

Il ruolo del CNR nella ricerca nazionale sul clima

Le attività del CNR di più ampio respiro sui cambiamenti climatici sono integrate nei progetti finanziati dal Ministero dell'Università e della Ricerca. I principali argomenti di ricerca riguardano:

- ruolo del particolato atmosferico di origine antropica sui cambiamenti climatici (Progetto AEROCLOUDS, coordinato dal CNR);
- vulnerabilità delle coste e degli ecosistemi marini italiani ai cambiamenti climatici (Progetto VECTOR);
- strumenti innovativi per l'implementazione del Protocollo di Kyoto: creazione ed armonizzazione della rete italiana di misura dei sink forestali ed agricoli e sviluppo del sistema nazionale di stima e previsione dell'assorbimento di gas ad effetto serra (Progetto CARBOITALY)



La nave oceanografica Urania (foto CNR)

Il ruolo del CNR nella ricerca internazionale sul clima

A livello internazionale il riferimento del CNR per le ricerche sui cambiamenti climatici sono i grandi progetti promossi dall'IGBP (International Geosphere-Biosphere Project) e dal WCRP (World Climate Program) nonché i Programmi Quadro per la Ricerca e lo Sviluppo Tecnologico dell'Unione Europea. Il CNR partecipa attualmente a più di 40 progetti di ricerca internazionali sul clima della Commissione Europea (CE) e dalla European Science Foundation (ESF), avendo la responsabilità del coordinamento di 5 di questi:

- Network di Eccellenza ACCENT (CE) che riunisce tutte le principali Istituzioni di ricerca europee nel settore dei cambiamenti della composizione dell'atmosfera ed i loro effetti sull'ambiente ed il clima.
- Progetto Integrato AQUASTRESS (CE) sulla mitigazione degli effetti dello stress idrico a livello regionale attraverso una gestione integrata delle

Infrastrutture del CNR per la ricerca sul clima

Le risorse strumentali disponibili per le ricerche sul clima negli Istituti del CNR comprendono laboratori ad elevata tecnologia ed infrastrutture di calcolo per lo sviluppo di modelli e per le attività di archiviazione ed elaborazione dati. Gli Istituti del CNR gestiscono inoltre varie stazioni sperimentali ed apparecchiature per il monitoraggio *in-situ* e tramite *remote-sensing*. Sono incluse in questo ambito le stazioni sperimentali per lo studio della composizione dell'atmosfera, in superficie ed in quota (Monte Cimone, S. Pietro Capofiume, Roma-Tor Vergata, Lecce, Lamezia Terme, Vigna di Valle), nonché sul mare (Piattaforma di Venezia), in Antartide (Concordia, Zucchelli), in Artico (Dirigibile Italia) ed in Himalaya (Laboratorio Piramide). In queste stazioni si integrano varie

Il CNR coordina inoltre 6 altri progetti, fra i quali il Progetto SHARE (Stations at High Altitude for Research on the Environment), finanziati da Ministeri ed Enti e partecipa ad ulteriori 15 progetti.

