozdělení dat

Data z teleskopu Arecibo v Puerto Ricu jsou zaznamenávána na magnetickou pásku o vysoké hustotě záznamu. Na pásku se denně zaznamená kolem 35 Gbyte dat. Protože Arecibo nemá širokopásmové připojení k internetu, musí se záznam s daty posílat přes smail-mail do Berkeley. Data se potom rozdělí na kousky o velikosti 0,25 MByte a nazývají se „pracovními jednotkami“. Tyto jednotky jsou posílány ze serveru SETI@HOME přes Internet k lidem po celém světě k analýze. Sledují se data o šířce 2,5 MHz se středem na 1420 MHz. Stále to je ale příliš široké spektrum pro přenos dat k uživateli. Proto se jistě toto spektrum rozděluje na 256 kousků. Každý kousek je o šířce 10 KHz úplně přesně 9766 H. Tato úprava se provádí pomocí programu, který se nazývá Splitter. Kousky 10KHz široké jsou vhodnější pro přenos. U záznamu signálu do 10 KHz se musí bity zaznamenat rychlostí 20 000 bitů za sekundu. Tento postup se nazývá Nyquistův kmitočet.

Tento 10 KHz široký datový signál je přibližně 107 sekund dlouhý.

$$100 \text{ s} \times 20\,000 \text{ bitu/s} = 2\,000\,000 \text{ bitu} = 0,25 \text{ Mbyte}$$

(1 byte tvoří 8 bitů)

Spolu s „pracovními jednotkami“ je ještě posíláno ke konečnému uživateli mnoho dodatečných informací o „pracovní jednotce“. Tento proces probíhá následujícím způsobem.

Když šetřič obrazovky SETI@HOME dokončí analýzu „pracovní jednotky“, odešle výsledky zpět do Berkeley. Program SETI@HOME se připojí pouze tehdy, když má být proveden přenos dat. To se děje s vědomím uživatele, nebo se může šetřič nastavit pro automatický přenos dat. Po skončení analýzy „pracovní jednotky“ si šetřič stáhne další „pracovní jednotku“. Přenos dat netrvá více jak 5 minut u většiny modemů. Po přenosu všech dat dojde k okamžitému odpojení. Pracovní jednotky se uchovávají ve velké databázi v Berkeley. Hotové „pracovní jednotky“ jsou v databázi označeny jako „done“ provedené. Odeslané „pracovní jednotky“ jsou určeny ke zpracování a v databázi se označují „in progress“ ve zpracování. Jestliže se od konkrétního uživatele „pracovní jednotka“ dlouho nevrací zpět, předpokládá se, že uživatel opustil program SETI@HOME a tato jednotka je poslána jinému aktivnímu uživateli.

Položme si otázku, co očekáváme od mimozemského poselství? A co se přesně hledá v datech? Předpokládáme, že mimozemšťané by poslali signál co nejvíc efektivním způsobem, aby nespotřeboval mnoho energie a dal se snadno detekovat. Zpráva vysílaná v mnoha frekvencích není efektivní, spotřebuje hodně energie. Když zprávu zkoncentrujete do velmi nízkého frekvenčního pásma bude signál lépe oddělen od šumového pozadí a ušetří se energie. Je to hodně důležité, protože jsou od nás pravděpodobně hodně daleko a jejich signál s dobou slábne, takže než se vesmírem dostane až k nám bude velice slabý.

Z tohoto důvodu se nehledá žádný širokopásmový signál, ale signál na velmi specifické frekvenci. Šetřič obrazovky SETI@HOME funguje jako rádio, když ladíte stanice.

Program SETI@HOME je součástí složitého vědeckého analytického programového vybavení. Tento program nazýváme šetřič obrazovky SETI@HOME. Pomocí šetřiče obrazovky se provádí velké množství matematických operací na datech složených z programu SETI v Berkeley.

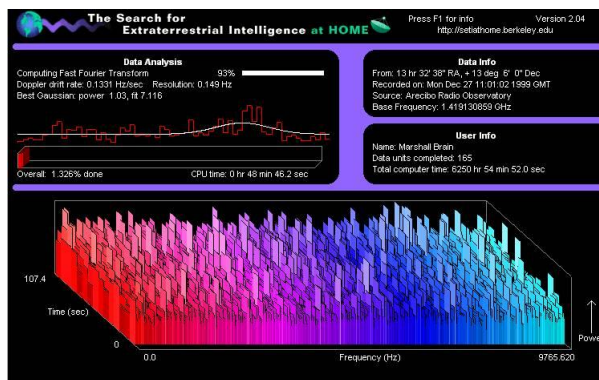
Do čtyř hlavních částí je rozdělen displej šetřiče obrazovky SETI@HOME.

Informace o uživateli (User Info)

Informace o datech (Data Info)

Analýza dat (Data Analysis)

Frekvenční – časový – energetický graf (Frequency – Time – Power graph)



Obr. 13: Šetřič obrazovky SETI@HOME [5]

1. část – Informace o uživateli (User Info)



Obr. 14: Šetřič obrazovky SETI@HOME – informace o uživateli [5]

Tato část poskytuje informace o uživateli, který provozuje zpracování dat. Zde je napsáno jméno uživatele, celkový počet pracovních jednotek, které byly zpracovány a celkový počítačový čas. Je to čas spotřebovaný na analýzu dat pouze šetřičem obrazovky, kdy prováděl výpočty. Nejedná se tedy o celkový čas, kdy byl počítač zapnut. Za tuto práci dostává uživatel kredit.

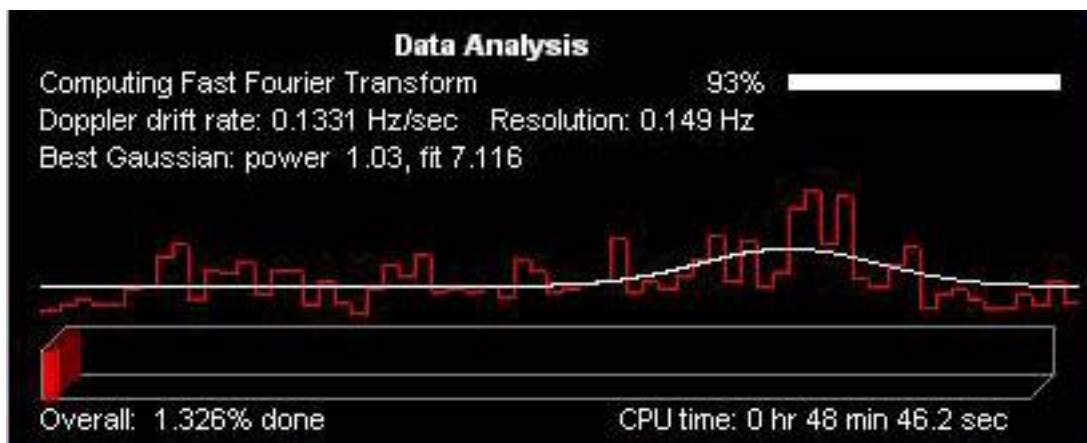
2. část – Informace o datech (Data info)



Obr. 15: Šetřič obrazovky SETI@HOME – informace o datech [5]

Tato část zahrnuje informace o datovém bloku, který počítač právě zpracovává. Je to důležité, aby bylo možné najít v databázi příslušný záznam a podrobnosti o těchto datech. Při nalezení silného signálu tato informace umožní vrátit se zpátky přesně na místo na obloze, kde byl signál zachycen a prozkoumat tu správnou část rádiového spektra. V této části obrazovky první řádek určuje umístění na obloze, odkud pocházejí data. Přesně tu část oblohy, která se nacházela v daném čase nad teleskopem. Pro určení místa na zeměkouli jsou zapotřebí dvě souřadnice – zeměpisná šířka a délka. Stejně tak na obloze potřebujeme k určení objektu na „nebeské“ kouli“ dvě souřadnice. Tyto dvě souřadnice se nazývají „rektascenze“, a „deklinace“. Deklinace a zeměpisná šířka se měří stejným způsobem. Začínají při nultém stupni na rovníku (deklinace na nebeském rovníku) 90 stupňů na sever u severního pólu a 90 stupňů u jižního pólu. Zeměpisná délka se měří od poledníku Greenwich v Anglii. Měří se na východ a na západ, 180 stupňů oběma směry až na opačné strany zeměkoule k mezinárodní datumové linii. Rektascenze se měří pouze východním směrem v hodinách, minutách a sekundách. Celý obvod je rozdělen na 24 hodin, hodina se dělí na 60 minut a minuta na 60 sekund. Když se souřadnice „RE“ a „DE“ z prvního řádku přenesou na hvězdnou mapu, určí se místo na obloze, odkud byla data zachycena.

3. část Analýza dat (data Analysis)



Obr. 16: Šetřič obrazovky SETI@HOME – analýza dat [5]

Předchozí dvě zobrazení zůstávají během zpracování dat neměnná. V této třetí části je zobrazena činnost prováděných výpočtů, veškeré informace co právě počítač dělá

v kterémkoli okamžiku při analýze „pracovní jednotky“. Data jsou v průběhu práce aktualizována automaticky.

Co právě program dělá, zobrazuje horní řádek. Program je schopen zobrazit několik různých činností. Dále si vysvětlíme a popíšeme co každá z činností znamená.

Scanning Result Leader File (Výsledek sledování hlavního souboru)

Při spuštění ručně nebo při zaseknutí počítače musí SETI@HOME zjistit kde přerušil průběh svých výpočtů od posledního přerušení. Aby zjistil tuto informaci, přečte soubor, který se uložil při stahování programu na pevný disk počítače. Šetřič obrazovky tak začne s výpočty přesně v místě, kde předtím přestal.

Connesting To Server (Připojení k serveru)

Tato hláška oznamuje, že se právě šetřič obrazovky pokouší spojit s datovým serverem SETI@HOME pro provedení všech výpočtů na „pracovní jednotce“.

Receiving Data (Příjem dat)

Při zobrazení tohoto hlášení, datový server SETI@HOME právě posílá do počítače data „pracovní jednotky“. Data z radioteleskopu mají velikost přibližně 350 kB z toho je 1 kB dat, které popisují místo na obloze, odkud pocházejí (základní frekvenci pracovní jednotky, čas kdy byla data přijata atd.). Internetové spojení netrvá více než 4 minuty s běžně používanými modemy o rychlosti 28,8 kB.

