



# Atmosfärforskning



**Institutet för rymdfysik  
Kiruna**

# Atmosfärforskning vid IRF

*Atmosfärforskningsprogrammet (AFP) vid Institutet för rymdfysik grundades 1996 som en del av Miljö- och Rymdforskningsinstitutet, finansierat av EU:s strukturfonder, nationella statliga finansörer och Kiruna kommun. Sedan början av 2001 finansieras AFP helt av statliga medel.*

## Vårt forskningsområde

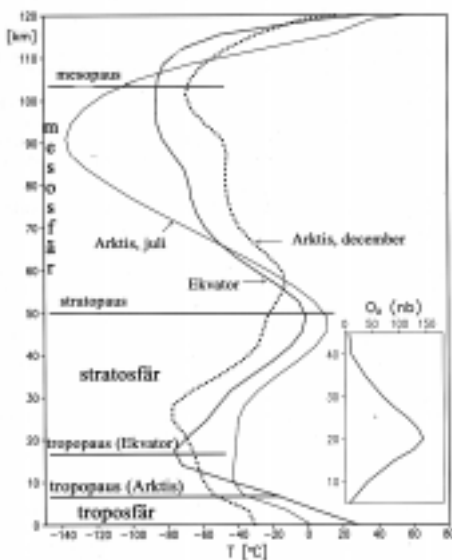
AFP studerar atmosfäriska fenomen i höjdområdet från marken och upp till cirka 100 km, särskilt dynamiska fenomen (såsom lävågor och utbyte mellan stratosfären och troposfären), polarstratosfäriska moln, nattlysande moln och olika radarekon (framför allt sk polarstratosfäriska sommarekon).

Långsiktiga mätningar behövs för att kunna särskilja inflytandet av solens aktivitet från resultat av mänsklig påverkan. Därför pågår kontinuerliga mätningar av spårgaser (t ex ozon och klorfluorkolväten), vindar och elektrisk ström i atmosfären.

## Atmosfärens struktur

Atmosfärens struktur bestäms till stor del av temperaturprofilen. Troposfären är det instabila området där allt normalt väder uppstår, från marken upp till ca 10 kilometers höjd. Stratosfären är ett stabilare område ovanför troposfären. Ännu högre upp finns mesosfären, ytterligare ett mer instabilt område.

*Atmosfärens skiktning bestäms av temperaturprofilen, som i sin tur till stor del bestäms av ozonhalten. Rutan till höger visar en typisk ozonfördelning för 50° nordlig bredd i februari. Ca 90% av ozonet finns i stratosfären.*



## Spårgaser

I atmosfären finns, förutom syre, kväve och vattenånga, ett antal andra gaser som trots att de förekommer i avsevärt mindre mängd (miljon- till miljarddelar av den totala gasmängden) är mycket viktiga bl a för jordens klimat. Dessa kallas spårgaser.

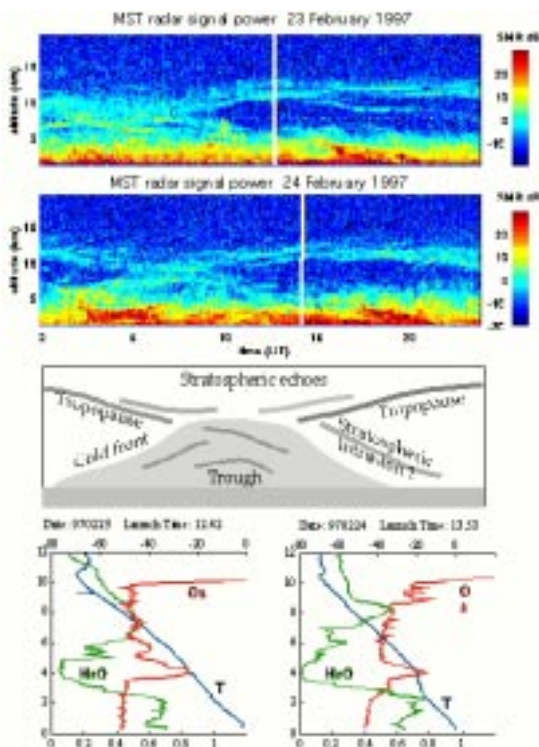
*Atmosfärens sammansättning. 1 ppmv = 1 miljondel av volymen; 1 ppbv = 1 miljarddel av volymen.*

