

CAMBIAMENTI CLIMATICI, IMPATTI E ADATTAMENTO

TUTTE LE SIMULAZIONI MODELLISTICHE PREVEDONO PER L'EUROPA UNA SENSIBILE MODIFICA DEL CLIMA NEI PROSSIMI DECENNI. IL CAMBIAMENTO È VISIBILE ANCHE A SCALA LOCALE. DIVENTA SEMPRE PIÙ STRATEGICO ATTUARE POLITICHE DI MITIGAZIONE E ADATTAMENTO.

Durante l'ultimo secolo, l'uomo ha provocato un profondo mutamento nella composizione dell'atmosfera terrestre per quanto riguarda la concentrazione dei gas che contribuiscono all'effetto serra, che hanno a loro volta causato una modificazione della forzatura radiativa del clima e di conseguenza anche l'equilibrio del sistema climatico terrestre sia a livello globale che a livello regionale. Dal IV report pubblicato nel 2007 dal WG1 dell'Ipcc (www.ipcc.ch) emergono per l'intero pianeta alcune conclusioni che possono essere così riassunte: si evidenzia un generale riscaldamento globale; tale riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni è in gran parte ascrivibile alle attività umane; l'uomo continuerà a modificare la composizione atmosferica per tutto il XXI secolo; la grande maggioranza degli scenari esaminati conduce a un futuro stato del pianeta caratterizzato da un aumento globale delle temperature e del livello dei mari; anche applicando interventi di mitigazione per limitare il riscaldamento globale, dovranno essere

comunque fronteggiati gli impatti dovuti al cambiamento climatico già in atto attraverso l'attuazione di decise politiche di adattamento.

I cambiamenti a scala locale

Il segnale di cambiamento è visibile anche alla scala locale: ad esempio, sul Nord Italia e in Emilia-Romagna si notano dei chiari segni di cambiamento sia per quanto concerne le temperature, sia per le piogge. Se si osserva ad esempio il trend delle temperature massime (*figura 1*) si nota un'impennata dall'inizio degli anni '80 sino a tutt'oggi, con una crescita dell'ordine di quasi 2°C in poco più di 40 anni (circa 0.5°C/10 anni). Tale segnale è visibile in tutte le stagioni, anche se durante la stagione estiva il trend in crescita è decisamente più elevato. Dando uno sguardo alle precipitazioni (*figura 2*), si denota una generale tendenza alla diminuzione che in realtà non si manifesta con un segnale graduale di trend negativo più o meno

costante anno per anno, ma piuttosto con un repentino "shift" verso il basso del valor medio della distribuzione, avvenuta all'inizio degli anni '80: è evidente come l'andamento altalenante che evidenzia la tipica variabilità inter-annuale delle precipitazioni si sposti al di sotto dei valori della media climatica trentennale (calcolata nel periodo di riferimento 1960-1990) a partire dall'inizio appunto degli anni Ottanta. Si può stimare in circa un centinaio di millimetri la diminuzione tra la pioggia "media" annuale tra il primo periodo (1961-1985) e gli ultimi 25 anni, quantità questa non certo modesta se si pensa che 100 mm di pioggia rappresentano circa il 10% del totale della pioggia media annuale in Emilia-Romagna.

Gli scenari climatici futuri

Per quanto riguarda lo studio degli scenari di cambiamento climatico globale futuro, gli strumenti modellistici globali (GCMs) hanno permesso di formulare

FIG. 1
ANOMALIE DELLE
TEMPERATURE
1961-2008

Andamento delle anomalie delle temperature massime giornaliere nel periodo 1961-2008. L'anomalia è calcolata rispetto al clima di riferimento 1961-1990.

