

Elaborazioni di dati telerilevati per individuazione del kiwi e dei bacini artificiali

Pal-Lamone

Andrea Spisni (aspisni@arpa.emr.it), Maria Cristina Mariani

Lab. di Telerilevamento; Area Agrometeorologia, Territorio e Clima, Servizio IdroMeteoClima - ARPA Emilia-Romagna

V.le Silvani 6, Bologna 40122, tel 0516497561, fax 0516497501

<http://www.arpa.emr.it/sim>

PREMESSA

La coltura del kiwi, diffusa dagli anni '80, ha portato a fondamentali modifiche dell'attività agricola e necessità irrigue nelle valli del Lamone e Marzeno. Le valli hanno infatti assistito alla conversione di estesi frutteti di pianura, interessati principalmente da pescheti, in actinidieti. Le maggiori necessità irrigue della nuova coltura, la diffusione dell'irrigazione della vite e la scarsità di piogge della zona hanno determinato la creazione di molti bacini artificiali irrigui necessari per la sostenibilità delle colture.

Da questa premessa è nata la necessità di un attento monitoraggio dell'area, basato sulla stima dell'estensione del kiwi e sulla diffusione dei bacini irrigui.

Questo progetto rappresenta uno sviluppo della precedente collaborazione avuta con l'Autorità dei Bacini Romagnoli (Regione Emilia-Romagna) che ha analizzato le colture, i bacini ed i fabbisogni irrigui a livello di sottobacino su dati del 2003 e concluso a metà 2005.

AREA DI STUDIO

L'area di studio (immagine 1) copre la parte romagnola dei bacini idrografici, in cui l'attività agricola, a prevalenza frutticola, è principalmente localizzata nei fondovalle con kiwi, vite, pesco, kaki e seminativi e sulla prima collina con vite, albicocco, susino e prati.

L'estensione dell'area è di 326 kmq e vede come principali bacini: Lamone, Marzeno, Tramazzo, Acerreta ed Ibola, distribuiti sui comuni di Faenza, Brisighella, Castrocaro, Modigliana, Dovadola, Tredozio, Rocca san Casciano e Portico.

In base ai dati di uso del suolo 2003 (Regione Emilia-Romagna), la zona è interessata da circa 8 kmq di suolo artificializzato, 155 kmq di suolo agricolo, 159 kmq di suolo forestale e 4 kmq di suolo afferente al dominio delle acque.

ELABORAZIONI ESEGUITE PER L'INDIVIDUAZIONE DEL KIWI

L'analisi dei dati telerilevati ha visto la creazione di una serie temporale a partire da immagini del 1985, 1993, 2000, 2003, 2006 e 2008. In tabella 1 si riportano in dettaglio i dati utilizzati. Mentre le immagini tra il 1985 e 2006 erano già disponibili in archivio, le scene dal 2008 sono state acquistate appositamente per l'aggiornamento della copertura. Si aggiunge che solo in 2006 presenta una copertura parziale che si interrompe a sud di Brisighella, zona nella quale i kiwi non sono più presenti in modo così diffuso come nelle zone a sud delle valli. Nell'immagine 2 si riporta la serie temporale con le immagini principali.

Il data set è stato calibrato a riflettanza all'atmosfera (TOAREF) per le annate del 1985, 1993 e 2000. Per le annate invece con due date sono stati tenuti i valori in digital number (DN), in quanto con due date in unico file la calibrazione perde di significato. Sono comunque disponibili anche le singole immagini calibrate. Si aggiunge che l'immagine del 17/09/2003 presenta dei riempimenti con scena acquisita il 30/09/2002 a causa del guasto permanente avvenuto al sensore ETM+ nella primavera del 2003. L'immagine composta così prodotta viene denominata Gap Filled (Slc-Off).

Nelle immagini in TOAREF è stato applicato anche l'algoritmo Dark Subtract per contenere in modo semplice l'effetto

atmosferico. Le varie annate sono state classificate utilizzando l'algoritmo spectral angle mapper (Sam), basato su aree di controllo. La disponibilità di due date per anno di analisi permette di migliorare i risultati di individuazione del kiwi e delle altre colture.

Come considerazione generale si vuole sottolineare che per le classificazioni sono state individuate più coperture, ma la maggior precisione si ha per il kiwi sia per la forma di allevamento (pergoletta doppia) che copre interamente gli appezzamenti e sia per la forte risposta spettrale nella banda dell'infrarosso rispetto alle altre specie vegetali. La pergoletta doppia, in cui praticamente non è presente nessun inerbimento, o almeno è poco visibile dall'alto, permette anche di separare la specie da altre colture frutticole che invece sono allevate sulle file, con interfilare inerbito, ben visibile nei dati telerilevati. Una possibile fonte di erronea classificazione del kiwi può sorgere in caso di impianti in allevamento o poco coprenti o con eventuali sovrapposizioni con colture erbacee a forte copertura ed intensa riflettanza nella banda del vicino infrarosso.

ANNATA 1985

Il primo periodo temporale considerato è coperto da una sola immagine del 23/09. Non avendo a disposizione per l'annata dati ancillari per la calibrazione del classificatore ed essendo difficile l'individuazione delle verità a terra, compreso il kiwi, che era all'inizio della sua diffusione, la classificazione è stata basata sull'utilizzo delle firme spettrali calcolate sulla scena del 17/09/2003, periodo comparabile con la scena del 1985. Le firme si riferiscono a: kiwi, vigneti ed oliveti di pianura, vigneti ed oliveti di collina, drupacee a spalliera, drupacee a volume, seminativi arati, prati, seminativi con stoppie, medica di collina e medica di pianura. Questo approccio ha permesso di classificare l'immagine senza bisogno di informazioni aggiuntive. Applicazione di queste firme può aver generato errori dovuti al deterioramento del sensore.

Al fine di eliminare le aree non agricole (artificiale, forestale ed acque) coperte dall'immagine si è applicata una maschera basata sui dati di uso del suolo 1994 (Regione Emilia-Romagna), riferito al codice 2, corrispondente alle aree agricole. Dalla classificazione sono risultati circa 23 ha a kiwi. Restringendo la maschera ai soli appezzamenti a frutteti del 1994, la superficie a kiwi passa a 4 ha, corrispondente ad un solo appezzamento presente anche nel 1993. Questa seconda maschera appare più realistica della prima che invece individua i kiwi su aree anche collinari.

Consultando le statistiche agricole storiche della Provincia di Ravenna risulta che nel 1985 i kiwi erano principalmente localizzate nelle zone di pianura e non nei fondovalle, quindi l'estensione così ridotta individuata appare realistica.

ANNATA 1993

Il secondo periodo temporale considerato è coperto da una sola immagine del 12/08. Per l'individuazione delle verità a terra, essendo il periodo più vecchio di 10 anni, si sono individuate delle classi generiche in base alle risposte spettrali: kiwi (facilmente individuabile), vegetazione 1, vegetazione 2 e suolo nudo.

Calcolate le probabilità di appartenenza di un pixel ad una determinata classe, sono state definite le soglie ottimali di assegnazione ad ogni gruppo. Il dato raster ottenuto così dal classificatore è stato successivamente generalizzato applicando l'algoritmo Class Include con classe minima di 9 pixel e ricerca sugli 8 pixel intorno. A questo punto è stata utilizzata una maschera per mantenere solo le aree potenzialmente frutticole basata sull'uso del suolo 1994 (Regione Emilia-Romagna), in particolare sulle classi frutticole (vite, frutteti e olivo). Dall'analisi sono stati classificati circa 107 ha a kiwi, localizzati nei fondovalle del Lamone e Marzeno.

ANNATA 2000

Il terzo periodo temporale considerato è coperto da una sola immagine del 06/07, che si presenta come data non ottimale, in quanto troppo anticipata. Infatti a luglio sono presenti anche le colture erbacee estive in piena crescita e a totale copertura, allo stesso tempo anche le altre colture frutticole sono nel pieno della fase vegetativa e quindi si possono generare maggiormente errori di assegnazioni al kiwi.

