



radiazione ultravioletta solare

11



Indicatori (I) e Approfondimenti (A)	DPSIR	Valutazione dell'indicatore			Pag.
		Qualità dell'informazione	Giudizio di stato	Tendenza	
I Irradianza ultravioletta solare	S/I	☺	na.	na.	306
A <i>La dosimetria personale dell'ultravioletto</i>					312
I Ozono colonnare	S	☺	na.	na.	314

Irradianza ultravioletta solare



La radiazione ultravioletta costituisce il 5% della radiazione solare complessiva che raggiunge la superficie terrestre. Il dato di irradianza ultravioletta solare viene presentato attraverso l'uso di due diverse grandezze:

- l'indice ultravioletto (UV-index), che descrive l'intensità della radiazione UV nelle lunghezze d'onda minori, corrispondenti ad energie del fotone superiori (280-320 nm circa. N.b.: 1 nm - nanometro - è uguale a 1 miliardesimo di metro) e la sua capacità di dare origine a eritemi sull'epidermide umana;
- l'irradianza ultravioletta nella banda UV-A, dove la radiazione è meno efficace nel causare eritemi, ma complessivamente più energetica.

Le misure di irradianza ultravioletta solare condotte da ARPA Valle d'Aosta sono principalmente espresse in unità di indice ultravioletto (UV Index). Tale numero, generalmente compreso tra 1 e 10, permette di valutare i rischi conseguenti ad una prolungata esposizione al sole, in base al proprio fototipo di carnagione, e di adottare le adeguate misure di protezione.

L'Indice UV è definito come il rapporto tra la misura dell'irradianza UV (potenza ricevuta per unità di superficie "vista" dal fascio di luce), pesata secondo la curva di sensibilità della pelle umana (ponderazione eritemale), ed il valore standard di 25 mW/m². L'utilizzo di questo indice è stato raccomandato da importanti organizzazioni mondiali, quali l'Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS) e la World Meteorological Organization (WMO).

classificazione

- ▶ **Area tematica SINAnet**
Tutela e prevenzione
- ▶ **Tema SINAnet**
(Ambiente e benessere)
- ▶ **DPSIR** **S** **I**

DETERMINANTI - PRESSIONI - STATO - IMPATTO - RISPOSTE

Qualità dell'informazione



Giudizio stato

n.a.

Tendenza*

n.a.

* Serie di dati misurati non ancora lunga a sufficienza per permettere l'individuazione di eventuali variazioni a lungo termine

riferimenti normativi

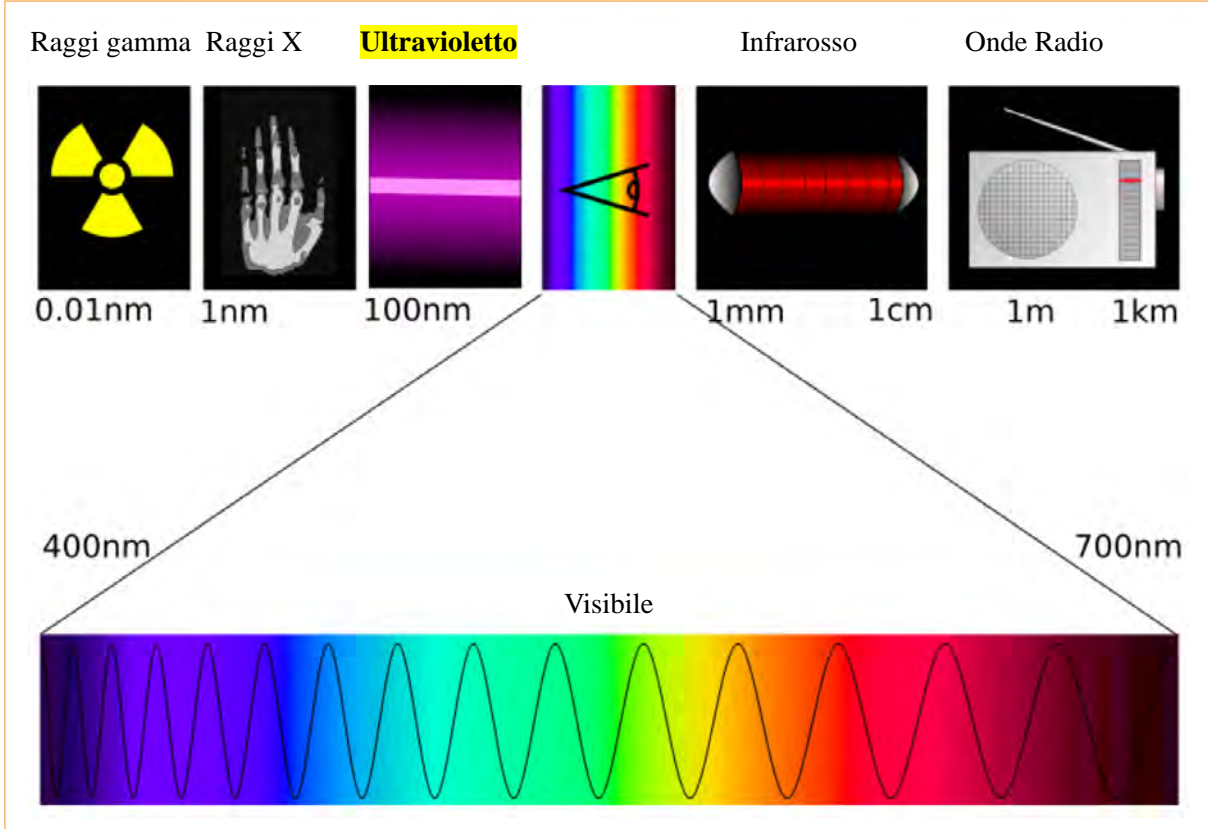
- ▶ **Normativa di riferimento**
Non applicabile
- ▶ **Relazione con la normativa**
Non applicabile
- ▶ **Livelli normativi di riferimento**
Non applicabile

copertura temporale e spaziale

- ▶ **Aggiornamento**
31/12/2007
- ▶ **Periodicità di aggiornamento**
L'irradianza ultravioletta solare è misurata in continuo nei siti di monitoraggio presenti sul territorio. Tali dati sono trasmessi al centro operativo ARPA, elaborati e pubblicati sul web ogni 15 minuti.
- ▶ **Copertura territoriale**
L'irradianza UV è misurata in 3 siti:
 - Saint-Christophe (570 m s.l.m.)
 - La Thuile - Les Granges (1640 m s.l.m.)
 - Plateau Rosa (Valtournenche, 3500 m s.l.m.)L'uso di modelli matematici consente di estendere l'informazione all'intero territorio valdostano.

