

☆☆ **Konsten att "tämja vädret"** är en meteorologisk möjlighet, konstaterade stabsövermeteorolog **BENGT BENGTS-SON**, Inspektör för Vädertjänsten i en intressant och initierad artikel i **FLYGVapen-NYTT** nr 5/72. ☆ Sedan dess har en hel del hänt på detta nya meteorologiska område. Begreppet vädermodifiering har kommit för att stanna, att döma av de satsningar som görs framför allt av supermakterna **USA** och **Sovjet**. ☆ För första gången i historien anordnade därför FN-organisationen **WMO (World Meteorological Organization)** en internationell konferens om vädermodifiering. I konferensen, som förlades till **Tasjkent** i **Sovjet** i höstas, deltog från **Sverige** **Bengt Bengtsson**. Mest betecknande för det intensiva intresset för konferensen var att inte mindre än **28** länder sände delegater. Största representationen kom från **Sovjet** och **USA**. ☆ Under konferensen behandlades olika områden för vädermodifiering, vilka här skildras. Artikelförfattaren betonar till sist, att eftersom också militära former för vädermodifiering (inte bara) kan tänkas, finns det anledning att noga följa utvecklingen på området. ☆☆☆



"Vädermodifiering" – en framtidsvy i vardande

Operativa system för dimupplösning finns redan på olika håll i världen, konstaterades redan inledningsvis vid konferensen i **Tasjkent**. För att upplösa underkyld dimma sprider man i regel silverjodid i luftvolymen över bansystemen på flygplatser för att åstadkomma den avsedda dimupplösande effekten. Metoden kan användas upp till nära noll grader Celsius, men är mest verksam vid temperaturer från minus 3 och nedåt.

Användningen av silverjodid – propan och torris kan också komma i fråga – bygger på sedan gammalt kända fysikaliska samband. Torris är mer effektivt vid temperaturer mellan noll och minus 7. Vid lägre temperaturer fordras dock två till fyra gånger mer torris för att producera samma koncentration av fryskärnor som den man erhåller vid användning av silverjodid. Det största problemet är, enligt dr **L. Facy** från Frankrike, att avväga erforderlig mängd av ämnet, dvs antalet kristaller per kubikmeter dimma, på bästa sätt.

Om man betraktar förhållandena vid

alla civila flygplatser i världen uppträder emellertid i 95 procent av dimfallen varm dimma, dvs dimma vid temperaturer över noll grader. Denna dimma kan inte upplösas med nyss nämnda metoder. Enda reella möjligheten är att avdunsta dimman. Som jämförelse kan nämnas, att ca 60 procent av dimtillfällena vid **F21** i **Luleå** har karaktären varm dimma.

Ett operativt system för upplösning av varm dimma finns redan i bruk vid **Orly-flygplatsen** i **Paris**. Där producerar tolv jetmotorer, nergrävda utmed banoran, erforderlig uppvärmning av dimluften, för avdunstning. Jetmotorerna avger 500-gradig luft, och avdunstar dimman på ca tio min så att landning kan ske säkerhetsmässigt fullt tillfredsställande.

De varmluftproducerande jetmotorerna är monterade under marknivån, och det buller som uppstår kan sammantaget jämföras med det från en jumbojet, **Boeing 747**. Den nya flygplatsen **Charles de Gaulle** vid **Paris** får enligt uppgift samma system för upplösning av varm dimma.

I **USA** har man under 1972 gjort lyckade prov vid **Vandenburg AFB**, med upplösning av varm dimma. Det system amerikanerna använder bygger även det på upphettning av luften. Man räknar med att före 1976 få fram en prototyp till ett system för upplösning av varm dimma. Särskilda jetbrännare för detta system skall tillverkas. Enligt **USA**-professorn **B. A. Silverman** skulle kostnaderna för ett sådant system uppgå till ca 5 milj dollar, dvs ca 25 milj kronor.

Man har gjort beräkningar av nyttan i relation till kostnaderna för ett sådant dimupplösningssystem med utgångspunkt från att mellan en och två procent av flygplanrörelserna på en flygplats hindras av dimma. Man har då för 1973 fått en relation av faktorn kostnader/nytta av 6:1, vilket dock väntas öka för att år 1981 vara 23:1.

Ett system med jetbrännare för dimupplösning kräver följande mindre bränsle (en dubbelt dyrbar vara i dessa tider) än vad som går åt om ett stort passa-

gerarflygplan tvingas gå till en alternativ flygplats.