Le aree di controllo individuate sono state: kiwi, suolo nudo, vite ed olivo, drupacee, medica ed una classe generica di vegetazione fotosinteticamente attiva. Calcolate le probabilità di appartenenza di un pixel ad una determinata classe, sono state definite le soglie ottimali di assegnazione ad ogni gruppo. Per creare la maschera per mantenere solo le aree potenzialmente frutticole è stato utilizzato l'uso del suolo 2003 (Regione Emilia-Romagna): classi frutticole (vite,

frutteti e olivo). La classificazione così prodotta ha individuato circa 287 ha investiti a kiwi.

ANNATA 2003

Il quarto periodo considerato è coperto da due date: 21/02 e 17/09. Le immagini sono state processate con algoritmo Pansharp per portare la risoluzione geometrica da 30 m a 15 m, sfruttando la banda pancromatica del sensore ETM+.

La coppia di immagini si presenta ottimale in quanto il kiwi a febbraio si presenta come suolo nudo non inerbito, mentre a settembre ha ancora un'ottima copertura e non sono in campo colture erbacee in piena vegetazione, ad esclusione di possibili appezzamenti di medica.

Le verità a terra sono state individuate con due rilievi compiuti nel 2004 il 27/05 e 08/06, durante la realizzazione di un progetto con l'Autorità dei Bacini Romagnoli, che ha portato ad una prima stima delle superfici a kiwi e dei bacini irrigui presenti a quell'anno. Le aree così individuate sono state suddivise nelle seguenti classi: kiwi, prati, vite ed olivo di collina, vite ed olivo di pianura, drupacee a spalliera, drupacee a volume, suolo nudo con stoppie e suolo nudo arato. Per la classificazione sono stati ripresi i dati elaborati a suo tempo, ma applicando nuove maschere, sia di confini che di eliminazione delle aree non agricole. Calcolate le probabilità di appartenenza di un pixel ad una determinata classe, sono state definite, tramite vari tentativi, le soglie ottimali di assegnazione ad ogni gruppo. Il dato raster così ottenuto dal classificatore è stato successivamente generalizzato applicando l'algoritmo Class Include con classe minima di 9 pixel e ricerca sugli 8 pixel intorno. La maschera utilizzata per mantenere solo le aree frutticole è stata basata sull'uso del suolo 2003 (Regione Emilia-Romagna), in particolare sulle classi frutticole (vite, frutteti e olivo). Questo dato non era ancora disponibile al tempo della convenzione con l'Autorità di Bacino.

Le classi non frutticole che rimangono nella classificazione sono dovute alla non separabilità delle coperture a causa delle firme spettrali simili, ad esempio: suolo nudo e nuovi impianti o impianti radi, prati e frutteti ampi molto inerbiti o altre situazioni similari. Indicativamente si potrebbe assumere che le classi a suolo nudo arato o con stoppie contengono una quota di vigneti, oliveti e di nuovi impianti di frutteti, mentre la classe prati può includere drupacee a volume o lembi di aree forestali. Altro aspetto da considerare è che il vettoriale dell'uso del suolo include talvolta dentro poligoni frutticoli anche aree a seminativo di estensione minore dell'unità minima mappabile di 1.56 ha. Una ultima fonte di possibile errore è anche legata al possibile riempimento con la scena del 2002. Indicativamente questi problemi non sembrano riguardare direttamente l'actinidia, ma più i vigneti, sia per le loro caratteristiche spettrali che per la maggior diffusione sul territorio. La classificazione così ottenuta ha restituito così 541 ha a kiwi.

ANNATA 2006

Il quinto periodo considerato è coperto da due date: 21/08 e 12/10. Le date si presentano abbastanza buone in quanto si registra poca interferenza tra classi erbacee e frutticole, grazie alla tardività nella perdita delle foglie da parte del kiwi.

Le verità a terra sono state basate sui rilievi compiuti nel 2004 per il precedente progetto sopra citato, integrati con fotointerpretazione grazie alla maggiore risoluzione delle immagini Spot 5.

Le classi inserite a supporto del classificatore sono state: kiwi, frutteti generici, vite, olivo, prati, erbacee estive, erbacee autunno vernine e frutteti convertiti in seminativi. Ognuna di queste classi è stata suddivisa in sottoclassi cercando di descrivere le varie tipologie di copertura per avere il minimo di sovrapposizioni. Calcolate le probabilità di appartenenza di un pixel ad una determinata classe, sono state definite le soglie ottimali di assegnazione ad ogni gruppo. Il dato raster ottenuto dal classificatore è stato successivamente generalizzato applicando prima l'algoritmo Majority con kernel 3x3 e poi l'algoritmo Class Include con classe minima di 10 pixel e ricerca sugli 8 pixel intorno. La classificazione così ottenuta è stata successivamente generalizzata tramite l'applicazione di un albero decisionale per raggruppare le classi nei macro gruppi sopra descritti. La maschera utilizzata per mantenere solo le aree agricole è stata basata sull'uso del suolo 2003 (Regione Emilia-Romagna), in particolare sulla classe agricola generica, in modo da rilevare le variazioni dell'uso del suolo agrario. La classificazione ha restituito circa 587 ha a kiwi.

I dati classificati sono stati successivamente vettorializzati e generalizzati mantenendo una superficie minima di 1 ha per l'importazione dentro il modello di bilancio idrico Criteria ai fini dei calcoli modellistici. Questa operazione ha determinato una contrazione delle superfici individuate a causa delle operazioni Gis.

ANNATA 2008

Il sesto periodo considerato è coperto da due date: 30/03 e 21/08. Le date delle acquisizioni sono abbastanza buone, pur

essendo l'immagine di agosto anticipata rispetto alla fine stagione. Questo implica una possibile sovrapposizione tra kiwi e altre classi frutticole a forte riflettanza nell'infrarosso vicino.

Le verità a terra sono state individuate tramite due rilievi compiuti il 28/10 e 04/11 del 2008.

Ai fini della classificazione sono state utilizzate le seguenti classi: erbacee estive, olivo, frutteti, prati (inclusa medica), vite, erbacee autunnali, kiwi. Le varie classi sono state anche in questo caso suddivise in sottoclassi in modo da comprendere le possibili variazioni tra i vari gruppi e limitare così false classificazioni. Calcolate le probabilità di appartenenza di un pixel ad una determinata classe, sono state definite, tramite vari tentativi, le soglie ottimali di assegnazione ad ogni gruppo.

Successivamente è stato applicato un albero decisionale per aggregare le sottoclassi classificate. Visto che durante l'analisi sulla probabilità di appartenenza di un pixel a certe classi (pesco allevato a spalliera, prati in vegetazione in entrambe le date e vite) permanevano false classificazioni evidenti, si è optato per generare delle classi miste.

Nel caso del pesco a spalliera sono state individuate le seguenti classi:

- pendenze minori di 2° assegnate a pesco,
- pendenze tra 2° e 12° assegnate a vite,
- pendenze maggiori di 12° assegnate a erbacee generiche.

Nel caso dei prati in vegetazione su entrambe le date sono state individuate le seguenti classi:

- pendenze minori di 10° e quote inferiori di 150 mslm assegnate alla classe mista frutteti, vite e prati radi,
- Altri casi assegnati a prati.

Nel caso della vite sono state individuate le seguenti classi:

- pendenze minori di 12° assegnate a vite,
- pendenze maggiori di 12 gradi assegnate ad erbacee generiche.

I dati orografici sono stati calcolati tramite l'ausilio del Dem Srtm v3 [1], ricampionato da 90 m a 30 m di risoluzione geometrica tramite cubic convolution.

Il dato raster così strutturato è stato successivamente generalizzato applicando l'algoritmo Class Include con classe minima di 4 pixel e ricerca sugli 8 pixel intorno. La maschera utilizzata per mantenere solo le potenziali aree agricole è stata basata sull'uso del suolo 2003 (Regione Emilia-Romagna), in particolare sulla classe agricolo generico. La classificazione ha restituito circa 663 ha a kiwi (immagine 3).