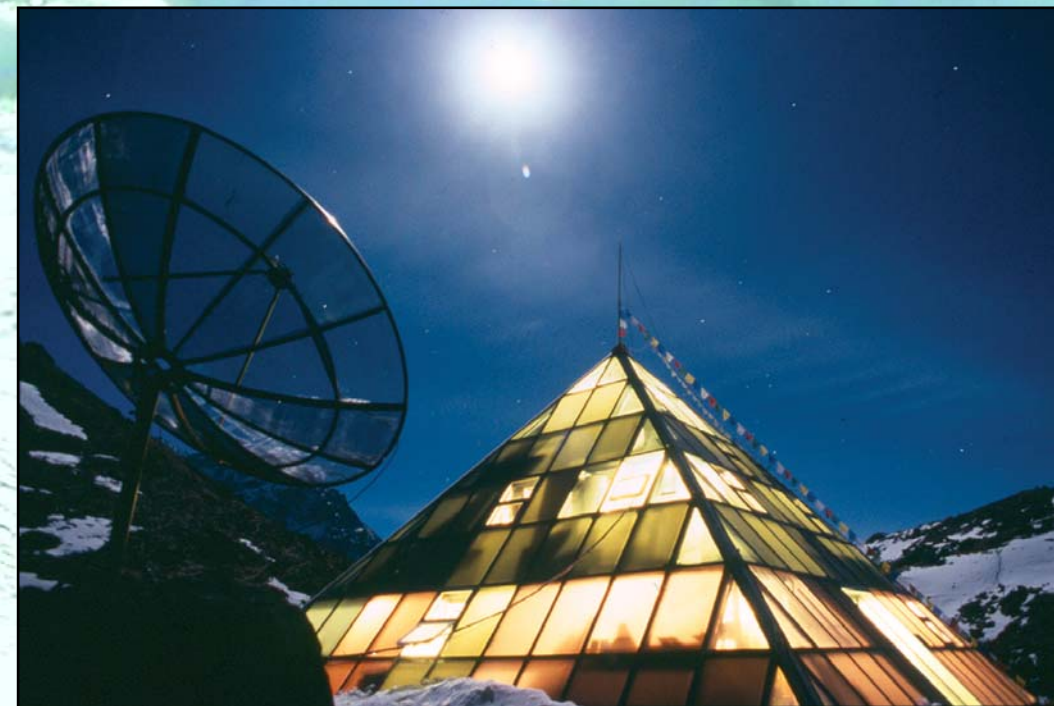
Vanno infine ricordate le molteplici ricerche del CNR in campo climatico, sviluppate nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerca in Antartide (PNRA), che coprono vari settori quali le scienze dell'atmosfera e dell'oceano, la glaciologia e la biodiversità.

Con il Centro Euromediterraneo per i Cambiamenti Climatici di recente istituzione, il CNR ha stipulato un accordo di programma quadro per ricerche congiunte sui processi chimici e fisici del clima, e la regionalizzazione degli scenari di cambiamento climatico, anche con lo sviluppo di idonei modelli.



Infrastruttura per la misura dei flussi di carbonio, vapore acqueo ed energia fra ecosistemi forestali e atmosfera, installata nel Parco Nazionale della Sila. (Foto fornita da Giuseppe Scarascia Mugnozza)

Immagine notturna del Laboratorio Piramide situato in Himalaya a 5050 m. di altitudine (Foto fornita da Ev-K-CNR)



Istituti del CNR che svolgono attività di ricerca sul clima

| Istituti del CNR che svolgono attività di ricerca sul clima | Acronimo |
|--|----------|
| Istituto di Ricerca sull'Impresa e lo Sviluppo | CERIS |
| Istituto di Acustica "O.M. Corbino" | IA |
| Istituto per le Applicazioni del Calcolo "Mauro Picone" | IAC |
| Istituto per l'Ambiente Marino Costiero | IAMC |
| Istituto di Biologia Agro-Ambientale e Forestale | IBAF |
| Istituto di Biofisica | IBF |
| Istituto di Biometeorologia | IBIMET |
| Istituto di Biochimica delle Proteine | IBP |
| Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali | IDPA |
| Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" | IFAC |
| Istituto di Geologia Ambientale e Geingegneria | IGAG |
| Istituto di Geoscienze e Georisorse | IGG |
| Istituto sull'Inquinamento Atmosferico | IIA |
| Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale | IMAA |
| Istituto di Metodologie Chimiche | IMC |
| Istituto dei Materiali per l'Elettronica ed il Magnetismo | IMEM |
| Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente | IREA |
| Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica | IRPI |
| Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima | IRSA |
| Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo | ISAC |
| Istituto per lo Studio degli Ecosistemi | ISAFoM |
| Istituto di Scienze Marine | ISE |
| Istituto di Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione | ISMAR |
| | ISSIA |



