RIV. PIEM. ST. NAT. 3, 1982: 97-112

VIRGILIO ANSELMO, BIAGIO BERGESIO, ETTORE MOLINARO

IRRAGGIAMENTO SOLARE A BRA

RIASSUNTO - Il Museo Civico Craveri di Bra ha una Stazione meteorica che da oltre 120 anni (1859) raccoglie dati sul clima locale. L'elaborazione di questi permette confronti su periodi lunghi e distanti tra loro. Federico Craveri aveva pure inventato un Eliofotometro che ha funzionato dal 1873 al 1908. Dopo un intervallo di circa settant'anni (solo per questi rilievi) si è ripresa la misurazione dell'irraggiamento solare al suolo con un Piranografo bimetallico tipo Robitzsch. Nell'attesa di poter confrontare i dati di allora con quelli di oggi, cominciamo a dare una serie di tabelle e grafici riguardanti questi 3 anni (1979-82) con particolare attenzione ai semestri « invernali » (ottobre-marzo), nella speranza di contribuire in modo naturalistico alla soluzione del problema energetico anche nel nostro territorio.

RÉSUMÉ - Une Station météorique est annexée au *Museo Civico Craveri* d'Histoire Naturelle de Bra (CN-I); elle a commencée à fonctionner en 1859. Les données presque complètes de ces 120 années d'observations météorologiques représentent un précieux matériel pour l'étude du climat local et pour des comparaisons entre des périodes assez éloignées. Entre les autres mésures il y a celles de la radiation solaire effectuées dès 1873 et jusqu'au 1908 avec l'*Eliofotometro Craveri.*

Dès 1979 on a relevé de nouveau les valeurs de la radiation solaire au sol avec un Pyranographe bimétallique type Robitzsch. Dans l'attente de pouvoir élaborer les données relevées précédemment et d'effectuer des comparaisons avec les actuelles, au moment, nous nous contentons de publier et d'analyzer les relevés de la radiation des années 1979-82 avec l'espoir de donner des éléments utiles à résoudre aussi dans notre zone les problèmes connexes avec la crise énergétique.

SUMMARY - Since 1859 a weather station have been joined to the Civic Museum Craveri of Natural History in Bra. The almost entire data of these observation during 120 years are a good matter to study the local climate and to compare among fairly far periods. With the other measurements there are the solar irradiation ones executed from 1879 to 1908 by *Eliofotometro Craveri.*

Since 1919 solar irradiation data have been taken on the ground by bimetallic Pyranographer, type Robitzsch. Waiting for previously taken data elaboration and a comparison among the present ones we are publishing and analyzing the irradiation data from 1979 to 1982. We hope to offer useful elements to resolve the problems about the energetic crisis into our region, too.

In Italia secondo i dati ufficiali del Servizio idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici (Travaglini B., 1978), esistono 1169 stazioni termometriche di cui 306 dotate di registratori (in Piemonte sono rispettivamente 108 e 18) e 3495 stazioni pluviometriche di cui 1715 dotate di registratore (in Piemonte rispettivamente 295 e 149).

Alla rete del Servizio idrografico si affianca quella della Aeronautica Militare costituita da 140 stazioni meteorologiche, di cui 31 provvedono al rilievo della radiazione solare e della durata di insolazione (Palmieri S., 1978).

Esistono inoltre in Piemonte stazioni pluviometriche gestite dagli Assessorati provinciali dell'agricoltura con funzionamento stagionale.

Accanto alle stazioni sopra citate, numerosi enti pubblici e privati provvedono alla raccolta di dati meteorologici di cui spesso non sono pubblicati i risultati (es. ENEL).

Tra le molte stazioni sopra citate pochissime (intorno alla decina), e tra queste quella del Museo Craveri di Bra, hanno dati che documentano centovent'anni di clima.

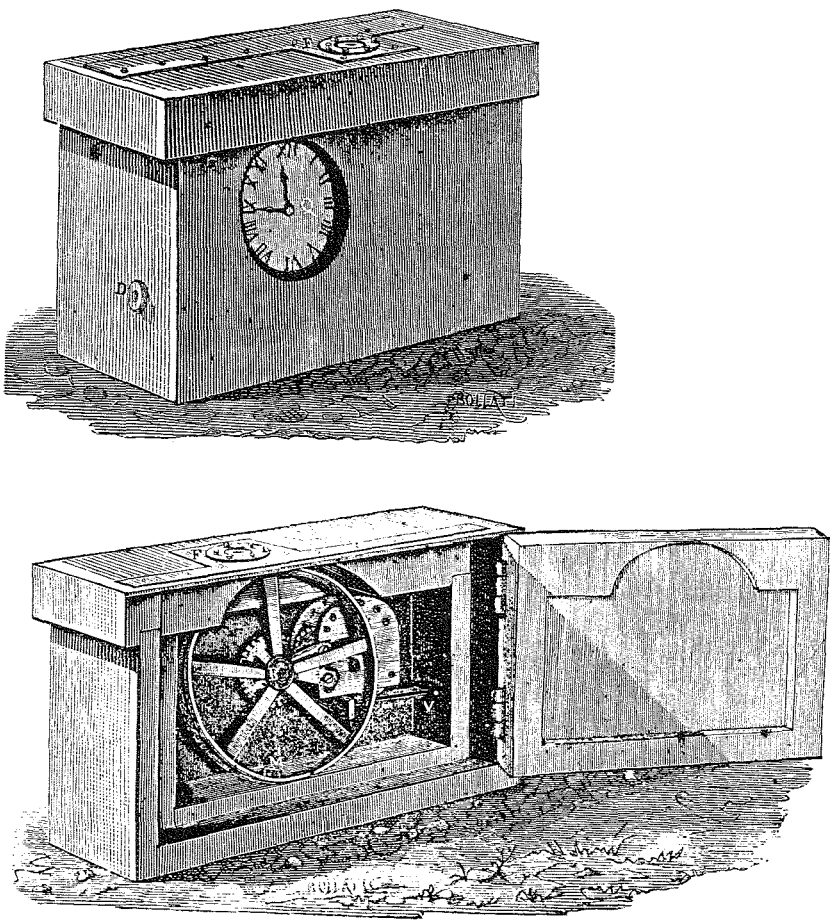


Fig. 1 — Eliofotometro Craveri (da Bull. Meteor. del R. Collegio C. Alberto di Moncalieri, 1873).