I dati classificati sono stati successivamente vettorializzati e generalizzati mantenendo una superficie minima di 1 ha per l'importazione dentro il modello di bilancio idrico Criteria per i calcoli modellistici. Questa operazione ha determinato una contrazione delle superfici individuate a causa delle operazioni Gis.

Nel 2008 la distribuzione del kiwi è concentrata nei comuni di Faenza, Brisighella e Tredozio (tabella 2), mentre a livello di bacino idrografico sono localizzati sul Lamone e Marzeno (tabella 3).

Nella tabella 4 si mostrano le classi individuate e le superfici delle classificazioni per tutta la serie. Nel grafico 1 si riporta l'evoluzione della superficie investita a kiwi durante gli anni considerati. I risultati sono riferiti ai dati raster, prima di eventuali vettorializzazione.

ANALISI DELLE TEMPERATURE AL SUOLO DA SATELLITE 2008

Viste le relazioni tra temperatura fogliare e dell'aria, stress idrico ed effetto climatizzante dell'irrigazione [2, 3 e 4], si è analizzato il dato termico da satellite con i tipi di copertura. Con la banda termica del 21/08/2008 (09:44 UTC), dopo la sua calibrazione da DN a °C, si è provveduto ad una classificazione dell'uso del suolo in base alle temperature al suolo registrate da satellite in modo da verificare l'ubicazione delle zone a minor temperatura superficiale apparente, legate presumibilmente all'irrigazione, ma anche alla forma di allevamento e alla struttura fogliare. La metodologia adottata è stata basata sulla sovrapposizione delle aree di controllo utilizzate per la classificazione del 2008 al fine di verificare le temperature medie per ogni classe. A questo punto è stato definito un intervallo compreso tra 20.5 e 23 °C e quote inferiori a 150 mslm su base Dem Srtm [1]. Nell'immagine 4 si mostrano i risultati di questa classificazione, in cui ben

risulta che le aree individuate sono localizzate lungo i fondovalle caratterizzati dalla presenza massiva di kiwi, vite e pesco, colture tutte irrigate.

Le temperature di confronto dalle stazioni meteo sono state calcolate tramite il software di interpolazione Praga [5], basandosi sul dato medio orario di temperatura dell'aria del 21/08/2008 h 10:00 UTC ed interpolato su Dem Srtm [1] ricampionato a 500 m di risoluzione geometrica. La temperatura delle stazioni meteo misura la temperatura dell'aria, mentre il dato da satellite quella della copertura, quindi le due misure sono in parte differenti. Anche la fisiologia delle piante e la forma di allevamento possono determinare variazioni nelle temperature tra coltura e coltura. Si aggiunge che il dato da satellite è acquisito a 120 m di risoluzione geometrica e successivamente distribuito ricampionato a 30 m per mantenere la coerenza con le altre bande nel visibile e infrarosso. Il grafico 2 mostra i dati medi di temperatura oraria rispetto alle aree di controllo ed i dati di temperatura a suolo misurati da satellite.

Analizzando il kiwi, le differenze di temperatura riscontrate tra i due metodi (Praga 28.5 °C e satellite 22 °C) sono imputabili a vari fattori, tra cui: tecnica e precisione della misura, interpolazioni e ricampionamenti, microclima del frutteto ed irrigazione. Comportamento simile è visibile anche per pesco, prugno, kaki e vite. La quota dell'irrigazione, difficilmente stimabile, porta ad un abbassamento delle temperature e questo aspetto è ben visibile in quanto tutte le colture potenzialmente irrigue presentano temperature inferiori a quelle interpolate. Prendendo invece come esempio l'olivo aperto non irriguo si nota che non ci sono differenze (26.5 °C in entrambi i metodi), mentre l'olivo allevato più denso presenta una differenza leggermente maggiore (28 °C da Praga e 26 °C da satellite). Anche le erbacee estive in vegetazione presentano una differenza abbastanza marcata (28.5 °C da Praga e 23.5 °C da satellite). Si può supporre che pesco e vite non fossero irrigati, perché o già raccolti o prossimi alla raccolta, mentre il kiwi a quella data invece era sicuramente ancora irrigato.

Una ulteriore differenza sulle temperature interpolate e da satellite è imputabile al fatto che l'interpolazione dei dati meteo non tiene conto della radiazione, legata all'esposizione dei versanti. L'interpolazione delle temperature avviene infatti considerando l'orografia. Dai dati satellitari risulta invece evidente come i versanti di collina esposti a SE siano più caldi di quelli esposti a NO, cosa che invece non risulta nei dati interpolati. Questo aspetto ha comunque influenza minore poiché le colture considerate sono localizzate nei fondovalle. Si aggiunge anche che la procedura necessiterebbe di ulteriori approfondimenti per valutare appropriatamente il valore di emissività delle piante.

ELABORAZIONI ESEGUITE PER L'INDIVIDUAZIONE DEI BACINI ARTIFICIALI IRRIGUI

Al fine dell'individuazione dei bacini artificiali irrigui sull'arco temporale analizzato sono stati integrati i dati da satellite a varie risoluzioni con immagini aeree e da satellite sub metriche, ottenendo una serie temporale così composta: 1985, 1993, 1996, 2000, 2002, 2003, 2006 e 2008. In tabella 5 si riporta la fonte di dati utilizzata.

L'individuazione si è basata sulla fotointerpretazione a video di tutto il data set. Per ogni laghetto individuato si è potuto ricostruire la storia dalla sua creazione, dell'evoluzione della forma e si sono stimati i volumi immagazzinati assumendo la forma teorica a tronco di cono con le seguenti caratteristiche:

1. in caso di raggio della superficie $R_{max} < 3$ m: pendenza 1:1¹ (PS =1) e profondità = 2 m;
2. in caso di raggio della superficie $3 m < R_{max} < 10$ m: pendenza 1:1 (PS = 1) e profondità = 3 m;
3. in caso di raggio della superficie $10 m < R_{max} < 20$ m: pendenza 1:1 (PS = 1) e profondità = 4 m;
4. in caso di raggio della superficie $R_{max} > 20$ m: pendenza 2:1² (PS =2) e profondità = 8 m;

Molti invasi medio-grandi presentano profondità medie utili di 10-12 m, con punte di 14 m. Per la stima dei volumi dei bacini a raggio maggiore di 20 m si sono utilizzate informazioni provenienti dai tecnici del Consorzio di Bonifica della Romagna Occidentale (referente dott. Geol. G. Minardi), incaricati della progettazione. Nell'immagine 5 si mostra un esempio di progettazione. La suddivisione sopra riportata si è resa necessaria per evitare che i laghetti più piccoli presentassero raggi minori maggiori di quelli in superficie o forme a cono o pendenze eccessive.

Nel complesso sono stati individuati 468 laghetti al 2008, di cui 16 nell'Acerreta, 6 nell'Ibola, 181 nel Lamone, 250 nel Marzeno, 9 nel Tramazzo e 6 nella parte toscana del territorio. Il volume complessivamente stimato è di circa 7 milioni di mc.

1 1 m di lunghezza per 1 m di profondità.

2 2 m di lunghezza per 1 m di profondità.

I risultati mostrano un costante incremento delle superfici investite a laghetti irrigui, soprattutto nelle valli del Lamone e Marzeno che sono quelle più interessate dalla presenza dei frutteti irrigui. Nella tabella 6 si riportano i volumi stimati sull'area complessiva, mentre nella tabella 7 il dettaglio per bacini idrografici. Nella tabella 8 si riporta la distribuzione dei laghetti per bacino idrografico e comune di riferimento, dai dati risulta che il 56% dei bacini irrigui è localizzato nel comune di Brisighella con una capacità di invaso del 43% del totale (circa 3 milioni di mc), seguito da Faenza con il 25% dei laghetti ed un 36% del volume d'invaso totale (circa 2.5 milioni mc) e da Modigliana con il 16% dei laghetti e 17% della capacità d'invaso (circa 1.2 milioni di mc), seguono poi gli altri comuni (Castrocaro, Dovadola, Tredozio e Marradi) con un apporto complessivo del 4% sul totale dei laghetti e del 3% (185000 mc) della capacità d'invaso (tabella 9). Nel comune di Faenza sono poi localizzati i bacini a più alta capacità d'invaso media (tabella 10).