Doing Baseline Smoothing (Vytváření základní linie vyhlazováním)

V nové „pracovní jednotce“ ze serveru v Berkeley jsou smíchány signály všech možných druhů. Program bude vyhledávat pouze úzkopásmové signály. Jak bylo dříve řečeno úzkopásmové signály by podle vědců měly být nejvhodnější ke komunikaci s jinou civilizací. Širokopásmové signály jsou velice pravděpodobně přírodními astronomickými procesy. Aby šetřič obrazovky vyloučil širokopásmový šum, provádí třídění všech dat podle průměru, všem ostatním úzkopásmovým signálům přiřadí společnou základní úroveň. Proto signál v průběhu 107 sekund někdy zesiluje nebo zeslabuje. Po vyrovnání na základní úroveň je všem signálům přiřazena stejná úroveň. Je to první věc, která se provádí s daty po přijetí „pracovní jednotky“ a program ji provede pouze jednou.

Computing Fast Fourier Transform (Výpočet rychlé Fourierovi transformace)

Data z teleskopu je signál proměnný v čase. K představě nám poslouží čára na osciloskopu, která kmitá nahoru a dolů při reakci na hlas připojený přes mikrofon. Čas v tomto případě představuje horizontální osa „x“ a sílu signálu vertikální osa „y“. Z radioteleskopu surový signál není moc užitečný. Je potřeba získat nějaké konstantní hlasité tóny uvnitř signálu. Když se podíváme na graf s frekvencí v horizontální ose x a energií ve vertikální ose y, tak v tomto grafu jakákoli špička může být hlasitý signál jednotlivé frekvence. K rozkladu datového signálu na jednotlivé frekvence se aplikuje komplex složitých matematických výpočtů nazývaný „rychlá Fourierova transformace“ zvaná FFT (fast fourier transform).

Graf znázorněný ve spodní části šetřice obrazovky je výsledkem těchto výpočtů. Na začátku „pracovní jednotky“ dělá program 15 rozdílných výpočtů FFT, každou prohlíží s různou přesností. Sleduje se 14 různých frekvenčních rozlišení. Výpočty začínají na frekvenci 0,075 Hz (0,075; 0,15; 0,3; 0,6; 1,2; 2,5; 5; 10; 20; 40; 75; 150; 300; 600 a 1200 Hz). Aby se dosáhlo velké přesnosti v kmitočtu, musí se data sledovat delší dobu. Při frekvenčním rozlišení 0,075 Hz je potřeba sledovat 13,42 sekund dlouhé kousky dat. Ke kompletní analýze 107 sekund dlouhé „pracovní jednotky“ je potřeba toto měření 8krát zopakovat (tedy 8·FFT). V případě zredukování frekvenčního rozlišení na 0,14 Hz stačí prohlédnout 6,7 sekundové vzorky dat. Nyní analyzuje šetřič obrazovky menší frekvenční rozlišení, ale zato s větším časovým rozlišením. Z tohoto důvodu se musí logicky prohlédnout dvojnásobný počet vzorků přesně 16 vzorků ve 107 sekundách dat. Při každém půlení frekvenčního rozlišení se musí zdvojnásobit počet FFT na 107 sekundách dat. Provedený počet číselných operací je závratný. Informace o tom jak je počítač s výpočty daleko u každé skupiny FFT znázorňuje progresivní ukazatel, který se pohybuje směrem doprava. Uživatel má možnost podívat se na graf FFT ve spodní části obrazovky.

Chirping data („Kuňkající“ data)

Zcela jistě cizí planeta nebude vzhledem k naší Zemi v klidu. Země rotuje a obíhá kolem Slunce. Slunce zase obíhá kolem centra naší galaxie Mléčné dráhy. Dá se tedy předpokládat, že mimozemšťané jsou ve stejné situaci. Všechn tento pohyb bude mít zcela jistě vliv na signál. A to jak v případě vysílání na pohybujícím se zdroji tak i při zachycení na pohybujícím se přijímači. Tento jev se nazývá Dopplerův jev. Je popsán v kapitole 4.3.

Jenom pro připomenutí na příkladu automobilu. Frekvence neboli tón zvuku se mění při přibližování troubícího automobilu, při míjení a při vzdalování od stojícího pozorovatele.

Mimozemšťané na vzdálené planetě k nám posílají vlny (elektromagnetické vlny). Vzájemným pohybem obou našich systémů bude signál zkreslen jako v případě zvuku troubícího automobilu, který se pohybuje. Aby SETI@HOME rozluštil tento jev, analyzuje data zkoušením množství variant možných Dopplerových akcelerací. Šetřič obrazovky vezme surová data, z nichž matematicky oddělí příslušnou dopplerovu akceleraci tzv. „kuňkání“. Potom těmito neakcelerovanými daty „nakrmí“ rutiny rychlé fourierovy transformace (FFT). Toto tzv. „odstranění kuňkání“ dat zkouší SETI@HOME udělat v mnoha případech v rozmezí od +10 Hz/s do -10 Hz/s u zkoumané frekvence. U nejmenšího frekvenčního rozlišení 0,075 Hz kontroluje 5 10⁹ různých akcelerací v rozmezí -5 Hz/s do +5 Hz/s.

Doing Curve Fitting (Vytváření výsledné křivky)

Při menším frekvenčním rozlišení, je časové rozlišení jemnější. V případě časového rozlišení hodně jemného se dá zjistit, jestli jsou signály v průběhu 12 sekund silnější nebo slabší. Dobu 12 sekund potřebuje teleskop k přejetí přes pole pohledu. Pomocí tohoto testu se dobře oddělí signál z venku od zdroje signálu ze země během 12 sekundové periody, pozemský signál nezesiluje a nezeslabuje, ale je konstantní. Tento test se provádí pro frekvenční rozlišení větší nebo rovně 0,59 Hz. Pomocí výsledné křivky se zjistí, jestli signál během 12 sekundové periody zesiluje nebo zeslabuje. Protože se hledá 12 sekundový signál gaussovi křivky a taky aby nebyl ztracen signál jeho rozdělením uprostřed. Je posílána 107 sekund dlouhá pracovní jednotka s 15 sekundovým přesahem do předchozí a následující pracovní jednotky.

Doppler Drift Rate (Dopplerova změna pohybu)

Druhý řádek obrazovky zobrazuje právě probíhající dopplerovu změnu rychlosti. První testy na datech pracovní jednotky předpokládají změnu rychlosti 0Hz/s. tyto neakcelerované signály budou pravděpodobně zdroji rádiové frekvenční interference (RFI) z pozemských vysílačů. Zkouší se všech 15 frekvenčních rozlišení mezi dopplerovou rychlostí -5 Hz/s a +5 Hz/s při zvyšování rychlosti po 0,002 Hz/s mezi FFT.

Mezi změnou rychlosti ± 5 a ± 10 se vynechává nejmenší frekvenční rozlišení 0,075 Hz a zvyšuje se po 0,007 Hz/s. Dále je zde zobrazeno frekvenční rozlišení (šířka pásma), které je použito v právě probíhajících výpočtech.

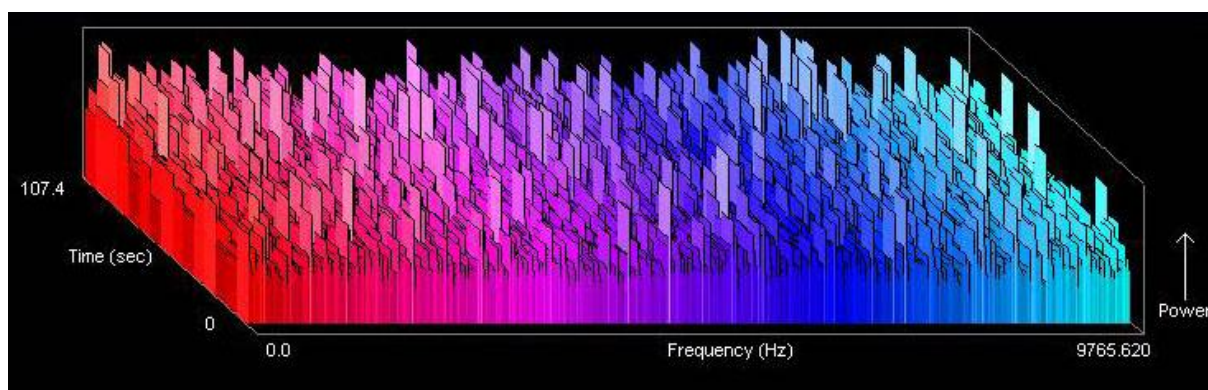
Většinu času s výpočty FFT stráví šetřič obrazovky s frekvenčním rozlišením 0,075 Hz. S frekvenčním rozlišením 0,14 Hz bude provedena každá 4. FFT. S frekvenčním rozlišením 0,29 Hz každá 16. FFT atd. Z 15 různých frekvenčních rozlišení (0,075; 0,15; 0,3; 0,6; 1,2; 2,5; 5; 10; 20; 40; 75; 150; 300; 600 a 1200 Hz) vynechává program frekvenční rozlišení 0,075 Hz v případě dopplerově změně rychlosti větší než 5 Hz/s nebo menší než -5 Hz/s.

Best Gaussian (Gaussova křivka)

Třetí řádek znázorňuje Gaussovu křivku. Šum signálu někdy zesiluje a zeslabuje ve tvaru Gaussovy křivky jako by objekt přecházel přes svazek teleskopu. Toto je signál, který hledá SETI@HOME. Záleží však na tom jak je silný. Sílu signálu k základní energetické úrovni ukazuje číslo označené „power“. Jak je signál stoupající a klesající podobný ideálnímu tvaru Gaussovy křivky (zvonový tvar), ukazuje číslo označené „Fit“. Malé číslo „Fit“ znamená větší podobnost. Přesně jak daleko se odchylují data od ideální Gaussovy křivky. Aby se zabránilo přehlčení triviálními výsledky je nastaven určitý práh, protože náhodný šum může simulovat Gaussovu křivku. V případě signálu 3,2krát silnějších než je průměrná úroveň šumu a při lepší podobnosti menší než 10 „Fit“ jsou tyto signály poslány programem SETI@HOME na server v Berkeley k pozdějšímu znovuprozkoumání radioteleskopem.

Graf pod třetím řádkem znázorňuje analýzu podobnosti křivky, jak se provádí v daném čase a také nejlepší Gaussovu křivku u dané pracovní jednotky.

