

# I risultati del III esperimento in grande per la lotta contro la grandine nel Ticino negli anni 1957 - 1963

Autor(en): **Thamus, J.C. / Aufdermaur, A. / Schmid, P.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bollettino della Società ticinese di scienze naturali**

Band (Jahr): **59 (1966)**

PDF erstellt am: **14.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-1003537>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

J. C. Thams, con la collaborazione di A. Aufdermaur,  
P. Schmid e E. Zenone \*)

## I risultati del III Esperimento in grande per la lotta contro la grandine nel Ticino negli anni 1957 - 1963

### I. INTRODUZIONE

La Commissione federale per lo studio della formazione e della lotta contro la grandine, ha eseguito 3 esperimenti in grande nel Ticino per la lotta contro la grandine, per incarico della Sezione Agricoltura del Dipartimento Federale di Economia Pubblica. Il primo esperimento, durato dal 1948 al 1952, aveva lo scopo di provare se i razzi ad esplosione, utilizzati in diverse regioni della Svizzera dalle associazioni per la lotta anti-grandine, possono impedire i danni della grandine o almeno diminuirli. Un semplice confronto dei danni in una zona protetta e in una non protetta, non mostrò un effetto del lancio dei razzi. E' però problematico se i danni della grandine, che molto dipendono dallo stato delle colture, siano adatti per giudicare sull'efficacia degli spari contro la grandine. Dal punto di vista della fisica delle nubi, non è comprensibile un'azione protettrice degli usuali razzi ad esplosione (1).

Durante l'esperimento in grande II fu impiegato, quale mezzo di difesa, lo ioduro d'argento, vaporizzato al suolo e trasportato nell'atmosfera dalle correnti di convezione e dai venti ascendenti. Esperimenti in laboratorio e nella libera atmosfera avevano mostrato che le minutissime particelle di ioduro d'argento, agendo quali nuclei di congelamento, erano in grado di modificare le nubi, sia trasformando le gocce sottoraffreddate delle stesse in piccoli cristalli di ghiaccio, sia provocando la pioggia dalle nubi temporalesche. Su questo esperimento fu riferito in modo esauriente nella rivista agricola « Die Grüne » (2). Fu interrotto dopo 4 anni, siccome era impossibile un'elaborazione scientifica ineccepibile. In seguito il Dr. P. Schmid dell'Istituto federale per le ricerche forestali a Birmensdorf (Zurigo), sviluppò un metodo statistico per l'elaborazione del previsto Esperimento in grande III (3). Questo iniziò nella primavera del 1957 e terminò nell'autunno del 1963. Si tratta dell'esperimento più lungo eseguito dalla Commissione di studio.

### II. PIANO DELL'ESPERIMENTO

Anche durante l'Esperimento III, come già nel II, fu impiegato ioduro d'argento, polverizzato da generatori al suolo. Il tipo di generatori utilizzato fu sviluppato dalla Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon, Bührle & Co., Zurigo-Oerlikon (4).

---

\*) Riassunto di Fl. Ambrosetti

In base alle esperienze dell'Esperimento II, la rete delle stazioni con generatori al suolo fu sensibilmente ampliata. Contava 23 posti, di cui la maggior parte a sud della linea Camedo-Carena, in relazione alle traiettorie principali dei temporali. 9 stazioni si trovavano su territorio italiano. La tabella 1 contiene l'elenco delle stazioni con generatori e la loro posizione risulta dalla Figura 1. Fu cercato di piazzare il maggior numero di stazioni su pendii o su cime di montagne, per sfruttare i venti orografici quale mezzo di trasporto e per guadagnare in altezza. La rete difensiva fu divisa in 4 regioni (I, II, III e IV) come alla Figura 2, siccome all'inizio si pensava di far funzionare i generatori nelle singole zone o in loro combinazioni. Poichè non si può prevedere con sufficiente sicurezza la traiettoria dei temporali, si finì con mettere in funzione sempre tutti i generatori della rete. Nell'elaborazione dei risultati le singole regioni furono considerate come tests singoli. Negli esperimenti I e II fu invece considerato solo il Piano di Magadino.

Le disseminazioni dell'atmosfera con ioduro d'argento furono generalmente eseguite da maggio a settembre. Nei giorni con disseminazione i generatori erano in funzione dalle ore 07.30 alle 21.30. Ogni quarto d'ora fu prodotto fumo di ioduro d'argento per 5 minuti. I generatori lavoravano dunque ad intermittenza. La soluzione impiegata consisteva in 79 kg. di acetone, 1.6 kg. di ioduro di sodio e 6.4 kg. di ioduro d'argento. Per ogni ora di funzionamento furono utilizzati 0.2 litri di soluzione. Questa fu bruciata in una fiamma di gas propano per l'evaporazione dello ioduro d'argento. L'intervallo test fu considerato dalle ore 08.00 alle 22.30.

