

2026

IL FACITORE DI PIOGGIA

Metodo per provocare la pioggia

Dopo l'applicazione di questo procedimento la pioggia è caduta persino in alcune delle regioni più aride del mondo



L'immagine mostra un'unità mobile di nebulizzazione con ugelli ad anello, direttamente in riva a un corpo idrico

Procedimento, tecnica e contesto
Aggiornato al 2026

Jonathan Hertig

Accompagnamento del progetto, sviluppo e marketing
Schützenfahrstrasse 18, 3115 Gerzensee (Svizzera)
jonathan.hertig@bluewin.ch
+41 79 758 89 42



Prologo – Perché ho redatto questa documentazione

Circa 25–30 anni fa vidi in televisione una trasmissione che non mi ha più abbandonato fino a oggi. In questa trasmissione veniva mostrato un gruppo di ricercatori che, in una regione desertica, aveva installato diversi tubi metallici alti circa sei-nove metri. All'estremità superiore di questi tubi si trovavano ugelli nebulizzatori molto fini. L'acqua, forse acqua di mare, veniva pompata verso l'alto attraverso i tubi e lì finemente nebulizzata. Gran parte dell'acqua evaporava già nell'aria. Dopo che questo procedimento era stato impiegato per un certo tempo, nella trasmissione si poteva vedere che nella regione interessata iniziava a piovere. La semplicità di questo approccio mi colpì molto allora.

Per molti anni questo ricordo rimase sullo sfondo. Negli ultimi anni, tuttavia, ha acquisito per me una nuova urgenza. La crescente scarsità di piogge e i periodi di siccità e di caldo sempre più lunghi in Italia e in gran parte dell'Europa mi preoccupano molto. In particolare l'anno 2026, che secondo le osservazioni finora disponibili potrebbe rientrare tra i più caldi e secchi in assoluto, ha ulteriormente accresciuto questa preoccupazione. Il Po, il fiume più lungo d'Italia, nell'estate 2026 ha portato a tratti circa due terzi d'acqua in meno del solito, i grandi laghi dell'Italia settentrionale si sono abbassati sensibilmente e nel Delta del Po l'acqua di mare è penetrata profondamente nell'entroterra. L'agricoltura soffre per i suoli inariditi e la mancanza di foraggio, boschi e vegetazione sono sottoposti a un crescente stress idrico e il pericolo di incendi boschivi aumenta. Le conseguenze non riguardano quindi più da tempo soltanto la natura, ma anche l'economia, l'approvvigionamento e la popolazione.^[23]

Spinto da questa preoccupazione, mi ricordai di quella trasmissione televisiva e iniziai a cercare in modo mirato in Internet procedimenti analoghi. In questo modo mi imbattei nello svizzero Hans Hangartner e nel suo «Procedimento per provocare la pioggia». Con mia sorpresa trovai indicazioni secondo cui Hangartner aveva impiegato con grande successo il suo metodo per molti anni in diverse regioni molto aride del mondo. La mia attenzione fu attirata in particolare dal suo esperimento nello Stato indiano del Gujarat nel 1988, dove, dopo anni di siccità, durante il suo soggiorno tornarono a cadere forti piogge.^[3, 5, 6]

Questa scoperta è stata per me il vero motivo per raccogliere le informazioni disponibili e redigere la presente documentazione «Il Facitore di pioggia». Il mio obiettivo è presentare il procedimento in modo comprensibile, documentare i lavori e gli esperimenti sul campo di Hans Hangartner, riunire fonti storiche e dati pluviometrici e al tempo stesso mostrare come potrebbe essere realizzato oggi un impianto sperimentale mobile.

Al centro vi è per me una domanda semplice ma importante: se un tale procedimento è stato impiegato in alcune delle regioni più aride del mondo e in seguito è ripetutamente piovuto, perché non dovrebbe essere verificato e impiegato anche in Italia nelle attuali condizioni climatiche? Dai tempi di quegli esperimenti sono cambiati considerevolmente sia il clima sia le possibilità tecniche e meteorologiche. A mio avviso non dovremmo quindi soffermarci troppo a lungo sulla questione teorica se il procedimento sia possibile o meno. Decisivo sarebbe avviare l'esperimento nelle condizioni odierne con un accompagnamento scientifico e osservare che cosa accade realmente. Solo un esperimento pratico sul campo può mostrare quale effetto si produce in condizioni reali. Qualora risultasse che il procedimento funziona, la sua utilità per l'agricoltura, i boschi, i fiumi e l'approvvigionamento idrico e, non da ultimo, per la lotta al riscaldamento globale potrebbe essere di grande importanza. Chi non lo conosce – l'effetto di rinfrescamento particolarmente benefico quando, dopo un lungo periodo di caldo o di siccità, finalmente arriva una pioggia persistente: in brevissimo tempo le temperature ambientali scendono sensibilmente e, non da ultimo, anche il suolo, prima fortemente riscaldato, si raffredda in modo percepibile. Posso ben immaginare che proprio questo procedimento del «far piovere» potrebbe contribuire, attraverso piogge provocate in modo mirato, non solo a prevenire periodi di caldo e di siccità, ma anche a contrastare il crescente riscaldamento globale.

Indice

Tempo di lettura stimato dal prologo alle conclusioni e prospettive: ca. 17 minuti

Prologo – Perché ho redatto questa documentazione	2
1. Premessa – Cambiamenti climatici in Italia e in Europa	4
2. Origine del procedimento – Hans Hangartner	5
3. Esperimenti sul campo e l'esperimento nel Gujarat, India (1988)	6
4. Appello alla politica, alla scienza, all'economia e alle associazioni – Proposta di un progetto pilota	8
5. Diverse varianti costruttive dell'unità di ugelli nebulizzatori	9
6. Conclusioni e prospettive	13
7. Il procedimento «Far piovere» – Principio di base	14
8. Contesto meteorologico	18
9. Fonti e riferimenti	19

1. Premessa – Cambiamenti climatici in Italia e in Europa

L'Italia e gran parte dell'Europa vivono da alcuni anni uno spostamento percepibile del clima. I periodi di siccità si verificano più spesso, durano più a lungo e sono accompagnati da un caldo marcato. Estati come quelle del 2003, 2017, 2022 e soprattutto del 2026 hanno mostrato quanto fortemente una siccità persistente possa incidere sul paesaggio, sull'economia e sulla popolazione.^[23]

Ciò è particolarmente visibile sul Po, il fiume più lungo d'Italia, nel cui bacino idrografico nasce circa un terzo della produzione agricola e alimentare italiana. Nell'estate 2026 il Po ha portato in media circa il 65 per cento d'acqua in meno del solito, in alcuni punti fino all'80 per cento in meno; anche i grandi laghi dell'Italia settentrionale si sono abbassati sensibilmente. Dal delta l'acqua di mare è penetrata fino a circa 25 chilometri nell'entroterra, rendendo l'acqua del fiume inutilizzabile per l'irrigazione.^[23]

Anche l'agricoltura è direttamente colpita: se l'erba su pascoli e prati non cresce più a sufficienza, mancano fieno e foraggio – nella Pianura Padana ciò mette in pericolo persino il latte per il Parmigiano Reggiano. Le agricoltrici e gli agricoltori devono acquistare foraggio o ridurre il bestiame, con le relative conseguenze sui prezzi.^[23]

La siccità persistente aumenta inoltre il pericolo di incendi boschivi: suoli e vegetazione inariditi costituiscono un terreno fertile per incendi che si propagano rapidamente – un fenomeno che interessa l'Italia estate dopo estate, soprattutto al Sud e sulle isole, nel 2026 nuovamente in Sicilia.^[23]

