

ALESSANDRO NARDONE, MARIA STELLA RANIERI

CAMBIAMENTI CLIMATICI: UTILIZZO DELL'ACQUA NELLE ATTIVITÀ AGRICOLE E ANALISI DEL CONSUMO PER UNITÀ DI PRODOTTO

1. *Introduzione*

Negli ultimi decenni le risorse idriche hanno subito pressioni crescenti a causa del continuo aumento della domanda di acqua per i diversi utilizzi delle attività umane, *in primis* l'agricoltura. A fronte di questa crescente richiesta si stanno determinando due condizioni che renderanno sempre più critiche le possibilità di soddisfare i bisogni: la riduzione delle quantità di acqua disponibili e il loro progressivo inquinamento. Se quest'ultimo sostanzialmente può essere imputato alle sole attività antropiche e quindi, teoricamente, è controllabile, la riduzione delle disponibilità di acqua dipende sia dai comportamenti umani sia dalle condizioni climatiche. I cambiamenti in atto del clima¹ fanno prevedere effetti drammatici sulle risorse idriche in vastissime aree nel mondo ma «risparmieranno» talune zone a particolari latitudini. L'inquinamento, invece, se non vi saranno interventi risolutivi, interesserà tutte le riserve idriche in quanto gli inquinanti, in particolare quelli veicolati dai movimenti dell'aria, raggiungono ogni punto del pianeta, anche se molto distante dalle zone di attività umana.

La protezione e l'utilizzo sostenibile delle acque è quindi un tema prioritario e diversi sono oggi gli organismi a livello mondiale e locale che si interessano al problema (Tabella 1).

A livello europeo la UE ha emesso una Direttiva Quadro sulle acque (Water Framework Directive, WFD2000/60/CE) al fine di proporre normative di riferimento per i paesi comunitari, stabilendo i principi di base per una politica sostenibile in materia di tutela delle acque. La Direttiva punta sulle conoscenze scientifiche e tecniche delle diverse realtà regio-

1 IPCC, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)], Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.

nali dell'Unione per adottare soluzioni specifiche rispondenti alle diverse condizioni ambientali, in una visione integrata delle politiche nei settori dell'energia, dei trasporti, della pesca, dell'agricoltura e altri.

La Direttiva è stata recepita dall'Italia nel 2006 con un d.lgs. che ripartisce il territorio nazionale in 8 distretti idrografici (Figura 1). L'Autorità di ciascun distretto è incaricata di redigere un Piano di gestione per l'area di propria competenza. Con provvedimento successivo del 2008 (convertito in Legge sulle Misure straordinarie in materia di risorse idriche e protezione dell'ambiente) è stato stabilito che i Comitati delle Autorità di bacino di rilievo nazionale adottino specifici piani di gestione in attesa della piena operatività delle Autorità di distretto.

Benché alcuni adempimenti formali abbiano trovato soluzione la situazione nazionale delle risorse idriche non soddisfa appieno le esigenze dei diversi settori, a causa sia di problemi gestionali sia di condizioni naturali.

L'agricoltura è uno dei settori che maggiormente risente dei fattori limitanti e allo stesso tempo è ritenuta responsabile della scarsa disponibilità di acqua per gli altri settori a causa proprio dell'elevato consumo per le coltivazioni. L'agricoltura è ritenuta anche uno dei principali responsabili di inquinamento dell'ambiente e delle acque sotterranee e superficiali. La contaminazione è imputata essenzialmente ai nitrati provenienti dai fertilizzanti chimici industriali e da quelli organici derivanti dai reflui zootecnici (a livello europeo si stima che oltre il 50% dell'azoto scaricato nelle acque superficiali provenga dall'agricoltura²). Allo stesso tempo, però, non sono pochi i casi per i quali l'agricoltura deve lamentare situazioni di inquinamento nei processi produttivi dovuti ad acque inquinate da scarichi industriali nei corsi idrici.

Quale che sia il bilancio tra responsabile o vittima di inquinamento, l'agricoltura con crescente evidenza viene sollecitata ad adottare pratiche agronomiche ambientalmente «corrette» e un impiego sostenibile delle risorse idriche.

È una sollecitazione condivisibile ed è auspicabile che si traduca in azioni conseguenti. Allo stesso tempo però la sollecitazione richiede una accorta analisi critica rispetto alle ragioni che la determinano. Così è da stabilire se sia corretto imputare all'agricoltura le ingenti perdite che oggi si verificano nel percorso che va dal «prelevamento» delle acque al loro utilizzo da parte delle colture. Queste perdite incidono pesantemente nel calcolo del *water footprint* e certamente l'agricoltura non è la sola responsabile

2 COMMISSIONE EUROPEA, *La direttiva Nitrati dell'UE*. KH-30-09-235-IT-D, 2010.

delle perdite di *blue water* dovute al mal funzionamento delle reti idriche e all'evapotraspirazione.

Diffondere nell'opinione pubblica la convinzione che l'agricoltura «spreca» acqua è improprio e socialmente improduttivo. La agricoltura (più esattamente la azienda agricola) se è responsabile di una parte delle perdite di *blue water* non lo è per scelta in quanto deve sopportare un costo proporzionale al quantitativo utilizzato nel processo produttivo e quindi è (dovrebbe essere) la prima interessata ad economizzare acqua. «Incriminarla» acriticamente distrae soltanto l'attenzione dalle vere responsabilità e dalla necessità di investire nell'ammodernamento dei sistemi di prelievo, distribuzione e irrigazione e nell'innovazione, nonché nelle azioni di sensibilizzazione e formazione degli utenti. Inoltre ingenera l'irrealistico convincimento che sia possibile ottenere i prodotti, che la società chiede in crescenti quantità e a basso costo, senza un impiego considerevole di acqua.

Delle tre tipologie con le quali viene distinta l'acqua: *blue*, *green* e *grey* (Tabella 2), implicate nei processi produttivi, la *blue water* è quella più «discussa» per la quantità che l'agricoltura utilizza rispetto alle disponibilità. Non altrettanta attenzione è rivolta invece agli ingenti quantitativi di *green water* che la agricoltura (e le foreste) catturano e immagazzinano nei prodotti vegetali utilizzati dagli uomini direttamente, o indirettamente attraverso le trasformazioni che i *farm animals* fanno in latte, carne, uova (e fibre). In questo modo l'agricoltura «veicola», attraverso gli alimenti, una quota di *green water* nel bilancio idrico umano. L'acqua è un elemento indispensabile per le colture agricole così come è un nutriente essenziale per l'uomo. La quantità necessaria per ciascun individuo dipende dal bilancio tra le varie funzioni che si svolgono nell'organismo: «costruzione di sostanze, trasporto di nutrienti e cataboliti, lubrificazione, termoregolazione ecc»³.

Un adulto, in normale attività e in condizioni di confort termico, dovrebbe bere 1,5 litri di acqua/die per evitare i danni gravi che la disidratazione causa alla salute e complessivamente assumere circa 3 litri (3,7 l'uomo e 2,7 la donna) con l'acqua contenuta in tutti gli alimenti e le bevande consumati quotidianamente⁴. Sulla base di questi valori unitari, assumendo un rapporto sessi 1:1, e tralasciando la distribuzione per classi di età e le differenze di peso corporeo tra popoli, la attuale popolazione mondiale necessi-

3 E. Jéquier, F. Constant, *Water as an essential nutrient: the physiological basis of hydration*, in *European Journal of Clinical Nutrition*, 2010, 64(2): 115-23.

4 M.N. Sawka, S.N. Cheuvront, R^{3rd} CARTER, *Human water needs*. in *Nutrition Reviews*. 2005 63(6 Pt 2): S30-9.

terebbe di 4,05 km³ di acqua di bevanda (*bleu water*) e dovrebbe assumere altri 4,55 km³ di acqua (prevalentemente *green water*) contenuta nei cibi.

Non viene neppure rivolta la giusta attenzione alla funzione dell'agricoltura, così come delle foreste, nel rallentare lo scorrimento dell'acqua verso i mari, trattenendone maggiori quantitativi nel terreno (parte dei quali raggiunge le falde).