TABELLA 1 — *Elenco dei posti con generatori (stato 1963)*

Stazione	m/m	Stazione	m/m
1 Mottarone	1500	13 Monte Generoso	1700
2 Ispra	200	14 Sagno	700
3 Premeno	900	15 Caveragno	600
4 Arcumeggia	600	16 Frasco	900
5 Sacro Monte	900	17 Cavagnago	1000
6 Venegono	350	18 Santa Maria	950
7 Spruga	1100	19 Carena	950
8 Camedo	600	20 Bogno	950
9 Brissago	200	21 Gattico	400
10 Indemini	950	22 Cocquo	300
11 Astano	600	23 Gallarate	250
12 Ciona	700		

Per rispondere alla domanda decisiva se lo ioduro d'argento possa impedire o meno la formazione di grandine, l'esperimento fu ordinato secondo l'ordine casuale.

Alla vigilia il previsionista dell'Osservatorio a Locarno-Monti decideva se il giorno seguente fossero da attendersi o no temporali. In caso

affermativo il giorno seguente era *giorno di prova*. Un procedimento del caso fissava se tale giorno di prova dovesse appartenere alla serie dei giorni di prova con disseminazione o a quella dei giorni di prova senza disseminazione. In questo modo si ottennero 2 serie di giorni di prova completamente paragonabili. Nel caso in cui la disseminazione fosse inefficace, le due serie avrebbero dovuto differenziarsi solo casualmente. Ogni influsso soggettivo dei risultati era eliminato in partenza.



Fig. 1 — Rete dei generatori al suolo nel Ticino e in Italia (stato 1963).

L'Esperimento III durò 7 anni. Per giudicare ed elaborare statisticamente l'esperimento era necessaria tutta una serie di *rilievi*. In primo luogo il verificarsi di grandinate. Fu perciò creata una rete per l'osservazione dei temporali (Fig. 2). Gli osservatori dovevano comunicare ogni

temporale, ogni grandinata (durata ed intensità delle grandinate, grandezza dei chicchi). Tutti questi dati si basavano più o meno su stime. Per l'elaborazione dell'Esperimento in grande sarebbe stato preferibile avere dati misurati con strumenti. Ma ciò non fu possibile. Oltre ai rilievi della propria rete di osservazione dei temporali, furono considerati — quando ciò fu ritenuto utile — anche le stime dei danni della Compagnia svizzera di assicurazione contro la grandine. Inoltre anche i dati forniti dalla rete dei pluviometri e dei pluviografi (Fig. 3) servirono a meglio conoscere le situazioni meteorologiche. In più tali rilievi servirono a studiare se la disseminazione delle nubi con ioduro d'argento potesse avere o no influsso sull'attività delle precipitazioni.

Per la progettazione di un esperimento in grande, come quello in esame, occorrono tutte le misure organizzative, che garantiscano un'esecuzione impeccabile. Capo responsabile dell'Esperimento in grande III era il Direttore dell'Osservatorio Ticinese a Locarno-Monti, J. C. Thams. A sua disposizione v'era il seguente personale: i meteorologi e gli aiuti del Servizio previsioni dell'Osservatorio Ticinese, un compilatore competente con buone conoscenze meteorologiche, un meccanico, per la manutenzione dei generatori e dei pluviografi, un aiuto femminile, per l'organizzazione amministrativa e la preparazione del materiale per il rapporto annuale d'attività all'intenzione della Commissione di studio.

### III. BASI DAL PUNTO DI VISTA DELLA FISICA DELLE NUBI

Questo capitolo deve servire a spiegare le basi dell'Esperimento in grande III, dal punto di vista della fisica delle nubi. V. J. Schaefer mostrò nel 1946, con esperimenti nella camera delle nubi, che una nube creata artificialmente con goccioline sottoraffreddate può essere trasformata immediatamente in ghiaccio con ghiaccio secco. Con ciò erano create le premesse, secondo il processo di Bergeron (1935), per tentare di influenzare artificialmente la formazione delle precipitazioni nell'atmosfera.

Negli U.S.A. e in Australia furono fatti esperimenti nell'atmosfera che diedero importanti risultati.

Nel 1947 B. Vonnegut scoprì la proprietà dello ioduro d'argento di agire come germe di formazione di ghiaccio. Con ciò era a disposizione un materiale per disseminazione delle nubi, che permetteva esperimenti su vaste regioni. Furono intrapresi grandi esperimenti di disseminazione. Ma l'influsso osservato sulla formazione delle precipitazioni risultò inferiore a quello atteso. Solo con metodi statistici ineccepibili si poteva dare un apporto alla soluzione del problema dell'influsso sulle precipitazioni. Questa fu l'idea dominante dell'Esperimento in grande III nel Ticino.

Secondo una certa teoria la formazione di precipitazioni esige la formazione di particelle di ghiaccio in una nube formata da gocce d'acqua sottoraffreddate. Findeisen, già dal 1938, partendo da tale teoria, intravede la possibilità di influenzare artificialmente le precipitazioni.

