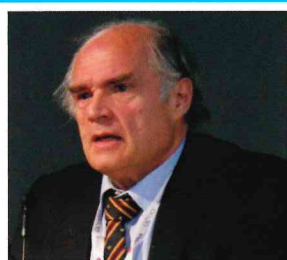


SERVIZI a rete

numero 3 - maggio-giugno 2020



L'intervista
del mese



**ACEA PINEROLESE
INDUSTRIALE**
Francesco Carcioffo

VIVERACQUA
con **GESTORI IDRICI DEL VENETO**

28 - 29 Ottobre 2020
Piave Servizi
Codognè (TV)



I costi aggiuntivi in consumo di energia elettrica dovuti ad eustatismo e subsidenza

Mauro Monti e Alessandro Bondesan - Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara

Il Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara

La storia economica, sociale e civile del Ferrarese è pervasa dal quotidiano rapporto dell'uomo con l'acqua ed è stato immane lo sforzo compiuto nei secoli per assicurare agli abitanti di questa "terra anfibia" un insediamento stabile, possibile soltanto mediante un'intensa ed incessante opera di sistemazione e difesa idraulica, di canalizzazione e drenaggio dell'intero territorio. Oggi il territorio ferrarese, vasto 263.151 ettari, scola quasi interamente le proprie acque mediante l'azione incessante di macchine elevatrici: le idrovore. In seguito all'attuazione della legge regionale n.5 del 2009 il Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara coincide quasi interamente con l'area provinciale, diventando il più grande d'Italia per consistenza di opere di bonifica e per contribuzione.

Il Consorzio di Bonifica si occupa dell'approvvigionamento delle acque per l'irrigazione (prevalentemente con attingimento da Po) e del deflusso delle acque di pioggia, che viene artificialmente regolato da un complesso sistema di canali che convergono verso numerosi impianti idrovori, le cui pompe sollevano le acque di

scolo per avviarle al mare. È questa, in sintesi, l'attività di bonifica idraulica che a Ferrara costituisce da secoli un'esigenza collettiva di grande portata, imponendo forme permanenti di collaborazione nell'esecuzione di svariate opere, nella loro manutenzione ed esercizio, le quali hanno dato origine, fin dal Medioevo, a complesse organizzazioni amministrative del territorio su basi idrografiche, in cui si prefigurava il moderno istituto del Consorzio di Bonifica.

Il Consorzio in cifre

- Superficie del comprensorio: 256.733 ha
- Impianti idrovori: 168 (78 di scolo; 86 di irrigazione; 4 a doppia funzione)
- Estensione canali e tubazioni di bonifica: 4.243 Km
- Potenza installata complessiva: 47.780 Kw
- Portata massima totale: 780 mc/s
- Acqua sollevata annualmente: 1.510 milioni di mc
- Personale: 383 (264 fissi, 119 stagionali)
- Trattori ed escavatori: 57
- Autocarri e autovetture: 187
- Motobarce: 7
- Totale costi attività 2019: 34.756.549 €