In definitiva l'utilizzo dell'acqua in agricoltura è un processo complesso nel quale interviene un numero elevato di variabili tutte interagenti e tutte (o quasi tutte) di fondamentale importanza a fronte della salvaguardia degli ecosistemi, della sicurezza alimentare (degli uomini e degli animali) e più in generale della sostenibilità sociale. È necessaria la consapevolezza che soltanto a) la conoscenza precisa del/i ciclo/i dell'acqua/e, b) la visione sistemica dell'utilizzo delle risorse idriche nelle attività umane, c) la educazione nel comportamento alimentare, d) un forte impegno nella ricerca e nella innovazione tecnologica nell'utilizzo dell'acqua in agricoltura, possono condurre a risultati significativi nel fronteggiare gli effetti negativi dovuti ai cambiamenti climatici in vaste aree del mondo.

È auspicabile che il Piano irriguo nazionale, previsto nel Rural Development Programme della UE per il periodo 2014-2020, abbia completa applicazione nelle 10 linee di intervento programmate (sostanzialmente incentrate su miglioramenti nell'accumulo, adduzione, distribuzione e riutilizzo delle acque) (Tabella 3), così da dare soluzione a molti dei fattori limitanti e di inefficienza che oggi si riscontrano.

2. Cambiamenti climatici e precipitazioni

Sono oramai a tutti note le previsioni di aumento delle temperature nel corso del XXI secolo quali risultano dai modelli dell'Intergovernmental Panel Climate Change (IPCC), che considerano quattro possibili scenari¹. Secondo lo scenario meno pessimistico alla fine di questo secolo la temperatura del Pianeta sarebbe di 1,6 gradi Celsius superiore a quella attuale, mentre secondo lo scenario più drammatico l'aumento sarebbe di 4,3 gradi Celsius. Gli effetti devastanti che determinerebbe sul nostro pianeta il realizzarsi di questa ultima previsione sono stati ampiamente diffusi nell'opinione pubblica.

I modelli prevedono variazioni di temperatura differenti tra zone in funzione di molteplici variabili quali latitudine, longitudine, altezza e distanza dal mare, ecc.. Le temperature più elevate in assoluto saranno raggiunte

diffusamente alle latitudini più basse, ma gli incrementi più sensibili tra i valori attuali e quelli di fine secolo sono previsti a latitudini più elevate.

L'Europa è ampiamente interessata al fenomeno sia pure con differente intensità in senso Sud-Nord, ma non mancano variazioni significative tra aree ubicate sugli stessi paralleli. La attendibilità delle previsioni trova già riscontro nel trend crescente del numero di giorni caldi per anno registrato in Europa nelle ultime 5 decadi (Figura 2).

Per l'Italia sia le previsioni⁵ (modelli PRUDENCE⁶) sia i trend dei dati storici forniscono un quadro di decisa allerta. Per i mesi di giugno, luglio, agosto del periodo 2071-2100 i modelli prevedono un aumento medio di temperatura di quattro gradi centigradi nel Sud e cinque gradi nel Centro-Nord rispetto al CLINO 19661-1990; nei mesi invernali di dicembre, gennaio e febbraio l'aumento medio previsto è di tre gradi (Figura 3).

Nostre elaborazioni su dati dei CLINO 1981-2010 e 1951-1980, forniti dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare⁷ e ripresi da <http://it.wikipedia.org/wiki>⁸, hanno evidenziato un aumento medio della temperatura dell'aria di 0,80°C ($\sigma \pm 0,27$) e una diminuzione annua delle precipitazioni cumulate di 86 mm ($\sigma \pm 82$) nel secondo trentennio rispetto al primo.

Per l'insieme delle 13 stazioni da noi prese in esame la temperatura media dei 12 mesi dell'anno nel secondo periodo è risultata sempre più elevata di quella corrispondente del primo (Figura 4a e 4b). Con riferimento alle singole stazioni gli aumenti più sensibili sono stati registrati per Bolzano e Firenze, rispettivamente con 1,30°C e 1,16°C (Tabella 4).

Per quanto attiene alle precipitazioni i valori medi mensili calcolati per l'insieme delle 13 stazioni risultano inferiori nel secondo CLINO per 11 mesi, fa eccezione il mese di settembre per il quale si registra un aumento medio di 5 mm (68 vs 63) (Figura 5a e 5b). Per quanto riguarda le singole stazioni, nel secondo CLINO la sola Piacenza ha avuto un aumento medio annuo di 29 mm, mentre per 6 stazioni (BO, BZ, FI, MI, RN, TO) si sono verificate diminuzioni di 100 e più mm anno, per Torino e Bologna la riduzione ha superato addirittura i 200 mm anno (rispettivamente -231 e -211) (Tabella 5). Espressa in percento la contrazione più elevata si è verificata

5 E. Coppola, F. Giorgi, An assessment of temperature and precipitation change projections over Italy from recent global and regional climate model simulations, in *Int. J. Climatol.* 2010, 30: 11-32, DOI: 10.1002/joc.1867.

6 J.H. Christensen, T.R. Carter, M. Rummukainen, G. Amanatidis, *Evaluating the performance and utility of regional climate models: the PRUDENCE project*, in *Climatic Change*, 2007, 81: 1-6.

7 relativi a 10 stazioni meteo (BO, BZ, BS, FI, GR, MI, PE, PC, RN, TO).

8 relativi a 3 stazioni meteo (BR, CA, VR).

per la stazione di Bologna con il 27% (mm 550 vs 761). In entrambi i trentenni a confronto la stazione con la precipitazione media annua più elevata è risultata Milano con 1155 mm vs 1017 mm, rispettivamente nel primo e nel secondo trentennio.

Per quanto riguarda le precipitazioni, a livello mondiale sono previste in diminuzione alle basse latitudini (zone tropicali, subtropicali e parte delle temperate) e in aumento in molte aree delle alte latitudini (Figura 6).

Per l'Europa centro-orientale si prevede un aumento sensibile delle precipitazioni nel periodo invernale e un moderato incremento nel periodo estivo, mentre talune zone dell'Europa mediterranea sperimenteranno una significativa contrazione delle precipitazioni particolarmente nel periodo estivo (Figura 7).

Per l'Italia le prospettive sono particolarmente allarmanti. Le proiezioni dei modelli PRUDENCE indicano per la fine di questo secolo una contrazione del 40 per cento delle precipitazioni nel periodo estivo rispetto alla media delle tre decadi 1961-1990, mentre nel periodo invernale si prevede un aumento del 17% nelle regioni del Nord e una diminuzione di pari entità nel Sud-Italia (Figura 8), dove ampie aree sono già caratterizzate da precipitazioni modeste. Di fatto il trend negativo delle precipitazioni sull'Italia è già in atto come risulta dalla analisi dei diagrammi ombrotermici⁹ da noi calcolati per le stazioni di Brindisi, Cagliari e Verona: in tutte e tre le località si registra una diminuzione, anche se lieve, della media annua delle precipitazioni nel periodo 1981-2010 rispetto ai valori del CLINO 1951-1980 (Figura 9 a, b, c).

La diminuzione del volume complessivo delle precipitazioni, la maggiore irregolarità della loro distribuzione temporale e la frequenza di fenomeni estremi ridurranno in vastissime aree del mondo le quantità di *green water* utilizzabili dalle coltivazioni. Di conseguenza, anche a causa della più elevata evapotraspirazione determinata dall'incremento delle temperature, il ricorso alla *blue water* dovrà di necessità aumentare per produrre le quantità di prodotti vegetali e animali necessarie per far fronte alle crescenti richieste di una popolazione mondiale in aumento di numero e di consumi pro-capite.

Altri fattori negativi per l'agricoltura, causati dai cambiamenti climatici, saranno la contrazione dei ghiacciai che alimentano corsi d'acqua che attraversano terre coltivate e la diminuzione delle precipitazioni nevose che rappresentano una riserva di acqua a lento rilascio importante per le falde.

9 F. Bagnouls, H.Gaussen, Les climats biologiques et leur classification, in Ann. Geogr., 1957, 66 (355):193-220.

Il verificarsi dell'insieme delle condizioni climatiche descritte causerà una estensione delle aree interessate a fenomeni di aridità (Figura 10), che inciderà pesantemente sulle possibilità di mantenere attività agricole in tali aree, con riflessi sulla densità della popolazione umana locale.

