



Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt
Rapports de travail de l'Institut Suisse de Météorologie
Rapporti di lavoro dell'Istituto Svizzero di Meteorologia
Working Reports of the Swiss Meteorological Institute

Zürich

MISURE NEL CAMPO DELLA RADIAZIONE SOLARE A LOCARNO-MONTI

di

Flavio Ambrosetti, Locarno-Monti

Agosto 1978

Radiazione

551.521.1(494.5)

Riassunto

Si presenta una compilazione di dati sulla radiazione solare di Locarno-Monti, in gran parte già apparsi in pubblicazioni diverse, eseguita al fine di dare un quadro generale su quanto è stato fatto e di fornire una raccolta di valori che possa servire anche per scopi pratici.

Sono considerati: la durata dell'insolazione, la radiazione solare diretta totale e misurata con filtri su un piano perpendicolare ai raggi solari, la radiazione globale e la radiazione diffusa su una superficie orizzontale, la radiazione globale su piani verticali e inclinati, la radiazione circumglobale e la radiazione diffusa circumglobale su una sfera, la radiazione ultravioletta su un piano perpendicolare ai raggi solari. Per la maggior parte dei parametri considerati vengono effettuati confronti con altre stazioni svizzere e con una italiana.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit bringt eine Zusammenstellung der verschiedenen in Locarno-Monti bisher gemessenen Strahlungsgrößen. Die Mehrzahl der Daten sind einzeln in früheren Veröffentlichungen publiziert worden. Dieses Heft soll einen Gesamtüberblick geben und dem Anwender eine Sammlung von Strahlungsdaten für den praktischen Gebrauch zur Verfügung stellen.

Berücksichtigt sind Daten über die Sonnenscheindauer und über die direkte Sonnenstrahlung auf eine senkrecht zur Einfallrichtung stehende Fläche (total und ausgewählte Wellenbereiche). Im weiteren sind Tabellen der Globalstrahlung und der diffusen Strahlung auf eine horizontale Fläche sowie der Globalstrahlung auf vertikale und geneigte, ost-, süd-, west- und nordorientierte Flächen wiedergegeben. Ebenfalls miteinbezogen wurden die Messergebnisse der Zirkumglobalstrahlung und der diffusen Zirkumglobalstrahlung auf eine Kugel sowie der ultravioletten Strahlung auf eine senkrecht zur Einfallrichtung stehende Fläche.

Für die meisten Messgrößen sind Vergleichswerte anderer schweizerischer und einer italienischen Station in die Tabellen aufgenommen worden.

Ein kurzer deutschsprachiger Anhang soll dem deutschsprachigen Leser die Benützung der Tabellen erleichtern.

Résumé

La présente brochure comprend une liste des différentes grandeurs du rayonnement mesurées jusqu'ici à Locarno-Monti. La plupart de ces valeurs ont été présentées séparément dans des publications antérieures. Le but de ce fascicule est d'apporter une vue d'ensemble et d'offrir aux usagers une collection de données pour la pratique.

On a tout d'abord pris en considération les valeurs de la durée d'insolation et du rayonnement solaire tombant sur une surface plane placée perpendiculairement aux rayons d'incidence (rayonnement total et dans diverses fréquences du spectre). On reproduit ensuite des tables du rayonnement global et du rayonnement diffus sur une surface horizontale. Suivent des tables du rayonnement global sur des plans verticaux et obliques orientés à l'est, au sud, à l'ouest et au nord. Enfin, on donne la valeur du rayonnement circumglobal et du rayonnement circumglobal diffus sur une sphère ainsi que du rayonnement ultra-violet sur un plan perpendiculaire aux rayons d'incidence.

On a ajouté à la plupart de ces tables des valeurs comparatives d'autres stations suisses et d'une station italienne.

Une annexe en allemand facilite l'usage des dites tables.

Summary

Measurements on solar radiation at Locarno-Monti are summarized in order to give a general idea of the work done at this place and to present tables of data for practical use. Most of the data have already been published elsewhere.

Included are data on: duration of sunshine, total direct solar radiation on a plane perpendicular to the sun rays and measured with filters, the global radiation and the diffuse radiation on a horizontal plane, the global radiation on vertical and inclined planes, the circumglobal and the diffuse circumglobal radiation on a sphere, the ultraviolet radiation on a plane perpendicular to the sun rays. For most of parameters comparisons are made with other stations in Switzerland and Italy.

I N D I C E

	Pagina
1. <u>GRANDEZZE MISURATE O REGISTRATE</u>	
1.1. Durata dell'insolazione	3
1.2. Radiazione solare diretta totale e con filtri su un piano perpendicolare ai raggi solari	3
1.3. Radiazione globale su una superficie orizzontale	3
1.4. Radiazione diffusa su una superficie orizzontale	3
1.5. Radiazione globale su piani verticali orientati verso E, S, W e N	4
1.6. Radiazione globale su piani orientati e inclinati	4
1.7. Radiazione circumglobale su una sfera	4
1.8. Radiazione diffusa circumglobale su una sfera	4
1.9. Radiazione ultravioletta su un piano perpendicolare ai raggi solari	4
2. <u>STRUMENTI E APPARECCHI IMPIEGATI</u>	
2.1. Eliografo Campbell-Stokes	5
2.2. Attinometro corazzato tipo Linke-Feussner	5
2.3. Pireliometro bimetallico di Ångstrom	5
2.4. Attinografo bimetallico Fuess-Robitzsch	5
2.5. Solarigrafo Moll-Gorzynski	6
2.6. Piranometro a sfera (lucimetro) Bellani	6
2.7. Cellula fotoelettrica al Cadmio	6
3. <u>RISULTATI</u>	
3.1. Durata dell'insolazione	7
3.2. Radiazione solare diretta totale e con filtri su un piano perpendicolare ai raggi solari	8
3.3. Radiazione globale su un piano orizzontale:	10
a) misure con attinografo Fuess-Robitzsch	
b) misure con solarigrafo Moll-Gorzynski	
3.4. Radiazione diffusa su un piano orizzontale	13
3.5. Radiazione globale su piani verticali orientati	15
3.6. Radiazione globale su piani orientati e inclinati	16
3.7. Radiazione circumglobale su una sfera	17
3.8. Radiazione circumglobale diffusa su una sfera	18
3.9. Radiazione ultravioletta del sole su un piano perpendicolare ai raggi solari	19
4. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	21

1. GRANDEZZE MISURATE O REGISTRATE

Fra i compiti dell'Osservatorio Ticinese a Locarno-Monti dell'Istituto svizzero di meteorologia figurò fin dall'inizio lo studio del clima e del bioclima del Sud delle Alpi. A questo fine fra altro furono intraprese misure e registrazioni nel campo della radiazione solare. Si cominciò con la determinazione regolare della durata dell'insolazione, con misure della radiazione solare diretta e di quella ultravioletta, quando le condizioni meteorologiche e la disponibilità di personale lo permettevano. Con l'andar del tempo si aggiunsero: la registrazione della radiazione globale su un piano orizzontale, la radiazione circumglobale su una sfera, la radiazione diffusa su un piano orizzontale, la radiazione globale su piani verticali orientati verso E, S, W e N, la radiazione globale su piani orientati e inclinati e da ultimo la radiazione circumglobale diffusa su una sfera.

1.1. Durata dell'insolazione: le registrazioni furono iniziate fin dal primo giorno di esistenza dell'istituto, cioè dal 1° maggio 1935, e in seguito continuate regolarmente.