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Clima e Cambiamenti Climatici

le attività di ricerca del CNR



A cura di
B. CARLI, G. CAVARRETTA, M. COLACINO, S. FUZZI

Risorse investite dal CNR per la ricerca sul clima

| Risorse umane (anni uomo) | | Risorse finanziarie (M€/anno) | |
|--|-----|---|----|
| Ricercatori CNR | 201 | Fondi Istituzionali | 35 |
| Personale Tecnico e Amministrativo | 124 | Fondi Esterni (Unione Europea, Ministeri, Enti Locali, Aziende, ecc.) | 9 |
| Ricercatori associati Universitari e di altri Enti | 52 | | |
| Personale in formazione | 131 | | |

Clima e Cambiamenti Climatici: le attività di ricerca del CNR

Il CNR ha nel settore degli studi sul clima una lunga tradizione che risale agli anni '30 dello scorso secolo quando, sotto la Presidenza di Guglielmo Marconi, venne avviato il progetto *Ricerche storiche sulle variazioni climatiche in Italia*. L'Ente ha continuamente incrementato il proprio impegno in questo settore con una ricerca fortemente multidisciplinare maturata all'interno dei suoi Istituti che ha prodotto significative competenze, riconosciute a livello internazionale, sulla modellistica ed i processi chimico-fisici del clima, la ricostruzione dei climi del passato, le ricerche polari, gli impatti sugli ecosistemi terrestri ed acquatici ed i rischi socio-economici dei cambiamenti climatici. Il CNR ha anche sviluppato ampie competenze ed importanti infrastrutture per le osservazioni della Terra dal suolo e da satellite e gestisce o collabora a programmi osservativi a livello nazionale ed internazionale che forniscono basi-dati di primaria importanza per l'inizializzazione e la validazione dei modelli climatici.

Dai risultati ottenuti analizzando alcuni indicatori climatici, quali l'aumento della temperatura media, la variazione nel regime delle precipitazioni con l'incremento degli eventi molto intensi, la riduzione della estensione dei ghiacciai alpini, l'innalzamento del livello del mare, emerge in modo inequivocabile che un cambiamento climatico è in atto e rappresenta un fenomeno globale, che coinvolge tutto il pianeta.

Un maggior grado d'incertezza riguarda, invece, l'individuazione delle cause del cambiamento e la previsione delle future evoluzioni del clima. Secondo alcuni studiosi i cambiamenti potrebbero essere spiegati dalla naturale variabilità del clima e dalle variazioni della forzante esterna costituita dalla radiazione solare; tuttavia, l'interpretazione giudicata più probabile dalla maggioranza della comunità scientifica è che accanto alla variabilità naturale stia diventando significativa una variazione indotta dalle forzanti interne al sistema clima dovute alle attività antropiche.

L'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), che fa capo alle Nazioni Unite, ha reso pubblico a maggio 2007 il *Quarto Rapporto sul Clima ed i Cambiamenti Climatici*, al quale hanno contribuito anche ricercatori del CNR. Nel Rapporto si afferma

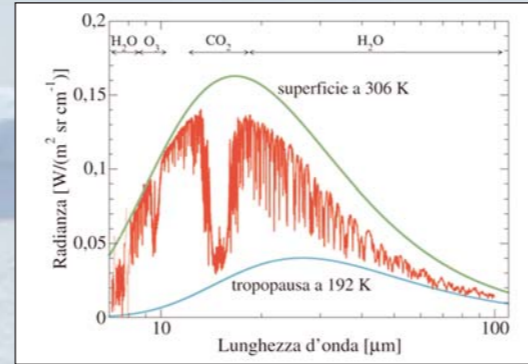
che il riscaldamento globale è un fatto reale e che l'aumento della temperatura media globale osservato a partire dalla metà del XX secolo è molto probabilmente (probabilità superiore al 90%) dovuto in gran parte all'aumento della concentrazione dei gas serra causato dalle attività umane.

Una valutazione più certa della situazione attuale e della futura evoluzione del clima a scala globale e regionale, richiede la disponibilità di modelli matematici in grado di fornire un'accurata descrizione dei processi fisici, chimici e biologici che hanno luogo all'interno del sistema climatico. Tale descrizione è ancora frammentaria, data l'estrema complessità del sistema. Le eruzioni vulcaniche, la presenza in atmosfera di aerosol e polveri, il ruolo delle nubi, le variazioni della composizione chimica dell'atmosfera, della radiazione solare, delle correnti atmosferiche ed oceaniche, del ciclo idrologico e del bilancio delle precipitazioni, i processi di deforestazione e, in generale, le modificazioni nell'uso del territorio sono alcune degli attori presenti sulla scena climatica. La sfida della ricerca è dunque comprendere i processi che operano all'interno del sistema clima e valutare correttamente il loro ruolo nel contesto della variabilità climatica globale.