Gas	ungefärlig andel
Kväve	78%
Syre	21%
Argon	0,9%
Vattenånga	varierande, upp till 3%
Koldioxid	350 ppmv
Ozon	10 ppmv
Metan	1,6 ppmv
N <sub>2</sub> O	350 ppbv
CFC-11	0,2 ppbv
CFC-12	0,3 ppbv

## Utbyte mellan troposfären och stratosfären

Utbytet av gaser mellan troposfären och stratosfären kan studeras genom mätningar av långlivade spårgaser, t ex klorfluorkolväten. Gränsen mellan troposfären och stratosfären, tropopausen, kan dessutom bestämmas med VHF-radar (se ESRAD).

*Det övre diagrammet visar ESRAD-ekonas styrka (mätt i signal/brusförhållande) under en frontpassage. Bild b) ger en schematisk beskrivning av de meteorologiska förhållandena. Diagram c) visar profiler av temperatur (blått), ozonhalt (rött) och relativ fuktighet (grönt) uppmätta med ozonsonder. Man kan se att torr, ozonrik stratosfärsluft har transporterats ner i troposfären.*



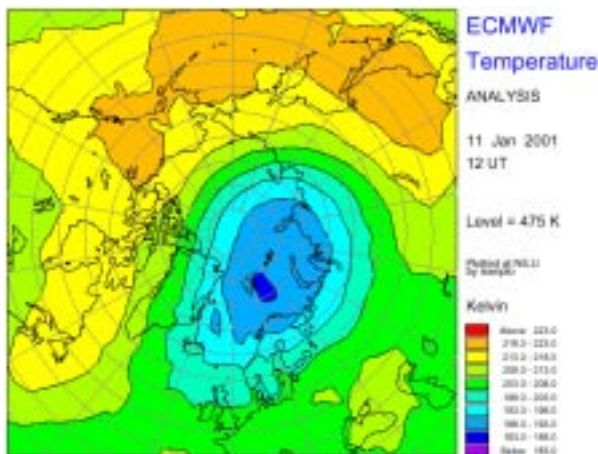
## Polarvirveln

Under vintern uppstår en storskalig virvelrörelse runt jordens poler vilken kallas polarvirveln.

Luften inuti polarvirveln avkyls och blir dessutom mer eller mindre isolerad från luften utanför. Den norra polarvirvelns gräns ligger ofta över Kiruna (se figuren).

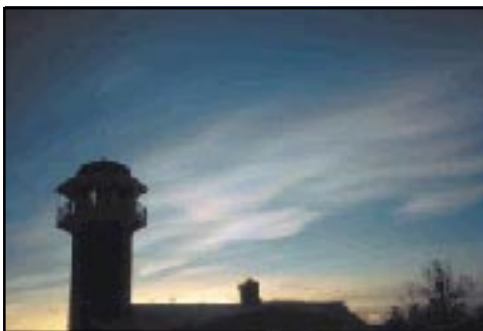
*Temperatur i stratosfären 11 januari 2001. De lägsta temperaturerna återfinns inuti polarvirveln.*

*Figuren visar en ganska vanlig situation där polarvirvelns kant ligger i närheten av Kiruna.*



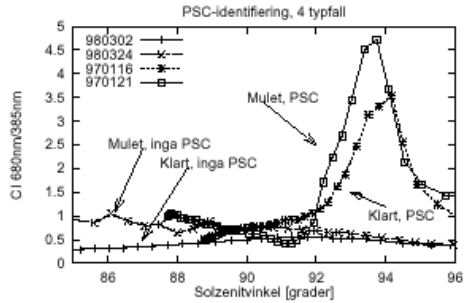
## Lävågor och polarstratosfäriska moln

I polarvirveln kan temperaturen i stratosfären bli mycket låg (under  $-80^{\circ}\text{C}$ ). På norra halvklotet blir temperaturen dock inte lika låg som på södra. Men när vinden blåser från väster, över fjällkedjan, uppstår ofta bergslävågor över Kiruna. Denna vågrörelse ger en extra avkylning. I de kalla områdena kan polarstratosfäriska moln (PSC) bildas. De färggranna pärlmormoln som ofta syns över Kiruna (se bilder) är en typ av PSC. För att studera PSC använder vi olika kameror och en lidar, dvs en optisk radar. Dessutom kan DOAS-instrumentet användas för att detektera förekomsten av PSC när himlen är täckt av vanliga moln så att de inte är synliga för ögat.