1.2. Radiazione solare diretta su un piano perpendicolare ai raggi solari. Inizio già nel 1935. Misure più frequenti dal 1944 in avanti e specialmente durante l'Anno geofisico internazionale 1957-1958. Di regola è stata eseguita una misura all'ora nei giorni sereni e secondo le disponibilità di personale; nell'ultimo decennio circa, con preferenza alle ore intere (ora solare). Nei primi anni fu misurata solo la radiazione solare diretta totale (lunghezza d'onda tra 0.3μ e 3μ , corrispondente alla radiazione ad onde corte). Più tardi furono effettuate anche misure con l'impiego di filtri, nel 1942 con 2 filtri per un certo tempo. Poi regolarmente dal 1949 con il filtro rosso RG₂, dal 1958 con il filtro giallo OG₁ e un secondo filtro rosso RG₈. Il filtro OG₁ limita la parte dello spettro solare verso il basso a 0.52μ ; il filtro RG₂ a 0.62μ e RG₈ a 0.70μ . Pressapoco dal novembre 1962 in poi, fu misurato solo con i filtri OG₁ e RG₈, oltre ben inteso alla radiazione totale.

Le misure furono effettuate per la maggior parte con un attinometro corazzato tipo Linke-Feussner; in ogni modo dal 1945 in avanti.

1.3. Radiazione globale (lunghezza d'onda $\lambda = 0.3\mu - 3\mu$) su una superficie orizzontale, cioè l'energia che proviene dal sole e dal cielo. Registrazioni iniziate nell'aprile 1938, con un attinografo Fuess-Robitzsch e proseguite per un ventennio (dati elaborati). Furono determinate le somme giornaliere.

Intorno al 1953 fu messo in funzione un solarigrafo Moll-Gorzynski per la registrazione della radiazione globale su un piano orizzontale. Ma i valori poterono essere utilizzati solo a cominciare dal luglio 1957. Furono ricavate essenzialmente le somme orarie e giornaliere.

1.4. Radiazione diffusa su una superficie orizzontale; cioè l'energia che proviene dal cielo e dalle nubi (radiazione globale senza la parte proveniente dal sole). Inizio delle registrazioni con solarigrafo Moll-Gorzynski nel settembre 1957.

1.5. Radiazione globale su piani verticali orientati verso E,S,W e N. Registrazione con solarigrafi Moll-Gorzynski dal 1961. Considerando anche la radiazione globale su un piano orizzontale si ottiene la radiazione globale su 5 facce di un cubo unitario, orientato verso S.

1.6. Radiazione globale su piani orientati verso S e inclinati a 0°, 30° e 60°; radiazione globale su piani orientati verso E e W e inclinati a 30°. Registrazione con solarigrafi Moll-Gorzynski. Periodi di misura per i piani orientati verso S: IX 1960 - IV 1961 e VIII 1961 - IX 1962; per i piani orientati verso E e W: XI 1962 - X 1965.

1.7. Radiazione circumglobale su una sfera, energia che proviene dal sole, dal cielo e quella riflessa dal suolo su una sfera, misurata con il piranometro (lucimetro) Bellani. Inizio delle misure nel novembre 1953.

1.8. Radiazione diffusa circumglobale su una sfera, energia proveniente dal cielo più quella riflessa dal suolo (manca la parte dovuta al sole). Misure iniziate nell'autunno 1960 sul prato del nuovo istituto.

1.9. Radiazione ultravioletta del sole (lunghezza d'onda $\lambda = 0.288 - 0.366\mu$) su piano perpendicolare ai raggi solari. Misure dal 1936 al 1943 e dal 1945 al 1947, con una fotocellula al Cadmio.

Avvertenza: I valori della radiazione solare diretta totale e con filtri; della radiazione globale e di quella diffusa, della radiazione circumglobale e della radiazione diffusa circumglobale sono espressi nella Scala piereliometrica internazionale 1956 (S.P.I. 1956) e dati in Joule/cm² (Joule = 4.19 cal; cal = 0.239 Joule). Inoltre tali grandezze si riferiscono al campo delle onde corte: $\lambda = 0.3\mu - 3\mu$.

Altitudine e coordinate geografiche delle località considerate

	m/m	λ	φ		m/m	λ	φ
Arosa	1864	9°41'E	46°47'N	Locarno-Monti	380	8°47'E	46°10'N
Basilea	317	7°35'E	47°33'N	Milano-Linate	107	9°17'E	45°26'N
Davos	1560	9°49'E	46°48'N	Weissfluhjoch	2670	9°48'E	46°50'N
Kloten	432	8°34'E	47°27'N	Zurigo	{ 493	8°33'E	47°23'N
					{ 569	8°34'E	47°23'N

2. STRUMENTI E APPARECCHI IMPIEGATI

2.1. Eliografo Campbell-Stokes. Salvo parzialmente nel periodo 1936-37, nel quale fu usato anche l'eliografo Maurer, fu sempre impiegato l'eliografo Campbell-Stokes, costituito da una sfera di vetro, che funziona da lente, e da un supporto metallico con le scanalature per la striscia di registrazione. La lente concentra i raggi solari in un punto, i quali fanno bruciare la striscia. Dalla lunghezza della bruciatura si deduce la durata dell'insolazione. Si hanno 3 tipi di strisce, che vengono inserite giornalmente nelle scanalature del supporto: un tipo per i mesi estivi (sole alto), uno per i mesi invernali (sole basso) e un terzo per i mesi intermedi.

2.2. Attinometro corazzato secondo Linke Feussner, per la misura della radiazione solare diretta. L'elemento sensibile è costituito da una termopila, con la faccia esposta al sole annerita. Con un millivoltmetro si misura la differenza di potenziale che si stabilisce agli estremi della termopila con l'esposizione al sole. Moltiplicando tale differenza (elongazione della lancetta sulla scala del millivoltmetro) con il fattore di taratura si ottiene il valore della radiazione solare giunta in un minuto su un cm^2 del piano perpendicolare ai raggi solari.

Si tratta di un apparecchio relativo, siccome il fattore di taratura non può essere determinato direttamente, ma solo mediante il confronto con un apparecchio standard. E' usato per le misure correnti. Può essere utilizzato anche con filtri.

2.3. Pireliometro bimetallico di Ångström, per la misura della radiazione solare diretta totale. L'elemento sensibile è costituito da due lamelle di platino, di cui alternativamente una viene esposta al sole e l'altra rimane in ombra. Con un accumulatore si riscalda quest'ultima fino a portarla alla temperatura di quella esposta al sole. L'energia elettrica necessaria a tale scopo viene misurata con un milliamperometro e moltiplicandola per il fattore di taratura si ottiene la radiazione solare diretta.

Si tratta di un apparecchio assoluto, siccome il fattore di taratura può essere calcolato dalle dimensioni e dalle proprietà degli elementi impiegati nella costruzione. In realtà anche i pireliometri vengono confrontati con quello standard di Davos e questo a sua volta con il pireliometro Ångström standard di Uppsala.

A Locarno-Monti il pireliometro di Ångström non viene usato per le misure correnti, bensì solo per il controllo dell'attinometro corazzato.

2.4. Attinografo Fuess-Robitzsch per la radiazione globale su un piano orizzontale. L'elemento sensibile è costituito da 3 lamelle disposte parallelamente, fissate ad un'estremità e libere all'altra: 2 bianche e una - la media - nera, che reagiscono differentemente all'energia che arriva dal sole e dal cielo. La nera, assorbendo maggior energia, si allunga di più delle 2 bianche, che riflettendo una maggior quantità di energia della nera, si allungano di meno. La differenza di lunghezza delle lamelle viene registrata meccanicamente sulla striscia applicata ad un tamburo, che fa un giro completo in 24 ore (eventualmente in 4 o 7 giorni). La superficie tra la curva della registrazione e la linea zero viene planimetrata e moltiplicandola per l'apposito fattore di taratura si ottiene l'energia calorica (radiazione globale) su un cm^2 della superficie orizzontale in una giornata.

2.5. Solarigrafo Moll-Gorzynski per la radiazione globale su superfici piane. L'elemento sensibile è costituito da una termopila, analogamente all'attinometro corazzato tipo Linke-Feussner. La registrazione grafica avviene elettricamente. All'Osservatorio Ticinese, fino alla fine del 1971 la registrazione della radiazione globale rispettivamente diffusa su un piano orizzontale avveniva con 2 galvanometri a staffa (Bügelgalvanometer) Braun. Per la radiazione globale sui 4 piani verticali orientati serviva invece un apparecchio Speedomax. Per tutti si trattava di una registrazione grafica.