Le osservazioni e misurazioni al Museo ebbero inizio nel dicembre 1859 con l'annotazione giornaliera della pressione, temperatura e osservazione delle idrometeore e condizioni generali del cielo. Dopo l'interruzione forzata a causa dei lavori di ristrutturazione dell'edificio nel 1861, le misurazioni ripresero con assiduità nel gennaio 1862 e agli strumenti precedenti si aggiunsero dei termografi di massima e minima, lo psicrometro, il pluviometro ed un anemometro inventato dai Fratelli Federico ed Ettore Craveri. Nel '67 vengono registrati i decimi di cielo coperto. Dopo una seconda interruzione, dal settembre '71 al marzo '72 a causa di una grave disgrazia familiare, ripresero le misurazioni con l'aggiunta di un secondo gruppo di termometri per raffronto, « un apparecchio automatico del Padre Denza per la registrazione del vento e della pioggia, oltre all'eliofotometro (1873) con il quale si misura il potere della luce solare, dallo spuntare dell'astro al suo tramonto, traducendo poi con cifre i segni lasciati sulla carta fotografica » (F. Craveri).

Federico Craveri fu un pioniere, non solo nella invenzione di uno strumento che portò il suo nome in molti Osservatori italiani ed esteri, ma anche perché seppe correlare lo studio della meteorologia ai fini pratici dell'agricoltura. Il suo strumento raccolse dati per 36 anni sino al 1908 e ce ne ripromettiamo l'elaborazione per un prossimo articolo. Solamente nel 1979 ci è stata data la possibilità di riprendere queste misurazioni con il Piranografo e dopo circa tre anni di rilievi dell'irraggiamento diretto e diffuso al suolo su superficie orizzontale, intendiamo proporne la pubblicazione. In questo tempo di crisi energetica la proposta vuole avere fini pratici al fine di riallacciare il rapporto utente-tecnico-natura nel modo più appropriato.

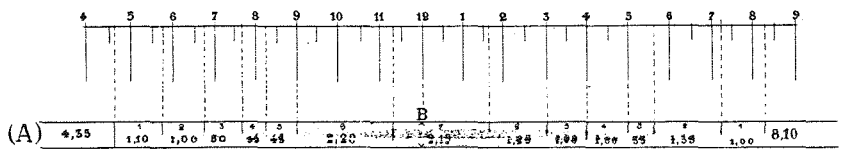
Gli strumenti

Uno degli strumenti più ingegnosi inventati nel secolo scorso è certamente l'Eliofotometro Craveri. Ideato nel 1873, servì per le prime misurazioni della radiazione solare. Era costituito da un'armatura di legno a forma di parallelepipedo con un movimento ad orologeria verificabile su un quadrante a 12 ore, mentre all'interno gli ingranaggi trasmettevano il moto ad una ruota dentata che compiva una sola rotazione nelle 24 ore. Sul perno di questa era fissato un cerchio di ottone sul quale si poteva fermare una striscia di carta telegrafica resa fotosensibile con due bagni chimici. La luce solare, passando per una feritoia dall'alto dell'apparecchio, impressionava più o meno intensamente il nitrato d'argento secondo l'intensità luminosa. Dopo un bagno di fissaggio le strisce potevano essere lette servendosi di una serie di vetrini colorati che permettevano di quantificare l'intensità e la relativa durata con valori da 1 a 7 (vedi tavola n. 1).

Tra i naturali eredi dell'Eliofotometro figura il Piranografo bimetallico tipo Robitzsch. Questo strumento usato al Museo dal maggio 1979 è costituito da una scatola metallica nella quale è situato uno speciale organo sensibile alla radiazione, consistente « in 3 lamine bimetalliche affiancate, di cui quella centrale annerita e le laterali imbiancate, disposte in modo che le deformazioni termiche delle bianche agiscano, sugli spostamenti della penna, in senso opposto a quelle della nera.

Schema *indicante il modo di registrare il lavoro ottenuto dall'Eliofotometro. — L'esempio è preso dalla prima Decade di Luglio 1881, quali giornate più belle dell'anno. A scanso di confusione non vennero tracciate le divisioni di cinque in cinque minuti, quali si trovano sul regolo annesso all'apparecchio. — Al fine di ogni mese si riuniscono le medie delle tre Decadi in uno specchietto, e le medie risultanti dànno poi le* medie mensili.

SVILUPPO DEL CERCHIO DELL'APPARECCHIO, RIDOTTO ALLA TERZA PARTE DELLA SUA GRANDEZZA.



Striscia ottenuta in Bra il 1° Luglio 1881, ridotta al terzo della sua grandezza.

NOTA. — L'operatore divide gli spazî occupati dalle varie intensità colorite, con tratti verticali; scrive i numeri corrispondenti sul margine superiore della striscia.

I tempi si notano sul margine inferiore, scrivendo con numeri le ore, ed i minuti divisi dal punto; se però lo spazio occupa solamente dei minuti, per brevità non si scrive lo zero dell'ora. Siano p. e. cinquanta minuti: si scrive 50 e non 0.50.

Tutte queste operazioni grafiche si eseguiscono colla matita.

Il segno *B* alle ore 12 serve per collocare a dovere la striscia nell'*Album*.

REGISTRAZIONE

Addizione delle ore corrispondenti ad ogni tinta

N. 1	2	3	4	5	6	7
1.10	1.00	0 55	0.35	0.45	2.20	2.15
1.00	1.35	0.35	1.00	1.00	1.25	»
2.10	2.35	1.30	1.35	1.45	3.45	2.15

N. 1 = 2.10
» 2 = 2.35
» 3 = 1.30
» 4 = 1.35
» 5 = 1.45
» 6 = 3.45
» 7 = 2.15
Totale ore 15.35

Controllo.

Effemeridi locali { Leva il sole = 4.35
Tramonta = 8.10

Dunque ore 7.25 mattina
+ 8.10 sera
Totale ore 15.35

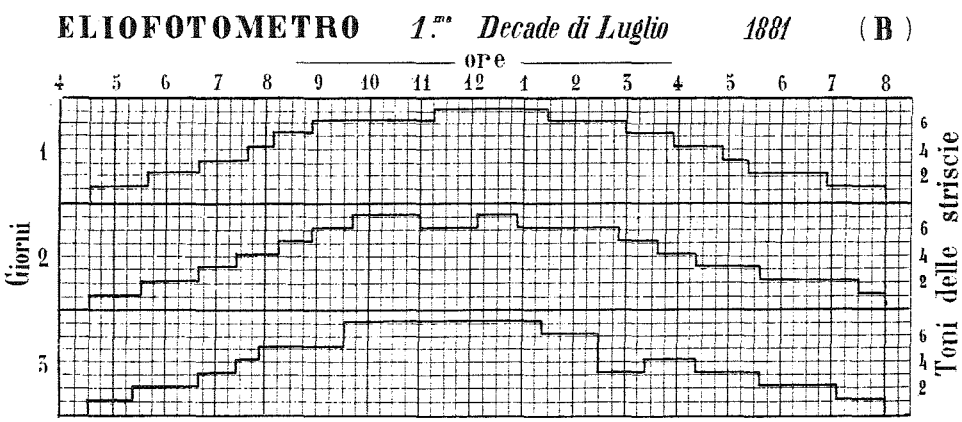


Fig. 2 — Tavole e istruzioni per la preparazione dei grafici quotidiani con i rilievi dell'Eliofotometro Craveri (da Boll. Mens. Ass. Meteor. It., vol. III, 1883).