*Pärlmormoln över Kiruna. Foto: Sheila Kirkwood*

Principen för PSC-identifiering med hjälp av färgindex. Högre värden = rödare himmel, lägre värden = blåare himmel. När solen sjunker ett par grader under horisonten blir himlen normalt något blåare men vid PSC-förekomst blir den istället rödare. Inverkan av troposfäriska moln syns främst före solnedgången. Efter solnedgången ligger dessa huvudsakligen i mörker och påverkar därför inte observationerna.

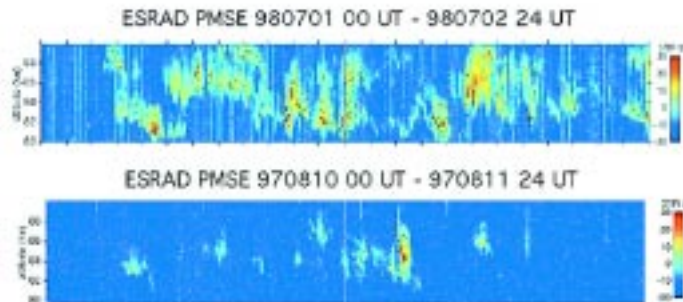


## Fenomen i den övre atmosfären

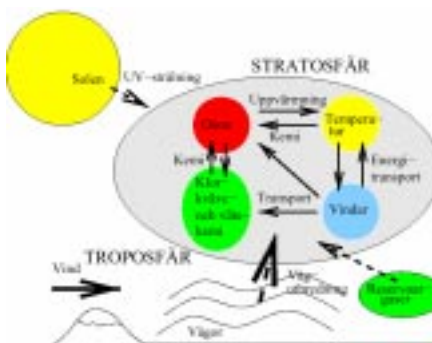


Nattlysande moln. Foto: Hans Nilsson

Under den varmaste tiden på sommaren är luften på hög höjd, 80-90 kilometer, som allra kallast (ner till  $-160^{\circ}\text{C}$ ). Då bildas nattlysande moln. Antalet nattlysande moln varierar bl a med solens aktivitet. Från samma områden får man även starka radarekon (se figuren), så kallade PMSE (polarmesosfäriska sommarekon). Hur dessa radarekon är relaterade till de nattlysande molnen är fortfarande delvis oklart och därför ett intressant forskningsområde.



PMSE (Polar-mesosfäriska sommarekon) detekterade av ESRAD (se s. 8).



## Ozonedbrytning

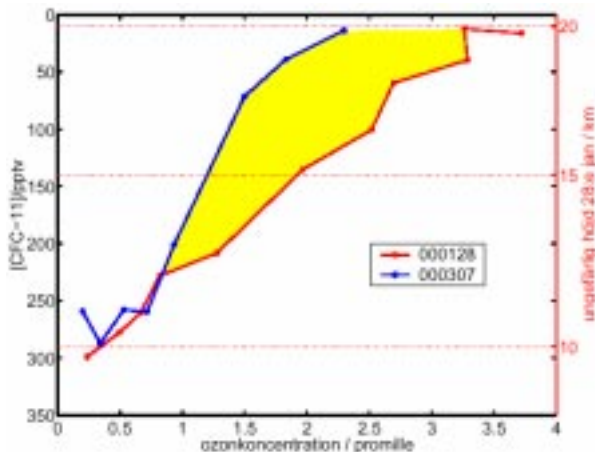
De kemiska reaktioner som leder till kloraktivering går mycket snabbare på PSC-partiklarnas ytor än i luften. Kloraktivering är första steget i en lång serie reaktioner som orsakar katalytisk nedbrytning av polarstratosfäriskt ozon under vårvintern. Solstrålning, dynamik och kemi samverkar i ett sammanvävt system.