► CHE COS'E' LA RADIAZIONE UV?

La radiazione ultravioletta occupa la regione dello spettro elettromagnetico di lunghezze d'onda comprese tra 100 e 400 nm. Verso le alte lunghezze d'onda, la radiazione UV confina con la luce visibile a lunghezza d'onda più corta, percepita dall'occhio umano come viola, da cui viene il nome di radiazione "ultravioletta".



I raggi ultravioletti si suddividono convenzionalmente in: **UV-C (100 – 280 nm)**

E' la componente più dannosa per gli esseri viventi, completamente assorbita, tuttavia, dall'ossigeno e dall'ozono presenti nell'alta atmosfera. Gli UV-C rappresentano lo 0.5% dell'energia totale solare incidente sugli strati più esterni dell'atmosfera.

UV-B (280 – 320 nm)

Questa componente rappresenta l'1,5% dell'energia totale solare incidente sugli strati più esterni dell'atmosfera. L'ozono stratosferico è il maggior assorbitore della radiazione UV-B. Grazie all'effetto di schermatura dell'ozono, la radiazione che raggiunge la superficie terrestre ha generalmente lunghezza d'onda maggiore di 290 nm

UV-A (320 – 400 nm)

Questo intervallo contiene il 6,3% dell'energia solare che raggiunge gli strati esterni dell'atmosfera e il 99% degli ultravioletti che raggiungono la superficie terrestre. Le componenti UV-A e UV-B sono responsabili dell'abbronzatura della pelle.

► PERCHÉ STUDIARE LA RADIAZIONE UV?

Le recenti scoperte dell'assottigliamento dello strato di ozono stratosferico alle medie latitudini e del "buco" dell'ozono antartico rendono sempre più attuale lo studio della radiazione ultravioletta solare e dei suoi effetti sull'ambiente e sulla salute dell'uomo.

L'esposizione alla componente ultravioletta della radiazione solare svolge funzioni fisiologiche benefiche per la salute umana, e produce, inoltre, l'effetto di abbronzatura, oggi assai ricercato.

Al tempo stesso, però, la radiazione solare nel suo insieme (ultravioletta, visibile, infrarossa) è stata classificata dall'IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) nel gruppo 1, ovvero come agente sicuramente cancerogeno per l'uomo.

elaborazione e presentazione

11.1

L'ARPA ha dunque intrapreso un programma di monitoraggio le cui attività sono finalizzate a:

- avviare l'acquisizione di una serie storica di dati utili a valutare le tendenze a medio e lungo termine dell'irradiazione solare UV alla superficie terrestre, in connessione alla variazione di ozono stratosferico;
- acquisire dati utili all'approfondimento delle conoscenze in materia di interazione tra la componente UV della radiazione solare e l'atmosfera, anche al fine di una migliore conoscenza delle dinamiche dello smog fotochimico;

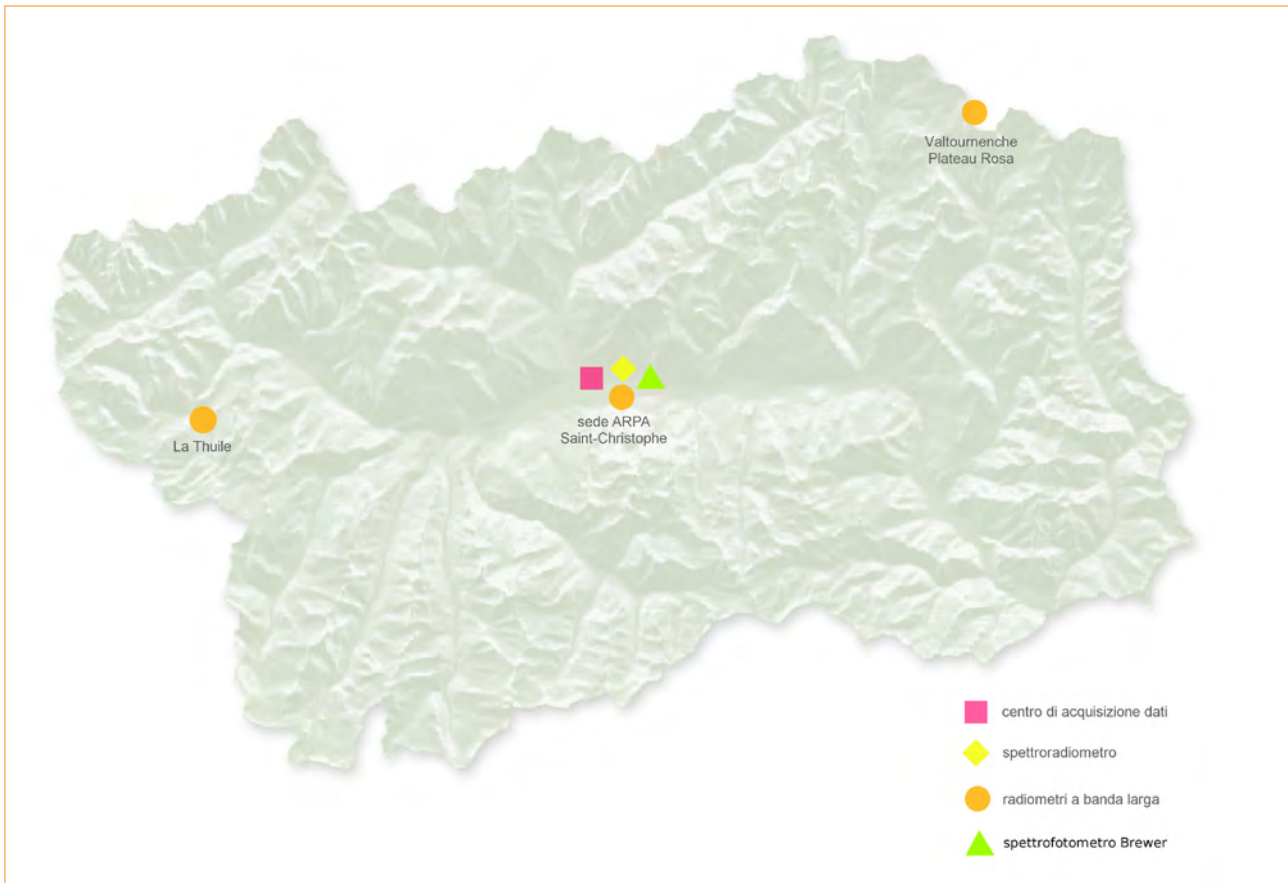
► MISURA DELLA RADIAZIONE UV

I tre siti scelti intendono rappresentare tre condizioni ambientali diverse: Saint-Christophe è posto nel fondovalle, caratterizzato da una quota inferiore e neve al suolo meno frequente; La Thuile - Les Granges è una località tipica di montagna, dove la quota maggiore influenza le condizioni climatiche e le condizioni di irraggiamento solare, determinando anche maggior presenza di neve durante l'anno, è inoltre vicino alle

