

## La radiazione solare (globale) e la rete attinometrica del servizio meteorologico dell'aeronautica italiana (\*)

O. DE PASQUALE

Ricevuto il 18 Maggio 1963

**RIASSUNTO.** — Si fa una breve descrizione della funzione degli Osservatori Scientifico-Sperimentali del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica militare italiana (OSSMA), con particolare riferimento a quello di Messina, che tra i suoi compiti ha anche quello degli studi e delle ricerche sulla radiazione solare, con la gestione di una Rete attinometrica di 31 stazioni.

Si passa quindi ad una rapida rassegna evocativa degli studi sulla radiazione solare su scala mondiale, notificando il contributo italiano e mettendo in particolare rilievo quelli della radiazione globale ( $D + I$ ) anche a scopo sinottico, che formano oggetto di particolari applicazioni da parte dell'OSSMA di Messina.

Inoltre fatta una breve descrizione del funzionamento della Rete attinometrica A. M. e del contenuto delle relative pubblicazioni finora fatte o in corso, si discutono i risultati ed i metodi di impiego dei dati e si fanno voti perché essi vengano introdotti più attivamente nel campo sinottico applicativo, specie in relazione alla turbolenza atmosferica, alla evaporazione e quindi alla umidificazione delle masse d'aria.

Detti fenomeni, unitamente all'azione delle correnti superficiali marine calde, a circolazione ciclonica, darebbero luogo, secondo l'autore, alle basse barometriche secondarie (Golfo di Genova, Alto Adriatico...) e ad alcune perturbazioni temporalesche. Si auspica pertanto una maggiore collaborazione tra Meteorologia e Oceanografia.

Infine, in relazione tra i fenomeni sopra detti e l'andamento della acqua precipitabile notturna e diurna, ricavata dai radiosondaggi, si emette l'ipotesi che una parte dell'ossigeno atomico atmosferico possa trovare la sua origine nella scomposizione delle molecole del vapor d'acqua dell'aria,

---

(\*) Nota presentata al 2° Congresso Internazionale Tecnico Scientifico dello Spazio. Roma, 19-23 Giugno 1962.

per l'azione della radiazione solare, prendendo quindi parte probabilmente al ciclo dell'ozono.

SUMMARY. — A brief description on the function of Scientific and Experimental Observatories (OSSMA) of the Meteorological Service of military Aeronautics is made, with particular reference to that of Messina, which in its tasks, have the management of an actinometric network, with 31 italian stations.

Aftwards a rapid and evocative review on the solar radiation studies is made, putting in evidence the italian contributions and particularly those of global radiation ( $D + I$ ), which at present are object of special activity, for part of Messina OSSMA.

After a description of the actinometric network organization and quotation of publications of the OSSMA, results and methods of employment are discussed especially in the field of synoptic applications also in relation with the atmospheric turbulence, evaporation and consequent umidification of air masses.

Said phenomena, in auctor's opinion, with the superficial marine motions of warm water, in ciclonic circulation, are responsible at least partially, of formation of secondary depressions (Gulf of Genova, high Adriatico...) and of some thunderstorms.

Therefore there would desiderable a greater collaboration between Meteorology and Oceanography.

After all, from comparison between diurnal and nocturnal values of precipitable water, deducted from radiosoundings, hypothesis of production of atomic oxygen, from atmosferic water vapor, for action of solar radiations, that probably take part to ozone eyele, on put forth.

#### INTRODUZIONE.

Gli Osservatori Scientifico-Sperimali di Meteorologia Aeronautica (O.S.S.M.A.), istituiti e gestiti dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare italiana, hanno il compito specifico della ricerca teorico-sperimentale e degli studi nel campo meteorologico e geofisico, allo scopo finale di potere apportare perfezionamenti ed innovazioni ai mezzi ed ai metodi dell'analisi e della prognosi del tempo, nello spazio tridimensionale.

Epperò essi sono particolarmente al servizio della navigazione aerea, la quale va sempre più perfezionandosi ed evolvendosi e, da qualche tempo, è sfociata nella navigazione spaziale, che ovviamente ha per noi il suo inizio ed il suo termine nell'atmosfera terrestre.

Naturalmente gli Osservatori in parola, in dipendenza della loro attrezzatura scientifico-tecnica, non limitano la loro azione a questioni strettamente applicative, ma svolgono pure una attività teorico-speri-

mentale di più largo respiro, anche a carattere internazionale, che è anche coordinamento scientifico e qualche volta nobile competizione.

Piace rammentare a tale riguardo il notevole contributo apportato da essi alle osservazioni speciali ed alle ricerche scientifiche, per l'Anno Geofisico Internazionale e per quello di cooperazione.

Per la loro attività scientifica e per le applicazioni pratiche, gli O.S.S.M.A. fanno gerarchicamente capo al Servizio Meteorologico A.M. Divisione Studi e Ricerche in Roma ed hanno, su una comune base organizzativa, un'attrezzatura variabile a seconda dei compiti loro assegnati ed anche in relazione con la loro dislocazione.

È così che l'Osservatorio di Messina, avente la sua sede su una collinetta (m. 54,10 slm) del versante nord-ovest dello Stretto omonimo, bari-centro del Mediterraneo, in una regione cioè di alto interesse scientifico, non solo per le singolari caratteristiche geofisiche ed oceanografiche a tutti note, ma anche e specialmente per quelle meteorologiche ad esse collegate, ha avuto assegnato, da alcuni anni, tra i suoi compiti speciali quello degli studi e delle ricerche sulla radiazione solare, diretta ed indiretta, nonché dell'impiego di essi nel campo meteorologico applicativo, anche a carattere sinottico.