3. Acque e agricoltura

L'acqua utilizzata nel mondo per l'irrigazione è circa 2700 km³, pari a poco meno del 70% del totale di acqua prelevato annualmente per tutte le attività umane¹⁰. Per l'agricoltura italiana sono impiegati circa 13 km³ che corrispondono a circa il 30% del totale dei prelievi del paese¹¹.

Nel mondo tutta l'acqua d'irrigazione rappresenta soltanto una minima entità dei flussi idrologici globali (Tabella 6). Infatti, sia pure con larga approssimazione (dovuta alla diversità delle fonti dei dati e dei periodi di riferimento) l'acqua irrigua è circa il 2,5% di tutte le precipitazioni (sulle terre emerse) stimate pari a 110 mila km³.

In Italia le acque irrigue sono circa il 5% di tutte le precipitazioni che investono la superficie del paese. Questa incidenza doppia rispetto alla media mondiale trova spiegazione nel diffuso ricorso a sistemi intensivi di produzione, motivati dalla ridotta SAU dell'Italia, a fronte delle vaste aree con coltivazioni estensive presenti in molti paesi del mondo e delle ampie superfici terrestri del pianeta, che ricevono precipitazioni impossibile oggi regimentare per uso agricolo.

3.1. Coltivazioni e consumi idrici

Le quantità di acqua destinate nel mondo ai diversi tipi di colture dipendono dai fabbisogni idrici unitari, dai sistemi produttivi, dalle condizioni meteorologiche e pedologiche delle zone di produzione e soprattutto dall'ampiezza della superficie coltivata, pertanto le differenze tra le quantità totali di acqua consumata per tipo di coltura sono estremamente rilevanti.

10 AquaSTAT, FAO's global water information system http://www.fao.org/nr/water/aquastat/globalmaps/AquastatWorldDataEng_20121214_Withdrawal.pdf.

11 AquaSTAT, FAO's global water information system http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/cf/readPdf.html?f=ITA-CF_eng.pdf.

Mekonnen e Hoekstra¹² stimano che, nel periodo 1996-2005, poco meno dei quattro decimi dei consumi idrici (*water footprint*) mondiali sono stati assorbiti dalla produzione di grano, riso e mais (rispettivamente 15, 13 e 10 per cento), 9% dalle foraggere e un 5% è stato necessario per la produzione della soia. Il restante 48% dell'acqua è stato utilizzato per tutte le altre colture vegetali praticate nel mondo (Figura 11).

Per l'Italia i dati disponibili non si riferiscono alle quantità di acqua impiegata ma alla estensione delle superfici irrigate per tipo di coltivazione (Tabella 7). In assoluto la superficie irrigua più estesa è quella del mais con circa 730 mila ettari. Nell'anno 2007 per tutte le colture risultavano irrigati complessivamente circa 2,7 milioni di ettari, a fronte di una superficie totale equipaggiata per l'irrigazione di quasi 4 milioni e di una SAU complessiva del paese di poco inferiore ai 14 milioni di ettari. La superficie irrigua per l'insieme di frutta, uva, agrumi e ortaggi era pari a 930 mila ettari, mentre quella delle foraggere permanenti e temporanee irrigate era circa 290 mila ettari.

Per quanto interessanti, i dati relativi ai consumi idrici complessivi per tipo di coltura non consentono una analisi comparativa della effettiva «efficienza» di utilizzo dell'acqua da parte delle diverse colture. Infatti la valutazione della efficienza richiede la analisi attenta di più parametri, quali la quantità di acqua mediamente necessaria per ottenere una unità di prodotto tal quale e l'incidenza di quella irrigua (quando utilizzata), la quantità di acqua riferita a unità di sostanza secca prodotta, quella per kcal e per unità dei singoli nutrienti (ad es. proteine e/o grassi) contenuti nel prodotto di ciascuna coltura.

Mekonnen e Hoekstra¹³ hanno stimato i consumi idrici totali (*total water footprint*) e la frazione irrigua (*blue water footprint*) per unità di prodotto di diverse colture. I valori, espressi in m³ per tonnellata di prodotto, presentano una grande variabilità: la produzione di una tonnellata di noccioline (*Arachis hypogaea*) necessita di una quantità totale di acqua quasi 45 volte quella che occorre per produrre una tonnellata di prodotti zuccherini, 35 volte quella per le foraggere, 28 per le verdure. Meno rilevanti sono le differenze tra fagioli (*Phaseolus vulgaris*) e cereali: i primi necessitano di una quantità 2,5 volte quella dei secondi.

12 M.M. Mekonnen, A.Y. Hoekstra, *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*, in *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2011, 15, 1577-1600, doi:10.5194/hess-15-1577-2011.

13 M.M. Mekonnen, A.Y. Hoekstra, *The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products*, Value of Water Research Report Series No. 48, 2010, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Questi valori sono riferiti ai prodotti «tal quali», che hanno contenuti di acqua molto differenti. Pertanto è molto più informativo rapportare la quantità di acqua alle diverse unità. Se si fa riferimento alla quantità di acqua per kcal, il rapporto tra nocciole e coltura zuccherina scende a 5 [3,63 litri di acqua per una kcal delle nocciole vs 0,69 litri per kcal dei prodotti zuccherini (in pratica il valore del rapporto è quasi nove volte più piccolo di quello sul tal quale)], tra nocciole e verdure è pari a 2,7 (3,63 vs 1,34 l/kcal). Invece tra fagioli e cereali il rapporto resta quasi invariato pari a 2,3 (1,19 vs 0,51 l/kcal). Se il consumo di acqua è riferito al contenuto proteico (per i prodotti che contengono questa sostanza) il valore più elevato del rapporto è intorno a 10 tra frutta (diverse tipologie) e legumi (180 vs 19 l/g proteine) (Tabella 8).

3.2. Produzioni animali e consumi idrici

La valutazione corretta dei consumi idrici, e della loro sostenibilità, nelle produzioni zootecniche richiede una analisi particolareggiata delle tre tipologie di acqua utilizzate. La carne bovina è ritenuta in assoluto la produzione più insostenibile per consumo di acqua: sono stimati necessari circa 15 mila m³ per ottenere una tonnellata di prodotto (in pratica 15 mila litri per un kg di carne). Consumi inferiori, ma sempre ragguardevoli, sono riportati¹⁴ per le carni delle altre specie e per le uova: all'incirca 9 mila litri/kg per gli ovini, 6 mila per i suini, 4 mila per i polli e 3,300 per le uova (Tabella 9). Per il latte bovino, il quantitativo di acqua necessaria per chilogrammo di prodotto è circa 1.000 litri¹⁵.

Sulla base di questi valori unitari si ha un consumo complessivo di acqua per l'insieme di tutte le produzioni animali mondiali di poco superiore ai km³ 2.400¹³. Di questo quantitativo oltre il 52% è utilizzato dall'allevamento bovino (33 e 19% rispettivamente per bovini da carne e da latte).

Uno studio⁹ sulla tipologia delle acque utilizzate nei processi dell'allevamento riporta che mediamente 87% sono acque «verdi», 7% acque «grigie», e solo 6% di irrigazione. Quindi in valore assoluto l'acqua di irrigazione consumata nel mondo per l'allevamento animale nel suo complesso ammonta «soltanto» a 150 km³.

14 M.M. Mekonnen, A.Y. Hoekstra, *A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products*, in *Ecosystems*, 2012, 15: 401–415, DOI: 10.1007/s10021-011-9517-8.

15 A. Nardone, D. Matassino, *I sistemi di allevamento bovino per la produzione di latte nel subtropico arido: alcune ipotesi di intervento su larga scala*. in *Prod. Anim.* 1989, 2, III Serie: 1-23.

Con riferimento ai singoli prodotti (Tabella 9) l'incidenza media, a livello mondiale, dell'acqua irrigua sul totale di acqua utilizzata è pari all'8% nella produzione del latte (in pratica 80 litri/kg latte) e si riduce al 4% nella produzione della carne bovina, in pratica 600 litri/kg carne a fronte dei 15 mila totali.