Sempre più sotto pressione si trova anche l'approvvigionamento elettrico. Nel bacino idrografico del Po viene prodotto circa il 55 per cento dell'energia idroelettrica italiana, e diverse grandi centrali termoelettriche dipendono dall'acqua del Po per il loro raffreddamento. Con livelli bassi o acqua del fiume troppo calda devono ridurre la loro potenza – nell'estate siccitosa del 2022 sono rimaste temporaneamente ferme centrali per circa 2'000 megawatt. Nell'estate 2026 la produzione di energia idroelettrica in Europa è scesa al livello più basso da oltre dieci anni. Poiché tutta l'Europa è confrontata con gli stessi problemi, l'elettricità potrebbe diventare sempre più scarsa proprio durante lunghi periodi di siccità e di caldo.^[24]

Oltre all'economia, anche la popolazione si trova al centro dell'attenzione. Secondo uno studio del Barcelona Institute for Global Health (ISGlobal) pubblicato su «Nature Medicine», l'Italia è il Paese europeo con il maggior numero di decessi legati al caldo: circa 18'800 nell'estate 2022, 13'800 nell'estate 2023 e oltre 19'000 nell'estate 2024. Particolarmente a rischio sono le persone anziane e quelle già affette da problemi di salute, soprattutto quando il corpo e le abitazioni non riescono più a raffreddarsi a sufficienza nemmeno di notte.^[25]

In questo contesto si pone la questione se la formazione di precipitazioni nei periodi di siccità possa essere favorita in modo mirato – o se durante tali periodi secchi si possa addirittura «generare» pioggia in modo mirato. La presente documentazione presenta un procedimento che esiste da decenni, ma che finora non è mai stato sperimentato in modo sistematico e con un accompagnamento scientifico:

Il cosiddetto «far piovere» mediante un'unità mobile di ugelli nebulizzatori.

2. Origine del procedimento – Hans Hangartner

Il procedimento qui presentato risale allo svizzero Hans Hangartner, nato nel 1921, figlio di un mungitore svizzero emigrato nella Transilvania romena. All'età di dodici anni giunse con la sua famiglia in Svizzera, dove la famiglia visse a tratti in grande povertà. Hangartner lavorò nel settore dell'ingegneria meccanica, ma fu per tutta la vita un inventore autodidatta con uno spiccato interesse per i fenomeni naturali. ^[4, 5]

Secondo le sue stesse indicazioni, si occupò intensamente di termica, fisica dell'evaporazione, carte meteorologiche nonché di correnti di vento e marine. Un impulso decisivo lo ricevette, secondo le sue stesse parole, nel 1977 grazie a conoscenze tratte dalla fisica del freddo nella produzione del ghiaccio, che lo portarono all'idea di base del suo successivo procedimento. ^[4, 5]

Il 1° giugno 1989 Hangartner depositò presso l'Istituto Federale della Proprietà Intellettuale il brevetto CH 679 262 A5 dal titolo «Procedimento e dispositivo per provocare la pioggia». Il brevetto fu rilasciato il 31 gennaio 1992. Esso descrive sia il procedimento – l'evaporazione di acqua di mare nebulizzata in aria calda e secca per stimolare le precipitazioni – sia un relativo dispositivo facilmente trasportabile. ^[3]

Hangartner non si limitò al semplice deposito del brevetto, ma sperimentò il suo procedimento nella pratica per decenni – e ciò in alcuni dei luoghi più aridi del mondo. Le sue missioni lo portarono, tra l'altro, in Marocco, Mauritania, Israele, Tunisia, Togo, Namibia, nella zona del Sahel dell'Africa occidentale e in India. Con grande gioia della popolazione, ogni volta in seguito iniziò effettivamente a piovere. Gli esperti locali confermarono sistematicamente questi eventi di precipitazione – se fossero riconducibili in modo causale all'esperimento del facitore di pioggia non fu tuttavia possibile chiarirlo scientificamente in modo definitivo. Una cosa però è certa:

La pioggia cadde e il nesso temporale tra esperimento e precipitazione rimase evidente e notevole. ^[4, 5]

Non so se furono i dubbi sempre ricorrenti degli esperti sull'efficacia del suo procedimento a spingere Hans Hangartner, nel giugno 1988, ad avventurarsi di nuovo nello Stato indiano del Gujarat – una regione in cui dal 1985 al 1988 regnava comprovatamente una forte siccità – per dimostrare ancora una volta che il suo metodo può effettivamente generare pioggia. Il corrispondente del Tages-Anzeiger, che accompagnò l'esperimento sul posto, riferì il 27 luglio 1988 della prima vera pioggia da quattro anni. ^[5, 6, 7, 8]

Eppure il meritato riconoscimento gli mancò per tutta la vita. Il problema di fondo è infatti rimasto lo stesso: la pioggia non si può riprodurre in laboratorio, e una prova scientifica completa che la precipitazione sia riconducibile in modo causale all'esperimento di nebulizzazione non ha mai potuto essere fornita. Meteorologi, scienziati e autorità misero ripetutamente in dubbio i successi – non in malafede, ma con coerenza: il caso non si potrebbe mai escludere.

Ciò che resta è l'immagine di uno straordinario inventore svizzero che, con mezzi modesti e con una fede incrollabile, impiegò il suo procedimento proprio in zone in cui altri si erano arresi da tempo – un uomo che, ovunque andasse, – portava la pioggia – e al quale, tuttavia, non riuscì mai di convincere il mondo del contrario del caso.

3. Esperimenti sul campo e l'esperimento nel Gujarat, India (1988)

Merita particolare attenzione un esperimento sul campo che Hangartner condusse all'inizio di luglio 1988 a Jamnagar, nello Stato indiano del Gujarat. Jamnagar si trova su una penisola nel distretto del Saurashtra ed era allora colpita da una siccità che durava già da quattro anni e che aveva duramente colpito lo Stato, già povero ed economicamente arretrato (circa 178'000 chilometri quadrati – il che corrisponde a poco meno dei tre quinti della superficie dell'Italia – allora circa 40 milioni di abitanti). La missione fu accompagnata dall'allora corrispondente per la Cina e l'Asia del quotidiano svizzero «Tages-Anzeiger», H. B., che documentò giornalisticamente l'esperimento sul posto insieme alla moglie.

[6, 7, 8]

La missione fu resa possibile dal gruppo industriale indiano Tata, che invitò Hangartner nel Gujarat. L'esperimento ebbe luogo a Jamnagar; nelle vicinanze Tata Chemicals gestiva un grande impianto di produzione. Gli ingegneri e i chimici del posto seguirono inizialmente la costruzione dell'impianto di Hangartner con aperto scetticismo.^[6]

«Con gioia traboccante la popolazione festeggia la prima vera pioggia da quattro anni.»^[6]

Tages-Anzeiger, 27 luglio 1988

Come descritto nell'articolo sopra riportato, circa due settimane dopo l'arrivo di Hangartner, il 14 luglio 1988, iniziò effettivamente a piovere. Per questa missione lo svizzero aveva portato con sé ancora una volta soltanto la sua consueta attrezzatura mobile di circa 150–180 chilogrammi – composta da un compressore, tubi ad alta pressione e tubi flessibili –, con la quale cercava ogni volta di influenzare un'area di diverse centinaia di chilometri quadrati. I letti dei fiumi prosciugati si riempirono d'acqua in breve tempo, cosicché le capanne costruite provvisoriamente sulle rive dovettero essere sgomberate in tutta fretta. Mentre gli esperti della Tata, inizialmente scettici, reagirono visibilmente sorpresi, la popolazione di Jamnagar festeggiò la pioggia con euforia: i giovani si lasciavano inzuppare dalla pioggia, i bambini saltavano qua e là e le donne attingevano acqua dalle pozzanghere formatesi per cucinare. Lo stesso Hangartner dichiarò di non aver mai vissuto nulla di simile in tutta la sua vita. Le forti precipitazioni persistenti lo costrinsero infine persino a rinviare di due giorni il suo volo di ritorno in Svizzera.^[6]



Ein Zelt, ein 'Sprühständer' und eine Kompressorpumpe – und kurze Zeit darauf regnet es zum ersten Mal in Gujarat, Westindien.