A tal uopo esso dispone di un'attrezzatura adeguata di impianti e di strumenti, compresa una Stazione di radiosondaggi, che si estende anche ai campi collaterali della evaporazione, della turbolenza atmosferica e, conseguentemente dall'umidificazione delle masse d'aria nella bassa atmosfera, del bilancio del calore e dell'acqua, ecc.

È però opportuno di avvertire subito che, in questo campo, la maggior parte dell'attività dell'O.S.S.M.A. di Messina è rivolta alla gestione di una Rete attinometrica della Aeronautica Militare italiana, che è composta da trentuno stazioni, munite oltre dei comuni strumenti meteorologici, anche di un piranometro e di un eliofanometro registratori giornalieri, come sarà ampiamente illustrato più avanti.

## 1 - CENNI SULLE RICERCHE E SUGLI STUDI DELLA RADIAZIONE SOLARE ALL'ESTERO ED IN ITALIA.

Il sole che è il centro del nostro sistema planetario e che in ogni tempo è stato considerato come il sommo artefice dei fenomeni aventi sede nel nostro globo e specialmente nella sua atmosfera, è stato certamente, come tutti sanno, oggetto di osservazioni e studi ininterrotti da parte del genere umano; ma per quanto riguarda la misura sistematica delle sue

radiazioni, in termini rigorosamente fisici, bisogna arrivare a mio parere all'anno 1837, cioè all'anno in cui il fisico Pouillet, intraprese delle sistematiche misure della radiazione generale del sole, mediante uno strumento a base calorimetrica da lui inventato ed al quale diede il nome di pireliometro, come dire misuratore del fuoco solare.

In effetti si trattava di misurare la intensità della complessa radiazione solare, trasformata ad un'unica forma di energia (calorifica), mediante l'impiego di un ricevitore integrale (corpo nero) esposto normalmente alla direzione dei raggi solari.

Come è noto, infatti, per intensità della radiazione solare si suole indicare la quantità di radiazione solare, trasformata tutta in calore, che riceve la superficie di un centimetro quadro annerita e esposta normalmente alla direzione dei raggi, durante un minuto primo.

L'unità di misura è la grammo caloria per centimetro quadro o anche Langley (abbreviato ly), in onore del grande solarista americano, che tante benemerze acquistò in questo suggestivo campo della fisica solare e terrestre.

Le misure sistematiche del Pouillet trovarono larga risonanza nel mondo scientifico ed anche in Italia, dove il Bartoli nelle sue determinazioni sostituì alla scatola calorimetrica di argento un'altra di platino ed all'acqua il mercurio.

Ma il problema principale che si pose fin da principio fu quello della determinazione della cosiddetta « costante solare » e cioè la quantità di calore in grammo calorie che arriva alla superficie di un centimetro quadrato annerita, esposta normalmente alla direzione dei raggi solari, al limite superiore dell'atmosfera terrestre durante un minuto primo. Naturalmente questa determinazione non si poteva fare che attraverso il calcolo dell'assorbimento esercitato dall'atmosfera terrestre sulla radiazione solare o meglio sulle diverse radiazioni componenti.

Si poneva quindi l'interessantissimo studio dell'assorbimento delle varie radiazioni da parte dei vari componenti dell'atmosfera terrestre.

Primieramente il Pouillet pervenne ad una semplice formula che porta il suo nome:  $q = A p^\varepsilon$  con  $\varepsilon = \sec \zeta$ , essendo  $\zeta$  la distanza zenitale del sole, quando lo spessore zenitale si assume uguale ad uno.

La legge dell'assorbimento applicata è ovviamente quella di Lambert-Bouguer.

Agli studi ed alle determinazioni sempre più perfezionate del Pouillet, seguirono altri importanti contributi, fra cui quelli del Violle, col suo « attinometro », basato su impostazione più rigorosa, dedotta dall'applicazione della cosiddetta equazione fondamentale dell'attinometria.

A questo punto pare giusto ricordare che da parte di molti studiosi, questo nuovo capitolo della Fisica Terrestre venne appunto chiamato « attinometria », dal genitivo greco aktinos, che significa appunto radiazione, mentre che gli strumenti adibiti a tali misure potrebbero tutti chiamarsi col nome generico di attinometri.

Dalle applicazioni degli sviluppi dell'equazione fondamentale della attinometria, che esprime le leggi del riscaldamento e del raffreddamento simultanei di un corpo nell'aria libera esposto alla radiazione solare, ebbero nascita due classici metodi di misura che portano i nomi famosi di K. Ångström e di O. Chwolson e detti rispettivamente: degli uguali intervalli di temperatura e degli uguali intervalli di tempo. Gli strumenti ideati portavano due elementi sensibili identici, alternatamente esposti alla radiazione ed in ombra, mediante un opportuno schermo ruotante.

I metodi calorimetrici e microcalorimetrici trovarono largo impiego e sviluppo specie presso gli uomini di scienza degli USA e molta fama acquistaronò i fisici della Smithsonian Institution di Washington, con la realizzazione di pregiati strumenti, quali il waterflav-pyrheliometer ed il suo derivato waterstir, nonché del notissimo Silverdisk-pyrheliometer analogo nel metodo di misure all'attinometro di Violle, e con la esecuzione di un gran numero di misure sistematiche, di cui alcune anche famose.