Modelli sempre più perfezionati sono infatti necessari per prevedere come evolverà il clima a scala globale e regionale in risposta a diversi scenari di intervento (o non intervento) e contemporaneamente a predisporre misure di adattamento a condizioni climatiche diverse da quelle del passato.

Sono questi i temi di ricerca sul clima sui quali si concentra l'attività degli Istituti del CNR, i cui risultati, con riferimento agli ultimi anni, sono raccolti nel volume *Clima e Cambiamenti Climatici: le attività di ricerca del CNR*.

Il patrimonio di competenze, strutture e dati, che qui viene presentato, è stato costruito dal CNR al servizio del Paese, anche in collaborazione con gli altri Enti di Ricerca attivi nel settore, soprattutto per fornire ai decisori politici le conoscenze necessarie al fine di predisporre opportune misure di contrasto, mitigazione ed adattamento ai cambiamenti in atto e previsti per il futuro.



Prima misura spettralmente risolta dell'irraggiamento della Terra verso lo spazio (curva rossa). La misura, effettuata da pallone stratosferico in regione tropicale, è confrontata con l'emissione di corpo nero della superficie terrestre (curva verde) e della tropopausa (curva azzurra). La struttura spettrale osservata è dovuta alla distribuzione ed alle proprietà spettroscopiche dei gas serra indicati in figura. La differenza fra le curve rossa e verde è la quantificazione dell'effetto serra. (Figura fornita da Luca Palchetti)

Modellistica e processi chimici e fisici del clima

Negli ultimi anni si è verificato un notevole progresso nei modelli climatici e nell'interpretazione dei risultati da essi ottenuti, anche se l'affidabilità delle previsioni climatiche è ancora oggetto di valutazione e discussione. Fondamentale è in questo campo la comprensione dei processi chimico-fisici che caratterizzano il sistema clima e lo studio dei cicli di retroazione (*feedback*) che determinano non linearità nei meccanismi causa-effetto del sistema. Varie ed ampie sono le attività del CNR nel campo della modellistica del clima: dai modelli a scala globale a quelli a scala regionale, dai modelli climatici a complessità intermedia a quelli a rete neurale. Le tematiche di ricerca affrontate comprendono le

Ricostruzione dei climi del passato

La ricostruzione dei climi del passato è di grande interesse al fine di valutare la variabilità naturale del clima. Le ricerche sono condotte con metodologie diverse: carotaggi, analisi dei sedimenti, dendrocronologia, analisi dei pollini, rapporti isotopici per gli studi paleoclimatici, documenti storici e serie di dati strumentali per le variazioni climatiche recenti. Gli studi del CNR riguardano la ricostruzione paleoclimatica attraverso l'analisi di lunghe registrazioni sedimentarie di aree continentali e bacini lacustri. Un altro indirizzo di ricerca è finalizzato alla

Le ricerche polari ed i cambiamenti climatici

Le aree geografiche utilizzate dall'attività umana non esauriscono la variabilità terrestre e lo studio degli ambienti estremi è fondamentale per completare la conoscenza dei processi fisici, chimici e biologici che determinano il clima globale. Il CNR contribuisce allo studio degli ambienti estremi polari con una significativa partecipazione al Programma Nazionale di Ricerche in Antartide e con la gestione della stazione Dirigibile Italia nelle isole Svalbard. Le aree polari sono sede ideale per lo studio delle interazioni idrosfera-criosfera-atmosfera e l'Antartide in particolare per le indagini sul paleoclima con l'analisi

anomalie climatiche nelle regioni tropicali e le teleconnessioni con la regione Mediterranea, la variabilità e predicibilità climatica dei regimi di circolazione atmosferica, la descrizione degli ecosistemi marini e terrestri. Importanti ricerche riguardano inoltre lo sviluppo di parametrizzazioni dei processi che coinvolgono l'aerosol atmosferico e le nubi e la validazione dei modelli con dati sperimentali, mentre gli studi sui processi chimico-fisici del clima coprono tematiche molto ampie che includono le variazioni della composizione chimica dell'atmosfera ed i conseguenti effetti radiativi, i sistemi nuvolosi precipitanti e gli eventi estremi, la variabilità del monzone africano e la circolazione termalina.