Dispositivo di nebulizzazione storico di Hans Hangartner durante la missione in India nel luglio 1988. La semplice costruzione era composta da diversi tubi di nebulizzazione disposti in alto e veniva impiegata per la fine nebulizzazione dell'acqua. [4]

Anche le statistiche ufficiali delle precipitazioni dell'ente meteorologico indiano per le regioni interessate delineano un quadro chiaro: [7, 8]

Regione	01.01.–31.12.1987	01.01.–30.06.1988	Dopo l'esperimento: 01.07.–31.12.1988
Saurashtra e Kutch	92,5 mm	14,9 mm	758,2 mm
Stato del Gujarat	405 mm	75,6 mm	1'018,8 mm

Fonte: India Meteorological Department, imdpune.gov.in (Subdivisional Rainfall Data).

<https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/saurashtraandkutch.html> (ca. 30 sec. prima che il link si apra)

<https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/gujaratregion.html> [7, 8]

Degno di nota è il nesso temporale: fino alla fine di giugno 1988 in entrambe le regioni continuavano a regnare una scarsità di precipitazioni e una siccità straordinarie, mentre subito dopo l'esperimento, nella seconda metà dell'anno, seguì un periodo nettamente più piovoso. Una prova scientifica inconfutabile che questo cambiamento sia effettivamente riconducibile all'esperimento di nebulizzazione è per sua natura difficile da fornire – uno studio comparativo completamente controllato presupporrebbe di ripetere la stessa situazione meteorologica una volta con e una volta senza nebulizzazione, il che è praticamente impossibile. I dati statistici costituiscono in ogni caso un forte indizio dell'efficacia del procedimento, tanto più che le piogge arrivarono effettivamente dopo quattro anni di siccità persistente. L'argomento forse più forte a favore dell'efficacia del procedimento di nebulizzazione resta tuttavia uno schema evidente:

**Ovunque Hangartner abbia applicato il suo procedimento
– in alcune delle regioni più aride del mondo – la pioggia è caduta!** [4, 5]

Mentre per il funzionamento dell'impianto durante 14 giorni furono impiegati soltanto circa 42 m³ d'acqua, nell'area del Saurashtra e Kutch nella seconda metà del 1988 caddero 773,2 mm di precipitazioni. Sottraendo la precipitazione media annua dei 3,5 anni precedenti, pari a 202,5 mm, restano 570,7 mm di precipitazioni aggiuntive. Su una superficie di circa 109'000 km² ciò corrisponde a un volume d'acqua di circa **62,2 miliardi di m³**. [23]

4. Appello alla politica, alla scienza, all'economia e alle associazioni – Proposta di un progetto pilota

Alla luce dell'evoluzione climatica descritta all'inizio, desidero sottoporre alla Sua attenzione il procedimento per una verifica. Il punto di partenza della presente istanza è l'osservazione che i periodi di siccità e di caldo in Italia e in Europa aumentano in frequenza e durata, e la domanda che ne deriva, se con un procedimento relativamente semplice e tecnicamente gestibile si possano favorire in modo mirato le precipitazioni.

La proposta consiste nel fatto che lo Stato italiano – eventualmente insieme alle Regioni, all'economia, alla scienza e alle associazioni – avvii un progetto pilota con accompagnamento scientifico. Al centro non dovrebbe esserci un pluriennale chiarimento teorico preliminare, bensì la questione pratica se in condizioni reali si possa effettivamente provocare o almeno favorire la precipitazione.

Un esperimento pilota con accompagnamento scientifico in condizioni reali sarebbe il logico passo successivo per verificare concretamente il potenziale del procedimento del Facitore di pioggia in Italia. Proprio durante un marcato periodo di siccità e di caldo si potrebbero rilevare e documentare in modo completo le condizioni meteorologiche, l'andamento della nebulizzazione nonché eventuali variazioni di umidità dell'aria, correnti d'aria, formazione di nubi e precipitazioni.

In tale contesto l'accompagnamento scientifico dovrebbe sostenere e valutare l'esperimento pratico – senza però ritardarlo inutilmente con lunghi studi preliminari, discussioni teoriche di principio o eccessivi ostacoli amministrativi. Per un procedimento tecnicamente relativamente semplice e gestibile dovrebbe essere possibile chiarire rapidamente le necessarie condizioni di sicurezza e quadro e in seguito condurre un esperimento sul campo ben documentato. Molte delle questioni decisive possono comunque trovare risposta, in definitiva, solo in condizioni reali. L'obiettivo dovrebbe quindi essere: preparare con cura, accompagnare scientificamente – ma soprattutto provare.

Una possibile unità sperimentale mobile per un tale progetto pilota potrebbe, secondo la proposta, essere composta dai seguenti componenti:

- un rimorchio con unità di ugelli nebulizzatori e pompa dell'acqua premontata, compressore ed eventualmente ventilatore
- un secondo rimorchio con generatore di corrente per l'alimentazione dell'impianto di pompaggio, ventilatore
- le necessarie condotte d'acqua, gli ugelli nebulizzatori nonché eventuali dispositivi di misura e di comando per l'accompagnamento scientifico dell'esperimento

Già un tale esperimento potrebbe fornire importanti conoscenze su quale effetto il procedimento produca nelle condizioni odierne e quale potenziale racchiuda per un impiego futuro. Qualora si confermasse che in tal modo le precipitazioni possono essere provocate in modo mirato o favorite in misura sostanziale, le possibili ripercussioni per l'agricoltura, i boschi, i fiumi, l'approvvigionamento idrico e la gestione dei crescenti periodi di siccità sarebbero di grande importanza.

Abbiamo il coraggio di abbandonare eventuali pregiudizi, schemi di pensiero consolidati e dubbi affrettati e di affrontare con apertura nuovi approcci risolutivi. Proprio di fronte alle crescenti sfide poste da siccità, caldo, scarsità d'acqua e riscaldamento globale, dovremmo agire con apertura verso le tecnologie e le soluzioni. Il procedimento del Facitore di pioggia mostra che forse già con una tecnologia relativamente semplice, economica e rispettosa dell'ambiente si possono ottenere grandi risultati. Decisivo non dovrebbe quindi essere se un'idea a prima vista appaia insolita, bensì se funzioni in condizioni reali e porti un'utilità concreta. Avere il coraggio di verificarlo senza pregiudizi e di sperimentarlo nella pratica potrebbe rivelarsi molto più importante di quanto oggi possiamo forse ancora immaginare.

5. Diverse varianti costruttive dell'unità di ugelli nebulizzatori

Per l'attuazione pratica del procedimento sono possibili diverse forme costruttive mobili. In primo piano vi sono tre varianti tecniche di base: un'unità di nebulizzazione con pompa ad alta pressione, un'unità di nebulizzazione con pompa dell'acqua e iniezione combinata di aria compressa, nonché un'esecuzione con ventilatore verticale aggiuntivo secondo un principio di base simile a quello di un cannone da neve. Le forme costruttive seguenti mostrano possibili varianti di costruzione per un futuro prototipo.

Variante 1 – Unità di ugelli nebulizzatori con pompa ad alta pressione

L'acqua viene aspirata da un lago, un fiume o dal mare, filtrata e convogliata con una potente pompa ad alta pressione al distributore e ai tubi di nebulizzazione. La pressione di nebulizzazione necessaria viene generata interamente dalla pompa dell'acqua; gli ugelli nebulizzano l'acqua in goccioline fini. Questa esecuzione può essere inoltre combinata con uno o più ventilatori orientati verso l'alto.

Vantaggi: struttura semplice; elevata portata d'acqua; meno componenti; minore onere di manutenzione.