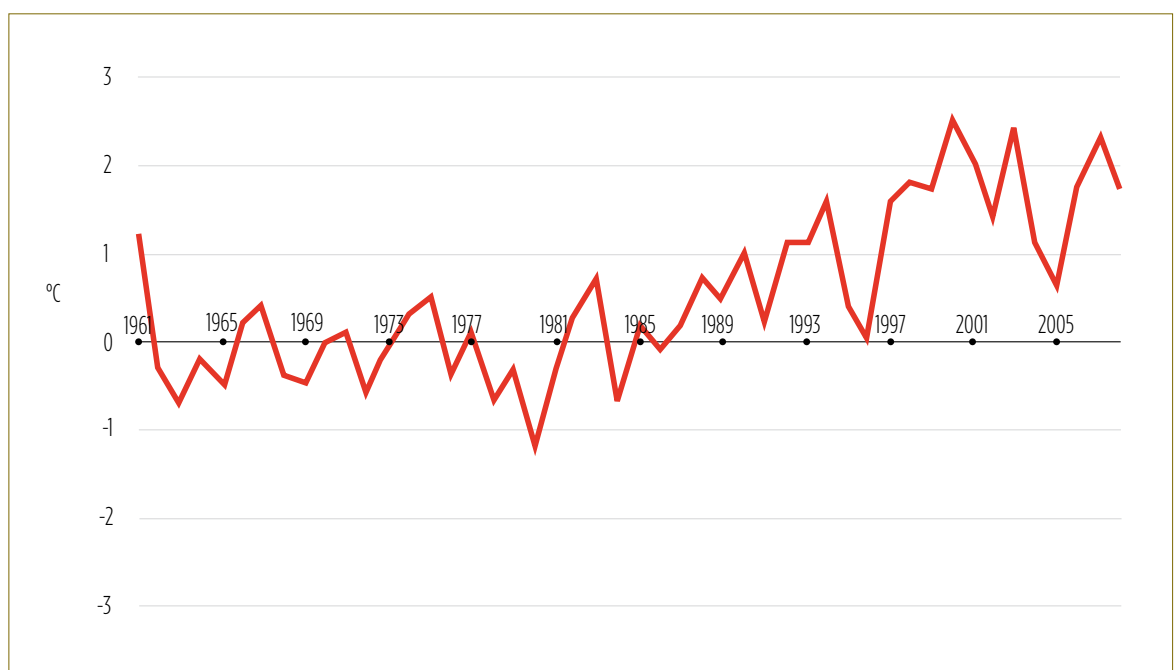
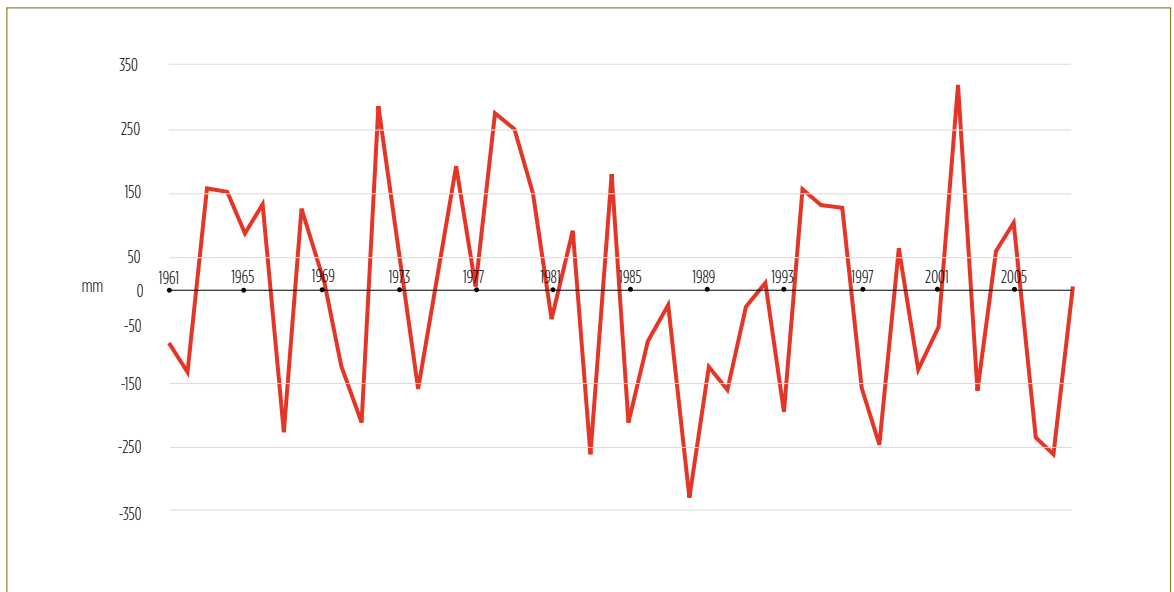