Quindi la grandissima parte dell'acqua che interviene nel processo produttivo degli alimenti di origine animale, in particolare delle carni bovine, è la così detta acqua verde, vale a dire la parte delle precipitazioni che è trattenuta nel suolo o resta temporaneamente sul suolo o sulla vegetazione, che non va comunque a rigenerare le riserve sotterranee. In sostanza questa acqua se non utilizzata per i vegetali trasformati dagli animali in gran parte sarebbe persa per evapotraspirazione.

Di tutta l'acqua necessaria nel mondo per l'allevamento ben il 98% occorre per produrre gli alimenti per gli animali, mentre quella di bevanda (tutta acqua *blue*) è soltanto poco più dell'uno per cento pari, in valore assoluto, a 24 km³.

3.3 Confronti e risparmi idrici

Taluni gruppi di opinione, formati prevalentemente da vegetariani e/o da animalisti, propongono la eliminazione delle attività di allevamento animale al fine di dare un sostanziale contributo alla sostenibilità ambientale, e quindi anche delle acque. La tesi è che una parte delle produzioni vegetali, oggi utilizzate come alimenti per gli animali, basterebbe a sostituire, nell'alimentazione umana, i prodotti zootecnici. Il quantitativo di 15 mila litri di acqua per chilo-carne è il dato preso a riferimento per dimostrare la insostenibilità dell'allevamento, mentre l'incidenza delle tre tipologie di acqua che concorrono a raggiungere i 15 mila litri è totalmente ignorata.

In verità molti oppositori dell'allevamento hanno motivazioni più «profonde» di quelle, già encomiabili, di ordine ambientale. Sono motivazioni di natura etica, appartenenti alla sfera delle sensibilità individuali verso gli animali, e come tali da rispettare e non discutibili¹⁶. Tralasciamo anche di discutere qui l'esigenza di avere nella dieta umana aminoacidi presenti (o presenti in quantità adeguate al fabbisogno umano) solo nelle proteine animali.

È utile invece ricordare che una quantità non trascurabile delle proteine animali è ottenuta da allevamenti che sfruttano risorse pascolive (sostenute

16 A. Nardone, *Cambiamenti climatici: quali effetti su produzione e consumo di proteine animali?* In *Quaderni di bioetica*, n. 4, 2014, Milano – Udine.

esclusivamente dalle precipitazioni naturali) che non sarebbero utilizzabili direttamente dall'uomo in alcun modo.

Ancor più informativo è il confronto tra i consumi idrici per produrre un grammo di proteine con l'allevamento animale e con la coltivazione dei legumi (vegetali con elevato contenuto proteico, a diffuso consumo umano).

Il valore più elevato del rapporto, pari a 5,9, si ha tra i consumi idrici complessivi per la produzione della carne bovina e quelli per i legumi. Il valore scende a 1,8 tra pollo e legumi e a circa 1,5 tra latte bovino (oppure uova) e legumi (Tabella 10). Per la carne bovina però va ricordato il modesto ricorso, a livello mondiale, all'uso di acqua irrigua.

Con riferimento alle sole proteine di origine animale, è interessante analizzare la quantità di acqua necessaria per ottenere, con i diversi prodotti, il quantitativo di proteine corrispondenti al fabbisogno giornaliero umano. Per un fabbisogno di 30 grammi /die pro-capite la quantità di acqua varia tra 3400 litri della carne bovina e circa 880 litri di latte o uova¹⁷. Questi valori si riducono sensibilmente, a seconda delle diverse incidenze, se si considera la sola quota di acqua irrigua.

I dati indicati si riferiscono a valori medi a livello mondiale. Nella realtà i consumi idrici per unità dello stesso prodotto differiscono notevolmente da zona a zona, sia nel quantitativo totale sia nelle proporzioni tra i tre tipi di acqua utilizzata. Oltre alle differenze determinate dalla diversa evapotraspirazione a seconda della latitudine e dalla pedologia incidono molto anche le differenti tipologie dei sistemi di produzione, sia di coltivazioni sia di allevamento animale. Non ultima infine incide l'efficienza con la quale è usata l'acqua disponibile per la irrigazione in funzione di tre fattori fondamentali: le precipitazioni, la superficie irrigata¹⁵ e il sistema di irrigazione impiegato.

In Italia il 75% dell'acqua irrigua è captata dalle falde e dai fiumi, il restante quantitativo è intercettato da canali, sorgenti o altre fonti. Per quanto riguarda le modalità di irrigazione due sistemi: scorrimento e aspersione distribuiscono i tre quarti di tutta l'acqua irrigua (Tabella 11).

Mediamente i sistemi di produzione intensivi hanno consumi idrici inferiori per unità prodotta ma fanno maggiore ricorso all'acqua di irrigazione.

17 A. Nardone, B. Ronchi, N. Lacetera, M.S. Ranieri, U. Bernabucci, *Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems*, in *Livestock Science*, 2010, 130: 57-69.

4. Conclusioni

L'acqua è un elemento indispensabile per le produzioni agro-zootecniche e queste sono indispensabili per l'alimentazione dell'uomo. I cambiamenti climatici in atto e i comportamenti umani attuali fanno temere per le disponibilità future di quantità e qualità di questo elemento imprescindibile per la quasi totalità delle forme di vita. A causa della contrazione delle precipitazioni, del peggiorare del loro regime e della maggiore evapotraspirazione a seguito dell'innalzamento della temperatura, molte aree nel mondo avranno enormi limitazioni nelle attività agricole.

Le quantità di acque necessarie per ottenere uno stesso quantitativo di prodotto alimentare differiscono enormemente a seconda del tipo di coltura vegetale o specie animale allevata, del sistema di produzione e della ubicazione della zona di produzione. Rispetto alla stessa coltura, a seconda della zona di produzione, differiscono anche le proporzioni tra i tipi di acqua utilizzata.

La attenzione maggiore, a livello mondiale, è rivolta al consumo dell'acqua per uso irriguo che viene prelevata dai bacini superficiali, dai corsi e dalle riserve sotterranee (la così detta acqua *blue*). Il volume di questa acqua, impiegata specialmente nei sistemi intensivi e in molte coltivazioni specializzate, rappresenta però una percentuale contenuta del volume di tutte le precipitazioni che cadono sulle terre emerse, ed è una entità modesta anche rispetto al volume delle acque verdi (*green water*) «catturate» dalla totalità dei processi produttivi. La *green water* rappresenta la parte delle precipitazioni che entra direttamente nei processi produttivi e che diversamente verrebbe in larga misura evapotraspirata. Poiché rappresenta la sola risorsa idrica delle produzioni agro-zootecniche in vaste aree del mondo, meriterebbe maggiore attenzione nelle valutazioni che vengono fatte sui consumi idrici dell'agricoltura. È pur vero che l'incidenza della *green water* sulla quantità totale di acqua che entra nei processi produttivi agricoli varia molto da paese a paese in funzione della SAU disponibile per abitante, delle condizioni meteo-climatiche, della pedologia, dell'orografia, dei sistemi e indirizzi produttivi, ma rappresenta ovunque e comunque una risorsa importante.

Le difficoltà crescenti nell'approvvigionamento idrico previste per i decenni a venire e la sollecitazione a produrre sempre più prodotti agricoli, per fronteggiare i consumi di una popolazione mondiale in aumento di numero, di consumi pro-capite e di urbanizzazione, impongono una gestione «parsimoniosa» dell'acqua in agricoltura in tutti i paesi del mondo, anche in quelli che in passato hanno disposto di quantità illimitate. Tutto questo

però non deve indurre a politiche di uso dell'acqua irrigua basate soltanto su principi economici regolati dalle sole leggi di mercato, perché i riflessi sociali sulla sicurezza alimentare potrebbero divenire particolarmente conflittuali.

