

Universets renæssance i fokus

Med et banebrydende nyt radioteleskop vil astronomerne studere afslutningen af den mørke tidsalder i universets historie.

Af Michael Linden-Vørnle

■ Et af de største radioteleskoper nogensinde er netop nu ved at blive taget i brug. LOFAR, som det hedder, bliver så stort, at det kommer til at brede sig over en stor del af det nordvestlige Europa.

LOFAR står for LOw Frequency Array, og i modsætning til mange andre observatorier, der knejser majestætisk på toppen af et bjerg, er LOFAR altså spredt ud over et enormt område. Men selv om teleskopet med tiden kommer til at strække sig over 1500 km, vil man som forbipasserende snildt kunne komme til at overse det.

Teleskopet vil i sidste ende bestå af mange tusinde små antenner fordelt på 44 stationer placeret i Holland (36), England (1), Frankrig (1), Sverige (1) og Tyskland (5) med størsteparten af stationerne samlet mellem byerne Exloo, Buinen og Buinerveen i den hollandske provins Drenthe (18). I fremtiden vil der måske også komme LOFAR-stationer i Polen, Italien og Østrig.



En af de tyske LOFAR-stationer ligger ved Bad Münstereifel-Effelsberg i nærheden af Bonn. Forrest ses de lodrette rør, der udgør LBA, og bagerst de mørke HBA-paneler. Stationen dækker et område på omkring 130 x 60 meter.

Credit: MPIFR (J. Anderson)

En stor, men usexet maskine

Stationerne er i sig selv ikke videre imponerende. En LOFAR-station består af to typer antenner: mørke paneler, der ligger fladt på jorden, og uanseelige metalrør, der står lodret plantet i jordoverfladen. Panelerne, der kaldes for High Band Antennas (HBA), fanger radiostråling med en frekvens på mellem 120 og 250 MHz, mens metalrørene er de såkaldte Low Band Antennas (LBA), der registrerer stråling i intervallet 10 til 80 MHz. Den opmærksomme læser vil bemærke, at frekvensgabets mellem LBA og HBA netop svarer til de frekvenser, hvor vi hører FM-radio.

Umiddelbart er LOFAR altså ikke nær så sexet som det 305 meter store Arecibo-teleskop på Puerto Rico, der endda er blevet brugt som kulisser i en James Bond film. Men hvad LOFAR mangler i udseende har det til gengæld i videnskabeligt potentiale. LOFAR vil nemlig åbne et helt nyt vindue mod universet ved at lave de hidtil mest detaljerede og følsomme observationer af himlen ved radiofrekvenser under 250 MHz.

Mange spørgsmål

Astronomerne har allerede en lang ønskeliste over, hvad de gerne vil anvende LOFAR til. Således kan LOFAR bruges til at studere samspillet mellem Solens aktivitet og Jordens magnetfelt. Her vil forskerne bl.a. gerne se nærmere på strukturen af den konstante partikelstrøm fra Solen, solvinden. LOFAR kan også hjælpe med at afsløre, hvor den mest energirige kosmiske stråling kommer fra. Kosmisk stråling er meget energirige, elektrisk ladede partikler, der bl.a. menes at stamme fra eksploderende stjerner.

Forskerne vil også bruge LOFAR til at studere ultrakompakte objekter – f.eks. pulsarer – for at lære mere om deres ekstreme egenskaber. Et andet område, hvor LOFAR kan gøre sig gældende, er undersøgelsen af, hvordan dannelsen af stjerner og væksten af sorte huller har udviklet sig

gennem universets historie. I det store perspektiv ligger også undersøgelsen af kosmiske magnetfelter. Hvorfra kommer de magnetfelter på stor skala, der gennemstrømmer universet?

Men det måske mest interessante perspektiv ved LOFAR er, at dette enorme teleskop snart kan give os det første kig ind en meget vigtig fase i udviklingen af det tidlige univers: reioniserings-tidsalderen. Denne æra var det tidspunkt i universets historie, hvor de første objekter lyste op i det kosmiske mørke, der fulgte efter universets fødsel – det såkaldte Big Bang.

Den kosmiske tåge letter

Ud fra vores nuværende viden skete Big Bang for ca. 13,7 milliarder år siden, da det uendelige univers blev født i en meget varm og tæt tilstand. Ved Big Bang begyndte universet at udvide sig – en proces, der stadig er i fuld gang i dag – så både temperatur og tæthed faldt. I løbet af de første minutter efter Big Bang opstod fundamentale byggeklodser til vores verden: protoner, neutroner og elektroner.