Möjligheterna att påverka nederbördsförhållandena genom att "beså" moln och molnsystem med kemiska ämnen, t ex silverjodid (Ag I) – vilket fö ingående skildrades i FLYGvapen-NYTT nr 5/72 – var ett område som naturligt nog ägnades stort intresse.

Trots att man nu i mer än ett kvarts sekel på olika håll i världen har sysslat med denna typ av vädermodifiering har man ännu inte en av alla godtagan uppfattning om metoder för att påtagligt påverka nederbördsförhållandena. Om vi tillräckligt väl kände de fysikaliska och dynamiska processer som styr intensitet, varaktighet och fördelning av nederbörd – och därmed också sannolikt kunde förutsäga dessa element med större grad av säkerhet – skulle det finnas större anledning att vänta sig resultat från denna del av vädermodifieringssträvandena.

Då man emellertid inte helt känner till de fysikaliska och dynamiska sambanden i nederbördsprocessen har man, i flertalet vädermodifieringsexperiment, vid utvärderingen tvingats att i stor utsträckning förlita sig på statistiska metoder. Det bör påpekas att många experiment, kanske de flesta hittills, företagits utan större tanke på den statistiska utvärderingen. Även om man i några fall gjort detta har man använt sig av för grova statistiska metoder.

Det finns goda skäl anta, att de experiment som framdeles utförs, speciellt i USA, kommer att ta särskild hänsyn till få en klanderfri statistisk utvärdering.

Som nödvändiga villkor för att resultaten från vädermodifieringsförsöken allmänt skulle kunna accepteras från vetenskaplig synpunkt angavs följande:

● Karl Marx står naturligtvis staty även i Tasjkent.



- en korrekt statistisk metod och analys av experimentet,
- experimentet skall pågå tillräckligt länge,
- att samma typ av moln finns under hela försökstiden,
- att det finns större mängd moln som kan påverkas genom den teknik som används för att "beså" molnen än vad det finns av andra molntyper,
- tillräcklig kännedom av "bakgrundskaraktären" beträffande mikrofysiken och dynamiken hos molnen i området för att underlag skall finnas för valet mellan att acceptera eller inte acceptera det statistiska resultatet.

Under konferensen beskrevs en lång rad vädermodifieringsförsök, främst i USA och Sovjet men även i andra länder, t ex Indien och Japan. Knappast i något fall var utvärderingen av experimenten, främst den statistiska utvärderingen, sådan att det från vetenskaplig synpunkt kunde sägas att man med säkerhet, genom att beså molnen, påverkat nederbördsförhållandena.

Emellertid fanns här en skillnad i uppfattningen hos forskarna från USA och Sovjet.

USA-forskarna var i allmänhet betydligt mer kritiska i fråga om experimenten med vädermodifiering medan de från Sovjet ansåg sig ha avgörande bevis för att ha lyckats med modifieringen, dvs ha påverkat nederbördsförhållandena i avsedd riktning.

Sovjetiska forskare gick igenom det omfattande program man genomfört för

● Raketen 'Oblako' (här fotograferad i en expressiv startstudie) avfyras från en ramp och kan bära drygt 3 kg "sadd" upp till 8.500 m höjd. — På föregående sida överst har den nätt målet.



● Mausoleumgruppen Shah — i Zinda i "den gyllene staden", Samarkand — ett mäktigt minnesmärke från Timur-lensks valde på 1400-talet.

▶ att via vädermodifiering minska hagel-skadorna på skörden. Härvid framkom, att de skador som hagel orsakat under 1972, över ett område på 4 milj hektar, genom vädermodifiering minskats till mellan en tredjedel och fjärdedel jämfört med de hagelskador som drabbat områden där de hagelproducerande molnen inte hade blivit besådda.

Från amerikanskt håll framkom, att i delstaten South Dakota genomfördes under år 1972 det första statligt stödda vädermodifieringsprogrammet. Detta fortsatte, med större insatser, följande år. Målet var att öka regnmängden från konvektiva moln under torra perioder samt att minska skador på skörden orsakade av hagel. För att "beså" molnen utnyttjade man 17 flygplan, som bar med sig speciellt installerade silverjodidgeneratorer. Dessutom användes sex radarstationer för att lokalisera och följa molnen. Under 1973 besåddes alla hagelbymoln i området, till en kostnad av ca 1 milj dollar.

Skördeskadorna i South Dakota på grund av hagel värderades detta år till 10 milj dollar mot att tidigare ha uppgått till ca 30 milj dollar. Emellertid kunde man inte i detta fall, som i så många andra, vara säker på att detta var resultatet av åtgärder med "sådd". År 1973 skulle kanske ändå ha blivit ett år med relativt små skador på skörden, orsakade av hagel.