Le soluzioni vanno trovate agendo sinergicamente in tutti i comparti coinvolti, ad iniziare dalla educazione civica nell'uso dell'acqua e del cibo, risolvendo in molti paesi «a economia forte» il problema degli sprechi e del superfluo. Non è oggi pensabile in questi paesi una educazione alimentare basata sull'uso di alimenti a basso consumo idrico, a meno che non si creino condizioni limite che già fronteggiano le popolazioni di molte zone estreme del pianeta. Occorre invece un nuovo determinato impegno ad ammodernarne tutti i processi e i sistemi produttivi per realizzare un'agricoltura a basso consumo idrico. Vanno sviluppate forme di coltivazione che economizzano acqua e piante tolleranti agli stress, in particolare quelli termici. Nell'allevamento animale economie idriche possono essere conseguite agendo soprattutto attraverso razioni alimentari con prodotti ottenuti da coltivazioni che richiedono meno acqua per unità di energia e/o proteine prodotte. La ottimizzazione della struttura demografica dell'allevamento e dei parametri vitali degli animali (particolarmente nell'allevamento specializzato del bovino da latte) è un'altra area di intervento per conseguire economie significative della quantità di acqua impiegata per unità di prodotto¹⁵.

Soprattutto e prioritariamente, bisogna agire sul fronte dell'ammodernamento delle reti idriche, perché le perdite attuali sono ingenti, e sulle tecniche di irrigazione. Molte acquisizioni della ricerca sono mature per il trasferimento in campo; tecnologie quali l'impiego dei sensori di umidità del suolo vanno diffuse. Ma un nuovo impegno va posto anche per un migliore sfruttamento delle precipitazioni e per aumentarne le quantità raccolte¹⁸.

Infine, non ultimo, sarà indispensabile orientare la ricerca delle scienze agrarie in una logica multidisciplinare che coinvolga le scienze biologiche, chimiche, ingegneristiche, fisiche ecc., perché vengano ammodernate le tecniche e ripensati i sistemi colturali e zootecnici e gli obiettivi di selezione di piante e animali in una prospettiva di limitata disponibilità di acqua.

18 M.M. Mekonnen, A.Y. Hoekstra, *Water footprint benchmarks for crop production: A first global assessment*, in *Ecological Indicators*, 2014, 46: 214–223.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare per la collaborazione nella fornitura dei dati.

Tabella 1. Alcuni Organismi a livello mondiale e locale che si interessano alla protezione e all'utilizzo sostenibile delle acque

WHO	http://www.who.int/topics/water/en/
FAO	http://www.fao.org/nr/water/
Global Water Partnership	http://www.gwp.org/en/About-GWP/
United Nation Secretary General Advisory Board on water	http://www.unsgab.org/
UNESCO-IHE Institute for Water Education	http://www.unesco-ihe.org/institute
International Water Management Institute (IWMI)	http://www.iwmi.cgiar.org/
International Water Institute	http://www.iwinst.org/
United States Environmental Protection Agency	http://www2.epa.gov/aboutepa/organization-chart-office-water-ow
Stockholm International Water Institute	http://www.siwj.org/
Global Water	http://globalwater.org/about-us/
The Chartered Institution of Water and Environmental Management	http://www.ciwem.org/about.aspx
CEO Water Mandate	http://ceowatermandate.org/

Tabella 2. Definizione delle tipologie di acqua implicate nei processi produttivi: *blue*, *green* e *grey*

<p><i>Blue water</i>– Fresh surface and groundwater, in other words, the water in freshwater lakes, rivers and aquifers.</p>	<p><i>Blue water footprint</i>– Volume of surface and groundwater consumed as a result of the production of a good or service. Consumption refers to the volume of freshwater used and then evaporated or incorporated into a product. It also includes water abstracted from surface or groundwater in a catchment and returned to another catchment or the sea. It is the amount of water abstracted from groundwater or surface water that does not return to the catchment from which it was withdrawn.</p>
<p><i>Green water</i>– The precipitation on land that does not run off or recharge the groundwater but is stored in the soil or temporarily stays on top of the soil or vegetation. Eventually, this part of precipitation evaporates or transpires through plants. Green water can be made productive for crop growth (although not all green water can be taken up by crops, because there will always be evaporation from the soil and because not all periods of the year or areas are suitable for crop growth).</p>	<p><i>Green water footprint</i>– Volume of rainwater consumed during the production process. This is particularly relevant for agricultural and forestry products (products based on crops or wood), where it refers to the total rainwater evapotranspiration (from fields and plantations) plus the water incorporated into the harvested crop or wood.</p>
	<p><i>Grey water footprint</i>– The grey water footprint of a product is an indicator of freshwater pollution that can be associated with the production of a product over its full supply chain. It is defined as the volume of freshwater that is required to assimilate the load of pollutants based on natural background concentrations and existing ambient water quality standards. It is calculated as the volume of water that is required to dilute pollutants to such an extent that the quality of the water remains above agreed water quality standards.</p>

Fonte: A.Y. HOEKSTRA, A.K. CHAPAGAIN, M.M. ALDAYA, M.M. MEKONNEN, *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*, Earthscan, London, UK, 2011

Tabella 3. Linee di intervento programmate nel Piano irriguo nazionale per il periodo 2014-2020

<ul style="list-style-type: none"> • Recupero dell'efficienza degli accumuli per l'approvvigionamento idrico; • Realizzazione di bacini (accumuli) interaziendali; • Completamento degli schemi irrigui; • Miglioramento dei sistemi di adduzione (rifacimento dei tratti di canali deteriorati); • Miglioramento delle reti di distribuzione; • Adeguamento delle reti di distribuzione (conversione, finalizzata al risparmio idrico, di canali a pelo libero in reti tubate per ridurre le perdite di evaporazione, sostituzione di canalette in cemento-amianto); • Investimenti relativi a sistemi irrigui aventi, insieme alle finalità di bonifica e irrigazione, anche funzioni di mitigazione del rischio idrogeologico; • Investimenti per il risparmio idrico e la produzione energetica da mini idroelettrico; • Investimenti in sistemi di controllo e di misura; • Investimenti per il riutilizzo di acque depurate.
--

Fonte: MIPAAF (2014). Italy - Rural Development Programme (National)

Tabella 4. Temperatura media annua relativa ai CLINO 1951-1980 e 1981-2010 e differenza del secondo CLINO rispetto al primo, distintamente per stazione meteo e per tutte le stazioni

	CLINO 1951-1980	CLINO 1981-2010	diff CLINO
	(°C)	(°C)	(°C)
Bologna Borgo Panigale	13,17	14,12	0,95
Bolzano	10,89	12,18	1,30
Brescia	12,56	13,05	0,48
Brindisi Casale	16,52	17,04	0,53
Cagliari Elmas	16,25	17,19	0,94
Firenze	14,38	15,54	1,16
Grosseto	14,78	15,20	0,42
Milano Linate	11,11	11,72	0,61
Pescara	14,18	14,84	0,66
Piacenza	12,20	13,15	0,95

Rimini	13,33	13,98	0,64
Torino Caselle	11,21	12,06	0,85
Verona Villafranca	12,51	13,41	0,90
TUTTE	13,32	14,11	0,80

Elaborazione su dati: fonte Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare: stazioni di BO, BZ, BS, FI, GR, MI, PE, PC, RN, TO, fonte http://it.wikipedia.org/wiki/Stazione_meteorologica: stazioni di BR, CA, VR

Tabella 5. Precipitazioni totali annue nei CLINO 1951-1980 e 1981-2010 e differenza del secondo CLINO rispetto al primo, distintamente per stazione meteo e per tutte le stazioni

	CLINO 1951-1980	CLINO 1981-2010	diff CLINO
	(mm)	(mm)	(mm)
Bologna Borgo Panigale	761	550	-211
Bolzano	708	590	-117
Brescia	887	888	1
Brindisi Casale	617	604	-13
Cagliari Elmas	435	395	-40
Firenze	898	775	-123
Grosseto	648	625	-22
Milano Linate	1155	1017	-138
Pescara	723	626	-98
Piacenza	834	863	29
Rimini	762	629	-132
Torino Caselle	938	708	-231
Verona Villafranca	807	783	-24
TUTTE	782	696	-86

Elaborazione su dati: fonte Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare: stazioni di BO, BZ, BS, FI, GR, MI, PE, PC, RN, TO, fonte http://it.wikipedia.org/wiki/Stazione_meteorologica: stazioni di BR, CA, VR

