

# *Kunsten å lytte til stjernene!*

*av LA3EQ Jan Henning Holmedal Lustrup  
Stavanger, april 2007*



Fig 1 På dette bilde er det tusenvis av galakser. Tatt av Hubble teleskopet.

Har du noen gang sett opp på stjerne himmelen og lurt på om det er liv ”der ute”? Vel, det er ikke lett å se noe i stjerne kikert! Men hva med et radio teleskop! Vel, vi har lyttet i over 40år allerede. Frank Drake var først ute i 1960, og mange andre fulgte etter.

I skrivende stund er det nettopp kommet en presse melding 24 april 2007 fra ”The Journal Astronomy and Astrophysics” om funn for første gang av en Jord liknede planet som heter 581 c. Den er imidlertid 200 Trillioner kilometer borte, og er bare ”sett” indirekte som en uhyre svak gravitasjons ”wobble” av dens egen sol Gliese 581, som er en rød dverg stjerne. Aldri før har vitenskapen enes så mye om muligheten om liv i universet er en mulighet.



Fig 2 Slik ser en kunstner for seg 581c 's utseende.



Fig 3. Amatør astronomer Jan (LA3EQ) & Karen Lustrup med en 8" Celestron SCT teleskop.

Etter noen år med bare visuelt observasjon gjennom stjerneokkult, så hadde det vært gøy å kunne lytte litt. Tenk om det finnes "radioamatører" der ute som lur på om vi finnes? Har du drømt om å kjøre verdens første utenom jordisk DX qso? Eller kanskje bare pirre nysgjerrigheten med å lytte til lydene fra Solen, planetene, stjerner, pulsarer og fjerne galakser? Og hva med kvasarer, svarte hull, og roterende binærstjerner?

I så fall er du ikke alene. Les videre og realiser drømmen. Det er kanskje ikke så vanskelig som du skulle tro! Her er 11 de kapitlene vi skal gå i gjennom.

- 1** *Seti gruppen.*
- 2** *Kan det finnes liv andre steder i verdensrommet?*
- 3** *Litt radio astronomisk historikk*
- 4** *Utstyr for å komme i gang med amatør radioastronomi.*
- 5** *Frekvensområder for radioastronomi*
- 6** *Kjente astronomiske radiokilder*
- 7** *Planeten Jupiter med sine Jovaniske radiosignaler*
- 8** *Solen... Vår egen stjerne, rett utenfor stuedøren!*
- 9** *Spektral deteksjon av hydrogelinjen*
- 10** *VLF signaler... Whistlers, Sferics og Tweeks*
- 11** *Pulsarer og Kvasarer*

## SETI gruppen

NASA har i mange år vært på jakt etter intelligent liv i universet. I bildet på fig 1 er hver hvit prikk en hel galakse bestående av hundretusener av stjerner som kanskje har planeter som roterer rundt seg. Denne jakten skjer i "SETI" programmet (Search for Extra Terrestrial Intelligence) og hundrevis av amatører og andre er i full gang. Kanskje du har hørt om pc program som når pc-en din er i hviletilstand vil drive og analysere og dekode mottatte radioteleskop data fra verdensrommet, i leten etter en eller annen logisk signal som kan stamme fra intelligente utenom jordiske vesener. På denne måten utnyttes ledig kapasitet av millioner pc-er verden rundt. Sjekk gjerne internett web siden "<http://setihome.ssl.berkeley.edu/>" for mer informasjon om dette.

## Kan det finnes liv andre steder i verdensrommet?

Astronomen Margaret C. Turnbull fra "Carnegie Institution in Washington" og "University of Arizona", har identifisert 17000 solsystemer som kan ha intelligent liv<sup>(1)</sup>  
De fem mest sannsynlige kandidatene er:

- 1) **Beta CVn**: Minner om vår sol, den er 26 lysår borte i stjernebildet Jakthundene.
- 2) **HD 10307**: Den har nesten samme masse, temperatur og jerninnhold som Solen.
- 3) **HD 211415**: Den har omkring 50 % så mye jern som Solen, og er litt kaldere.
- 4) **18 Sco**: Minner mye om Solen, ligger i stjernebildet Skorpionen.
- 5) **51 Pegasus**: Et solsystem med en planet som Jupiter, kan innholde en jord lignede planet.

Radioastronomene har bygget radioteleskoper som er meget følsom og kan lytte langt av sted og langt ut i verdensrommet eller "tilbake i tiden", da det vi ser og hører skjedde jo millioner av år i fortiden! Men egentlig så lytter ikke radioastronomene etter lyder, de monitorer en likespenning som representerer gjennomsnitts energien av mottatt støy i en gitt båndbredde eller kanal integrerer et hvis antall ganger for å jevne ut bakgrunn støyen. Bruk av strimmelskriver ble brukt før i tiden, men bruk av DSP og FFT teknikker på data er vanlig i dag. Med dagens datakraft vil man kunne "lytte" til flere millioner kanaler på samme tid. De en ser etter er bæreølge med doppler forskyvning i frekvens. Denne forskyvningen er tegn om at signalet ikke kommer fra jorden. Alle andre ikke doppler signaler må være fra jorden. Dersom vil skulle plukke opp et utenom jordisk intelligent signal, så finne det nå bestemte protokoller som skal følges før en eventuelt sender tilbake (*Declaration of Principles Concerning Activities Following the Detection of Extraterrestrial Intelligence*).

Men tenk nå på at jorden har allerede sent ut signaler i snart 100år allerede i form av Radio/TV signaler.

## Så litt radioastronomi historikk:

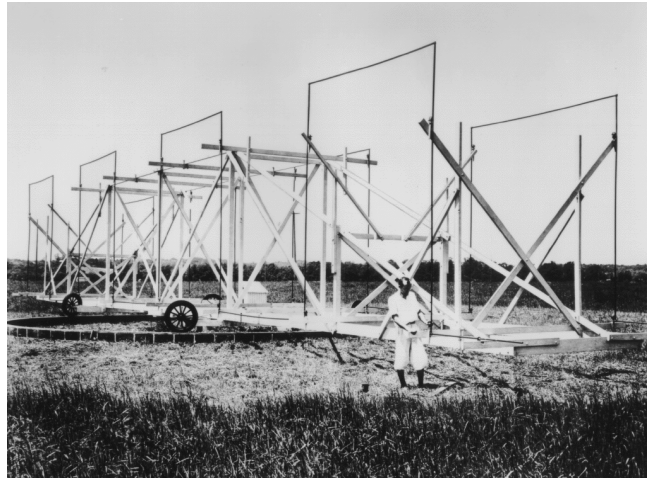


Fig 4 & 5 Karl Guthe Jansky og hans 4 roterbare, sammen fasede "Bruce" antenner som ble kaldt "Jansky's karusell"

En av pionerene var Karl Guthe Jansky. Han var født i 1905 i Norman , Oklahoma, USA. Han ble ansatt i Bell laboratorium like etter sin eksamen i fysikk ved Universitet av Wisconsin i 1928. Arbeidsgiveren hans ønsket å utforske kortbølge bånd mellom 10 og 20meter for å se om de kunne brukes til overføring av telefonsamtaler over Atlanteren. Han konstruerte i mars 1929 et 14.6 meter roterbar antenneanlegg bestående av Bruce antenner med resonans på 20,5 MHz side om side i horisontal planet og faset disse sammen. Antennen systemet ble montert på en roterende plattform og fikk klenge navnet "Jansky's karusell". Nå kunne han beame i alle horisontens retninger og dermed bestemme retninger for den statisk støyen.

Han identifiserte tre fenomener i februar 1932:

- 1) Lokal torden
- 2) Fjern torden
- 3) Et svakt jevnt susing av ukjent opprinnelse. Susen steg og sank i styrke en gang i døgnet, noe som Jansky antok hadde noe med stråling fra solen å gjøre.
- 4)

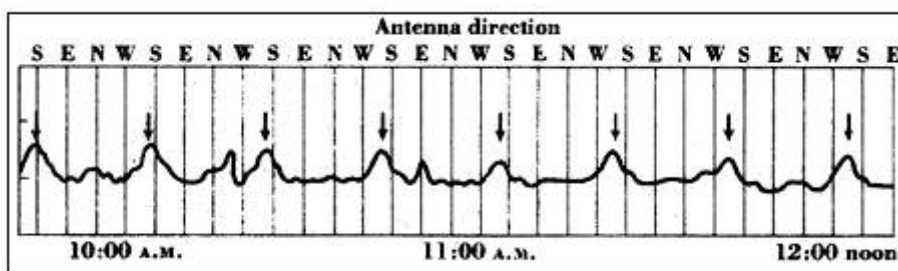


Fig 6 Kosmisk støy

Det pussige var at susens syklus gjentok seg ikke hver 24 timer, men hver 23 timer og 56 minutter! Dette var jo *sidereal tid* som astronomene bruker til å angi stjernenes eksakte posisjon på stjernekartet. I hans undersøkelser fant han ut at susen stammet fra Melkeveiens sentrum. Jansky fikk betegnelsen "Radioastronomenes far". Den internasjonale enheten for flux tetthet "*Jansky*" ( $10^{-26} \text{Watt/m}^2/\text{Hz}$ ) er oppkalt etter ham.