Ma nel frattempo prendevano la prevalenza nuovi tipi di strumenti, cosiddetti « termoelettrici », per il fatto che l'innalzamento termico verificantesi sulla piastrina esposta alla radiazione solare veniva rivelato da una pila termoelettrica isolata e connessa posteriormente alla laminetta medesima. Celebre fra tali strumenti quello di K. Ångström, detto a compensazione elettrica e considerato come uno strumento assoluto, del quale la Ditta Rose di Uppsala costruiva modelli, particolarmente attrezzati per spedizioni di montagna.

Gli attinometri a pila termoelettrica furono e sono numerosi ed anche pregevoli, nè qui si ritiene conveniente fare una disamina, ma sia lecito a chi scrive di ricordare quello di Alessandro Amerio (professore emerito del Politecnico di Milano), detto anche « integrale », che alla rapidità di impiego congiunge una notevolissima precisione.

Non bisogna però trascurare il fatto che contemporaneamente, prendevano anche notevole sviluppo gli studi e le ricerche sulla distribuzione dell'energia nello spettro solare, dei quali grande maestro fu certamente P. Langley il quale riuscì a perfezionare a tal punto il « termometro differenziale galvanico di Svanberg », da renderlo uno dei più meravigliosi strumenti di misura delle radiazioni: il bolometro. Con questo mirabile strumento (basato come è noto sulle variazioni della resistenza elettrica

di un filino al variare della temperatura), Egli non disdegnava di passare dallo studio della distribuzione dell'energia nello spettro solare a quello più umile della luce fredda emessa da piccoli animaletti (le lucciole), come i vecchi solaristi possono ricordare dal titolo della suggestiva pubblicazione « on the cheapest form of light ».

Mi sia a questo punto concesso di rilevare che « l'ammirazione per il grande Langley non deve fare dimenticare l'opera del nostro Macedonio Melloni, il quale con la sua pila termoelettrica lineare (nei trattati moderni chiamata più frequentemente pila del Moll), scoprì le leggi con le quali si propagano i raggi del calore oscuro ».

L'opera del Langley ebbe degli illustri continuatori (Abbot, Aldrich, Fowl, ecc.), che resero celebri gli studi e le ricerche della Smithsonian Institution e che fin dal 1913 poterono stabilire per la costante solare il valore medio di  $1,9408 \text{ ly min.}^{-1}$  (questo valore come è noto andrebbe ritoccato per recenti rettifiche apportate all'assorbimento nell'ultravioletto e dell'infrarosso e portato a circa  $2 \text{ ly min.}^{-1}$ ) mentre anche in Europa tali studi furono molto in onore, specie presso la scuola di Uppsala, con la triplice illustre generazione degli Ångström, di Davos con le notevoli ricerche di Dorno e collaboratori, ecc.

In Italia, il suggestivo argomento della radiazione solare fu oggetto di assidui studi e faticose ricerche sperimentali, tra gli altri, da parte del Bemporad con magistrali lavori sull'assorbimento atmosferico, del Rizzo, con le sue accurate campagne sul Monte Rosa e sul Rocciame-lone e con la determinazione della costante solare attraverso a nuovi calcoli delle osservazioni già fatte dal Langley sul monte Whitney, dell'Amerio con le sue minuziose ricerche sul Monte Rosa e con la campagna triennale dell'Aspromonte in Calabria, del Puppo, con nuove misure sul Monte Rosa, dell'Imbò, del Cialdea e, più modesto fra tutti, di chi ha l'onore di scrivere, che ha avuto anche il pregio di collaborare con Rizzo e con Amerio.

Chiedo venia, peraltro se in questa sintetica e veloce sorvolata, sui più noti studi radiativi è stato commesso qualche involontario errore od omissione, come accade quando si vogliono trattare troppo sinteticamente argomenti vasti e complessi.

## 2. - LA RADIAZIONE GLOBALE.

Tra le varie parti delle ricerche e degli studi attinometrici, una che ha suscitato notevole interessamento e sviluppo da parte degli studiosi,

specie in tempi più recenti, è quella che si riferisce alla misura simultanea della radiazione solare diretta e di quella indiretta, cioè proveniente per diffusione dal cielo soprastante, come dire dalla Radiazione globale ( $D + I$ ).

In dipendenza di questa caratteristica, negli strumenti addetti a siffatte misure, la parte sensibile sia calorimetrica, sia termoelettrica ecc. deve essere disposta orizzontalmente, anche perchè in tale maniera le misure e le registrazioni hanno migliore congruenza con il meccanismo di riscaldamento prodotto naturalmente sugli oggetti terrestri e marittimi, che hanno generalmente una distribuzione orizzontale. Pertanto i risultati possono più agevolmente correlarsi con i vari fenomeni che avvengono alla superficie terrestre, compresi particolarmente quelli meteorologici.

I numerosi strumenti ed apparecchiature ideati e costruiti in questo campo, per la misura della radiazione globale, la cui unità di misura è sempre il langley (ly), vennero denominati piranometri o solarimetri, cioè misuratori del fuoco celeste o misuratori solari di cui la maggior parte registratori. In essi l'organo sensibile è generalmente coperto da una lamina o sfera o calotta di vetro o di quarzo, onde proteggerlo dagli agenti atmosferici e dai moti convettivi; con essi inoltre è anche possibile, mettendo in ombra la parte sensibile, di misurare la sola radiazione del cielo e degli oggetti circostanti, mentre per sola differenza rimane pure possibile ricavare la sola radiazione solare diretta, variabile al variare della distanza zenitale dell'astro e, mediante la legge del coseno, calcolare la radiazione solare diretta.