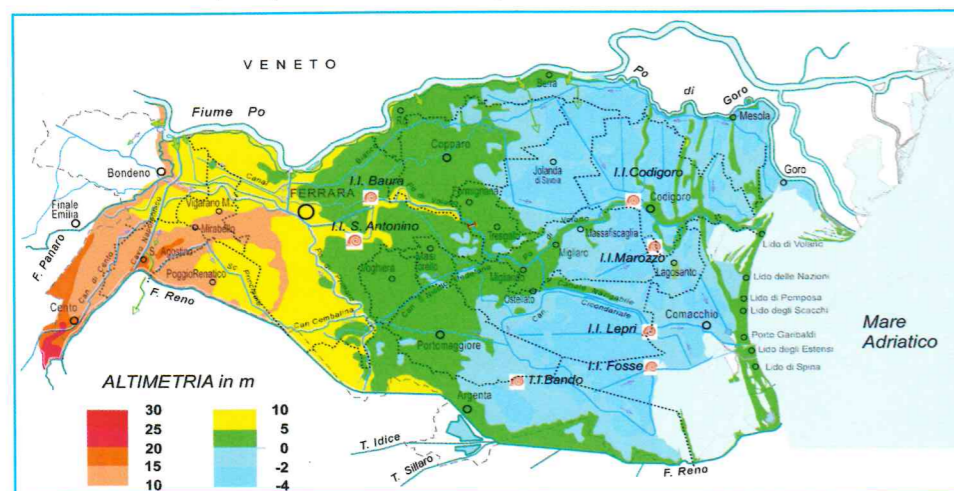


Fig.1: Altimetria del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara. Evidenziazione dei limiti Comunali (in tratteggio)

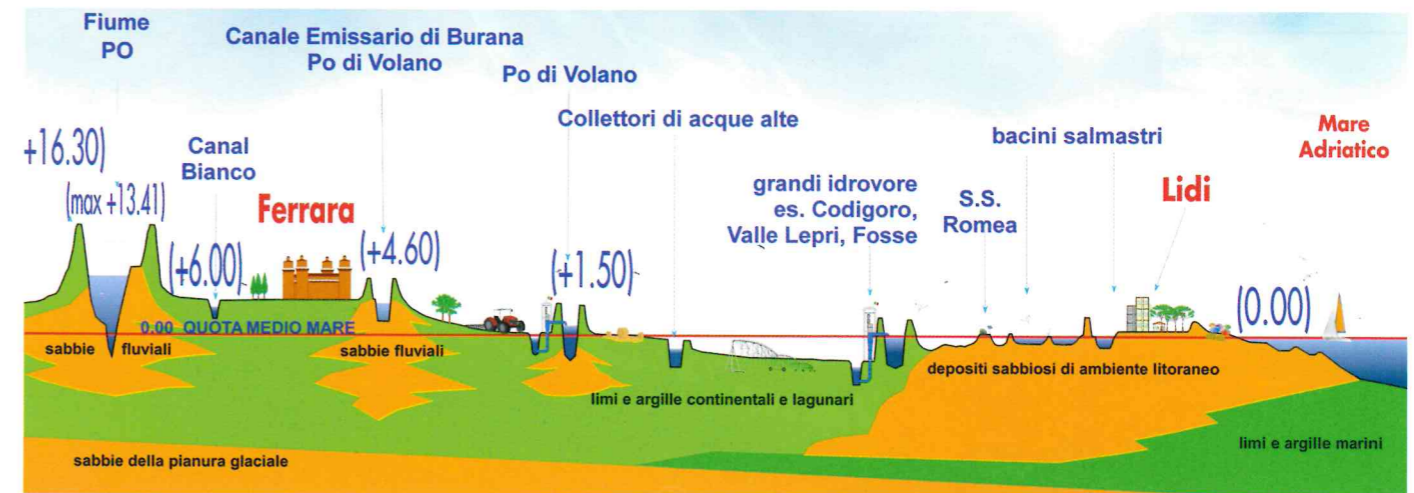


Fig.2: Profilo altimetrico del territorio ferrarese

La morfologia attuale

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 (aree in azzurro in fig.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'intera area del comprensorio).

L'urbanizzazione complessiva è ridotta, se confrontata ad altre zone della Pianura Padana, e costituisce solo il 3% dell'area complessiva del comprensorio, con un valore di circa 7.400 ha.

Il rilevamento dell'attuale situazione del territorio avviene grazie a tecnologie che si servono di sistemi satellitari. Il Consorzio di Bonifica si avvale di GPS centimetrici, Sonar su battello radiocomandato, e laser scanner montato su un fuoristrada dotato di palo telescopico.