## Ballonger

Ballonger kan bära olika typer av instrument upp till en höjd av maximalt 35 kilometer. De kan antingen ta ner luftprover för analys på marken eller göra mätningar på plats och skicka ner resultatet med radiolänk. I våra ballongprojekt mäter vi framför allt klorfluorkolväten (så kallade freoner, se figuren), vattenånga, temperaturfluktuationer och elektriska fält.



Förberedelser inför ett ballongsläpp från Esrange. Foto: Hans Nilsson.



Genom att mäta koncentrationen av freoner och använda dessa som en höjdskala i polarvirveln kan man studera hur ozonhalten ändras oberoende av dynamiska effekter. Här visar den gul-färgade ytan den kraftiga ozonedbrytningen under perioden 28 januari till 7 mars 2000.

## Elektriska strömmar i atmosfären

En kontinuerlig elektrisk ström alstras av åskväder, främst i tropikerna, och sprids över jorden genom jonosfären, det elektriskt ledande lagret ovanför ca 70 km höjd. Strömmen leds sedan tillbaka till

marken genom atmosfären. Elektriska strömmar i atmosfären är en möjlig länk mellan solens aktivitet och klimatet. Kontinuerliga mätningar görs med en 100 m lång trådantenn på Esrange.

## Spårgasmätningar

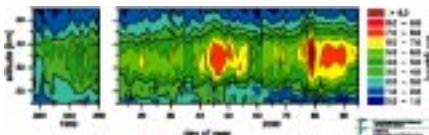
Spårgasmätningar kan inte bara göras från ballonger utan även med markbundna instrument. Differentiell optisk absorptionsspektrometer (DOAS) mäter de totala mängderna av ozon,  $\text{NO}_2$ , BrO och OCIO genom dessa ämnens absorption av synligt och ultraviolett solljus. Fourier-transform-infraröd-spektrometer utnyttjar absorption av infrarött sol- och månljus. Mängderna av fler än 30 olika spårgaser kan bestämmas. Bland de viktigaste är ozon,  $\text{ClONO}_2$ ,  $\text{HNO}_3$  och HCl. Millimetervågsradiometern (bild t h) bestämmer höjdfördelningen av ozon och ClO i atmosfären genom att mäta intensiteten hos dessa gasers utsända strålning i mikrovågsområdet.



Millimetervågsradiometern. Foto: Rick McGregor.



Luftprover från DESCARTES-instrumentet analyseras med hjälp av gas-kromatografi. Foto: Hans Nilsson



Tidsserie av ozonhalterna mellan 20 och 50 km uppmätt med millimetervågsradiometern.

## ESRAD

ESRAD — Esrang MST (mesosfärstratosfär-troposfär) radar — är en VHF-radar på Esrang. Den syns på bilden till höger som en ruta av antenner. ESRAD mäter kontinuerligt bland annat vindvektorn i tre dimensioner mellan 1 och 15 km samt mellan 80 och 90 km. Den kan användas för att detektera polar-mesosfäriska sommarekon (se s.5).



*Foto: SSC Esrang*

---

## Instrumentutveckling

Vi använder och utvecklar både markbundna och ballongburna instrument. Utvecklingen sker i samarbete med andra forskargrupper i bl a Estland, Storbritannien, Tyskland och Österrike. För närvarande pågår konstruktion av två större markbaserade mätinstrument, nämligen en ny millimetervågsradiometer (se s. 7) och en lidar.

LIDAR (Light detection and ranging): en laserstråle sänds upp i atmosfären där den sprids och absorberas av luftmolekyler och aerosoler. Den del av ljuset som kommer tillbaka samlas in med ett teleskop och analyseras. Eftersom ljushastigheten är känd kan man särskilja informationen i höjddled, t ex fördelningen av PSC-lager eller spårgashalter.

---

### Mer information

På vår webbplats <http://www.irf.se> finns mer information om IRF:s forskning, t ex lågupplösta 'quicklookdata' från olika instrument och publikationslistor. Där annonseras även vetenskapliga och populärvetenskapliga seminarier. Intresserade besökare är alltid välkomna.

Institutet för rymdfysik

Box 812

981 28 Kiruna

Telefon: 0980-79000

Fax: 0980-79050

E-post: [irf@irf.se](mailto:irf@irf.se)

Text: Carl-Fredrik Enell, Kerstin Stebel

Layout: Rick McGregor