- valutare l'esposizione alla radiazione UV solare di una molteplicità di soggetti che, per esigenze professionali o per svago, svolgono attività ad alta quota.

Il monitoraggio della radiazione ultravioletta è particolarmente importante in Valle d'Aosta, per l'altitudine media del territorio (l'irraggiamento UV cresce con la quota), per la notevole frazione della popolazione che svolge attività in alta quota, e per la presenza di neve al suolo per gran parte dell'anno, che, con il suo potere riflettente (albedo), aumenta l'esposizione a radiazione Ultravioletta.

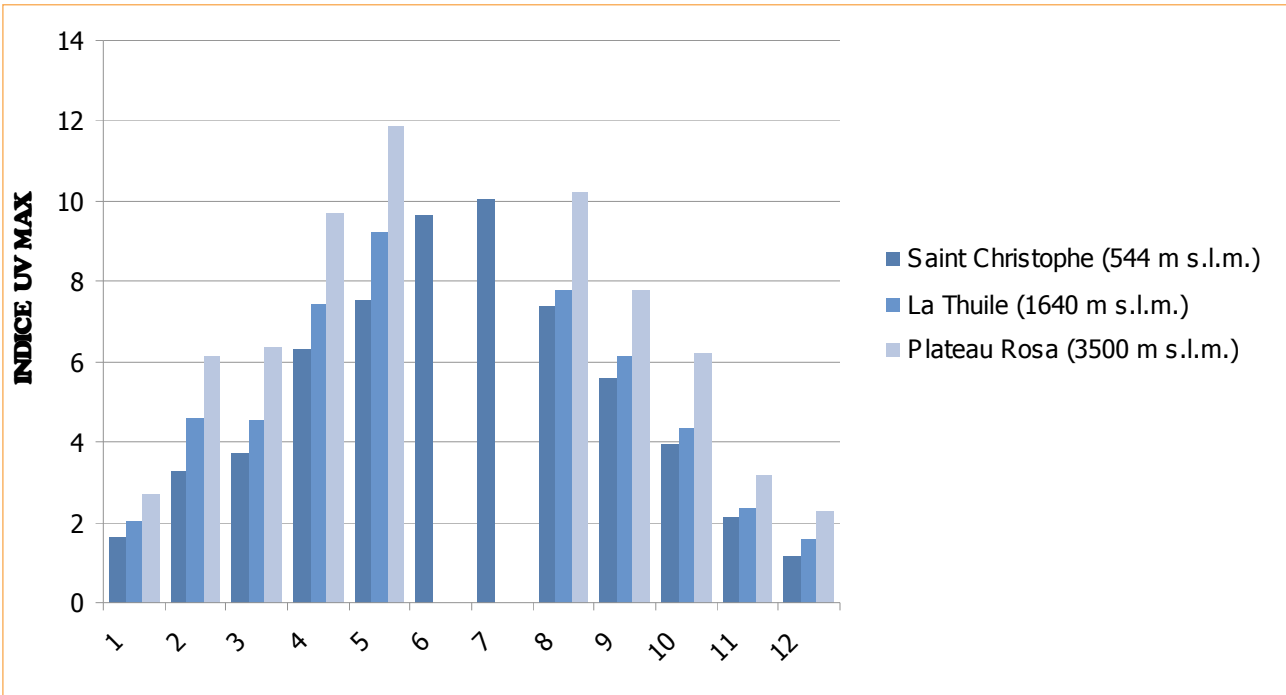
piste da sci, assai frequentate nella stagione invernale. Plateau Rosa, infine, è sito caratteristico delle zone glacializzate delle Alpi, con condizioni climatiche estreme e presenza di neve durante tutto l'anno. Tale sito di monitoraggio si può considerare, inoltre, al di sopra della fascia della bassa atmosfera interessata dalle dinamiche di inquinamento dovute alle sorgenti emissive al suolo.



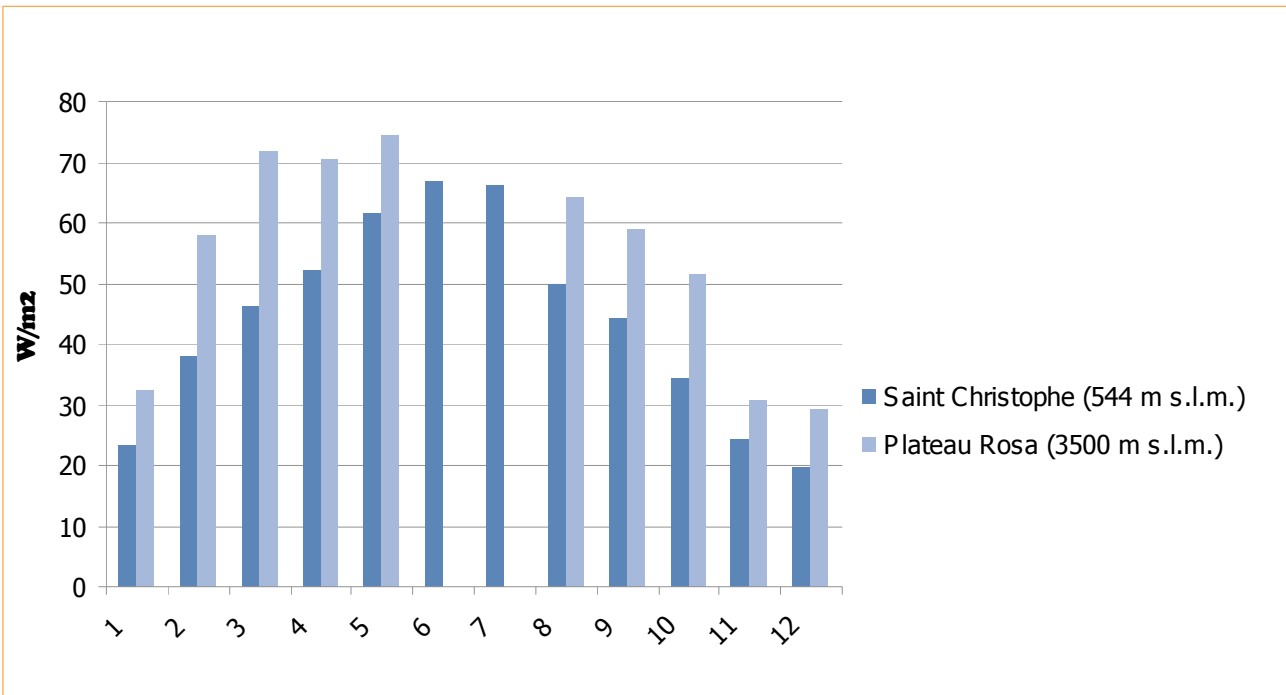
Rete di monitoraggio della radiazione UV