Le trasformazioni della rete idrografica del ferrarese

Il ramo principale del Po ha cominciato ad interessare il Ferrarese dalla prima Età del Ferro, da quando, con una rotta avvenuta presso Sermide (VIII secolo a.C.), il Po di Adria si è riversato a sud-est dando vita ad un corso che passava per il luogo successivamente occupato da Ferrara. La città di Adria, allora grande emporio commerciale, ha così perso importanza, sostituita da Spina, situata presso la foce di questa nuova rete fluviale. Un suo ramo secondario toccava Copparo e sfociava a est di Ariano, un altro ramo arrivava nel luogo di Codigoro (il Caput Gauri del IX sec. d.C.). Fra Codigoro e Ariano cominciava a delinearsi il "Gaurus". Gradualmente la linea di costa si portava sempre più a est e nel III sec. a.C. anche Spina veniva abbandonata perché ormai troppo lontana dal mare.

In Età Romana, periodo di clima caldo, era questo

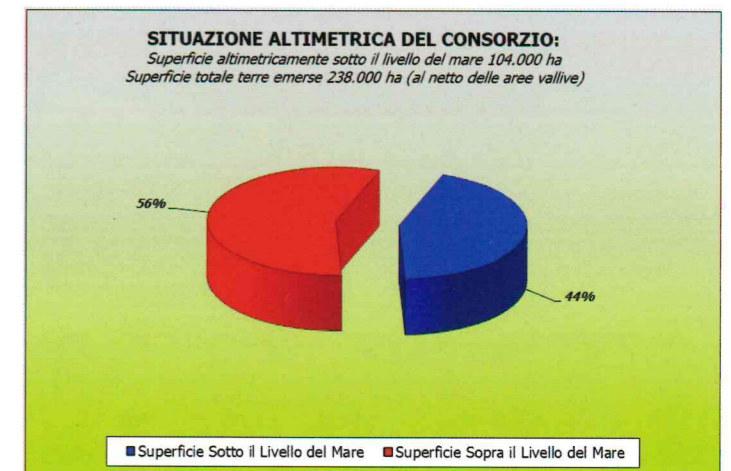


Fig.3: Rapporto fra aree del comprensorio al di sopra ed al di sotto del livello del mare

il ramo principale del Po: dopo Voghenza proseguiva nell'Eridano, che progressivamente ha costruito un ampio delta, a sud-est del luogo dove oggi si trova la città di Comacchio.

L'Alto Medioevo è stato caratterizzato da un clima freddo e piovoso, specie nei secoli VI e VII, il che ha aggravato l'impaludamento del territorio e ha portato sconvolgimenti alla rete fluviale. L'Eridano è andato in crisi e nel VIII sec. si è estinto (ricordato poi come Padovetere); i rami principali del Po diventavano così il Volano (su cui si sono sviluppate Pomposa e Codigoro) e il Primario (con Argenta). Alla loro biforcazione è nata Ferrara (VIII sec.).

Nei secoli IX e X (periodo di clima caldo) la risalita delle acque del mare ha formato alcune ampie lagune, specie nell'area del delta abbandonato dell'Eridano, e ha dato sviluppo alle Valli di Comacchio.

Dal XI secolo il clima è gradualmente tornato freddo. Nella seconda metà del secolo XII, con una serie di rotte avvenute presso Ficarolo, le acque del Po si sono riversate in un corso più settentrionale, che coincideva all'incirca con il Po attuale e raggiungeva il mare a nord-est di Adria. Questo corso ha riattivato il Po di Ariano, che presso la



Fig.4: Laser scanner su palo telescopico

foce si è poi diviso in due rami: il Po di Goro e, più a sud, il Po dell'Abate. In seguito, il Volano e il Primaro hanno perso progressivamente di importanza diventando pensili, e si è verificato un sempre più grave impaludamento del territorio. Intorno a Ferrara gli Estensi, nel XV secolo, hanno realizzato molte bonifiche per *scolo naturale (gravità)*, ma poi, su pressione dei bolognesi, hanno commesso l'errore di accettare che il Reno venisse immesso nel Po di Ferrara, tra Vigarano e Porotto (1526); così il Po di Ferrara si è intasato irrimediabilmente producendo numerose rotte, che hanno formato estese paludi permanenti a sud della città.

