



Giorgio Nebbia **Esperimento con un
distillatore solare tubolare
di materia plastica**

gruppo giornalistico dell'edagricole bologna

estratto dalla rivista "macchine e motori agricoli..

anno XVI n. 7 Luglio 1958

Esperimento con un distillatore solare tubolare di materia plastica

di **GIORGIO NEBBIA**

L'utilizzazione dell'energia solare per distillare acque salmastre ed ottenere acqua dolce presenta importanti e favorevoli prospettive e rappresenta uno dei più efficienti sistemi sia per la demineralizzazione delle acque salmastre (1) (2) che per la utilizzazione dell'energia solare (3) (4).

Il principio di funzionamento dei distillatori solari è semplice (fig. 1): un distillatore solare è schematicamente costituito da una vasca contenuta in uno spazio chiuso, limitato da pareti trasparenti alla radiazione solare. L'energia solare passa attraverso le pareti o il tetto del distillatore, viene assorbita dall'acqua nella vasca e ne fa aumentare la temperatura. Una parte dell'acqua evapora e si condensa sulla superficie interna delle pareti o del tetto del distillatore. L'acqua distillata viene raccolta entro grondaie e avviata a recipienti di raccolta.

In questa forma schematica a semplice effetto un distillatore solare produrrà una quantità di acqua dolce proporzionale alla intensità della radiazione solare e dipendente dalla efficienza del dispositivo. Il rendimento, inteso come rapporto fra quantità di calore necessaria per far evaporare l'acqua effettivamente distillata per unità di superficie della vasca e intensità della radiazione solare che raggiunge l'unità di super-

ficie della vasca, dipende dalla trasparenza delle pareti o del tetto del distillatore, dall'assorbimento della radiazione da parte della vasca contenente l'acqua salmastra (per questo si usano vasche annerite) dalla quantità di calore dissipata attraverso le pareti del distillatore, attraverso il fondo della vasca contenente l'acqua da distillare, per irraggiamento, ecc.

Per ridurre la quantità di calore dissipata attraverso il fondo della vasca si isola termicamente il fondo stesso.

Per avere una prima valutazione della quantità di acqua che i distillatori solari possono fornire ricordiamo che la quantità di calore necessaria per far evaporare 1 kg di acqua scaldandolo da 20° a 70° è circa 600 kcal.

I dati sulla intensità della radiazione solare in vari paesi del mondo sono rilevati sistematicamente, in altri si hanno soltanto dati frammentari e indicativi. In Italia da qualche anno è stata sviluppata una estesa rete di rilevamenti attinometrici da parte dell'Aeronautica Militare. Tale rete si sta allargando e cominciano ad essere disponibili i primi importanti dati sulla intensità della radiazione solare in varie località di Italia per lunghi periodi di tempo (5).

Dai dati riferentisi al periodo luglio

1954-giugno 1955 si rileva che i valori annuali medi della radiazione solare globale giornaliera per alcune città d'Italia sono stati i seguenti:

Bologna (latitudine $44^{\circ} 31'$) 3000 kcal/(mq) (giorno);

Ancona (latitudine $43^{\circ} 37'$) 3300 kcal/(mq) (giorno);

