

# METEOROLOJİK AKTİF UZAKTAN ALGILAMA

Suat ERDOĞAN

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

Hava Tahminleri Dairesi Başkanlığı

Telekomunikasyon Şube Müdürlüğü

## ÖZET

Meteoroloji Genel Müdürlüğü bünyesinde 1960 lı yıllarda başlayan ve 80 li yılların ortasına kadar süre gelen Konvansiyonel Hava Radarları ile Aktif Uzaktan Algılama yapılarak meteorolojik parametrelerin tespiti yapılabilmektedir. Bir süre kesintiye uğrayan çalışmalar yüksek teknoloji içeren Doppler Hava Radarları ile yakın tarihte yeniden hizmete girecektir. Atmosferdeki 5 µm den büyük partiküllerin zamansal, alansal büyüklükleri ve miktarları ile bunların radyal hızlarının Doppler Radarların tespiti ile hidrometeorların cinsleri, büyüklükleri, miktarları, metrekareye ve bölgeye düşen kümülatif yağış toplamları, rüzgarın üç boyutlu ve her noktadaki zamansal bileşenleri, bulut tipi ve bulut taban ve tavan yüksekliklerinin belirlenmesi mümkün olacaktır. Sistem kamuda doğal afetler oluşturabilecek hortum, kuvvetli yer rüzgarları, microburst, macroburst, rüzgar shear'i, dolu, türbülans ve şiddetlerinin lokasyon ve zamansal değişimlerinin belirlenmesini sağlayacaktır. 0-6 saat süreli anlık hava tahmininde ise mevcut hava şartlarının detayı ve sonraki altı saatlik süreyi içine alan tahminin tutarlılığını artırmak için rüzgar alanları ve bunların bileşenleri, yağış tahmini, cephe lokasyonu, gust front propagation ve fırtına tahminlerinin hassas bir şekilde yapılmasını mümkün kılacaktır. Doppler radar ürünleri Türk Silahlı Kuvvetlerinin Hava, Kara ve Deniz unsurları başta olmak üzere, Orman, Tarım, Ulaştırma, Enerji Bakanlıklarıyla, DSİ, EİE, GAP İdaresi, DHMİ, THY, üniversitelere ve diğer özel kurum ve kuruluşlara yüksek kaliteli veri sağlayacaktır.

## 1.GİRİŞ

Optik aletlerin icadı ile başlayan Meteorolojik uzaktan algılama Atmosferik parametrelerin belirli bir uzaklıktan ölçümlerini içerir. Atmosferde buluna O<sub>2</sub> gazının yer seviyesinden 80 km yüksekliklere kadar çeşitli konsantrasyonlarda bulunabilmesi ve önemli bütün meteorolojik aktivitelerin bu seviyeye kadar olan katmanlarda olması nedeniyle Meteorolojik uzaktan algılama bu seviyeler arasında suni uydular, balonlar, roketler, yüksek seviye uçakları, radar, lidar, rüzgar profilleri ve vs. ile yapılır. Aşağıdan yukarıya doğru yapılan uzaktan algılama çeşitli zorluklar içerdiğinden dolayı ve teknolojik gelişmeler sonucunda suni uyduların yukarıdan aşağıya doğru yaptığı uzaktan algılamanın daha hassas ve sıhatli veriler elde etmesi Uydu Meteorolojisini geliştirmiştir. Spectrometre, interferometre, radiometre, photometre ve kameraların yardımı ile ultraviyole (morötesi) bandından, görünür, kızılötesi ve mikrodalga boyları içine alan çeşitli bandlarda meteorolojik parametrelerin ölçümü yapılmaktadır.

## 2. UZAKTAN ALGILAMA

### a. Pasif Uzaktan Algılama

Mevcut uydulardaki instrumanların tamamına yakın bir kısmı yerkürenin, bulutların, aeresolların ve sera gazlarının yansıttığı ve neşrettiği radyasyonu ölçerler. Bu tip uzaktan algılama Pasif Uzaktan Algılama olarak adlandırılır.

### b. Aktif Uzaktan Algılama

Yine bir kısım uydularda ise mikrodalga sensörler bulunur. Bu tip sensörlerin bir kısmı aşağı seviyelere mikrodalga gönderip hedeften geri gelen elektromanyetik dalgayı ölçer. Diğer bir

kısmı ise polarize olan hedeften gelen radyasyonu ölçer. Bu tip uzaktan algılama Aktif Uzaktan Algılama olarak adlandırılır. İlk olarak TIROS serisi uydulardan Nimbus 5-6 uydularında bulunan mikrodalga sensörlerle 1.55 cm (19.35 GHz) ve 0.81 cm (37 GHz) dalga boyunda yeryüzeyi sıcaklığı ve yüzey albedosu hesaplanmıştır. Nimbus-7 uydusunda ise kanal sayıları artırılarak beş kanalda (SMMR Scanning Multichannel Microwave Radiometer) sırasıyla deniz suyu sıcaklığı, rüzgar hızı, su buharı, su ve yağış miktarları hesaplanmıştır.