FIG. 2
ANOMALIE DELLE
PRECIPITAZIONI
1961-2008

Andamento delle anomalie di precipitazione medie annuali in regione Emilia-Romagna nel periodo 1961-2008. L'anomalia è calcolata rispetto al clima di riferimento 1961-1990.



scenari di cambiamento sempre più dettagliati, anche se le incertezze non sono poche soprattutto per quanto concerne la variabilità spaziale dei segnali di cambiamento. Al fine di diminuire e quantificare tali incertezze, da diverso tempo si fa uso di tecniche di uso di "ensemble" delle diverse catene modellistiche, analogamente a quanto si attua già da tempo nel settore della previsione meteorologica. La valutazione della potenzialità di un uso di "ensemble" dei GCMs è stato l'oggetto del progetto europeo Ensembles (<http://ensembles-eu.metoffice.com>), finanziato dalla Commissione europea nell'ambito della sub-priorità "Global Change and Ecosystems" del sesto Programma quadro di ricerca e sviluppo. Le nuove simulazioni globali prodotte sono state poi opportunamente regionalizzate e infine utilizzate come input di molteplici studi e valutazioni di impatto, anch'essi sviluppati all'interno del progetto. La conclusione principale di sintesi a cui Ensembles giunge è che il continente europeo sarà interessato da una tangibile modifica del clima attuale nei prossimi decenni. Uno dei risultati più solidi che sono scaturiti dal progetto Ensembles riguarda gli scenari di cambiamento climatico prodotti sul continente europeo, per quanto concerne le temperature e le precipitazioni annue (figure 3 e 4, estratte dal documento finale di progetto). Gli scenari sono riferiti al trentennio 2021-2050 rispetto al 1961-1990.

È da notare come il segnale di aumento termico sia omogeneo sulla gran parte del continente europeo, con punte tra 1.5 e 2 °C e un'altrettanto evidente difformità di andamento tra Nord e Sud d'Europa per quanto concerne le precipitazioni,

per le quali gli scenari mostrano un aumento in Nord Europa e una chiara diminuzione sul Mediterraneo. I risultati per la stagione estiva sono ancora più significativi e mostrano un ancor maggior aumento delle temperature e una diminuzione più significativa delle piogge nell'area mediterranea. Gli scenari riferiti all'ultimo trentennio 2071-2100 amplificano la portata di questi cambiamenti per queste due grandezze. La modesta variabilità tra i diversi modelli è una misura della solidità delle simulazioni e fa crescere la credibilità dei segnali di cambiamento nell'area

mediterranea, caratteristica questa non sempre riscontrabile in altre aree del pianeta.

L'uso di diverse metodologie di regionalizzazione statistica (Statistical Downscaling, SD) ha reso possibile poi la definizione di scenari probabilistici di cambiamento a scale spaziali ancora più piccole, sino alla dimensione di piccole regioni amministrative.

I risultati ottenuti nell'area del Nord Italia ottenuti applicando una tecnica di SD a 6 modelli globali (elaborazioni svolte da Arpa Emilia-Romagna,

FIG. 3
MODELLI DELLE
TEMPERATURE

Segnale di cambiamento climatico per quanto riguarda la temperatura media annua a due metri dal suolo. Media di 16 simulazioni di modelli regionali del clima, periodo 2021-2050 rispetto a 1961-1990.