## Radioamatøren W8JK, John D. Kraus, (1910-2004).



Fig 7 John D.Kraus



fig 8 W8JK beam antenne

Han var en pioner innen radioastronomi. Han har skrevet boken "Radio Astronomy" som er blitt "bibelen" for alle radioastronomi studenter. Han har oppfunnet W8JK beamen, Corner Reflector og Helix antennen. Som professor innen "Electrical Engineering & Astronomy" fikk han utfolde seg innen radioastronomi, som var hans livs lang interesse. Han tegnet, bygget og var direktør for radio teleskopet "Big Ear" på Ohio University.



Fig 9. Big Ear radioteleskop i Columbus, Ohio

Den 15 august 1977 ble den verdensberømte "Wow" signalet fra verdensrommet ble fanget opp<sup>(6)</sup>. Det skjedde en 10 KHz bred kanal 2 på 1420MHz. Det var Jerry Ehman som først så utskriften og skrev bokstavene "WOW!" på strimmelen. Kunne dette være et signal fra en utenom jordiske rase?. Selv i dag kan signalet ikke forklares, den kommer ikke fra jorden og heller ikke fra noen satellitt eller annen romfartøy vi kjenner til.

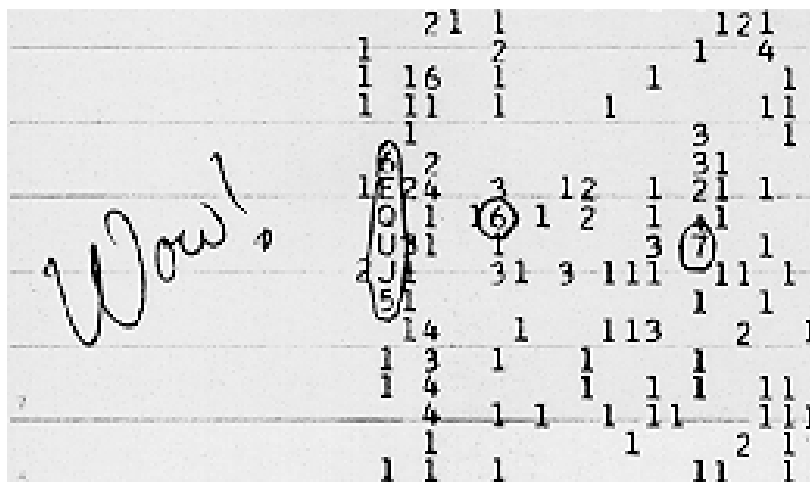


Fig 10 Wow signalet

Signalet ble bare mottatt en eneste gang og har aldri latt høre fra seg etterpå, tross iherdig forsøk av flere av verdens ledende radioteleskoper. Signalet forblir et mysterie. Etter 40 års tjeneste er radioteleskopet nå demontert og området er en golfbane!.

### W9GFZ Grote Reber, (1911-2002)

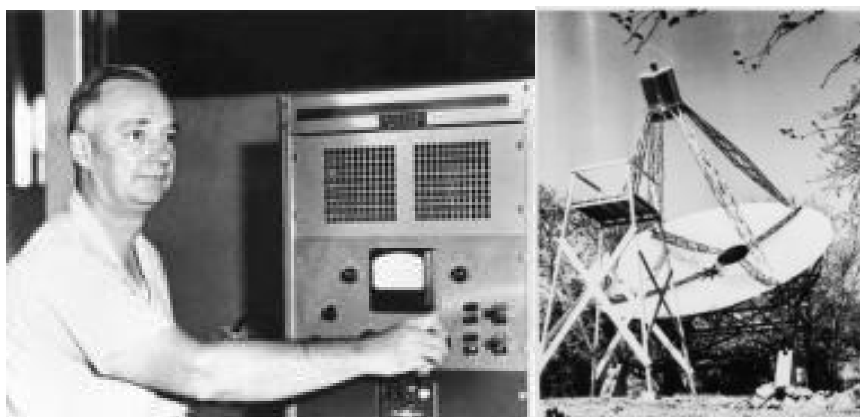


Fig 11a Grote Reber

fig 11b parabolen

Han var den første til å lage et radioteleskop av en hjemmelaget parabol antenne for å lytte til verdensrommet. Har bidratt mye innen radioastronomien.

Med denne antennen kartla han Melkeveien. De vertikale spiker en ser nedenfor på kurven er QRM "tennings støy" fra biler som kjører forbi! De lang og store "humper" er radiokilder i galaksen vår.

Reber sa om hvorfor han var så interessert i å lytte til stjernen:

*"My interest in radio astronomy began after reading the original articles by Karl Jansky. For some years previous I had been an ardent radio amateur and considerable of a DX [long distance communication] addict, holding the call sign W9GFZ. After contacting over sixty countries and making WAC [Worked All Continents, an amateur radio award], there did not appear to be any more worlds to conquer."*

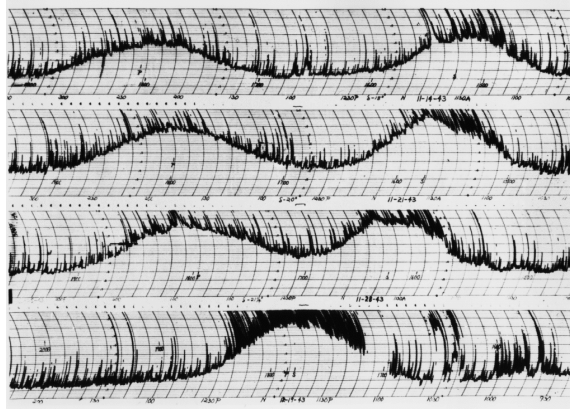


Fig 12 Første kartlegging av Melkeveien



Fig 13. Hjemmelaget EME parabol til Viggo, LA9NEA

Dersom du er lik meg, har du lyst å bygge og eksperimentere selv, ved for eks. å bygge ditt eget radioteleskop og ta ned signaler selv. Som er radioamatør da vi har det meste av utstyret allerede og det vi mangler klare vi stort sett å bygge selv, selv om vi ikke er like ambisiøs som Viggo, LA9NEA med hans kjempe stor EME parabol antenne for 1296MHz som er 5,4 meter i diameter!.

Du har flere muligheter til å prøve deg som radioastronom selv, med for eks:

- 1) *Det å lytte til planeten Jupiter på 15meter båndet. Nå er en fin tid siden solflekk minimum gjør at signalene fra verdensrommet slipper lettere gjennom F og E lagene, samtidig med lite trafikk å 15 og 18 meteren.*
- 2) *Lytte og detektere støy fra vår egen stjerne "Solen" på fra HF til mikrobølge området. Kontroll av V.L.F. signal variasjoner for varsling av nordlys(Aurora Borealis) og blackout fenomener på H.F. båndene.*
- 3) *Detektere spektral linjen for hydrogen på 1420,405 MHz i vår egen galakse for å se doppler forskyvning grunnet innbyrdes bevegelse av materie i Melkeveien.*
- 4) *Lytte til signalene fra pulsarer, kvasarer og binær stjerner på 70cm båndet.*
- 5) *Oppdage nye og uoppdagete signaler fra verdensrommet.*

Det finnes en konstant kosmisk bakgrunnsstråling i verdensrommet.

Det var Arno Penzias og Robert Wilson fra Bell Laboratories som oppdaget denne bakgrunnsstrålingen og trodde først det måtte være feil på utstyret. Denne mystiske bakgrunnsstøyen var alltid tilstede når man koblet antennen til mottakeren uansett hvor antennen pekte. Først trodde de det kunne være dårlig loddeskjøt i sømmene på antenneflaten, eller kanskje fugleskitt som hadde samlet seg på den 6 meter store horn antennen. Om lodding av skjøtene og reingjøring av antennen overflaten hjalp ikke. Så tenkte de at dette kunne være rester etter en kjempe eksplosjonen som skapte all verdensrommets innhold også kalt for "*The Big Bang*" og de fikk Nobel Prisen i 1978 for denne oppdagelsen. Det er denne støyen som setter en grense for hvor svakt signal vi kan motta. Men ved hjelp av dagen datamaskin kan vi går ytterligere 10-20dB lenger nedover under støynivået ved integrasjon for å jevne ut tilfeldig støy i forhold til fasen av det ønskete signal.