Günümüzde yukarıdan aşağıya doğru Aktif Uzaktan Algılama konusunda kurucu üyesi olduğumuz EUMETSAT (European Organization for Exploitation of Meteorological Satellite) 2002 tarihinde operasyonel kullanıma girecek olan EPS (European Polar Satellite) programında MHS (Microwave Humidity Sounder) kullanılacaktır. Yerkürenin yoğun bulutlarla kaplı olduğu anlarda yer küre ve aşağı seviyelere ait bilgilerin eldesi Oksijen bandında 50 GHz de çalışan MHS ile sıcaklık ve nem profillerinin eldesi mümkün olacaktır. Beş kanala sahip olan MHS 89 - 190 GHz arasında çalışacaktır. Mikrodalga radyometre bulut içerisindeki toplam su miktarının, kar tanecikleri ve su zerreciklerinin büyüklüklerinin hassas eldesini ve yağış şiddetinin tespitini mümkün hale getirecektir. EPS programında uyduda konuşlandırılması planlanan diğer bir radyometre ise MIMR (Multi-frequency Imaging Microwave Radiometre) dir. Çok kanallı mikrodalga görüntü radyometresi olan bu instruman 12 kanalda ve 6 frekansta yatayda ve düşeyde polarize olmuş radyasyonu ölçer. Bu özelliğinden dolayı bu radyometre pasif uzaktan algılama sınıfında sokulabilir. Bu radyometre ile toplam subuharı, su, yağış ve buz miktarının ölçümü, deniz buzlanması, buz yapısı ve buz örtüsünün tespiti, kar suyu ve kar örtüsü miktarının tespiti, toprak yüzey sıcaklığı ve nemi ve bitki örtüsünün tipinin belirlenmesi mümkün olacaktır.

EPS programında uydududa konuşlandırılması planlanan diğer bir instruman ise ASCAT (Advanced wind SCATrometre) dir. C band radar olan ASCAT 5.255 GHz de deniz yüzeyinde oluşan rüzgarların vektörel büyüklüklerinin eldesi mümkün olacaktır.

### 3. RADAR

Atmosferin alt tabakasından üst tabakasına doğru meteorolojik parametrelerin ölçülmesine imkan veren RADAR (*R*Adio *D*etecting *A*nd *R*anging) ların Meteorolojik kullanımı 1950 li yıllara rastlar. Meteoroloji Genel Müdürlüğü bünyesinde 1960 lı yıllarda başlayan ve 1980 li yılların ortalarına kadar hizmet veren konvansiyonel hava radarları ile Aktif Uzaktan Algılama yapılarak meteorolojik parametrelerin tespiti yapılabilmıştır. Bu radarlar ekonomik ömürlerini tamamlayarak hizmet dışı kalmış ve bu alandaki eksiklikler şu ana kadar giderilememiştir.

Meteorolojik radarları konvansiyonel, Doppler ve Nextrad olarak üç grupta toplayabiliriz. Kurumumuz 5600 - 5650 MHz ve 5.3 cm dalga boyunda çalışan Doppler ve/veya Nexrad radarları kullanıma sokmayı planlamaktadır. Ek-1 de Doppler radarın çalışma diagramı basit olarak gösterilmiştir. Her bir radarın kaplama alanı yaklaşık 100 deniz mili yarıçapındadır. Zaman içinde tüm Türkiye'yi kaplayacak şekilde konuşlandırılacak radar ağının konfigürasyonu Ek-2 de verilmiştir.

Meteorolojik hava radarları backscattering (elektromanyetik dalganın hedeften yansıtılması) sonucunda 5 µm den büyük yağmur ve bulut zerrecikleri, buz partikülleri, kar parçacıkları, yoğunlaşma çekirdekleri, böcekler, kuşlar ve mia saçılmaya sebep olabilecek büyüklükteki parçacıklardan bir reflectivite alır. Bu reflectiviteye bağlı olarak hidrometeorun (kar, yağmur, dolu) türü, şiddeti, büyüklüğü ve yağış sisteminin üç boyutlu konumu direkt olarak (hemen hemen real time) elde edilir. Dolaylı olarak Erken Uyarı (Warning) ve Çok Kısa Süreli (Nowcasting) Hava Tahmini' ne yönelik veriler elde edilir. Bu çok kısa süreli tahminde radar bilgilerinin yanında Ek-2 de görüldüğü üzere EUMETSAT ve NOAA uydularından elde edilen veriler, ECMWF (Europeam Medium Range Weather Forcasting Service) den uzun vade tahminler ve GTS (Global Telecommunication System) den alınan Synoptik ve Temp verileri ve yağış şebekesinden gelecek veriler kullanılacaktır.

Erken uyarı kamuda doğal afetler oluşturabilecek kuvvetli yer rüzgarları, microburst, macroburst, windshear, dolu, türbülans, tornado(hortum)' ların lokasyon ve şiddetlerinin zamansal değişimlerinin belirtilmesi şeklindedir. Çok kısa süreli hava tahmin uygulaması ise mevcut hava

şartlarının detayı ve sonraki altı saatlik süreyi içine alan tahminin tutarlılığını artırmak için rüzgar alanları ve bunların vektörel bileşenleri, yağış tahmini, cephe lokasyonu, gust front propagation ve thunderstorm tahminleri şeklindedir.