Tabella 6. Flussi idrologici globali ($10^3 \text{ km}^3/\text{anno}$)

	precipitazioni	Evapotraspirazione	deflusso
Totale	500	500	
Terre emerse	110	70	40
Oceani/mari	390	430	

Elaborazione su fonte dati: P. H. Gleick, Ed., *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*, New York, 1993

Tabella 7. Italia: superfici irrigate per prodotto (2007)

Culture	1000 ha	%
Grano	118	4,4
Riso	241	9,0
Mais	736	27,6
Verdure	226	8,5
Frutta	384	14,4
Agrume	123	4,6
Uva	197	7,4
Soia	85	3,2
Girasole	20	0,7
Olive	120	4,5
Patate	32	1,2
Barbabetola di zucchero	97	3,6
Foraggere temporanee	100	3,7
Foraggere permanenti	189	7,1
Totale area irrigata	2.666	100

Fonte http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use_agr/index3.stm

Tabella 8. *Water footprint* per: kg, kcal, g proteine, g grasso (prodotti animali e vegetali)

	l/kg	l/kcal	l/g proteine	l/g grasso
Colture zuccherine	197	0,69	0	0
Verdure	322	1,34	26	154
Radici amidacee	387	0,47	31	226
Frutta	962	2,09	180	348
Cereali	1644	0,51	21	112
Colture oleaginose	2364	0,81	16	11
Legumi	4055	1,19	19	180
Nocciole	9063	3,63	139	47
Latte	1020	1,82	31	33
Uova	3265	2,29	29	33
Carne di pollo	4325	3,00	34	43
Burro	5553	0,72	0	6
Carne suina	5988	2,15	57	23
Carne ovicaprina	8763	4,25	63	54
Carne bovina	15415	10,19	112	153

Fonte: M.M. MEKONNEN, A.Y. HOEKSTRA, *The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products*, Value of Water Research Report Series No. 48, 2010, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands

Tabella 9. Consumo di acqua irrigua per alcuni prodotti di origine animale e incidenza percentuale sul consumo totale (1996–2005)

	<i>Water footprint</i> (m ³ /t)	<i>Blue water footprint</i> (m ³ /t)	%
Latte	1020	86	8
Uova	3265	244	7
Carne di pollo	4325	313	7
Carne suina	5988	459	8
Carne ovi-caprina	8763	457	5
Carne bovina	15415	550	4

Fonte: M.M. MEKONNEN, A.Y. HOEKSTRA, *A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products*, in *Ecosystems*, 2012, 15: 401–415, DOI: 10.1007/s10021-011-9517-8

Tabella 10. Rapporto tra quantità di acqua consumata per ottenere un grammo di proteine e una kcal con prodotti animali e vegetali

Proteine Animale vs legumi		Kcal Animale vs Cereali	
Carne bovina	5,9	Carne bovina	20,0
Carne ovicaprina	3,3	Carne ovicaprina	8,3
Carne suina	3,0	Carne di pollo	5,9
Carne di pollo	1,8	Carne suina	4,2
Latte bovino	1,6	Uova	4,5
Uova	1,5	Latte bovino	3,6

Elaborazione su fonte dati: M.M. MEKONNEN, A.Y. HOEKSTRA, *The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products*, Value of Water Research Report Series No. 48, 2010, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands

Tabella 11. Italia: fonti di captazione dell'acqua e sistemi di irrigazione

Captazione (%)					
da canale	da sorgente	da falda	da lago/invaso	da fiume	altro
10,0	8,7	34,3	2,8	37,0	7,1
Sistemi di irrigazione (%)					
scorrimento	aspersione	sommersione	infiltrazione	infiltrazione sotterranea	localizzata
37,5	37,3	8,3	4,8	0,5	11,6

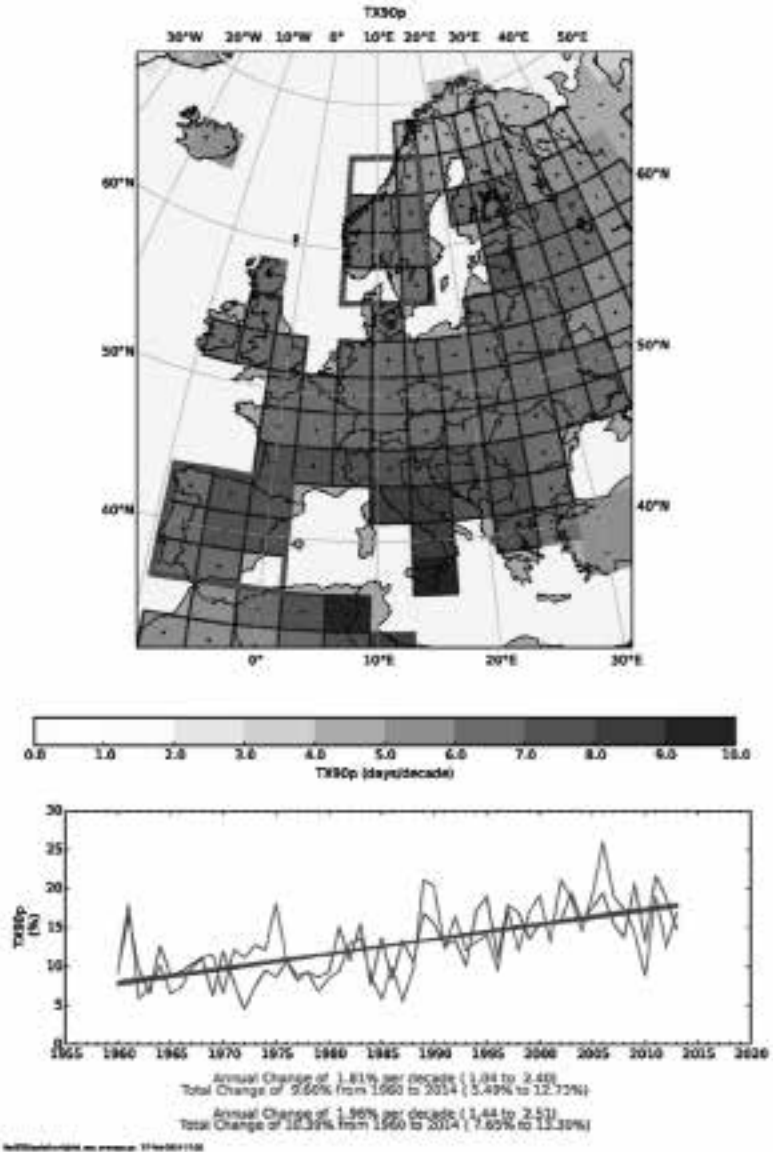
Fonte: Istituto nazionale di economia agraria (a cura di R. Zucaro), *Atlante Nazionale dell'irrigazione*, Inea Roma, 2011 <http://dspace.inea.it/handle/inea/388>

Figura 1. Mappa dei Distretti Idrografici in Italia



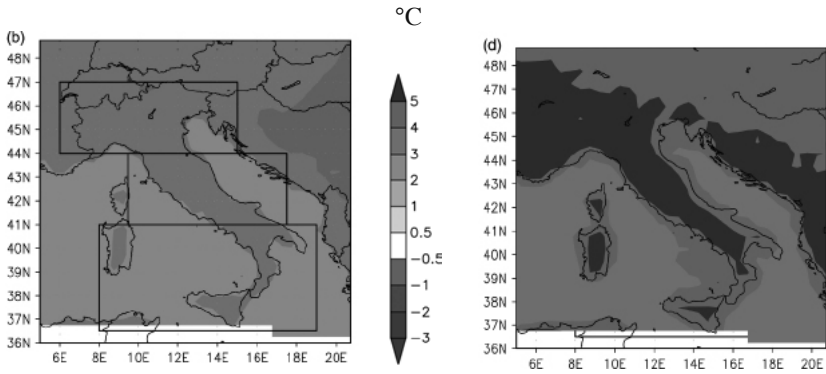
Fonte: ISTAT, 6° Censimento Generale dell'Agricoltura.
Utilizzo della risorsa idrica a fini irrigui in agricoltura, 2014