## Utsyr for å komme i gang med radioastronomi:

- 1) En antenne, Yagi'en er liten, har god gain, men virker kun for et bånd. En parabol er stor men den er frekvens uavhengig. En trenger bare skifte LNA (mikrobølgehode) for hvert bånd (pluss bandpass filter). En Helix antenne er et godt kompromiss.
- 2) En HF og VHF/UHF radio med muligheten til å slå av AGC.
- 3) En god antenne forforsterker med lav støytall < 0.4dB med PHEMT GaAsFETs.
- 4) God lavtaps koaksialkabel.
- 5) En kalibrert dempeledd. 1-10dB.
- 6) En eller flere gode båndpass filtre (Dette for å sile ut menneskelaget støy).
- 7) Et par-tre bredbånds 50 Ohms MMIC forsterkere (MAR-1 for. eks.).
- 8) En logaritmisk MF detektor (eller en billig Biltema satellitt innstillings meter).
- 9) En pennskriver eller datalogger (<http://www.radiosky.com/skypipeishere.html>).
- 10) Et oscilloskop eller PC med lydkort.
- 11) En A/D omformer med parallell printer inn/ut gang for tilkobling av PC uten lydkort.
- 12) Mye tålmodighet.





Fig 14. Hjemmelaget pararefleksor for 23cm laget av kryssfiner, duct tape og kjøkken aluminium og utskiftbar fødehode.

En Para-Refleksor vil kunne være veldig bredbåndet. En skifter bare fødehodet når en skal skifte bånd! (Husk å skifte båndpassfilter også dersom du bruker slike)  
Hvilken frekvens blir benyttet? Det er satt av områder hvor radioastronomi har primærstatus som da er beskyttet mot jord basert radio og andre typer støykilder.

## Frekvensområder reservert for radioastronomi:

**21,85 MHz - 21,87 MHz**

**150 MHz - 152 MHz**

**406 MHz - 410 MHz**

**608 MHz - 610 MHz**

**1350 MHz - 1427 MHz**

**1660 MHz - 1670 MHz**

**2670 MHz - 2700 MHz**

**4950 MHz - 5000 MHz**

**10600 MHz - 10700 MHz**

## Noen kjente astronomiske radiokilder:

Kilde	frekvens område	minimums antenne krav
Støyende Sol	10 MHz til 10 GHz	Fra en enkel 3el yagi til en 3,5 meter parabol
Rolig Sol	151 MHz til 10 GHz	Fra en 10 el yagi til en 3,5 meter parabol
Månen	1420 MHz til 10 GHz	> 23dB antenne system
Jupiter signaler	13 MHz til 38 MHz	dipol eller 3el Yagi
Cassiopeia A	151 MHz til 10 GHz	>20 dB antenne system
Cygnus A	151 MHz til 10 GHz	>20 dB antenne system
Melkeveien	10 MHz til 1420 MHz	>20 dB antenne system
Hydrogen spektrallinjen	1420,405 MHz	>18 dB antenne system
Taurus A	151MHz til 10GHz	>20 dB antenne system
Virgo A (M87)	151MHz til 1420MHz	>20 dB antenne system
M31 (Andromeda)	1350MHz TIL 1420MHz	>20 dB antenne system
Vela (pulsar)	432MHz området	>25 dB antennesystem

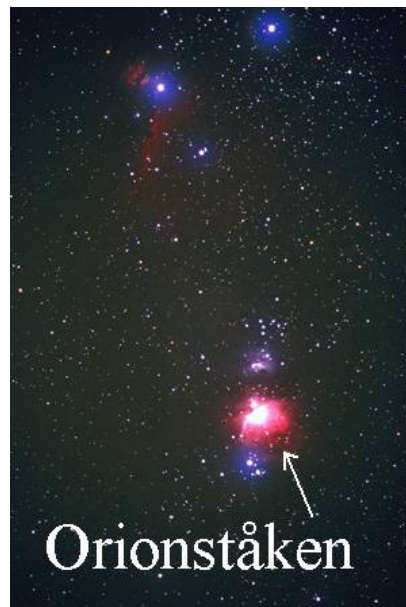


Fig 15. Orionståken stråler også ut signaler.

Den sterkeste signaler fra det ytre rom er uten tvil fra galaksen Cygnus A.

Den er mer enn  $550 \times 10^6$  lysår ifra oss og setter en grense for hvor langt ut vi kan lytte. Denne grensen kalles for vår radio horisont.

## Planeten Jupiter med sine ”Jovaniske” radiosignaler .

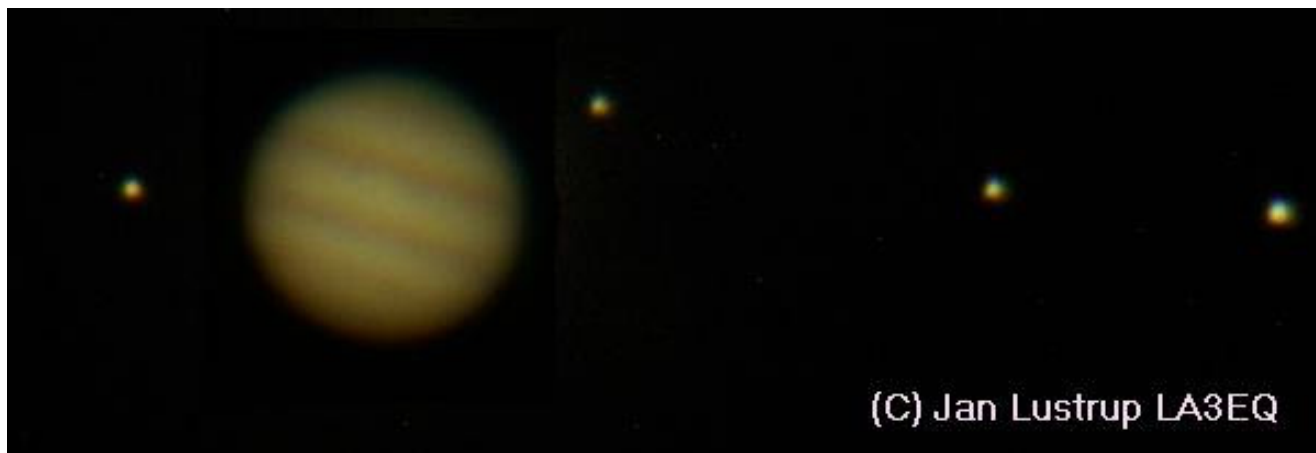


Fig 16. Jupiter og noen av dens nærmeste måner. Fotografert i Stavanger 1997 med en Celestron 8" SCT teleskop, hjemmelaget vannavkjølt CCD kamera.

Jupiter er vår solsystems største planet den er en gass planet og er femte planet fra solen. Planeten sirkler ca 778.330.000 km fra solen og har 63 måner, tre svake ringer. Den er 142.984 km i diameter og har en masse på  $1.900e^{27}$ kg .

Jupiter består av gassene Hydrogen (90%) og Helium (10%). Den har en omløpstid på ti timer/døgn. I en liten kikert kan en se flere ”bånd” eller ”striper” som går horisontalt rundt planeten. De lyse områdene kalles for *soner* og de mørke for *belter*. De fire største månene kalles ”Galileanske måner” og de heter *Io*, *Europa*, *Ganymede* og *Callisto*. Dem kan du se i samme rekkefølge som på bildet jeg har tatt ovenfor. I en liten håndkikert vil en kunne se forskjell på en time da månene har beveget seg. Jupiter har tidvis kraftige stormer på overflaten og en del blir til elektromagnetiske stormer som sender ut en form for støyete radiosignaler. Gå inn på denne linken og lytt selv her...

[”http://www.radiosky.com/lburst.wav”](http://www.radiosky.com/lburst.wav)

[”http://science.nasa.gov/headlines/y2004/20feb\\_radiostorms.htm”](http://science.nasa.gov/headlines/y2004/20feb_radiostorms.htm).

Signalene er dannet av vekselvirkningen av plasma (ioniserte gass) og magnetiske felt. Magnetisert plasma med stor hastighet renner nedover mot planetens poler generer noe som kalles for ”*cyclotron maser mekanisme*” og når denne aktiviteten er i gang overgår Jupiter til og med Solen’s signalstøy i styrke. Maseren blir dannet av Io’s vulkaniske utbrud, som slynger elektrisk ledende gasser rett inn i Jupiters magnetosfære, og samles til en smultring lignende område (som kalles for *Io Torus*, se bildet under) i en posisjon som er bestemt av Jupiters magnetfelt. Etter hvert som Io beveger seg rundt Jupiter dannes det bølger som kalles ”*Alfven bølger*”. Disse bølger blir geleidet av Jupiters magnetisk krefter, som frakter over 40 trillioner av Watt til polar strøkene, dette er stormens brensel.