Di strumenti idonei alla misura della radiazione globale se ne contano allo stato attuale molti; essi generalmente consistono di apparecchiature termoelettriche, in cui le saldature opposte sono attaccate su laminette aventi differenti capacità termiche, o per la massa o per il fatto che sono alternatamente annerite e imbiancate; ma anche per l'effetto di lame bimetalliche bianche e nere, che si deformano in maniera differenziale sotto l'azione della radiazione globale.

Così il piranometro di K. Ångström (costruito però come pirgeometro e successivamente modificato da A. Ångström, col metodo della compensazione elettrica) quelli di Abbot-Aldrich, di Albrecht, di Sawinoff, di Kimball, di Gorezinski, di Robitzsch e di altri. In Italia furono anche costruiti pregiati modelli a registrazione elettrica da A. Amerio.

Allo stato attuale gli strumenti più frequentemente impiegati sono quelli di Eppley-Brown, derivato dal citato modello di Kimball, quello a pila del Moll costruito dalla Ditta Kipp & Zonen e quello bimetallico tipo Robitzsch, costruito da varie Ditte anche in Italia (Siap-Bologna).

### 3 - RICERCHE SISTEMATICHE E STUDI SULLA RADIAZIONE GLOBALE IN ITALIA.

In Italia studi e misure sistematiche sulla radiazione globale, sono stati fatti nel passato solo saltuariamente presso qualche Osservatorio attrezzato o qualche Istituto universitario, ma con risultati ed applicazioni di non vasto rilievo.

Chi scrive, sia per essere stato allievo ed assistente universitario di G. B. Rizzo, sia per avere collaborato col prof. Amerio anche nella già citata campagna solare dell'Aspromonte (1921-23), nella quale venne trovato (quasi una divinazione) un valore medio della costante solare, vicinissimo a quello oggi riconosciuto e cioè  $2,07 \text{ ly min.}^{-1}$ , dopo avere dedicato un ventennio della propria attività scientifica ai Servizi meteorologici e dell'assistenza al volo ed alla previsione del tempo, ha avuto modo di meditare sulla incongruenza e sulla ingiustificazione del fatto che sistematiche misurazioni di radiazione globale non fossero mai state prese in considerazione come mezzi ausiliari per l'analisi e le prognosi del tempo e principalmente come base di nuovi tentativi per la circolazione zonale e per la previsione a media e a lunga scadenza.

I risultati di queste meditazioni furono esposti in una conferenza tecnica da lui tenuta nel 1949 presso il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica militare e successivamente stesi in una pubblicazione (Riv. Met. Aer. 1950 n. 2), nella quale veniva anche discusso il problema strumentale, che costituiva la parte più essenziale del progetto.

Il quale prevedeva la istituzione di una rete attinometrica, dislocata presso alcune stazioni più rappresentative della rete meteorologica internazionale, fornita di strumenti idonei, sotto il controllo di un Centro Meteorologico od Osservatorio che doveva anche provvedere al calcolo, alla elaborazione ed alla pubblicazione dei relativi dati.

La scelta dello strumento cadde su un modello di Attinografo di Robitzsch, costruito dalla Ditta Siap di Bologna, dopo aver apportato adeguati perfezionamenti suggeriti anche dallo scrivente.

Questo semplice ed ingegnoso strumento (di costo relativamente modesto), pur sottoposto a critiche non del tutto ingiustificate, ma anche non sempre proporzionate, ha incontrato il favore della maggior parte degli studiosi e dei tecnici dei Servizi Meteorologici anche di altre nazioni, così che ha finito con il prevalere in molte organizzazioni della rete mondiale (esclusa però quella degli Stati Uniti d'America, dove si nota una certa dovizia di apparecchiature), come chiaramente può rilevarsi



dal Rapporto dell'Aprile 1953, fatto dall'O.M.M., CIMO, Gruppo Attività per lo studio della radiazione, sullo sviluppo attinometrico delle diverse nazioni.

Quanto sopra mostra che questi strumenti registratori (per la maggior parte giornalieri), economici e di facile maneggio (che certamente non vanno adoperati per misure assolute) riescono abbastanza rispondenti per le necessità di una rete meteorologica, specie se sono continuamente sottoposti a sorveglianza e controllo, come è stato dimostrato da chi scrive, nella già citata pubblicazione.

La realizzazione della rete, dovette aspettare qualche tempo per motivi finanziari ed organizzativi, per cui l'inizio ufficiale di ogni attività si ebbe a partire dal 1° Luglio 1954, con 25 strumenti collocati nella rete sinottica, fra cui alcune stazioni di montagna (in USA pare che le prime cartine delle isoplete furono pubblicate nel 1951, M.W.R.).

L'Osservatorio Scientifico Sperimentale di Meteorologia Aeronautica di Messina, diretto dallo scrivente, è stato a sua volta dotato, come già sopra accennato, di adeguati strumenti, fra cui un pireliometro a compensazione elettrica di K. Angstrom, un misuratore di radiazione globale Eppley con registratore di microcorrenti di Brown, un registratore della Ditta Kipp & Zonen, un Attinometro portatile di controllo della stessa Ditta ed altro materiale accessorio.