Con l'inizio del 1972 furono cambiati i solarigrafi con altri, pure tipo Moll-Gorzynski, fabbricati a Davos. Da allora la registrazione avviene graficamente con un apparecchio Philips e digitalmente con uno Sodeco. Questo ultimo fornisce per ciascuno dei 6 solarigrafi le somme orarie della radiazione globale o diffusa corrispondente. Quindi non è più necessario eseguire il lavoro molto laborioso e fastidioso di planimetrare la superficie tra curva e linea zero per l'elaborazione delle registrazioni. Schermato il sole con un apposito cerchio, che deve essere regolato secondo la declinazione del sole, si ottiene la radiazione diffusa.

2.6. Piranometro a sfera (lucimetro) Bellani, per la misura della radiazione circumglobale su una sfera. In una sfera di vetro evacuata dall'aria si trova una seconda sfera metallizzata riempita di alcole. In quest'ultima penetra un tubo di vetro. Causa l'assorbimento della radiazione da parte della sfera interna l'alcole evapora e si condensa nuovamente nel tubo di vetro, siccome questo è a contatto con l'aria (e quindi più fredda). La quantità di alcole nel tubo di vetro, letta giornalmente, dà una misura della radiazione circumglobale sulla sfera. Basta moltiplicare l'altezza letta dell'alcole nel tubo di vetro con 2 il fattore di taratura, per ottenere l'energia calorica giunta su un cm^2 della sfera durante la giornata. Se si scherma il sole, con un apposito cerchio, che deve esser spostato secondo la traiettoria del sole, si ottiene la radiazione circumglobale diffusa (cioè senza l'apporto del sole) sulla sfera.

2.7. Cellula fotoelettrica al Cadmio, munita di un elettrometro, per la misura della radiazione ultravioletta su un piano perpendicolare ai raggi solari. Si applica il metodo della scarica. Si dà alla fotocellula una certa carica con una batteria, si misura il tempo necessario per lo spostamento del filo dell'elettrometro da un valore ad un altro fissi della scala dell'elettrometro; in pratica quindi il passaggio da un certo valore della carica a un altro più basso.

L'intensità della radiazione ultravioletta viene espressa in unità relative di Davos.

3. RISULTATI

3.1. Durata dell'insolazione. Sono confrontate le condizioni d'insolazione di Locarno-Monti con quelle di Zurigo (Altipiano svizzero), Milano-Linate (Pianura Padana) e Arosa (regione alpina). Come mostra la Tab.1, risulta assai appariscente la ricchezza di sole di Locarno-Monti, con una media di quasi 2300 ore all'anno, di fronte a circa 1700 ore a Zurigo e 1900 a Milano. Anche Arosa, con circa 1800 ore di sole, è meno favorita di Locarno-Monti (1, 2). In tutte le 4 stazioni il mese in media più soleggiato è luglio e quello meno soleggiato dicembre.

Tab. 1 Durata dell'insolazione in ore (1931-1960) (1)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
Zurigo	46	79	149	173	207	220	<u>238</u>	219	166	108	51	<u>37</u>	1963
Arosa	98	109	158	164	181	187	<u>214</u>	195	174	143	104	<u>91</u>	1818
Locarno-Monti	131	153	188	209	214	252	<u>283</u>	260	203	159	120	<u>114</u>	2286
Milano (2) (1958-69)	62	96	158	186	223	240	<u>282</u>	254	180	121	51	<u>47</u>	1900

La Tab.2 dà l'insolazione relativa, cioè il rapporto tra l'insolazione registrata e quella che si avrebbe con cielo sempre sereno, per le 4 località citate.

Tab. 2 Durata relativa dell'insolazione in percento di quella effettivamente possibile (1931-1960) (1)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
Zurigo	18	30	43	45	48	50	<u>53</u>	<u>53</u>	47	34	20	16	41
Arosa	48	49	51	47	44	45	<u>51</u>	<u>51</u>	<u>54</u>	<u>54</u>	49	49	49
Locarno-Monti	57	60	56	56	52	62	<u>68</u>	65	<u>58</u>	<u>53</u>	51	52	58
Milano (2) (1958-1969)	22	33	43	46	48	51	<u>60</u>	58	48	36	18	17	43

Anche qui appaiono le differenze già messe in evidenza dalla Tab.1 per l'insolazione assoluta in ore. Di fronte ad una durata relativa media per l'anno del 58% a Locarno-Monti, troviamo solo il 41% a Zurigo e il 43% a Milano. Arosa con il 49% presenta condizioni intermedie. Le 2 tabelle mettono in evidenza la scarsità di insolazione a Zurigo e a Milano da novembre a febbraio, dovuta alla frequenza della nebbia e nebbia alta. Arosa è libera da tale inconveniente, tipico delle regioni di pianura, ma è svantaggiata in estate dalla presenza delle nubi cumuliformi.

Uno studio dettagliato delle condizioni d'insolazione a Locarno-Monti, per un periodo di circa 23 anni, si trova in (3).

3.2. Radiazione solare diretta. I dati qui considerati provengono per la radiazione solare diretta totale da 14923 misure, effettuate in 3122 giorni dal 1944 al 1966; per la radiazione solare diretta determinata con il filtro giallo OG₁ da 3562 misure, eseguite in 791 giorni dal 1958 al 1966; per quella con il filtro rosso RG₂ da 4251 misure effettuate in 986 giorni del periodo 1949-1962 e per la radiazione solare diretta con il filtro rosso RG₃ da 3359 misure, eseguite in 747 giorni dal 1958 al 1966.

Tab. 3 Intensità massime e medie della radiazione solare diretta totale in J/cm²min x 10² (Scala pireliometrica internazionale 1956) per la metà del mese, in funzione dell'ora solare a Locarno-Monti (Periodo delle misure IV 1944 - XII 1966)

Mese	/ O.S.	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Genn.	mass.				469	524	553	561	549	520	448			
	med.				411	478	507	511	494	461	390			
Febbr.	mass.			440	532	570	591	600	591	566	520	415		
	med.			373	465	511	536	545	532	503	448	335		
Marzo	mass.		337	515	570	599	616	620	616	599	570	503	367	
	med.		293	432	499	536	553	557	549	528	486	415	277	
Aprile	mass.	325	482	545	582	603	616	620	612	595	570	532	457	306
	med.	247	390	465	511	541	553	557	553	536	503	453	365	210
Maggio	mass.	419	496	553	582	599	608	608	599	587	561	524	461	365
	med.	314	411	469	469	528	536	536	532	515	490	444	381	285
Giugno	mass.	457	515	553	578	591	599	603	595	578	553	520	478	398
	med.	346	419	465	503	520	528	532	524	503	478	432	369	281
Luglio	mass.	423	503	549	574	591	599	599	591	574	553	524	478	377
	med.	335	415	469	499	520	528	532	528	511	482	440	373	268
Agosto	mass.	356	478	532	566	587	595	595	587	574	553	515	448	327
	med.	293	398	461	499	524	532	532	524	507	473	423	352	239
Sett.	mass.		423	515	553	578	591	595	587	570	541	486	373	
	med.		339	432	482	515	528	532	524	503	461	402	285	
Ott.	mass.			469	528	566	582	587	578	557	515	444		
	med.			390	461	507	524	528	515	490	444	360		
Nov.	mass.				486	532	561	570	561	532	473			
	med.				427	486	515	520	510	478	406			
Dic.	mass.				444	503	536	549	541	503	436			
	med.				390	457	490	499	490	448	377			

La Tab.3 (4) contiene per il 15 di ogni mese, secondo le ore del giorno (ora solare = O.S.) i valori della radiazione solare diretta totale massima nella riga superiore (giorni con atmosfera limpida, come avviene per es. con nordfavonio) e nella seconda i valori medi corrispondenti a tutti i giorni con misure. I valori sono espressi in Joule/cm²min x 10², si tratta quindi

di valori momentanei. Come risulta dalla Tab.3 i valori più elevati subentrano intorno al mezzogiorno in primavera e più precisamente in marzo-aprile quando l'aria è ancora relativamente secca, e non in piena estate quando il sole è più alto. Per i giorni con atmosfera limpida si raggiungono 6.20 Joule/cm²min e per tutti i giorni con misure 5.57 Joule/cm²min. Come già avvertito i valori sono espressi nella S.P.I. 1956.