Nel grafico 3 si mostra l'andamento complessivo dei volumi, mentre nel grafico 4 l'evoluzione dei volumi a livello di bacini idrografici.

A causa della bassa risoluzione delle immagini Landsat i bacini individuati possono presentare una sottostima se la fotointerpretazione non è stata assistita da foto ad alta definizione. Questo aspetto può essere rilevante soprattutto nelle immagini del 1985 e 1993 in quanto, in tali date, le superfici occupate dai singoli bacini erano dell'ordine della risoluzione geometrica del sensore del satellite. Solo negli ultimi anni, grazie ad una accorta pianificazione territoriale da parte delle autorità competenti, le dimensioni medie sono aumentate.

Nell'immagine 6 si mostrano due estratti (1985 e 2008) dell'area a sud di Faenza (zona a maggior concentrazione dei laghetti) in cui è ben visibile l'espansione registrata.

CONCLUSIONI

L'analisi dei dati telerilevati da satellite storici e attuali ha permesso di tracciare l'evoluzione della copertura a kiwi sull'area in tempi brevi e con buona precisione. Imprecisioni nelle classificazioni sono dovute alla variabilità delle date inter-annuali e le differenti risoluzioni geometriche e spettrali che hanno impedito la possibilità di applicare stessi criteri di classificazione alla serie temporale. Questi errori determinano difficoltà per eventuali confronti di change detection tra due date, soprattutto se ravvicinate. In questi casi, più corretto appare il solo confronto tra le superfici aggregate. A questi errori tra anni si aggiungono quelli dovuti alle coperture non separabili a causa di firme spettrali similari.

Durante gli anni considerati si è assistito ad un costante incremento della diffusione della coltura che è passata da pochi ettari nel 1985 a circa 663 ha nel 2008. Al 2008 i comuni di Faenza, Brisighella e Modigliana presentano la maggior copertura a kiwi. Il maggior incremento è stato registrato tra il 2000 ed il 2003, periodo in cui le superfici sono raddoppiate. Si sottolinea che il 2000 è stato anche l'anno che presentava le date meno ottimali per l'analisi da satellite, quindi potrebbero essere presenti delle sottostime.

L'analisi delle temperatura da satellite ha messo in risalto le relazioni, con le dovute precauzioni, tra gli effetti dell'irrigazione, la fisiologia delle piante e la temperatura dell'aria. Ulteriori approfondimenti dovrebbero essere svolti anche sul piano della valutazione dell'emissività delle piante.

L'aggiornamento dei bacini artificiali irrigui attraverso immagini telerilevate ad alta ed altissima risoluzione ha permesso di tracciare lo sviluppo di questi importanti manufatti per una migliore gestione dell'acqua a tutela dei deflussi minimi vitali della rete idrografica locale. Durante gli anni, l'aumento dei laghetti si è presentato pressoché costante. Il progetto ha realizzato l'aggiornamento dei bacini al 2008, individuando sia le superfici che stimando i volumi immagazzinati. Nell'area, Brisighella e Faenza presentano i maggiori stoccaggi.

BIBLIOGRAFIA

[1] Void-filled seamless SRTM data V2, 2006, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database: <http://srtm.csi.cgiar.org>;

[2] Hatfield J. L., 1983, The utilization of thermal infrared radiation measurements from grain sorghum crops as a method of assessing their irrigation requirements, *Irrigation Science* Vol. 3, Numb. 4:259-268.

[3] Wierenga P. J. , Hagan R. M., Gregory E. J., 1971, *Effects of Irrigation Water Temperature on Soil Temperature*, *Agron J* 63:33-36.

[4] Zipoli, G., 1990, *Remote sensing for scheduling irrigation: review of thermal infrared approach*, *Acta Hort.* (ISHS) 278:281-288, http://www.actahort.org/books/278/278_27.htm.

[5] Antolini G., Tomei F., 2006, *Praga - Programma di Analisi e Gestione dati Agrometeorologici*. Atti del convegno AIAM “Agrometeorologia e gestione delle colture agrarie”, Torino 6-8 giugno 2006.

Tabelle

<i>Satellite e sensore</i>	<i>I data</i>	<i>II data</i>	<i>Risoluzione (m)</i>
Landsat 5 TM	--	23/09/1985	30
Landsat 5 TM	--	12/08/1993	30
Landsat 7 ETM+	--	06/07/2000	25
Landsat 7 ETM+	21/02/2003	17/09/2003	15
Spot 5 Hrg-2	21/08/2006	12/10/2006	10
Landsat 5 TM	30/03/2008	21/08/2008	30

Tabella 1. Serie temporale delle immagini satellitari utilizzate per l'individuazione del kiwi

<i>COMUNI</i>	<i>Area km²</i>	<i>total_pix</i>	<i>HA</i>	<i>%</i>
FAENZA	59.03	3153	284	4.81%
BRISIGHELLA	193.88	2443	220	1.13%
MODIGLIANA	101.44	1584	143	1.41%
DOVADOLA	37.3	30	3	0.07%
TREDOZIO	62.41	155	14	0.22%

Tabella 2. Distribuzione del kiwi al 2008 a livello di comune

<i>BACINO</i>	<i>Area km²</i>	<i>total_pix</i>	<i>HA</i>	<i>%</i>
Ibola	15.22	231	21	1.37%
Tramazzo	55.2	383	34	0.62%
Lamone	132.83	2489	224	1.69%
Marzeno	102.9	4191	377	3.67%
Acerreta	20.31	74	7	0.33%

Tabella 3. Distribuzione del kiwi al 2008 a livello di bacino idrografico

ANNO	CLASSI								
	1985	1KIWI	2Prati	3VITE-OLI	4VITE-OLI	5DRUP-ALT	6DRUP-APE	7SEM	8SEM-STOP
	pix	49	2,800	34,640	2,164	6,737	24,728	5,249	338
	ha	4	252	3,118	195	606	2,226	472	30
	1993	1kiwi	2veg1	3veg2	4sn				
	pix	1,186	1,717	36,426	35,415				
	ha	107	155	3,278	3,187				
	2000	1kiwi	2sn	3veg1_vo	4veg2-drup	5veg3_pm			
	pix	4,588	22,677	55,250	20,904	137			
	ha	287	1,417	3,453	1,307	9			
	2003	1nD_K	2nD_p	3nD_v-o-coll	4nD_v-o	5nD_dd	6nD_da	7nD_sa	8nD_ss
	pix	24,054	12,191	70,171	53,423	10,071	72,835	23,115	8,841
	ha	541	274	1,579	1,202	227	1,639	520	199
	2006	1-K	2-F	3-V	4-O	5-F2S	6-EP	7-EE	8-EA
	pix	58,669	409,946	311,094	19,951	0	133,012	214,866	283,935
	ha	587	4,099	3,111	200	0	1,330	2,149	2,839
	2008	1EE	2Olivio	3F	4EP	5Vite	6EA	7Kiwi	8E 9FVPradi
	pix	50,381	808	19,554	42,116	19,672	10,001	7,365	11,834 6,185
	ha	4,534	73	1,760	3,790	1,770	900	663	1,065 557

Tabella 4. Risultati delle classificazioni

ANNO	DATI	RISOLUZIONE (m)
1985	Landsat TM	30
1993	Landsat TM	30
1996	Ortofoto B/N	1
2000	Ortofoto B/N + Landsat ETM+	1 + 25
2002	Ortofoto B/N	1 + 25
2003	Quickbird PAN +Landsat ETM+	0.8 + 15
2006	Spot 5 HRG2	10
2008	Ortofoto MS + Landsat TM	0.5 + 30