Det framkom emellertid av redogörelser från USA-forskare att man i flera vädermodifieringsexperiment nått resultat som kan betecknas som mycket lovande. Man ansåg sig med viss grad av säkerhet ha kunnat konstatera en ökning av nederbörden, eller minskning av hagelskadorna, som en följd av "sådden".

För delstater med svåra problem i fråga om torka, eller skördeskadorna på grund av hagel torde — trots osäkerhe-

ten vad gäller "såddresultaten" — följden bli ett ökat tryck från jordbrukare, politiker och andra påtryckningsgrupper att sätta i gång vädermodifiering på allvar. Detta gäller speciellt om man, som i försöken i South Dakota, når förändringar som av jordbrukarna måste anses vara påtagligt positiva för en fortsatt satsning på denna typ av vädermodifiering. Att sedan den statistiska bevisföringen kan diskuteras är något man troligen sätter sig över. Man tar chansen!

Från sovjetisk sida redogjordes i ett par föredrag för hur man genom att "beså" konvektiva moln över skogsbränder kunnat verksamt bidra till att bränderna släcktes. Man sade, att under åren 70–72 metoden tillämpats i 280 fall, och att man lyckats släcka i 75 procent av dessa. Dessa resultat mottogs dock med en viss skepsis från amerikanskt håll. Man omtalade också från rysk sida, att man genom att kraftigt "beså" åskmoln minskat blixtfrekvensen med faktorn 2,5 jämfört med förhållandena i "obesådda" moln.

Tropiska orkaner ställer som bekant till med mångmiljonskadorna i USA. Delegater därifrån redovisade försök i USA att minska intensiteten i dessa orkaner. Experimenten startade redan år 1961; fortfarande är de på försöksstadiet. De har dock hittills givit uppmuntrande resultat.

Målet är att minska de höga vindstyrkorna i orkanen genom att "beså" denna, på sätt som jag tidigare redogjort för i denna tidning. Däremot väntade man sig inte några ändringar i orkanens bana eller någon påtagbar förändring i fördelningen av regnet, ej heller ändring i allmänna cirkulationsmönstret.

Man har fö konstruerat numeriska modeller av tropiska orkaner för att med modellerna via dator pröva olika

idéer för vädermodifiering. Som exempel på minskningen i vindstyrkan hos orkanerna nämndes att USA-forskarna "besått" orkanen Esther redan 1961, Betulah 1963 och Debbie 1969, den senare två gånger med två dagars mellanrum. En minskning i maximivindstyrkan på 10 à 15 proc, och i ett fall hela 35 procent, hade konstaterats.



Fig A

Fig C nedan: 12 Jetmotorer längs bana 07 på Orlyflygplatsen i Paris svarar för dimupplösning. Cementhalvmånarna visar belägenheten. Resultat se ovan!



Under perioden 73–75 avser man dock inte utföra ytterligare fältförsök utan skall ägna sig åt vidare forskning.

Några försök med modifiering av orkaner redovisades inte av ryssarna, vilket är naturligt eftersom sovjetiskt territorium inte är utsatt för tropiska orkaner.

Nya Intourist-hotellet i Tasjkent är en märklig byggnad i modern sovjetisk stil. Arkitektoniskt bjärt kontrast till vänstra bilden!