La radiazione incidente sulle bilamine, provoca un aumento della loro temperatura che è funzione dell'intensità della radiazione e del colore delle lamine. La differenza di temperatura fra bilamine bianche e nere è funzione della sola intensità della radiazione; quindi la differenza di deformazione (essendo funzione lineare della temperatura) è proporzionale alla intensità della radiazione, e viene registrata dalla penna.

Gli elementi sensibili sono situati all'incirca nel piano equatoriale di una piccola cupola emisferica di vetro d'ottica, a chiusura stagna » (SIAP, *Piranografo bimetallico SO 2800,* descrizione e uso, Bologna).

Il piranografo registra su carte diagrammate posizionate su di un tamburo a rotazione diurna o settimanale azionato ad orologeria, l'intensità della « radiazione globale » (diretta, diffusa e riflessa).

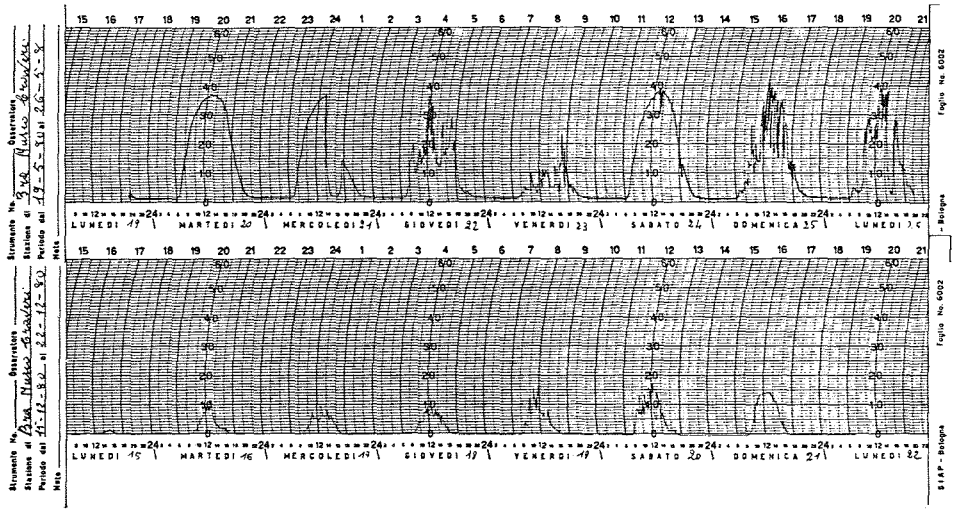


Fig. 3 — Nel diagramma relativo al periodo 19-26 maggio 1980 si notano: giorno di sole pieno il martedì 20 e con qualche nuvola il sabato 24; mezza giornata di sole pieno seguita da 5 ore di nuvolo (13-18) e la ricomparsa del sole velato il mercoledì 21; giornate con nuvolosità progressiva domenica 25, lunedì 26, giovedì 22 e venerdì 23. Nel diagramma relativo al mese di dicembre si noti quanto sia basso il sole durante il solstizio invernale, infatti la domenica 21 pur essendo un giorno quasi sereno ha totalizzato solamente 1402 Kcal/mq (in superficie orizzontale), a confronto delle 6325 del 20 maggio (il 22%), mentre il giorno 15 registra un minimo di 72 Kcal/mq (il 5% del 21.12) in un giorno con cielo coperto e pioggia; nei giorni dal 16 al 20 la nuvolosità è variabile.

« L'operazione di spoglio dei diagrammi consiste nello stabilire il valore del coefficiente che esprime quest'ultimo rapporto, nel calcolare l'area del diagramma e quindi nel ricavare con una semplice moltiplicazione il valore ricercato della quantità di calore radiante » (SIAP, *op. cit.*).

La Teoria

Per il calcolo teorico della radiazione solare diretta e diffusa al suolo, in giorni sereni su superficie orizzontale viene utilizzato il sistema di calcolo proposto dall'associazione americana ASHRAE.

I dati presi in considerazione sono:

— costante solare fuori dell'atmosfera (Io = w/mq)
— coefficienti ricavati da esperienze note (A - B - C - H - δ)
— latitudine (φ)
— declinazione apparente del sole (δ)
— angolo orario (t)
— angolo zenitale del sole (z)

Tali dati vengono raccolti dalla ASHRAE nella seguente relazione:

$$Ith = A \cdot E^{-B \,:\, \sec z} (c + \cos z)$$

Il valore di Cos z è dato dalla seguente relazione:

$$\cos. z = \cos. \varphi \times \cos. \delta \times \cos. t + \sin. \varphi \times \sin. \delta$$

tenendo conto della culminazione del sole, che si trova considerando la correzione della longitudine tra Bra e il Meridiano dell'Etna, un'ora ad est di Greenwich e della correzione dovuta all'equazione del tempo H.

I coefficienti A - B - C - H - δ, si ottengono interpolando i valori originali relativi al 21 di ogni mese, calcolati dall'Università di Minnesota e riportati sulla seguente tabella:

TABELLA 1

Data	Io (W/mq)	H (min-sec)	δ (gradi)	A (W/mq)	B	C
21 gennaio	1395	+11:8	—20,1	1236	0,142	0,058
21 febbraio	1384	+13:28	—10,8	1220	0,194	0,060
21 marzo	1363	+7:19	0,0	1192	0,156	0,071
21 aprile	1340	—0:0,8	+11,5	1141	0,180	0,097
21 maggio	1320	—3:32	+20,0	1110	0,196	0,121
21 giugno	1310	+1:48	+23,5	1094	0,205	0,134
21 luglio	1311	+6:25	+20,5	1090	0,207	0,136
21 agosto	1324	+1:18	+12,4	1113	0,201	0,122
21 settembre	1346	—7:30	+1,0	1157	0,177	0,092
21 ottobre	1367	—15:06	—10,4	1198	0,160	0,073
21 novembre	1387	—13:55	—19,7	1227	0,149	0,063
21 dicembre	1398	—1:32	—23,4	1239	0,142	0,057

L'elaborazione dei dati teorici è stata fatta utilizzando un programma elaborato in collaborazione con l'ing. Gian Vincenzo Fracastoro su di un calcolatore Texas TI 59.

Per calcolare la quantità di calore radiante globale reale in un giorno viene invece usata la seguente relazione:

$$Q = S \cdot kt$$

dove:

Q = quantità di calore radiante globale giorno (cal/cm^2)
S = area del diagramma misurato sulla cartina (cm^2)
kt = coefficiente ricavato dalla tabella di Morikofer.

La lettura dell'area del diagramma è stata effettuata utilizzando un misuratore di coordinate bipolare a fili ed i dati, previamente registrati su nastro perforato, sono stati elaborati con un calcolatore Hewlett Packard 9830.