La dislocazione dei siti di monitoraggio è dunque scelta per studiare al meglio il cosiddetto "effetto di altitudine": l'aumento dell'irradianza UV con la quota. Esso è dovuto allo spessore minore di atmosfera attraversata dai raggi solari - e quindi al minore assorbimento - e alla presenza di neve al suolo, altamente riflettente e in grado di amplificare la dose di radiazione ricevuta.

**INDICE UV
VALORE ORARIO MASSIMO MENSILE - ANNO 2007**



**IRRADIANZA ULTRAVIOLETTA NELLA BANDA UV-A
VALORE ORARIO MASSIMO MENSILE - ANNO 2007**

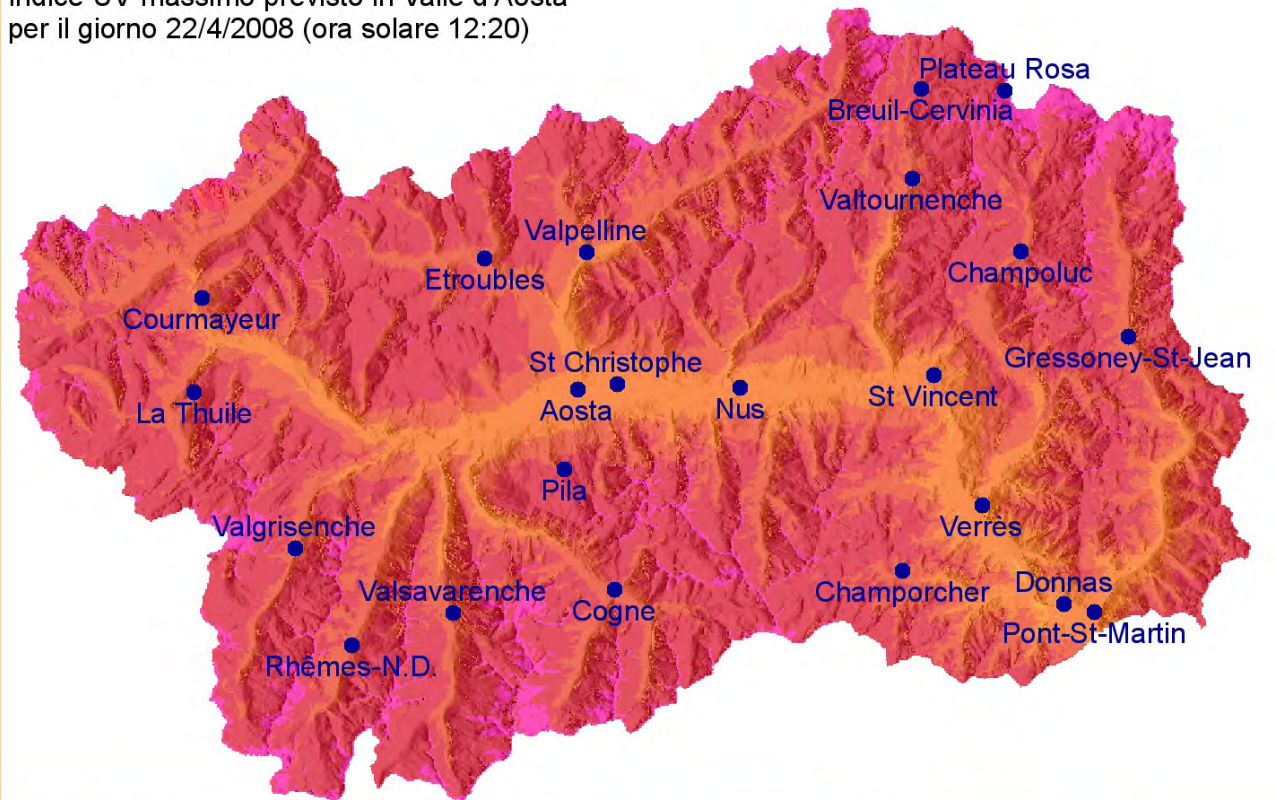


Nei mesi di giugno e luglio alcuni radiometri sono in calibrazione.
 E' evidente l'andamento tipico annuale dell'indice ultravioletto: minimo d'inverno e massimo d'estate, al pari dell'irraggiamento solare.
 L'uso di modelli matematici consente di estendere all'intero territorio valdostano l'informazione misurata localmente nei tre siti.

11.1

► **MAPPA DI INDICE UV PREVISTO SULL'INTERO TERRITORIO DELLA VALLE D'AOSTA IN CONDIZIONI DI CIELO SERENO** (esempio)

Indice UV massimo previsto in Valle d'Aosta per il giorno 22/4/2008 (ora solare 12:20)



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
basso		moderato			alto		molto alto			estremo

La scala di colori utilizzati per le mappe dell'Indice UV è quella convenzionale stabilita dall'OMS.