I valori massimi superano quelli medi sul mezzogiorno del 10-13%, alle 09 O.S. del 14-15% e alle 15 O.S. del 15-17%.

Paragonando i valori massimi della radiazione totale sul mezzogiorno con la radiazione misurata con i filtri (4) si arriva a questi risultati: con il filtro giallo OG₁ e valori vengono ridotti al 76-83%; con il filtro rosso RG₂ al 60-69% e con il filtro rosso RG₈ al 50-58%. La riduzione maggiore avviene nei mesi estivi; la minore in quelli invernali (vedi Tab.4).

Tab. 4 Confronto valori massimi radiazione solare diretta alle 12 O.S. a Locarno-Monti, totale (IV 1944-XII 1966) e con filtri (OG₁ I 1958-XII 1966, RG₂ IV 1949-X 1962, RG₈ V 1958-XII 1966) in J/cm²min x 10²

	totale	OG ₁	RG ₂	RG ₈	in % della radiazione totale		
					OG ₁	RG ₂	RG ₈
I	561	465	385	323	83	69	57
II	599	486	402	335	81	67	56
III	620	490	402	335	79	65	54
IV	620	490	394	331	79	64	53
V	608	478	381	323	79	63	53
VI	603	461	365	310	76	60	51
VII	599	457	360	302	76	60	50
VIII	595	457	360	302	77	61	51
IX	595	461	369	310	78	62	52
X	587	465	377	318	79	64	54
XI	570	465	377	323	82	66	57
XII	549	457	381	318	83	69	58

Tab. 5 "Valori normali" a Davos (1915-1928) e valori massimi di Locarno-Monti (1944-1966) della radiazione solare diretta totale in Joule/cm²min x 10² alle 12 O.S.; S.P.I. 1956

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Davos (5)	566	608	616	620	603	603	591	595	599	595	566	549
Locarno-Monti	561	599	620	620	608	603	599	595	595	587	570	549

La Tab.5 mostra che sul mezzogiorno solare i valori della radiazione solare totale massima a Locarno-Monti sono praticamente uguali ai valori corrispondenti di Davos risultanti da tutti i giorni con misure. In altre parole sul pendio meridionale delle Alpi a circa 400 m/m, nei giorni con atmosfera molto chiara, la radiazione solare diretta totale raggiunge valori uguali a quelli che si ottengono alle nostre latitudini a quota di circa 1600 m!

3.3. Radiazione globale su un piano orizzontale. Diamo dapprima dati conseguiti con l'attinografo Fuess-Robitzsch. La Tab.6 contiene per il periodo di un decennio le somme giornaliere medie di Locarno-Monti per i giorni ben soleggiati, rispettivamente per tutti i giorni e per i giorni senza sole della radiazione globale su un piano orizzontale per i singoli mesi e l'anno.

Tab. 6 Somme giornaliere medie della radiazione globale in J/cm^2d su un piano orizzontale a Locarno-Monti (IV 1938-III 1948), S.P.I. 1956, registrata con un attinografo bimetallico Fuess-Robitzsch

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
Giorni ben soleggiati	813	1240	1781	2309	2732	2912	2795	2418	1915	1374	930	687	1827
Tutti	536	876	1265	1647	1760	2166	2179	1848	1370	888	633	473	1303
Senza sole	176	247	264	344	411	486	419	335	272	200	172	151	289

Per i primi troviamo il valore più elevato in giugno; mentre per tutti i giorni i valori di luglio e di giugno sono assai vicini. Anche per i giorni senza sole la somma giornaliera media più alta si presenta in giugno. Il valore medio più basso per ciascuno dei 3 tipi subentra in dicembre. Nella media annuale troviamo per i giorni senza sole $289 J/cm^2d$; per tutti i giorni 1303 e per i giorni ben soleggiati $1827 J/cm^2d$; quindi differenze assai pronunciate tra i giorni senza sole e quelli degli altri 2 tipi.

Nella Tab.7 figurano per Locarno-Monti, Zurigo e Davos, per periodi di diversa lunghezza, nella prima riga (A) le medie giornaliere della radiazione globale su piano orizzontale per tutti i giorni; nella seconda riga (B) la radiazione globale relativa, cioè il rapporto in percento tra la radiazione globale di tutti i giorni e la radiazione globale dei giorni ben soleggiati. Nella media per tutto l'anno la radiazione globale relativa è del 74% a Davos, del 71% a Locarno-Monti e solo del 62% a Zurigo. Mentre a Davos i valori più elevati della radiazione globale relativa subentrano da novembre ad aprile, a Locarno-Monti e a Zurigo si presentano invece da giugno a settembre. A Davos si fa sentire nel semestre estivo la presenza delle nubi cumuliformi, invece a Zurigo, pressapoco da novembre a gennaio, risalta l'influsso della nebbia o nebbia alta, tipiche dell'Altipiano svizzero per il semestre invernale. I dati considerati furono ricavati originariamente da (6) e riportati qui nella forma utilizzata in (7) e dopo aver trasformato le calorie in Joule.

Tab. 7 Somme giornaliere (medie di tutti i giorni) in J/cm^2d , S.P.I. 1956, (A) su un piano orizzontale, registrate con un attinografo bimetallico Fuess-Robitzsch e radiazione globale relativa (B) in %

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
1) Locarno-Monti	A	536	876	1265	1647	1760	2166	2179	1848	1370	888	633	473	1303
	B	66	70	71	71	64	74	78	76	72	65	68	69	71%
2) Zurigo	A	310	545	1014	1458	1647	2082	1994	1663	1232	616	356	251	1098
	B	47	51	60	64	60	72	70	68	65	49	46	46	62%
3) Davos	A	566	918	1437	1961	2120	2200	2158	1789	1391	964	670	499	1391
	B	79	78	77	76	69	70	72	70	73	70	76	77	74%

1) IV 1938 - III 1948

2) VI 1938 - XII 1942

3) X 1935 - IX 1941

Presentiamo ora risultati ricavati dalla registrazione con solarigrafi Moll-Gorzynski, avvertendo che in parte essi sono ancora suscettibili di correzioni, probabilmente lievi; i valori definitivi verranno pubblicati più tardi (8).

La Tab.8 contiene, purtroppo per periodi un po' diversi, le somme medie giornaliere, per tutti i giorni, della radiazione globale su un piano orizzontale di una stazione al piede meridionale delle Alpi (Locarno-Monti), di una sull'Altipiano svizzero (Kloten), di una di montagna (Davos) e di una di alta montagna (Weissfluhjoch). Le medie per tutto l'anno di Locarno-Monti e Davos, con circa $1330-1350 J/cm^2d$ sono praticamente uguali. Il valore corrispondente di Kloten con $1102 J/cm^2d$ è assai inferiore, mentre quello del Weissfluhjoch è di circa il 15-20% superiore ai corrispondenti delle prime due località.