Çok büyük miktarlarda dijital veri üreten radarların bu verileri bilgisayar ortamında işlemleri ile ortaya çıkan ürünlerini kısaca inceleyelim. Colorado da alınan bu veri (Şekil 1) tamamen açık bir havayı temsil etmektedir. Radarın bulunduğu yerde ve batı kısmında oluşan ekolar Rocky dağlarından ve ground clutter etkisiyle oluşmuştur. Şekil 2 de ise Kansas City de açık ve rüzgarlı bir güne ait olan bu veride rüzgarın güneyli ve 6 m/s civarında olduğu görülür. Yine aynı şehirde farklı tarihte alınan veri (Şekil 3) bölgeye kuzey batı istikametinde soğuk cephenin yön ve hızını göstermektedir. 54 dBZ reflektivite kuvvetli bir fırtınayı işaret eder. Şekil 4 de ki RHI indikatörü şiddetli rüzgarın 5km civarında olduğunu ve fırtınanın 12 km yüksekliğe kadar ulaştığını gösterir. Şekil 5 Denver da oluşan mikroburst olayına ait verileri gösterir. 200° de 15.5 km de 37 m/s lik rüzgar farkı burada kuvvetli bir mikroburst oluşturmuştur. Şekil 6 da ise ikincil tip eko bilgisi mevzu bahisdir. Gerçek eko 60 km uzaklıkta kuzeybatı doğrultusunda iken çeşitli yansımalarından oluşan ikincil eko kuzey de oluşmuştur. Şekil 7 ve 8 de ise Kansas City de oluşan Gust Front yeşil ve sarı band halinde fırtına ekolarının doğu tarafında görülebilir. Reflektivite bandında gust front teşhisi daha kolaydır. Şekil 9 ve 10 yay eko ya iyi bir örnek teşkil eder. 54 dBZ nin üzerinde ve 25 km uzunlukta oluşmuş olan bu eko doğuya doğru kuvvetli bir rüzgarı işaret eder. Şekil 11 ise tornado (hortum) bilgilerini gösterir. 215° de ve 35 ci km de oluşan çengel eko tornadonun oluşabileceği (TVS Tornado Vortex Signature) noktayı gösterir. Şekil 12 de diğer bir tornado örneği olup TVS 220° ve 19.5 km de hızın çok kısa mesafede çok şiddetli değiştiğini gösterir. Reflectivity değerinin 54 dBZ den büyük olması tornado uyarısı yapılması için yeterlidir. Yine bu şekilde 29 cu kilometrede ikici bir tornado vortex işareti mevzu bahisdir. Şekil 13 ve 14 de rüzgarın backing ve veering yaptığını gösterir. Şekil 15 NEXRAD radarının oluşan bir fırtınanın vektörel olarak nerelerden geçtiğini, o anki pozisyonunu ve sonraki 15 dakika içinde nerelerden geçeceğini gösterir. Şekil 16 ise aynı fırtınanın güzergahı boyunca hangi noktaya ne kadar yağış bıraktığını gösterir.

#### 4. SONUÇLAR

Meteorolojik radarların kullanıma sokulmasından sonra :

- 1.Yağışın her hangi bir anda ve herhangi bir noktada metre kareye kaç kg olarak düştüğü (kümülatif toplam);
- 2.Yağış başladıktan sonraki 30 - 60 dakikalık süre içinde ne kadar daha yağışın düşeceği;
- 3.Herhangi bir noktada ve herhangi bir anda yağış tipinin ne olabileceği ve bu yağışlı sistemin hangi yöne doğru hareket edeceğini (1 - 150 km);
- 4.Herhangi noktada ve bir anda rüzgar bileşenlerinin zamansal, alansal ve vektörel olarak tespiti;
- 5.Uçakların havaalanlarına iniş ve kalkışlarında hayati önem taşıyan kuvvetli yer rüzgarları, microburst, macroburst, windshear ve türbülans;
- 6.Çok kısa süreli (0 - 6 saat) ve hassas bir tahmin yapmak (nokta tahmini);
- 7.Soğuk ve sıcak cephelerin hareketlerinin ve yüzeylerinin konumlarının dakika dakika izlenmesi;
- 8.Kış aylarında büyük şehirlerde hayati tehlikeler doğuran hava kirliliğinin yoğun olduğu yerlerin ve kirlenici kaynaklarının yerlerinin tespiti;
- 9.Orman yangınlarının yerlerinin tespiti;
- 10.Kamuda büyük mal ve can kaybına neden olan sel afetinin erken ihbarı;
- 11.GAP ve bunun gibi büyük tarım alanlarında radarlar kullanılmasıyla yapılabilecek alansal yağış tahmini sulama optimizasyonunu belirleyen merkezlere ulaştırılıp sulama kanaletlerinden tarım alanlarına bırakılacak su miktarının (aşırı sulamayı dolayısıyla toprağın aşırı tuzlanmasını, bitkilerin zarar görmesini engeller ) tespit edilebilmesi;
- 12.Dolu önleme çalışmaları (hava modifikasyonu) sırasında bulutlara yapılacak müdahalenin yerinde ve zamanında yapılabilmesi;

- 13.Havzalara düşen yağışın alansal ve zamansal tespiti ile taşkın ihbarlarının yapılabilmesi ve baraj su seviyelerinin ani yükselerek bir tehlike oluşturmasının önlenmesi;  
14.Göçmen kuşların uçuş yollarının tespiti;

