

# SUBSIDENZA E INNALZAMENTO DEL MARE NEL FERRARESE

IL CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA HA DEDICATO PARTICOLARE CURA ALLE TECNOLOGIE DI RILEVAMENTO TOPOGRAFICO. I FENOMENI DELLA SUBSIDENZA (SEPPURE IN RALLENTAMENTO) E DELL'INNALZAMENTO DEL LIVELLO MARINO COMPORTANO UN MAGGIORE UTILIZZO DI ENERGIA PER GLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO.

L'estensione totale del Consorzio di bonifica Pianura di Ferrara è di 256.733 ha, tutti in pianura; di questi, oltre 130.000 ha, sono situati a quota inferiore al livello del mare (v. aree in azzurro in figura 1); le pendenze sono ovunque assai ridotte, spesso inferiori allo 0,5 per mille. La superficie valliva è di 14.145 ha (circa il 5,5% dell'area complessiva del comprensorio). L'urbanizzazione costituisce solo il 3% dell'area comprensoriale, con un valore di circa 7.400 ha.

La situazione in cui si opera è certamente speciale, in quanto quasi la metà del territorio è al di sotto del livello medio del mare (44%) e le aree a quota più bassa sono tuttora in condizioni di abbassamento per subsidenza (circa 4 mm all'anno). È evidente che in queste condizioni la conoscenza dell'assetto altimetrico del territorio riveste un notevole interesse. Perciò il Consorzio ha dedicato particolare cura alle tecnologie di rilevamento topografico, dedicando a queste attività un Settore specifico, composto da tecnici specializzati.

Il Consorzio di bonifica si avvale di Gps centimetrici, sonar su battello radiocomandato, e laser scanner montato su un fuoristrada dotato di palo telescopico. La Regione Emilia-Romagna ha fornito numerose utili banche dati, fra le quali il Lidar (*Light detection and ranging*), dalla quale è ottenibile il Dtm (*Digital terrain model*). Le informazioni si concentrano infine nel Sistema informativo territoriale locale (SIT) Idroview, che di fatto è una struttura composta da un gruppo di computer-server in grado di gestire le principali informazioni necessarie ai tecnici del Consorzio (es. canali, opere, concessioni ecc.).

La subsidenza nella pianura Padana orientale è anche un fatto naturale: per motivi geologici la pianura tende ad alzarsi a ovest e ad abbassarsi a est. Nel basso ferrarese, la subsidenza è stata

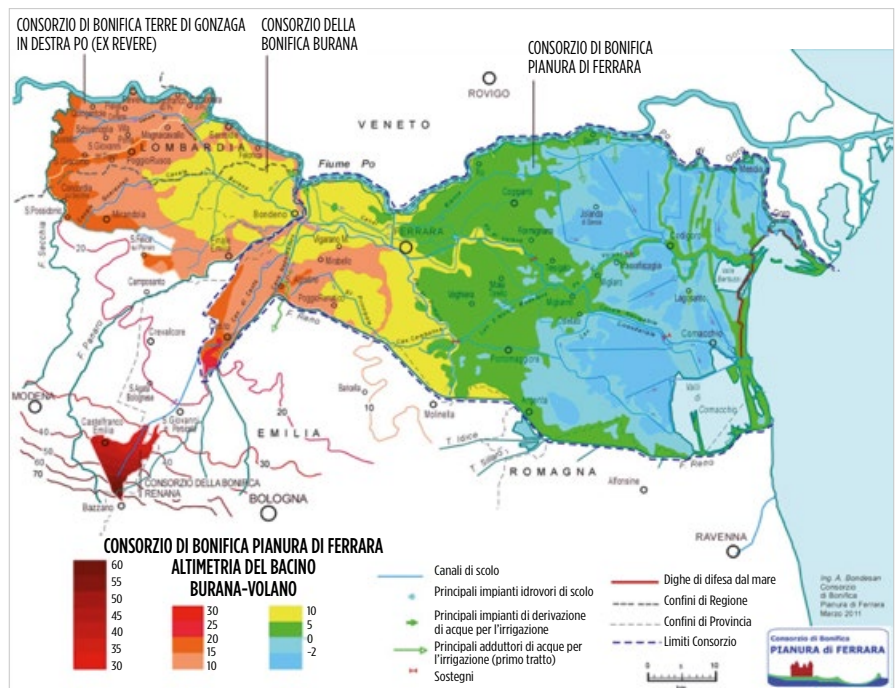
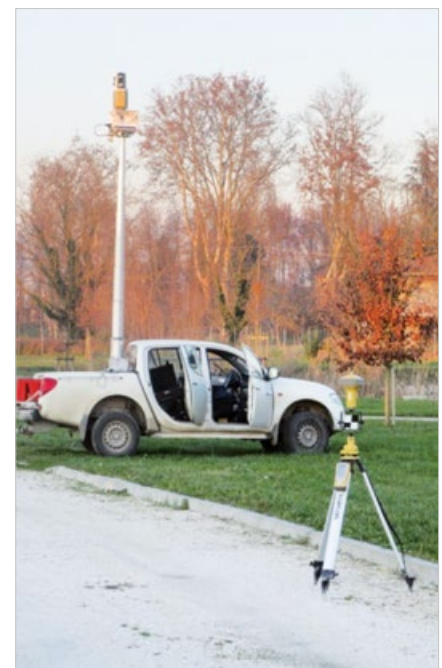