I dati

Dall'elaborazione dei diagrammi sono stati ricavati una serie di valori (riportati nelle tabelle 2-5) in kcal/m^2 giorno per il periodo 21 maggio 1979 - 31 marzo 1982.

Vengono altresì riportate le medie decadiche, mensili, semestrali (1° ottobre - 31 marzo e 1° aprile - 30 settembre) e annuali.

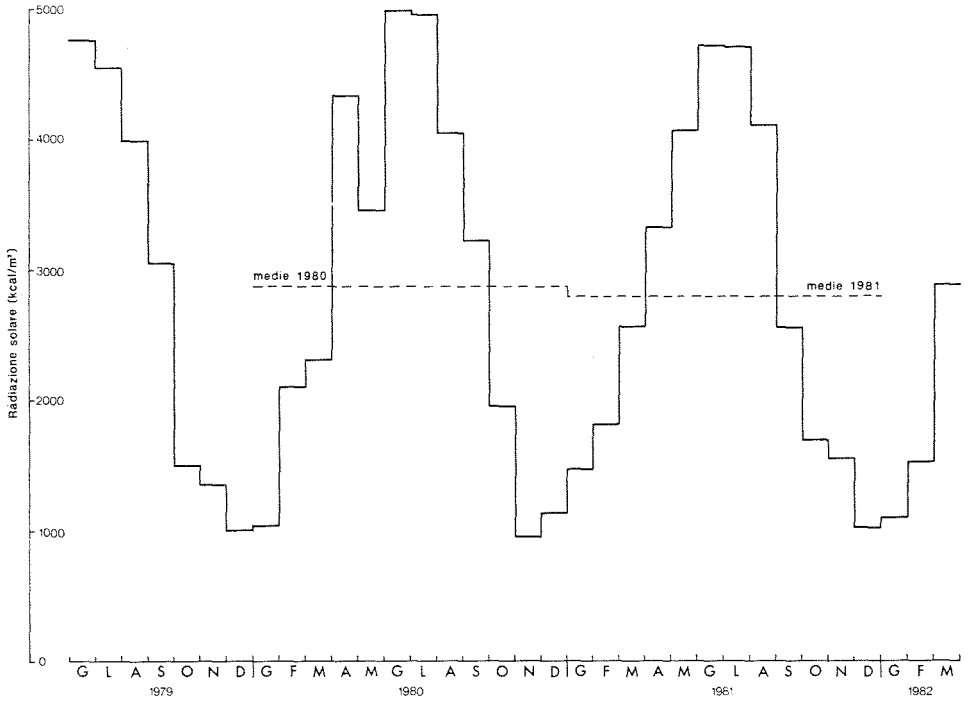


Fig. 4 — Grafico dell'irraggiamento solare effettivo al suolo in Kcal/mq giorno (—) e delle medie annuali 1980 e 81 (- - -).

Tab. 2 — RADIAZIONE SOLARE (Kcal/m² giorno) - ANNO 1979.

GIORNI	MESI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-	-	-	-	-	4806.5	1652.8	3841.1	4761.8	3405.0	1381.3	1535.4
2	-	-	-	-	-	2876.4	1969.9	4649.6	4380.7	2530.1	451.3	520.1
3	-	-	-	-	-	3763.3	4398.4	5243.2	2436.3	947.3	1960.3	1488.8
4	-	-	-	-	-	4407.8	5217.0	5326.0	3340.9	621.5	1131.0	1588.0
5	-	-	-	-	-	4699.5	6347.3	4596.1	1764.8	828.8	2187.4	1472.3
6	-	-	-	-	-	3294.5	6070.5	3861.1	3365.9	3311.2	2148.8	1460.7
7	-	-	-	-	-	4864.9	6011.8	4725.6	4514.0	1624.5	2177.6	1377.7
8	-	-	-	-	-	4113.8	5559.8	3007.5	3965.6	2053.8	1616.5	576.8
9	-	-	-	-	-	4182.1	6337.5	3952.8	3854.4	1729.0	245.0	960.6
10	-	-	-	-	-	4456.3	6019.8	4622.4	2930.6	780.8	458.1	254.1
11	-	-	-	-	-	4740.0	3055.7	4393.8	2795.1	220.0	1813.4	548.9
12	-	-	-	-	-	5016.1	2643.5	5451.2	4503.7	722.3	1966.5	1545.1
13	-	-	-	-	-	4842.8	4794.7	5015.1	4048.3	1689.8	787.0	1260.5
14	-	-	-	-	-	6255.4	6249.0	4710.4	4020.3	655.8	1044.8	222.4
15	-	-	-	-	-	3983.2	5664.8	4773.8	4056.9	2625.2	214.0	1073.0
16	-	-	-	-	-	3893.4	4178.0	2105.2	1149.6	1384.4	931.0	1560.9
17	-	-	-	-	-	4482.7	5647.9	5289.7	3139.7	1830.4	1097.0	1481.0
18	-	-	-	-	-	6095.4	5083.3	843.1	2352.8	2690.3	2039.4	1566.5
19	-	-	-	-	-	5187.3	4967.3	3380.2	1834.0	3129.4	1919.1	329.8
20	-	-	-	-	-	5513.1	4841.7	4656.2	939.6	2234.7	1573.5	636.7
21	-	-	-	-	6102.7	6228.1	4439.9	5231.7	427.4	2020.4	1673.2	207.0
22	-	-	-	-	5567.1	4428.2	5248.8	4289.9	1687.5	1510.9	1265.2	130.6
23	-	-	-	-	6088.1	6226.6	3026.8	4499.3	2578.6	235.0	1344.9	273.2
24	-	-	-	-	5583.2	5335.5	5463.2	3663.6	2928.1	936.1	923.8	1606.2
25	-	-	-	-	5666.6	5169.3	3605.4	5275.2	3785.7	681.3	1579.1	863.0
26	-	-	-	-	5569.1	5203.7	4464.7	3722.0	2752.8	645.9	1602.3	415.6
27	-	-	-	-	2481.3	2621.1	5352.8	3459.1	3699.8	157.2	1466.6	1292.6
28	-	-	-	-	4909.0	5436.3	5225.6	2983.9	3407.3	660.9	1395.2	723.0
29	-		-	-	5222.3	5591.0	4402.1	3518.1	3020.8	1245.5	593.7	1723.8
30	-		-	-	5147.6	5251.1	3855.8	1801.4	2844.3	2284.7	1626.6	1513.6
31	-		-		5322.8		3711.3	4922.3		2349.1		1773.7
MEDIE DECADICHE												
1	-	-	-	-	-	4146.5	4958.4	4382.5	3531.4	1783.2	1375.7	1123.5
2	-	-	-	-	-	5000.9	4712.6	4061.8	2884.0	1718.2	1338.5	1022.5
3	-	-	-	-	5241.7	5149.1	4436.0	3942.4	2713.2	1157.0	1347.0	956.6
MEDIE MENSILI												
	-	-	-	-	-	4765.4	4693.5	4122.8	3042.9	1540.0	1353.7	1031.6

Tab. 3 — RADIAZIONE SOLARE (Kcal/m² giorno) - ANNO 1980.