I de første mange tusinde år efter Big Bang var universet så varmt, at det var en sydende suppe af stof og stråling. Protonerne kunne ikke indfange elektronerne og danne brint, og alle de frie elektroner spredte lyset i alle retninger. Efter 380.000 år var universets temperatur imidlertid blevet så lav (ca. 3000 Kelvin), at protonerne kunne indfange elektronerne og danne neutrale brintatomer. Der blev også dannet en betydelig andel heliumatomer (rundt regnet $\frac{3}{4}$ brint og $\frac{1}{4}$ helium) samt meget små mængder litium, beryllium og bor.

Uden frie elektroner til at sprede lyset kunne strålingen fra Big Bang pludselig bevæge sig frit og uhindret af sted. Den kosmiske tåge, der havde været der siden Big Bang, lettede, og vi kan i dag se dette første lys som en meget jævn og svag mikrobølgestråling på hele himlen. Undersøgelserne af denne efterglød fra Big Bang er i øvrigt en af de vigtigste kilder

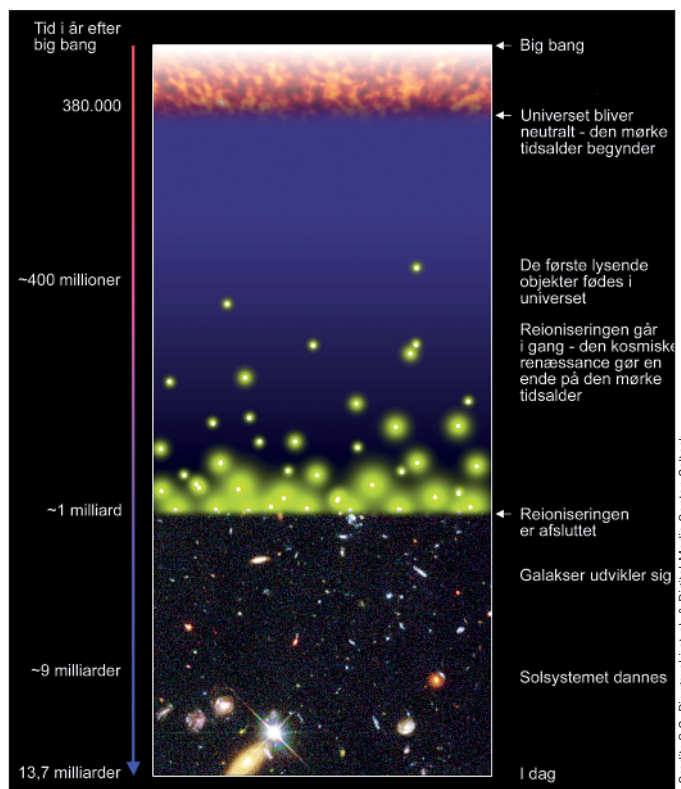


Credit: MPA (T. Krieg)

LBA-delen af LOFAR-stationen ved Unterweilenbach i Tyskland. Ikke i traditionel forstand et imponerende teleskop.