4. Část – Frekvenční – časový – energetický graf (Frequency – Time – Power graph)



Obr. 17: Šetřič obrazovky SETI@HOME – Frekvenční-časový-energetický graf [5]

V této čtvrté části je zobrazena grafická podoba rychlé fourierovy transformace podle probíhajících výpočtů. Horizontální osa „x“ znázorňuje frekvenci, vertikální osa „y“ energii a předozadní osa „z“ čas. Zde je vidět rozdíl mezi frekvenčním rozlišením FFT. Pro rozlišení 0,075 Hz se dělá 8 FFT pro pokrytí 107 sekund dat. Pro rozlišení 0,14 Hz se dělá 16 FFT. Při každém redukování frekvenčního pásma na polovinu, neboli zdvojnásobení šířky pásma se zdvojnásobí časové rozlišení. Program udělá tedy dvojnásobný počet FFT. U posledních 1200 Hz je časové rozlišení 0,008192 sekund. Celkem dělá spořič obrazovky 131072 FFT pro tento jediný graf. Barvy v grafu jsou použity pouze z estetického hlediska. Každých 3 – 6 měsíců v průměru se teleskop dívá na stejnou část oblohy, takže v případě zachycení silného signálu se během této doby provede jeho zpětná kontrola. [5]

6.2 SETI@HOME Enhanced

Po instalaci vícepruskového přijímače a nového záznamníku byla spuštěna 3. 5. 2006 rozšířená verze původní aplikace nazvaná SETI@HOME Enhanced. Je skoro 5x citlivější na výskyt Gaussových signálů a některých druhů impulsů než předchozí aplikace. Přirozeně s vyšší citlivostí a důkladnější analýzou dat se zvýšily nároky na výpočetní výkon. Díly programátorům ze široké skupiny uživatelů se objevily optimalizace pro rychlejší zpracování dat, které vedou k efektivnějšímu využití výpočetního výkonu. V závislosti na rychlosti počítače trvá zpracování nových jednotek o několik minut déle. Výhodou BOINCu je, že o přechod na novou aplikaci se stávající uživatelé nemuseli příliš starat. V původní aplikaci se dopočítali staré jednotky a poté BOINC stáhl automaticky novou aplikaci včetně nových citlivějších jednotek. Ručně se prováděla pouze instalace optimalizovaných aplikací, kdy bylo potřeba provést test projektu a poté došlo ke stažení nové verze včetně jednotek. Došlo také ke změně názvu aplikace přímo v BOINCu, kde se po novu zobrazuje setihome-enhanced 5.27., popřípadě vyšší verze. Dále bylo upraveno ohodnocení za spočítané jednotky. V původní verzi si kredit uživatel nárokoval v závislosti na výsledcích henchmarjer procesoru, který provedl BOINC. Vycházelo se z prvních tří uživatelů, kteří odevzdali spočítanou jednotku. Po novu se nevychází z momentálně provedeného testu a tím je přidělování kreditu spravedlivější. Podle odhadu provedených početních operací má nyní pracovní jednotka přidělené pevné množství kreditu. Záleží pouze na výkonu procesoru

v daném počítači, za jakou dobu stihne pracovní jednotku spočítat a kolik kreditů obdrží v závislosti na počtu odevzdaných jednotek.

Na AR (úhlu rozsahu) je závislý čas potřebný ke zpracování pracovních jednotek. Jedná se o úhel pohledu pod, kterým Arecibo sledovalo oblohu a zaznamenávalo signály. Pokud byl teleskop zaměřen na konkrétní cíl a vzhledem k obloze se nepohyboval, pak se AR blíží k nule. Poloha přijímače, který se nepohybuje se mění vlivem zemské rotace, tuto situaci představují hodnoty AR 0,4. Přesuny od jednoho cíle k druhému zaznamenají vyšší hodnoty AR. Ve většině případů zpracovaných jednotek jsou hodnoty AR kolem 0,4. V případě pracovní jednotky s výrazně vyšším AR je spočítána za krátkou dobu. Naopak pokud je AR výrazně menší zpracování jednotky může trvat i několikanásobně delší dobu. Pro představu stará jednotka s AR 0,5 a koeficientem 3,06 byla spočítána za 2 hodiny. U nové jednotky enhanced ji ten samý počítač bude zpracovávat $3,06 \cdot 2$ tedy 6. 12 hodin. [5]

Pořadí	Jméno	Členové	Celkový kredit	Země
1	SETI.USA	12149	1,392,882,112	United States
2	SETI.Germany	24818	1,154,237,604	Germany
3	SETI@Netherlands	5959	580,092,983	Netherlands
4	L'Alliance Frankophone	8337	679,420,763	International
5	Overclockers.com	2690	442,456,260	International
6	Team China	9792	331,881,752	China
7	Team 2ch	4962	377,676,297	Japan
8	The Knights Who Say Ni	4403	488,109,765	International
9	US NAVY	718	268,775,755	United States
10	BOINC@Taiwan	2295	344,020,173	Taiwan
11	Team Anandtech	3671	304,476,346	International
12	BOINC Synergy	1996	449,782,197	International
13	Czech National Team	5387	457,210,028	Czech

Tabulka 1: Nejlepší týmy SETI@Home [6]

7. Projekt ALFA

Zvýšení citlivosti technickým vylepšením radioteleskopu Arecibo přispělo k rozvoji projektu SETI@HOME. Většina radioteleskopů včetně Arecibo pracuje na principu zaměření paprsku na určitý bod na obloze a následném naslouchání. Radioteleskop se zaměří na požadovaný bod na obloze po určitou dobu a nahrává přicházející signály. Tato metoda se používá pro většinu vědeckých účelů, kdy astronomové studují přicházející rádiové signály ze vzdálených hvězd a galaxií. Právý opak je celooblohové pátrání, kdy je tato metoda neefektivní. Aby se obloha pokryla jedním paprskem je systematicky rozdělena na miliony bodů na které se zaměří jednotlivá pozorování. Tato metoda je velice časově náročná a prakticky je nemožné pomocí radioteleskopu v Arecibu provádět celooblohové pátrání. Čas radioteleskopu je rozdělen mezi různé projekty a je nemyslitelné aby se na několik měsíců čas vyhradil pouze pro projekt SETI. Vědci z projektu SETI použili pro eliminování tohoto problému metodu označovanou jako piggy-back a přijímač umístili přímo nad talířovou anténu Areciba. V případě využívání radioteleskopu jinými projekty, přijímač sbírá data z oblasti, kam je paprsek právě zaměřen. Po čase radioteleskop pokryje celou viditelnou oblohu a tím dokončí celooblohové pátrání. Projekt SETI je podřízen ostatním radioastronomickým projektům a analýza dat zachycených signálů v reálném čase je prakticky nemožná. V čase vyhrazeného pro projekt SETI mohou být data z radioteleskopu analyzována v reálném čase. A je možné zaměřit radioteleskop k místu potenciálního signálu a když neslábne či nezmizí, je jasné, že jde o nějaké pozemské rušení. Při zachycení signálu v době kdy radioteleskop využívají jiné projekty nezbyvá nic jiného než se na tato místa vrátit v čase vyhrazeném pro projekt SETI.

Vědci z projektu SETI nejsou sami kdo mají zájem o celooblohové pátrání. Jsou tu skupiny astronomů, zkoumající různé kosmické objekty, nebo složení vesmíru a ty také chtějí prozkoumat celou oblohu. V roce 2004 došlo k technickém vylepšení radioteleskopu Arecibo. Na radioteleskop byl umístěn vícepaprskový přijímač v dubnu 2004, tehdy jediný svého druhu. Umožňuje naráz zaměřit na obloze 7 různých bodů a dokáže pokrýt oblast 7x větší než s 1 paprskem. Významně se tak zredukoval čas potřebných k prozkoumávání celé oblohy. Velký přínos v radiovýzkumech je vytvoření spolupráce různých zájmových skupin. Výzkumníci pulsarů mají možnost nahlédnout pomocí zmapování výskytu různých druhů pulsarů v mezihvězdném prostoru k jejich vzniku a původu. Jiné vědce zajímá vodík a jeho výskyt v mezigalaktickém prostoru a sledování pomocí frekvence vodíku 1420 MHz. Vodík

je nejčistším prvkem ve vesmíru a tvoří 71% hmoty. Tento výzkum může hodně napovědět o vzniku hvězd a galaxií. Další skupina vědců chce detailně prozkoumat strukturu Mléčné dráhy. A také vědci SETI chtějí radioteleskop použít k hledání mimozemských signálů.

Všechny tyto zájmové skupiny v radiozkoumání oblohy tvoří vědecké konsorcium nazvané ALFA (Arecibo L-Band Feed Array) a při instalaci vícepaprskového přijímače na radioteleskop Arecibo spojily své síly. Výhody plynoucí z tohoto uskupení jsou v přidělení delšího časového úseku k pozorování na radioteleskopu. Osamocnému astronomovi, který pracuje na svém projektu může být přidělen pozorovací čas několik hodin až několik dní. V případě konsorcia, kterému byla po uvedení vícepaprskového přijímače do provozu vyhrazena přibližně jedna třetina pozorovacího času Areciba. A fakt, že nyní každý výzkum trvá jen zlomek času než v případě pátrání s jedním paprskem, je jasný výsledek v efektivnosti tohoto projektu.

Úspěch projektu ALFA, ovlivnil výzkum SETI několika důležitými způsoby. Šlo především o rozšíření pole působnosti a zvýšení citlivosti.

Vědci se nyní mohou posunout za hranice piggy-backu. Tato strategie představovala řešení v obtížné situaci a je svým způsobem geniální má i své stinné stránky. Používání piggy.backu trvá skoro celý rok, než je proveden průzkum celé oblohy, takže je velmi pomalý. Dále je velmi nerovnoměrné pokrytí celé oblohy a to z důvodu pozorování některých oblastí mnohokrát a jiných jen jednou v závislosti na zájmu astronomů. SETI jako člen konsorcia má nyní přístup k systematickému pátrání probíhající na teleskopu v Arecibu. Výzkumy trvají zlomek času oproti času, který byl potřeba při používání jednoho paprsku. Dalším vylepšením je úroveň citlivosti. Použitím nových technologií je těchto sedm paprsků mnohem citlivějších než předcházející jeden, jelikož produkují mnohokrát menší elektromagnetický šum. Díky tomu lze rozeznat i velmi slabé signály. Dále se zvýšila kapacita přijímače což umožnilo SETI pátrat v širším frekvenčním rozsahu, než se starým zařízením. Starý přijímač pátral kolem frekvence vodíku 1420 MHz v pásmu 100 MHz, nové přijímače pátrají v pásmu 300 MHz kolem stejné frekvence. Po spuštění pravidelného pozorování bylo jasné, že výzkum SETI byl posunut o velký krok vpřed. Rychlejší, citlivější a pravidelnější pozorování oblohy, spolu se zvýšenou citlivostí v širším frekvenčním rozsahu, posunulo SETI o velký kus dopředu. Pokud k nám mimozemské signály přicházejí potom je mnohem větší pravděpodobnost s novým přijímačem, že se tyto signály podaří zachytit.