Tab. 8 Somme giornaliere medie, per tutti i giorni, della radiazione globale su un piano orizzontale, in J/cm^2d , registrate con solarigrafi Moll-Gorzynski

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
1) Locarno-Monti	574	872	1299	1718	1986	2196	2296	1915	1433	972	515	473	1353
2) Kloten	285	578	960	1370	1806	1982	2116	1596	1249	716	339	218	1102
3) Davos	561	901	1391	1831	2015	2007	1994	1730	1458	1010	612	461	1332
4) Weissfluhjoch	662	1022	1588	2057	2204	2011	1898	1634	1450	1140	704	578	1412

1) VII 1957-1971);

2) IV 1963-1972;

3) 1958-1971;

4) 1970-1975

I valori definitivi saranno pubblicati più tardi (8)

Tab. 9 Andamento giornaliero medio, per i singoli mesi, della radiazione globale su un piano orizzontale in J/cm²h a Locarno-Monti (VII 1957 - XII 1967)

Mese / O.S.	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Somma
Gennaio				3	22	61	88	104	105	92	65	28	3				571
Febbraio			1	16	53	90	122	141	142	127	98	56	14	1			861
Marzo		1	11	46	92	135	164	183	181	168	136	94	47	10	1		1269
Aprile		6	38	83	134	180	212	220	216	201	170	130	82	37	6		1715
Maggio	3	21	62	110	158	199	227	244	246	223	190	155	107	60	19	2	2026
Giugno	5	31	73	122	168	210	238	257	254	243	210	167	118	71	28	5	2200
Luglio	3	26	71	122	176	224	257	270	266	246	210	167	116	65	23	3	2245
Agosto	1	11	46	92	142	187	218	238	238	216	186	144	93	45	10	1	1868
Settembre		2	19	57	101	147	181	196	197	178	144	103	57	17	1		1400
Ottobre			3	24	59	96	123	140	140	131	104	64	23	3			910
Novembre				4	24	54	76	90	92	80	56	27	5				508
Dicembre				2	13	48	73	88	89	75	50	19	2				459
Media	3	14	36	57	95	136	165	181	181	165	135	96	56	34	13	3	1370

I valori definitivi saranno pubblicati più tardi (8)

Nei mesi prettamente estivi da giugno ad agosto Locarno-Monti ha una radiazione globale superiore a quella di Davos, anche per l'influsso della nuvolosità cumuliforme nella stazione di montagna; mentre da dicembre a febbraio i valori delle 2 località sono vicini. Leggermente favorito risulta Davos in marzo-aprile. Kloten risulta assai sfavorito rispetto a Locarno-Monti e a Davos, specialmente da novembre a febbraio, per influsso della nebbia e nebbia alta. A Davos i valori da maggio a luglio sono dello stesso ordine di grandezza. Sul Weissfluhjoch il massimo si presenta in maggio; nei 3 mesi successivi si fa sentire la presenza della nuvolosità cumuliforme, analogamente a Davos.

La Tab.9 contiene l'andamento giornaliero medio (somme orarie) per i mesi e l'anno della radiazione globale su un piano orizzontale per Locarno-Monti, per circa un decennio. Come era da attendersi i valori più elevati si trovano intorno a mezzogiorno. L'andamento giornaliero in questione risulta assai simmetrico rispetto al mezzogiorno solare.

L'andamento giornaliero medio, per un periodo di circa 3 anni, della radiazione globale su una superficie orizzontale, determinato con un solarigrafo Moll-Gorzynski, per i giorni senza nubi e per tutti i giorni, nonchè le medie per i giorni coperti si trovano in (9).

3.4. Radiazione diffusa su un piano orizzontale. La Tab.10 contiene le medie giornaliere per i singoli mesi e l'anno per Locarno-Monti, Kloten e Davos della radiazione diffusa su una superficie orizzontale. Mancano dati per il Weissfluhjoch. I valori di Locarno-Monti e Kloten sono piuttosto vicini, mentre quelli di Davos risultano superiori salvo da luglio ad ottobre. La maggior differenza si verifica da febbraio a maggio (influsso della riflessione provocata dalla presenza di un manto nevoso?).

Tab. 10 Somme giornaliere medie, per tutti i giorni, in J/cm^2d della radiazione diffusa su un piano orizzontale

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
Locarno-Monti													
IX 1957-1971	243	369	545	746	892	926	913	767	582	385	239	205	570
Kloten													
IV 1963-1972	230	390	578	742	892	968	930	804	620	406	235	176	582
Davos													
1958 - 1970	281	448	721	989	1027	964	859	704	515	369	310	239	620

I valori definitivi saranno pubblicati più tardi (8)

La Tab.11 contiene per i mesi e l'anno l'andamento giornaliero medio della radiazione diffusa su un piano orizzontale di Locarno-Monti. I valori risultano un po' meno simmetrici rispetto al mezzogiorno solare di quanto avviene per la radiazione globale. I valori pomeridiani sono leggermente superiori a quelli della mattina.

Tab. 11 Andamento giornaliero medio, per i singoli mesi, della radiazione diffusa in J/cm²h su un piano orizzontale a Locarno-Monti (IX 1957 - XII 1967)

Mese / O.S.	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Somma
Gennaio				3	13	26	35	40	40	36	28	15	3				239
Febbraio			1	10	25	38	48	55	54	49	41	27	10	1			359
Marzo		1	7	24	40	55	62	70	72	70	59	44	25	7	1		537
Aprile		5	21	38	55	69	80	86	91	85	75	60	41	22	5		733
Maggio	2	14	31	49	66	79	90	99	102	97	86	74	55	35	15	2	896
Giugno	4	19	37	54	68	82	92	98	98	96	86	74	56	38	19	4	925
Luglio	3	16	35	55	72	83	93	96	98	91	83	70	53	35	17	3	903
Agosto	1	8	26	44	57	69	78	85	86	83	75	62	44	26	8	1	753
Settembre		1	12	29	51	60	68	73	72	69	59	46	30	12	1		583
Ottobre			2	13	28	40	49	54	53	51	42	29	14	2			377
Novembre				3	15	27	35	40	40	36	27	16	4				243
Dicembre				1	10	22	31	36	37	31	23	11	1				203
Media	3	9	19	27	42	54	63	69	70	66	57	44	28	20	9	3	583

Tab. 12 Rapporto in percento tra la radiazione diffusa e la radiazione globale su un piano orizzontale

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
Locarno-Monti	42	42	42	43	45	42	40	40	41	40	46	43	42
Kloten	81	67	60	54	49	49	44	50	50	57	69	81	53
Davos	50	50	52	54	51	48	43	41	35	37	51	52	47

I valori definitivi saranno pubblicati più tardi (8)

Nella Tab.12 per le 3 stazioni con radiazione diffusa figura per i singoli mesi e l'anno il rapporto percentuale tra la radiazione diffusa e quella globale su un piano orizzontale, calcolato a partire dalle medie mensili e annuale dei periodi considerati. Per tutto l'anno tale rapporto è del 42% per Locarno-Monti, del 53% per Kloten. La percentuale di Davos, con il 47% si trova in posizione quasi equidistante da quelle delle altre 2 stazioni. Noto risulta quindi, specialmente per Kloten, l'apporto della radiazione diffusa a quella globale, nella media di tutti i giorni ben inteso. Quanto all'andamento annuale di tale rapporto va rilevato che per Locarno-Monti si raggiungono i valori più elevati in novembre e maggio e quelli più bassi da luglio a ottobre; ma le differenze sono poco pronunciate. Per Kloten si trova un massimo ben accentuato in dicembre-gennaio e il minimo in luglio. Davos presenta il massimo in aprile e il minimo in settembre. Quindi l'andamento annuale è diverso per le 3 stazioni.

Va rilevato che il rapporto tra radiazione diffusa e radiazione globale può variare assai (11) a dipendenza del metodo seguito per il calcolo.

3.5 Radiazione globale su piani verticali orientati. La Tab.13 contiene le somme giornaliere medie per tutti i giorni della radiazione globale di Locarno-Monti in J/cm^2d sui piani verticali orientati verso E, S, W e N.