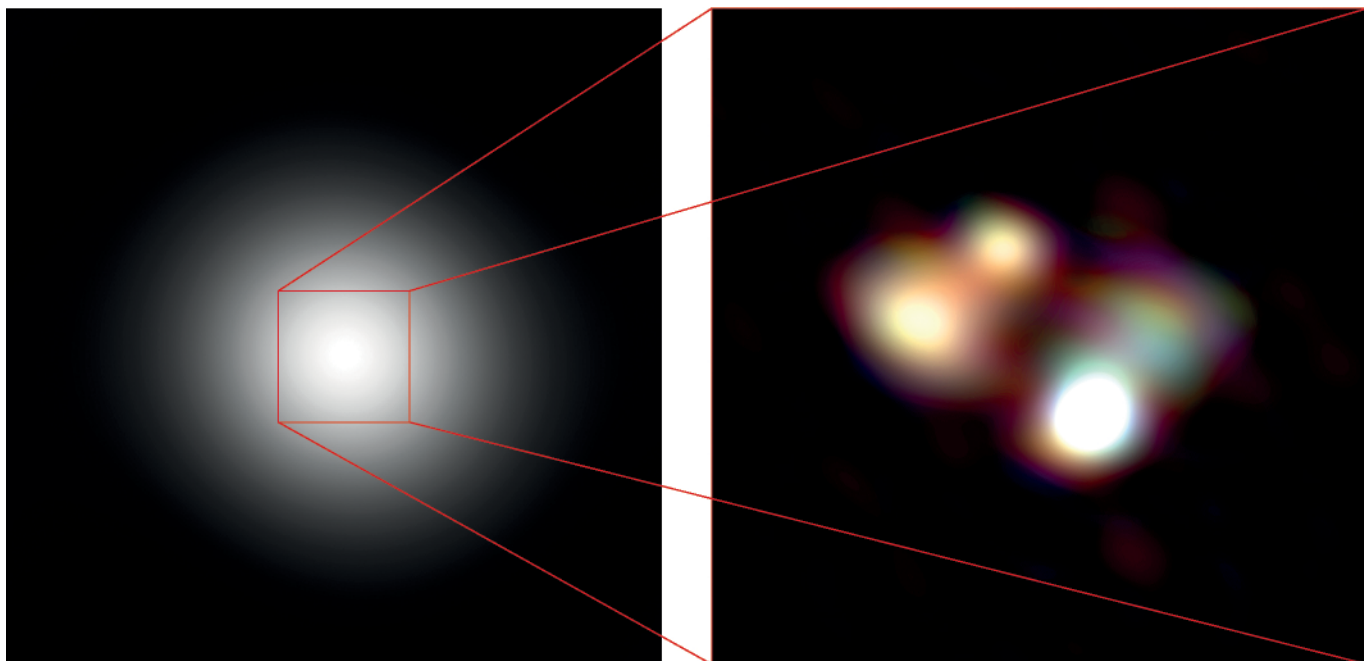
Mange antenner små...

Et teleskops evne til at skelne detaljer afhænger både af teleskopets størrelse og lysets farve – eller rettere: strålingens bølgelængde. Jo større et teleskop er, desto flere detaljer kan det skelne. Men større bølgelængder kræver også større teleskoper for at lave skarpe billeder. I stedet for at bygge ét gigantisk teleskop kan lyset fra flere mindre teleskoper kombineres. Resultatet er et teleskopsystem (array på engelsk), der kan skelne detaljer som et teleskop med en størrelse, der svarer til den største afstand mellem de enkelte teleskoper. Denne teknik, der kaldes interferometri, er blevet anvendt inden for radioastronomien i mange år og i de seneste år også til observationer i infrarødt lys (f.eks. ved det europæiske Very Large Telescope i Chile). LOFAR fungerer også på denne måde med den største afstand mellem stationer på omkring 1500 km.



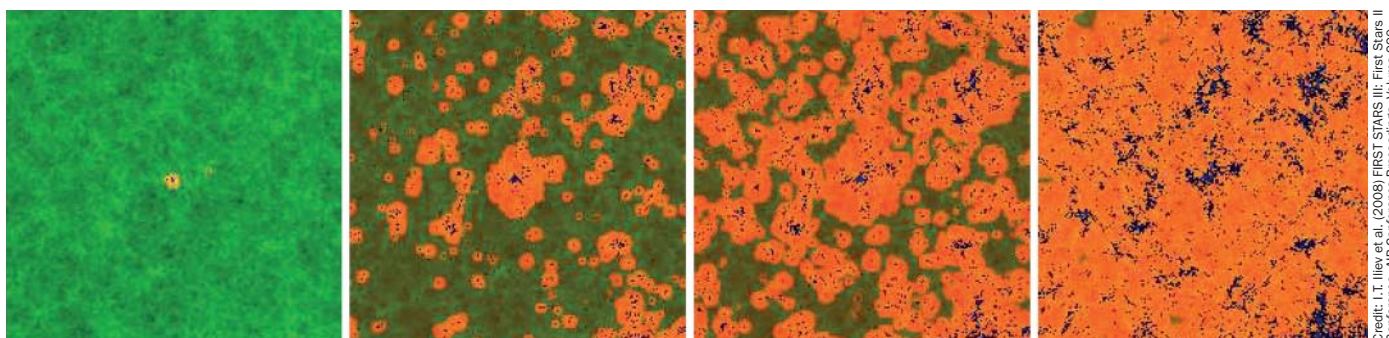
Credit: S.G. Djorgovski et al. & Digital Media Center, Caltech

En oversigt over universets udvikling siden Big Bang med starten på den mørke tidsalder og reioniseringen markeret.