La previsione in caso di cielo sereno tiene conto dei seguenti fattori dai quali dipende l'intensità della radiazione UV che giunge dal sole fino alla superficie terrestre:

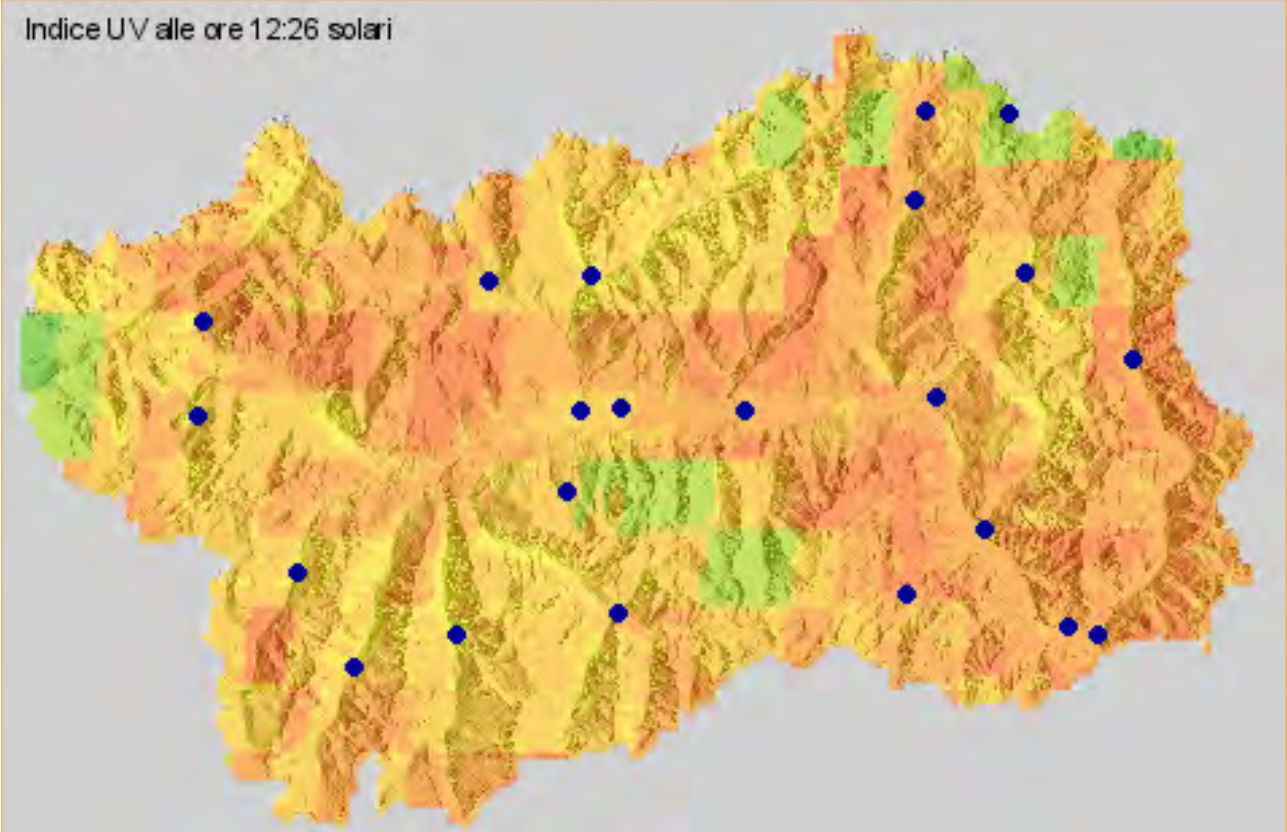
- l'inclinazione del sole rispetto alla verticale (angolo zenitale), che varia con la stagione;
- la quota altimetrica;
- l'esposizione dei versanti;
- la parte di cielo visibile sopra il profilo delle montagne da ogni punto;
- la quantità totale di ozono presente in atmosfera;
- la presenza di aerosol in atmosfera;
- il coefficiente di riflessione (albedo) del suolo a seconda della presenza o assenza di neve.

Da qualche mese, vengono prodotte anche mappe previsionali che tengono conto della copertura nuvolosa, ricavate a partire dalle immagini satellitari Meteosat.

L'influenza della copertura nuvolosa è, come intuibile, molto importante nel determinare le condizioni effettive di irraggiamento UV in ogni punto e momento per momento.

Si riporta, per esempio, la mappa dell'effettivo irraggiamento UV nelle stesse condizioni (stesso giorno, stessa ora) della figura precedente, tenendo conto della copertura nuvolosa presente.

Le mappe previsionali sono riportate aggiornate quotidianamente sul sito web di ARPA e su un portale appositamente dedicato (www.uv-index.vda.it).



La scala cromatica è la medesima della figura precedente.

La dosimetria personale dell'ultravioletto

Henri Diémoz



approfondimento

Oltre al servizio di monitoraggio e previsione della radiazione ultravioletta solare ambientale, ARPA Valle d'Aosta ha condotto, in collaborazione con il Dipartimento di Fisica dell'Università La Sapienza di Roma, una ricerca sull'esposizione personale agli ultravioletti sulle superfici innevate. Lo studio, che aveva l'obiettivo di meglio conoscere i livelli di esposizione alla radiazione solare UV nella pratica dello sci, si è svolto nel comprensorio sciistico di La Thuile nel mese di aprile 2006 e di febbraio 2007 ed ha coinvolto due gruppi di volontari, sciatori e maestri di sci della locale Scuola, che hanno cortesemente offerto la loro collaborazione.

La ricerca prevedeva la misura contemporanea della dose di radiazione ultravioletta ricevuta dagli strumenti (dose ambientale) e dagli sciatori (dose personale). Gli strumenti (radiometri), infatti, misurano la radiazione intercettata da una superficie ferma e orizzontale. Gli sciatori, invece, sono in conti-

nuo movimento e maggiormente assimilabili ad una superficie verticale. La finalità dello studio era quello di calcolare il rapporto tra la dose personale e quella ambientale (chiamato Exposure Ratio, ER).

Le misure di dose personale sono state condotte utilizzando una pellicola di polisolfone, un materiale in grado di modificarsi (fotodegradarsi) in modo proporzionale alla dose ricevuta e caratterizzato da una sensibilità simile a quella della pelle umana. I dosimetri erano costituiti da una porzione minuscola di pellicola (1 cm², circa), fissata sul copricapo di ogni sciatore, in corrispondenza della fronte e in posizione verticale. I dosimetri venivano sostituiti ogni 2 ore dai partecipanti all'esperienza. Ogni sciatore annotava su una scheda, appositamente predisposta, il periodo di esposizione dei diversi dosimetri e le informazioni sintetiche sulle condizioni in cui si trovavano a sciare: al sole, all'ombra, in condizioni miste sole/ombra.