FIG. 1 CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA  
Altimetria del territorio del Consorzio di bonifica Pianura di Ferrara.



1

prevalentemente prodotta dalle attività di estrazione di metano iniziata nel 1930 e che ha avuto il suo apice negli anni Cinquanta. I dati di subsidenza negli anni successivi al 1950 indicavano almeno 30 cm di subsidenza annua. Una volta capita la ragione del fenomeno, si è deciso di sospendere le estrazioni; la sospensione purtroppo è avvenuta solo nel 1964. La



2

subsidenza non si è però completamente arrestata, ma si è assestata su valori di circa 8-10 mm annui, ossia superiori a quelli della componente naturale.

A questo fenomeno si è recentemente aggiunto il fenomeno dell'innalzamento eustatico del livello del mare, dovuto al riscaldamento del pianeta e all'apporto di enormi masse di acqua provenienti dalla fusione di parte dei ghiacciai continentali. Da dieci anni è in funzione un mareografo a Porto Garibaldi (FE) che, dall'inizio della sua attività, ha registrato una variazione del livello medio mare di +9,4 cm rispetto al Datum altimetrico nazionale "Genova1942".

Tale variazione è comprensiva sia dell'eustatismo che della subsidenza, ma di fatto il Consorzio deve sollevare le acque, per scaricarle in mare, di un dislivello pari alla somma dei due fenomeni.

Il fenomeno non manifesta alcuna tendenza a diminuire, al contrario, risulta in accelerazione, e ciò desta preoccupazione; la situazione climatica sta infatti accelerando la fusione di ulteriori porzioni dei ghiacciai continentali.

Tale perdita di quota relativa costituisce un aumento dell'impegno da parte dei consorzi di bonifica, perché dovrà essere progressivamente aumentata la prevalenza geodetica media di funzionamento degli impianti, con conseguente richiesta di maggiore energia per il loro funzionamento.

Nel seguito viene effettuato il calcolo dell'energia aggiuntiva annua se dovesse verificarsi per un ulteriore aumento di 10 cm del livello del mare.

Gli oneri annui in energia elettrica per le azioni di sollevamento per lo scolo delle acque dal territorio sono di quasi cinque milioni di euro, corrispondenti a una energia di  $54.541 \times 10^9$  J.

Questo valore, già molto alto, di energia, nel caso di un aumento di 0,1 m dell'altezza a cui portare l'acqua dovrebbe essere aumentato di una ulteriore quota pari a  $1.233 \times 10^9$  J.

Si tenga comunque presente che questo calcolo è basato su un presupposto ottimistico, ossia che la componente subsidenza giochi lo stesso ruolo che gioca a Porto Garibaldi (ove la subsidenza annua è di soli 3 mm). Del resto, quello fornito non rappresenta uno "scenario", ma solo il calcolo dell'incremento di energia elettrica che dovrebbe essere fornita agli impianti

idrovorori per aumentare la prevalenza (ove possibile) di 10 cm. Di maggiore entità sono gli oneri della riprogettazione e costruzione di quegli impianti idrovorori che finirebbero fuori *range* di funzionamento, perché strutturati e ottimizzati per funzionare su altezze di sollevamento inferiori.

Ogni impianto idrovoro ha un suo valore di prevalenza (altezza media di sollevamento delle acque); per rendere più efficace il calcolo è stata quindi computata la prevalenza media che avrebbe un ipotetico impianto idrovoro unico che sostituisse gli attuali 80 impianti idrovorori di scolo oggi in funzione, dando maggiore "peso" nel calcolo agli impianti idrovorori con maggiore potenza e tempo di funzionamento annuo. È stata così ottenuta la "prevalenza media ponderale" degli impianti del Consorzio di bonifica Pianura di Ferrara, pari a 4,42 m.