Credit: Olaf Wucknitz, Bonn University

Kvasarer er fjerne galakser med en voldsom aktivitet i deres centre. Denne aktivitet skabes efter alt at dømme af supertunge sorte huller. Billedet her viser LOFARs evne til at studere kvasarer i stor detalje. Billedet viser kvasaren 3C 196. Til venstre er kvasaren kun set med de hollandske LOFAR-stationer, mens billedet til højre også har haft tyske stationer på banen. Med de tyske stationer bliver billedet omkring ti gange skarpere. Målingerne er lavet ved frekvenserne 30-80 MHz.



Credit: I. T. Iliev et al. (2008) FIRST STARS III: First Stars II Conference, AIP Conference Proceedings, Volume 990

Computersimulering af reioniseringen ved forskellige rødforskydninger. Fra venstre mod højre: $z = 12,9$, $z = 9,0$, $z = 8,0$ og $z = 6,6$. Den ioniserede gas er vist med orange, mens de objekter, der ioniserer gassen, er vist som mørke pletter.

til viden om universets tidligste barndom. Netop nu kortlægges denne kosmiske mikrobølgebaggrund med hidtil uset følsomhed og detaljerigdom af den europæiske Planck-satellit.

Den mørke æra – og renæssancen

Fra det tidspunkt 380.000 år efter Big Bang blev universet bare hele tiden mindre tætpakket, koldere og mørkere – astronomerne siger, at universet gik ind i den mørke tidsalder. Men ligesom Europas mørke middelalder blev afløst af renæssancens oplysning, så blev universets mørke tidsalder afsluttet, fordi

de første lysende objekter i universet påvirkede den neutrale gas i universet med energirigtigt lys.

Denne påvirkning flåede elektronerne væk fra de neutrale atomer ved den proces, der kaldes ionisering. Da universet allerede en gang havde været ioniseret, nemlig fra Big Bang og frem til starten af den mørke tidsalder, kaldes afslutningen på den kosmiske middelalder for reioniserings-tidsalderen.

Astronomerne vil meget gerne finde ud af, hvordan og hvor hurtigt denne reionisering forløb og hvilke objekter,

der var ansvarlige for den. Med den viden, vi har i dag, startede reioneringen omkring 400 millioner år efter Big Bang og var stort set afsluttet, da universet var en milliard år gammelt.

I den mørke tidsalder begyndte mørkt stof ved tyngdekraftens hjælp at klumpe sig sammen og danne den storskalastruktur, vi ser i universet i dag. Vore observationer fortæller os, at universets galakser og galaksehobe for 80-90 % vedkommende består af mørkt stof, hvis natur endnu ikke er afklaret. En populær kandidat er en hidtil ukendt type af partikler,

der ikke vekselvirker med lys, men har en masse og dermed en tyngdekraft – en såkaldt WIMP (Weakly Interacting Massive Particle).

Uanset hvad det mørke stof måtte være, så klumpede det sig sammen med udgangspunkt i de ujævnheder som universet var blevet født med – ujævnheder, der i bogstaveligste forstand stammer helt tilbage fra tidernes morgen i Big Bang. Det mørke stof trak den neutrale gas af brint og helium med sig, og med tiden blev der dannet tætte områder. Men detaljerne om denne sammenklumpning er dårligt forståede,

og astronomerne ved ikke om det var ekstremt store, tunge, varme stjerner eller gigantiske sorte huller, der kom på banen først og startede den kosmiske renaissance – reioniseringen.

De lange bølgers nat

Det er her, LOFAR skal på banen og kortlægge overgangen fra den mørke tidsalder gennem reioniseringen. Det kan LOFAR gøre ved at kortlægge fordelingen af neutral brint ved forskellige rødforskydninger og dermed forskellige tidspunkter i universets historie. Neutral brint udsender en naturlig radiostråling ved en frekvens på 1420 MHz svarende til en bølgelængde på 21 cm. Men ved en rødforskydning på $z = 7$ vil denne radiostråling blive observeret ved en bølgelængde på ca. 1,7 meter svarende til en frekvens på ca. 178 MHz – lige i smørhullet til LOFAR.