Tra il 1564 e il 1580, per volontà di Alfonso II, fra Copparo, Ariano e Pomposa è stata realizzata la Grande Bonificazione Estense, con scolo delle acque nel Po dell'Abate (chiavica di Torre Abà) e nel Volano (chiavica di Volano, poi sostituita con quella dell'Agrifoglio). Quando gli Estensi hanno dovuto lasciare Ferrara, i Veneziani hanno realizzato il Taglio di Porto Viro (1599-1604), per deviare il Po Grande verso sud-est. A causa della rapida crescita del nuovo delta (favorita anche dal clima freddo dei secoli XVII e XVIII ricordati come *Piccolo Glaciale di Età Moderna*), della subsidenza e di alcune rotte del Po, la Grande Bonificazione Estense si è allagata di nuovo. Lo Stato Pontificio ha poi finalmente affrontato il problema del Reno. Prima lo ha staccato dal Po di Ferrara per attuare delle bonifiche *per colmata* a sud di Ferrara, riallacciandolo quindi al Primaro, presso Marrara; poi gli ha costruito l'alveo attuale tra S. Agostino e Traghetto, per condurne tutte le acque in mare, sempre attraverso il Primaro accor-

ciato da alcuni drizzagni. Alla metà dell'Ottocento, mentre il clima entrava nell'attuale fase calda, oltre metà della pianura ferrarese era allagata o in condizioni di grave sofferenza idraulica. Nel 1872, con l'introduzione di pompe idrovore azionate da macchine a vapore, ne è stato iniziato il prosciugamento (bonifica *meccanica* o *moderna*, o per *scolo forzato*). Alla fine dell'Ottocento il Volano è stato riscavato per portare a mare le acque dei territori a ovest del Panaro. È ora in programma un nuovo intervento di riscavo dei canali facenti parti dell'Idrovia, canali di fondamentale importanza per l'attività del Consorzio.

Influenza di eustatismo e subsidenza sugli oneri di energia elettrica da parte del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara

Il territorio ferrarese è caratterizzato da pendenze minime ed è in gran parte soggiacente rispetto al livello del mare. Tutta l'area, in particolar modo quella orientale, è stata interessata negli ultimi decenni da abbassamenti del suolo che hanno raggiunto valori massimi di circa 2,50 m, causati in parte da fenomeni naturali, ma soprattutto legati ad azioni antropiche.

La subsidenza nel Basso Ferrarese è per la maggior parte causata dalle attività di estrazione di metano iniziata nel 1930 e che ha avuto il suo apice nel 1950. 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 subsidenza non si è però arrestata del tutto ma si è assestata su valori di circa 8-10 mm annui.

A questo fenomeno si è recentemente aggiunto quello dell'eustatismo marino (innalzamento del livello del mare), dovuto al riscaldamento del pianeta e all'apporto di enormi masse di acqua provenienti dallo scioglimento di parte dei ghiacciai continentali, anche ai poli (Groenlandia e Antartide).

Da dieci anni è in funzione un mareografo a Porto Garibaldi che, dall'inizio della sua attività, ha registrato una variazione del livello medio mare di +9,4 cm rispetto al Datum altimetrico nazionale "Genova1942" (registrazioni 1937-1946).

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. Comunque, atteso il fatto che Porto Garibaldi è il punto della costa ferrarese meno subsidente (meno di 3 mm/anno), è evidente che

l'eustatismo è oggi un fattore ben percepibile nel funzionamento del sistema di scolo consortile. Il fenomeno non manifesta alcuna tendenza a diminuire e ciò desta preoccupazione; la situazione climatica sta accelerando la fusione di ulteriori porzioni dei ghiacciai continentali. Tale perdita di quota relativa determina un impegno maggiore da parte dei consorzi di bonifica, perché dovrà essere progressivamente aumentata la prevalenza geodetica media di funzionamento degli impianti, con conseguente crescita della richiesta di energia per il loro funzionamento. Si stima che negli ultimi dieci anni il Consorzio ha speso quasi mezzo milione di euro in energia elettrica a causa di tale innalzamento relativo della quota di recapito delle acque. Di seguito viene effettuato, in modo speditivo, il calcolo dell'energia aggiuntiva annua se dovesse verificarsi un ulteriore aumento di 10 cm del livello del mare nei prossimi 10 anni. Gli oneri annui in energia elettrica per le azioni di sollevamento per lo scolo delle acque dal territorio sono di quasi 5 milioni di euro, corrispondenti ad una energia di $E_0 = mgh = 54.541 \times 10^9$ 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 aumenta-