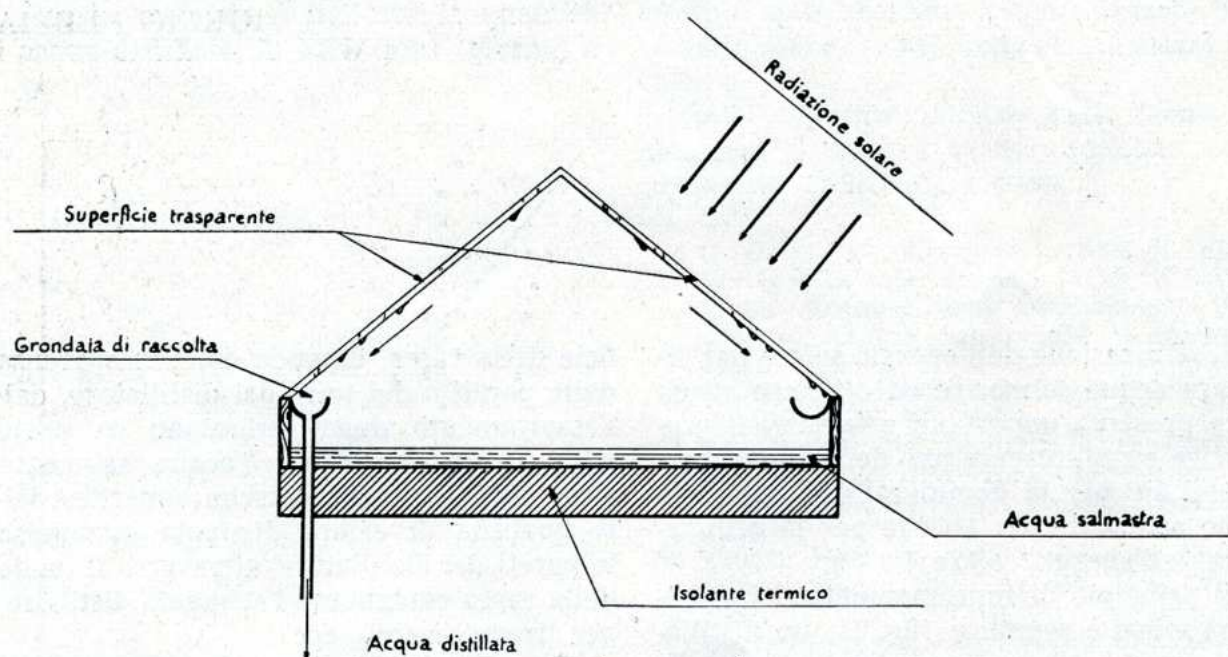
Vieste (latitudine $41^{\circ} 52'$) 3800 kcal/(mq) (giorno);

Taranto (latitudine $40^{\circ} 28'$) 3900 kcal/(mq) (giorno);

Messina (latitudine $38^{\circ} 11'$) 3600 kcal/(mq) (giorno).

del 50 %, la quantità di acqua distillata ottenibile, per mq di superficie della vasca del distillatore, in molti paesi dell'Italia meridionale, si può considerare nei vari mesi la seguente: aprile: 4 litri; maggio: 5 litri; giugno e luglio: 5,5 litri; agosto: 5 litri; settembre: 4 litri.

Tutte le ricerche condotte in passato sui distillatori solari si proponevano la risoluzione dei seguenti problemi: a) realizzare modelli che utilizzano per la distillazione una alta percentuale della radiazione incidente; b) impiegare per tali modelli materiali da costruzione estremamente economici.



Prendendo per valida, per molte regioni dell'Italia meridionale, una media annua della radiazione solare di 3600 kcal/(mq) (giorno) la massima quantità di acqua ottenibile con un distillatore solare, supponendo una utilizzazione del 100 % dell'energia solare, è di 6 litri/(mq) (giorno), pari a circa 2,2 mc/(mq) (anno).

Tenendo però presente che i migliori distillatori solari presentano un rendimento, nel senso sopra definito, di soltanto circa il 50 %, la quantità massima di acqua distillata ottenibile da un distillatore di 1 mq di superficie della vasca si aggira intorno a 1 mc all'anno.

La produzione di acqua dolce è naturalmente maggiore d'estate, quando è anche maggiore il fabbisogno. In base alle medie disponibili e supponendo un rendimento

Come appare dalle precedenti considerazioni il costo dell'acqua distillata dipende sostanzialmente dal costo dell'impianto; non si ha infatti consumo di energia e le spese di manutenzione sono molto modeste limitandosi alle operazioni di caricamento dell'acqua salmastra nel distillatore e allo scarico dei sali o delle soluzioni saline concentrate, alle pulizie, ecc.