V roce 2004 – 2006 se důkladně testoval celý nový systém a v červnu 2006 došlo ještě k jednomu vylepšení. Zasloužil se o to tým projektu SETI@HOME, který přepracoval způsob, kterým byla data SETI zaznamenávána. Jde o to, že se nyní vícepaprskový přijímač

nachází uprostřed „Gregoriánské kupole“ oproti jednopaprskovému přijímači, který visel nad talířem radioteleskopu a byl vystaven atmosférickým vlivům. Z hlediska geometrického tvaru to má určitou důležitost. Výhoda parabolických antén spočívá v soustředění paprsku do jiného bodu, čímž vytvoří čistý a silný signál. Na rozdíl od tvaru polokoule Areciba, který koncentruje paprsek do linie. Linie nikdy nemůže být stejně čistá a silná jako v případě parabolické antény. A právě to je důvod kvůli kterému byla na Arecibo umístěna Gregoriánská kupole. Geometrický tvar kupole soustředí paprsek odražený z půlkruhového talíře do jediného bodu ve středu kupole. Přetvoří tak půlkulový talíř Areciba na parabolický. Aby se dalo využít této výhody musí se přijímač umístit do centrálního bodu uvnitř kupole. V tomto centrálním bodě se pravidelně střídají přijímače s odlišnými charakteristikami. Kupole obsahuje několik různých přijímačů. Vícepaprskový přijímač umístěný uvnitř kupole Areciba poskytuje úroveň citlivosti, které by se nikdy nedařilo dosáhnout pomocí liniové antény a je nejvýznamnějším doplňkem konsorcia ALFA. Pětikrát citlivější než původní liniová anténa je každý ze sedmi nových přijímačů. Ve spojení s novou aplikací SETI@HOME Enhanced, která poskytuje pětikrát citlivější detekci signálu dostaneme 25násobné zvýšení citlivosti projektu SETI@HOME.

Další problém současné radioteleskopie, který pomohl vyřešit vícepaprskový přijímač, je zrušení rádiových frekvencí RFI (radio frequency interference). Různým vysíláním ze Země jsou rušeny frekvence na kterých teleskopy naslouchají signálům z vesmíru. Oddělení signálů z vesmíru od RFI je nelehký úkol pro všechny rádiové výzkumy včetně SETI. U vícepaprskového přijímače sleduje každý paprsek odlišný bod na obloze a skutečný signál z vesmíru by se objevil pouze na jednom z nich. V případě objevení signálu na více paprscích je jasné, že by se mělo jednat o pozemské rušení.

Tým SETI s použitím těchto znalostí kompletně přepracoval způsob jakým jsou data zaznamenávána. Jako první odpojili o liniové antény starý přijímač a poté zapojili spojení celé sítě vícepaprskového přijímače. Dále zapojili nový záznamník dat s lepší softwarovou výbavou. Tento kousek hardwaru představuje mozek celého pozorování SETI. Záznamník zaznamenává 14 kanálů a nahrává data ve dvou různých polarizací z každého ze sedmi paprsků přijímače. Dále provádí monitorování automatických vysílání Areciba, sleduje frekvenci pozorování kam je teleskop zaměřen a který paprsek se právě nachází v centrálním bodě. V případě, že teleskop neprodukuje data vhodná pro projekt SETI, záznamník vypne nahrávání. SETI záznamník standardně zaznamenává signály na frekvenci 1420 MHz. Z důvodu efektivního zkoumání nemá smysl nahrávat po delší dobu stále stejnou oblast na stejné frekvenci. Z tohoto důvodu při zaměření teleskopu na 1 určitý bod na obloze

po delší časový úsek záznamník přepne pozorování ze standardní frekvence na 1422,5 MHz a 1425 MHz nad tuto frekvenci a 1417,5 MHz a 1425 MHz pod ní. Je naprogramován, aby během volného času mohl naladit až 21 jiných frekvencí. Pro srovnání nové vybavení projektu SETI@HOME Enhanced vygeneruje 500krát více dat než před vylepšením. To představuje 300 gigabitů denně a celkové 100 terabytů za rok. Celkové úpravy a použití nových zařízení na teleskopu Arecibo znamenaly obrovský skok v citlivosti a efektivnosti projektu SETI@HOME. Účastníci projektu SETI@HOME mohli nově začít zpracovávat data zaznamenaná vícepraskovým přijímačem z radioteleskopu Arecibo přímo na svých osobních počítačích. [5]



Obr. 18: Vícepaprskový přijímač [5]

7.1 Projekt AstroPulse

Kdybychom se snažili o navázání komunikace s jinou mimozemskou civilizací, jaká metoda by byla použita? Velmi pravděpodobně by se jednalo o vysílání rádiového signálu. Jako se to již dvakrát uskutečnilo.

Protože rádiový signál cestuje rychlostí světla, má dosah na velkou vzdálenost a snadno se vysílá. Tento signál by se vysílal v úzkém frekvenčním pásmu, který je snadno odlišitelný od přirozeného vesmírného šumu a rovněž od vysílání v jiných pásmech. K této komunikaci by byla velice pravděpodobně použita technologie, která na zemi dobře funguje na menších vzdálenostech.

To si myslí i převážná většina účastníků SETI od počátku výzkumu před půl stoletím. Proto je většina SETI projektů zaměřena na průzkum signálů okolo oblasti „vodní díry“. Ve které by s největší pravděpodobností měli vysílat i mimozemské civilizace. Hledá se signál v úzkém frekvenčním pásmu schovaný kdesi v širokopásmovém kosmickém šumu. Proto projekt SETI@HOME většinu svého výpočetního výkonu věnuje na selekci hrubých dat s teleskopu Arecibo, ze kterých vybírá pouze úzké pásmo, v kterém by se mohl mimozemský signál nacházet.

Ale co když mimozemšťané zvolili jiný způsob komunikace? Jednou z dalších alternativ je vysílání výrazných širokopásmových pulsů v úzkém frekvenčním pásmu. Při zaměření pátrání na určitou vlnovou délku tyto pulsy nevyniknou nad pozadím kosmického šumu. Je to tím, že jde o velice krátké a přerušované výtrysky energie pokrývající celou šířku pásma.

Proč právě tato metoda by měla být ta správná? Tak na tuto otázku nezná odpověď asi nikdo. Spíš jde o to, že tento způsob komunikace je reálný stejně jako vysílání v úzkém frekvenčním pásmu vodíku, které se dosud prohledává. Pokud lze předpokládat, že mimozemšťané mohou tento signál vysílat nabízí se aby vědci ze SETI po něm pátrali.

Už několik let Dan Werthimer a jeho tým pracuje na rozšíření výpočtů SETI@HOME o širokopásmové pulsy. Tento nový projekt využívá surová data a teleskopu Arecibo stejně jako stávající SETI@HOME. Hledání nového signálu nepotřebuje žádnou změnu v technickém vybavení ani nevede ke zvýšeným nákladům. Data se opět dělí na pracovní jednotky, které se posílají k uživatelům ke zpracování. Po dokončení výpočtů počítače uživatelů posílají výsledky zpět na centrálu SETI@HOME v Berkeley. Jde o stejný postup jako u klasického SETI@HOME. Rozdíl je ve způsobu vyhledávání. U nového projektu

se vyhledávají extrémně krátké širokopásmové pulsy místo dlouho trvajících signálů v úzkém frekvenčním pásmu. Tento nový projekt byl pojmenován AstroPulse.

Hledání krátkého širokopásmového signálu je naprosto odlišné od hledání signálu v úzkém frekvenčním pásmu. V případě SETI@HOME se prohledávají rádiové vlny kolem frekvence vodíku v rozhraní od 1418,75 MHz až 1421,25 MHz. Pásmo široké 2,5 MHz (dva a půl miliónu Hertzů) program nezkoumá najednou, protože by jednotky byly datově extrémně objemné a délka výpočtů by trvala tisíce hodin. Na místo toho jsou rozdělena do segmentů po 0,07 Hertzů (35 miliónů segmentů).

Dále se provádí průzkum pásma v obou směrech od frekvence vodíku 1420 MHz v rozmezí 1,25 MHz. Dále je velmi důležitý průzkum pásma frekvence vodíků 1420 MHz na obě strany v rozmezí 1,25 MHz kvůli kompenzaci Dopplerova jevu. Protože dochází k posuvu způsobeném pohybem Země a místem vysílání.

Nový projekt AstroPulse provádí též průzkum okolo frekvence vodíku v pásmu 2,5 MHz, ale nezabývá se kompenzací Dopplerova jevu. Bylo by to zbytečné, protože se hledá signál pokrývající celou šířku 2,5 MHz. To je rozdíl mezi stávajícím SETI@HOME a novým projektem AstroPulse.

Tak lehké to ovšem, také není. Ačkoli se AstroPulse nemusí zabývat Dopplerovým jevem, je tu jiný problém, a tím jsou elektromagnetické vlny (taktéž rádiové signály), které cestují vesmírem s poněkud odlišnou rychlostí v závislosti na typu prostředí. Tento jev je známý u světelných vln jako lom světla. Asi nejznámější příklad je tyč ponořená z části do vody, která se jeví jako nalomená. Jde o efekt, který vzniká na rozhraní dvou různých prostředí. Světlo se šíří v každém prostředí různou rychlostí a má tudíž odlišnou vlnovou délku. Mohlo by se zdát, že tento jev mohl mimozemské vysílání jen stěží ovlivnit. Je to tím, že mezihvězdný prostor se jeví prázdný ve srovnání s naším hustým pozemským prostředím. Ve skutečnosti je vyplněn volnými atomy vodíku, které se skládají z jednoho protonu a jednoho elektronu a má tak do vakua hodně daleko. V případě oddělení protonu a elektronu od sebe, vede ke vzniku volně nabitých částic zvaných iontů. Atomy, ionty a volné elektrony tvoří dohromady mezihvězdné prostředí, kterým musí rádiový signál projít.

U tradičního projektu SETI@HOME, který je zaměřen na hledání signálu v úzkém frekvenčním pásmu nevzniká žádný problém. Tento signál putuje vesmírným prostorem jako velmi silný celek stejnou rychlostí a na Zemi dorazí ve stejný čas v podobě jednoho konkrétního spektra.

U AstroPulse, které hledá širokopásmové vysílání v celém zkoumaném pásmu širokém 2,5 MHz je to jiné. Tento širokopásmový signál je shlukem mnoha úzkých frekvenčních pásmů vyslaných v jeden okamžik na sousedních frekvencích jako jeden silný celek.

Na Zemi by vysokofrekvenční části signálu dorazily před nízkofrekvenčními. Je to dáno rozdílnou rychlostí, kterou různé frekvence vesmírem cestují. V případě širokopásmového pulsu, který byl v době svého vyslání konkrétní, by při zachycení na Zemi byl rozmazán v časovém úseku několika milisekund. Jednotlivé délky signálu by byly velmi slabé a nedaly by se odlišit od šumu vesmírného pozadí.