D'altra parte è opportuno notare che la Ditta fornitrice (Siap) si assumeva l'obbligo del controllo della taratura di ogni strumento con un campione, che periodicamente viene raffrontato col campione internazionale esistente presso l'Osservatorio specializzato di Davos, controllo che viene tuttora fatto anche per gli strumenti di sospetto funzionamento. In queste condizioni si ebbero fin da principio severe garanzie di serietà di funzionamento.

Si ritiene anche opportuno riferire che in tempi susseguenti la rete in questione ha subito qualche rimaneggiamento, come in occasione dell'Anno Geofisico Internazionale, con la sostituzione di qualcheduna delle stazioni non completamente rispondente allo scopo e con l'aumento del numero di esse. Così, per l'AGI, a partire dal 1° Luglio 1957 il numero delle stazioni di rete è stato portato a 31 e ciascuna stazione fu anche dotata di un eliofanometro modello Campbell-Stokes, costruito dalle Ditte Siap e Filotecnica.

I risultati delle osservazioni giornaliere attinometriche ed eliofanometriche sono stati controllati calcolati ed elaborati a cura del personale tecnico dell'Osservatorio di Messina, presso il quale sono stati accentrati settimanalmente unitamente ad una scheda di osservazioni meteorologi-

che di corredo; dette elaborazioni costituiscono un lavoro piuttosto gravoso trattandosi di parecchie migliaia di documenti all'anno da analizzare.

I risultati di questi lavori sono stati finora pubblicati, a cura dell'autore delle presenti note, in quattro fascicoli, estratti dalla precitata Rivista di Meteorologia Aeronautica. Un'altra pubblicazione è pronta per la stampa, così che i dati pubblicati comprenderanno tutto il 1960.

È altresì opportuno ricordare qui che da parte dell'O.S.S.M.A. di Messina sono stati puntualmente approntati ed inoltrati, per la Segreteria dell'AGI e dell'Anno di Cooperazione internazionale, tramite la Direzione del Servizio Meteorologico A.M. di Roma, gli specchi attinometrici bimestrali R-0 ed R-1, richiesti dall'autorità dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale.

Le sopracitate pubblicazioni contengono sinteticamente i seguenti elementi, che vengono citati, onde venire incontro all'interesse di qualcuno dei partecipanti al presente Convegno:

- 1) elenco delle stazioni della rete, con coordinate geografiche, indicativi numerici della corrispondente rete meteorologica, 16<sup>a</sup> regione europea, nonché totali annui della radiazione globale in ly ed estremi giornalieri per ciascuna stazione, con la data di verifica dell'evento;
- 2) valori dei totali mensili per ciascun mese dell'anno;
- 3) valori medi mensili per le giornate con cielo nuvoloso o coperto;
- 4) valori medi mensili per le giornate con cielo sereno o quasi sereno;
- 5) valori medi mensili della durata dell'insolazione giornaliera, in ore e decimo, a cominciare dal 1° Agosto 1957;
- 6) isoplete della radiazione globale media mensile giornaliera, cioè dodici cartine per anno.

Inoltre nelle varie pubblicazioni sono state trattate alcune questioni teoriche ed applicative, sia per quanto riguarda la parte climatologica, sia per quella sinottica. Particolarmente, partendo dalle formule di A. Ångström di F. H. W. Albrecht e di Chr. Thams, che come noto legano la radiazione globale alla nebulosità ed alla insolazione relativa, viene proposto un metodo per la riduzione delle osservazioni di radiazione globale giornaliera a « condizioni di cielo sereno », specie per quanto si riferisce alla costruzione ed alla utilizzazione delle carte isoradiative giornaliere.

Peraltro i principî applicativi che possono essere perseguiti nel campo climatologico, biologico, industriale, meteorologico agrario, ecologico, ecc. sono quasi ovvi, mentre quelli che possono trarsi per la parte sinottico-previsionistica, possono compendiarsi nelle seguenti enunciazioni:

a) bilancio termico atmosferico e circolazione regionale, partendo dalla vera distribuzione al suolo della radiazione, rilevata con strumenti;

b) comportamento delle diverse masse d'aria al suolo e nei bassi strati atmosferici, specie in regime perturbato, riferito alla situazione radiativa al suolo ed al flusso di calore determinato dal gradiente radiativo osservato sulle carte;

c) comportamento del moto e dell'evoluzione frontale, in rapporto alla situazione isoradiativa al suolo;

d) relazione tra la distribuzione della radiazione globale al suolo e la circolazione locale e particolarmente tra gradiente radiativo e brezze;

e) relazione tra radiazione globale ed evaporazione (specie sul mare), turbolenza atmosferica, acqua precipitabile, ozono, ecc. tenendo presente i contrinuti già apportati dai lavori di A. Ångström, Richardson, Cummings, Sverdrup, Jacobi ed altri;

f) relazione tra la distribuzione isoradiativa al suolo, le aree energetiche dei diagrammi termodinamici relativi a radiosondaggi e le topografie dei bassi strati atmosferici.

#### 4. - IMPIEGO DELLE MISURE SISTEMATICHE DELLA RADIAZIONE GLOBALE.

La pubblicazione dei risultati delle misure sistematiche di radiazione globale e poi anche di eliofania assoluta, iniziata per la prima volta in Italia nel 1956, ha scusciato molto interesse e qualche volta anche entusiasmo in tutti coloro che vi hanno intravisto la possibilità di una concreta utilizzazione, nel loro campo di attività tecnica o di ricerca scientifica.