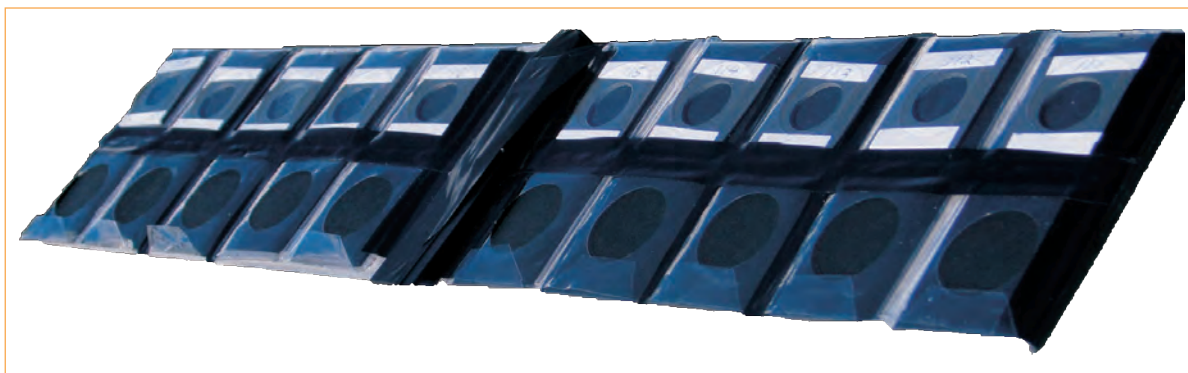


Figura 1 Rivelatori a polisolfone utilizzati durante la campagna.

Lo studio ha costituito la prima esperienza di dosimetria personale in ambiente montano e in presenza di neve. Per la prima volta, inoltre, sono state utilizzati dosimetri al polisolfone in montagna. Questo ha permesso di acquisire nuove conoscenze nell'ambito del funzionamento di tali rilevatori, scoprendo come la loro sensibilità vari in funzione dell'altitudine alla quale sono impiegati.

L'indagine ha evidenziato come le persone che praticano l'attività sciistica ricevano una dose in molti casi maggiore di quella ambientale. Sebbene la media del rapporto di esposizione (ER)

sia stata del 60% nel mese di febbraio e del 102% nel mese di aprile, sono stati registrati massimi anche del 172%. Sciando si riceve, infatti, la radiazione diretta e quella riflessa dal manto nevoso. Le conclusioni della ricerca permetteranno di aggiornare alcune tabelle dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), nelle quali sono pubblicate misure sperimentali dei rapporti ER nettamente più basse (sotto il 30%), e di adottare di conseguenza opportuni programmi di prevenzione per una esposizione sicura al sole.

L'analisi ha mostrato, inoltre, i limiti dell'attuale definizione di indice ultravioletto quale indicatore dell'esposizione personale agli UV.





Figura 2 Sciatori in alta montagna (Col Citrin – Valle del Gran San Bernardo)



approfondimento



Ozono colonnare



Nella stratosfera, tra 15 e 50 km di quota, le lunghezze d'onda inferiori a 240 nm producono la dissociazione delle molecole biatomiche di ossigeno. L'ossigeno atomico così prodotto reagisce con una molecola di ossigeno biatomico, con formazione di ozono (O₃) e cessione dell'energia in eccesso in forma di energia cinetica ad una molecola terza.

L'interesse per il gas ozono deriva dal fatto che l'ozono è, assieme all'ossigeno, uno dei principali assorbitori dei raggi UV: ogni diminuzione dell'ozono in atmosfera comporta quindi un aumento della radiazione ultravioletta che raggiunge il suolo, accompagnata da un aumento dei rischi per l'uomo e la sua salute.

Nella stratosfera, dunque, l'ozono prodotto dai raggi ultravioletti ha una funzione schermante nei confronti dei raggi ultravioletti medesimi, e quindi benefica e protettiva per l'ecosistema. L'ozono stratosferico rappresenta la grande maggioranza (90%) dell'ozono totale presente in atmosfera. La restante parte (10%, l'ozono troposferico dei bollettini della qualità dell'aria) è generata negli strati bassi dell'atmosfera dall'azione

dei raggi solari in presenza di sostanze inquinanti. La quantità di ozono tra una quota data (generalmente il suolo) e il top dell'atmosfera viene chiamata ozono colonnare e viene misurata in Unità Dobson (DU), dal nome di uno dei pionieri nello studio dell'ozono. Immaginando di portare la quantità di ozono contenuto in atmosfera a pressione e temperatura standard (1 atm e 0°C), lo spessore dello strato così ottenuto, espresso in millesimi di centimetri, è la misura in unità Dobson dell'ozono colonnare. Se tutto l'ozono che circonda la terra venisse portato in condizioni standard lo spessore sarebbe solo di circa 0,3 – 0,4 cm, ovvero 300 – 400 DU. La quantità colonnare di ozono ha una grande variabilità stagionale che non è esattamente simmetrica tra i due emisferi: alle alte latitudini e in inverno-primavera si ha la massima quantità di ozono. Inoltre la produzione è massima nella stratosfera tropicale e diminuisce drasticamente verso le alte latitudini e nella bassa stratosfera. Anche la meteorologia ha effetto sulla variabilità dell'ozono colonnare: qualche giorno di bassa o alta pressione può far variare notevolmente la misura dei DU.

classificazione

- ▶ **Area tematica SINAnet**
Biosfera
- ▶ **Tema SINAnet**
(Effetti dei cambiamenti climatici)
- ▶ **DPSIR** (S)

DETERMINANTI – PRESSIONI – STATO – IMPATTO – RISPOSTE

Qualità dell'informazione



Giudizio stato

n.a.

Tendenza*

n.a.