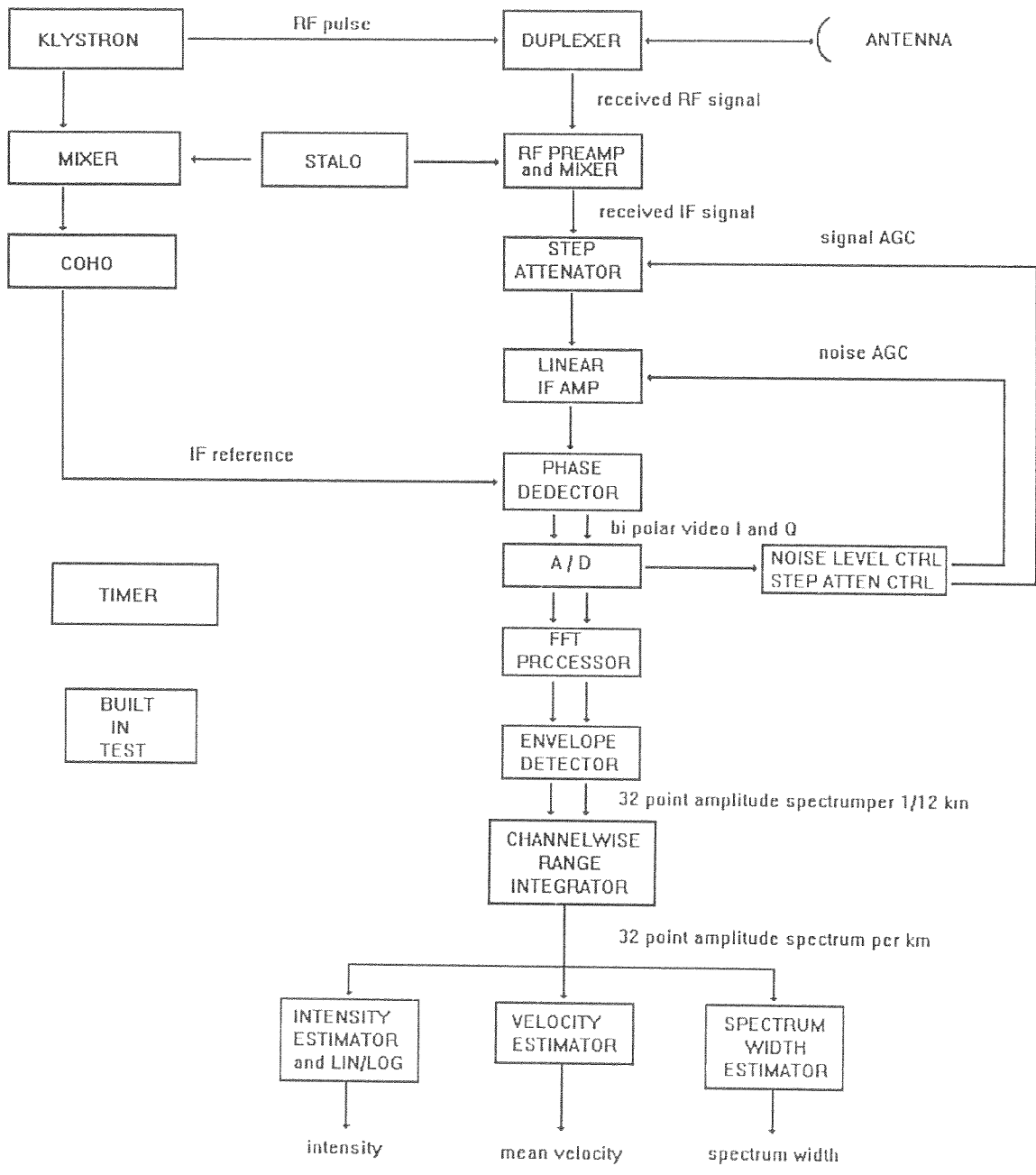
daha hassas bir şekilde yapılabilecektir.

Kurulması planlanan radar ağının kamu kurum ve kuruluşlarının gereksinimlerini karşılayacak şekilde lokasyon tespiti ve ürünlerin dağıtımı konusunda işbirliğine gidilmesi planlanmaktadır. 22 kamu kurum ve kuruluşu ile yapılan bir anket sonucunda bu kuruluşlar bu tip verilere şiddetle gereksinimlerinin olduğunu belirtmişlerdir. Bu ürünler özellikle Türk Silahlı Kuvvetlerinin Hava, Kara ve Deniz unsurları başta olmak üzere Orman, Tarım, Ulaştırma ve Enerji Bakanlıklarıyla DSİ, EİE, GAP idaresi, DHMİ, THY, THK ve Üniversitelere yüksek kaliteli veri sağlayacaktır.

COST72 ve 73 projeleri altında tüm Avrupa' yı içine alan radar şebekesine bağlanarak ülkemize doğru hareket eden hava kütleleri adım adım takip edilerek erken öngörünün yapılabilmesi tahminlerimizin tutarlılığını artıracaktır.