Svantaggi: per una nebulizzazione molto fine è necessaria una pressione dell'acqua corrispondentemente elevata; la dimensione delle goccioline dipende fortemente dall'ugello e dalla pressione. ^[13]

Variante 2 – Unità di ugelli nebulizzatori con pompa e iniezione di aria compressa (compressore)

La pompa dell'acqua convoglia l'acqua agli ugelli bifluide ovvero agli ugelli atomizzatori pneumatici; il compressore fornisce separatamente l'aria compressa. Solo nell'ugello o immediatamente all'esterno dell'ugello aria e acqua si incontrano. Il rapido flusso d'aria frantuma il getto d'acqua in goccioline sostanzialmente più piccole. Con determinati ugelli bifluide bastano, per esempio, pressioni dell'acqua di circa 1–10 bar e pressioni dell'aria di circa 1–15 bar. A seconda del sistema sono possibili goccioline fino all'ordine di pochi micrometri. Anche questa variante può essere combinata con un ventilatore aggiuntivo.

Vantaggi: nebulizzazione molto fine e ben regolabile; minore pressione dell'acqua necessaria; dimensione delle goccioline influenzabile tramite la pressione dell'acqua e dell'aria.

Svantaggi: necessari compressore e sistema separato di condotte dell'aria; maggiore fabbisogno energetico; tecnicamente più complessa. ^[14, 15]

Variante 3 – Unità di ugelli nebulizzatori con pompa, iniezione di aria compressa (compressore) e ventilatore verticale

Questa forma costruttiva combina la nebulizzazione pneumatica con un flusso d'aria diretto verso l'alto e si ispira tecnicamente al principio di un cannone da neve. A differenza della produzione di neve, l'acqua non deve però congelare, bensì essere distribuita ed evaporata il più finemente possibile nell'aria calda. Uno o più ventilatori verticali trasportano le goccioline verso l'alto, apportano continuamente aria ambiente e prolungano il tempo di permanenza della nebbia d'acqua nell'aria.

Vantaggi: nebulizzazione molto fine; miscelazione intensa con l'aria ambiente; tempo di sospensione e di evaporazione più lungo; trasporto mirato verso l'alto.

Svantaggi: massimo impegno tecnico ed energetico; peso aggiuntivo; le potenze di ventilatore, compressore e pompa devono essere armonizzate tra loro. ^[16]

Possibili forme di esecuzione costruttiva

Gli esempi seguenti mostrano diverse disposizioni dell'unità di ugelli nebulizzatori e possibili combinazioni delle tre varianti tecniche di base.

Nota sulle illustrazioni: le unità di ugelli nebulizzatori raffigurate sono visualizzazioni concettuali e non fotografie di impianti esistenti. Le rappresentazioni sono state realizzate come visualizzazioni progettuali assistite dall'IA secondo le indicazioni dell'autore. [17]



Unità di nebulizzazione con ugelli ad anello e ventilatore verticale

Impiego: Con pompa, compressore e ventilatore verticale.

Trasporto: Il palo è ribaltabile; l'unità con ugelli ad anello e il ventilatore sono smontabili per il trasporto



Disposizione circolare di un'unità di ugelli nebulizzatori

Impiego: Con pompa, compressore e ventilatore verticale.

Trasporto: La parte superiore dei tubi di nebulizzazione e il ventilatore sono smontabili.



Unità di ugelli nebulizzatori a doppia fila

Impiego: Con pompa ad alta pressione oppure con pompa e compressore.

Trasporto: La parte superiore dei tubi di nebulizzazione è smontabile.



Unità di nebulizzazione con ugelli ad anello

Impiego: Con pompa ad alta pressione oppure con pompa e compressore.

Trasporto: Il palo è ribaltabile; la parte superiore dell'unità con ugelli ad anello è smontabile.



Unità di ugelli nebulizzatori a fila singola

Impiego: Con pompa ad alta pressione oppure con pompa e compressore.

Trasporto: La parte superiore dei tubi di nebulizzazione è smontabile.



Unità di ugelli nebulizzatori a fascio

Impiego: Con pompa ad alta pressione oppure con pompa e compressore.

Trasporto: La parte superiore dei tubi di nebulizzazione è smontabile.

6. Conclusioni e prospettive

Il procedimento «Il Facitore di pioggia» unisce un'idea di base tecnica e fisica relativamente semplice a una possibile utilità straordinaria. Le esperienze e gli esperimenti sul campo finora condotti mostrano che, a mio avviso, vi sono ragioni sufficienti per riprendere questo procedimento nelle attuali condizioni climatiche e sperimentarlo nella pratica.

Proprio di fronte alla crescente scarsità di piogge, a periodi di siccità e di caldo più lunghi e alle conseguenze che ne derivano per l'agricoltura, i boschi, i fiumi, l'approvvigionamento idrico, l'economia e la popolazione, si pone la domanda se possiamo permetterci di lasciare inutilizzata una tale possibilità. A ciò si aggiunge l'effetto rinfrescante, immediatamente percepibile, di una pioggia persistente: dopo lunghi periodi di caldo la temperatura ambientale scende nettamente in breve tempo, e anche il suolo, prima fortemente riscaldato, viene raffreddato in modo duraturo. Se con il procedimento del Facitore di pioggia fosse davvero possibile provocare o favorire in modo mirato le precipitazioni, si potrebbe forse non solo combattere la siccità, ma anche, grazie a questo effetto rinfrescante, contrastare il crescente riscaldamento globale.

Perciò non dovremmo soffermarci troppo a lungo sulla questione teorica se il procedimento sia possibile o meno. Decisivo sarebbe avviare l'esperimento nelle condizioni odierne con un accompagnamento scientifico e osservare che cosa accade realmente.

Che cosa accadrebbe se il procedimento del Facitore di pioggia avesse successo – cosa di cui sono convinto – e un giorno potessimo così influenzare o «guidare» in modo mirato le precipitazioni non solo in Italia, ma forse anche in Europa, cosicché la scarsità di piogge e i lunghi periodi di siccità diventassero sempre più una parola sconosciuta?

Non meno importante potrebbe essere l'impiego nei Paesi in via di sviluppo, le cui possibilità di vita e di sviluppo sono fortemente limitate proprio a causa della mancanza di precipitazioni e della cronica scarsità d'acqua. Una tecnologia relativamente semplice, in grado di rendere possibile lì la pioggia in modo affidabile, avrebbe per l'agricoltura, l'approvvigionamento idrico e la sicurezza alimentare un'importanza difficilmente sopravvalutabile.

La presente documentazione intende fornire a tal fine un contributo oggettivo e servire agli enti interessati della politica, della scienza, dell'economia, delle associazioni e dell'amministrazione come base per un esame approfondito.

Perché, in definitiva, solo un esperimento pratico può mostrare che cosa sia realmente possibile.

*«Ciò che è possibile non lo scopriamo con il solo dubbio,
ma avendo il coraggio di provarci.» ^[22]*

7. Il procedimento «Far piovere» – Principio di base

Hans Hangartner und Patent CH 679 262 A5

„Verfahren und Vorrichtung zum Bewirken von Regen“

CH 679 262 A5
SCHWEIZERISCHE EIGENSCHAFT
BUNDESAUF FÜR GEISTES EIGENTUM
Int. Cl.: A 01 G 15/00
B 08 B 17/04
Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerischschweizerisches Patentschreiben vom 22. Dezember 1979
PATENTSCHRIFT A5
Gesuchnummer: 2064/89
Anmeldungsdatum: 01.06.1989
Patent erteilt: 31.01.1992
Patentschrift veröffentlicht: 31.01.1992
Erfinder: Hangartner, Hans, Steinach
Verfasser: Hangartner, Hans, Steinach
Verfahren und Vorrichtung zum Bewirken von Regen.
Die Vorrichtung ist insbesondere für Gegenden geeignet, in denen der zu bewirkende Niederschlag in Meeresnähe besteht. Meerwasser wird über eine Zuleitung (1) und eine Pumpe (2) einer Vorrichtung zugeführt, an der in gewissen Abstand vom Boden Zerstäubungsgeköpfe (3) angebracht sind. Das Meerwasser wird in warme, trockene Luft zerstäubt und dadurch verdunstet. Die dann feuchte Luft steigt in kühleren Luftschichten auf, wo sich durch Kondensation Wolken bilden und Regen entsteht. Zur Erzielung einer genügend grossen Wirkung wird das Meerwasser über einen längeren Zeitraum zum Beispiel mehrere Tage oder mehrere Wochen, und in genügend grosser Menge in die Luft zerstäubt. Es bildet sich ein kleiner Tropfenwasser und es entwickelt sich eine Regenwolke, da es möglich macht, dass die künstlich erzeugten, meteorologischen, Totalwasser und verdunstete Masse noch vorhanden bleibt und so über den gewünschten Gebiet genügend Feuchtigkeit erzeugen kann, so dass es zu einer ausreichenden Niederschlagsmenge kommt.