* Serie di dati misurati non ancora lunga a sufficienza per permettere l'individuazione di eventuali variazioni a lungo termine della presenza totale di ozono in atmosfera.

riferimenti normativi

- ▶ **Normativa di riferimento**
Non applicabile
- ▶ **Relazione con la normativa**
Non applicabile
- ▶ **Livelli normativi di riferimento**
Non applicabile

copertura temporale e spaziale

- ▶ **Aggiornamento**
Aprile 2008
- ▶ **Periodicità di aggiornamento**
L'ozono colonnare è misurato in continuo presso la sede ARPA. I dati sono elaborati e pubblicati sul web ogni 15 minuti.
- ▶ **Copertura territoriale**
Intero territorio regionale

elaborazione e presentazione

L'ozono totale presente in atmosfera (ozono colonnare) viene misurato a partire dall'assorbimento ad opera dell'atmosfera della radiazione ultravioletta solare, la cui traiettoria, intersecando l'atmosfera, prima di toccare il suolo, attraversa quote, latitudini e longitudini differenti. Lo spettrofotometro di tipo Brewer, in grado di misurare l'ozono colonnare, è operativo presso la sede ARPA a

Saint-Christophe. Esso è gestito da ARPA nell'ambito di un contratto di collaborazione con l'università La Sapienza di Roma, proprietaria dello strumento. Il dato misurato è puntuale. Tuttavia, considerate le tecniche della misurazione, il dato si può ritenere indicativo di un'area di dimensioni più grandi, dell'ordine del raggio di un centinaio di km.

► SPETTROFOTOMETRO BREWER

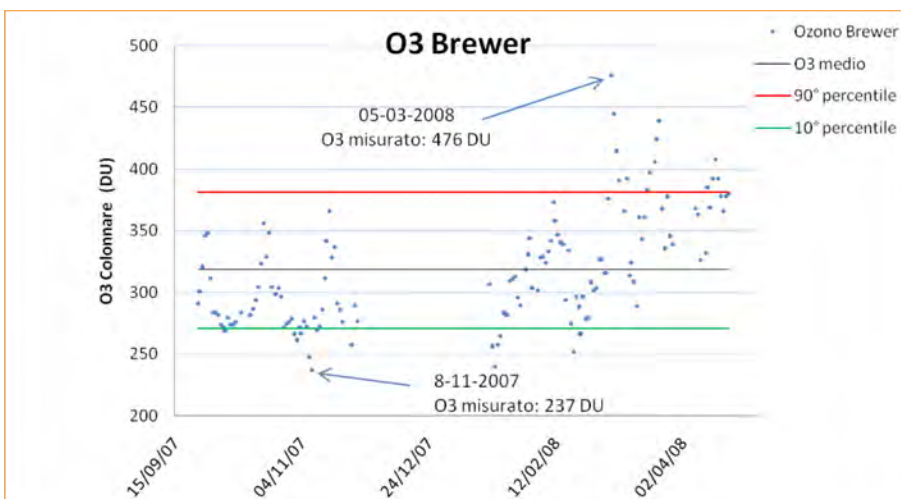


Nel particolare riportato a fianco, sono visibili le ottiche di ingresso dello spettrofotometro in grado di ricevere la radiazione dell'intero cielo (ottica globale - cupola trasparente rivolta verso l'alto) e del sole (ottica diretta - finestra obliqua). La fotografia è stata scattata durante la calibrazione mediante il confronto con uno strumento-campione (in secondo piano), che viaggia tra le varie stazioni del mondo.

La misura di ARPA Valle d'Aosta è inserita in una rete mondiale di monitoraggio dell'ozono (www.woucdc.org) e consente la realizzazione di mappe globali dell'ozono, anche con l'uso di modelli matematici. In Italia vi sono solo 2 stazioni che al momento trasmettono le misure alla rete mondiale: la stazione presso la sede di ARPA VdA (Saint-Christophe - Loc. Grande Charrière) e quella di Roma presso l'Università "La Sapienza". Il network mondiale nasce per monitorare

quotidianamente lo strato di ozono atmosferico che circonda il nostro pianeta, in relazione alle sue variazioni anche alle medie latitudini, e la radiazione UV che giunge alla superficie terrestre. L'elaborazione dei dati raccolti permette, inoltre, di meglio comprendere le cause dei cambiamenti climatici e di stimarne con maggior precisione gli scenari futuri. Contribuisce, infine, al perfezionamento delle previsioni meteo a livello mondiale e allo sviluppo dei modelli di dispersione degli inquinanti.

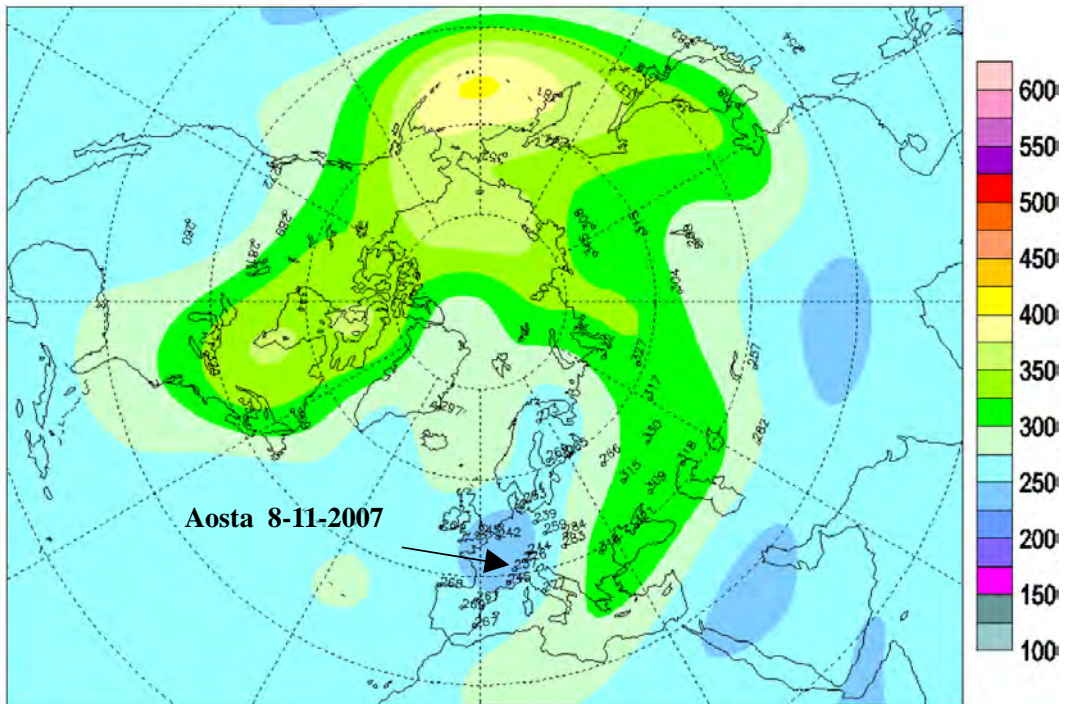
► OZONO COLONNARE - VALORI MEDI GIORNALIERI SETTEMBRE 2007 - APRILE 2008