ricostruzione, con particolare attenzione alle temperature e alle precipitazioni, degli andamenti climatici dell'Italia negli ultimi 200 anni. Queste indagini sono effettuate utilizzando serie storiche di dati meteorologici, che sono state raccolte, omogeneizzate ed esaminate criticamente, andando a costituire banche dati che rappresentano un patrimonio unico nel loro genere. Vengono anche analizzati altri indicatori del cambiamento climatico come il livello del mare, le piogge molto intense e le onde di calore.

dei ghiacci continentali e dei sedimenti marini. Inoltre gli ambienti estremi, per la loro collocazione remota rispetto alle sorgenti antropiche, forniscono un banco di prova privilegiato per l'identificazione precoce delle perturbazioni globali (riduzione dell'estensione dei ghiacciai, cambiamento delle specie dominanti, perdita di biodiversità). Gli studi del CNR analizzano infine i processi di tipo radiativo, dinamico e biologico con cui i mari e le aree polari interagiscono con le variabili climatiche (interazione aerosol-radiazione, segregazione marina del carbonio, teleconnessioni fra processi remoti).

Osservazioni da satellite, reti di misura e basi-dati sui cambiamenti climatici

Il CNR è molto attivo nel campo dello sviluppo ed implementazione di nuova strumentazione scientifica, metodi di misura, reti di osservazione, come dimostra la realizzazione di boe marine di vario tipo, strumenti per la caratterizzazione degli aerosol atmosferici, torri per la determinazione dei flussi di CO₂, misure di CO₂ lungo rotte marine ed osservazioni di indicatori climatici. Importanti sono anche i risultati ottenuti grazie ad infrastrutture come le piattaforme aeree a bassa quota per la misura dei flussi superficiali, la camera climatica per lo studio degli effetti delle alterazioni ambientali sulle piante ed i sistemi informativi geografici. Numerose sono le

partecipazioni del CNR a reti osservative a livello nazionale ed internazionale. Significativa è l'iniziativa Ev-K²-CNR che gestisce il Laboratorio Piramide collocato a 5050 metri in Himalaya. I problemi climatici richiedono osservazioni di tipo globale che sono efficacemente ottenute con telerilevamento da satellite. Accanto alle misure tradizionali da terra, è pertanto aumentato il numero dei progetti in cui il CNR utilizza i dati satellitari per ricavare campi di precipitazione operativi, temperatura superficiale del mare, proprietà delle nubi, copertura vegetale e risposta della vegetazione alle variazioni dell'irraggiamento e delle precipitazioni.