Ved at observere ved flere forskellige frekvenser kan astronomerne lave kort over den neutrale brint ved forskellige rødforskydninger svarende til forskellige tidspunkter i universets historie og dermed se, hvordan reioniseringen har fundet sted. Omfattende computersimulationer viser, at reioniseringen formentlig skete ved, at en lang række objekter begyndte at ionisere deres nærmeste omgivelser. De blæste så at sige ioniserede bobler omkring sig. Med tiden blev boblerne større og større og smeltede til sidst sammen, så hele universet blev reioniseret. Med LOFAR kan astronomerne se, hvad der rent faktisk foregik og dermed få en idé om hvilke objekter og processer, der drev reioniseringen.

Selvom LOFAR stadig er under etablering, blev de første observationer allerede gennemført sidste år. Forskerne håber optimistisk på, at de allerede i løbet af i år kan få en indikation af, om LOFAR virkelig kan give dem adgang til reioniseringen. Hvis det lykkes, vil det være et vigtigt skridt i retning mod en større forståelse af en meget afgørende epoke i universets historie. ■

Rødforskydning

Universets udvidelse, der startede ved Big Bang, menes at være årsagen til den såkaldte rødforskydning af lyset fra fjerntliggende objekter i universet. Udvidelsen strækker Einsteins kombination af tid og rum – den såkaldte rumtid – og med den lysets bølgelængde. Når bølgelængden bliver større, bliver lyset mere rødt – deraf rødforskydning. En given rødforskydning svarer til et bestemt tidspunkt i universets historie. For en given rødforskydning har lyset nemlig brugt et bestemt tidsrum for at komme til Jorden. Astronomerne udtrykker rødforskydningen ved et tal, z , hvor forøgelsen af bølgelængden er en faktor $1 + z$. Således svarer en rødforskydning på $z = 6$ til det tidspunkt, hvor universet var ca. en milliard år gammelt. Lys fra dette tidspunkt i universets historie har – set her fra Jorden – en bølgelængde, der er 7 gange længere end, da lyset blev sendt af sted.

LOFAR er ikke alene

LOFAR er ikke det eneste teleskop, der er på jagt efter de svage signaler fra reioniseringen. I den vestlige del af Indien er Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT) med i løbet og i den vestlige del af Australien prøver Murchison Widefield Array (MWA) at gøre det samme. LOFAR og MWA er desuden begge forløbere for et gigantisk teleskop ved navn Square Kilometre Array (SKA), der skal bygges i enten det vestlige Australien eller i Sydafrika. SKA vil efter alt at dømme blive i stand til at lave meget detaljerede observationer af universets reionisering.

Om forfatteren



Michael Linden-Vørnle er astrofysiker ph.d. Tycho Brahe Planetarium
Tlf.: 3318 1997
mykal@tycho.dk

En ung gren af astronomien

Radioastronomi er en forholdsvis ung gren af astronomien. Den opstod, da den amerikanske fysiker Karl Jansky i begyndelsen af 1930'erne som den første registrerede, at der kommer radiobølger fra verdensrummet. Opdagelsen blev gjort da han som medarbejder ved Bell Telephone Labs arbejdede med at identificere støjkilder, der kunne genere en transatlantisk telefonitjeneste baseret på radiobølger.

Jansky kunne konstatere, at den kosmiske radiostøj var mest intens i retning mod stjernebilledet Skytten, hvilket også er retningen mod Mælkevejens centrum. Janskys opdagelse blev for alvor kendt, da den blev beskrevet i avisen New York Times den 5. maj 1933, men pga. den økonomiske situation i USA på dette tidspunkt, blev der i første omgang ikke gjort tiltag for at følge op på Janskys banebrydende opdagelse.

Jansky selv ville gerne fortsætte udforskningen af de kosmiske radiobølger, men hans arbejdsgiver, Bell Telephone Labs, overførte Jansky til andre opgaver og han kom aldrig til at lave radioastronomi igen. Janskys rolle som "radioastronomiens fader" anerkendes dog, idet den måleenhed, der anvendes inden for radioastronomi, bærer hans navn. Først efter Anden Verdenskrig kom der for alvor gang i radioastronomien og i dag er den et uhyre væsentligt bidrag til udforskningen af universet.



Karl Jansky

Videre læsning

www.lofar.org
www.astro.rug.nl/~LofarEoR/