Ausschnitt aus der bereitgestellten Patentschrift CH 679 262 A5.

Alla base del procedimento vi è una considerazione fisica estremamente semplice: se l'acqua – idealmente acqua di un ruscello, di un fiume, di un lago o del mare – viene pompata attraverso un sistema di tubi fino a un'altezza di circa cinque-nove metri e lì nebulizzata in goccioline finissime, la superficie complessiva dell'acqua aumenta fortemente. In questo modo una grande quantità d'acqua può evaporare in breve tempo. L'evaporazione sottrae calore all'aria circostante e al tempo stesso la arricchisce di umidità aggiuntiva. Proprio questa modifica dello strato d'aria vicino al suolo dovrebbe creare condizioni favorevoli al movimento dell'aria, alla termica, alla formazione di nubi e infine alla pioggia. [3, 4]

L'aria vicina al suolo, fortemente riscaldata, viene umidificata e raffreddata localmente dal processo di nebulizzazione. In interazione con il continuo riscaldamento del suolo e le conseguenti differenze di temperatura e densità può svilupparsi una corrente ascensionale locale. Se questo processo viene proseguito ininterrottamente per un periodo prolungato – secondo la documentazione disponibile per diversi giorni fino a settimane –, ne dovrebbe derivare al suolo una piccola ma stabile area di bassa pressione ovvero una crescente circolazione dell'aria. [3, 4]

Secondo le descrizioni disponibili, questo sistema locale sviluppa una certa dinamica propria: aria più umida proveniente dai dintorni – in particolare da un corpo idrico adiacente – viene richiamata. L'aria ascendente raggiunge strati d'aria più freschi, dove il vapore acqueo può condensare e possono formarsi nubi. Secondo i resoconti storici, nel corso di diversi giorni l'area d'influenza si amplierebbe, fino a quando si instaura uno scambio tra l'aria calda sopra la terraferma arida e l'aria più umida sopra il mare o un lago. [3, 4]

L'importanza particolare dell'acqua di mare o salata

Per il procedimento del Facitore di pioggia l'acqua di mare o salata è particolarmente interessante per due motivi. Da un lato essa svolge, come ogni acqua nebulizzata, la funzione termica del procedimento: il forte aumento della superficie delle goccioline finissime favorisce l'evaporazione, raffredda l'aria circostante e ne aumenta al tempo stesso il contenuto di umidità.

Dall'altro lato, con l'acqua di mare o salata, sali e minerali disciolti giungono nell'aria in goccioline minuscole. Se una parte dell'acqua evapora, restano particelle saline molto piccole. Queste sono igroscopiche, possono cioè assorbire umidità dall'ambiente. In tal modo all'effetto termico dell'acqua nebulizzata si aggiunge un effetto microfisico, che può essere importante per la formazione e la crescita delle goccioline delle nubi.^[11]

Il possibile vantaggio dell'acqua di mare o salata non consiste quindi nel fatto che l'acqua salata evapori più intensamente o più rapidamente dell'acqua pura. Essa combina piuttosto l'apporto d'acqua con l'immissione aggiuntiva di nuclei naturali salini di aerosol e di condensazione. In questo senso l'acqua di mare o salata può integrare funzionalmente il procedimento descritto rispetto a un'acqua dolce molto povera di minerali e forse renderlo più efficiente.^[11]

Nuclei di condensazione e goccioline delle nubi

Affinché il vapore acqueo nell'atmosfera possa condensare in goccioline di nube, svolgono un ruolo importante i cosiddetti nuclei di condensazione. Si tratta di particelle molto piccole presenti nell'aria, sulle quali possono depositarsi le molecole d'acqua. Nebulizzando acqua con minerali disciolti – in modo particolarmente marcato con l'acqua di mare, in misura minore con l'acqua di lago o di fiume – dopo un'evaporazione parziale o completa possono restare finissime particelle di sale ovvero di minerali.^[11]

Tali particelle igroscopiche possono assorbire umidità e, in condizioni adatte, agire come nuclei naturali di condensazione delle nubi. In una nube in formazione le piccole goccioline così originatesi possono continuare a crescere e unirsi ad altre goccioline. Affinché dalle goccioline delle nubi si formi infine una precipitazione, devono però essere date inoltre le necessarie condizioni meteorologiche.^[11]

La legge di Raoult

Nel resoconto «Der Mann, der es in der Sahel-Zone regnen liess» («L'uomo che fece piovere nel Sahel») del 1989, in relazione all'attivazione della pioggia di Hangartner, si fa esplicito riferimento al professor François-Marie Raoult di Grenoble e alla legge di Raoult che porta il suo nome. Il resoconto di allora collega questa legge con l'abbassamento del punto di congelamento e l'innalzamento del punto di ebollizione delle soluzioni.^[4, 9]

Per l'effetto dell'acqua salina qui considerato è di particolare interesse la tensione di vapore di una soluzione. In termini semplificati, la legge di Raoult descrive che l'acqua con sali o altre sostanze disciolte – quindi per esempio l'acqua di mare o salata – possiede una tensione di vapore leggermente inferiore rispetto all'acqua quasi pura ovvero distillata. Anche l'acqua dolce contiene di regola minerali e sali disciolti, tuttavia per lo più in concentrazione inferiore rispetto all'acqua di mare. Questo cosiddetto effetto Raoult è importante anche per goccioline saline molto piccole ovvero per particelle di aerosol.^[9]

$$p(\text{acqua, soluzione}) = x(\text{acqua}) \times p^0(\text{acqua})$$

La teoria di Köhler – collegamento con la formazione delle nubi

Un ulteriore inquadramento fisico è fornito dalla teoria di Köhler della microfisica delle nubi. Essa descrive a quali condizioni piccole particelle igroscopiche di aerosol assorbono acqua, continuano a crescere e possono essere attivate come goccioline di nube. In essa l'influsso delle sostanze disciolte, così come viene descritto con l'effetto Raoult, viene collegato all'influsso della superficie curva di goccioline molto piccole.^[10, 11]

Proprio nel caso del sale marino questo nesso è di particolare interesse: grazie alle loro proprietà igroscopiche, le particelle di sale marino possono assorbire acqua e, con un'adeguata umidità dell'aria ovvero sovrasaturazione, essere attivate come nuclei di condensazione delle nubi. Il riferimento di Hangartner all'acqua di mare e alla legge di Raoult riceve così un'ulteriore spiegazione microfisica.^[10, 11]

In breve

Nel procedimento descritto l'acqua dolce agisce soprattutto tramite nebulizzazione, evaporazione, raffreddamento e arricchimento di umidità. L'acqua di mare o salata combina inoltre questo effetto con l'immissione di particelle saline igroscopiche, che possono agire come nuclei di condensazione. In tal modo l'acqua di mare o salata può possedere per il procedimento un vantaggio funzionale aggiuntivo.