Impatti dei cambiamenti climatici

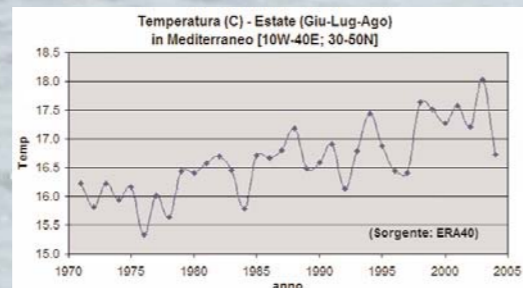
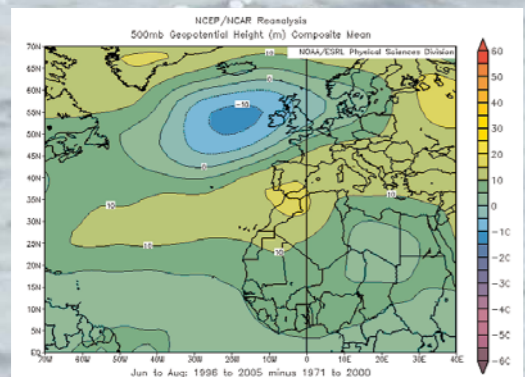
L'analisi dell'impatto dei cambiamenti climatici sull'ambiente ha particolare importanza, nell'attuale panorama delle ricerche sul clima. L'aumento della temperatura, oltre a determinare lo scioglimento dei ghiacci e l'innalzamento del livello del mare, influisce in modo diretto sugli ecosistemi, che sono anche sollecitati dal cambiamento della composizione dell'atmosfera e del regime pluviometrico. Le ricerche del CNR sono molteplici e diversificate: dalla modifica del ciclo idrologico all'erosione delle coste, dalla perdita di biodiversità alla presenza di specie ittiche aliene, dalle comunità fitoplanctoniche alle popolazioni di piccoli pelagici con attenzione ai problemi della pesca. L'impatto dei cambiamenti climatici sui laghi viene studiato relativamente agli

aspetti fisici, chimici, e biologici sia per i corpi idrici italiani sia per quelli himalayani, per i quali è in corso di realizzazione una banca dati unica nel suo genere. Un ulteriore ambito di studio è rappresentato dalla valutazione dell'impatto dei cambiamenti sul suolo, la vegetazione e la produzione agricola: le ricerche riguardano da un lato l'erosione, i nutrienti, la siccità, la desertificazione e dall'altro le colture mediterranee, gli ecosistemi forestali, la diffusione di insetti e parassiti delle piante. Una rilevante attività concerne lo studio delle risposte degli ecosistemi all'aumento della concentrazione di CO₂ ed alla capacità di sequestro da parte della vegetazione, anche con esperimenti di arricchimento in ambienti non confinati.

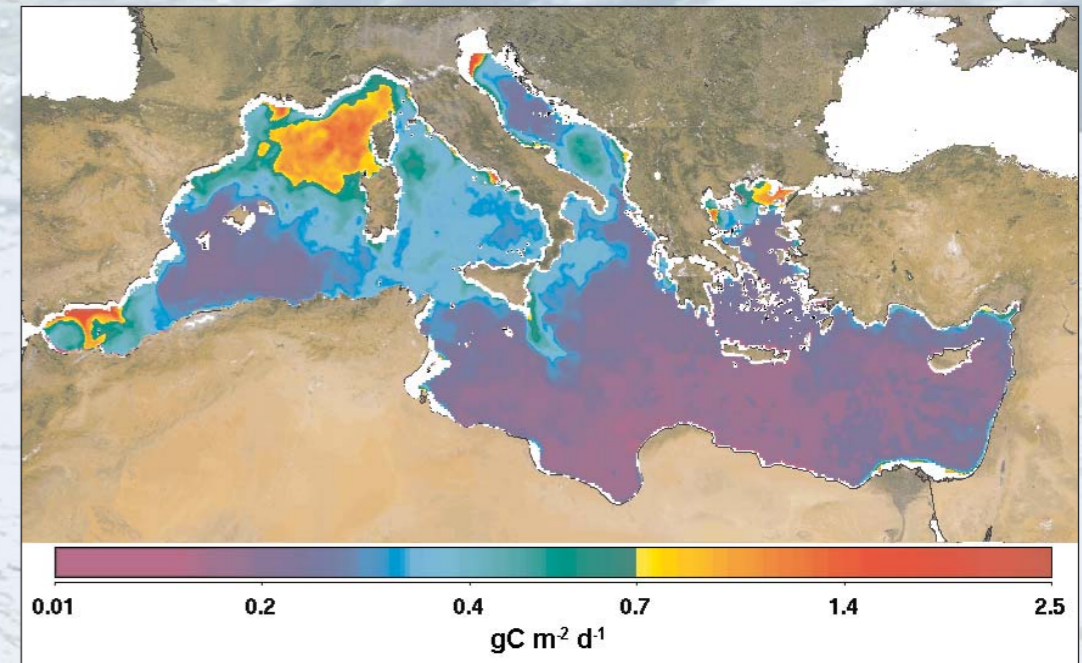
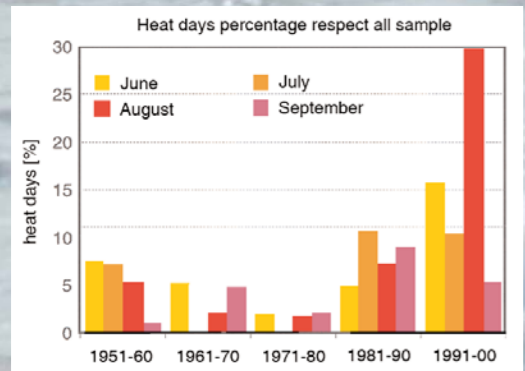
Mitigazione dei cambiamenti climatici ed adattamento