GIORNI	MESI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1627.1	1560.7	2225.2	4630.5	1775.1	6779.4	6044.6	4434.9	5168.7	3227.3	214.2	1231.4
2	1643.0	1799.9	1277.2	4701.4	5455.8	6703.0	6125.6	4555.1	4949.5	612.4	341.3	668.4
3	1716.5	2426.5	2669.6	4939.1	4172.2	6658.9	6148.2	4747.1	4555.6	2477.8	769.1	692.7
4	1508.6	2250.3	876.6	4115.9	1022.1	6109.7	5885.0	4992.9	4295.5	1538.3	515.6	1073.3
5	436.8	2133.8	1291.0	4870.8	3969.6	6403.1	4417.5	4907.0	3719.0	1757.3	494.3	1482.5
6	1494.3	1914.9	1531.8	2970.5	2623.9	5836.0	3428.6	4315.1	4277.9	2332.7	497.8	1465.7
7	1666.8	1887.3	1490.0	4961.6	4195.2	3385.5	3796.8	3754.0	3433.0	1350.1	512.3	1566.9
8	1417.5	2347.9	1693.2	4271.9	3419.5	918.5	2605.1	3350.5	4132.9	1263.8	1038.3	1599.7
9	1085.4	1985.6	3749.8	4357.3	5085.2	1276.0	4076.2	5416.9	3316.4	2698.3	237.3	1600.5
10	744.6	1612.0	3589.9	5016.2	5910.6	1855.1	5850.7	5117.9	3533.7	3253.8	850.8	1422.4
11	551.7	2001.4	1894.2	5219.7	5099.2	5584.4	5843.2	4764.6	3393.0	381.2	344.6	1149.2
12	665.2	2598.0	3633.1	4635.1	5120.2	4573.0	6235.3	4766.5	3907.0	2527.0	247.9	1451.0
13	168.8	1971.0	1422.8	3780.1	1448.9	5991.5	5924.4	5300.5	3111.5	3098.3	1785.6	1066.5
14	411.4	940.0	2327.0	3354.8	514.0	4532.9	4331.8	4021.1	3789.8	1905.6	1910.4	795.5
15	56.8	668.3	725.8	1552.5	1057.1	6339.6	3968.1	3420.5	3801.5	1394.0	1685.6	72.0
16	188.4	935.9	2732.7	1953.0	2093.7	6146.2	3023.9	814.6	2529.9	343.9	1259.1	662.1
17	472.9	2621.6	1749.1	4521.7	3710.4	3864.0	5441.7	5500.7	3084.7	1792.9	773.4	703.3
18	53.7	2028.0	3411.8	5247.2	4027.0	5309.3	5030.4	4798.5	2752.6	1517.4	806.8	754.3
19	882.5	343.5	2834.3	4955.4	4055.1	5311.7	5730.1	3707.3	2081.2	2417.0	1757.6	932.7
20	1515.6	1372.7	851.1	4264.5	6325.6	4529.1	4356.4	4780.4	3154.2	2988.7	938.7	1301.6
21	1586.7	2263.9	3854.9	4647.5	3906.7	4779.1	6693.7	5168.7	760.9	2576.1	732.6	1402.3
22	392.9	1839.6	417.0	5821.7	3499.5	4546.4	6383.6	4963.8	389.3	2499.3	967.3	1472.9
23	1427.0	2228.2	1829.8	5351.2	1351.3	2598.8	5976.6	4838.0	3721.8	2220.5	1730.8	1334.8
24	1476.9	2592.2	3945.8	5743.7	6168.7	5247.2	5820.0	4717.6	3590.9	1141.4	1336.2	1439.6
25	825.4	2758.5	2533.4	5254.3	4315.1	4631.9	5514.8	3402.2	3086.5	1013.8	254.1	1261.6
26	809.8	3372.0	2998.1	3352.5	3752.7	4926.1	4989.1	2580.8	3081.1	2837.4	113.6	1412.4
27	2092.9	3095.4	1436.7	2880.0	864.3	6647.6	5021.6	842.8	2087.3	2515.7	115.8	711.0
28	1858.0	2371.5	4224.9	5634.7	3350.9	6281.8	5368.1	681.3	2419.8	2506.7	1701.5	1405.5
29	2068.1	2554.4	2189.3	4329.7	3746.8	5889.1	5021.6	4474.8	2102.3	2414.5	1386.2	1464.0
30	1975.0		4797.5	2640.5	2615.2	5777.6	5129.7	4752.0	2439.9	2444.0	1127.5	1447.3
31	784.7		4346.0		5872.5		4904.3	5062.7		1419.2		1481.2
MEDIE DECADICHE												
1	1334.0	1991.9	2039.4	4483.5	3762.9	4592.5	4837.8	4559.1	4138.2	2051.2	547.1	1280.3
2	496.7	1548.0	2158.2	3948.3	3345.1	5218.2	4988.5	4187.4	3160.5	1836.6	1151.0	888.8
3	1390.7	2563.9	2961.2	4565.6	3585.7	5132.5	5529.3	3771.3	2368.0	2144.4	946.6	1348.4
MEDIE MENSILI												
	1084.0	2016.3	2404.8	4332.3	3565.2	4980.9	5131.6	4159.5	3222.2	2015.0	881.5	1178.2

Tab. 4 — RADIAZIONE SOLARE (Kcal/m² giorno) - ANNO 1981.