Figura 2. Trend del numero dei giorni caldi in Europa



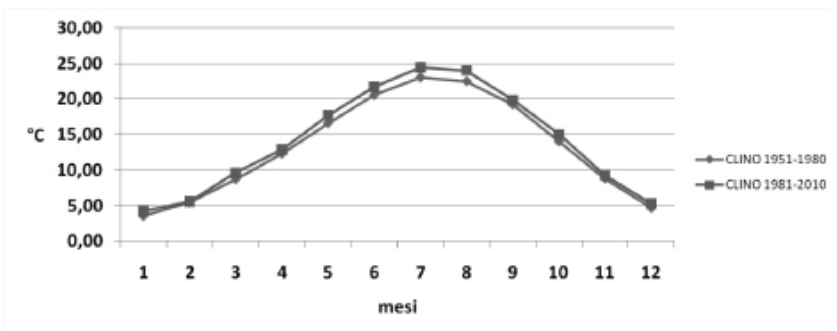
Fonte: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/changes-in-duration-of-warm-spells-in-summer-across-europe-in-the-period-1976-2006-in-days-per-decade-6>

Figura 3. Cambiamento medio della Temperatura alla superficie simulato dai modelli PRUDENCE per l'inverno (b) e l'estate (d), 2071-2100 rispetto a 1961-1990, scenario A2



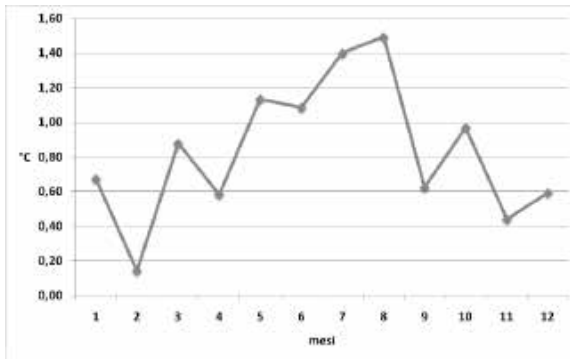
Fonte: E. COPPOLA, F. GIORGI, An assessment of temperature and precipitation change projections over Italy from recent global and regional climate model simulations, in *Int. J. Climatol.* 2010, 30: 11–32, DOI: 10.1002/joc.1867

Figura 4a. Andamento dei valori medi mensili* della temperatura dell'aria, CLINO 1951-1980 e 1981-2010



* calcolati con i dati delle stazioni meteo: BO, BZ, BS, BR, CA, FI, GR, MI, PE, PC, RN, TO, VR

Figura 4b. Differenza della temperatura dell'aria media mensile*
tra i CLINO 1951-1980 e 1981-2010



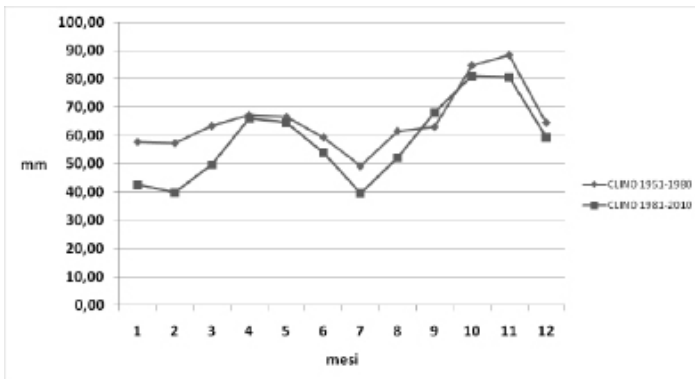
* calcolata sui valori delle stazioni meteo: BO, BZ, BS, BR, CA, FI, GR, MI, PE, PC, RN, TO, VR

Elaborazione su dati:

fonte Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare: stazioni di BO, BZ, BS, FI, GR, MI, PE, PC, RN, TO,

fonte http://it.wikipedia.org/wiki/Stazione_meteorologica: stazioni di BR, CA, VR

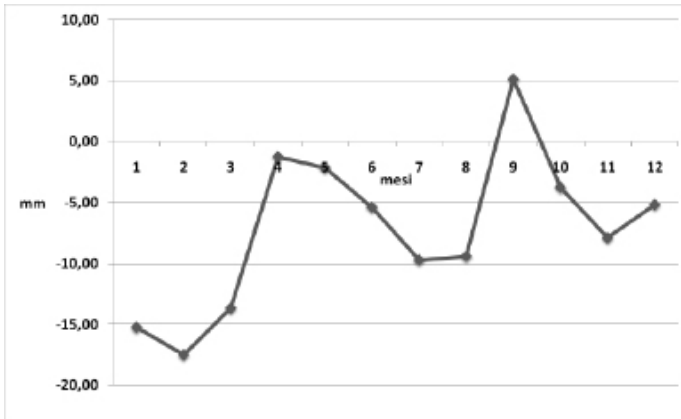
Figura 5a. Precipitazioni medie mensili* relative ai CLINO 1951-1980 e 1981-2010



* calcolate con i dati delle stazioni meteo:

BO, BZ, BS, BR, CA, FI, GR, MI, PE, PC, RN, TO, VR

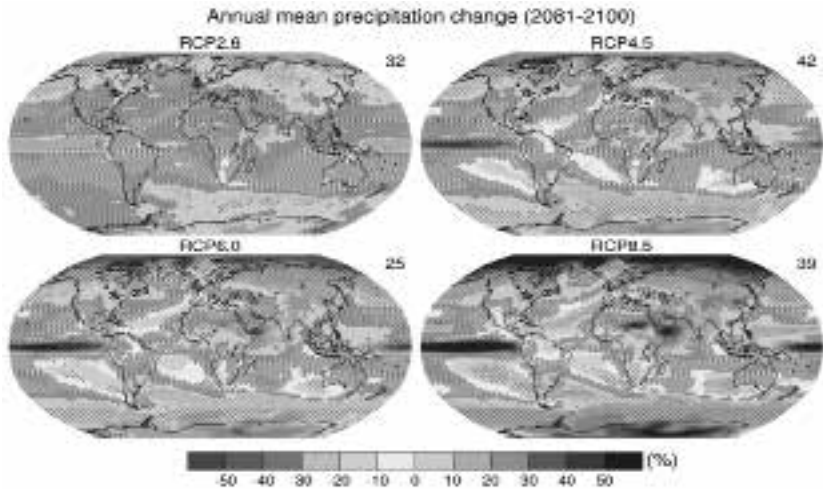
Figura 5b. Differenza delle precipitazioni medie mensili* cumulate tra i CLINO 1951-1980 e 1981-2010



* calcolate sui valori delle stazioni meteo:
BO, BZ, BS, BR, CA, FI, GR, MI, PE, PC, RN, TO, VR

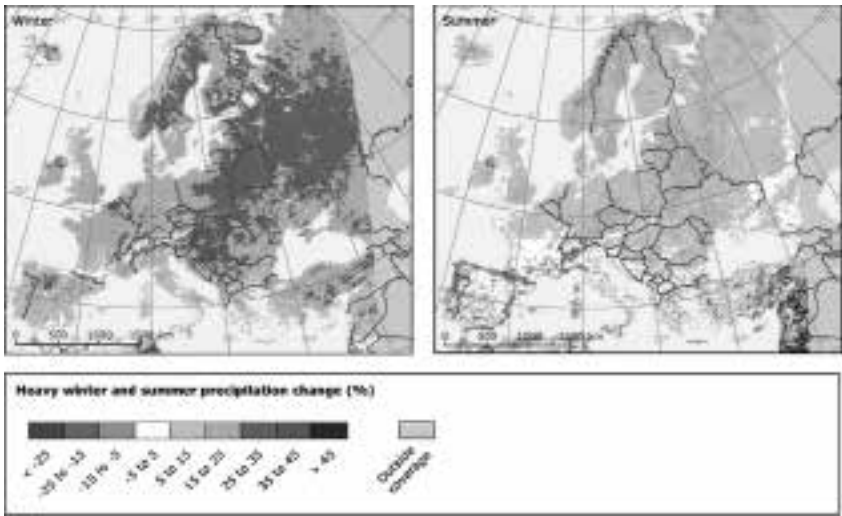
Elaborazione su dati:
fonte Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare:
stazioni di BO, BZ, BS, FI, GR, MI, PE, PC, RN, TO,
fonte http://it.wikipedia.org/wiki/Stazione_meteorologica: stazioni di BR, CA, VR