Il modello d'azione di Hangartner – i due schizzi

I due schizzi utilizzati da Hangartner illustrano l'interazione da lui ipotizzata tra terraferma arida, mare e atmosfera. Per la documentazione sono stati ridisegnati e chiaramente etichettati, affinché in seguito possano anche essere trasposti facilmente in altre lingue.^[4]

Fig. 1

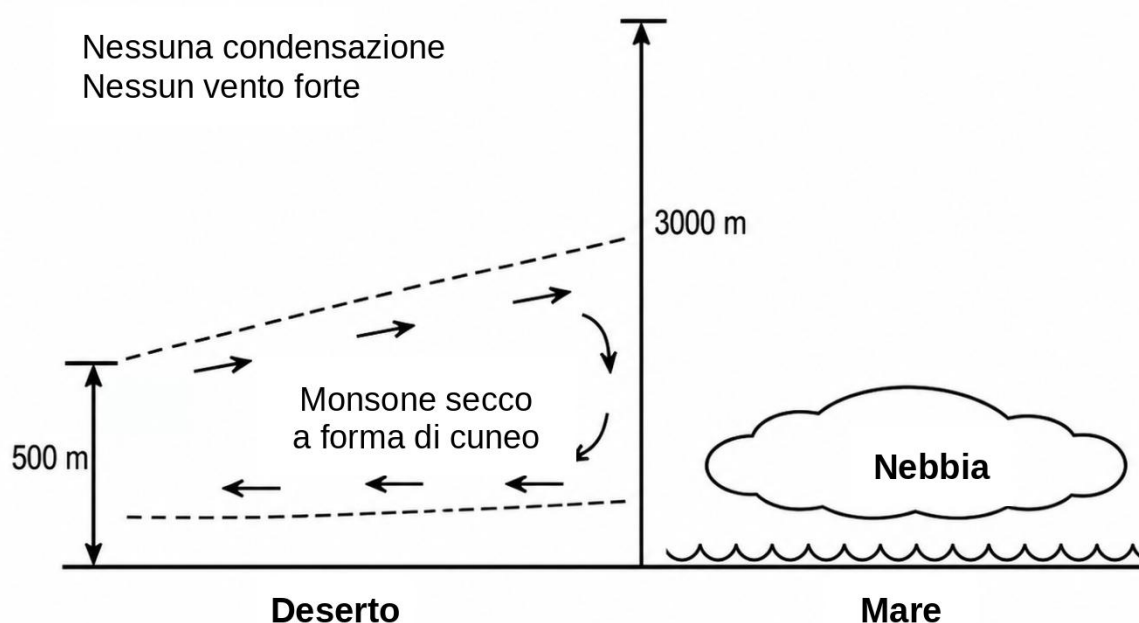


Fig. 1 (ridisegnata): situazione iniziale secondo Hangartner – monzone secco a forma di cuneo sopra il deserto; sopra il mare si trova un banco di nebbia.

La fig. 1 mostra la situazione iniziale: sopra il deserto, secondo la rappresentazione di Hangartner, un monzone secco a forma di cuneo si muove solo a un'altezza relativamente bassa. Sopra il mare si trova invece un banco di nebbia. Lo schizzo contrassegna questa condizione con «Nessuna condensazione»

e «Nessun vento forte». Lo scambio di umidità tra mare e terraferma è in questa rappresentazione ancora debolmente marcato.^[4]

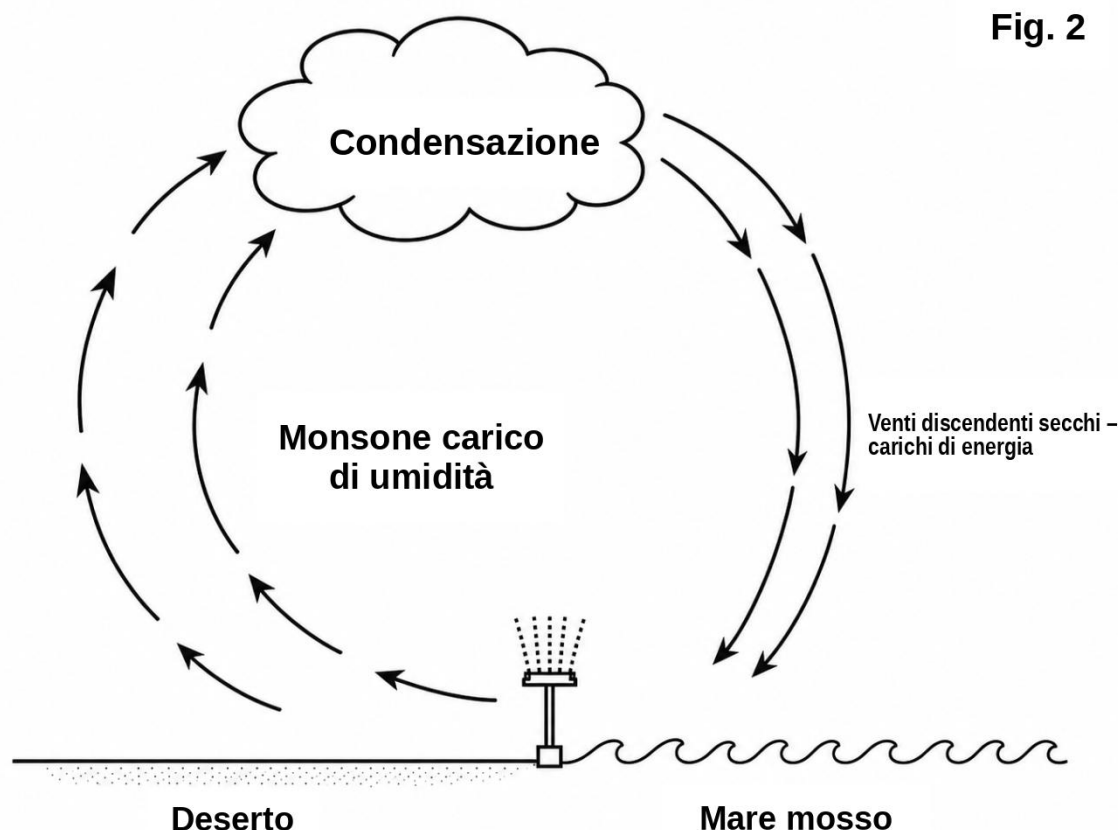


Fig. 2 (ridisegnata): circolazione rafforzata – l'aria carica di umidità sale, inizia la condensazione, venti discendenti secchi – carichi di energia – rifluiscono verso il corpo idrico.

La fig. 2 mostra la circolazione attivata secondo la concezione di Hangartner. L'aria carica di umidità fluisce da un corpo idrico vicino – mare, lago o fiume – in direzione della terraferma più calda e lì sale. A maggiore altitudine inizia la condensazione, con liberazione di calore. L'aria, a quel punto più secca, ridiscende e rifluisce – nello schizzo di Hangartner indicata come «venti discendenti secchi – carichi di energia» – in direzione del corpo idrico. Lì può assorbire nuovamente umidità. Il funzionamento continuato della nebulizzazione dovrebbe stimolare questa circolazione e rafforzarla progressivamente.^[4]

Nota: le due illustrazioni ridisegnate si basano sugli schizzi a mano contenuti nell'articolo di Hans-Joachim Ehlers, «Der Mann, der es in der Sahel-Zone regnen liess», raum&zeit 43/89, p. 70. L'idea di fondo rappresentata è stata mantenuta nel ridisegno.^[4]

Due livelli d'azione collegati tra loro

Gli schizzi descrivono soprattutto il livello dinamico su vasta scala del procedimento: movimento dell'aria, trasporto di umidità, ascesa, condensazione e flusso di ritorno.

La legge di Raoult e la teoria di Köhler integrano questo modello a livello microfisico: spiegano il nesso tra sali disciolti, particelle igroscopiche di aerosol e la formazione ovvero l'attivazione delle goccioline delle nubi.^[9, 10, 11]

Nel complesso ne risulta un modello d'azione ampliato: l'impianto di nebulizzazione dovrebbe da un lato influenzare termicamente e dinamicamente l'aria vicina al suolo e sostenere una circolazione più ampia tra terraferma e acqua; dall'altro, in caso di utilizzo di acqua di mare o salata, possono essere immessi nell'atmosfera anche nuclei di condensazione naturali salini.