Si considera oggi che siano economicamente convenienti dei distillatori solari che costino 4000 lire/mq ⁽¹⁾. I modelli attuali sono ancora molto lontani da questo obiettivo e tuttavia le attuali sperimentazioni sono già i risultati di molte ricerche e sforzi precedenti.

I primi esperimenti rivestono ormai interesse storico anche se i distillatori costruiti nel Cile ⁽⁶⁾, in Francia ⁽⁷⁾ ⁽⁸⁾, in Cire-

naica ⁽⁹⁾, nell'Unione Sovietica ⁽¹⁰⁾ ⁽¹¹⁾ ⁽¹²⁾ hanno permesso di prendere confidenza con questo sistema di distillazione e hanno indicato i problemi da affrontare e alcune soluzioni pratiche.

Le ricerche sistematiche sono state intraprese durante e dopo la seconda guerra mondiale soprattutto ad opera della dott.ssa Telkes che ha realizzato dei distillatori gonfiabili di materia plastica da usare per il rifornimento idrico di emergenza dei naufraghi ⁽¹³⁾ passando poi a diversi altri modelli ⁽¹⁴⁾ fino ai più recenti distillatori di grande semplicità costruttiva che permettono di realizzare elevati rendimenti ⁽¹⁵⁾ ⁽¹⁶⁾.

Si deve soprattutto alla dott.ssa Telkes una indagine sistematica sulle cause che abbassano il rendimento dei distillatori solari. Fra queste cause la perdita di calore attraverso la base della vasca contenente l'acqua da distillare può variare fra il 10 e il 50 % della radiazione incidente ⁽¹³⁾ ⁽¹⁵⁾.

Per quanto riguarda i materiali da costruzione le materie plastiche si prospetterebbero come molto promettenti per la loro leggerezza e lavorabilità se non avessero un costo ancora molto elevato e se non presentassero gli inconvenienti di alterarsi col tempo per esposizione agli agenti atmosferici ^(16 g) e di non essere bagnabili dall'acqua per cui quando vengono impiegate per le superfici trasparenti-condensanti dei distillatori solari danno luogo ad un caratteristico fenomeno di condensazione dell'acqua a gocce che può avere come effetto una diminuzione della trasparenza della superficie alla radiazione solare. La valutazione quantitativa di questo effetto peraltro dà luogo a pareri contrastanti.

Partendo da precedenti ricerche condotte con modelli di distillatori solari aventi la vasca di plexiglas ^(16 c) ^(16 d), di legno ^(16 d), di lamiera metallica ^(16 e) e di cemento ^(16 f), isolata termicamente con diversi accorgimenti, è stata intrapreso il presente esperimento allo scopo di studiare di quanto viene ridotta la dispersione di calore attraverso il fondo della vasca quando il fondo stesso viene isolato con l'aria calda e stagnante dell'interno del distillatore, ponendo cioè la vasca al centro di uno spazio tubolare. Un modello di questo genere era già stato proposto e sperimentato da Howe ⁽¹⁾ ^(16 i) ^(16 j).



2

PARTE SPERIMENTALE.

Il distillatore sperimentato (che rappresenta il modello n. 6 della serie di ricerche intraprese dall'Autore) è illustrato nella fig. 2. Come appare chiaramente da tale figura si tratta di un romboedro largo 40 cm, alto 28 cm e lungo 103 cm, di plexiglas.

All'interno del romboedro è posta orizzontalmente una vaschetta di alluminio anodizzato di cm $100 \times 33 \times 3$, con la superficie, quindi, di 0,33 mq. La vaschetta è tenuta lontana dalle pareti del condensatore mediante spaziatori di alluminio.

Il lato lungo della vaschetta è disposto nel senso est-ovest in modo che le facce grandi del romboedro siano esposte una a sud e l'altra a nord.

Il caricamento dell'acqua da distillare avviene attraverso il rubinetto e viene effettuato ogni 2-3 giorni in modo che il livello dell'acqua nella vaschetta sia sempre di 1-3 cm.