Partendo dalla premessa che la formazione di precipitazioni sia frenata dalla mancanza di particelle di ghiaccio, si cercò di aumentare il numero di quest'ultime con la disseminazione di germi artificiali di formazione di ghiaccio (per es. ioduro d'argento). Dopo la scoperta di sostanze adatte per la disseminazione si dimostrò che i sistemi di nubi vengono modificati, e in condizioni favorevoli producono anche pioggia, od eventualmente ne aumentano la quantità. Non è tuttavia noto in modo sicuro, se in singoli casi, per esempio con temporali locali, che la formazione delle precipitazioni avvenga sempre o principalmente secondo il processo di Bergeron, o se invece è operante il meccanismo condensazione-coalescenza, come avviene per i rovesci marittimi tropicali (processo piogge calde), e che non necessita della fase di ghiaccio per la formazione delle precipitazioni.

#### *Nuclei di formazione di ghiaccio*

Per superare la barriera energetica per la nuova formazione della fase di ghiaccio, l'acqua pura deve essere raffreddata fin sotto i  $-40^{\circ}$  (formazione omogenea di germi di ghiaccio). Se sono presenti certe sostanze cristalline estranee, i cosiddetti nuclei di formazione di ghiaccio, il passaggio di fase si verificherà con un raffreddamento inferiore (formazione di germi di ghiaccio eterogenea). Questi nuclei di formazione di ghiaccio possono provocare nell'atmosfera il passaggio di goccioline sottoraffreddate alla fase di ghiaccio con diversi meccanismi.

Fra i metodi di disseminazione con lo ioduro d'argento quello con l'aiuto di generatori al suolo è il più economico. La disseminazione della zona alta delle nubi, decisiva per la formazione della grandine, con l'aiuto di aerei, razzi e spari di artiglieria, sarebbe di gran lunga preferibile. Purtroppo sarebbe necessario un impiego tecnico e finanziario molto più grande, senza tacere che per ragioni di sicurezza sarebbe applicabile solo in modo molto limitato.

La possibilità di impedire la formazione della grandine con ioduro d'argento, si basa sul seguente procedimento: con una disseminazione intensa, si cerca di diminuire il contenuto di goccioline d'acqua nella zona di crescita della grandine con la formazione e la crescita di molti piccoli cristalli di ghiaccio. La disseminazione deve essere intensa, poichè nei forti venti ascensionali della nube grandinifera il tempo a disposizione per la formazione di ghiaccio è molto breve. Secondo le cognizioni attuali una diminuzione della formazione di grandine si può raggiungere solo in vicinanza del generatore. Se la disseminazione è troppo debole i pochi nuclei di formazione di ghiaccio giunti alla nube grandinifera potrebbero trasformarsi in grossi chicchi di grandine. Per la stimolazione della pioggia sembra che la concentrazione necessaria, dovrebbe essere dello stesso ordine di grandezza di quella che si riscontra in natura con condizioni normali.

Va rilevato che purtroppo il processo di formazione della pioggia e

specialmente della grandine non è ancora chiarito in tutte le sue forme. Una miglior conoscenza del processo naturale delle precipitazioni, di quanto si abbia oggi, potrebbe contribuire a trovare mezzi più adatti per influenzare la formazione delle precipitazioni.

#### IV. L' ESECUZIONE

Gli ordini per la messa in funzione dei generatori venivano dati ogni pomeriggio in un semplice codice, per mezzo di una propria radioemittente, messa gentilmente a disposizione dal Dipartimento Militare Federale.

L'esperimento richiese notevoli sforzi ai previsionisti dell'Osservatorio Ticinese, nella scelta dei giorni di prova (giorni in cui erano da attendersi temporali). Anche l'elaborazione del materiale raccolto nei posti di osservazione e l'analisi delle situazioni meteorologiche dei giorni di prova esigettero una notevole mole di lavoro.

Molto importante per un'elaborazione statistica a posteriori si rivelò la classificazione dei giorni di prova secondo le situazioni meteorologiche: temporali frontali, temporali dovuti a situazioni di sbarramento da sud, temporali locali. Nella tabella 2 sono indicati secondo i singoli anni il numero dei giorni con disseminazione, rispettivamente senza disseminazione di ioduro d'argento e il totale dei giorni di prova.

TABELLA 2 — *Numero giorni di prova*

<i>Anno</i>	<i>Con disseminazione</i>	<i>Senza disseminazione</i>	<i>Totale</i>
1957	20	22	42
1958	22	21	43
1959	21	25	46
1960	16	17	33
1961	13	11	24
1962	26	24	50
1963	27	27	54
Somma	145	147	292

Quindi le due serie di giorni di prova, 145 con disseminazione, 147 senza, hanno praticamente un numero uguale di casi.