Secondo le fonti disponibili, l'effetto descritto – dall'inizio della nebulizzazione fino all'inizio delle precipitazioni – si verificherebbe di solito dopo circa tre-quattordici giorni, anche se ciò può variare fortemente a seconda delle condizioni locali. [4, 6]

Il resoconto dal Sahel descrive che dopo circa tre giorni si era sviluppata una circolazione sufficientemente ampia e il quarto giorno iniziò a piovere. Durante la missione in India del 1988 iniziò a piovere circa due settimane dopo l'arrivo di Hangartner, il 14 luglio 1988. [4, 6]

Il procedimento del Facitore di pioggia esplica il suo effetto tanto meglio quanto più secca è l'aria e quanto più intenso è l'irraggiamento solare.

8. Contesto meteorologico

Il rapporto tra bassa e alta pressione

Per il procedimento è di particolare importanza il gradiente di temperatura e di pressione tra la terraferma fortemente riscaldata e un corpo idrico vicino più fresco. Sopra la terraferma calda l'aria sale, mentre l'aria sopra il mare, il lago o il fiume rimane relativamente più fresca e più densa. In questo modo può formarsi una corrente d'aria come quella nota, in linea di principio, anche dalla circolazione naturale di brezza di terra e di mare. [12]

Importanza del luogo d'impiego

La scelta del luogo d'impiego svolge quindi un ruolo centrale. L'unità di nebulizzazione dovrebbe, per quanto possibile, essere messa in funzione direttamente presso un mare, un lago, un fiume o un altro corpo idrico sufficientemente grande. In questo modo non solo si dispone di acqua sufficiente per la nebulizzazione, ma al tempo stesso anche di una fonte naturale di umidità nelle immediate vicinanze. [4, 5, 12]

Condizioni meteorologiche

L'intensità con cui si sviluppa il processo avviato dall'impianto di nebulizzazione dipende dalle rispettive condizioni meteorologiche. Sono importanti in particolare:

- Temperatura e umidità dell'aria
- Intensità dell'irraggiamento solare
- Direzione e forza del vento
- Distribuzione della temperatura negli strati d'aria superiori
- Stabilità ovvero instabilità dell'atmosfera
- Dimensioni e temperatura del corpo idrico adiacente
- Morfologia del terreno e sistemi di vento regionali presenti. [12]

La scelta del momento e del luogo dell'impiego è quindi decisiva. Secondo le descrizioni disponibili, per il procedimento sono favorevoli condizioni particolarmente calde, secche e soleggiate.

Altri influssi

È pensabile che ulteriori fattori locali o meteorologici influenzino l'andamento del procedimento. Proprio un esperimento pratico potrebbe contribuire a osservare direttamente tali nessi e ad acquisire conoscenze su luoghi adatti, sul momento d'impiego ottimale e sull'effetto in diverse condizioni meteorologiche.

9. Fonti e riferimenti

Le fonti seguenti costituiscono la base per le indicazioni storiche, meteorologiche, scientifiche e tecniche contenute in questa documentazione. I numeri corrispondono ai rimandi alle fonti nel testo.

Fonti storiche, meteorologiche e scientifiche

- [1] Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera / PF di Zurigo: Climate CH2025 – Drier summers / Swiss climate scenarios. Indicazioni sulla crescente siccità estiva, sull'evaporazione, sull'umidità del suolo e sull'evoluzione del caldo in Svizzera. <https://www.meteoswiss.admin.ch/climate/climate-change/drier-summers.html> (consultato il 19.08.2026).
- [2] Ufficio federale dell'ambiente UFAM: «Sommer 2026: Trockenheit und hohe Waldbrandgefahr» («Estate 2026: siccità ed elevato pericolo di incendi boschivi»), pubblicato il 24.07.2026. Indicazioni sulla marcata siccità, sui bassi livelli dell'acqua e sul pericolo di incendi boschivi in Svizzera. <https://www.bafu.admin.ch/de/sommer-2026-trockenheit-und-hohe-wassertemperaturen> (consultato il 19.08.2026).
- [3] Hans Hangartner: brevetto svizzero CH 679 262 A5, «Verfahren und Vorrichtung zum Bewirken von Regen» («Procedimento e dispositivo per provocare la pioggia»). Deposito 01.06.1989; brevetto rilasciato e fascicolo di brevetto pubblicato il 31.01.1992. Fonte: fascicolo di brevetto messo a disposizione / Istituto Federale della Proprietà Intellettuale.
- [4] Hans-Joachim Ehlers: «Der Mann, der es in der Sahel-Zone regnen liess» («L'uomo che fece piovere nel Sahel»), *raum&zeit*, n. 43/89, pp. 68–72. Fonte: articolo originale messo a disposizione. Particolarmente rilevante: p. 69 – dopo circa tre giorni la circolazione è sufficientemente ampia; il 4° giorno inizia a piovere.
- [5] Edith Lier: «Hans Hangartner – Der verkannte Regengott» («Hans Hangartner – Il dio della pioggia misconosciuto»), *Beobachter*, 08.07.2005. <https://www.beobachter.ch/familie/hans-hangartner-der-verkannte-regengott> (consultato il 19.08.2026).
- [6] H. B.: «Ein Schweizer als Regenmacher in Indien» («Uno svizzero facitore di pioggia in India»), *Tages-Anzeiger*, mercoledì 27.07.1988, p. 48. Fonte: articolo originale messo a disposizione. Particolarmente rilevante: p. 48 – la pioggia inizia il 14 luglio 1988, circa due settimane dopo l'arrivo di Hangartner a fine giugno.
- [7] India Meteorological Department (IMD): Subdivisional Rainfall Data – Saurashtra and Kutch. Precipitazioni storiche mensili e annuali. <https://imd pune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/saurashtraandkutch.html> (consultato il 19.08.2026).
- [8] India Meteorological Department (IMD): Subdivisional Rainfall Data – Gujarat Region. Precipitazioni storiche mensili e annuali. <https://imd pune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/gujaratregion.html> (consultato il 19.08.2026).
- [9] International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC): «Raoult's law», *Compendium of Chemical Terminology (Gold Book)*, DOI: 10.1351/goldbook.15349. <https://doi.org/10.1351/goldbook.15349> (consultato il 19.08.2026).
- [10] Köhler, H.: «The nucleus in and the growth of hygroscopic droplets», *Transactions of the Faraday Society*, 1936, vol. 32, pp. 1152–1161. DOI: 10.1039/TF9363201152.
- [11] Kleinheins, J.; Shardt, N.; Lohmann, U.; Marcolli, C.: «The surface tension and cloud condensation nuclei (CCN) activation of sea spray aerosol particles», *Atmospheric Chemistry and Physics*, 25, 881–903, 2025. DOI: 10.5194/acp-25-881-2025.
- [12] NOAA / National Weather Service: nozioni di base sulla circolazione delle brezze di terra, di lago e di mare, sulle differenze di pressione di origine termica e sulle zone di convergenza della brezza di mare (Sea-Breeze-Convergence-Zones). https://www.weather.gov/source/zhu/ZHU_Training_Page/winds/Wx_Terms/Flight_Environment.htm (consultato il 19.08.2026).

Fonti tecniche su sistemi di pompe, ugelli e ventilatori

- [13] Danfoss: «High-pressure water mist systems». Sistemi industriali di nebbia d'acqua ad alta pressione con pressioni d'esercizio fino a 100 bar ed elevate portate. <https://www.danfoss.com/en/products/hpp/high-pressure-water-mist-systems/high-pressure-water-mist-systems/> (consultato il 19.08.2026).
- [14] Lechler: «KSD nozzle lances» – ugelli bifluido a miscelazione esterna. Campo di pressione tipico: liquido 1–10 bar, aria di nebulizzazione 1–15 bar. <https://www.lechler.com/my-en/products/process-technology/nozzle-lances-and-systems-for-gas-cooling/ksd-nozzle-lances> (consultato il 19.08.2026).