GIORNI	MESI 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1452.7	2170.4	2315.0	311.3	5307.2	5283.1	5765.5	3720.2	3512.0	2975.4	2343.5	1471.8
2	1398.7	2214.5	2325.5	1953.3	4379.1	5795.2	3871.2	3338.6	2893.3	203.7	2498.3	1478.6
3	1246.2	1863.4	1271.3	3585.4	1456.0	4655.1	1768.7	5247.6	764.8	728.6	2431.7	1538.4
4	1324.9	1313.2	3345.9	3564.1	5846.1	3742.7	6445.6	4928.9	558.4	1542.3	1712.4	1211.6
5	1613.2	2338.0	2767.6	1822.1	6058.9	6202.6	5016.7	4312.0	3250.4	1395.4	601.6	1507.4
6	1053.0	2360.4	1929.3	840.5	6055.3	5968.6	5705.5	3834.2	4142.2	512.3	680.9	733.4
7	1495.5	1740.7	2531.0	3939.2	4579.7	5427.4	5377.5	4411.9	4331.5	2572.0	559.3	1280.5
8	1547.2	2292.8	1855.6	3382.8	4219.1	4351.4	4887.5	4117.0	3072.8	2018.9	1420.4	401.8
9	1440.1	1048.8	2746.8	4058.0	4378.1	4522.2	4402.5	4007.0	2408.4	2041.3	2115.7	1380.2
10	1350.1	1648.3	2943.4	3935.0	450.8	4941.9	4337.9	5344.5	1260.2	1391.1	1838.7	1346.8
11	943.2	714.7	3134.2	2965.2	3749.1	4740.4	4938.0	995.3	4155.6	2563.7	1057.6	445.9
12	1328.9	1064.0	2917.1	3177.0	5189.6	5090.8	5727.1	4960.7	2397.4	2126.1	1850.5	1456.2
13	243.2	1448.3	3610.0	4705.0	4151.0	5407.5	4289.9	4682.7	2763.0	3109.9	1860.0	871.8
14	1785.0	2324.7	3000.7	5119.0	3733.8	4860.1	5996.3	5262.8	4137.1	2760.1	1861.1	500.2
15	1455.9	1091.0	1850.9	4774.9	3582.9	5248.3	5607.5	5055.1	2673.9	1542.7	1976.9	1389.8
16	1820.7	876.4	4038.0	4193.9	4678.5	5044.4	4285.2	4698.9	3688.0	2642.9	1803.2	1373.7
17	1557.9	1785.4	2855.6	599.3	4525.4	4789.3	4584.4	4103.9	3549.7	968.8	1739.0	1556.7
18	1704.1	1034.6	2428.8	2405.5	4276.5	6361.7	1908.2	3789.9	2129.5	1035.4	1589.9	82.9
19	1802.7	1712.6	4120.2	4384.2	5074.8	5540.5	4606.2	4681.5	1782.6	2458.0	1377.0	1267.7
20	285.6	2250.6	3017.2	707.4	4776.1	3892.2	6568.9	3362.7	1422.8	1481.6	1380.2	1597.0
21	2095.0	1030.6	3334.5	3257.9	4475.3	4646.3	6351.7	4161.5	1372.9	545.0	1546.9	358.8
22	1885.8	1869.8	2629.8	5053.8	3197.0	5142.0	4380.0	3235.1	1172.9	2376.3	1773.4	905.9
23	1695.2	2531.5	3691.8	3211.9	5111.9	1315.5	3079.3	4939.1	1770.9	2865.3	705.2	1373.9
24	1999.1	2201.7	3932.2	616.5	2763.2	5017.9	2790.0	4460.6	614.5	2804.7	389.8	483.4
25	1599.4	934.1	3661.2	2573.9	3009.4	3514.2	5703.0	4854.5	2247.6	2104.2	1550.0	1766.3
26	1990.6	2155.6	1481.8	2782.7	822.7	4287.4	5918.9	4849.7	1362.0	223.1	1533.8	1518.6
27	1702.4	1638.0	3952.3	5429.0	4178.5	3401.7	6195.8	4778.7	2881.6	298.7	1274.3	536.4
28	1510.2	1636.2	2238.2	5704.2	5898.5	515.5	5999.7	4786.7	2683.0	2536.3	1729.0	345.4
29	2110.8		971.5	5522.6	4937.7	5694.2	6011.0	3234.4	3618.2	1805.3	1590.2	760.4
30	1985.6		662.7	5095.2	3371.3	5905.3	5106.5	3792.2	3865.9	816.7	1622.6	842.0
31	2090.5		157.6		5710.6		3137.2	3548.9		1464.4		805.3
MEDIE DECADICHE												
1	1392.2	1899.0	2403.1	2739.1	4273.0	5089.0	4757.8	4326.2	2619.4	1538.1	1620.2	1235.0
2	1292.7	1430.2	3097.2	3303.1	4373.7	5097.5	4851.1	4159.3	2869.9	2068.9	1649.5	1054.2
3	1878.6	1749.7	2428.5	3924.7	3952.4	3944.0	4970.2	4240.1	2159.0	1621.8	1371.5	881.5
MEDIE MENSILI												
	1532.7	1688.9	2636.0	3322.3	4191.6	4710.0	4863.1	4241.6	2549.4	1739.0	1547.1	1051.2

Tab. 5 — RADIAZIONE SOLARE (Kcal/m² giorno) - ANNO 1982.

GIORNI	MESI 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1296.9	1487.7	2893.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	1635.7	556.1	3186.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1531.6	569.7	2681.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1431.7	749.0	2172.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1440.9	1416.8	1498.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	719.0	1844.6	3339.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	1531.5	1963.9	859.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	683.0	2077.6	681.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	1288.2	1993.6	2676.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	252.3	2032.6	2354.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	330.3	1758.7	3783.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	743.4	2264.9	3379.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	158.9	1934.2	3981.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	253.5	897.5	3984.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	201.5	373.2	4015.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	471.2	302.7	3410.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	349.3	232.4	721.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	470.0	2319.7	3550.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	449.7	1348.8	3948.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	1644.8	192.2	2316.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	1602.4	1807.8	3859.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	1309.1	1620.2	3195.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	1212.7	1240.7	3457.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	1312.5	2015.8	3220.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	1807.7	2717.8	3963.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	1785.0	2269.4	4109.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	260.5	2842.0	2534.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	1841.7	2796.2	1610.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	1653.4		2851.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	1891.2		1493.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	2233.4		3586.6		-		-	-		-		-
MEDIE DECADICHE												
1	1181.1	1469.1	2234.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	507.3	1162.4	3309.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1537.2	2163.7	3080.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEDIE MENSILI												
	1090.0	1558.0	2881.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 6 — Valori teorici dell'irraggiamento solare al suolo espressi in Kcal/m² giorno nel semestre « invernale ».

	Ott.	Nov.	Dic.	Gen.	Feb.	Mar.
1	4157	2805	1927	1782	2474	3671
2	4116	2774	1909	1794	2514	3723
3	4061	2703	1892	1807	2553	3769
4	4028	2691	1880	1819	2591	3827
5	3977	2659	1868	1829	2625	3858
6	3928	2617	1858	1843	2666	3916
7	3886	2584	1840	1859	2703	3959
8	3844	2546	1816	1873	2745	4012
9	3797	2499	1811	1884	2784	4065
10	3742	2471	1799	1895	2823	4116
11	3699	2432	1786	1908	2865	4166
12	3659	2389	1759	1931	2903	4205
13	3613	2358	1752	1944	2946	4247
14	3564	2321	1740	1958	2993	4308
15	3507	2278	1730	1968	3034	4360
16	3466	2245	1704	1982	3099	4411
17	3408	2209	1694	1994	3112	4465
18	3359	2166	1684	2006	3153	4522
19	3322	2135	1670	2021	3195	4553
20	3272	2100	1646	2032	3234	4605
21	3222	2063	1640	2045	3266	4659
22	3185	2051	1647	2082	3320	4707
23	3146	2038	1659	2120	3372	4741
24	3117	2027	1684	2159	3422	4792
25	3072	2002	1696	2197	3476	4840
26	3033	1987	1708	2234	3521	4882
27	3003	1979	1722	2273	3580	4941
28	2958	1967	1732	2313	3611	4971
29	2919	1955	1744	2353	-	5005
30	2887	1938	1759	2391	-	5062
31	2844	-	1768	2430	-	5108
1	3953	2636	1860	1838	2647	3891
2	3487	2263	1716	1914	3053	4384
3	3035	2001	1705	2236	3446	4883
	3477	2300	1759	2004	3021	4827

Tab. 7 — Confronto tra i valori teorici ed effettivi delle decadi dei 6 mesi invernali per gli anni 1979-80, 1980-81, 1981-82 e relative percentuali. (Kcal./mq).