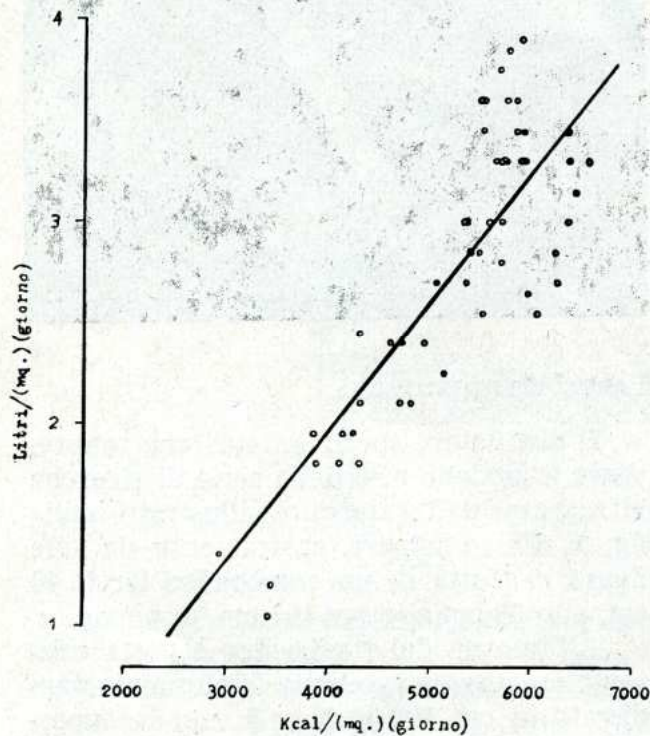
L'energia solare attraversa la parete del distillatore esposta a sud e viene assorbita dall'acqua contenuta nella vaschetta annerita provocandone l'evaporazione. Il vapo-

re si condensa sulle superfici interne e scorre verso il fondo donde, con una leggera pendenza, esce e viene raccolta in un cilindro graduato.

Due termometri misurano la temperatura dell'aria e dell'acqua all'interno del distillatore. La temperatura dell'acqua è sempre superiore di circa 3-5° a quella dell'aria. La massima temperatura dell'acqua osservata è stata di 70°.

RISULTATI.

I risultati ottenuti nell'estate 1957 sono riportati nel grafico della fig. 3; in tale grafico in ordinate è indicata la quantità di acqua distillata, in litri/(mq) (giorno) e



in ascisse è indicata l'intensità della radiazione solare in kcal/(mq) (giorno) (17).

In base ai dati sperimentali è stata calcolata, col metodo dei minimi quadrati, la retta interpolante la cui equazione è:

$$y = 0,000644 x - 0,617$$

Come appare da questa equazione la retta non passa per l'origine, come c'era da aspettarsi. È necessario che la radiazione solare superi un valore minimo perché cominci la distillazione e questo valore corrisponde alla quantità di calore necessaria per scaldare il distillatore.

Tenendo presente che la quantità di calore necessario per far evaporare l'acqua scaldandola da 20° a 70° è circa 600 kcal., la quantità di calore necessario per scaldare il distillatore è data da

$$0,617 \times 600 = \text{circa } 370 \text{ kcal/ (mq) (giorno).}$$

Una volta che è iniziata la distillazione si ottengono 0,644 litri ogni 1000 kcal. Poiché la quantità di acqua che teoricamente è possibile far evaporare con 1000 kcal è circa 1,6 litri, il rendimento si può considerare

$$\frac{0,644}{1,6} = 40 \%$$

Ciò significa che, una volta che il distillatore è stato scaldato, viene utilizzato per la distillazione il 40 % dell'energia solare incidente.

Sulla superficie interna delle lastre di plexiglas si osserva la caratteristica condensazione dell'acqua a gocce.