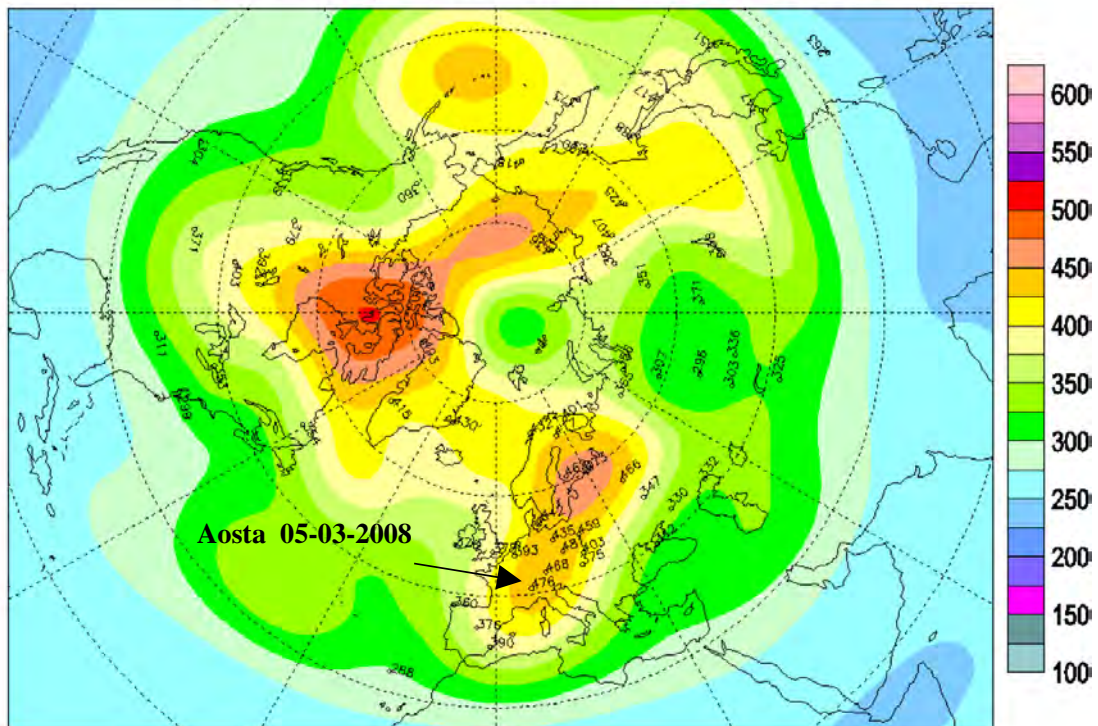
Nel grafico sono riportati i valori di ozono colonnare misurati. Le due frecce azzurre indicano il valore minimo (in basso) e quello massimo (in alto) di ozono rilevato dalla stazione di Saint-Christophe. Le due mappe successive corrispondono alle giornate in cui questi 2 valori sono stati misurati.

11.2

Total ozone (DU) / Ozone total (UD), 2007/11/08



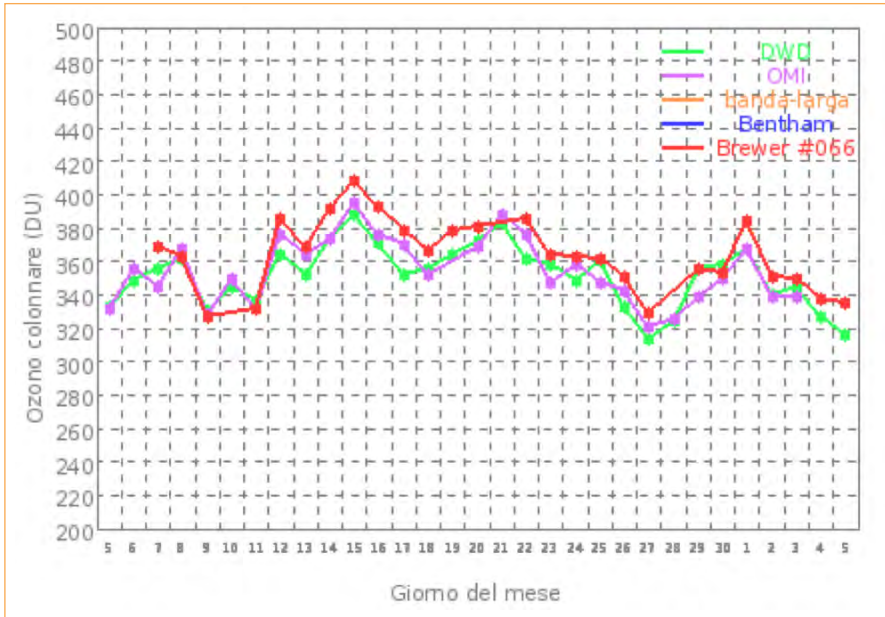
Total ozone (DU) / Ozone total (UD), 2008/03/05



Le due mappe, tratte da World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre (WOUDC), mostrano i valori di ozono colonnare sull'emisfero nord relativi alle giornate dell'8 novembre 2007 e del 5 marzo 2008. Nella prima si può notare una massa povera di ozono (di colore blu) sopra la Francia e Valle

d'Aosta, la freccia indica il valore misurato dalla nostra stazione (237 DU). Nella seconda si evidenzia una massa d'aria ricca di ozono centrata sul golfo di Finlandia, la cui "coda" (arancione) raggiunge il nord Italia. La freccia indica il valore misurato presso la stazione di Saint-Christophe (476 DU).

La misura dell'ozono colonnare viene validata solo in condizioni di sole visibile. Viene poi presentata al pubblico attraverso il sito ARPA VdA e il portale www.uv-index.vda.it sotto forma di grafico e espressa in unità Dobson (DU). Il dato è aggiornato ogni 15 minuti



Il grafico mostra l'andamento mensile (5 Aprile – 5 Maggio 2008) dei valori di ozono colonnare (medie giornaliere) in DU misurati dal Brewer nella stazione ARPA di Saint Christophe (linea rossa). In verde e in rosa i valori misurati sopra la Valle d'Aosta dal satellite OMI e dal DWD.