La situazione degli oneri di energia elettrica è quella illustrata nel *box*. Con riferimento di partenza alla situazione altimetrica del 2008, la cifra riportata è l'onere di energia elettrica che sarà necessario aggiungere per via delle modifiche al territorio apportate da eustatismo e subsidenza. In 10 anni, gli oneri aggiuntivi complessivi di energia elettrica sarebbero pari a circa 0,89 milioni di euro.

Purtroppo i modelli climatici prevedono aumenti di eustatismo ancora maggiori di quelli che si sono finora verificati, fornendo indicazioni superiori

(variazione del livello marino nell'anno 2100 pari a +0,97 m secondo il modello Ippc 2013 e +1,40 m secondo il modello Ramshorstorf 2007).

Un altro fattore di cui si dovrebbe tener conto, ma che in questa trattazione, per mantenerla di facile comprensione, non è stato considerato, è l'ostacolo al rendimento degli impianti idrovorori introdotto dalla nuova e superiore prevalenza idraulica alla quale queste saranno (e in parte già sono) costrette a funzionare. Fra gli impianti idrovorori oggi in funzione, sono frequenti i casi di impianti costruiti fra la fine del 1800 e i primi anni del 1900; questi già oggi devono funzionare con prevalenze idrauliche superiori di oltre un metro rispetto alla prevalenza per la quale erano stati progettati. Purtroppo la curva di rendimento di una pompa idrovorora trova un suo valore ottimale per una determinata prevalenza (quella di progetto). Se il funzionamento si attua a una prevalenza distante di un metro, il rendimento peggiora e i consumi in kWh aumentano sensibilmente. Dalla storia dell'evoluzione del territorio ferrarese, che tanto assomiglia ai *polder* olandesi, e dalle valutazioni riassunte in questa trattazione, risulta evidente come il monitoraggio delle quote dei terreni assuma un ruolo di primo piano nella difesa del territorio.

**Alessandro Bondesan**

Settore Sistema informativo geografico,  
Consorzio di bonifica Pianura di Ferrara

## CALCOLO DEGLI ONERI DI ENERGIA ELETTRICA

*Complessivo Enel per scolo e irrigazione* = 4,8 milioni di €

In proporzione, la parte di oneri per energia elettrica per l'attività di scolo è approssimativamente di 3,917 milioni di €. Il volume totale sollevato per scolo e irrigazione nell'anno 2017 è stato di 1.510 milioni di m<sup>3</sup>. Si può ricavare con una buona approssimazione il volume sollevato per scolo e irrigazione nel 2018 mediante una proporzione con i consumi in kWh degli anni 2017 e 2018:

$$\text{milioni di m}^3 \text{ scolo } 2018 = 1.510 \text{ [M m}^3\text{]} \times 24.878 \text{ kWh} / 24.386 \text{ kWh} = 1.540 \text{ milioni di m}^3$$

Per il solo scolo si ha: 1.540 milioni di m<sup>3</sup> x 81,6% = 1.257 milioni di m<sup>3</sup> pari a 1.257 x 10<sup>9</sup> kg di acqua sollevata nel 2018 per le azioni di scolo.

### Energie

$$E_0 = m \cdot g \cdot h = 1.257 \cdot 10^9 \text{ [kg]} \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]} \cdot 4,42 \text{ m} = 54.541 \cdot 10^9 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2\text{]} = 15,150 \times 10^6 \text{ kWh}$$

Facendo variare di + 10 cm il dislivello fra territorio e la quota del mare si avrà:  
 $E_1 = m \cdot g \cdot (h+dh) = 1.257 \cdot 10^9 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot (4,42+0,1) \text{ m} = 55.774 \cdot 10^9 \text{ J} = 15,493 \times 10^6 \text{ kWh}$

### Energia in più richiesta

$$E_1 - E_0 = (15,493 - 15,150) \cdot 10^6 \text{ kWh} = 342.444 \text{ kWh} = 1.233 \cdot 10^9 \text{ J}$$

Con una variazione percentuale di energia pari a  $\Delta E\% = (E_1 - E_0)/E_0 \cdot 100 = 2,26\%$

### Aumento degli oneri di sollevamento per lo scolo

$$\text{Variazione onere annuo} = 3,917 \cdot 10^6 \cdot 0,0226 \text{ €} = 88.535 \text{ €}$$

1 Natante radiocomandato con sonar e Gps centimetrico.

2 Laser scanner Riegl su palo telescopico.