		Ottobre	Novembre	Dicembre	Gennaio	Febbraio	Marzo
1° Decade							
valori teorici		3944	2630	1856	1851	2641	3882
valori effettivi	79	1783 45%	1376 52%	1123 60%	1334 72%	1992 75%	2039 53%
	80	2051 52%	547 21%	1280 69%	1392 75%	1899 72%	2403 62%
	81	1538 39%	1620 62%	1235 67%	1181 64%	1469 56%	2234 58%
2° Decade							
valori teorici		3478	2257	1712	1894	3046	4374
valori effettivi	79	1718 49%	1338 59%	1022 60%	497 26%	1548 51%	2158 49%
	80	1837 53%	1151 51%	889 52%	1293 68%	1430 47%	3097 71%
	81	2069 59%	1649 73%	1054 62%	507 27%	1162 38%	3309 76%
3° Decade							
valori teorici		3027	1995	1701	2231	3437	4871
valori effettivi	79	1157 38%	1347 68%	957 56%	1391 62%	2564 75%	2961 61%
	80	2144 71%	947 47%	1348 79%	1879 84%	1750 51%	2428 50%
	81	1622 54%	1371 69%	881 52%	1537 69%	2164 63%	3080 63%
Medie mensili							
valori teorici		3371	2294	1700	1928	3259	4235
valori effettivi	79	1540 46%	1354 59%	1032 61%	1084 56%	2016 62%	2405 57%
	80	2015 60%	881 38%	1178 69%	1533 80%	1689 52%	2636 62%
	81	1739 52%	1547 67%	1051 62%	1090 57%	1558 48%	2881 68%
Medie valori effett.		1765 52%	1261 55%	1087 64%	1236 64%	1754 54%	2641 62%

Valore medio semestrale teorico 2798 Kcal./mq.; Valore medio sem. effett. 1624 Kcal/mq=58%

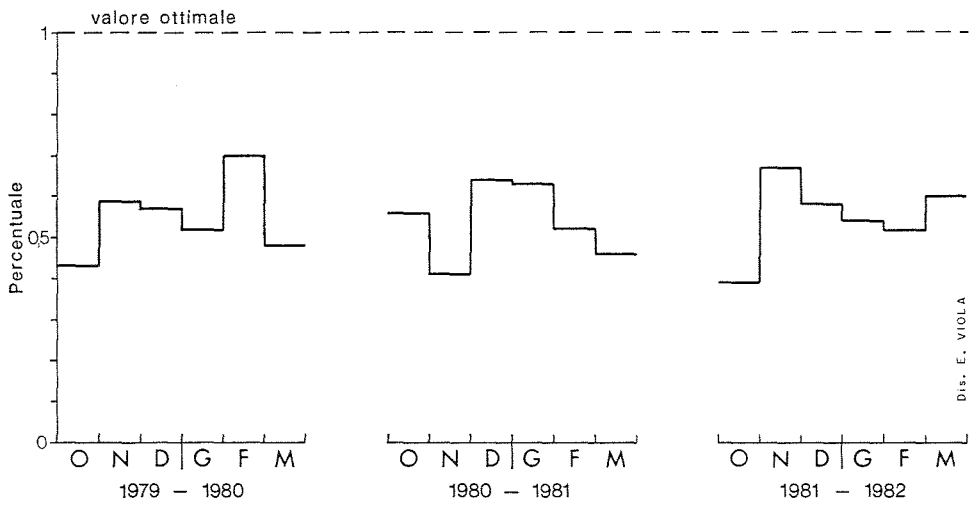


Fig. 5 — Confronto grafico tra irraggiamento teorico (100%) e irraggiamento effettivo in percentuale.

Sono pure inseriti nella tabella 6 i risultati teorici per il semestre 1° ottobre - 31 marzo elaborati mediante il modello matematico precedentemente descritto.

Il confronto

Sebbene i dati siano assai limitati, in quanto si riferiscono ad un triennio, senza aver la pretesa di offrire delle conclusioni generalizzabili, ci sembra tuttavia utile sottolineare alcuni valori massimi, minimi e medi desunti dalle tabelle riportate.

— Per quanto riguarda il semestre ottobre-marzo si rileva quanto segue:

1) le decadi con minor irraggiamento sono la prima del mese di novembre (1980 con il 21%), a questa segue per due anni la seconda di gennaio (1980 con il 26% e 1982 con il 27%;

2) la decade con maggior irraggiamento è la terza di gennaio (1981 con l'84%), a questa seguono la terza di dicembre (1981 con il 79%) e la terza di febbraio con il 75%);

3) per quanto riguarda le medie mensili si ha una punta minima nel mese di novembre (1980 con il 38%) ed una punta massima nel mese di gennaio (1981 con l'80%); si noti che le punte mensili corrispondono con le punte massime e minime decadiche;

4) ordinando progressivamente i sei mesi « invernali » dal minimo al massimo irraggiamento si ottiene questa sequenza: ottobre, febbraio, novembre, marzo, dicembre e gennaio;

5) la media « invernale » è di 1624 kcal/m^2 giorno pari al 58% dell'irraggiamento teorico.

— Per quanto riguarda il semestre aprile-settembre si è osservato che

1) i massimi di insolazione sono stati due volte in luglio (prima decade 1979 e seconda 81) ed una volta in giugno (prima decade 1980);

2) le medie dei massimi si trovano due volte in giugno (1979 e 81) ed una volta in luglio (1980);

3) i minimi si trovano due volte in settembre (terza decade 1979-80) ed una volta (prima decade 1981) in aprile (dati incompleti);

4) le medie dei minimi concordano per tre anni nell'ultima decade di settembre;

— Infine la progressione dal minimo al massimo dell'irraggiamento per gli anni 1980 e 81 è la seguente (si noti la interscambiabilità tra due o tre mesi):

1980	NOV	GEN	DIC	OTT	FEB	MAR	SET	MAG	AGO	APR	GIU	LUG
1981	DIC	GEN	NOV	FEB	OTT	SET	MAR	APR	MAG	AGO	GIU	LUG

Conclusioni

Dopo aver utilizzato per millenni le indicazioni meteoriche per costruire case, recuperare energie, rinfrescare gli ambienti e migliorare le condizioni di vita, l'uomo, con l'avvento del petrolio si è limitato ad utilizzare i rilevamenti meteorologici