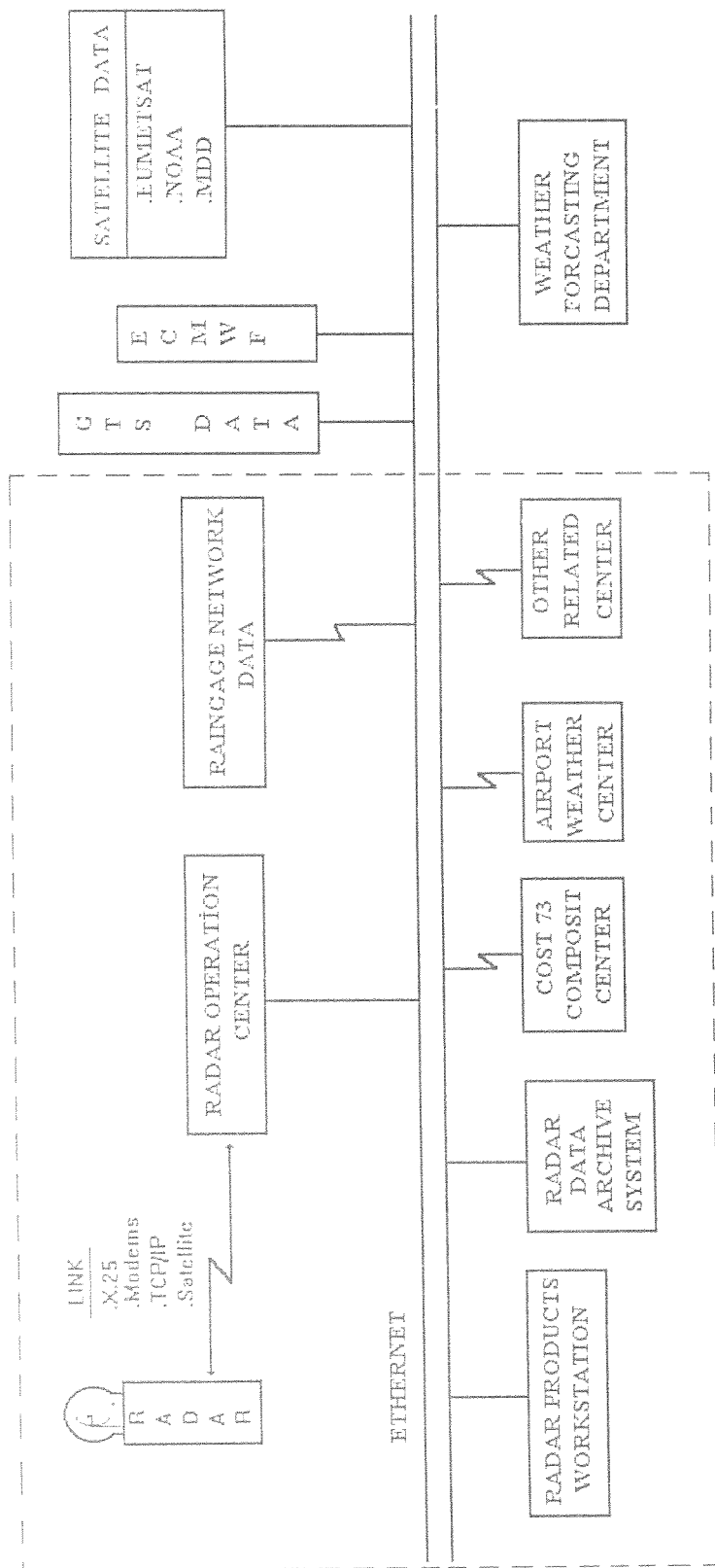
#### KAYNAKLAR

- Rinehart, Ronald E. :1991, ' Radar for Meteorolojist', Department of Atmospheric Sciences, University of Dakota, 334 pp.  
Battan, Louis j.: 1981,' Radar observation of atmosphere', The University of Chicago Press, 324 pp.  
Newsome,D.H.:1992,' Weather Radar Networking', Kluwer Academic Publishers London, 254 pp.  
Houghton,J.T., Taylor F.W., and Rodgers C.D. :1984, ' Remote Sounding of Atmospheres', Cambridge University Press, London, 343 pp.