#### V. LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE

Il periodo sperimentale andava da maggio a settembre. Tale periodo risultò in media relativamente freddo negli anni 1957, 1960 e 1963, per gli altri anni quasi normale. Gli anni 1959, 1961 e 1962 furono poveri di precipitazioni. Abbondanti invece furono il 1960 e in misura inferiore il 1963. Numerosi temporali ebbe il 1960, e un po' meno il 1963, questi furono scarsi invece nel 1961 e 1962. L'anno con il maggior numero di grandinate risultò il 1957, seguito dal 1961.

Durante l'Esperimento in grande III le osservazioni dei posti di osservazione dei temporali furono eseguite dal 1° aprile al 31 ottobre. Come già ricordato il Cantone Ticino era stato suddiviso in 4 zone (vedi fig. 2) di superficie diversa. La zona I con un'area corrispondente al 4,5 % della superficie totale, la zona II con il 10 %, la zona III con il 9 % e la zona IV con il 76,5 %. Da aprile ad ottobre nei 7 anni in esame si ebbero in media 52 giorni con temporali nella zona I, 57 nella zona II, 56 nella zona III e 59 nella zona IV. Questi valori non sono strettamente comparabili, causa la diversità della superficie o della densità dei posti di osservazione. Quanto alla distribuzione secondo i mesi, nelle zone I e II la maggior frequenza dei giorni con temporali si verificò in giugno, nella

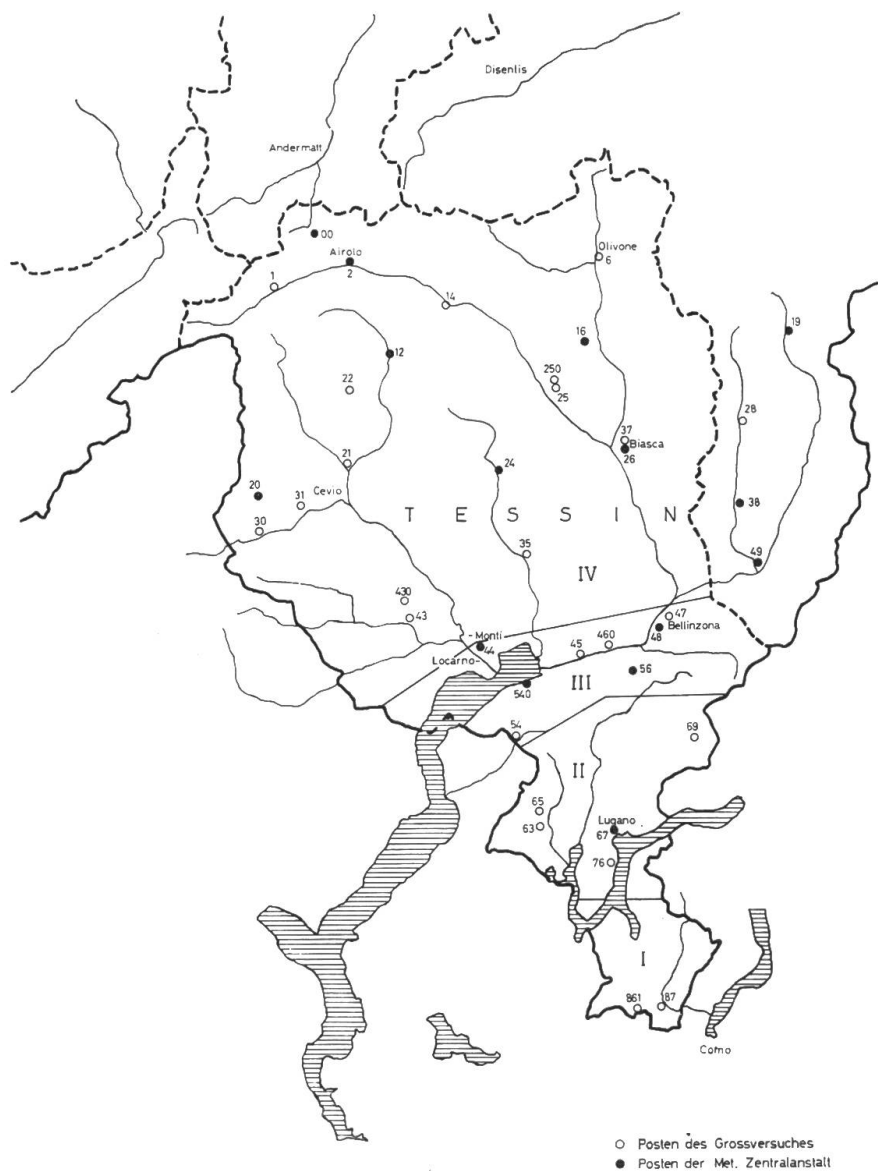


Fig. 2 — Rete delle stazioni di osservazione dei temporali nel Ticino e suddivisione della regione sperimentale nelle zone da I a IV.



zona IV in luglio, mentre per la zona III giugno e luglio ebbero praticamente un egual numero di giorni.