Tab. 13 Somme giornaliere medie, per tutti i giorni, della radiazione globale in J/cm^2d su piani verticali orientati verso E,S,W e N (1961-1971) e della radiazione globale su un piano orizzontale (VII 1957 - 1971) a Locarno-Monti

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ANNO
orient. E	365	528	763	930	1022	1115	1169	1018	796	599	314	306	746
" S	1123	1219	1316	1169	1022	1027	1148	1236	1328	1265	880	1031	1148
" W	381	524	725	872	926	1052	1106	976	792	570	327	335	716
" N	138	189	247	331	419	490	486	377	268	197	117	122	281
orizzont.	574	872	1299	1718	1986	2196	2296	1915	1433	972	515	473	1353

I valori definitivi saranno pubblicati più tardi (8)

Se si confrontano le condizioni dei piani verticali orientati verso E e verso W, si nota che in media da novembre a gennaio il piano rivolto verso E riceve un po' meno di energia calorica che quello orientato verso W; invece da marzo ad ottobre la radiazione globale ricevuta dal piano orientato verso E è superiore a quella del piano rivolto verso W. Va rilevato che l'orizzonte orografico è più ampio verso E che verso W. Il piano orientato verso N riceve sole e quindi energia solare all'inizio del mattino e alla sera solo da maggio ad agosto; negli altri mesi solamente radiazione diffusa. Mentre che la radiazione giornaliera media per i piani E e W presenta nell'andamento annuale un massimo in luglio, quello verso N mostra valori praticamente uguali in giugno e luglio. Per il piano orientato verso S si hanno invece 2 massimi dello stesso ordine di grandezza in marzo e settembre, cioè nei mesi in cui cadono gli equinozi e 2 minimi in novembre e maggio-giugno. Confrontando la radiazione globale sul piano verticale rivolto verso S (Tab.13) e quella sul piano orizzontale (Tab.8) si constata che la prima supera la seconda da ottobre a marzo, mentre nel semestre estivo succede il contrario.

L'andamento diurno, durante un periodo di circa 3 anni (VI 1961-XII 1964) della radiazione globale su 4 piani verticali orientati verso E, S, W e N, per i giorni senza nubi e per tutti i giorni e inoltre le somme giornaliere medie per i giorni coperti si trovano in (9).

3.6 Radiazione globale su piani orientati e inclinati. Siccome per determinati scopi può essere molto utile conoscere, non solo la radiazione globale su un piano orizzontale e sui piani verticali orientati, ma anche quella su piani inclinati, riportiamo qui la radiazione globale media di tutti i giorni, misurata per un periodo di quasi 2 anni su piani orientati verso S e inclinati rispettivamente a 0° , 30° , 60° (nel capitolo precedente vi sono i valori corrispondenti per un piano verticale orientato verso S, ossia con un'inclinazione di 90°) e la radiazione globale, per un periodo di 3 anni, su piani orientati verso E e verso W e inclinati di 30° . I dati figurano nella Tab.14.

Nella media per tutto l'anno e per i piani orientati verso S, troviamo il valore più elevato della radiazione globale giornaliera con un'inclinazione di 30° , con $1608 \text{ J/cm}^2\text{d}$, seguita dal piano inclinato a 60° con $1537 \text{ J/cm}^2\text{d}$ e da ultimo dal piano con un'inclinazione di 0° , con $1348 \text{ J/cm}^2\text{d}$. Il piano inclinato a 30° , salvo in giugno e luglio riceve in tutti i mesi più radiazione globale del piano inclinato a 0° . Il piano con un'inclinazione a 30° riceve in media meno radiazione globale di quello inclinato a 60° da ottobre a marzo; nel semestre estivo succede invece il contrario.

I piani orientati verso E e verso W e inclinati di 30° ricevono nella media annuale praticamente un'uguale radiazione globale (1228 , rispettivamente $1219 \text{ J/cm}^2\text{d}$); da novembre a febbraio il piano rivolto verso W riceve un po' più di radiazione globale di quello orientato verso E, mentre da aprile ad agosto si verifica il contrario. In marzo, settembre e ottobre le differenze sono assai ridotte.

Dei 3 piani inclinati di 30° considerati, quello rivolto verso S riceve in media in tutti i mesi e quindi anche per l'anno assai più radiazione globale dei 2 rivolti verso E e W.

Maggiori dettagli sulla radiazione globale sui piani orientati e inclinati considerati si trovano in (10).; in particolare le somme medie mensili per i giorni senza nubi e per quelli coperti; l'andamento giornaliero della radiazione globale su tali piani nei giorni sereni, per tutti i giorni e nei giorni coperti, come pure l'andamento annuale della radiazione globale per i 3 tipi di giorni.

Tab. 14 Somme giornaliere medie, di tutti i giorni, della radiazione globale in J/cm^2d su diverse superfici orientate e inclinate a Locarno-Monti (Periodi di misura: 0° , $30^\circ S$, $60^\circ S$: IX 1960-IV 1961 e VIII 1961-IX 1962; $30^\circ E$ e W : XI 1962-X 1965)

Angolo di inclinaz.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
0°	540	909	1450	1588	1923	2527	2296	1953	1337	725	524	398	1348
$30^\circ S$	1001	1513	1869	1726	1948	2426	2246	2129	1760	1056	884	733	1608
$60^\circ S$	1173	1693	1919	1567	1626	1953	1865	1886	1751	1117	1014	880	1537
$30^\circ E$	549	897	1073	1550	1810	1839	2112	1785	1278	926	457	457	1228
$30^\circ W$	591	922	1068	1471	1785	1785	2049	1751	1270	934	503	499	1219

3.7 Radiazione circumglobale su una sfera. Nella Tab. 15 vengono confrontate per un decennio le somme giornaliere medie della radiazione circumglobale su una sfera di Basilea, Davos, Weissfluhjoch e Locarno-Monti, quindi per una località al N delle Alpi, una al S di esse, di una stazione di montagna e di una di alta montagna.

Tab. 15 Somme giornaliere medie in J/cm^2d , per tutti i giorni, della radiazione circumglobale su una sfera (1961-1970)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
Basilea	239	365	528	654	804	897	922	784	654	457	251	193	561
Davos	465	628	821	909	892	897	876	779	725	624	436	406	704
Weissfluhjoch	851	1131	1504	1697	1655	1441	1148	1018	1001	955	813	750	1165
Locarno-Monti	465	561	733	800	888	960	1006	905	742	595	369	406	704

La media di tutti i giorni per l'anno dà valori uguali per Davos e Locarno-Monti con $704 J/cm^2d$. Per Basilea si ha un 20% in meno. Di gran lunga superiore risulta la radiazione circumglobale del Weissfluhjoch, che nella media annuale supera di ben il 65% i valori di Locarno-Monti e Davos. Ciò è dovuto all'altitudine (2670 m/m) e all'energia riflessa dal manto nevoso, rilevante quest'ultimo specialmente in inverno e primavera. Nelle 2 stazioni di montagna

il massimo della radiazione circumglobale giornaliera si presenta in aprile, mentre a Basilea e a Locarno-Monti cade in luglio. A Davos le differenze tra aprile, maggio e giugno sono poco pronunciate.

Tab. 16 Rapporto in percento della radiazione circumglobale su una sfera e radiazione globale su una superficie orizzontale

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
Locarno-Monti	81	64	56	47	45	44	44	47	52	61	72	86	52
Davos	83	70	59	50	44	45	44	45	50	62	71	88	53

Nella Tab.16 figura per Locarno-Monti e Davos il rapporto percentuale, secondo i mesi e l'anno, tra la radiazione circumglobale su una sfera e la radiazione globale su una superficie orizzontale, ottenuta con solarigrافي Moll-Gorzynski. Tale rapporto presenta i valori più elevati in dicembre-gennaio e i più bassi pressapoco da maggio a luglio-agosto. Nella media annua per entrambe le stazioni la radiazione circumglobale su una sfera risulta di poco più che la metà della radiazione globale su una superficie orizzontale.

3.8 Radiazione circumglobale diffusa su una sfera. E' a disposizione solo per Locarno-Monti. Le medie giornaliere per i singoli mesi e l'anno sono contenute nella Tab.17 (prima riga), unitamente alla percentuale tra la radiazione circumglobale diffusa e la radiazione circumglobale (seconda riga).