Coloro i quali si sono subito mostrati interessati delle nuove ricerche sono stati coloro i quali sono dediti alla ricerche nel campo delle applicazioni industriali dei dati radiativi (riscaldamento delle abitazioni, forni solari, distillazione delle acque, ecc.); successivamente sono stati i geografi, i climatologi gli oceanografi, i biologi gli igienisti, i botanici, ecc. a dimostrare un apprezzamento sempre crescente.

Anche all'estero, da parte di personalità scientifiche e di Organizzazioni responsabili del loro progresso, sono pervenute graditissime richieste di informazioni, di specchi e di estratti, diretti a programmare e successivamente creare attrezzature simili nei loro paesi.

Ma, strano a dirsi, la categoria di tecnici e di uomini di scienza che ancora non si è appressata sufficientemente all'interessante argomento è quella dei meteorologi del cosiddetto servizio operativo, cioè di quelli che svolgono la loro attività nel campo dell'analisi sinottica e della prognosi del tempo a breve e media ed a lunga scadenza, e ciò anche quando lo scrivente ha potuto chiaramente mostrare come le carte isoradiative giornalieri presentano caratteristiche degne della massima considerazione.

Per motivi di onesta precisione è però giusto qui riferire che nel passato, in occasione di Convegni e Riunioni dei rappresentanti delle varie organizzazioni meteorologiche internazionali, si sono alzate voci e proposte isolate allo scopo di introdurre nei vari gruppi dei bollettini meteorologici anche dati energetici, quali la evaporazione (o evapotraspirazione), e la radiazione, ma non si è pervenuti che a semplici raccomandazioni, principalmente perché è stato ritenuto poco conveniente di affidare alle normali stazioni meteorologiche strumenti delicati e costosi.

Ma lo scrivente, durante parecchi anni di gestione della rete attinometrica italiana, può di contro affermare che quanto sopra non corrisponde alla vera realtà, poiché adeguati strumenti attinometrici ed avaporimetrici non presentano notevoli difficoltà di maneggio e che i calcoli delle osservazioni possono essere ben eseguite dallo stesso personale di stazione, poiché essi, se opportunamente ridotti, non presentano difficoltà maggiori di quelli delle comuni riduzioni barometriche.

Si potrebbe pertanto addivenire in breve tempo allo spoglio degli strumenti in situ, con la compilazione di un breve bollettino (uno o due gruppi) da accodarsi ad un normale bollettino sinottico della sera.

L'aspetto più vicino alla realtà è dato dal fatto che la Meteorologia ufficiale rifugge dall'introdurre questi nuovi parametri ed altri ancora quali quelli oceanografici, allo scopo di non complicare il quotidiano lavoro di preparazione ed accontentandosi solo della temperatura e della umidità atmosferica e dei loro derivati, ma rinunciando ad avere nozioni più probanti sul meccanismo di riscaldamento e di umidificazione delle masse d'aria dei bassi strati atmosferici.

Effettivamente non è illecito rilevare che la Meteorologia applicata moderna, forse segnando in certo senso una certa stasi e un certo conformismo, si orienta piuttosto sulla elaborazione di una grande quantità di materiale cartaceo a base eminentemente statistica, valendosi anche dei

modernissimi mezzi calcolatori, che la tecnica ha messo a disposizione, ma perseguendo piuttosto vie dinamiche o addirittura cinematiche e quindi trascurando alquanto i mezzi termodinamici e la evoluzione energetica dei fenomeni, relativi all'acqua terrestre ed atmosferica.

È così che, pur prevedendo il moto e gli spostamenti dei getti, l'avvicendamento delle saccature e dei promontori o dei cicloni e degli anticicloni, nelle previsioni delle idrometeore e delle loro evoluzioni, si provano spesso delle disarmanti delusioni, poiché si verificano delle saccature stranamente asciutte e dei promontori inopinatamente umidi; così pure si riscontrano masse d'aria che pur insistendo lungamente sul mare o su regioni umide, rimangono ostinatamente asciutte ed altre invece che si umidificano e si instabilizzano con rapidità sorprendente.

A tal riguardo è utile tenere anche presente che la Meteorologia della navigazione aerea moderna non ha tanto necessità (salvo che su larga scala), dati i mezzi di cui quest'ultima dispone, di avere cognizioni minuziose sulla circolazione atmosferica, quanto sullo stato e sulla evoluzione delle idrometeore, dalla torbidità atmosferica ai grandi ammassi nuvolosi, alle precipitazioni ed alle formazioni di ghiaccio e via via fino alle grandi perturbazioni temporalesche, alle alluvioni, ai tornados, ecc. Per esempio: chi ha mai fatto con esattezza le previsioni del verificarsi di alluvioni, quando la cosiddetta acqua precipitabile (per chi ne tiene conto) è 10 o 20 mm »?

Bisogna pur riconoscere che allo stato attuale delle nostre conoscenze e dei metodi di previsioni, mancano i mezzi per ben individuare l'evoluzione dell'acqua nei suoi differenti stati e principalmente l'inquadramento del meccanismo di immissione e di distribuzione di essa nell'aria atmosferica: particolarmente della umidificazione e del prosciugamento.