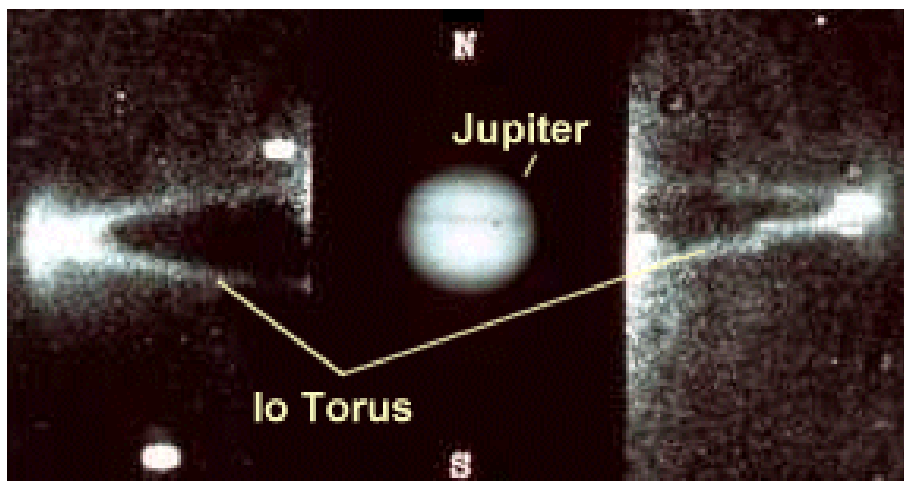


Fig17 Io Torus

Sannsynligvis har du hørt Jupiter allerede uten å vite det. Noen ganger når 15 meteren er død, vil du kunne høre en slags skvulping eller en lyd som minner om bølgebrus som slå inn mot standen, andre ganger som et damp lokomotiv, en hval som synger eller en hakkespett. Signalene kan vare fra ett minutt til en time. Signal toppene fra 1ms til 100ms og burstene fra 1 sekund til 10 sekunder. Det kan plutselig stoppe opp i en time, for så å starte opp igjen. På "www.radiosky.com" kan du finne program som forutsier dato og klokkeslett som er gunstig for å plukke opp disse signalene. Husk, ingen to stormer er like, det er det som gjør det hele interessant!

### **Hvilken frekvenser bør vi velge for å lytte til Jupiter?**

Jupiter sender ut radiosignaler fra et par kHz og opp til Ca 40 MHz. Under 18 MHz blir signalet reflektert tilbake til verdensrommet grunnet jordens refleksjons lag (F1, F2, E og D). I gjennomsnitt er frekvenser er fra 18MHz til 28MHz de beste når det ikke er forhold og båndet virker dødt, da sier vi atmosfæren er *gjennomtrengelig*. Under 15MHz blir signalene lett refraktært tilbake ut i verdensrommet igjen eller så blir de dempet så pass av ionosfæren at vi ikke hører dem. Nattestid og perioder med liten solflekk aktivitet er bra. Selvfølgelig må Jupiter være over horisonten for at vi skal kunne høre Jovanske signaler.

### **Når er stormene på Jupiter aktiv?**

Det er ikke så lett som å skru på radio og så forvente å høre signaler med en gang! Forskerne har funnet at når en av tre spesielle lengdegrads regioner vender vår vei, så er sjansen for å motta dekametriske (signaler innen ti talls meterbåndene) stormsignaler størst. Disse heter A, B og C regioner. I tillegg kan Jupiters måne Io's posisjon påvirke signalene i visse stillinger av Jupiters meridiansk lengdegrad (CML).

I 90% av storm tilfellene er IO i en helt spesiell posisjon. Undersøk gjerne programmet "**Radio-Jupiter Pro 3**" for å sjekke tidspunktet som er best der du bor.

Du får gratis 30 dagers prøve periode på "<http://www.radiosky.com/rjpro3ishere.html>"

Gratis programmet "Win-Sky" er også bra for å finne ut når Jupiter er over horisonten der du bor.

### Hva slags utstyr trenger du?

Den enkleste er en dipol antenne. Men en 3el Yagi er bedre. Husk du kan benytte "ground gain" selv når planeten ligger høyt på himmelen. En vanlig kortbølge mottager er godt nok. Ta gjerne opptak med mp3 spiller eller lydbånd for å spille av og analysere lydene. Har du en av gratis programmene Spektran eller Agro kan du både ta opp og spille av så ofte du vil, i tillegg til å analysere og "se" lydenes spektrale egenskaper. Her kan du lytte til signalene: "<http://www.radiosky.com/sburst.wav>"

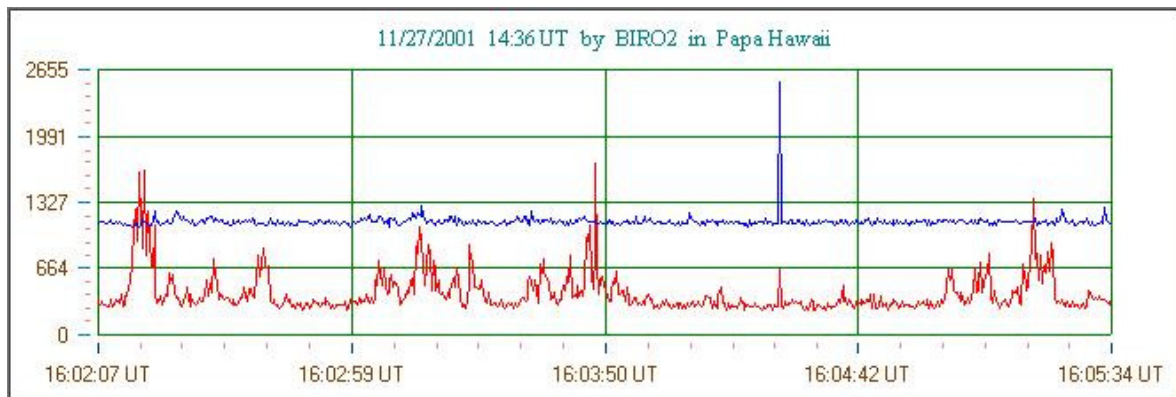


Fig 18. Slik ser signalene fra Jupiter ut med Skypipe.



Fig 19. Jupiter sett fra Hubble teleskopet.

## *Solen...vår egen stjerne- rett utenfor stuedøren.*

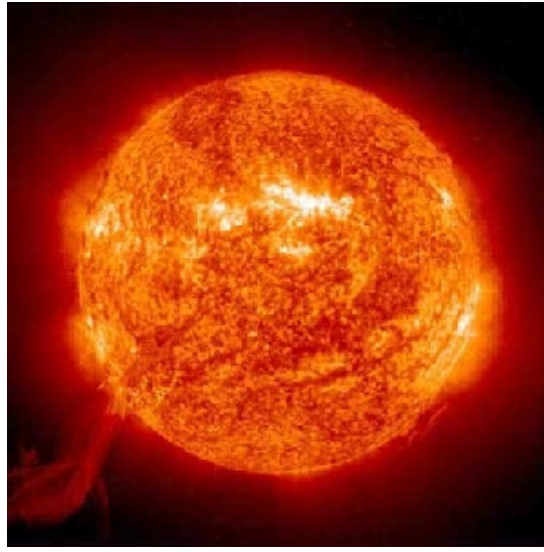


Fig 20. Vår egen stjerne i nabolaget vårt...Solen!

Solen er den stjernen som vi kjenner best, og den er ca. 4,5 milliarder år gammel og vi er nesten halvveis gjennom dens levetid på 9,5 milliarder år.

Solen er 1.390.000 km i diameter, har en masse på  $1.989e^{30}$  kg og danner senter for vårt solsystem. Temperaturen i kjernen er 15.600.000 K og på overflaten 5.800 K. Den roterer på 25,4døgn ved ekvator og 36 døgn ved polene.

Den består av 70% Hydrogen og 28% Helium og 2 % diverse metaller.

**Advarsel!!! Se aldri på Solen i kikert uten spesial solfilter!**

### Hva er Solstøy?

Nedenfor ser dere en graf av signalet fra Solen når den beveger seg forbi antennen som er fast i 180 grader sørlig retning.