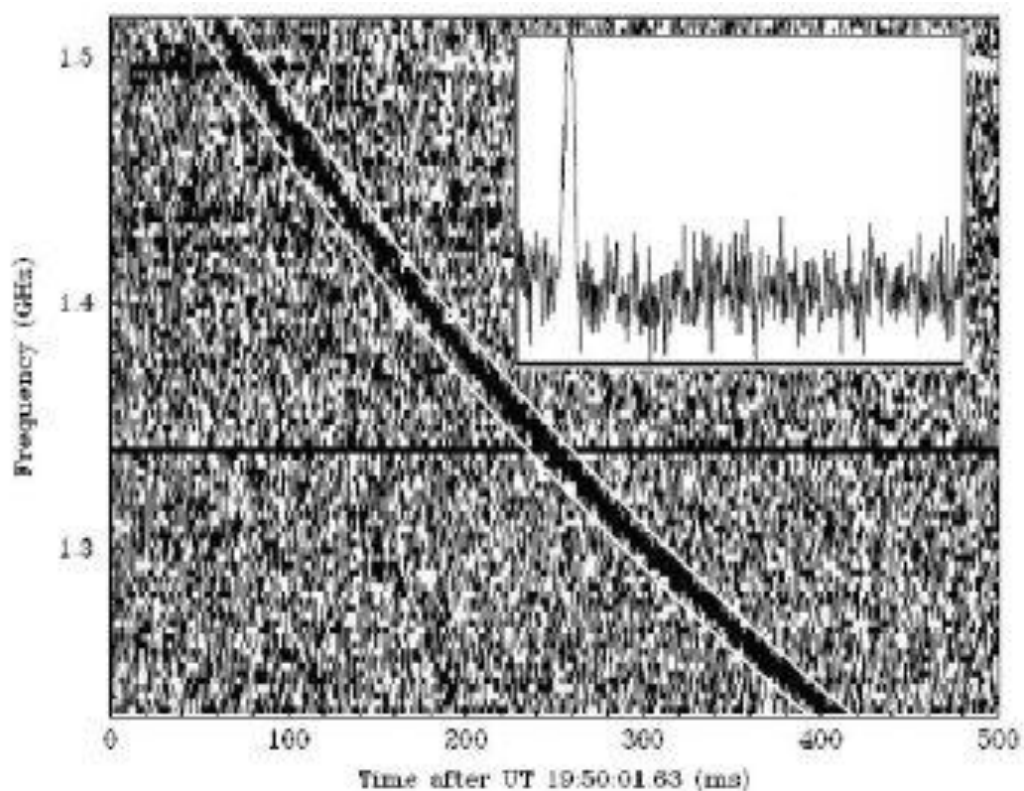
Jak se tedy projekt AstroPulse snaží odstranit tento efekt? V první fázi se snaží projekt AstroPulse minimalizovat tento negativní efekt a zároveň se pokouší zrekonstruovat celý původní silný signál. K tomuto účelu se využívá algoritmus rychlé Fourierovy transformace (FFT) stejně jako u SETI@HOME. Surová data se opět rozdělí pomocí FFT na malé segmenty. V případě AstroPulse se poté opět spojí s jinými segmenty ve zpětné časové linii. Segment s nejdelší vlnovou délkou o trochu kratší, který byl zachycen těsně předtím. Tento proces se opakuje dokud není přidán poslední kousek s nejkratší vlnovou délkou, který byl zachycen nejdříve. Tato metoda by měla zrekonstruovat a odhalit silný širokopásmový signál byl-li zachycen.

Je tu ještě jeden závažný problém. Aby se dal signál správně zrekonstruovat, musí být známa velikost časové prodlevy mezi nejvyššími a nejnižšími frekvencemi. V případě, že je skutečný rozdíl například 4 milisekundy a AstroPulse kombinuje nejvyšší a nejnižší frekvenční kousky s časovým rozdílem jen 1 milisekunda nebude objeven žádný signál. Jediný správný způsob jak zrekonstruovat širokopásmový signál je skládání frekvenčních kousků (segmentů) ve správné, časovém odstupu. Tento časový rozdíl je závislý na vzdálenosti, kterou musel signál urazit mezihvězdným prostorem a tedy platí, že čím je delší vzdálenost, tím větší je časová prodleva. Kdyby mimozemšťané vysílali signál dlouhý 10 mikrosekund a AstroPulse hledalo signál dlouhý pouze mikrosekundu s největší pravděpodobností by se nepodařilo složit všechny potřebné části signálu a při analýze dat by signál zmizel v šumu vesmírného pozadí. Toto platí i v případě, kdy se bude hledat relativně dlouhý signál, který ve skutečnosti trvá jen zlomek času. Pokud se má v datech signál skutečně najít, musí se hledat přesně takový, který má alespoň přibližně jeho skutečnou délku. A protože nikdo neví, jakou vzdálenost musel signál mezihvězdným prostorem urazit, není ani možnost spočítat jakou by měl mít délku.

A protože nikdo neví, jakou vzdálenost musel mimozemský signál urazit, není ani možnost vypočítat jakou by měl mít délku.

Tento problém se AstroPluse snaží vyřešit tím, že testuje 10 různých časových intervalů. U každé pracovní jednotky se AstroPulse snaží skládat malé segmenty v určitých časových intervalech a hledá širokopásmový signál. První časová prodleva, kterou program testuje je dlouhá 0,4 mikrosekund, následující je vždy dvojnásobkem té předešlé tedy 0,8 mikrosekund až po nejdelší 4 milisekund.

Každou časovou prodlevu program testuje 15 000 krát. Pro všech 10 intervalů to znamená 150 000 výpočtů.[5]



Obr. 19: Rekonstrukce mimozemského signálu [5]

8. Sdružení vědeckých projektů BOINC

BOINC Berkeley Open Infrastructure for Network Computing

BOINC zahrnuje desítky různých vědeckých projektů, které pomocí distribuovaných výpočtů posílají svá data ke zpracování na běžné počítače. Na distribuovaném výkonu jsou některé projekty dokonce závislé. Pomocí BOINC se uživatelé mohou podílet na výzkumu Mléčné dráhy, modelování srážek v urychlovači částic LHC (Large Hadron Collider) nebo hledání gravitačních vln. V BOINC platí staré dobré pořekadlo „nemusí pršet, stačí když kape“ a opravdu kapou data z miliónů domácích počítačů. Výkon takto použitých domácích počítačů převyšuje i největší superpočítače světa.

Na výběr je několik konkrétních projektů z oblastí jako je astronomie, biologie, matematika, medicína, grafika a řada nových technologií. Zaměříme se pouze na ty projekty, které mají nějakou spojitost s astronomií.

8.1 Einstein @Home

Před sto lety Albert Einstein předpověděl, že vesmír je plný gravitačních vln. Nastínil teorii, že srážející se černé díry explodující hvězdy a podobné extrémní procesy vedou k vytváření vln, které mohou měnit prostor a čas. K zaznamenávání těchto vln jsou potřeba dostatečně citlivé přístroje ke zkoumání nesmírně miniaturních jevů a také obrovského výpočetního výkonu určeného ke zpracování těchto dat. Kdyby se změnila vzdálenost Země od Slunce o průměr atomu, tyto přístroje by měly být schopny tuto změnu zachytit. Vývoj technologií dospěl do stádia, kdy jsou schopny důkladněji Einsteinovy předpovědi prozkoumat případně potvrdit. V současné době jsou na světě detektory s dostatečnou citlivostí, aby dokázali zaznamenávat tyto gravitační vlny. Jde o přístroje Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory (LIGO) nacházející se ve Spojených státech a GEO 600 ležící v Německu. Obě zařízení spolupracují na nalezení gravitačních vln z hvězd a černých děr. Každé zařízení produkuje svoje vlastní data. Aby bylo možné tyto data analyzovat a najít v nich nějaké signály gravitačních vln, musí se rozdělit na menší části, které se poté zpracují na individuálních počítačích. Jednotlivé počítače obdrží údaje o místu na obloze a času kdy byla data nasbírána. Zároveň s těmito údaji dostanou model signálu pulsaru, který vědci

z tohoto místa očekávají. Jde o experimenty, které vyžadují velké množství výpočetního výkonu, a proto byl vědci z LIGO vytvořen projekt Einstein@Home.

Stejně jako kruhy na vodě tak i gravitační vlny s rostoucí vzdáleností od místa svého vzniku ztrácejí na síle. Proto je tak těžké vlny zachytit. Jako první by se měly zachytit velká tělesa, která jsou co nejbližší a zároveň se budou pohybovat téměř rychlostí světla. Vědci jsou přesvědčeni, že pomocí detektorů LIGO a GEO 600 se podaří zachytit gravitační vlny pocházející z objektů jako jsou neutronové hvězdy, supernovy a srážející se černé díry.

V budoucnu by se mělo podařit zachytit gravitační vlny pocházející z doby počátků vesmíru, které jsou však ještě slabší než ty z neutronových hvězd. Bude to však vyžadovat vícenásobné detektory a navíc tyto vlny nepřicházejí z jednoho místa, ale jsou rozprostřeny po celé obloze. Mohou však poskytnout informaci o tom, jak vesmír vypadal na samém počátku svého vzniku.

V roce 1974 objevili astronomové z observatoře Arecibo dvě hvězdy po spirále přibližující se k sobě. Astronomové tyto hvězdy pozorovali mnoho let a zjistili, že se pomalu zkracuje doba jejich vzájemného oběhu. Joseph Taylor a Russel Hulse měli za to, že hvězdy ztrácejí energii vyzařováním, gravitačních vln a to vede ke zkracování doby oběhu. Dokázali matematicky vypočítat, že oběžná doba hvězd se bude zkracovat přesně takovou rychlostí, jakou sami pozorovali. V roce 1993 za tuto práci obdrželi Nobelovu cenu za fyziku. Pro vypracování své teorie použili Taylor a Huls rádiové signály zaznamenané radioteleskopem Arecibo v Puerto Ricu. [5]

8.2 LHC@Home

Large Hadron Collider postavila evropská organizace pro nukleární výzkum (CERN) a je největším vědeckým přístrojem na zemi. CERN sdružuje výzkum více jak 20-ti států světa a zároveň provozuje největší jadernou fyzikální laboratoř. LHC byl vybudován na okraji Ženevy ve Švýcarsku vedle výzkumných laboratoří CERN. Zařízení se nachází od 50 do 175 metry pod úrovní terénu a z části zasahuje na území Francie. Tento 27 km dlouhý tunel o průměru skoro čtyři metry má tvar prstence. Pomocí velkého množství hélia je celý komplex ochlazovaný na minus 271°C. V samotném prstenci urychlovače je vakuum, které je srovnatelné s vakuem ve vesmíru. Po obvodu je rozmístěno šest testovacích komor jejich názvy jsou ALICE, ATLAS, CMS, LHCb, TOTEM a LHCf. Cena projektu je odhadována

na osm miliard dolarů a účastní se ho přibližně sedm tisíc fyziků s celého světa. Mezi ně patří i vědci z České republiky a také české firmy dodaly některé součásti detektorů.