Il numero medio dei giorni con temporali con grandine per il periodo maggio-ottobre fu di 11,9 nella zona I, di 15,3 nella zona II, di 14,3 nella zona III e di 16,0 nella zona IV. Il massimo si presentò in giugno nella zona II e IV, in luglio nella zona III e in agosto nella zona I. Inoltre i giorni con temporali di sbarramento da sud furono i più frequenti nella zona IV, nella zona I furono più frequenti i giorni con temporali locali, nella zona III i giorni con temporali frontali.

La percentuale dei giorni con grandine rispetto ai giorni con temporali nelle 4 zone fu compresa tra il 23 e il 27 %. I temporali frontali presentarono la maggior frequenza delle grandinate, seguiti dai temporali dovuti a sbarramento da sud, e da ultimo i temporali locali.

Considerando i singoli temporali, è stato trovato che quelli provenienti dal sud-ovest furono i più frequenti, specialmente nelle zone II e III. La maggior frequenza di temporali si verificò tra le ore 12 e le 18.

Per i tipi di temporali grandiniferi in tutte le zone si trovano al primo posto i temporali frontali, seguiti dai temporali dovuti a sbarramento da sud e da ultimo dai temporali locali. La direzione sud-ovest fu predominante per tutti i tipi di temporale, solo con i temporali frontali grandiniferi predominò la direzione nord-ovest.

## VI. RISULTATI

Punto di partenza per questa elaborazione sono in primo luogo le osservazioni della grandine. Dapprima vengono considerate tutte le osservazioni, in seguito solo quelle degli incaricati (in totale 20), che collaborarono durante tutto il periodo di 7 anni: con ciò vengono tralasciate certe grandinate annunciate da osservatori che hanno collaborato solo durante parte del periodo. Da ultimo vengono pure elaborati i rilievi della Compagnia svizzera di assicurazione contro la grandine.

Quando un incaricato annunciò grandine, il giorno corrispondente fu considerato *giorno con grandine* nella zona da cui proveniva l'informazione (I-IV).

TABELLA 3 — *Numero giorni con grandine (osservazioni di tutti gli incaricati) nelle zone I-IV*

Zona	I	II	III	IV	I-IV
Senza disseminazione	8	16	13	14	29
Con disseminazione	8	20	16	24	42
T o t a l e	16	36	29	38	71

Come si rileva dalla tabella nelle zone II, III e IV nei giorni con disseminazione il numero dei giorni con grandine fu superiore che nei giorni senza. Con l'aiuto del test  $\chi^2$  fu calcolata la probabilità (2P), per

cui la differenza constatata od una superiore ad essa siano casuali, quando la disseminazione fosse senza effetto. Quanto più piccola è tale differenza tanto più bisogna ammettere che la differenza non sia puramente casuale, che quindi la disseminazione abbia avuto effetto. Le probabilità corrispondenti nelle zone I, II e III sono superiori al 50 %. Ciò significa che le differenze possono essere dovute al caso ; quindi la disseminazione potrebbe essere senza effetto. Per la zona IV la probabilità importa solo l'11 % ; per tutto il Ticino e la vicina Mesolcina solo il 9 %. Questo potrebbe essere interpretato come un aumento del pericolo di grandine, prodotto dalla disseminazione. In generale però le probabilità superiori al 5 %, possono essere considerate non sufficientemente piccole, per poter ricavare deduzioni. Cercheremo di analizzare i risultati più da vicino.

Considerando solo gli osservatori che hanno collaborato durante tutto il periodo, il numero dei giorni con grandine si riduce a 61 (15 nella zona I, 22 nella zona II, 26 nella III e 28 nella IV). La differenza relativa delle due serie di giorni diventa sensibilmente maggiore e l'elaborazione statistica dà una probabilità di meno del 7 % per la zona IV e del 4 % per tutta la regione considerata (zone I-IV prese insieme). In questo caso la differenza tra i giorni con disseminazione e quelli senza diventa significativa (essendo inferiore al 5 %). La differenza può essere ancora casuale, però è molto facile spiegare il fatto che con la disseminazione il numero dei giorni con grandine sia aumentato.

Il pericolo di grandinate è fortemente dipendente dalla situazione meteorologica generale. I giorni con una determinata situazione generale erano in parte distribuiti irregolarmente nelle due serie di giorni di prova. Tra i giorni di prova con disseminazione sono relativamente più frequenti i giorni con temporali locali e con diverse situazioni che provocarono temporali.

La distribuzione dei giorni con grandine secondo le diverse situazioni meteorologiche mostra che nella zona IV e in tutta la regione, per ogni situazione meteorologica, la grandine è relativamente più frequente nei giorni con disseminazione che in quelli di confronto. Anzi considerando solo le osservazioni dei 20 incaricati che hanno collaborato per tutto il periodo, la frequenza della grandine per tutti i tipi di temporali fu maggiore nei giorni con disseminazione.