Tabella 5. Serie temporale utilizzata per la fotointerpretazione dei bacini artificiali irrigui

	VOLUME_MC	TOTALE LAGHETTI
1985	211,854	16
1993	2,010,212	98
1996	2,986,879	231
2000	3,715,790	284
2002	4,201,102	318
2003	4,555,509	348
2006	5,833,223	376
2008	6,826,237	468

Tabella 6. Evoluzione dei volumi stimati dei laghetti sull'area di studio

V2	1985	1993	1996	2000	2002	2003	2006	2008
Acerreta								
Totale laghetti	0	2	8	8	9	11	12	16
VOLUME_MC	0	12,463	29,866	30,062	37,569	37,922	45,990	60,588
Ibola								
Totale laghetti	0	0	4	4	4	4	4	6
VOLUME_MC	0	0	53,646	53,646	53,646	53,646	53,646	176,702
Lamone								
Totale laghetti	6	23	77	98	117	132	138	181
VOLUME_MC	72,994	484,328	833,855	976,713	1,193,496	1,268,810	1,674,280	1,960,639
Marzeno								
Totale laghetti	10	70	136	166	179	192	212	250
VOLUME_MC	138,860	1,393,981	1,917,295	2,458,863	2,689,257	2,967,997	3,785,797	4,363,088
Tramazzo								
Totale laghetti	0	1	3	4	5	5	6	9
VOLUME_MC	0	17,345	48,739	78,146	108,773	108,773	155,149	144,214
Parte toscana								
Totale laghetti	0	2	3	4	4	4	4	6
VOLUME_MC	0	102,095	103,479	118,361	118,361	118,361	118,361	121,006

Tabella 7. Evoluzione dei volumi stimati dei laghetti per bacini idrografici

Bacino	Comune	Dati	
Acerreta	Modigliana	Somma - a2008	16
		Somma - V2	60,588.4
Ibola	Modigliana	Somma - a2008	6
		Somma - V2	176,702.2
Lamone	Brisighella	Somma - a2008	125
		Somma - V2	977,891.6
	Faenza	Somma - a2008	46
		Somma - V2	894,774.0
	Modigliana	Somma - a2008	10
		Somma - V2	87,973.0
Marzeno	Brisighella	Somma - a2008	135
		Somma - V2	1,964,518.6
	Castrocaro	Somma - a2008	7
		Somma - V2	46,408.3
	Dovadola	Somma - a2008	3
		Somma - V2	6,319.0
	Faenza	Somma - a2008	70
		Somma - V2	1,604,979.0
Modigliana	Somma - a2008	35	
	Somma - V2	740,863.0	
Parte tos*	Marradi	Somma - a2008	6
		Somma - V2	121,005.8
Tramazzo	Modigliana	Somma - a2008	7
		Somma - V2	132,692.8
	Tredozio	Somma - a2008	2
		Somma - V2	11,521.2
Totale Somma - a2008			468
Totale Somma - V2			6826236.86

Tabella 8. Dettaglio della distribuzione (somma laghetti presenti e volumi) dei laghetti al 2008, suddiviso per bacino idrografico e comune di appartenenza

	%	valore
Brisighella		
laghetti	55.56%	260
volume	43.10%	2,942,410
Faenza		
laghetti	24.79%	116
volume	36.62%	2,499,753
Modigliana		
laghetti	15.81%	74
volume	17.56%	1,198,819
Castrocaro		
laghetti	1.50%	7
volume	0.68%	46,408
Dovadola		
laghetti	0.64%	3
volume	0.09%	6,319
Tredozio		
laghetti	0.43%	2
volume	0.17%	11,521
Marradi		
laghetti	1.28%	6
volume	1.77%	121,006

Tabella 9. Dettaglio della distribuzione (somma laghetti presenti e volumi) dei laghetti al 2008, suddiviso per comune di appartenenza

Comune	
Brisighella	11,317.0
Castrocaro	6,629.8
Dovadola	2,106.3
Faenza	21,549.6
Marradi	20,167.6
Modigliana	16,200.3
Tredozio	5,760.6
Totale Risultato	14,586.0

Tabella 10. Dettaglio della distribuzione (media volume) dei laghetti al 2008, suddiviso comune di appartenenza