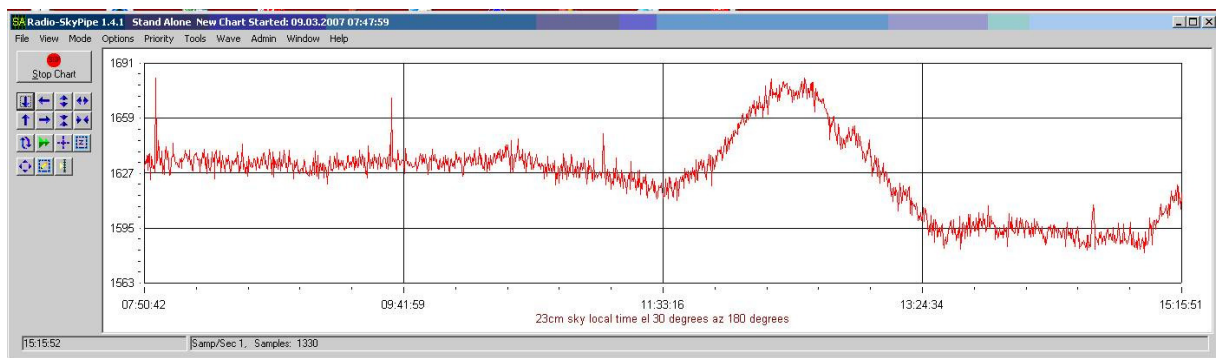


Fig 21. SOLAR TRANSITT av hjemme laget 1296MHz yagi

Solen sender ut en jevn strøm av elektromagnetisk støy fra LF området til over røntgen området. Signal variasjoner vil forkomme fra tid til annen av forskjellige grunner. Det forekommer utbrudd på overflaten (solflekker) og hyppigheten går i 11års sykluser som vi kjenner godt til fra kortbølge forholdene svingninger fra kjempeforhold til komplett "blackout" der alle kortbølgebånd er død. Nordlys (*Aurora Borealis*) er også en nydelig bi effekt av sol stormene. Solen sender kontinuerlig ut en tynn strøm av ladde partikler (elektroner og protoner) som kalles for *Solvinden*. Det er denne solvinden vi kan måle og registrere med radioutstyret vårt. Når det har vært utbrudd på overflaten (Flare) vil røntgenstråler og partikler slynges utover i verdensrommet. Noe ganger kommer Jorden's bane i veien for ett slikt partikkel utslyngelse og som følge av det opplever nordlys (*sørlys, sør for ekvator*), forstyrrelse på kortbølgen og kraft /telenettet. Disse kalles for sol stormer. Det er spesielt røntgenstrålene som virker inn på ionosfæren vår.

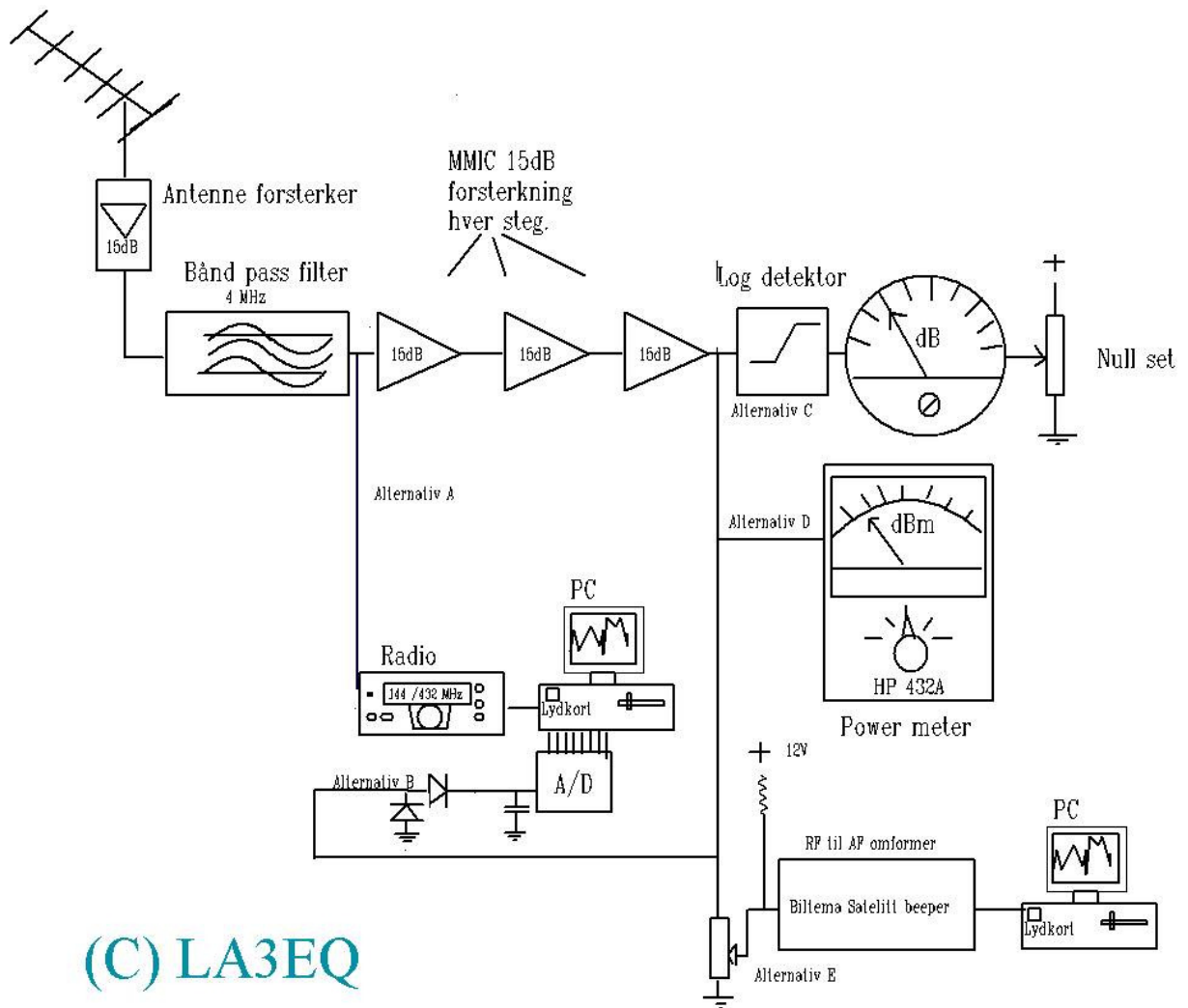


Fig 22. Flere mulige oppsett for deteksjon av Solstøy på VHF, UHF og SHF

Ovenfor ser du flere muligheter å ta imot og registrere solstøy. Koble gjerne en 50 Ohms motstand til systemet ved hjelp av en antennerelle, slik at den kan sjaltes inn og ut. Da kan du veksle mellom antennen og motstanden for å se måle styrken på solstøyen i forhold til bakgrunns støyen med motstanden for så å kunne nullstille instrumentet.



Fig23. Solid båndpass filter for 1420 MHz båndet med N-kontakter.

Vi bruker båndpass filter for å unngå innslag og overstyring fra TV/Radio sendere i nærheten. Dersom du bygger denne selv, så prøv å ha den på et par MHz bredde ved hjelp av minst tre resonans spoler og en så høy Q som mulig. En interdigital fem polet båndpass filter i en solid metall hus er å foretrekke. Disse kan kjøpes billig på internett (et par 100 lapper). Filterbredden kan gjerne være fra noen hundre kHz opp til flere MHz dersom du lytter ifra 70cm båndet og oppover. Ha gjerne flere filter , hver med sin egen bølgeband, som kan kobles inn/ut alt etter hvilken frekvens spektre du ønsker å lytte på.



Fig 24. Måling av solstøy i Stavanger på 1296 MHz med hjemmelaget 43 element Yagi og en DEMI 0.4dB HPMT pre amp.



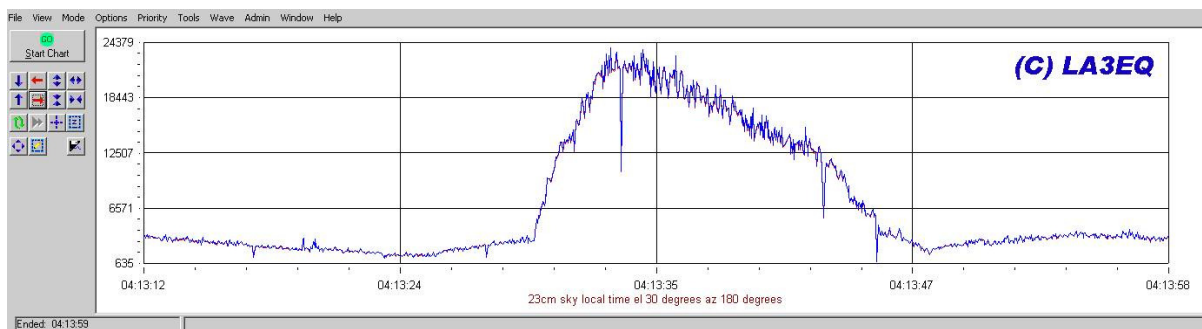


Fig25 Solstøy målt på 1296 MHz i Stavanger i 2005

**Alternativ A** vil signalene gå til en mottaker, og lyden kobles til pc-ens lydkort og en kjører da et program for å plote volumets styrke over tid (Skypipe). Her må en huske å skru av AGC'en. Hvis du ikke har muligheten til å skru av den, så bør du redusere følsomheter med RF gain'et, slik at ikke AGC trer inn i funksjon.