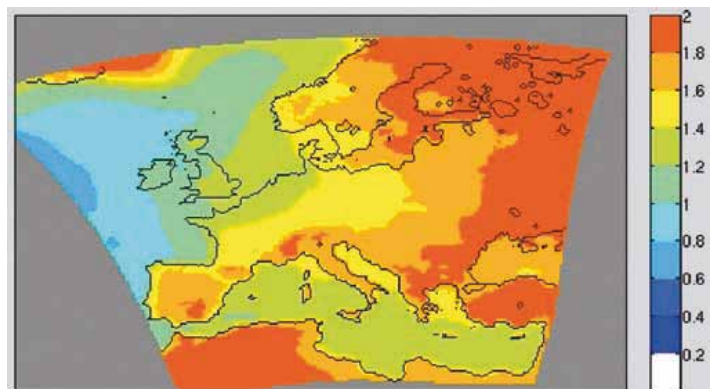
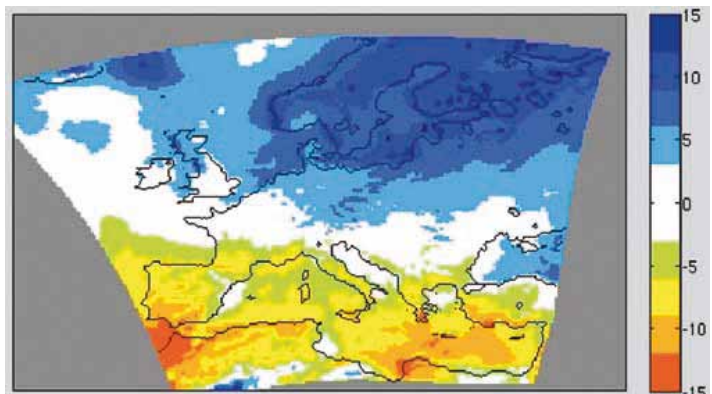


FIG. 4
MODELLI DELLE
PRECIPITAZIONI

Segnale di cambiamento climatico per quanto riguarda la precipitazione annua. Media di 16 simulazioni di modelli regionali del clima, rapporto percentuale tra la media 2021-2050 e quella 1961-1990.



Servizio IdroMeteoClima, partner del progetto Ensembles), sono mostrati nella figura 5 ed evidenziano la struttura delle funzioni di distribuzione di probabilità, (probability density function, pdf) delle anomalie di temperatura massima estiva proiettate ai trentenni 2021-2050 e 2071-2100 (le anomalie sono sempre valutate rispetto al trentennio 1961-1990). È ben visibile lo spostamento verso “destra” delle due funzioni di distribuzione, che nel periodo 2071-2100 ha il massimo centrato attorno a 4 gradi di aumento. È da notare che lo spostamento della funzione di distribuzione implica non solo un cambiamento dei valori medi, ma anche una maggiore probabilità di occorrenza dei valori estremi. Ad esempio, se un’anomalia uguale o superiore a 2 gradi potrebbe avere più o meno il 50% di probabilità di accadere nel trentennio 2021-2050, la stessa anomalia potrebbe avere una probabilità superiore al 90% di accadere nell’ultimo trentennio 2071-2100. Parallelamente, se periodi molto caldi (ad esempio con anomalie positive di 4-5 gradi) sarebbero ancora giudicati come eventi quasi “rari” nel vicino trentennio 2021-2050, gli stessi risulterebbero essere nella norma alla fine del secolo.

Analoghe tecniche sono state usate per definire degli scenari di precipitazione alla scala del Nord Italia e anche nella regione Emilia-Romagna. I risultati mostrano, come elemento più rilevante, un chiaro segnale di diminuzione delle piogge estive e un aumento degli eventi estremi. In sintesi, le caratteristiche più salienti che emergono dagli scenari di cambiamento ottenuti possono essere riassunte in: aumento generale delle temperature, in particolare delle massime estive; aumento dell’intensità e della durata delle “ondate di calore”; diminuzione del numero di giorni di gelo nei periodi invernali; diminuzione delle precipitazioni, più sensibile nel

periodo estivo. È molto probabile anche un aumento dell’intensità delle precipitazioni di breve durata nel periodo primaverile-estivo che saranno alternate da più frequenti e lunghi eventi siccitosi.

La valutazione degli impatti

Le modifiche del clima brevemente descritte nei paragrafi precedenti e che interesseranno anche la scala locale produrranno degli impatti sull’uomo e l’ambiente in cui vive in modo diretto e indiretto, interagendo con l’intero sistema sociale ed economico. Le vulnerabilità associate ai molti sistemi suscettibili al cambiamento climatico riguardano la risorsa idrica, gli ecosistemi naturali, le aree costiere, l’industria e la capacità produttiva, l’agricoltura e la salute. Tali vulnerabilità, non solo dell’ambiente e del territorio, ma anche delle attività e dei sistemi socio-economici, sta aumentando in tutto il mondo ed è estremizzata dalla presenza di altri fattori di stress.