Grafici

Evoluzione del kiwi nelle valli del Lamone e Marzeno sul territorio romagnolo

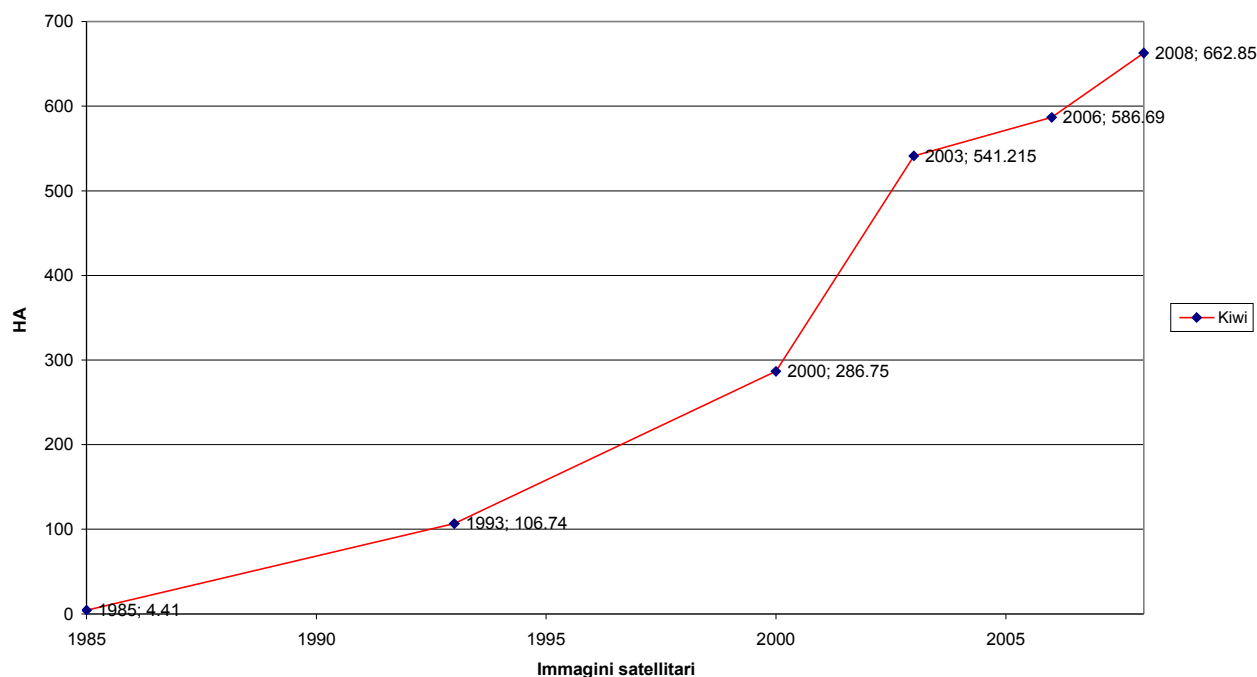


Grafico 1. Andamento delle superfici a kiwi individuate da satellite

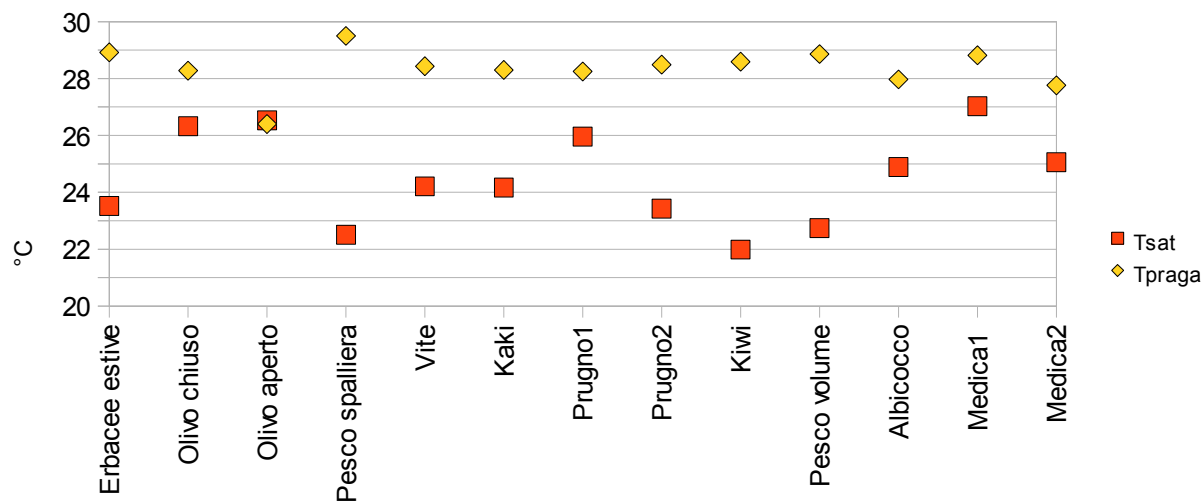


Grafico 2. Temperature da dati meteo e da satellite sulle aree di controllo a vegetazione in agosto (note: prugno1/medica1=bassa risposta spettrale nel NIR, prugno2/medica2= alta risposta spettrale nel NIR)