Il pericolo di grandine, dipende fra l'altro anche dalla intensità del vento. Per cui i giorni di prova furono confrontati con la velocità maggiore del vento a Milano a quota 1500 metri. I giorni di prova, suddivisi in giorni con disseminazione, rispettivamente senza, furono raggruppati nelle 3 categorie secondo la velocità del vento a Milano 0—20 km/h, 20—40 km/h, superiore a 40 km/h. In tutte le 3 categorie la frequenza relativa delle grandinate nei giorni con disseminazione risultò superiore a quella dei giorni senza disseminazione.

L'esame del numero di grandinate annunciato dai 20 collaboratori di tutto il periodo mostra differenze notevoli da stazione a stazione. Anche

la frequenza dei giorni con grandine nelle due serie di confronto fu molto diversa. Nelle zone I e II non si sono constatate differenze. Nelle zone III e IV prevalsero le grandinate nei giorni di prova con disseminazione.

Le stazioni con meno grandinate nei giorni con disseminazione risultarono quelle vicine ai generatori. Con ciò non si può ancora dedurre che il pericolo di grandinate sia diminuito in vicinanza dei bruciatori e aumentato a distanza di essi. Ciò dovrebbe essere provato mediante l'esame approfondito delle correnti e della formazione di grandine.

### *Numero delle grandinate annunciate*

Un giorno di prova fu considerato giorno con grandine anche quando fu annunciata una sola grandinata. Viene esaminato per le due serie di

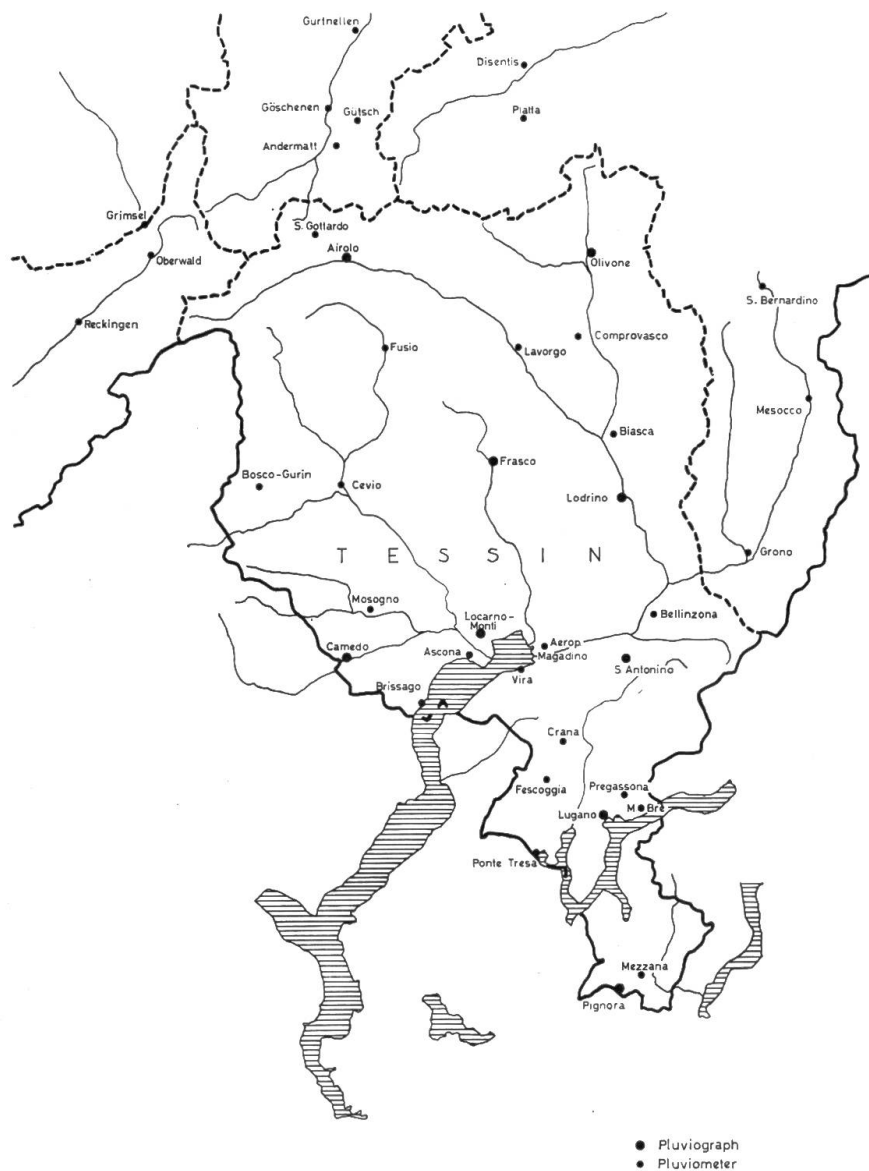


Fig. 3 — Rete dei pluviografi e pluviometri utilizzati (stato 1963).

confronto il numero delle grandinate notificate per giorno di prova, secondo le 4 zone considerate. Il numero delle notifiche — considerando tutti gli incaricati — per giorno con grandine nelle zone III e IV nei giorni con disseminazione risultò un po' più elevato, che nei giorni senza. Le differenze in tutte le 4 zone possono senz'altro essere state prodotte dal caso, in ogni modo non è riconoscibile una tendenza generale.