**Alternativ B** der vi forsterker opp signalene 45dB ved hjelp av noen MMIC 50Ω inn/ut mikrochip forsterkere, for så å likerette og filtrere signalene. Deretter går spenningen til en A/D omformer og overføre til pc'en i digitalform, for så å vises på skjermen som en kurve som plote styrken over tid (Skypipe). MMIC av type mar 1 til mar 6 er bra.

**Alternativ C** går den forsterkete signalet til en logaritmisk detektor<sup>(7)</sup> som da gir ut en spenning som styrer en analog måleinstrument. Solstøyen er nå kalibrert i dB/Volt. Dersom du hopper over den logaritmiske detektoren og bruker en vanlig diode, så blir måle området svært innsnevret, da støyen svinger kraftig selv under helt rolige tidspunkter.

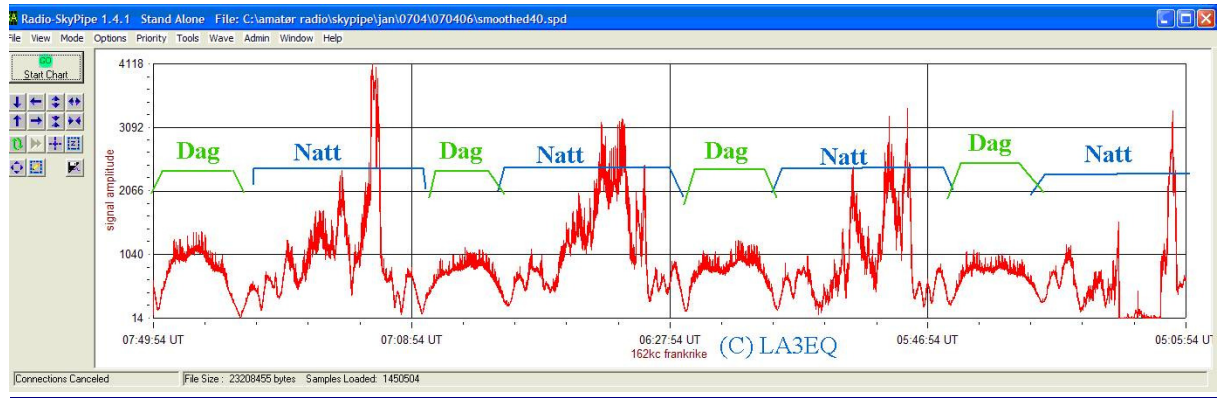
**Alternativ D** går den forsterkete signalet til en  $\mu$ Watt meter. Styrken/endringer kan nå avleses i  $\mu$ Watt, mWatt eller dBm direkte. Hewlett Pacard sin HP432A effektmeter har egen analog utgang bak for tilkobling til penskriver eller A/D omformer! Ulempen med den er at den driver vekk ifra kalibreringen sin på de to nederste områdene grunnet temperatur endringer i proben.

**Alternativ E** der du fører den forsterkete signalet til en billig "Biltema" satellitt beeper, som er en spenning til frekvens omformer, den gir en ut tone som endres i takt med RF signal styrken inn. Dette lyd signalet kan da føres til pc-ens lydkort og lagres eller visen på et spektrums analysator program (Spectran, Argo, Spectogram, eller lignende). Her er jo lyd volumet konstant og da går det ikke å bruke en penskrive program som Skypipe eller an A/D omformer..

### Sol ubrudd deteksjon ved hjelp av VLF radio.

Den nederste delen av ionosfæren virker som en bølgeleder, der jordoverflaten/sjø er den ene siden og D laget den andre. Innenfor denne bølgelederen vil ELF/VLF bølgegene ledes over store avstander nesten uten demping jorden rundt. Men ved sol utbrudd blir den naturlige ionosfæriske sammensetting og ione tetthets høydegradient bli endret<sup>(8)</sup>. Da er det først og fremst utbrudd av røntgenstråler (Solar Flares) som da kolliderer med atomer i ionosfæren og slår løs elektronene som da blir frie elektroner en stund, før de blir fanget

inn igjen av elektron fattig atomer som søker seg tilbake til likevekt. Dette tar en stund...fra et par minutter til flere timer. Elektron tettheten vil faktisk kunne øke fra  $10^8 \text{ m}^{-3}$  til å bli hele  $10^{10} \text{ m}^{-3}$ , samtidig som den nederste delene av D-laget synker fra 74 km til 70 km. Denne endring vil vise seg på to måter. På VLF vil en kunne merke endring på amplituden og fasen på radiostasjonene.



*Fig 26 162KHz Lang bølge stasjon i løpet av fire døgn.*

Først så vil alle de nye frie elektroner gjør at elektrontettheten er dramatisk øket, noe som gir bedre refleksjon isteden for demping (attenuasjon).

For det andre vil synken av nederste delen av D laget føre til fase endringen.

Vlf bølger er til vanlig helt stabile på dagtid i både signalstyrke og fase. Vi opplever ikke skiftene radio forhold på dagen slik som på HF.(se fig 26)

Om natten løser D laget seg litt opp og stiger i høyden, den vil nå gi natt forhold, med mye qsb, skjønt dette er mindre merkbare jo lavere i frekvens en går(< 30 KHz). Når en kommer ned under 19KHz -15KHz området (Ubåt trafikk) vil en ikke merke endringer i det hele tatt.

Når en samtidig måler styrken til en langbølge stasjon og sammenligne resultatet med dine solstøy data vil en kunne se at det har vært ent sol utbrudd. Brukt gjerne BBC 4 er bra til dette. Den ligger på 198.000 kHz og har stor sender styrke og sender 24 timer i døgnet syv dager i uken. Den er svært frekvensstabil da den styres av en Rubidiums atom oscillator. En annen alternativ er den tyske DCF-39 på 138,83 kHz, som dekker store deler av Europa om dagen og mye av verden der det er natt samtidig med oss. Du kan når som helst "se" signalstyrken han har hos W3EEE på hans hjemmeside "http://www.w3eee.com"

Eller en kan gå lengre ned i frekvens til tidssignalet MSF Rugby, på 60kHz eller enda lengre nedover der militær ubåt samband forgår med 50Hz RTTY som rekker verden rundt.

## Spektral deteksjon av hydrogenlinjen.

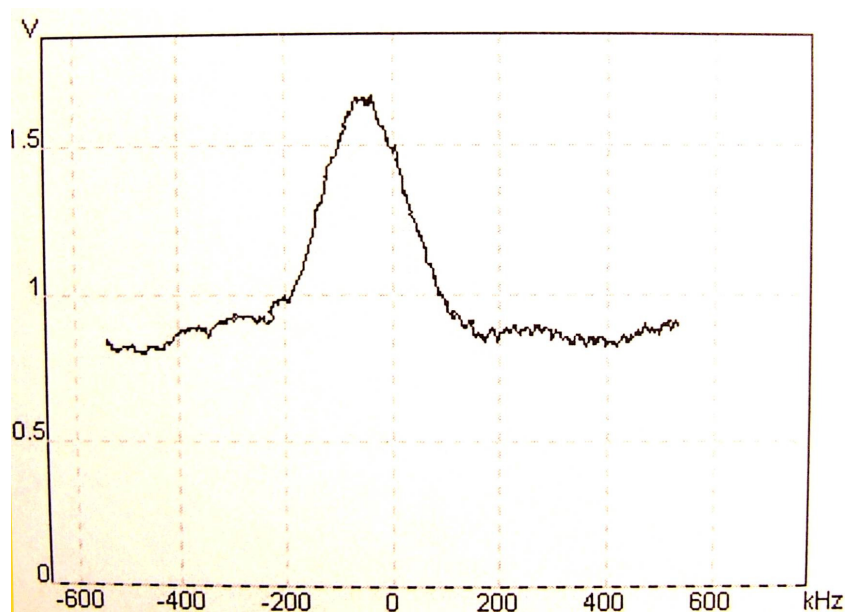


Fig 27 Hydrogen linjen 1420,405MHz med antennen mot senter av Melkeveien.

Deteksjon av Hydrogenlinjen er noen av de første radioastronomene får i oppgave under utdannelsen. Det krever forholdsvis enkelt utstyr og ligger derfor godt innenfor radioamatøren rekkevidde(2).

En god, bredbåndet 23cm amatør antenne (en helix er meget bredbåndet) og en god lavstøys DX preamp (<0,5dB) vil kunne benyttes med hell til dette formålet. Hydrogensignalene er forskyvet i mange forskjellige frekvenser, så isteden for et skarp høyt vertikalt signal på akkurat 1420,405 MHz, vil den se ut som en hump, sprett utover i frekvens sett med en spektrumsanalysator. Dersom du kan programmere i Basic og styre din RX ifra userport/seriell com port/parallell printerport kan du prøve følgende. Del opp en ca 2 MHz bit sentrert rundt 1420,4 MHz i 5 kHz biter i AM stilling og måle audio signal nivået i disse biter en etter en med AGC'en av og plott resultatet side om side etter hverandre som i en graf på skjermen. Du vil du kunne se en kurve lignede den i fig XX. En kan også integrere data'en flere ganger for å jevne ut støyen og annet tilfeldig støy.