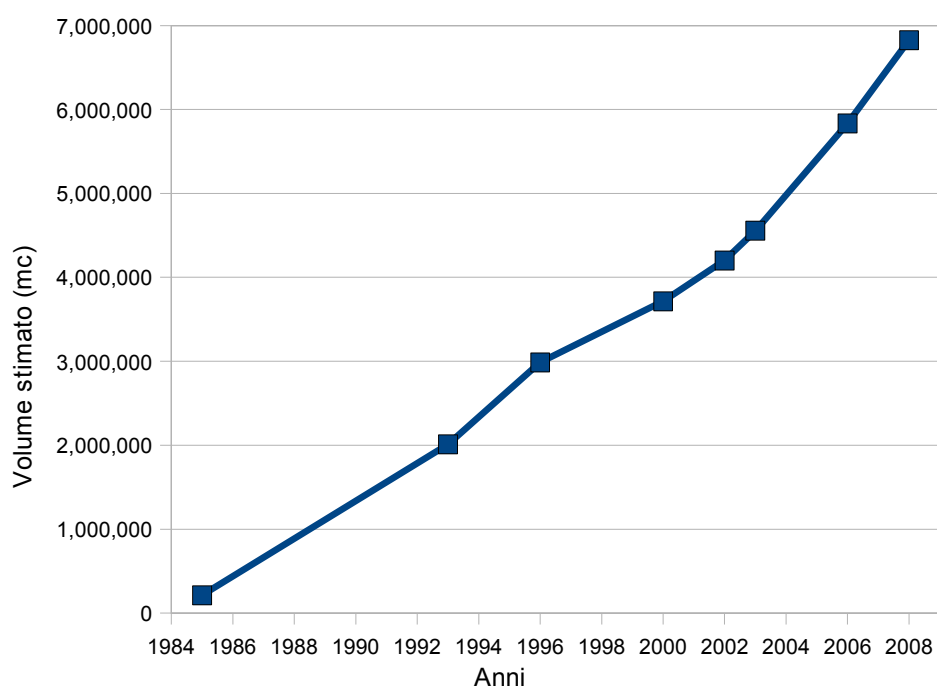


Grafico 3. Volumi stimati dei bacini irrigui sull'area

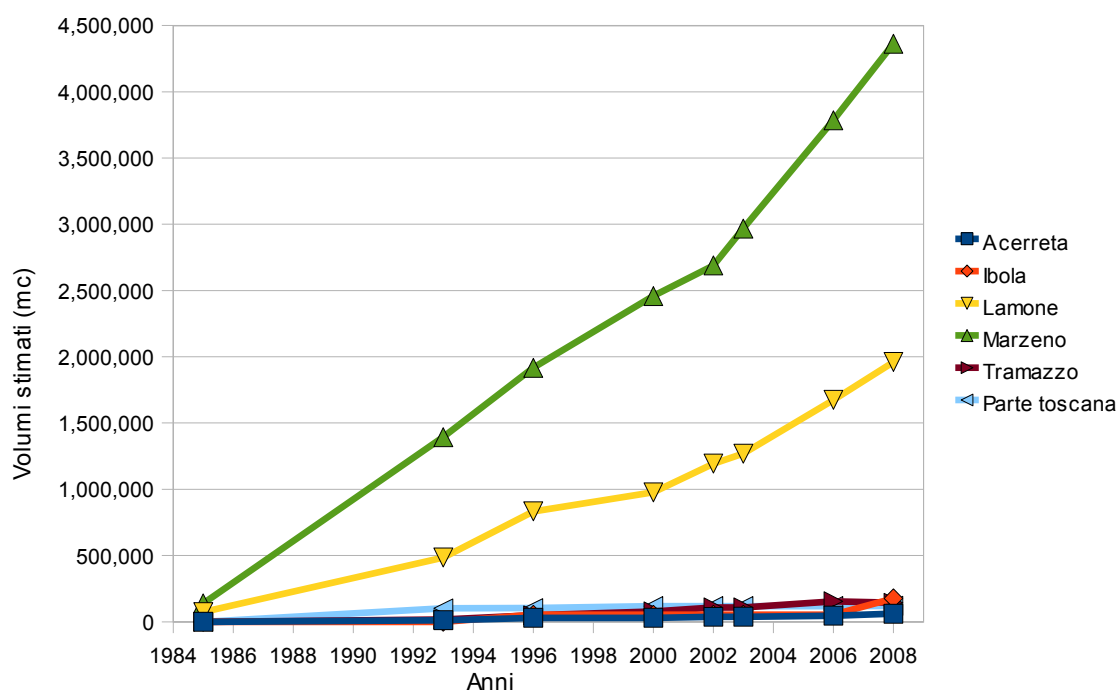


Grafico 4. Volumi stimati dei bacini irrigui sui bacini idrografici

Immagini

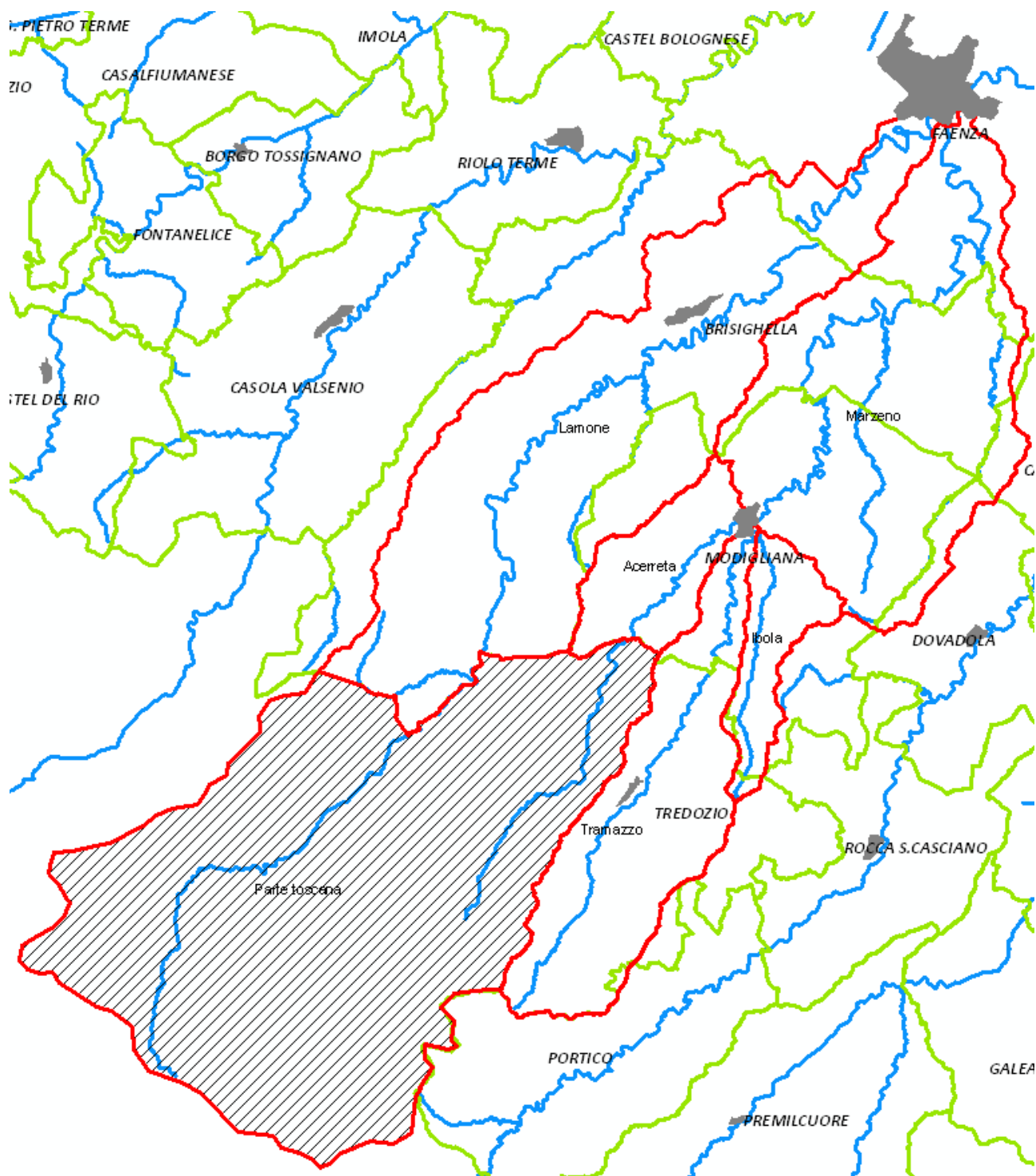


Immagine 1. Area di studio (la parte toscana a chiusura del bacino non è stata analizzata)