Possiamo riassumere in alcuni punti gli impatti più rilevanti che il *climate change* potrà determinare sull’area del Mediterraneo dove sono ubicati il nostro paese e la nostra regione:

- la maggior frequenza di episodi di precipitazione intensa avrà un impatto molto elevato nell’area del Mediterraneo aumentando il rischio idrogeologico-idraulico in aree già molto esposte. In parallelo, l’occorrenza di più frequenti eventi di precipitazione intensa alternati a lunghi periodi di siccità potrà alterare il ciclo idrologico
- la maggior frequenza di episodi siccitosi avrà ricadute negative sulla disponibilità di risorsa idrica (*water scarcity*) con conseguente aumentata “concorrenza” per l’approvvigionamento idrico tra diversi settori della società

- l’innalzamento del livello del mare e gli aumentati eventi di invasione marina delle aree costiere basse potranno accelerare l’erosione delle coste, aumentare la salinità negli estuari e nei delta a causa dell’ingresso del cuneo salino

- l’aumento delle temperature medie ed estreme potrà determinare un’aumentata frequenza e durata delle onde di calore con gravi disagi alla salute delle popolazioni e notevoli ricadute anche in altre attività umane (ad esempio il turismo)

- l’ulteriore impoverimento delle acque sotterranee e quindi il maggior inaridimento del territorio avrà conseguenze negative sull’agricoltura, dove potranno verificarsi delle riduzioni delle rese e della qualità delle produzioni agrarie

- le aumentate temperature determineranno un aumento della richiesta energetica per condizionamento nei periodi estivi e causerà anche un maggior ristagno della circolazione estiva con impatti sulla qualità dell’aria (inquinamento da ozono).

Le azioni di adattamento da predisporre

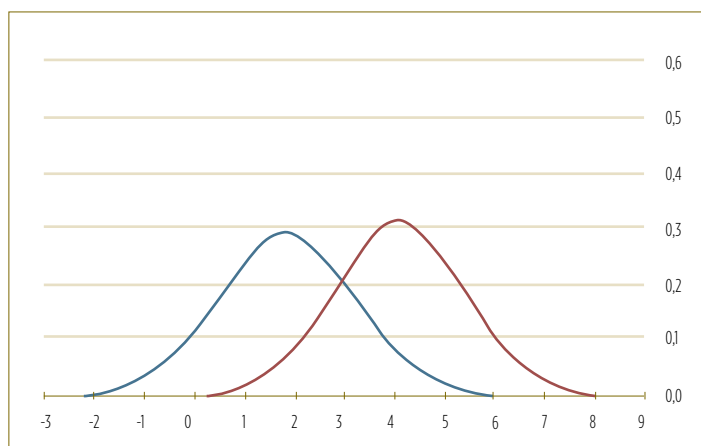
Date tali premesse, diverrà sempre più strategico attuare politiche di mitigazione che conducano a una riduzione delle emissioni di gas “serra” e anche decise e razionali azioni di adattamento al cambiamento climatico, che siano orientate a limitare i “danni” potenziali delle conseguenze di tale cambiamento e sfruttarne le opportunità. Mentre le politiche di mitigazione possono essere attuate solo attraverso azioni di coordinamento a scala mondiale, le azioni di adattamento sono per la massima parte di natura locale, in quanto dipendono dalle locali (e diverse) condizioni di vulnerabilità territoriale e antropica che sono presenti nei sistemi naturali e sociali. È su queste azioni che l’azione locale dovrà più energicamente e rapidamente essere intrapresa, anche perchè i cambiamenti del clima sono inequivocabilmente già presenti e stanno già iniziando a creare problemi a diversi settori della società e a vari ecosistemi naturali.

Molti impatti del cambiamento climatico possono essere affrontati efficacemente attraverso l’adattamento, in particolare quelli a breve termine, mentre

FIG. 5
FUNZIONE
DI DENSITÀ
DI PROBABILITÀ

Cambiamenti della pdf della Temperatura massima estiva sul Nord Italia (°C).

— EM 2021-2050
— EM 2071-2099



all'aumentare dell'entità del cambiamento le opzioni efficaci diminuiscono e i costi associati aumentano. Le conoscenze attuali già consentono la selezione di azioni di adattamento preventivo, che hanno costi limitati e non minacciano sistemi sociali e settori economici, e sono da preferire rispetto all'adozione di forme di adattamento di tipo reattivo, cioè applicate a seguito di frequenti crisi e disastri. Tuttavia tali opzioni sono attualmente applicate in modo limitato ed estemporaneo.