Anche limitandosi ai 20 incaricati di tutto il periodo, nella frequenza delle grandinate annunciate per giorno con grandine in entrambe le serie di paragone considerate, non si possono constatare differenze importanti. Secondo i dati dei 20 collaboratori permanenti, in entrambe le serie di confronto in solo circa un terzo dei giorni con grandine furono annunciate più di 2 grandinate. L'estensione regionale delle grandinate risultò su per giù uguale nelle due serie di paragone.

#### *Numero dei giorni con danni della grandine*

Per ogni zona da I a IV furono conteggiati i giorni di prova nei quali furono annunciati danni alla Compagnia svizzera di assicurazioni contro la grandine. In nessuna zona le differenze del numero dei giorni con danni della grandine nelle due serie furono rilevanti. Nelle zone I e IV prevalsero le grandinate nei giorni con disseminazione, nelle zone II e III si verificò il contrario. Nell'insieme della regione si ebbe un numero praticamente uguale per entrambe le serie: 57 per i giorni senza disseminazione, 58 per i giorni con disseminazione. Le piccole differenze nelle singole zone possono anche essere state provocate dal caso.

Il numero dei giorni con più di 5 notifiche di danni provocati dalla grandine, nelle zone I, II e III fu pressapoco uguale in entrambe le serie. Nella zona IV predominarono decisamente i giorni di prova con disseminazione. Il numero medio delle notifiche di danni risultò in tutte le zone un po' superiore nei giorni con disseminazione. Ma la differenza fu esigua.

#### *Importanza dei danni*

I danni della grandine furono stimati dalla Compagnia di assicurazione in percento del danno totale. In base a tale stima vengono risarciti i danni. Per la nostra elaborazione fu considerato il maggior danno causato in ogni zona. In media i danni della zona III per i giorni con disseminazione e per i giorni di confronto risultarono all'incirca uguali, nelle zone I, II e IV nei giorni senza disseminazione furono un po' minori che nei giorni con disseminazione.

#### *Riassunto*

Per tutta la regione il numero dei giorni con grandine è significativamente superiore nella serie con disseminazione che nella serie di confronto, cioè la probabilità 2P, che la differenza sia puramente dovuta al caso, è inferiore al 5%. Da ciò si deduce che nell'esperimento effettuato con la disseminazione di ioduro d'argento delle nubi, questo sicuramente

non impedisce la formazione della grandine, bensì probabilmente la favorisce.

L'esperimento di stimolazione della pioggia, condotto parallelamente a quello per la lotta antigrandine diede il seguente risultato : in determinate situazioni meteorologiche mediante la disseminazione di ioduro d'argento nelle nubi fu aumentata considerevolmente la quantità di precipitazioni. Ciò vale per tutta la regione, ma in modo particolare per la zona IV. Secondo tutte le apparenze ivi la concentrazione delle particelle di ioduro d'argento e le condizioni atmosferiche per un aumento della pioggia furono più favorevoli che nelle altre zone. Sia ricordato inoltre che tutte le stazioni con meno grandinate nei giorni con disseminazione che in quelli di confronto si trovavano nelle immediate vicinanze di generatori al suolo, per cui è plausibile la deduzione, che le particelle di ioduro d'argento abbiano giocato un ruolo dominante. Il fatto che la disseminazione delle nubi con ioduro d'argento da una parte favorì la formazione di grandine, dall'altra aumentò la quantità di pioggia, non rappresenta una contraddizione dal punto di vista della fisica delle nubi, al contrario l'effetto della formazione di grandine dello ioduro d'argento diventa comprensibile per l'effetto di aumentare la pioggia.

I metodi impiegati durante l'Esperimento in grande III per impedire la formazione della grandine non sono adatti per la lotta antigrandine. Se ciò valga solo per la specie e tecnica della disseminazione praticate e per le speciali condizioni orografiche del Ticino, dovrebbe ancora essere provato.

## VII. CONSIDERAZIONI FINALI

L'Esperimento in grande III ha maturato due risultati principali: con la disseminazione delle nubi temporalesche con ioduro d'argento la formazione della grandine non poté nè essere diminuita nè impedita ; al contrario essa sembra piuttosto essere stata favorita. Per la stimolazione della pioggia si ebbero risultati positivi : con determinate situazioni meteorologiche, mediante la disseminazione delle nubi, la quantità di precipitazioni poté essere aumentata in modo significativo.