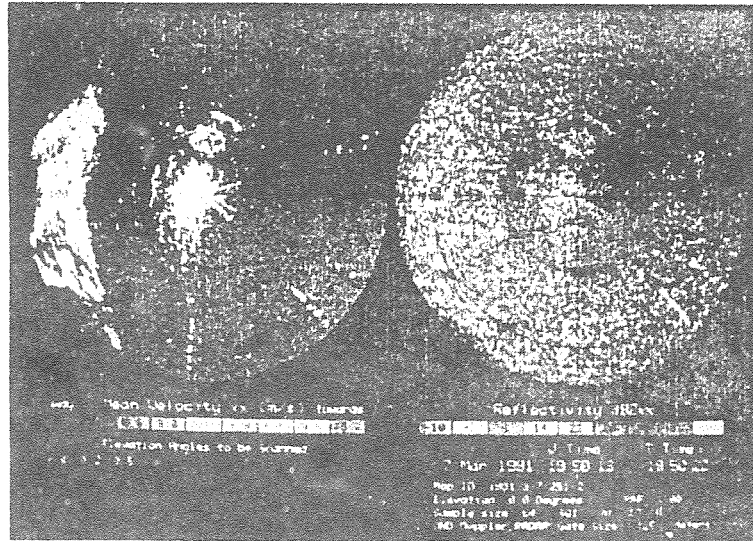


EK - 1

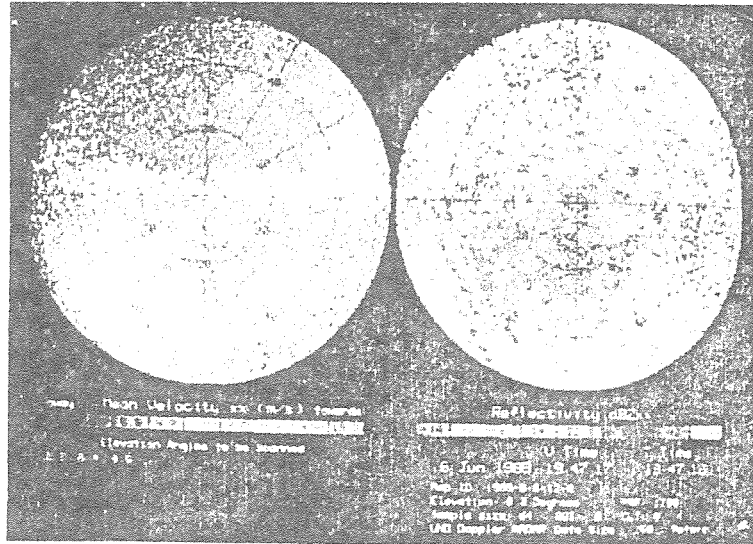
RADAR NETWORK CONFIGURATION

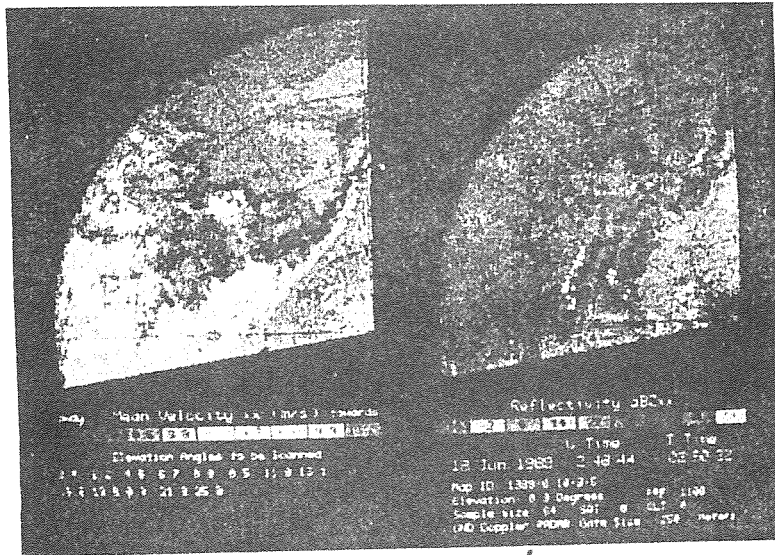


EK - 2

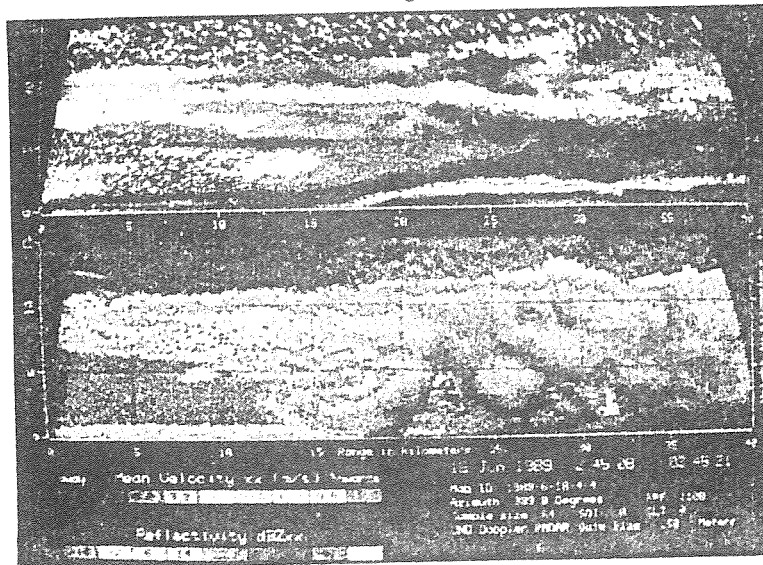


Color Figure 1-2

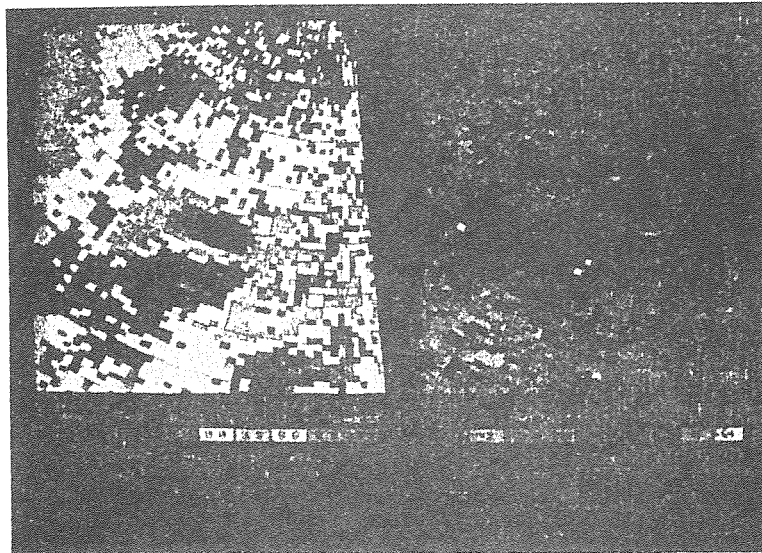