to di un'ulteriore quota pari a 1.233×10^9 J. È da tenere presente che questo calcolo è basato su un presupposto ottimistico, ossia che la componente subsidenza abbia lo stesso ruolo che gioca a Porto Garibaldi. Del resto, quello fornito non rappresenta uno "scenario", ma solo il calcolo dell'incremento di energia elettrica che dovrebbe essere fornita agli impianti idrovori per aumentare la prevalenza (ove possibile) di 10 cm. Di maggiore entità sono gli oneri della riprogettazione e costruzione di quegli impianti idrovori 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 di sollevamento delle acque media); per rendere più efficace il calcolo è stata computata la prevalenza media che avrebbe un ipotetico impianto idrovoro unico che sostituisse gli attuali ottanta impianti idrovori di scolo oggi in funzione, dando maggiore peso nel calcolo agli impianti idrovori con più 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.



Fig.5: Situazione a fine secolo XVI

Calcolo oneri annui per energia elettrica aggiuntiva dovuta all'eustatismo

La situazione degli oneri di energia elettrica è: Complessivo Enel per scolo e irrigazione = 4,8 milioni di euro
 La ripartizione degli oneri (totali e non solo di energia elettrica) fra scolo e irrigazione ufficialmente presentata nel Piano di Classifica 2018 "PDC 2018, doc. Applicazione", riporta:
 Sollevamento Scolo = 6,325 milioni di euro
 Sollevamento Irrigazione = 1,426 milioni di euro
 Percentuale parte scolo = $\frac{6,325}{6,325+1,426} \cdot 100 = 81,6\%$
 In proporzione, la parte di oneri per energia elettrica per l'attività di scolo è approssimativamente di:
 Costi Enel scolo (2018) = 4,8 milioni di euro x 81,6% = 3,917 milioni di euro

Il volume totale sollevato per scolo e irrigazione nell'anno 2017, anno scelto come più rappresentativo della normale attività del Consorzio di Bonifica, è stato di 1.510 milioni di mc.
 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:
 milioni di mc scolo 2018 = 1.510 [M mc] x 24.878 Kwh / 24.386 Kwh = 1.540 milioni di mc

Per il solo scolo si ha:
 1.540 milioni di mc x 81,6% = 1.257 milioni di mc (solo scolo).
 Pari a 1.257×10^9 kg di acqua sollevata nel 2018 per le azioni di scolo.

ENERGIE

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

Facendo variare di +10 cm il dislivello fra territorio e la quota del mare si avrà:

$$E_1 = m \cdot g \cdot (h+dh) = 1.257 \cdot 10^9 \text{ [kg]} \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2] \cdot (4,42+0,1) \text{ [m]} = 55.774 \cdot 10^9 \text{ J} = 15,493 \times 10^6 \text{ Kwh}$$

$$E_1 - E_0 = (15,150 - 15,493) \cdot 10^6 \text{ [Kwh]} = 1.233 \cdot 10^9 \text{ J} = 342.444 \text{ Kwh (energia in più richiesta)}$$

Con una variazione percentuale di energia pari a $\Delta E\% = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \cdot 100 = 2,26\%$

Aumento annuo oneri di sollevamento per lo scolo per un aumento improvviso di 10 cm del dislivello mare - terreni:

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

Supponendo un aumento lineare dell'eustatismo e della subsidenza, l'aumento degli oneri di sollevamento per i dieci anni dal 2018 al 2028, sarebbe pari a:

$$\text{Variazione onere 2018-2028} = (88.535 \text{ €} / 2) \times 10 \text{ anni} = 442.675 \text{ €}$$