E' in ogni modo possibile, che questi risultati valgano solo per le particolari condizioni dell'Esperimento in grande III. Non sappiamo come un'altra tecnica di disseminazione e un altro dosaggio avrebbero modificato i risultati. Anche le particolari condizioni orografiche della regione di prova potrebbero essere importanti. Deduzioni di carattere generale potrebbero essere possibili solo con una più precisa conoscenza della formazione delle precipitazioni e specialmente della grandine, di quella oggi nota.

Secondo le conoscenze attuali si potrebbero interpretare i risultati nel modo seguente : nel campo delle nubi, nel quale le particelle dello ioduro d'argento dovrebbero agire, la loro concentrazione non era sufficientemente grande, per diminuire la formazione di grandine, mentre lo era per la stimolazione della pioggia. Se sia possibile impedire veramente la

formazione di grandine mediante un dosaggio sensibilmente superiore, potrà essere chiarito solo con ulteriori prove. Si pone quindi la domanda, quali compiti per la ricerca nel campo di influenzare il tempo, si svilupperanno nel futuro ? Una cosa è chiara : bisognerà ulteriormente lavorare tanto in laboratorio, quanto nella libera atmosfera. Molti problemi di base sulla nascita delle idrometeore, si tratti della forma solida o di quella liquida, devono essere studiati nella camera delle nubi e nei canali del vento, con condizioni fisiche rigorosamente definite. A ciò appartiene anche lo studio del modo di agire dei nuclei di condensazione e di congelamento nello stadio preliminare della formazione delle precipitazioni e nel corso del processo di crescita delle idrometeore ghiacciate, specialmente dei chicchi di grandine. I posti di ricerca della Commissione forniranno in questa direzione utili contributi.

Prima di intraprendere nuovi esperimenti nella libera atmosfera in grande stile, dovrebbero essere elaborati in modo più completo e preciso le prove fin qui eseguite di modificare il tempo. In certi casi si potrà mostrare, con l'aiuto di analisi molto minuziose, che gli influssi osservati dovrebbero valere solo per determinate situazioni meteorologiche o loro combinazioni. Queste relazioni dovrebbero essere studiate, per poterne tener conto nella disposizione di futuri esperimenti in grande. Sappiamo ancora poco circa la forma in cui i nuclei di congelamento artificiale, agiscono nella nube. Fatta astrazione di ciò, ancora poco si sa sulla distribuzione di tali particelle.

Se nel quadro delle possibilità della Svizzera potranno essere intrapresi in un prossimo avvenire ulteriori esperimenti in grande rimane indeciso. Un futuro esperimento in grande richiederà in ogni modo mezzi maggiori di quello eseguito, siccome si è dimostrato che un'interpretazione sicura dei risultati dell'esperimento può essere fatta solo quando siano noti molto più parametri meteorologici e questo presuppone una rete di osservazioni densa e comprendente possibilmente tutti gli elementi meteorologici.

L'Esperimento in grande non avrebbe potuto essere eseguito senza i seguenti enti e ditte : Dipartimento Federale dell'Economia Pubblica, Sezione Agricoltura, Berna ; Dipartimento dell'Economia Pubblica, Sezione Agricoltura, Bellinzona ; Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon, Bührle & Co., Zurigo-Oerlikon ; Essagra S.A., Gordola, che appoggiarono l'esperimento con un'energica collaborazione e mezzi finanziari. Essi meritano il più vivo ringraziamento. Meritano pure un ringraziamento le Guardie di confine svizzere e gli incaricati del funzionamento dei generatori e delle stazioni pluviometriche, come pure i numerosi osservatori di temporali. La maggior parte del lavoro pratico fu eseguito in modo encomiabile dall'Osservatorio Ticinese in Locarno-Monti.

Il piano e l'elaborazione statistica dell'Esperimento in grande III non avrebbe potuto essere realizzato in questa forma scientifica ineccepibile, senza l'attiva partecipazione del sig. Dott. P. Schmid dell'Istituto federale di ricerche forestali a Birmensdorf (Zurigo).

## Bibliografia

1. Schlussbericht über den Grossversuch Nr. 1 auf der Magadinoebene zur Bekämpfung des Hagels. Eidg. Kommission zum Studium der Hagelbildung und der Hagelabwehr. Wissenschaftliche Mitteilungen Nr. 7, Zürich ETH, 1955.
2. J. C. THAMS : Wie steht es heute mit der Hagelbekämpfung ? « Die Grüne », Nr. 22, Mai 1957.
3. P. SCHMID : Méthodes statistiques dans les essais en vue d'influencer le temps et en particulier la formation de la grêle, Phytoma No. 137, Décembre 1965.
4. Silberjodid-Bodengeneratoren 1956 Oerlikon, Druckschrift Nr. 1846, Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon, Bühle & Co., Zürich-Oerlikon.