Per quanto sopra si pensa (anzi si ripete, poiché anche altra volta in sede internazionale lo scrivente ha accennato a questi argomenti che gli stanno tanto a cuore) che sarebbe necessario ed urgente dare impiego e sviluppo quanto più è possibile a questa parte della Meteorologia finora piuttosto negletta, che ha per basi la misura sistematica della radiazione solare (globale), quella della evaporazione (o meglio della evapotraspirazione) e quella della turbolenza atmosferica, determinata con mezzi strumentali già segnalati dallo scrivente (Riv. Met. Aer.-Roma 1951 1954) che ha un ruolo importantissimo sulla evaporazione e quindi sulla umidificazione.

Un'altra questione attinente che piace mettere in evidenza, proprio in questa sede, in cui fra gli organizzatori vi è anche il Ministero Difesa (e quindi il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica e l'Istituto Idrogra-

fico della Marina) ed il Consiglio Nazionale delle Ricerche, è certamente la necessità di una stretta ed evoluta cooperazione tra le ricerche meteorologiche e quelle oceanografiche. Ciò è notevolmente importante non solo nel campo generale ma anche e specialmente in quello della meteorologia del Mediterraneo, in cui non pochi fenomeni apparentemente ingiustificati, trovano la loro esplicazione dei parametri talassografici quali lo assorbimento superficiale della parte radiativa più calda dello spettro solare, il conseguente riscaldamento, la evaporazione, la instabilizzazione dell'atmosfera, la turbolenza; insomma un complesso di fenomeni che tendono alla determinazione, su piccola scala, di circolazioni calde cicloniche, con la probabile formazione di basse barometriche locali. Un ruolo di prim'ordine spetta però alle correnti calde superficiali determinate da altre cause, fra cui quelle delle maree marine.

Per esempio si ritiene opportuno qui ricordare (come è stato già segnalato dallo scrivente nel conveño di Meteorologia Sinottica Mediterranea-I.T.A.V.-Servizio Meteorologico A.M. Dic. 1958-Roma), che la persistenza di perturbazioni a carattere freddo (instabilizzazione) e la intensificazione di esse, nella zona del basso Tirreno, antistante allo Stretto di Messina, trovano la loro spiegazione nell'afflusso da sud dell'acqua relativamente calda della corrente di marea (montante), che dilagando in superficie nella zona suddetta, dà luogo ad un rilevante salto termico con le correnti aeree sul retro delle discontinuità a carattere freddo, con le conseguenze dei fenomeni di cui sopra.

Così anche, per quanto si riferisce alla genesi delle depressioni nel Golfo di Genova, non deve essere estranea l'azione di correnti marine calde circolanti in senso ciclonico, con conseguente aumento dell'evaporazione, umidificazione dell'aria ed abbassamento della pressione barometrica.

Del resto sono a tutti note le manifestazioni dei cosiddetti «doldrums» (come li chiamano i marittimi di lingua inglese) o «pot-au-noir» (come li chiamano quelli di lingua francese), cioè le fasce di perturbazioni delle regioni dell'equatore termico oceanico, che attraverso intenso riscaldamento, evaporazione e turbolenza, generano delle valli di basse pressioni, da cui spesso, specie nella stagione in cui l'equatore termico oceanico si sposta verso nord, fino a 10°, sembra che abbiano anche nascita o inizio i cicloni tropicali.

Anche le perturbazioni di relativamente piccole dimensioni, quali i temporali di alcune particolari regioni, come quelli della Valle Padana, debbono andare soggette a notevole influenza da parte della radiazione solare, della evaporazione e della turbolenza, e quindi lo studio di essi

andrebbe impostato su quello preliminare dell'evaporazione e della umidificazione anche mediante una *rete evaporimetrica*, specie se costituita da evaporimetri galleggianti, che a giudizio dello scrivente potrebbe rendere anche dei servizi preziosi allo studio della genesi e della evoluzione di quelle grandi perturbazioni, che prendono il nome di tornados o tifoni.

Naturalmente lo studio andrebbe effettuato con una micro-analisi meteorologica dei bassi strati atmosferici, specialmente per la localizzazione delle inversioni non solo di temperatura, ma anche e specialmente di umidità (specifica). E siccome le normali radiosonde del servizio meteorologico di rete percorrono, come è noto, i primi strati atmosferici, con velocità relativamente grande e tali da mascherare o non rivelare affatto i dati di cui sopra, sarebbe necessario effettuare dei sondaggi lenti cioè a bassissime velocità ascensionali (magari con palloni frenati), fino a 500 m di altezza.

Nel chiudere la presente digressione, si ritiene giusto aggiungere che la umidificazione delle masse d'aria non avviene soltanto per l'azione del flusso verticale del vapore (anche turbolento), ma anche attraverso il flusso orizzontale, che come è noto, è un vettore comprendente il gradiente orizzontale dell'acqua precipitabile e la velocità media del vento, tenendo anche in debito conto i fenomeni di convergenza e di divergenza. Ma la letteratura dei lavori applicativi anche in questo campo sembra che sia abbastanza scarsa.

#### 5 - LAVORI E PROGRAMMI IN CORSO PRESSO L'O.S.S.M.A. DI MESSINA.

Già da parecchio tempo, meditando sulle questioni sopra ricordate, l'autore delle presenti note ha inquadrato un vasto programma di lavoro, che però, è giusto dirlo subito, va piuttosto a rilento, forse per difficoltà organizzative.