Výzkum v urychlovači je zaměřen na hledání nových částic, rozpadu částic, zkoumání změn vlastností hmoty, antihmoty a také by mohl přispět k odhalení teorie supersymetrie. Pomocí těchto výzkumů by vědci měly lépe pochopit, co se stalo po velkém třesku a zároveň najít odpovědi na spoustu nezodpovězených otázek.

Od experimentu se očekává především nalezení nových neznámých částic. Další hádanka se týká objevu zmíněné supersymetrie. Tato teorie předpokládá, že každá částice má svého supersymetrického partnera. V době kdy byl vesmír ještě mladý a hodně žhavý, se všechny tyto síly chovaly jako jedna. To je jen stručný nástin otázek na které se LHC bude snažit najít odpověď. Historie však už ukázala, že k největším pokrokům ve vědě dochází často velmi nečekaně. Vědci doufají, že díky poznatkům z LHC se podaří odkrýt mnoho překvapení, které zatím příroda pečlivě schovává. Dokonce se domnívají, že v LHC budou schopni na zlomek sekundy vytvořit mikroskopické černé díry.

Co konkrétně LHC@Home počítá?

Jedna pracovní jednotka obsahuje simulaci v podobě 60 částic, které cestují prstencem urychlovače LHC po dobu přibližně 1 000 000 běhů. Tato doba odpovídá méně než 10 sekund ve skutečném světě.

Tento test se snaží prokázat, zda paprsek má stálou oběžnou dráhu pro další mnohem delší časové oběhy, nebo zda hrozí ztráta kontroly a odchýlení paprsku do stěn LHC. To by mohlo mít za následek zastavení stroje, popřípadě ohrožení jeho provozu s následným výpadkem celého projektu po dobu několika měsíců. Pomocí tisíců takovýchto simulací pro nejrůznější podmínky bylo možné nastavit parametry urychlovače, při kterých bude paprsek stabilní. Podle těchto výpočtů bylo postupně usazováno a kalibrováno na 1300 gigantických magnetů. LHC@Home byl na BOINCu aktivní od roku 2004, zvláště pak v roce 2005 byly výsledky výpočtů použity při stavbě urychlovače. V současné době je projekt LHC@Home stále ještě aktivní. K uvolňování dat pro zpracování dochází jen nahodile a v malých dávkách. Proto se projekt doporučuje jako doplňkový vedle nějakého jiného. [5]

8.3 Milkyway@Home

Hlavním cílem projektu, ale ne však jediným je modelování struktury a vývoje naší galaxie Mléčné dráhy. Podle modelu struktury naší galaxie jsou hvězdy rozděleny do dvou základních skupin. První skupina hvězd tvoří základní diskovitý tvar galaxie. Druhá skupina hvězd tvoří ramena a nehomogenní proudy hvězd. Ty jsou velmi zajímavé z hlediska vývoje, protože mohou být tvořeny pozůstatky z menších galaxií, které naše galaxie dříve pohltila. Tyto hvězdy se poznají tak, že mají jinou rychlost a také jiné složení oproti hvězdám z naší galaxie. Podle těchto údajů se vědci dozví více o tom kdy a jak naše galaxie pohltila jiné menší hvězdné systémy galaxie, nebo jak funguje dynamika těchto procesů podle, kterých lze předpovídat vývoj naší galaxie do budoucnosti.

Pro výpočty byl vytvořen algoritmus, který dokáže odfiltrovat hvězdy naší galaxie od hvězd z cizích systémů. Data pro výpočty pocházejí z projektů SDSS a ZMASS, které patří k robotizovaným přehlídkám oblohy. Oba projekty automaticky katalogizují hvězdy a galaxie. SDSS je přístroj jehož hlavním dalekohledem je zrcadlo o průměru 2,5 m, který pracuje v Novém Mexiku v USA. Do projektu ZMASS jsou zapojeny dva dalekohledy o průměru 1,3 m. Jeden se nachází v Arizoně v USA a druhý v Chile. Dalekohledy měří polohu, složení a prostorovou rychlost hvězd. V tomto obrovském počtu galaxií a hvězd není vůbec lehké udělat pořádek, je k tomu zapotřebí velkého počtu výpočetní techniky a z tohoto důvodu byl projekt zařazen do systému BOINC. Zároveň se porovnávají výsledky na obřích superpočítačích s výsledky na individuálních PC. Tento projekt také dokáže využít grafické procesory u některých grafických karet díky čemuž se dosahuje větší efektivity při práci počítače. [5]

8.4 Orbit@Home

Určitě každý zná osud dinosaurů, kteří vyhnuli následkem srážky země s jiným kosmickým tělesem. Tato nebezpečná tělesa schopná zničit nebo ohrozit naši civilizaci se ve vesmírném prostoru nacházejí stejně jako v době dinosaurů. To kdy se země srazí s jiným kosmickým tělesem je jen otázkou času. Důkazem je nedávná menší srážka, která se stala na začátku století nad Tunguskou tajgou. Aby bylo možné předejít případné srážce s cizím

tělesem provádí se dnes za tímto účelem mapování oblohy. Ke zpracování těchto dat slouží právě projekt Orbit@Home.

K shromažďování dat o objektech pohybujících se blízko země tzv. NEO byl vytvořen systém zvaný Spaceguard. Ten funguje na základě spolupráce několika institucí po celém světě. Zabývá se vyhledávání NEO objektů o velikosti 1 km a více, dále provádí simulace dráhy těchto objektů. Na základě těchto výsledků se provádí vyhodnocení možného střetu se Zemí.

NEO objekty je potřeba nejen najít, ale propočítat i jejich pravděpodobnou dráhu, za tímto účelem byl vytvořen program ORSA/Orbit Rekonstrukcion, Simulation and Analysis nebo-li rekonstrukce, simulace a analýza orbitu. Projekt poskytuje poznatky pro vývoj algoritmů, které umožňují simulace planetárního systému za pomoci přesných a rychlých algoritmů. U každého objemného NEO objektu lze s pomocí tohoto kódu propočítat jeho trajektorii a určit pravděpodobnost srážky se zemí.

Projekt Orbit@Home využívá tohoto algoritmu a za použití ORSA kódu zpracovává informace z monitorovacího systému. Díky univerzálnosti ORSA algoritmů se v případě nadbytku výpočetního výkonu můžou sledovat i další kosmická tělesa a jejich případné dráhy v interakci s jinými. Tento program umí vyhodnotit nejenom pravděpodobnost srážky cizího tělesa se Zemí, ale dokáže spočítat i možnou srážku s orbitální družicí a navrhnout její dráhu, tak aby byly rizika srážky minimální.

V této době nelze s určitostí říci, jakým způsobem by v případě hrozící katastrofy došlo k její odvrácení. Nicméně by se nejspíš jednalo o drobné vychýlení asteroidu s jeho trajektorie pomocí jaderné exploze. Tato teorie má reálný fyzikální základ a je velice pravděpodobná. Výsledky Orbit@Home tak slouží spíše k získání potřebného času a přípravě na odvrácení katastrofy. [5]

8.5 Cosmology@Home

Vesmír se před 13,7 miliardami let v době svého vzniku nacházel podle současných fyzikálních modelů ve stavu tzv. počáteční singularity. V této fázi se předpokládá, že teplota a tlak byly nekonečné, čas a rozměr byly bezpředmětné. Protože není k dispozici žádná teorie kvantové gravitace ani model podobný tomuto stavu jsou vědci stále na počátku zkoumání tohoto jevu.

Před čtvrt stoletím převládal pohled na teorii Velkého třesku takový, že Vesmír se od doby svého vzniku stále rozpíná a za předpokladu, že počáteční energie slábně, proces rozpínání se bude zpomalovat. Až se expanze zastaví úplně, dojde k jevu opačnému. Vesmír se začne smršťovat. Se zmenšujícím objemem poroste jeho hustota a hmotnost. Rostoucí hmotnost začne vytvářet stále silnější gravitační pole, až se nakonec zhroutí do stejného stavu jako v době před Velkým třeskem. Jenže mnohá pozorování po čtvrt století potvrzují jinou teorii. On totiž Vesmír dělá přesný opak a místo zpomalování zrychluje. Ale proč?

K hledání této odpovědi byly vědci vytvořeny kosmologické modely, které pracují s neměnnými konstantami. Jenže předpoklad, že konstanta je neměnná nemusí být až tak úplně pravda. Vědci se domnívají, že konstanty se mění, i když zanedbatelně, ale i tak se jedná o změnu. Například základní fyzikální konstanta k , nebo-li konstanta „jemné struktury“, která udává intenzitu elektromagnetické interakce, jejíž teoretická hodnota je udávaná $1/137$. V laboratorních experimentech bylo dosaženo přesnosti této hodnoty na 10 desetinných míst. Další přesnější experimenty, používající k měření tzv. atomové fontány prokázali po pěti letech trvání změnu hodnoty. Nej kvalitnější pozorování pomocí kvasarových absorpčních čar, díky nimž lze sledovat proměnlivost konstanty v době posledních 12-ti miliard let. V tomto časovém úseku byla podle měření zaznamenána odchylka 0,001%. A to není ve fyzice úplně zanedbatelné číslo.

Vědci z projektu Cosmology@Home používají novou astronomickou sondu, která by měla být schopna řešit problematiku změny konstanty s přesností devíti desetinných míst, až do doby před 13,7 miliardami let po Velkém třesku. Jde o novou metodu, která má být 10 000x přesnější než testy v laboratorních podmínkách. Takto stanovená hodnota konstanty má velký význam pro zkoumání mikrovlnného pozadí vesmíru.

Cílem moderním kosmologie, je omezit teoretické modely, které se zabývají obsahem a vývojem vesmíru. V praxi se detailní pozorování Vesmíru porovnávají s teoretickými modely. Charakteristika změn kosmického mikrovlnného pozadí (CMB) podle pozorování satelity a pozemními experimenty. Z výsledků se dá určit, jak daný model popisuje náš vesmír a případně ho porovnat i s jinými modely. Pro tyto výpočetně náročné úkoly byl v rámci projektu Cosmology vytvořen program zvaný PICO Parameters for the Impatient Cosmologist. Program má samoučící schopnost při pozorování teoretických dat s daty pocházejících z reálných pozorování. Díky programu se výpočty zjednodušily a pomocí BOINC platformy se dají jednotlivé úkoly analyzovat v domácích počítačích běžných uživatelů. [5]

9. Družice KEPLER

Hledání mimozemského života v dnešní době se nesoustřeďuje jen na hledání rádiových signálů přicházejících z vesmíru. Vědci se snaží i o nalezení planet, které jsou podobné zemi. Za tímto účelem byla do kosmického prostoru vynesena astronomická družice Kepler, která je pojmenována po německém astronomovi Janu Keplerovi (1571 – 1630), který část svého života prožil v Praze.