*Setifox*<sup>(4)</sup> er et data program som gjør nettopp dette for deg ved å styre mottakerens (en Icom R-7000) frekvens i 5kHz step automatisk via seriellporten. Grunnet bevegelse i verdensrommet og doppler effekten av hydrogen skyer vil peaken være litt bred, kanskje noe skjev stilt (opptil 600 kHz) og vil være forskyvet alt etter hvilke himmel område antennen peker på.



Fig28. 1420MHz 44el lang Yagi antenne klar for søken etter spektrallinjen.

Hydrogen er det grunnstoffet det finnes mest av i universet. hydrogen atomet består av et proton i senter med et elektron (nøytron) som sirkler rundt. I tillegg spinner elektronet og protonet rundt sin egen akse (prosesjon) i en parallell eller en antiparallell tilstand. Antiparallell prosesjon er en tilstand med lavest energi, mens parallell prosesjon har en høyere energi tilstand.

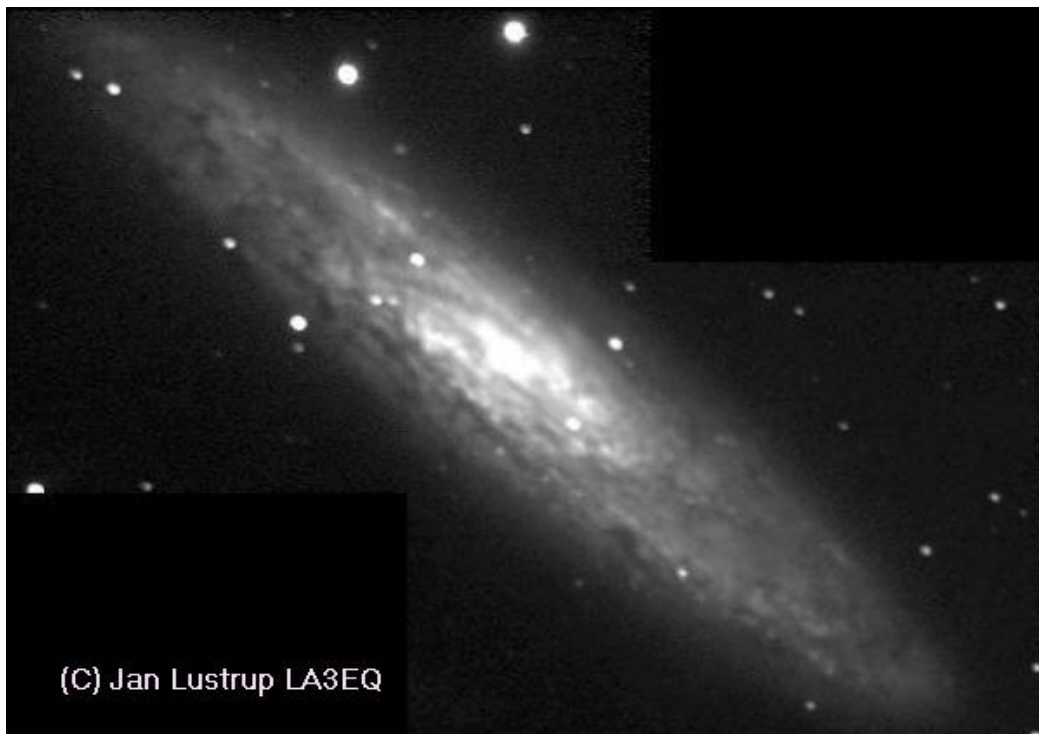
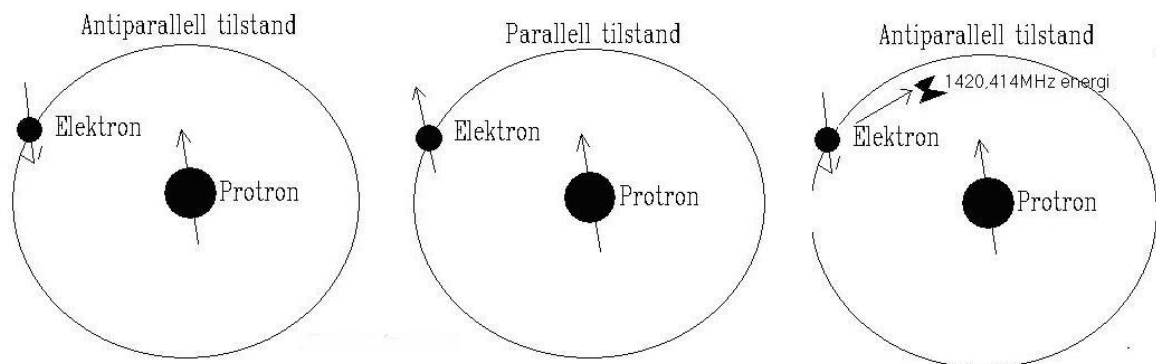


Fig 29. Bildet er av M31 (Andromeda galaksen vår nærmeste nabo) tatt på Bryne 1997 med hjemmelaget vann avkjølt CCD kamera av typen Cookbook 245.

En gang sjelden iblant treffes elektronet til et hydrogen atom av en løs elektron eller partikkel med stor fart (stor kinetisk energi) og avgir da noe av denne energien til elektronet som da vipper over til antiparallell tilstand et kort øyeblikk, for deretter å vippe tilbake til en lavere energi tilstand (parallell tilstand) og overskudds energi blir da frigitt som et foton(en pakke med elektromagnetisk energi).

Dette fotonet har et energi nivå lik  $5,88 \cdot 10^{-6} \text{ eV}$  eller sagt på en annen måte, den sender ut en kort elektromagnetisk bølge som vibrer med en frekvens på nøyaktig  $1420.405.751,768 \text{ Hz}$  (+- 0,001Hz), noe som tilsvarer nøyaktig differansen mellom parallell og antiparallell tilstander. Altså overskudds energien den var blitt tilført kvitter den seg med og det er dette signalet vi kan detektere. Som sagt så skjer dette sjelden, men da verdensrommet er uendelig stort skjer dette såpass ofte der ute at vi kan registrere fenomenet til enhver tid.

Vi vil se store doppler forskyvninger i "skyer og fortettinger" av hydrogen atomer som beveger seg mot oss (doppler forskyvning opp i frekvens) eller ifra oss (doppler forskyvning ned i frekvens). Denne doppler forskyvninger utgjør flere hundre KHz og da kan vi måle direkte hastigheten til massens bevegelse.



(C) LA3EQ

Fig 30 Antiparallell og parallell tilstand av et hydrogen atom.

Dersom man retter antennen vår mot Melkeveiens sentrum, så vil en kunne se at hydrogen spektrallinjen har flere forskjellige forskyvte frekvenser. Dette skjer da galaksen er i bevegelse rundt sin egen senter i en spiralform.

Vi vil kunne se at doppler effekten virker inn og skyver frekvensen nedover der hydrogen skyer er i bevegelse fra oss og oppover i frekvens i de områdene som beveger seg mot oss. Vi vil med andre ord kunne måle hastigheten galaksen roter rundt på og hvor fort den deler av den beveger seg fra/til oss i verdensrommet.

## *VLF signaler... Whistlers, Sferics og Tweeks*

Det er andre former for signal du kan få inn som egentlig har sin opprinnelse fra Jorden, men siden de har vært innom verdensrommet så skal jeg nevne den. Jeg skal ikke gå inn på L.E.D. (long delayed Echos), men kommer kanskje tilbake til det fenomenet i en egen artikkel senere, da det er ganske omfattende.

Allerede under første verdenskrigen, ble det oppdaget merkelige signaler, en slags plystre lyd langs telegraf linjene. Det ble trodd det kunne være fienden som lager lyden for å forvirre telegrafistene eller ødelegge telesambandet. Først mange, mange år senere kunne disse merkelige lydene forklare. Bygg mottakeren nedenfor og lytt selv!