Tab. 17 Somme giornaliere medie della radiazione diffusa in J/cm^2d a Locarno-Monti, per tutti i giorni e in percento della radiazione circumglobale

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
J/cm^2d	226	289	377	478	557	612	645	553	440	327	210	197	411
%	49	51	51	60	63	64	64	61	59	55	57	48	58

Tale percentuale è più bassa da dicembre a marzo e più alta pressapoco da maggio a luglio. Nella media di tutto l'anno la radiazione diffusa rappresenta il 58% dell'intera radiazione circumglobale sulla sfera.

3.9. Radiazione ultravioletta del sole su un piano perpendicolare ai raggi del sole.
 Nella Tab.18 sono riportati per Locarno-Monti i valori medi della radiazione UV in unità di Davos ($1 \sim 3.5 \times 10^{-11}$ Amp) dei singoli mesi per ogni ora solare intera (12). L'andamento giornaliero di tale grandezza è assai pronunciato. Inoltre salta facilmente all'occhio la differenza tra i valori dell'estate e quelli dell'inverno. Così per esempio sul mezzogiorno la radiazione UV in giugno-luglio è uguale a circa 9 volte quella corrispondente di dicembre.

Tab. 18 Intensità della radiazione ultravioletta diretta del sole a Locarno-Monti in unità di Davos ($1 \sim 3.5 \times 10^{-11}$ Amp).
 Variazione diurna e annuale secondo l'ora solare (O.S.)

Mese / O.S.	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Gennaio				13	25	28	23	14			
Febbraio			16	40	62	71	63	41	19		
Marzo		18	48	86	115	123	102	(62)	(29)		
Aprile		31	77	116	144	150	131	98	60	26	
Maggio		(78)	111	155	182	190	156	(107)	(74)	(39)	
Giugno	38	90	145	182	209	203	187	164	119	70	33
Luglio	36	96	144	177	203	203	193	164	115	67	96
Agosto	19	58	111	157	189	191	186	150	105	60	(23)
Settembre		17	55	96	123	134	122	94	53	15	
Ottobre		(9)	37	78	108	116	104	71	35	10	
Novembre				23	40	47	40	23			
Dicembre					17	22	16				

La radiazione UV dipende fortemente dal grado di limpidezza dell'atmosfera, come si può facilmente dedurre dalla Tab. 19, nella quale sono contenuti i valori di tale grandezza per la primavera, l'estate e l'autunno, in funzione dell'altezza solare, e suddivisi in 3 categorie, secondo appunto il grado di purezza dell'atmosfera. Così per esempio in primavera la mattina con un'altezza solare di 40° si hanno per i giorni con atmosfera limpida 122 unità di Davos, per i giorni con condizioni medie della caligine 104 e per i giorni caliginosi 83. In estate, pure la mattina, con un'altezza solare di 60° si hanno rispettivamente 240, 196 e 153 unità di Davos.

Il potere calorico della radiazione ultravioletta è insignificante. Essa ha altre caratteristiche, come quella di provocare l'abbronzatura della pelle del corpo umano, quando questo rimane sufficientemente esposto al sole.

Tab. 19 Valori medi della radiazione ultravioletta diretta del sole a Locarno-Monti, per stagioni, secondo il grado di purezza dell'aria, in unità di Davos e in funzione dell'altezza solare h_s
(a: atmosfera limpida; b: condizioni intermedie; c: atmosfera torbida)

h_s		20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	35°	30°	25°	20°	
primav.	categoria a	(19)	38	64	96	122	148	(168)									(122)		(77)			
	categoria b	14	29	52	76	104	132	153							139	110	82	58	37	22	(7)	
	categoria c	7	23	41	62	83	92	117							101	82	71	51	30	18		
estate	categoria a		42	69	99	129	161	192	220	240	(271)	250	236	220	190	161	127	95	65	42	(22)	
	categoria b	12	35	58	82	108	131	156	179	196	219	199	183	160	138	114	89	63	42	25		
	categoria c		17	35	51	71	95	115	136	153	163	164	152	129	107	86	64	44	27	(17)		
autunno	categoria a	27	52	82	115	142											134	111	79	49	25	
	categoria b	19	42	69	100	120	142								138	117	95	65	38	18		
	categoria c	15	28	44	62	77	96								96	75	62	41	31	13		

B I B L I O G R A F I A

- (1) SCHUEPP, M. Sonnenscheindauer, Klimatologie der Schweiz I.
Beiheft zu den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen
Zentralanstalt, Jahrgang 1961.
- (2) Durata del sole e radiazione globale. Nota tecnica No.19
dell'Aeronautica militare. Ispettorato telecomunicazioni e
assistenza al volo, 3^o reparto. Servizio meteorologico,
Roma 1970.
- (3) AMBROSETTI, Fl. La durata dell'insolazione al margine meridionale delle
Alpi. Geofisica e Meteorologia. Bollettino della Società
italiana di Geofisica e Meteorologia. Genova. Vol. X, N 3/4,
1962.
- (4) AMBROSETTI, Fl., Die Intensität der direkten Sonnenstrahlung in verschiedenen
SCHRAM, K. und Spektralbereichen in Locarno-Monti. Pubblicazione dell'Isti-
THAMS, J.C. tuto svizzero di meteorologia No. 7, 1968.
- (5) LINDHOLM, F. Normalwerte der Gesamtstrahlung und der auf die Cadmiumzelle
wirksamen Ultraviolettstrahlung in Davos. Festschrift für
die 110. Jahresversammlung der Schweizerischen Gesellschaft
in Davos, 1929. S. 5-32.
- (6) THAMS, J.C. La radiazione del sole + cielo a Locarno-Monti. Risultati di
dieci anni di registrazioni con l'attinografo bimetallico
Fuess-Robitzsch. Geofisica pura e applicata. Milano. Vol.
XV, 1949. Fasc. 1-2.
- (7) AMBROSETTI, Fl. Il clima del sud delle Alpi. Bollettino della Società tici-
nese di Scienze naturali, 1971, anno LXII.
- (8) VALKO, P. und Klimatologie der Schweiz. Strahlung, 2. Teil (in Vorbe-
AMBROSETTI, Fl. reitung)
- (9) SCHRAM, K. und Die kurzwellige Strahlung von Sonne und Himmel auf einen
THAMS, J.C. nach Süden orientierten Würfel. Pure and Applied Geophysics
(PAGEOPH). Basel, Vol. 66, 1967/I.
- (10) SCHRAM, K. und Die kurzwellige Strahlung von Sonne und Himmel auf ver-
THAMS, J.C. schieden orientierte und geneigte Flächen. Archiv für
Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie B,
Bd. 15, Heft 1-2, 1967.
- (11) VALKO, P. Meteorologische Daten zur Sonnenenergienutzung. Aus dem
Tagungsbericht "Grundlagen der Solartechnik I" der Deutschen
Gesellschaft für Sonnenenergie, 22. Oktober 1976, Stuttgart-
Fellbach.
- (12) AMBROSETTI, Fl. Misure della radiazione ultravioletta del sole a Locarno-
e ZENONE, E. Monti. Rivista Geofisica pura e applicata. Milano, Vol. XV
1949. Fasc. 1-2.