Družici vypustila NASA 7. března 2009 z Mysu Caneveral. Je vybavena dalekohledem Schmidtova typu. Skládá se z primárního zrcadla a korekční čočky. Sledovat bude velké zorné pole přibližně 105 čtverečních stupňů. Primární zrcadlo je o průměru 1,4 metru a korekční čočka 0,92 metru. Data ze 42 čipů CCD se budou přechodně ukládat v paměti palubního počítače a na Zemi se pošlou jednou za den. Každý z čipů je velký 50 x 25 mm a obsahuje 2200 x 1024 pixelů. Náboj z nich se sejme každé 3 sekundy, aby nedošlo k zahlcení čipů. Doba integrace jednoho měření bude 15 minut. Družice o hmotnosti 1039 kg bude vypuštěna na heliocentrickou dráhu s dobou oběhu 372,5 dne. Bude sledovat zemskou trajektorii, ale nebude s ní totožná. Od Země se bude družice pomalu vzdalovat až do vzdálenosti 0,5 AU. Důvodem pro tento způsob letu je dán jejím hlavním úkolem hledáním nových exoplanet. Sledovat bude nepřetržitě velké množství hvězd, které se ocitnou v jejím širokém zorném poli. Z tohoto důvodu musí mít družice nerušený výhled mimo rovinu ekliptiky, kde by její pozorování znemožnily jasné objekty jako je Měsíc a Slunce.

Detekování planet, které přechází přes disk hvězdy, záleží na řadě okolností. V rovině zorného paprsku musí oběžná trajektorie planety ležet téměř přesně. Dále záleží na velikosti hvězdy a planety. Pravděpodobnost zachycení planety u jiných hvězd je velice malá, proto nestačí zaměřit pozorování na několik stovek hvězd. Sledování musí být rozsáhlejší. V misi Kepler se počítá s pozorováním minimálně 100 000 hvězd, které by mohly mít ve svém okolí nějaké planety. Přitom bude nepřetržitě pozorovat 3,5 roku jednu a tutéž oblast.

Kdyby mimozemský pozorovatel z vhodného směru sledoval naše Slunce podobnou sondou, pak by jednou za rok zachytil přechod Země po slunečním disku. Přechod trvá 13 hodin. Periodicky opakující se přechod by byl nezvratný důkaz o existenci naší planety.

Vědci se snaží i o nalezení života v naší sluneční soustavě. Je jasné, že by se jednalo pouze o život na mikroskopické úrovni. Automatické sondy se vysílají k planetám a měsícům sluneční soustavy. Snaží se objasnit, jestli by na nich mikroorganismy mohly přežít a tudíž by šlo o podmínky vhodné k vývoji života. Prozatím se žádná forma mikroorganismů nenašla,

ale ukazuje se, že na některých planetách možná v hlubinách Marsu, nebo na některých měsících Jupitera a Saturnu možná i v mracích Venuše by se mohly primitivní mikroorganismy vyvíjet. Objev nějaké primitivní formy života v naší blízkosti by znamenal, že život mohl vzniknout i u jiných hvězd podobných té naší.

Vědci se domnívají, že vyšší organismy by se mohly vyvinout na podobné planetě, jako je země a v podmínkách přibližně stejných, které panují v naší sluneční soustavě. Na planetách větších nebo menších nejsou pro ně podmínky ideální. Organismy potřebují tedy zónu života. Pod tímto pojmem si představíme oblast kolem hvězdy ve které se nachází planety o podobné hmotnosti jako má země. S atmosférou složenou z dusíku, vody a oxidu uhličitého s klimatickými podmínkami vyhovující pro formy života závislých na vodě. Podle výzkumů vědci stanovili v roce 1993 hranice zóny života, která se nachází ve vzdálenosti 0,95 AU až 1,15 AU od slunce (1AU – astronomická jednotka). Ta je stanovena průměrnou vzdáleností země od slunce a činí rovných 150 milionů kilometrů. Šířka zóny života není jediným kritériem. Podmínky vhodné k životu musí existovat delší dobu. Naše slunce mezi takové hvězdné stálice patří. Země vznikla před 4,5 miliardami let a její prostředí se stabilizovalo. Proto měl život dostatek času, aby se rozvinul do dnešní podoby. Kdyby slunce bylo o něco větší, žila by hvězda o něco rychlejším tempem a vyhasla by dříve, než by se život stačil vyvinout. Naději na mimozemský život ve vzdáleném vesmíru podporují objevy organických látek v mezihvězdných mračcích. Podle biologů jde o látky, z kterých vznikly první primitivní formy života.

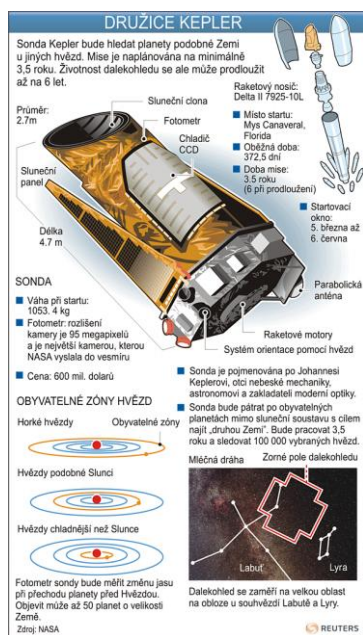
Co když jde o život, jaký si nedokážeme představit? Tuhle možnost podporují extrémní formy mikrobů nalezené na zemi ve velkých hloubkách v kyselém, solném nebo radioaktivním prostředí. K přežití potřebují jen málo vody a energie. Za jejich existencí stojí právě tyto extrémní podmínky. To naznačuje, že tyto extrémní formy by mohly přežívat daleko za hranicí zóny života a to pod povrchem ledových měsíců a planet. V naší soustavě by se mohlo jednat například o Jupiterův měsíc Europa, na jehož povrchu je ledová vrstva a pod ní by se primitivní mikroby mohli nacházet. Jedná se o život, který je nám znám. Jiný obraz života si zatím nedovedeme představit. Chybí nám poznatky a zkušenosti. Vyloučit život, ale na zcela jiných principech nemůžeme. Musíme se zaměřit na život, který známe. Po jiném zatím pátrat neumíme.

Exoplanety pozemského typu objevují astronomové u vzdálených hvězd přibližně od roku 1992. Dnes je známo více jak 350 planet. Jsou však velké jako Jupiter nebo ještě větší. Exoplanety menší obíhají okolo vyhaslých nebo jinak proměněných hvězd. U těchto hvězd život nemůže existovat. Jiné zase krouží okolo hvězd tak blízko, že na jejich povrchu

panují extrémní teploty okolo 1600 °C. Takové vysoké teploty nejsou ani na Merkuru či Venuši, které obíhají okolo Slunce nejbližše. Dosud se nepodařilo najít exoplanetu pozemského typu na které by byly podmínky příhodné pro život. Právě takové planety má hledat družice Kepler v souhvězdí Labutě vzdálené od nás 3000 světelných let. Ze začátku budou odborníci pátrat po větších tělesech, aby ji otestovali. Na konci roku 2009 by měli američtí vědci zveřejnit první výsledky. Měly by se týkat obřích exoplanet, které mají oběžnou dráhu několik dnů. Jedná se o takzvané horké Jupitery.

V roce 2010 se zaměří na hledání exoplanet obíhajících v zónách života okolo menších a chladnějších hvězd než je Slunce.

Až v roce 2012 se dozvíme, jestli se podařilo najít exoplanety podobných parametrů, jaké má Země. Jedná se o hmotnost a dobu oběhu u hvězd podobných Slunci. Vědci očekávají, že sonda Kepler objeví minimálně 50 planet podobných Zemi. [4]



Obr. 20: Družice Kepler

Smysl a užitečnost planetárního výzkumu do kterého spadá vyhledávání a studium exoplanet nemá smysl zdlouhavě vysvětlovat. Fakt, že naše země zůstala z podivuhodných důvodů jedinou planetou ve sluneční soustavě na které život vznikl a udržel se zde po téměř celou dobu její existence má na svědomí celá řada šťastných okolností. Vznik a rozvoj života do dnešní podoby je podmíněn celou řadou faktorů. V našem vesmíru totiž existují rozmanité mrtvé zóny či naopak jen omezené obyvatelné zóny. Mrtvé zóny představují kosmické

objekty, které vznikly krátce po velkém třesku v etapě tvorby prvních hvězd a galaxií, kde neexistují planety tvořené těžšími prvky. Jedná se kulové hvězdokupy nebo eliptické galaxie.

Naše galaxie patří mezi spirální. Má tvar velkého disku a v nejhustší části hvězdné soustavy v které se nacházíme činí její průměr 100 tisíc světelných roků. Uprostřed je disk vypouklý na tloušťku od 13 tisíc do 16 tisíc světelných let. Mimo střed je tlustý asi 3 tisíce světelných let. Slunce leží 26 tisíc světelných roků ve středu téměř v galaktické rovině.

Ve spirální galaxii je mrtvou zónou oblast galaktického jádra, kde je relativně vysoká koncentrace hvězd a poměrně velká četnost výbuchů supernov. Prostor je důsledkem těchto explozí silně sterilizován. Podle odhadů je život nemožný v kouli o poloměru 1 světelného roku od vybuchlé supernovy. A v okruhu 30 světelných roků by byly živé organizmy silně poškozeny. Mezi další překážky dlouhodobého vývoje života patří rychlé klimatické změny na planetách. V centru galaxie, kde jsou hvězdy blíž u sebe se často mění trajektorie planet a zároveň i klima na jejich povrchu.

Další mrtvou zónou po středové oblasti jsou okraje galaxie. Při termionukleárních reakcích uvnitř hvězd vznikají těžší prvky a při explozích supernov část explodujícího materiálu obsahující tyto prvky obohacuje prostor mezihvězdné látky. V mezihvězdném prostoru se z těžších prvků tvoří nové hvězdy a planety. Bez přítomnosti helia a prvků těžších než vodík by život nebyl možný. Krátce po velkém třesku byl vesmír tvořen právě jen vodíkem a příměsí helia. Vesmír před 13,7 miliardami let v době svého vzniku byl z tohoto důvodu zaručeně beze stop života. Život pouze na bázi vodíku a helia není možný. Díky menší hustotě hvězd na okraji galaxie zde exploduje méně supernov a obohacování mezihvězdné látky těžšími prvky je tak pomalejší. Málo těžších prvků znamená, že vznik terestických planet velkých jako Země je nemožný. Dosud není jasné, kde je hranice obyvatelné zóny v naší galaxii.