Figura 6. Cambiamento medio di precipitazione, 2081-2100 rispetto a 1986-2005, quattro scenari



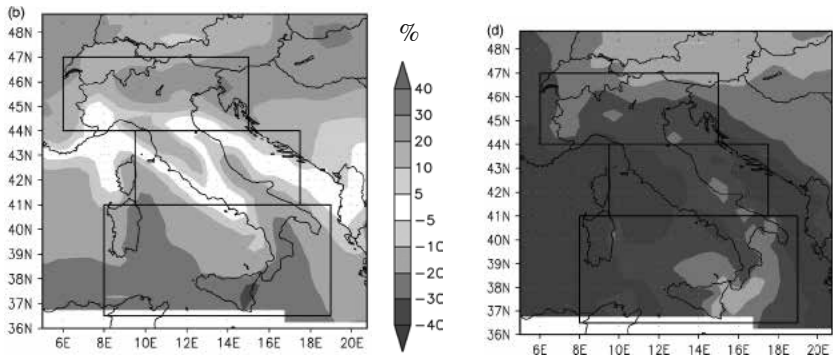
Fonte: T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, L.V. Alexander, S.K. Allen, N.L. Bindoff, F.-M. Bréon, J.A. Church, U. Cubasch, S. Emori, P. Forster, P. Friedlingstein, N. Gillett, J.M. Gregory, D.L. Hartmann, E. Jansen, B. Kirtman, R. Knutti, K. Krishna Kumar, P. Lemke, J. Marotzke, V. Masson-Delmotte, G.A. Meehl, I.I. Mokhov, S. Piao, V. Ramaswamy, D. Randall, M. Rhein, M. Rojas, C. Sabine, D. Shindell, L.D. Talley, D.G. Vaughan and S.-P. Xie, 2013: Technical Summary. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [T.F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 33–115, doi:10.1017/ CBO9781107415324.005

Figura 7. Cambiamento medio di precipitazione per l'inverno e l'estate, 2071-2100 rispetto a 1971-2000, scenario RCP8.5



Fonte: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/projected-changes-in-20-year-2>

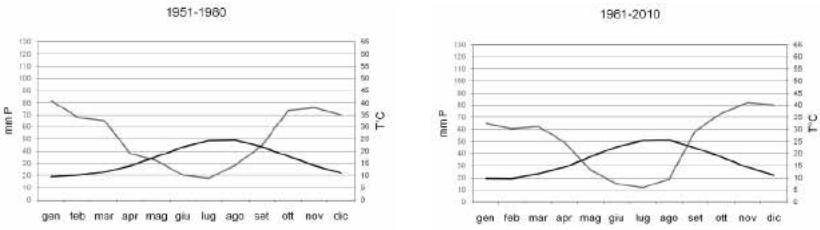
Figura 8. Cambiamento medio delle precipitazioni simulato dai modelli PRUDENCE per l'inverno (b) e l'estate (d), 2071-2100 rispetto a 1961-1990, scenario A2



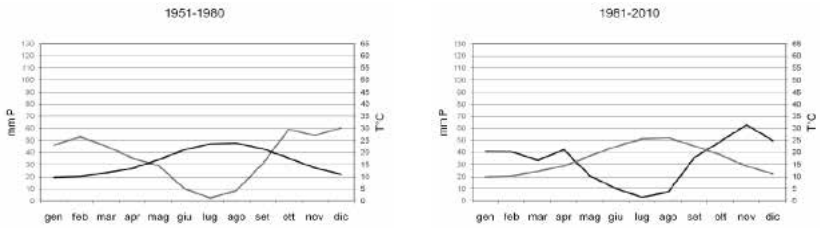
Fonte: E. COPPOLA, F. GIORGI, An assessment of temperature and precipitation change projections over Italy from recent global and regional climate model simulations, in *Int. J. Climatol.* 2010, 30: 11–32, DOI: 10.1002/joc.1867

Figura 9. Diagrammi ombrotermici per le stazioni di Brindisi, Cagliari e Verona

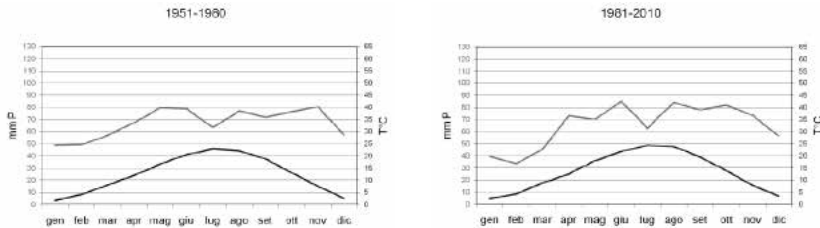
a) BRINDISI



b) CAGLIARI

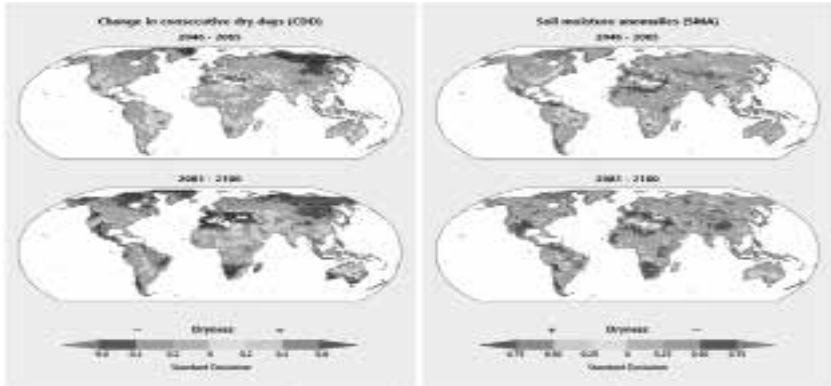


c) VERONA



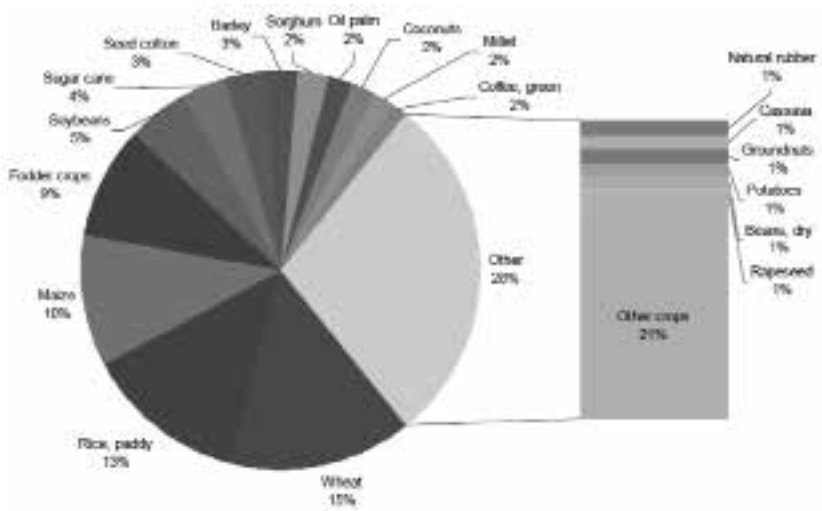
Elaborazione su dati: fonte http://it.wikipedia.org/wiki/Stazione_meteorologica

Figura 10. Aridità: cambiamento del numero dei giorni consecutivi aridi e della umidità del suolo



Fonte: S.I. SENEVIRATNE, N. NICHOLLS, D. EASTERLING, C.M. GOODESS, S. KANAE, J. KOSSIN, Y. LUO, J. MARENGO, K. MCINNES, M. RAHIMI, M. REICHSTEIN, A. SORTEBERG, C. VERA, X. ZHANG, Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* [C. B. Field, V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley(eds.)], 2012, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 109–230

Figura 11. Contributo di diverse colture al *water footprint* totale della produzione agricola mondiale. Periodo: 1996-2005



Fonte: M.M. MEKONNEN, A.Y. HOEKSTRA, *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*, in *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2011, 15, 1577-1600, doi:10.5194/hess-15-1577-2011