Fattori di conversione

$$1 \text{ m}^3 \text{ di H}_2\text{O} = 1.000 \text{ kg}; 1 \text{ Kwh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Joule (Joule} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \text{)}$$

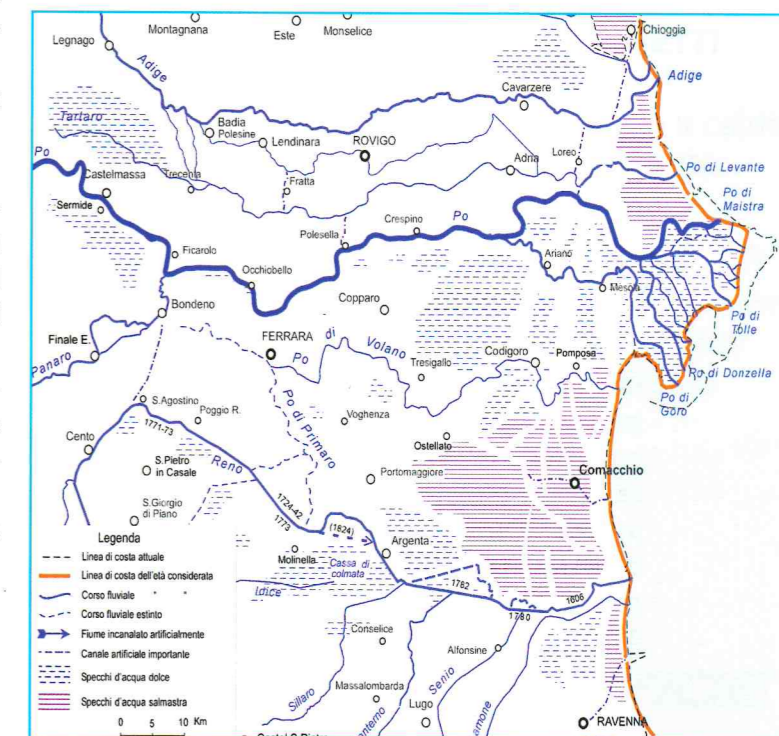


Fig.6: Situazione al 1814

Telecontrollo ed automatismo per il Ciclo Idrico Integrato

Teleallarme
Controllare e pilotare
Controllo scolmatori
Automatismo
Cybersecurity
Conformità macro indicatori ARERA (M4)
Regolazione della pressione
Archiviazione e trattamento dati
Monitoraggio portate e pressioni
Ricerca perdite
Telelettura contatori