Mrtvé zóny existují nejen v galaxii, ale také v každé planetární soustavě v místech u centrální hvězdy a potom na periférii soustavy. Ve vhodné vzdálenosti od hvězdy jsou podmínky na planetách příznivé pro rozvoj života alespoň v tom smyslu, že tu mohou existovat planety podobné Zemi. S obyvatelnými zónami kolem hvězd je to poněkud složitější. Podle nejjednodušší definice je obyvatelná zóna tam, kde voda na planetě s vhodným složením atmosféry trvale nezmrzne ani se úplně nevypaří, ale bude existovat v tekutém stavu. První dva zmiňované procesy jsou nevratné. Pro existenci života je důležité, aby se planeta nacházela uvnitř obyvatelné zóny, pokud možno po celou dobu své existence. Obyvatelná zóna není stabilně vymezena provždy, ale mění se ze stárnoucí hvězdou, která

v důsledku své existence zvyšuje zářivý výkon a obyvatelná zóna se rostoucím časem stěhuje dál od hvězdy.

Dalším faktorem kvůli kterému se Země stala planetou na které se rozvinul život je uspořádání planetární soustavy. Naše sluneční soustava je zřejmě dokonalým planetárním strojem, který se nepokazí a vše udržuje na stejném místě jako před pěti miliardami let. Numerické výpočty totiž naznačují, že před několika miliardami let se planety nacházely zhruba na stejných místech jako v současné době. Neplatí to pro malá tělesa zvané planetky, ty mění svoji trajektorii a tím i místo ve sluneční soustavě podle toho jak je gravitačně ovlivňují hmotnější planety. Stabilní poloha planet ve sluneční soustavě je z hlediska rozvoje života velmi důležitá. Kdyby například Jupiter a Saturn byly o trochu hmotnější nebo blíže u sebe celá naše planetární soustava by byla nestabilní. Země by změnila svoji trajektorii a život by zde nebyl možný díky rychlým změnám klimatu.

Obří planety, zejména pak Jupiter hrají ve vztahu k naší Zemi významnou roli. Tím že se Jupiter utvořil dřív než Země, ve vzdálenosti 5 AU od Slunce na stabilní trajektorii zbylo uvnitř rodící se sluneční soustavy dost místa pro planety jako je Země. Kdyby se Jupiter vytvořil ve vzdálenosti 1 – 2 AU nebo blíže, tedy ve zlomku AU, ne vytvořila by se ve zbylém prostoru tělesa rozměrů naší Země. Jupiterův soused Mars a vnitřní pás planetek naznačují, že v okolí tohoto obra se mohla vytvořit jen malá tělesa. Tím že se Jupiter nachází vně terestrických planet je schopen vychylovat a vychytávat menší tělesa o průměru zhruba 10 km, které by se jinak mohly střetnout se Zemí. Ke srážce těchto těles se Zemí dochází v průměru jednou za 100 miliónů let. K poslední srážce došlo před 65 milióny let a měla za následek vyhynutí mnoha rostlinných a živočišných druhů. Jako všem dobře známých dinosaurů. Kdyby Jupiter nebyl byly by kolize 10 000x častější. Ke srážce s těmito projektily by došlo v průměru jednou za 10 000 let a neustále by se ničily složitější formy života v samém zárodku, na Zemi by vznikly jen bakterie, řasy a sinice.

Ke vzniku života na Zemi přispěla i srážka s obřím tělesem, při níž vznikl satelit Měsíc. Nebýt Měsíce panovaly by na Zemi zcela odlišné poměry od dnešních. Rotační osa Země by nebyla mírně nakloněná k oběžné rovině, což je přímý důsledek srážky a hlavně by se její sklon dosti rychle měnil. Jako je to v případě Marsu, který svůj satelit postrádá. Sklon rotační osy Marsu se podle modelových výpočtů mění o desítky stupňů. Ke změně sklonu mezi 15° a 35° dochází v období pouhých sto tisíc roků, sklon od 0° do 60° nastane v intervalu do 10 miliónů roků. Naproti tomu sklon rotační osy Země se mění jen nepatrně v rozmezí 1,3° kolem střední hodnoty 23,3°. Sklon osy bez přítomnosti Měsíce by se měnil od 0° do 85°. Měsíc tak stabilizuje polohu Země a udržuje ustálené klimatické poměry, které jsou potřebné

k nerušenému vývoji života. Dále Měsíc způsobuje vlivem slapových sil pravidelně mořský příliv a odliv. Tento periodický pohyb usnadnil přechod živých organismů z moře na pevninu zhruba před půl miliardou let.

Další jev, který mohl za vznik života na Zemi je geology nazývaná desková tektonika. Jde o pomalý pohyb pevných bloků zemské kůry po vrchním pláští zemské kůry. Bloky, nebo-li kontinenty, se na řadě míst srážejí a vytvářejí tak horstva nebo se může jeden blok podsouvat pod druhý. Na jiných místech se zase kůra rozestupuje. Vlivem deskové tektoniky se vytvořila kontinentální kůra, která je lehčí než oceánská a vyčnívá tak nad hladinu oceánu. Na ní se pak snadno uchytil a rozvíjel život.

Desková tektonika především funguje jako celoplanetární termostat. V prvotní atmosféře převažovaly oxid uhličitý CO_2 a vodní pára. Docházelo tak k obměně CO_2 mezi kůrou a atmosférou planety. Při dopadu vodních srážek na pevninu, která je tvořena vápenatokrémicitanovými minerály dochází ke vzniku uhličitanových a hydrouhličitanových iontů. Za pomoci řek se splavují do oceánů, kde plankton a jiné organizmy tyto ionty a vytváří z nich vápencové schránky či ulity. Na dně oceánů se pak ze zbytků těchto organismů tvoří vápencové usazeniny.

Oxid uhličitý se pak do atmosféry vrací za pomoci deskové tektoniky. Tam, kde se mořské dno s vápencovými usazeninami noří do pláště země dochází k tavení a chemickému rozkladu těchto usazenin. Oxid uhličitý se pak při sopečných erupcích dostává do atmosféry. Vápenec se v oceánech tvoří i fyzikálními procesy, které byly účinné v prvních miliónech let, kdy biologické ukládání fungovat ještě nemohlo.

Desková tektonika působí jako termostat, protože oxid uhličitý je nejúčinnější z tzv. skleníkových plynů. Při oteplování Země se následkem vyššího vypařování vody z oceánů zvýší atmosférické srážky a ty vymyjí z ovzduší více oxidu uhličitého. Následně se zeslabí skleníkový efekt a teplota poklesne. Poté se vulkanickými procesy vrátí do atmosféry přibližně stejné množství tohoto skleníkového plynu a proces se opakuje.

Množství oxidu uhličitého v atmosféře se po dobu 4 miliard let měnilo tak, že se vždy na planetě zachovalo vhodné klima pro život.

Desková tektonika funguje pouze na Zemi. Její činnost nevykazuje Merkur ani Mars. Mohlo by se zdát, že je to z důvodu podstatně menší velikosti těchto těles. Ale proč se tento jev nevyskytuje na Venuši, která je svými rozměry, hmotností jen nepatrně menší než Země? Dá se předpokládat, že energie při počáteční akreci těles, ale i při rozpadu radioaktivních prvků v jejich nitrech nestačila k vyvolání a udržení deskové tektoniky na těchto planetách. Jako možné vysvětlení se nabízí fakt, že Země na rozdíl od všech ostatních planet sluneční

soustavy získala při obří srážce, po níž vznikl Měsíc další příděl kinetické energie, po které mohla desková tektonika začít fungovat. [3]

Planeta	Hmotnost (M_{Jup})	Vzdálenost od hvězdy (AU)	Rok objevu
PSR B1620-26 c	2,5	23	1994
51 Peg b	0,468	0,052	1995
Epsilon Eridani b	1,55	3,39	2000
2M 1207 b	4	46	2004
HD 189733 b	1,15	0,0312	2005
GSC 6213-1358 b	8	330	2008
MOA-2007-BLG-192-L b	0,01	0,62	2008

Tabulka 2: Přehled vybraných exoplanet [7]

10. Závěr

Snažil jsem se o podrobný přehled daného tématu od jeho vzniku až po současnost. Nejvíce jsem se věnoval projektu SETI@HOME, který pomocí distribuovaných výpočtů disponuje obrovským výpočetním výkonem a umožňuje tak zpracování dat z radioteleskopu Arecibo. Doposud se nepodařilo zachytit žádný mimozemský signál a potvrdit tak existenci mimozemské civilizace. Vzhledem k rozmanitosti života a existenci tolika živočišných druhů na naší planetě, je podle mého názoru vznik života ve vesmíru zcela běžnou událostí. Bohužel se ho doposud nepodařilo objevit.

Dále jsem popsal projekty spadající pod sdružení vědeckých projektů BOINC a také nový projekt AstroPulse, který se zaměřuje na hledání širokopásmových pulsů v úzkém frekvenčním pásmu.

11. Seznam použité literatury

- [1] Grygar, J., Horský, Z., Mayer, P.: *Vesmír*, Mladá Fronta, Praha, 1983
- [2] Kleczek, J.: *Velká encyklopedie Vesmíru*, Academia, Praha, 2002
- [3] Pokorný, Z.: *Exoplanety – Najdeme ve vesmíru další Zemi?*, Academia, Praha, 2007
- [4] www.technet.idnes.cz
- [5] <http://seti.czechnationalteam.cz/s@h/s@h.html>
- [6] http://setiathome.berkeley.edu/top_teams.php
- [7] <http://hvezdy.astro.cz/exoplanety>

12. Seznam obrázků

- Obr. 1: Radioteleskop Arecibo
- Obr. 2: Podoba zprávy vyslané ze Země 16. listopadu 1974
- Obr. 3: Vysvětlení vzkazu – 1. část
- Obr. 4: Vysvětlení vzkazu – 2. část
- Obr. 5: Vysvětlení vzkazu – 3. část
- Obr. 6: Vysvětlení vzkazu – 4. část
- Obr. 7: Vysvětlení vzkazu – 5. část
- Obr. 8: Vysvětlení vzkazu – 6. část
- Obr. 9: Vysvětlení vzkazu – 7. část
- Obr. 10: Signál WOW, který byl zachycen 15. srpna 1977
- Obr. 11: Průběh tvorby pracovních jednotek
- Obr. 12: Proces zpracování dat
- Obr. 13: Šetříč obrazovky SETI@HOME
- Obr. 14: Šetříč obrazovky SETI@HOME – informace o uživateli
- Obr. 15: Šetříč obrazovky SETI@HOME – informace o datech
- Obr. 16: Šetříč obrazovky SETI@HOME – analýza dat
- Obr. 18: Vícepaprskový přijímač
- Obr. 17: Šetříč obrazovky SETI@HOME – Frekvenční-časový-energetický graf
- Obr. 19: Rekonstrukce mimozemského signálu
- Obr. 20: Družice Kepler

13. Seznam tabulek

Tabulka 1: Nejlepší týmy SETI@Home

Tabulka 2: Objevené exoplanety v posledních letech