- (1) G. O. G. LÖF, *Demineralization of saline Water with solar energy*. Office of Saline Water Research and Development Progress Report n. 4, Agosto 1954, Washington D. C.
- (2) G. NEBBIA, « Boll. Sci. Fac. Chim. Ind. Bologna », 16, 47 (1958).
- (3) ASSOCIATION FOR APPLIED SOLAR ENERGY, *Proceeding of the World Symposium on Applied Solar Energy*, Phoenix, Arizona, 1956.
- (4) UNITED NATIONS, *New sources of energy and economic development*, New York, 1957.
- (5) O. DE PASQUALE, « Riv. Meteorol. Aeron. », 16, (4), 1-18 (1956).
- (6) J. HARDING, « Proc. Inst. Civil. Engrs. », 73, 284 (1883).
- (7) A. BOUTARIC, « Recherches et Inventions », 8, 205 (1927); « Chaleur ed Ind. », 11, 59 e 147 (1930).
- (8) J. RICHARD, « Recherches et Inventions », 8, 474 (1927).
- (9) G. LA PAROLA, « Notiz. Econ. Cirenaica », Bengasi, 1929.
- (10) K. G. TROFIMOV, *Demineralizzazione dell'acqua con l'energia solare*, Tashkent, 1935.
- (11) D. V. ZAITSEV, *Demineralization of water*, 1948 (traduzione inglese dal russo a cura dell'Office of Saline Water, Washington, 1958).
- (12) AKADEMIYA NAUK S.S.S.R., *Ispolizovanie solnechnoi energii*, Moscow, 1957.
- (13) M. TELKES, *Solar distiller for life rafts*, Office of Scientific Research for Defense Report n. 5225, Office of Technical Service PB 21120, Giugno 1945, Washington D. C.
- (14) M. TELKES, « Ind. Eng. Chem. », 45, 1108 (1953).

- (15) M. TELKES, *Researches on methods for solar distillation*, Office of Saline Water Research and Development Progress Report n. 13, Dicembre 1956, Washington, D. C.
- (16) Partendo dai prototipi studiati dalla dottoressa Telkes, sostanzialmente ispirati al primo distillatore solare funzionante nel Cile nel secolo scorso (6), hanno condotto sperimentazioni con distillatori solari vari ricercatori di cui si citano le principali pubblicazioni. Sono stati sperimentati vari modelli, diversi materiali da costruzione, sono stati raccolti dati in diverse condizioni ambientali e i risultati così ottenuti rappresentano le basi per le future sperimentazioni.

Algeria

- (a) C. GOMELLA, Relazioni alla riunione tenuta sotto gli auspici dell'O.E.C.E. ad Algeri il 3-4 Maggio 1955.

Francia

- (b) H. COANDA, Brevetto francese 647.350.

Italia

- (c) G. NEBBIA, « Geofisica e Meteorologia », 1, 100 (1953).
- (d) G. NEBBIA, « La Chimica e l'Industria », 36, 20 (1954).
- (e) G. NEBBIA, « Geofisica e Meteorologia », 2, 50 (1954).
- (f) G. NEBBIA, « Ricerca Scientifica », 25, 1443 (1955).

Stati Uniti

(g) BJORKSTEN RESEARCH LABORATORIES INC., *Utilization of plastics in solar stills*, rapporto inedito.

(h) E. D. HOWE, « J. Am. Water Works Assoc. », 44, 690 (1952).

(i) UNIVERSITY OF CALIFORNIA, Sea Water Conversion Program, Progress Reports: 14 Gennaio 1953, 15 Settembre 1953, 15 Gennaio 1954, 1 Marzo 1955.

(l) E. D. HOWE, *Conference on Solar Energy*, Tucson, Arizona, 1955 (in corso di stampa).

Australia

(m) B. W. WILSON, *The desalting of bore water by solar distillation*, C.S.I.R.O., Melbourne, Luglio 1954.

Unione Sovietica

(n) V. A. BAUM, « J. Sci. Ind. Res. », 14 A, 365 (1955).

(o) V. A. BAUM, *Wind and Solar Energy*, UNESCO, Paris, 1956, 152-157.

- (17) I valori dell'intensità della radiazione solare a Bologna sono quelli rilevati dal locale osservatorio dell'Aeronautica Militare e sono stati messi a disposizione per gentile interessamento del Prof. De Pasquale di Messina, che desidero vivamente ringraziare.