Tra le misure di adattamento, vi sono quelle di tipo infrastrutturale e tecnologico, caratterizzate da tempi di realizzazione spesso lunghi e che necessitano di investimenti maggiori, la cui sostenibilità deve essere dimostrata sulla base dei costi stimati del non-agire, in un contesto di conoscenze che presenta margini di incertezza, tanto più elevati quanto più gli scenari di cambiamento sono a lungo termine. L'applicazione di queste misure potrebbe essere limitata.

Le misure di adattamento di tipo non-strutturale o "soft" sono invece basate su sistemi di ottimizzazione della gestione delle risorse, di prevenzione dei rischi e di adozione di buone pratiche in tutti i campi di attività dell'uomo, come, ad esempio, la gestione della risorsa idrica orientata a un uso ottimale e conservativo, la variazione delle rotazioni delle colture e delle date di semina e l'uso di colture meno idroesigenti, i sistemi di preannuncio dei rischi che consentono l'adozione di misure preventive, la sensibilizzazione della popolazione finalizzata all'adozione di stili di vita consapevoli degli effetti del cambiamento climatico e orientati a contrastarlo. I costi di queste forme di adattamento sono spesso trascurabili rispetto ai costi derivati dalla non-

applicazione e sono già inclusi nei costi dell'evoluzione socio-economica e creano importanti sinergie con le politiche di sostenibilità ambientale. Queste forme di adattamento, se da un lato sono più facilmente realizzabili, richiedono però la formazione di un contesto sociale e culturale permeabile e pro-attivo, insieme a una capacità di governance coordinata a tutti i livelli.

I principali settori dove possono essere definite azioni di adattamento efficaci sono sicuramente l'agricoltura e lo sviluppo rurale, la produzione e il consumo di energia, la gestione della risorsa idrica. In agricoltura gli impatti dei cambiamenti del clima sulle rese e sulle produzioni potranno essere mitigati con politiche di adattamento imperniate su una più accorta gestione agricola e forestale sotto vari aspetti, ad esempio per l'utilizzo efficiente delle risorse idriche in particolare nelle zone più aride, la gestione ottimale dei sistemi colturali, l'uso di colture e varietà meno idroesigenti, la protezione dei corsi d'acqua e delle falde contro un eccessivo afflusso di nutrienti, il miglioramento della gestione delle bonifiche.

Per quanto concerne la produzione e il consumo dell'energia, il mutamento del clima offre nuove opportunità a

fonti come l'eolico, e il solare termico e fotovoltaico. Estati più lunghe e secche potrebbero incidere negativamente su altri fonti energetiche, come l'idroelettrica, e faranno aumentare i consumi di elettricità connessi all'impiego degli impianti di condizionamento.

Tutti questi aspetti mettono in evidenza la necessità di intraprendere azioni di diversificazione delle fonti energetiche, che promuovano le rinnovabili e facciano uso di reti di distribuzione in grado di far fronte alle fluttuazioni della domanda e quindi alla produzione di energia elettrica.

Per quanto riguarda la siccità e l'uso dell'acqua in tutti i settori (domestico, trasporti, energia, agricoltura e turismo), dato che si prevede una sempre più frequente occorrenza e intensità degli eventi estremi, dovrebbero essere studiate azioni di adattamento quali l'applicazione di politiche tariffarie efficienti, la strategia di elevare il risparmio idrico a priorità e il miglioramento dell'efficienza in tutti i settori.

Carlo Cacciamani, Valentina Pavan, Rodica Tomozeiu

Servizio IdroMeteoClima
Arpa Emilia-Romagna

BIBLIOGRAFIA

IPCC, 2007, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (www.ipcc.ch).

R. Tomozeiu, C. Cacciamani, V. Pavan, A. Morgillo e A. Busuioc, 2007, "Climate change scenarios for surface temperature in Emilia-Romagna (Italy) obtained using statistical downscaling models", in stampa su *Theor. Appl. Climatol.* (2007).

R. Tomozeiu, V. Pavan, C. Cacciamani, M. Amici, 2006, "Observed temperature changes in Emilia-Romagna: mean values and extremes", in *Climate Research*, 31, 217-225.