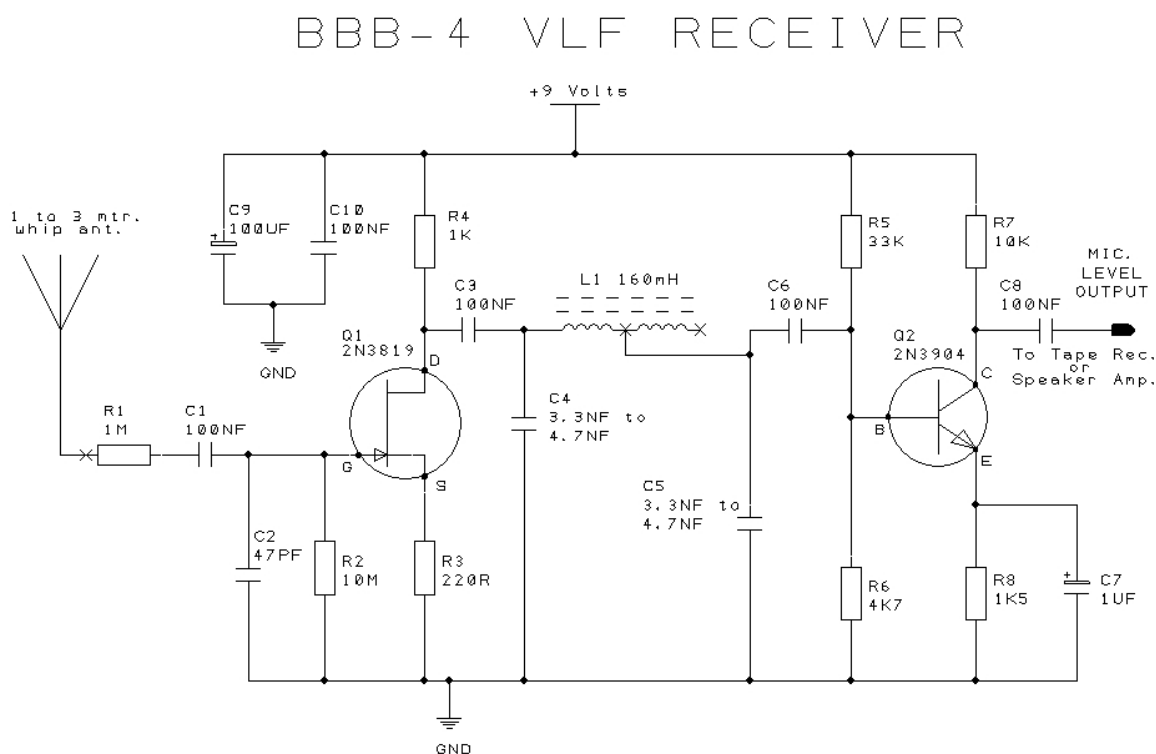


Fig 31 Sjema fra "<http://www.auroralchorus.com/bbb4rx3.htm>"

*Whistler* signaler er egentlig naturlige signaler fra vår egen jordklode som kommer tilbake fra en kort tur ut i verdensrommet. For å lytte til disse signaler trenger du bare en pc med lydkort og en enkel elektrostatiske detektor (se fig 31).

Når lynet på jorden, blir det generert en kraftig elektromagnetisk puls, som går rundt jordkloden. Når du lytter disse signalene, så høres det ut som uendelig knitring og hver av disse er et lyn en eller annen plass på jordkloden. Du vil også kunne høre vingeslagene til mygg og fluer når de flyr forbi!

Du kan lytte til disse signalene fra internett på:

"<http://www.spaceweather.com/glossary/inspire.html>" eller på

”<http://www-pw.physics.uiowa.edu/mcgreevy/>”

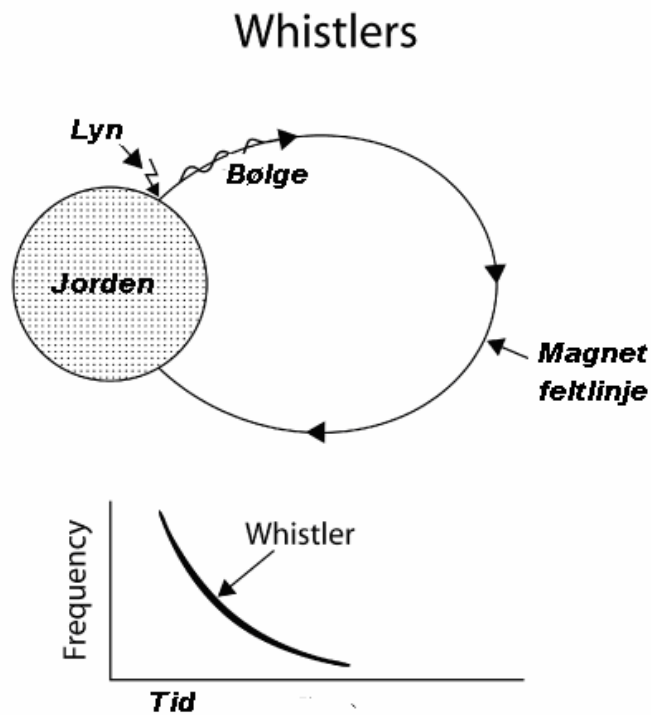


Fig 32. Whistler.

Whistlers blir til av lyn og det elektriske pulsen beveger seg langs jorden magnetfelts linjer fra den ene hemisfære til den andre.

I den ioniserte del av rommet vil høyfrekvente radiobølger bevege seg raskere enn lavfrekvente og derved avgi sin energi som en plustre tone lignende lavfrekvent elektromagnetisk signal som minker i frekvens over tid.

50Hz støy fra kraftnettet vil kunne slå innpå, men programmet "Spektran" har nå innebygget 50Hz notch filter som er meget effektiv.

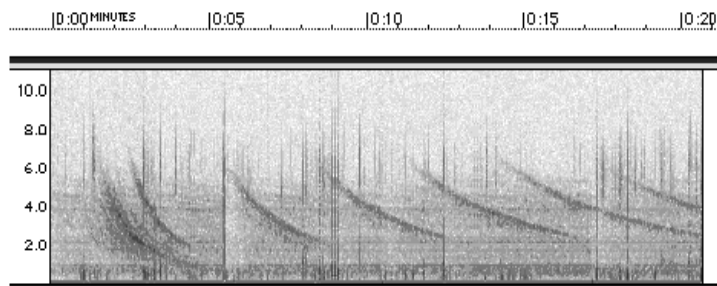


Fig 33. Whistler signaler sett på en spektrogram.. Frekvens(0 til 10 kHz) i vertikal aksen og tiden i horisontal aksen.

## *Pulsarer og Kvasarer*



Fig 34 Pulsaren i Krabbetåken

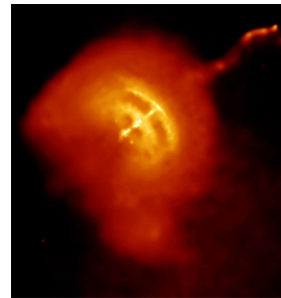


Fig 35 Pulsaren Vela

En Pulsar er en rask roterende neutron stjerne som sender ut stråling langs stjernens magnetiske akser.

En Kvasar er små objekter som stråler ut en vanvittig energi. Man antar de får sin energi fra supermassive svarthull og befinner seg i fjerne galakser.

Jim Carrol i USA klarte å få inn ikke mindre enn 9 forskjellige pulsarer på 432MHz med bare enkle Quagi antenner beregnet for 70cm radioamatør båndet. Bruk AM mode og prøv med et par hundre kHz båndbredde rundt 432MHz. Ikke glem å bruke gode båndpass filtre da det er mye QRM på UHF båndene nå for tiden., Bruk en god RF preamp<sup>(3)</sup> og koaksialkabel med lav tap.

Du kan jakte på dem fra 70MHz helt opp til flere GHz. Rotasjons frekvenser er fra noen brøkdeler av en hertz til mange kilohertz.

Sjekk ”<http://www.radiosky.com/rspplsr.html>” for mer info.

Lytt selv på en

”<http://www.jb.man.ac.uk/research/pulsar/Education/Sounds/index.html>” fra Jordells Banks Observatorium’s hjemmeside.

Eller sjekk ”<http://www.radiosky.com/p0329p54.wav>”

Har du spørsmål så skriv til meg på ”LUSTRUP@START.NO” God jakt! versjon V4,4



Kilder:

- (1) "TARGET SELECTION FOR SETI. I. A CATALOG OF NEARBY HABITABLE STELLAR SYSTEMS" by Margaret C. Turnbull & Jill C. Tarter, The Astrophysical Journal Supplement Series, 145:181-198, 2003 March
- (2) "Amateur Radio Astronomy", av John Fielding, ZS5JF, RSGB 2006
- (3) "DEMI" Down East Microwave Incorporation, NJ, USA
- (4) "Setifox", "<http://www.setifox.com>"
- (5) "Influence of solar x-ray flares on the earth-ionosphere waveguide" , D. Grubor et al, Serb. Astron J. nr. 171, 29-35, (2005)
- (6) "Big Ear-from backyard telegraph to edge of the Universe", John D. Kraus (1995) , Cygnus-Quasar books.
- (7) "Radio Astronomy Projects", William Lonc, (2006), Radio-Sky Publishing,HI.
- (8) "VLF Signal Propagation - A Discussion by SID Observers",AAVSO.ORG