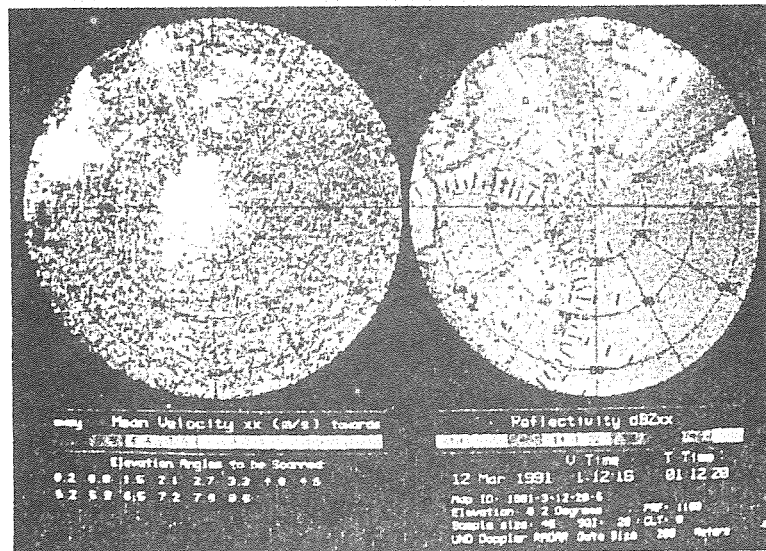
Color Figure 3-4

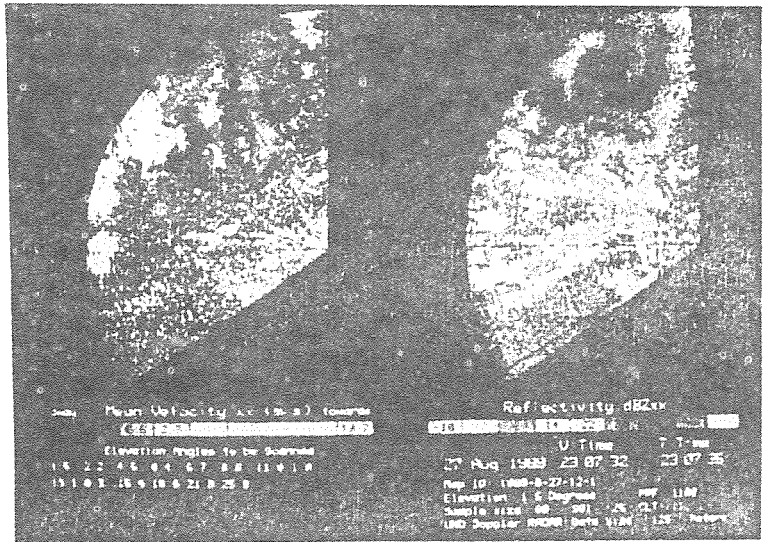




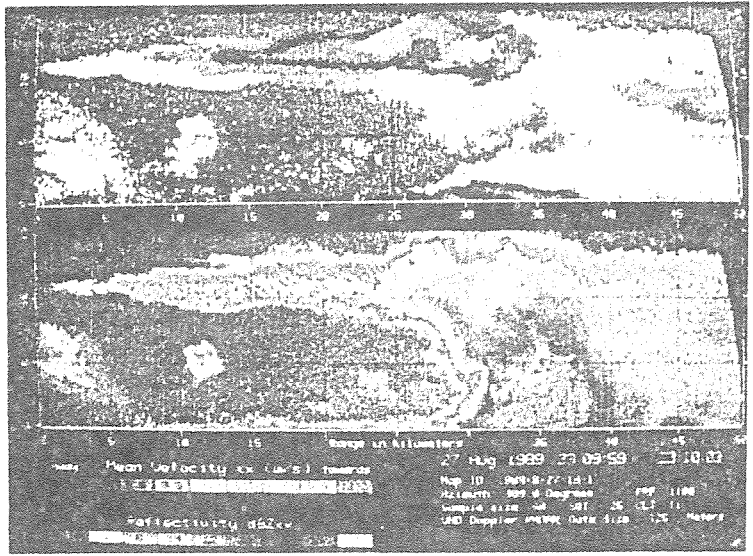


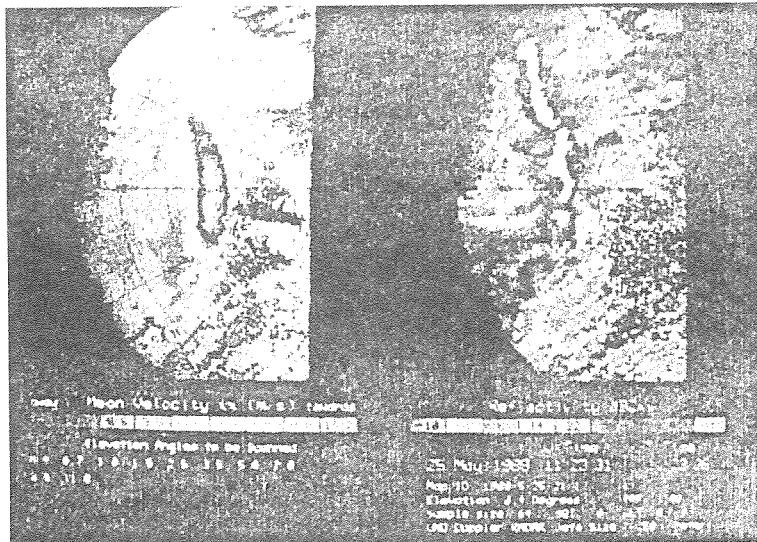
Color Figure 5 - 6



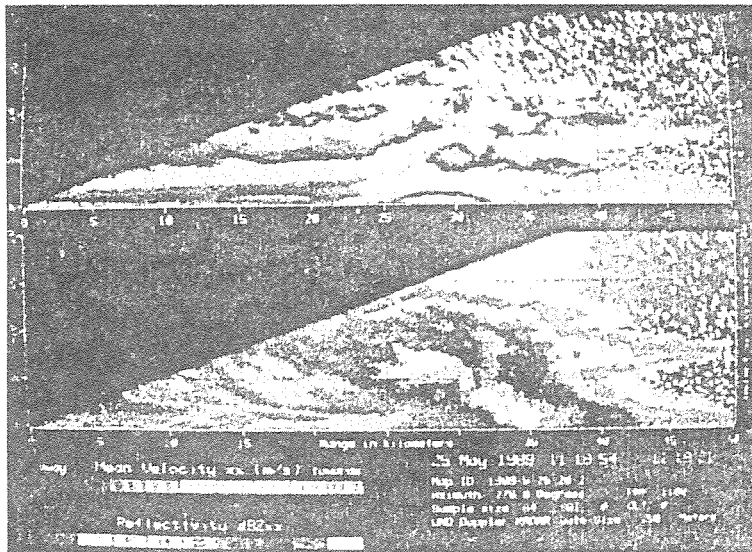


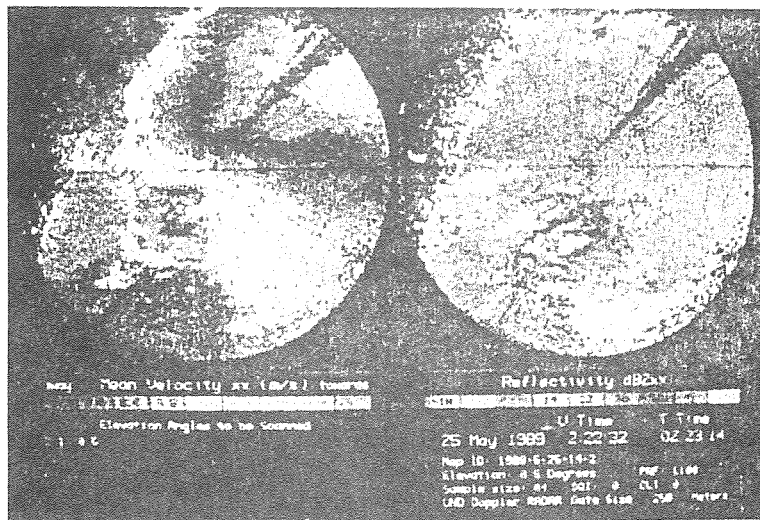