- [15] Ikeuchi Europe: «AKIJet – Impinging-type pneumatic spray nozzle». Nebulizzazione pneumatica finissima con diametro medio delle goccioline di 10 µm o inferiore. <https://www.ikeuchi.eu/catalogs/akijet/> (consultato il 19.08.2026).
- [16] TechnoAlpin: dati tecnici sui cannoni a ventola (fan guns), tra cui TR10/MMS. Combinazione di pressione dell'acqua, compressore/nucleatori e turbina; pressione d'esercizio dell'acqua tipicamente 8–40 bar. <https://www.technoalpin.com/en/snow-guns/fan-guns/tr10/> (consultato il 19.08.2026).
- [17] Visualizzazioni concettuali dell'unità mobile di ugelli nebulizzatori: rappresentazioni progettuali assistite dall'IA secondo le indicazioni dell'autore, realizzate nel 2026. Le illustrazioni servono a visualizzare possibili forme costruttive e non mostrano impianti di serie esistenti.

Fonti su approvvigionamento energetico e salute

- [18] Analisi Montel sul calo della produzione elettrica delle centrali idroelettriche ad acqua fluente in Svizzera e in Austria, estate 2026. <https://www.wetterauer-zeitung.de/wirtschaft/duerre-legt-europas-kraftwerke-lahm-strom-wird-teurer-zr-94444778.html> (consultato il 21.08.2026).
- [19] 20 Minuten: «AKW Beznau halbiert Leistung – Aare zu warm für Kühlwasser» («La centrale nucleare di Beznau dimezza la potenza – l'Aar troppo calda per l'acqua di raffreddamento»), 23.06.2026. <https://www.20min.ch/story/kanton-aargau-aare-ist-zu-warm-akw-beznau-muss-leistung-halbieren-103588881> (consultato il 21.08.2026).
- [20] Ufficio federale dell'ambiente UFAM: Analisi dei rischi climatici per la Svizzera 2025; PLANAT – Piattaforma nazionale «Pericoli naturali»: «Hitze» («Caldo»). <https://www.bafu.admin.ch/de/klima-risikoanalyse-2025> e <https://www.planat.ch/de/naturgefahren/-risiken/hitze> (consultato il 21.08.2026).
- [21] Ufficio federale dell'ambiente UFAM / National Centre for Climate Services (NCCS): «Klimawandel und Gesundheit – Die Hitze ist ein stiller Killer» («Cambiamenti climatici e salute – Il caldo è un killer silenzioso»). <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/dossiers/klimawandel-und-gesundheit-die-hitze-ist-ein-stiller-killer.html> (consultato il 21.08.2026).

Fonti integrative per l'edizione Italia

- [23] Sky TG24: «Siccità in Italia, emergenza idrica in Piemonte. Quali sono le altre regioni più a rischio», 15.07.2026 (portata del Po in media circa il 65 % sotto il valore normale, in alcuni punti fino all'80 %; mancanza di foraggio e di latte per il Parmigiano Reggiano). <https://tg24.sky.it/ambiente/2026/07/15/siccita-italia-regioni-rischio> – Il Post: «La siccità in Italia, vista dai satelliti», 16.08.2026 (bollettino dell'Autorità di bacino del fiume Po del 13.08.2026 con «siccità estrema»; abbassamento del Lago Maggiore). <https://www.ilpost.it/2026/08/16/siccita-italia-foto-satellitari/> – Ecosseven: «Siccità del Po: cosa sta succedendo e perché (i dati)», 11.07.2026 (risalita dell'acqua di mare fino a circa 25 km nell'entroterra). <https://www.ecosseven.net/ambiente/siccita-del-po-2026/> – QuiFinanza: «Siccità, il caldo minaccia il Made in Italy a tavola», 27.06.2026 (area del Po come origine di circa un terzo della produzione agricola e alimentare italiana). <https://quifinanza.it/lifestyle/food-economy/siccita-italia-territori-rischio-estate-2026/1005230/> – AgroNotizie: «Italia tra siccità al Nord, incendi al Sud e temporali», 24.07.2026 (incendi in Sicilia). <https://agronotizie.imaginenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2026/07/24/italia-tra-siccita-al-nord-incendi-al-sud-e-temporali/89574> (tutti consultati il 29.09.2026).
- [24] Rienergia (Staffetta Quotidiana): «La siccità ferma le centrali elettriche», 2022 (bacino del Po con circa il 55 % dell'energia idroelettrica italiana; dipendenza delle centrali termoelettriche dall'acqua di raffreddamento del Po). <https://rienergia.staffettaonline.com/articolo/35010/La-siccita-C3%A0+ferma+le+centrali+elettriche/Gardella> – Quotidiano Energia: «Siccità, fermi 2.000 MW termoelettrici lungo il Po», giugno 2022. <https://www.quotidianoenergia.it/module/news/page/entry/id/480637/siccita-fermi-2000-mw-termoelettrici-lungo-il-po> – Switcho: «Caldo e condizionatori, estate 2026 "salvata" dall'energia solare», 2026 (sintesi del rapporto Ember su caldo e siccità di giugno/luglio 2026: produzione idroelettrica più bassa da oltre dieci anni, centrali termoelettriche ridotte). <https://www.switcho.it/blog/luce-gas/energia-solare-estate-2026> (tutti consultati il 29.09.2026).
- [25] Doctor33: «Caldo, in Italia oltre 19 mila morti nell'estate 2024. Lo studio», settembre 2025. Articolo sullo studio del Barcelona Institute for Global Health (ISGlobal, progetto EARLY-ADAPT) pubblicato su «Nature Medicine»: circa 18'800 (2022), 13'800 (2023) e oltre 19'000 (2024) decessi legati al caldo in Italia, soprattutto tra le persone di età superiore ai 75 anni. <https://www.doctor33.it/articolo/65501/caldo-in-italia-oltre-19-mila-morti-nellestate-2024-lo-studio-su-nature-medicine> (consultato il 29.09.2026).

Citazione dell'autore

- [22] Jonathan Hertig: «Ciò che è possibile non lo scopriamo con il solo dubbio, ma avendo il coraggio di provarci.» Citazione dell'autore, 2026.

[23] Calcolo proprio dell'autore sul volume d'acqua liberato dall'esperimento della pioggia, circa **62,2 miliardi di m³**, ricavato dai dati pluviometrici dell'India Meteorological Department per Saurashtra e Kutch [7]. Basi di calcolo e derivazione: vedi documentazione «Il Facitore di pioggia», p. 20.

Dettagli di calcolo sul fabbisogno d'acqua per provocare la pioggia e sulla quantità di pioggia: ^[23]

Negli anni:

- 1985 297,7 mm di precipitazione annua
- 1986 303,8 mm di precipitazione annua
- 1987 92,5 mm di precipitazione annua
- 1988 14,9 mm precipitazione semestrale gennaio–giugno 1988
708,9 mm di precipitazione totale / 3,5 anni = **202,5 mm di precipitazione media** all'anno
(All'inizio di luglio Hangartner ha iniziato l'«esperimento della pioggia», e il 14 luglio 1988 è iniziata la pioggia)

Dopo l'esperimento della pioggia dall'1 al 14 luglio 1988 sono caduti fino alla fine del 1988 **773,2 mm di pioggia** (vedi documentazione «Il Facitore di pioggia»).

- Durante i 14 giorni Hangartner ha consumato ogni giorno circa 3 m³ d'acqua = **totale 42 m³ d'acqua**
- Superficie dell'area Saurashtra + Kutch in India = 109'000 km²
- Quantità di precipitazione: pioggia fino alla fine del 1988: 773,2 mm, meno 202,5 mm, = **570,7mm** di precipitazione media × **109'000 km²** = Totale 62'206'300'000 m³ (**62,2 miliardi di m³ di pioggia**)

Dati pluviometrici dell'India Meteorological Department per Saurashtra e Kutch:

<https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/saurashtraandkutch.html> (il link si apre in ca. 30 secondi)