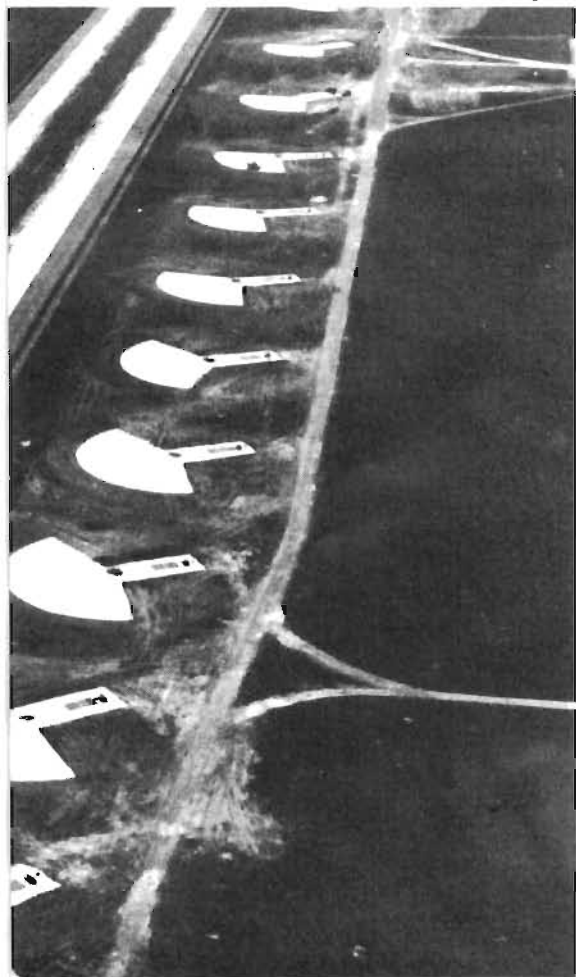
foto: Bengt Bengtsson



Fig B

▲ Fig A + B ovan: Väsentlig förbättring i dimmsituationen åskådliggörs här. Vänstra bilden visar inflygning till bana 07 under "normal" dimma, medan högra bilden visar hur den "värmts bort".

Fig C



Först tekniska problem i samband med vädermodifiering intog givetvis en framträdande plats i konferensen. Det stod klart, att användningen av silverjodid (Ag I) som fryskärneembryo är det mest vanliga för att "beså" moln. Bäraren av "sådden" kan vara markbaserade generatorer, ballonger eller flygplan, raketer eller artilleriammunition.

Då det gäller de projekt, speciellt i Sovjet, som har till mål att minska hagelskadorna på skörden används oftast artilleri eller raketer, med vilka man skjuter upp "sådden" i molnet. Man bör hålla i minnet att det gäller skott inom ett litet geografiskt område, där man vill "beså" en alldeles speciell hagelby. Förfarandet har fö visats i svensk television.

Sovjet har tex en raket "Oblako", som kan skjuta upp "sådden" till 8.500 m. Den effektiva volymen är sex liter. En annan raket är "PG 1", som når upp till 4 000 m. Båda raketerna skjuts upp från ramper med fyra raketer i varje.

Nyligen har också en tvåstegraket "Alazan" konstruerats. Denna når också 9 000 m höjd med en nyttolast av 1 kg "sådd". Raketen skjuts upp från en ramp med upp till tolv raketer.

I Sovjet används även artillerigranater, tex "Elbrus", med en kaliber av 10 och 13 cm. Med dessa kan "sådden" skjutas upp till ej mindre än 13 resp 18 km höjd.

För lokalisering och bestämning av molnens karaktär används i Sovjet radarstationerna "Ars", "Grad 1" och "Uragan". Dessutom har man för dessa ändamål tagit fram ett speciellt radarsystem, som arbetar på våglängderna 10 och 3.2 cm. Radarn är försedd med automatisk hagelindikator och en anordning för mätning av hagelstorlek. Den sades vara byggd med modern teknologi och kunna leverera sina informationer direkt till dator.

Isamband med konferensen gavs även tillfälle till besök vid Asiens meteorologiska och hydrologiska institut i värdstaden Tasjkent. Här sysselsattes inte mindre än 650 personer, inräknat 150 forskare, bland dem 44 doktorer och sju professorer. Man var särskilt inriktad på jordbruksmeteorologi. Förklarligt, eftersom i området fanns stora odlingar av bomull och olika sorters frukt, särskilt vindruvor, allt i hög grad klimatberoende. Institutet hade under installation ett nytt datasystem som bestod av datorerna Minsk 42 och Minsk 1500.

Konferensen i Tasjkent klarlade, att det i många länder – särskilt i USA och Sovjet men sannolikt också i allt högre grad i u-länder i Afrika, Indien, Pakistan, m fl – kommer att satsas mycket stora resurser på vädermodifiering.

Det är hög tid att WMO klarlägger var vetenskapen står. Är det möjligt att "tämja vädret"? Vilka följder har det? Framför allt behöver u-länderna vägledning för att resurser inte skall offras i onödan.

Till sist en iakttagelse "utom schemat". Föreläggningen i Tasjkent hade ordnats så att de västerländska delegaterna bodde på ett hotell och de från öststaterna på ett annat. Arrangemanget främjade inte möjligheterna till kontakt mellan delegaterna från de båda blocken.

Men det var kanske heller inte meningen.

Ett står klart, sammanfattar väderinspektören Bengt Bengtsson: Begreppet vädermodifiering har kommit för att stanna och berör inte enbart meteorologerna. För oss gäller det inte minst att följa upp eventuell militär tillämpning. ■

Bengt Bengtsson