Sofrel LACROIX
 www.lacroix-sofrel.it

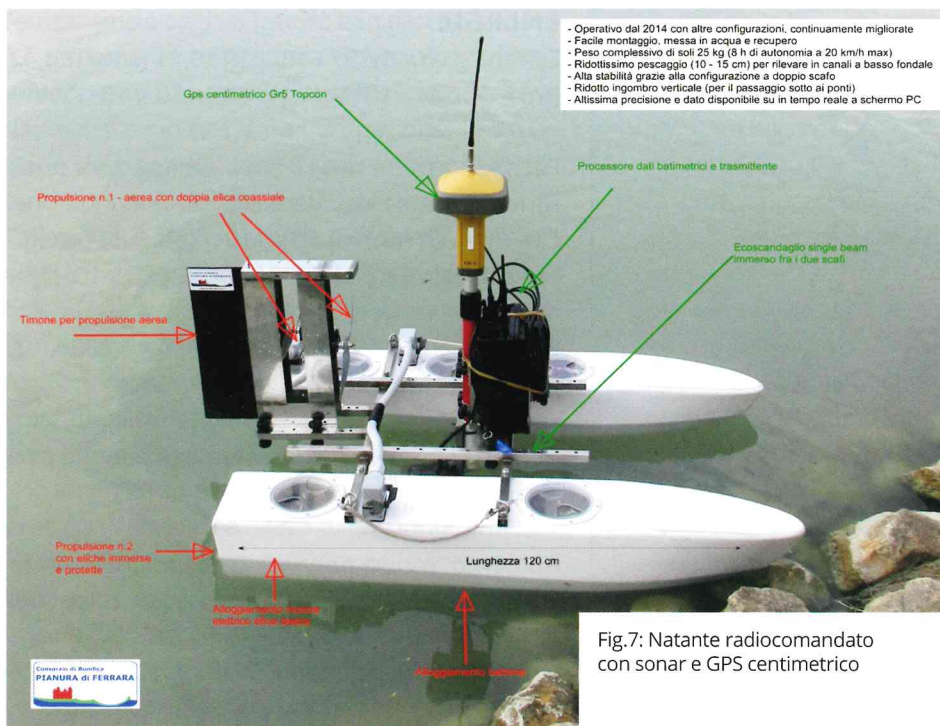


Fig.7: Natante radiocomandato con sonar e GPS centimetrico

Conclusioni

Se si assume come riferimento la situazione altimetrica del 2008, la cifra sopra riportata costituisce l'onere per i consumi di energia elettrica che è stato necessario aggiungere per via delle modifiche al territorio conseguenti ai fenomeni di eustatismo e subsidenza. Qualora il fenomeno dopo dieci anni possa considerarsi arrestato, nei successivi dieci anni gli oneri aggiuntivi complessivi di energia elettrica sarebbero pari a circa 0,89 milioni di euro. Tuttavia i modelli climatici prevedono aumenti di eustatismo ancora maggiori di quelli che si sono finora verificati. Lo scenario IPCC 2013 prevede una variazione del livello marino di 97 cm entro l'anno 2100, lo scenario Ramshtorf 2007 prevede 140 cm, il che porta a pensare che gli oneri aggiuntivi qui calcolati dovranno essere sensibilmente incrementati.

Un altro fattore di cui si dovrebbe tener conto è l'ostacolo al rendimento degli impianti idrovori, introdotto dall'incremento della prevalenza idraulica alla quale questi saranno (e in parte già sono) costretti a funzionare. Nella dotazione di impianti idrovori oggi a disposizione ed in funzione nella pianura di Ferrara, 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 idrovora trova un

suo valore ottimale per una prevalenza (quella di progetto); se il funzionamento si attua ad una prevalenza distante di un metro, il rendimento peggiora e i consumi in Kwh aumentano in misura apprezzabile. Dalla storia dell'evoluzione del territorio ferrarese, dalle valutazioni dei

calcoli contenuti in questa trattazione, si può desumere che, in una pianura come quella ferrarese che tanto assomiglia ai "Polders" olandesi, il Consorzio di Bonifica assume un ruolo di primo piano nella difesa del territorio. Se gli impianti idrovori fossero messi fuori uso da un gigantesco blackout, il territorio ferrarese avrebbe ben pochi giorni prima che le acque arrivino a sommergere oltre il 50% della sua estensione (per questa ragione i più importanti impianti idrovori del Consorzio sono dotati di sistemi di produzione di energia autonoma che consentono di poter prevenire questi incidenti).

Gli autori

Mauro Monti

mauro.monti@bonificaferrara.it

Direttore Generale del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara. È stato consulente per il Commissario Delegato alla ricostruzione nell'ambito del SISMA Emilia 2012 dal 2014 al 2018. Ingegnere Capo della Provincia di Ferrara dal 2010 al 2014; in precedenza ha ricoperto ruolo di Dirigente Apicale dei Settori Tecnici di diversi Comuni del ferrarese.

Alessandro Bondesan

alessandro.bondesan@bonificaferrara.it

Con l'unificazione dei Consorzi di bonifica ferraresi del 1° ottobre 2009 ha assunto il ruolo di Responsabile del Settore Sistema Informativo Geografico. In precedenza, ha lavorato presso il Consorzio di Bonifica I Circondario Polesine di Ferrara come Responsabile dell'Ufficio Cartografico, presso il Consorzio Generale di Bonifica e presso la Protezione Civile della Regione Emilia-Romagna.