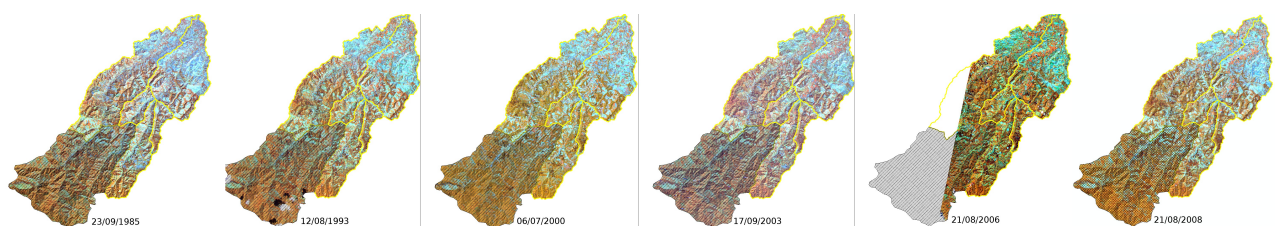


Immagine 2. Serie temporale con le immagini principali

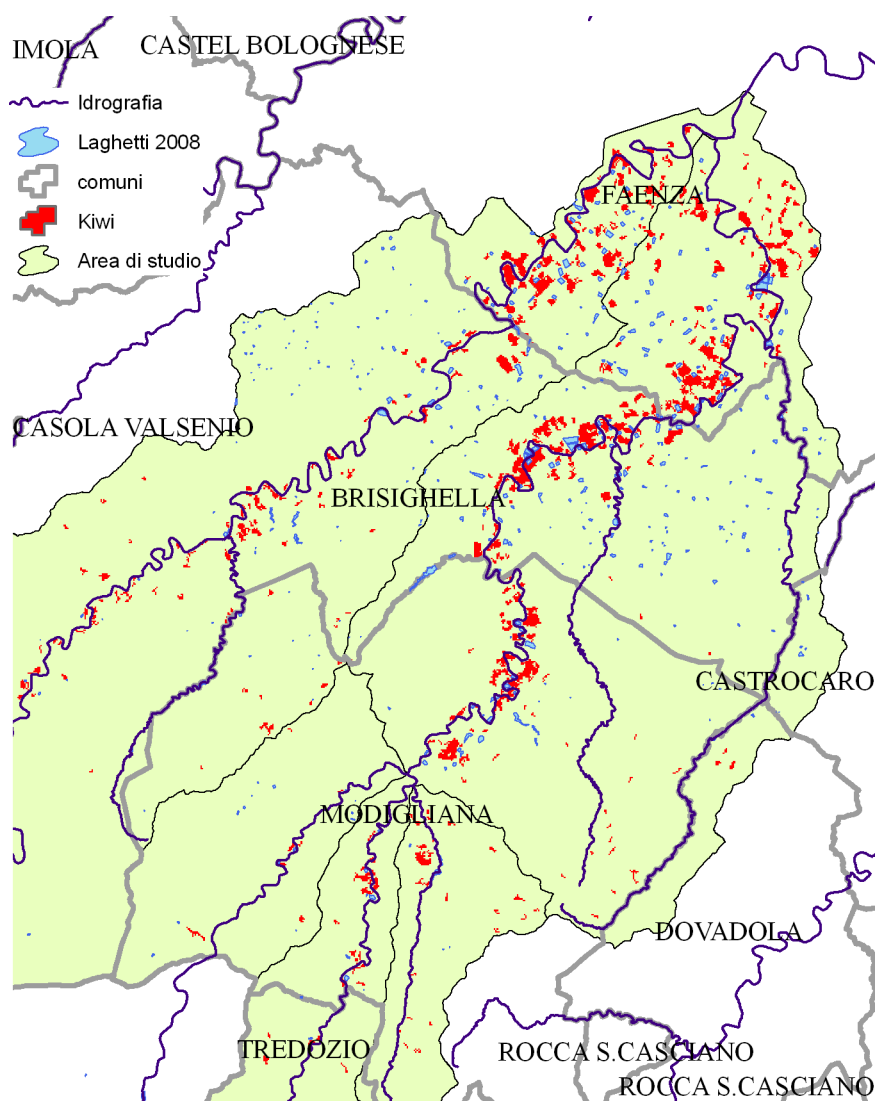


Immagine 3. Classificazione del kiwi al 2008

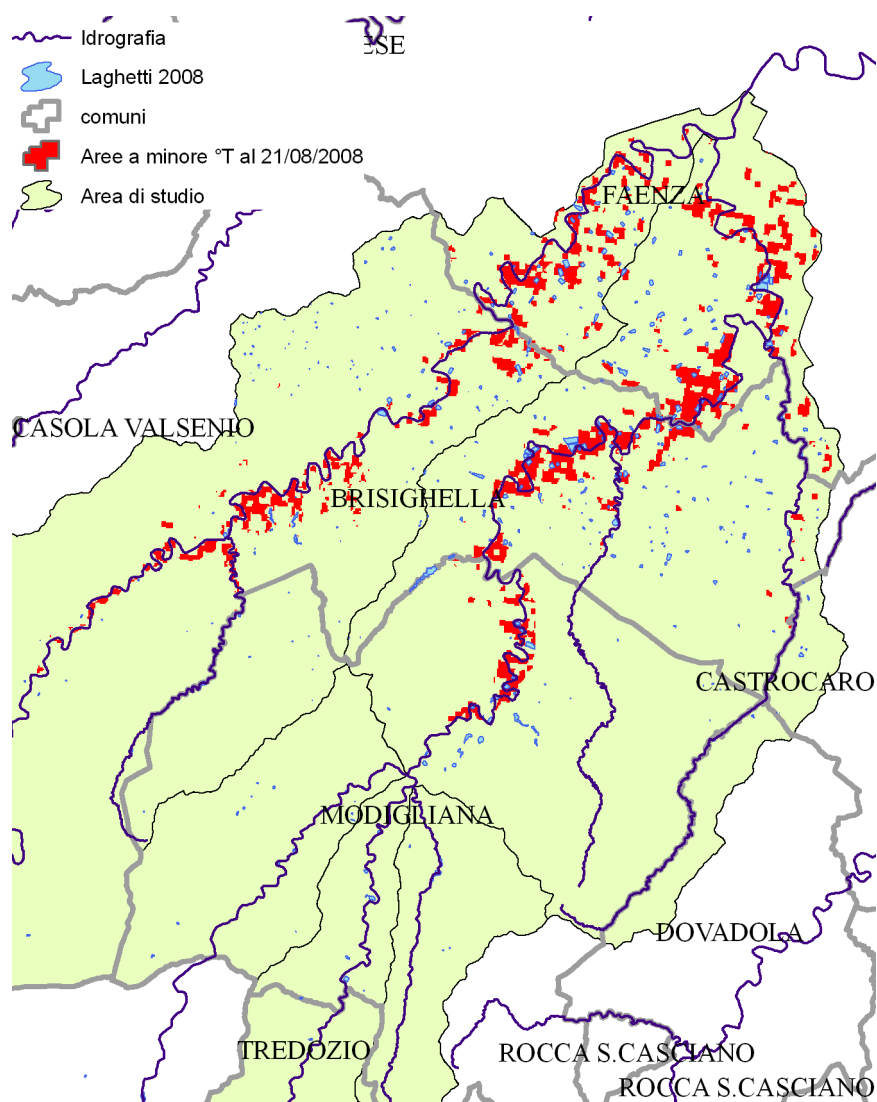


Immagine 4. Classificazione delle aree a minor temperatura (20.5-23 °C) localizzate a quote inferiori a 150 mslm

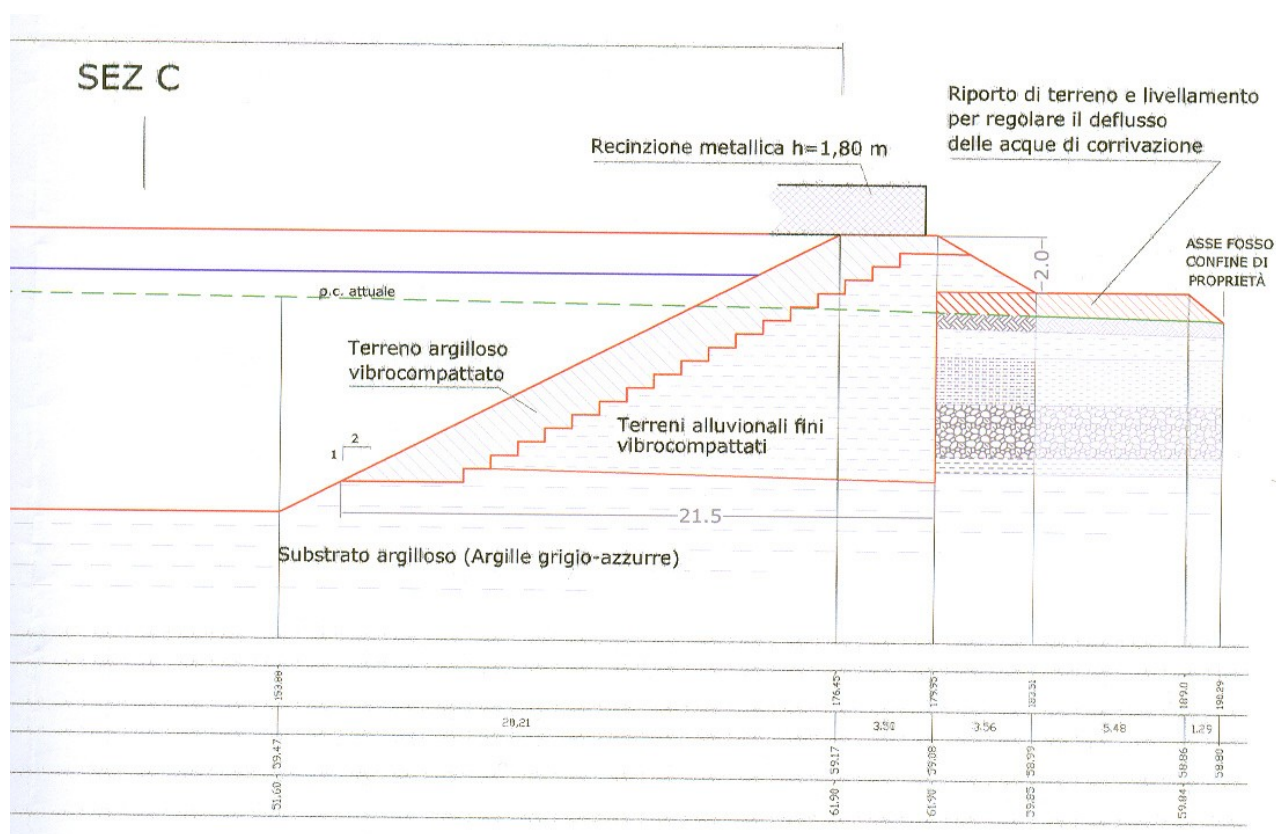


Immagine 5. Esempio di progetto con sezione del bacini irriguo

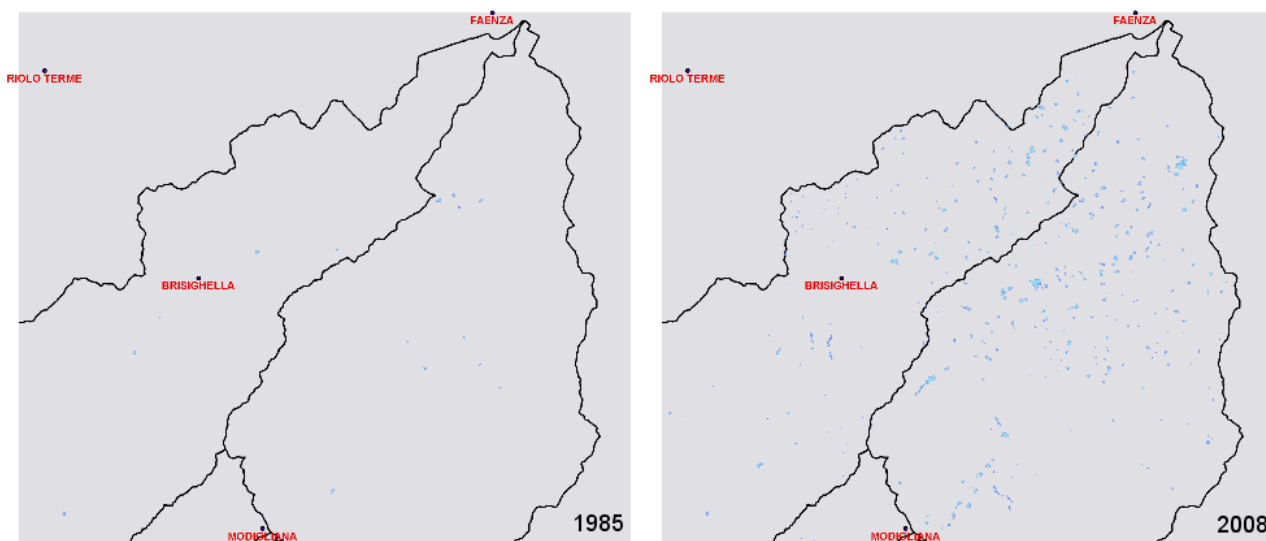


Immagine 6. Evoluzione dei bacini irrigui del 1985 e 2008 (area sud di Faenza)