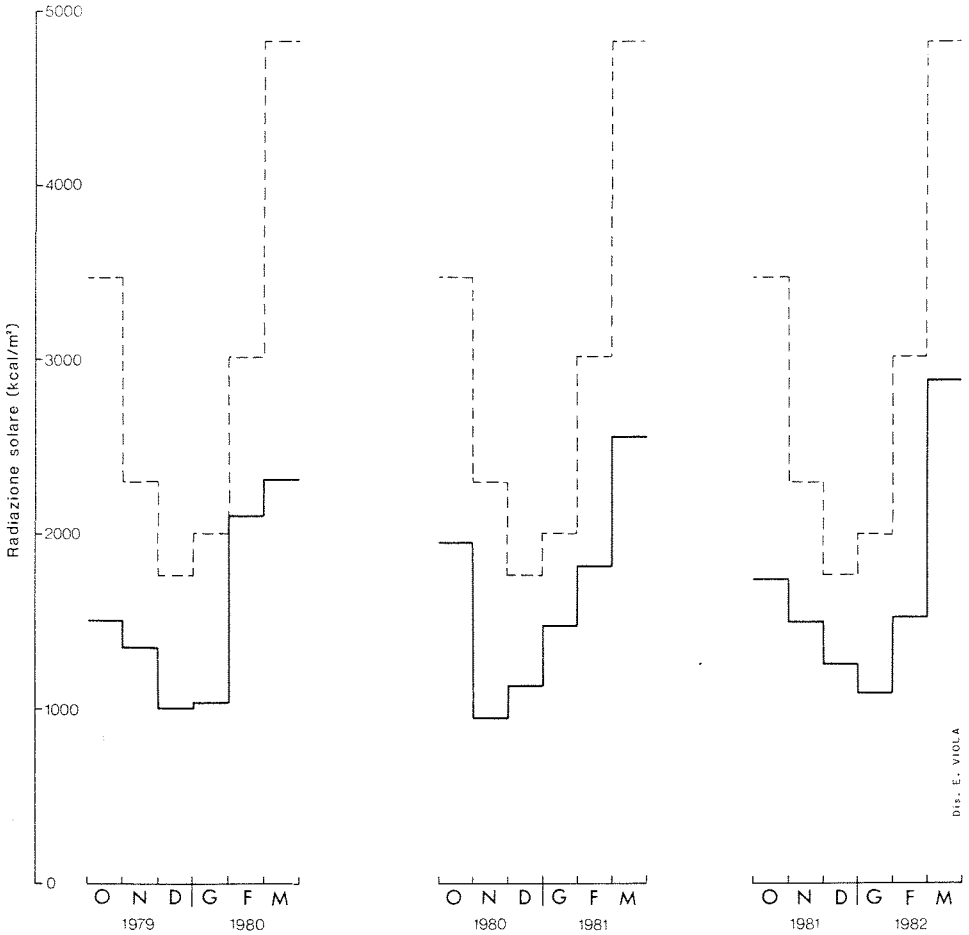


Fig. 6 — Confronto grafico tra irraggiamento teorico (- - -) e irraggiamento effettivo (—) in Kcal/m² giorno.

(fino ad un paio di anni fa), per la navigazione aerea e navale, per le previsioni del tempo e in minima parte per l'agricoltura.

Oggi, con l'aumento della crisi energetica vengono riportate alla ribalta le metodologie climatiche usate dai nostri avi, applicate su strumenti sofisticati, per determinare i parametri climatologici da utilizzare per la termodinamica ambientale e per l'agricoltura.

A livello locale si propone una ripresa degli studi e l'elaborazione dei dati per determinare il microclima delle varie aree in cui è presente una strumentazione atta a rilevare le condizioni meteorologiche in modo da permettere ai progettisti (ingegneri, architetti, agronomi, ecc.) di servirsi dei dati reali già raccolti ed elaborati per poter progettare con la natura.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia sentitamente la Cassa di Risparmio di Bra che ha donato al Museo il Piranografo, il Sig. Brizio Giorgio che segue gli strumenti meteorologici al Museo, il CNR di Torino che ha messo a disposizione le apparecchiature per la lettura dei diagrammi e l'elaborazione dei dati, il Sig. Tibaldi Roberto che ha effettuato la lettura dei diagrammi, il disegnatore E. Viola che ha messo in bella copia i grafici e la Sig.na Brizio Margherilena che ha collaborato alla stesura delle tabelle.

BIBLIOGRAFIA

BERGESIO B., BOGLIETTI I., 1979 - *Strumenti per la lettura fisica del territorio*, Tesi di Laurea, Facoltà di Architettura, Univ. di Torino, Anno Accad. 1978-1979.

BERGESIO B., BOGLIETTI I., MOLINARO E., 1980 - Stazione Meteorologica e Clima di Bra, in *Il Museo Civico Craveri di Bra di Storia Naturale*, Cassa di Risparmio di Bra.

CRAVERI F., MARENGO T., PIUMATI A., MARENGO O., BRIZIO G. e D., 1859-1982 - *Rilievi meteorologici giornalieri, mensili e annuali.* Manoscritti, Archivio Museo Craveri, Bra.

CRAVERI F., 1873 e 1879 - Di un nuovo Eliofotometro in *Bull. Meteor. del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri*, vol. VII, n. 5, Torino.

CRAVERI F., 1883 - Istruzioni per le osservazioni eliofotometriche, in *Boll. Mens. Ass. Meteor. It.*, vol. III, nn. 2, 4, 6, Torino.

MATTEOLI L., 1978 - *Azione ambiente*, Torino, Libreria Cortina.

PALMIERI S., 1978 - Il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica, Atti del Convegno sull'aggiornamento delle metodologie di raccolta ed elaborazione dei dati idrometeorologici, Roma.

PIUMATI A., 1924 - *Riassunti mensili ed annuali e statistica del cinquantunennio 1873-1923.* Manoscritto, Archivio Museo Craveri, Bra.

ROSSI A., 1888 - *Diagrammi delle medie decadiche delle osservazioni eliofotometriche, della temperatura media e dello stato del cielo, in decimi di cielo coperto, per le annate meteorologiche dal 1874 al 1887* (comunicazione scientifica del Prof. G. Roberto alla III Assemblea Gen. della Soc. Meteor. It. in Venezia sett. 1888), Manoscritto, Archivio Museo Craveri.

SIAP, *Piranografo bimetallico tipo Robitzsch SO 2800* (Descrizione e uso), Bologna.

TRAVAGLINI B., 1978 - Il Servizio idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici, in *Acque Superficiali e Protezione del Territorio,* Politecnico di Milano.

VIRGILIO ANSELMO
CNR - Via Vassalli Eandi 16, Torino
BIAGIO BERGESIO
Via Audisio 9 - 12042 Bra
ETTORE MOLINARO
Museo Civico Craveri - Via Craveri 15 - 12042 Bra