Anche nel settore di prevenzione del rischio e di adattamento ai cambiamenti climatici il CNR è presente con numerose iniziative. Le ricerche riguardano argomenti diversi, dall'ambito socio-economico alla pianificazione degli interventi di salvaguardia e mitigazione. In primis vanno ricordati gli studi sull'impatto dei cambiamenti sull'agricoltura con indagini finalizzate alla valutazione della quantità e qualità dei prodotti e del degrado del suolo, alla classificazione delle aree agricole ed alle infestazioni di parassiti ed insetti. Altre ricerche sono dedicate all'analisi delle modificazioni ambientali, alla pianificazione e gestione delle risorse idriche, ai problemi degli incendi boschivi ed all'evoluzione del

paesaggio. Passando dall'ambiente naturale a quello antropizzato, vanno ricordati gli studi sviluppati per esprimere in termini quantitativi il disagio climatico e per valutare l'impatto del clima sul patrimonio culturale ed anche sul tempo libero. Sul piano tecnologico le ricerche riguardano lavori finalizzati alla riduzione delle emissioni con studi concernenti sia il confinamento dei gas serra, che lo sviluppo di tecnologie per la riduzione dei consumi energetici. Vanno infine citati, ultimi ma non per importanza, i lavori di natura socio-economica avvenuti come obiettivo l'analisi e la valutazione degli strumenti finora adottati, anche in campo internazionale, per mitigare i rischi.



Il cambiamento della circolazione atmosferica si riflette sul clima estivo della regione Mediterranea. La figura in alto a sinistra mostra l'aumento della pressione atmosferica media a 5500 metri di quota verificatosi nella regione Mediterranea nel periodo estivo del decennio 1996-2005 rispetto al trentennio di riferimento 1971-2000: in conseguenza le perturbazioni provenienti dall'Atlantico sono deviate verso Nord e viene favorito l'ingresso in Mediterraneo di aria calda dall'Africa. Questo cambiamento della circolazione determina in Italia una variazione climatica che si manifesta in particolare con periodi siccitosi ed ondate di calore. Pertanto in estate, a partire dagli anni 80 nella regione Mediterranea, l'andamento della temperatura (figura a fianco) mostra una crescita significativa dei valori medi ed aumentano sia in numero che in intensità le ondate di calore come evidenziato dalla elaborazione dei dati di stazione sull'Italia (figura in alto). (Figure fornite da Marina Baldi)



Per stimare l'impatto del plancton marino sul ciclo del carbonio e studiarne la variabilità nell'ultimo ventennio è stato realizzato un modello regionale della produzione primaria marina (biomassa resa disponibile ai livelli trofici successivi per unità di superficie ed unità di tempo) basato su misure satellitari del colore del mare. La figura mostra la produzione primaria del Mediterraneo (in grammi di Carbonio /metro quadrato giorno), stimata a partire dai dati del satellite SeaWiFS, nell'Aprile 1999, mese in cui è stato osservato il massimo di produttività dell'ultimo decennio. (Figura fornita da Rosalia Santoleri).

Tutti gli articoli contenuti nel volume *Clima e Cambiamenti climatici: le attività di ricerca del CNR* sono accessibili sul sito web: www.dta.cnr.it