Il programma è tuttavia costituito dai seguenti punti:

a) come già sopra accennato, è stata istituita, per la benemeranza del Servizio Meteorologico dell'A.M. italiana una Rete attinometrica, principalmente per la determinazione su scala sinottica della distribuzione della radiazione globale in superficie e si possiedono già 6 anni di dati elaborati con le relative carte sinottiche radiative;

b) è stato eseguito presso l'O.S.S.M.A. di Messina una ricerca sperimentale sulla turbolenza atmosferica e provveduto anche alla ideazione ed alla costruzione di modelli di registratori della turbolenza medesima

(turbografo e barovariografo), rappresentabile con una scala di dieci voci, secondo il codice internazionale;

c) è stato curato uno studio corredato di lunghe ricerche sperimentali sulla evaporazione, con la costruzione di un parco evaporimetrico, che anzi recentemente, col consenso del Direttore dell'Istituto Nazionale di Geofisica di Roma, è stato perfezionato, ampliato e portato in migliori locali presso la vicina spianata dei Cappuccini, sede dell'Osservatorio Geofisico del predetto I.N.G. Attualmente si sta curando di estendere queste ricerche effettuate su postazioni a terra, anche su postazioni a mare o sui laghetti di Ganzirri o di Faro, a pochi chilometri dalla città mediante opportuni evaporimetri galleggianti (registratori), che effettivamente non si spiega come siano stati messi da parte anche nelle campagne oceanografiche.

d) Inoltre, allo scopo di perfezionare il programma di ricerche, come sopra descritto, con lo studio dei gradienti di temperatura e di umidità nei più bassi strati atmosferici, è stato proposto dallo scrivente alla Direzione del Servizio Meteorologico A.M. ed è in via di progettazione, uno speciale impianto sulla grande torre di ferro (circa 240 m) del grande Elettrodotta esistente sullo Stretto di Messina, dalla parte della Sicilia (Cariddi-Faro). Si tratta di un grande meteorografo molto sensibile che parecchie volte al giorno o quando si voglia percorrere, mediante un elevatore, la fiancata della torre, riportando registrati i due tracciati degli elementi meteorologici desiderati, alla velocità ascensione desiderata.

Quando questo importante impianto sarà realizzato, su una torre di ferro a perpendicolo sul mare, nel baricentro del Mediterraneo per una altezza così considerevole, si ritiene che alcuni problemi di cui alla presente relazione troveranno piena conferma. E non solo questi. Si potrà forse precisamente interpretare quale sia il vero meccanismo evaporativo naturale, giacché non riesce agevole spiegare, per esempio, anche tenendo conto delle inversioni termiche ed igrometriche, come avviene che attraverso lunghi periodi di cielo sereno, di regimi di brezze e di temperature molto alte (dell'acqua marina), come nella lunga estate del 1961, l'ammontare di acqua precipitabile si mantenga entro limiti costantemente ristretti, mentre quella dell'evaporazione misurata mostra valori di rilievo.

Da risultanze preliminari e provvisorie avute dal confronto dei dati di acqua precipitabile, ricavati ai locali radiosondaggi con quelli di evaporazione ottenuti dal precitato parco evaporimetrico, sia diurni sia notturni, anche in periodi in cui la circolazione è pressoché stagnante (cioè



scarso flusso orizzontale), ne verrebbe un bilancio negativo, cioè un ammanco di acqua precipitabile anche rilevante, rispetto alla continua immissione evaporativa.

A questo punto lo scrivente emetterebbe l'ipotesi che nell'atmosfera terrestre una parte del vapor d'acqua proveniente dalla terra va dispersa probabilmente per l'azione fotolitica della radiazione solare, che spezzerebbe la molecola di vapor d'acqua in  $\text{H} + \text{H} + \text{O}$  secondo la nota equazione  $\text{H}_2\text{O} + h\nu = \text{H} + \text{H} + \text{O}$ . Naturalmente tale decomposizione fotolitica si avrebbe per determinate frequenze della radiazione e quindi per determinate altezze nell'atmosfera terrestre.

La presenza dell'ossigeno atomico insieme con quello molecolare, sempre per azione della radiazione solare, darebbe ulteriormente formazione di ozono.

In tale maniera si potrebbe pensare ad un rifornimento dello strato di ozono atmosferico dal basso, ad opera del vapor d'acqua dell'atmosfera terrestre.

Naturalmente le ipotesi di cui sopra debbono essere controllate, ed eventualmente confermate. Questo è del resto programma dell'avvenire per gli studi e le ricerche dell'Osservatorio di Messina, che possiede anche tra la sua attrezzatura, una stazione ozonometrica con apparecchio spettrofotometrico, secondo Dobson, costruito dalla Ditta Beck di Londra.

Quanto sopra costituisce in massima parte l'attività dell'O.S.S.M.A. di Messina, ma risulta che altri Enti o Istituti sia in Italia sia all'estero, da qualche tempo perseguono studi e ricerche analoghe, come ben risulta alla Organizzazione Meteorologica Mondiale e agli Uffici che gestiscono ancora i dati dell'Anno Geofisico e di quello di cooperazione internazionale.

Sarebbe desiderabile che presto si possano avere dati sufficienti per potere costruire carte sinottiche radiative per tutta l'Europa e per zone più estese, in modo che gli studi in argomento possano trovare estensione ed applicazioni sempre più vaste.

---