Color Figure 7 - 8



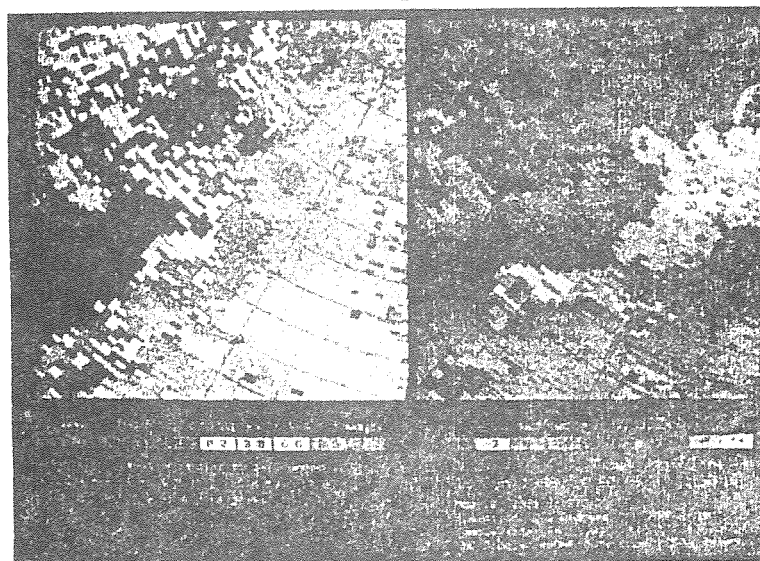


Color Figure 9 - 10

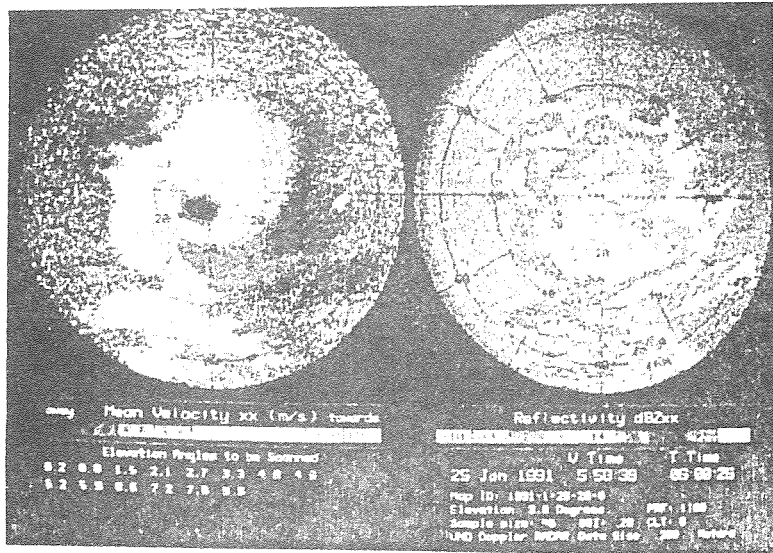




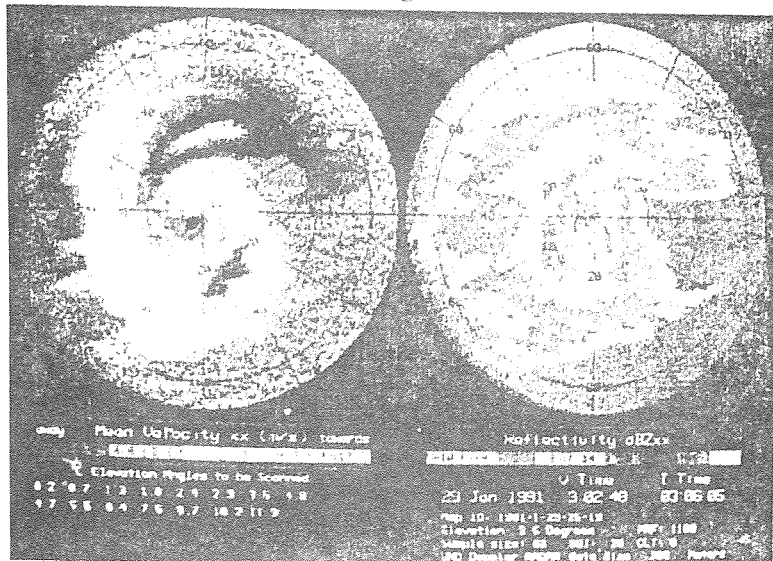
Color Figure 11

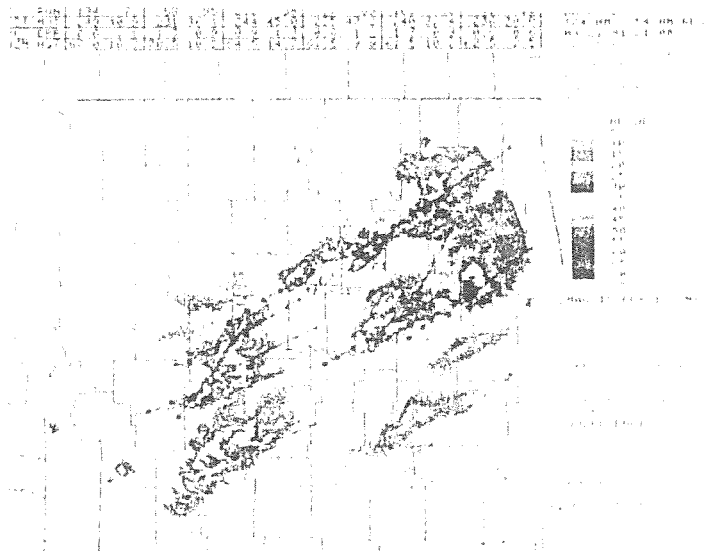


Color Figure 12



Color Figure 13 - 14





Color Figure 15 - 16