NB. Statistiche più dettagliate sulla radiazione solare verranno pubblicate
nella serie METEOPLAN

Indirizzo dell'autore: Flavio Ambrosetti
 Osservatorio Ticinese dell'Istituto svizzero di meteorol.
 Via ai Monti 146

CH - 6605 L o c a r n o 5

A N H A N G

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
1. <u>GEMESSENE UND REGISTRIERTE GROESSEN</u>	
1.1. Sonnenscheindauer	3
1.2. Direkte Sonnenstrahlung im Gesamtspektrum sowie in den Spektralbereichen der Schottischen Glasfilter OG ₁ , RG ₂ und RG ₈ auf Normalfläche	3
1.3. Globalstrahlung auf Horizontalfläche	3
1.4. Diffuse Strahlung auf Horizontalfläche	3
1.5. Globalstrahlung auf die Vertikalflächen Ost, Süd, West, Nord	4
1.6. Globalstrahlung auf verschieden orientierte und geneigte Flächen	4
1.7. Zirkumglobalstrahlung auf eine Kugel	4
1.8. Diffuse Zirkumglobalstrahlung auf eine Kugel	4
1.9. Ultraviolettstrahlung der Sonne auf Normalfläche	4
2. <u>VERWENDETE INSTRUMENTE UND APPARATE</u>	
2.1. Sonnenscheinautograph Campbell-Stokes	5
2.2. Panzeraktinometer nach Linke-Feussner	5
2.3. Ångström Bimetall-Pyrheliometer	5
2.4. Bimetallaktinograph Fuess-Robitzsch	5
2.5. Pyranograph Moll-Gorzynski	6
2.6. Kugelpyranometer (Luzimeter) Bellani	6
2.7. Cadmiumphotozelle	6
3. <u>RESULTATE</u>	
3.1. Sonnenscheindauer	7
3.2. Direkte Sonnenstrahlung mit und ohne Filter auf Normalfläche	8
3.3. Globalstrahlung auf Horizontalfläche:	10
a) gemessen mit Bimetall-Aktinograph Fuess-Robitzsch	
b) gemessen mit Pyranograph Moll-Gorzynski	
3.4. Diffuse Strahlung auf Horizontalfläche	13
3.5. Globalstrahlung auf Vertikalflächen	15
3.6. Globalstrahlung auf geneigte Flächen	16
3.7. Zirkumglobalstrahlung	17
3.8. Diffuse Zirkumglobalstrahlung	18
3.9. Ultraviolettstrahlung der Sonne auf Normalfläche	19
4. <u>BIBLIOGRAPHIE</u>	21

TERMINOLOGIE

Relative Sonnenscheindauer: absolute Sonnenscheindauer in Prozent der orographisch möglichen Dauer.

Strahlung: ausgestrahlte, übertragene oder empfangene elektromagnetische Energie.

Strahlungsintensität: Energiefluss pro Zeiteinheit (Leistung pro Flächeneinheit). Ab 1968 gilt als gesetzliche SI-Einheit $\text{Joule cm}^{-2} = 2.39 \text{ cal cm}^{-2}$ (1 cal = 4.19 Joule).

Direkte Sonnenstrahlung aus dem Raumwinkel der Sonnenscheibe auf eine zur Strahlungsrichtung senkrechte Fläche auffallende Strahlung.

Diffuse Strahlung von einer ebenen Fläche aus dem Raumwinkel von 2π (ausgenommen: Raumwinkel der Sonnenscheibe) empfangene Strahlung.

Himmelsstrahlung: Vertikalkomponente der diffusen Strahlung (Empfängerfläche horizontal)

Reflexstrahlung von der Erdoberfläche (im allg. diffus) reflektierte direkte und diffuse Strahlung, die auf eine ebene Empfängerfläche auftritt.

Globalstrahlung Summe der direkten Sonnenstrahlung, der diffusen Strahlung, die aus einem Raumwinkel von 2π auf eine ebene Fläche auffällt.

Globalstrahlung auf Horizontalfläche: Vertikalkomponente der Globalstrahlung; im Idealfall Summe der Vertikalkomponenten der direkten Sonnenstrahlung und Himmelsstrahlung, ohne Reflexstrahlung.

Relative Globalstrahlung: Globalstrahlung aller Tage in Prozent der Globalstrahlung der sonnigen Tage.

Zirkumglobalstrahlung: auf eine Kugeloberfläche auffallende Sonnenstrahlung, diffuse Strahlung des Himmels und die Reflexstrahlung der Umgebung zusammen.

Diffuse Zirkumglobalstrahlung: Zirkumglobalstrahlung ohne Sonnenstrahlung.

Ultraviolettstrahlung der Sonne: direkte Sonnenstrahlung im Wellenbereich $0.288 \mu \leq \lambda \leq 0.366 \mu$.

- Alle Intensitätswerte sind auf die Internationale Pyrheliometerskala 1956 (I.P.S. 1956) bezogen.
- Alle Zeitangaben richten sich nach der wahren Sonnenzeit (WSZ).
- Wenn nichts gesagt, sind Mittelwerte über alle Tage bezogen.

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1	Sonnenscheindauer in Stunden (1931-1960)
Tab. 2	Relative Sonnenscheindauer (%)
Tab. 3	Monatliche maximale und mittlere Intensität ($\text{J.cm}^{-2} \text{min}^{-1} \cdot 10^2$) der direkten Sonnenstrahlung zu jeder Tagesstunde für Locarno-Monti (Messperiode: IV 1944 - XII 1966).
Tab. 4	Vergleich der 12 Uhr-Maxima aus Tab. 3 mit den zugehörigen Filterwerten.
Tab. 5	Vergleich der 12 Uhr-Maxima aus Tab. 3 mit den langjährigen (1915-1928) Mittelwerten von Davos

- Tab. 6 Mittelwerte der Globalstrahlung ($J.cm^{-2}Tag^{-1}$) auf Horizontalfläche (Messungen mit dem Bimetall-Aktinograph IV 1938 - III 1948)
Obere Reihe: schöne Tage
Mittlere Reihe: alle Tage
Untere Reihe: sonnenlose Tage
- Tab. 7 Vergleich der Mittelwerte über alle Tage aus Tab. 6 mit entsprechenden Werten von Zürich und Davos
A: Absolutwerte; B: Relativwerte (s. Terminologie)
- Tab. 8 Mittelwerte der Globalstrahlung ($J.cm^{-2}Tag^{-1}$) auf Horizontalfläche, Pyranograph-Messungen
- Tab. 9 Mittelwerte der Globalstrahlung ($J.cm^{-2}h^{-1}$) auf Horizontalfläche; Jahres- und tageszeitlicher Verlauf für Locarno-Monti (VII 1957-XII 1967)
- Tab. 10 Mittelwerte der diffusen Strahlung ($J.cm^{-2}Tag^{-1}$) auf Horizontalfläche
- Tab. 11 Verhältnis der diffusen Strahlung zur Globalstrahlung auf Horizontalfläche in %
- Tab. 12 Mittelwerte der diffusen Strahlung ($J.cm^{-2}h^{-1}$) auf Horizontalfläche; Jahres- und tageszeitlicher Verlauf für Locarno-Monti (IX 1957 - XII 1967)
- Tab. 13 Mittelwerte der Globalstrahlung ($J.cm^{-2}Tag^{-1}$) auf die Vertikalflächen E, S, W, N (1961-1971) und auf die Horizontalfläche (1957-1971) für Locarno-Monti
- Tab. 14 Mittelwerte der Globalstrahlung ($J.cm^{-2}Tag^{-1}$) auf verschieden orientierte und geneigte Flächen für Locarno-Monti. Messperioden: S, 0° , 30° und 60° : IX 1960 - IV 1961; VIII 1961 - IX 1962; 30° E und W: XI 1962 - X 1965
- Tab. 15 Mittelwerte der Zirkumglobalstrahlung ($J.cm^{-2}Tag^{-1}$) auf die Kugeloberfläche (1961-1970)
- Tab. 16 Verhältnis der Zirkumglobalstrahlung auf die Kugeloberfläche zur Globalstrahlung auf Horizontalfläche in %
- Tab. 17 Mittelwerte der diffusen Zirkumglobalstrahlung ($J.cm^{-2}Tag^{-1}$) und ihr Verhältnis zur Zirkumglobalstrahlung auf die Kugeloberfläche in % für Locarno-Monti
- Tab. 18 Mittelwerte der Ultraviolettstrahlung (in Davosereinheiten $\sim 3,5 \cdot 10^{-11} Amp$) der Sonne; Tages- und jahreszeitlicher Verlauf.
- Tab. 19 Mittelwerte der Ultraviolettstrahlung (in Davosereinheiten $\sim 3,5 \cdot 10^{-11} Amp$) der Sonne in Funktion der Sonnenhöhe h_s für verschiedene Jahreszeiten und Stufen der Luftreinheit
a: sehr klare Atmosphäre
b: mittlere Bedingungen
c: sehr dunstige Atmosphäre

