

# Effetti del sisma sul drenaggio idraulico della pianura: le idrovore

*Giuseppe Bortone*

*Martedì 21 maggio 2013*

***“Effetto Sisma 2012 – suolo e strutture”***

# Popolazione e territorio

Gli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012 hanno interessato un'area di vasta estensione territoriale (oltre 3000 kmq), densamente popolata (più di 550mila abitanti), caratterizzata da un notevole livello di industrializzazione, da una fiorente agricoltura - siamo nel cuore del distretto del Parmigiano Reggiano - e da un elevato tasso di occupazione: qui si produce infatti circa il 2,0% del PIL nazionale



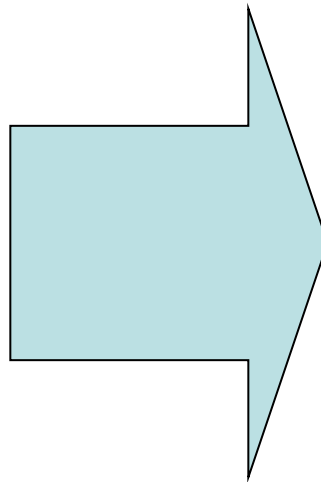
## Gli effetti del terremoto sul sistema di difesa idraulica e di bonifica



- Oltre alla rilevanza in termini socio-economici delle zone colpite
- E' importante ricordare che nell'area del "cratere" sono ubicate **opere di difesa idraulica e di bonifica di rilevanza strategica a livello interregionale**, che costituiscono un presidio irrinunciabile per la sicurezza idraulica di un'ampia porzione della pianura emiliana

## ***Il sistema idraulico e di bonifica della pianura emiliana***

- Reticolo idrografico naturale fortemente artificializzato (corsi d'acqua diffusamente arginati e pensili)
- Complessa rete di canali di bonifica con funzioni legate all'irrigazione dei comprensori agricoli e all'allontanamento delle acque interne
- Basse pendenze



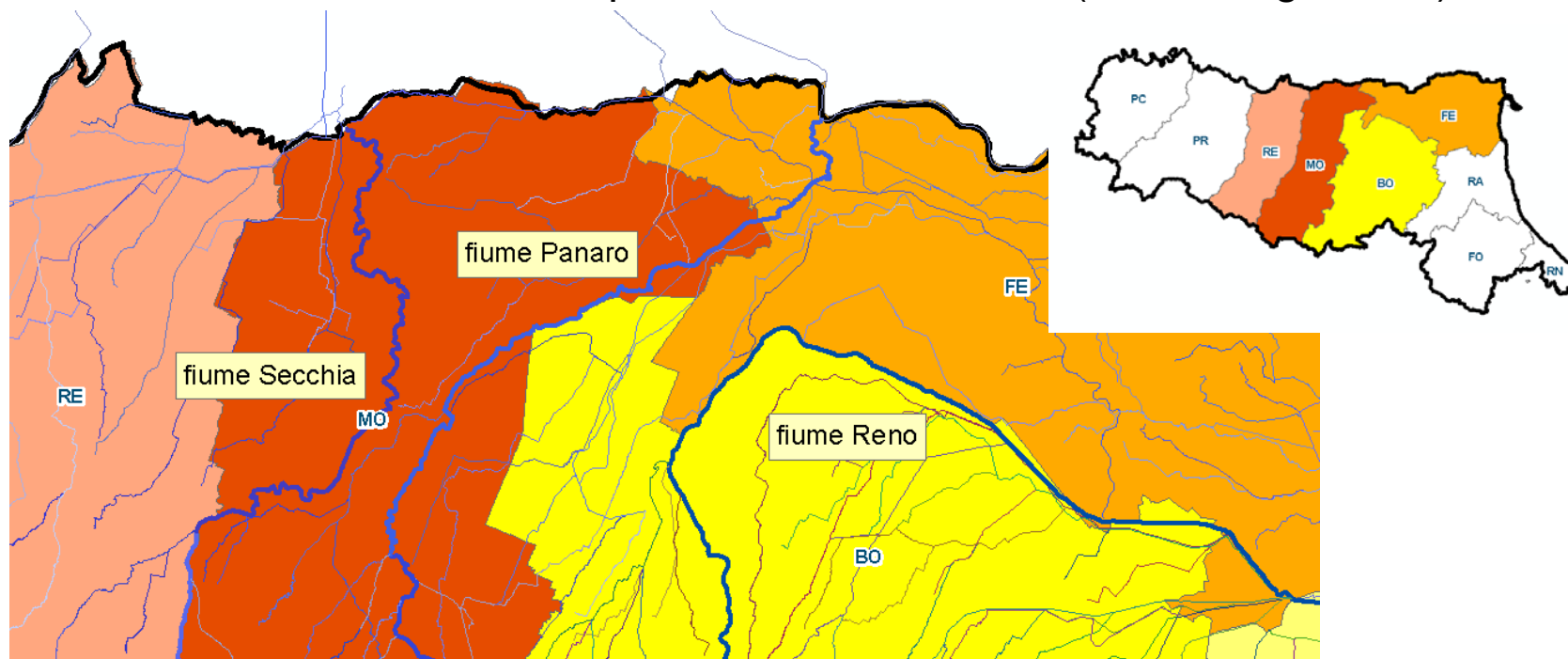
- Basse velocità di deflusso
- Necessità di impiegare impianti di sollevamento per fornire artificialmente le pendenze di deflusso verso i recapiti finali
- Efficienza del sistema difensivo fondamentale per la sicurezza dei territori fortemente antropizzati



# Ricognizione danni sistema idraulico

A seguito degli eventi del 20 e 29 maggio 2012 i danni al sistema idraulico e di bonifica hanno interessato:


- impianti strategici di sollevamento delle acque
- manufatti idraulici (chiaviche,...)
- fabbricati di servizio (magazzini idraulici, case di guardiania...)
- opere di difesa idraulica (tratti di arginature)

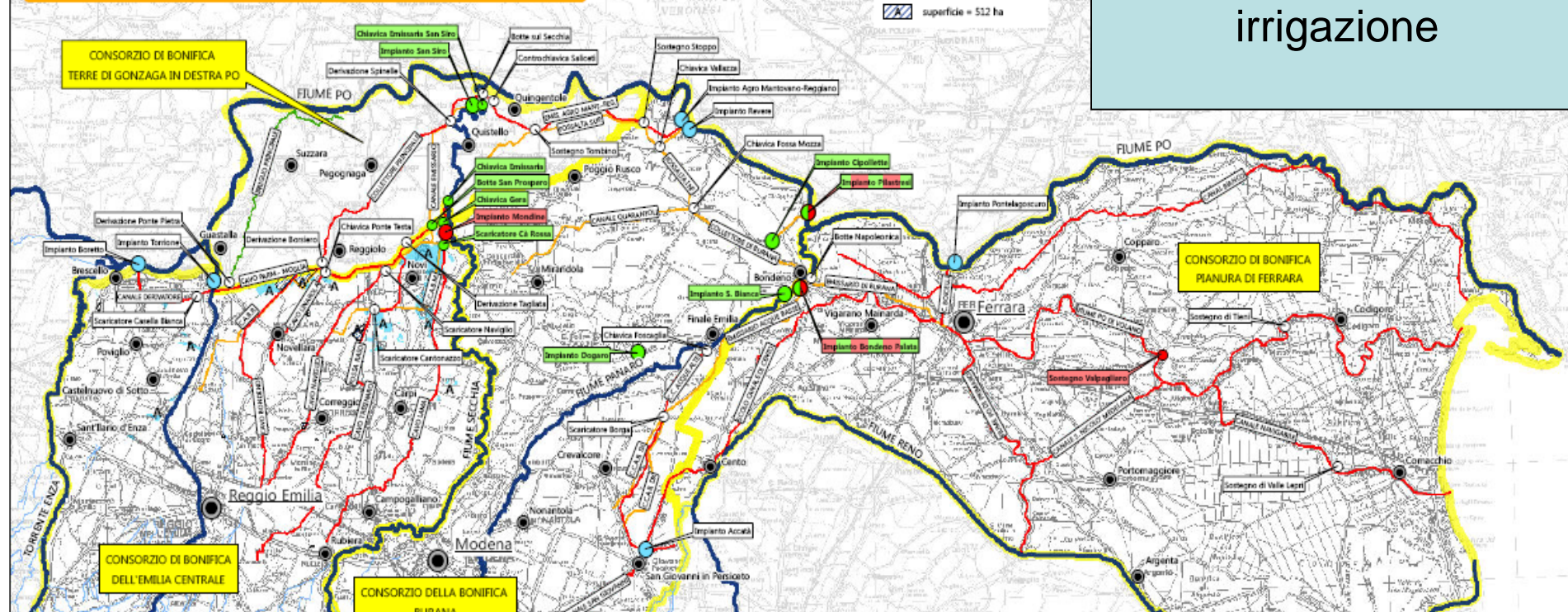




# Elementi danneggiati

Edifici impianti idrovori, chiaviche per scolo e irrigazione








**DATI RIEPILOGATIVI:**  
 CONSORZIO EMILIA CENTRALE  
 A superficie = 2.567 ha  
 superficie = 532 ha








Mondine (50 mc/s) e di San Siro (80 mc/s) nel Mantovano, di Pilastresi (40 mc/s) e di Bondeno Palata (42 mc/s) nel Ferrarese



**Legenda**

-  limiti consortili
-  reticolo idraulico naturale
- SISTEMA IDRAULICO DI BONIFICA**
-  ACQUE ALTE - canali collettori principali
-  ACQUE BASSE - canali collettori principali
-  canali irrigui principali
-  aree suscettibili di allagamento
-  casse di espansione o aree allagabili in caso di emergenza

**PRINCIPALI OPERE IDRAULICHE**

-  impianti idrovori agili e funzionanti
-  nodi idraulici agili e funzionanti
-  impianti idrovori o nodi idraulici danneggiati e non utilizzabili
-  impianti idrovori o nodi idraulici ripristinati e agili
-  impianti idrovori o nodi idraulici provvisoriamente agili

## Ricognizione danni sistema idraulico

La ricognizione complessiva dei danni connessi al sisma è stata effettuata immediatamente dopo gli eventi sismici e ha riguardato le opere idrauliche gestite dai CB, dall'AIPO e dai STB:

- **opere provvisionali di emergenza** (puntellature, rimozioni parti pericolanti) al fine di garantire la pubblica incolumità e l'accesso agli impianti per **€1.703.909,80**
- **interventi di somma urgenza** per consentire la funzionalità idraulica di scolo e di deflusso delle acque ed evitare allagamenti nei territori interessati stimati in oltre **44.000.000,00 €** (oltre 39 mil. solo per interventi su opere in gestione ai Consorzi di Bonifica)

E' stata da subito evidente la necessità di una prima messa in sicurezza delle opere edili danneggiate per consentire l'accesso in sicurezza agli impianti elettromeccanici che governano i meccanismi di scolo.

**Stima attuale del fabbisogno complessivo per il ripristino del sistema di bonifica: oltre 100.000.000 €**





IMPIANTO IDROVORO DI MONDINE (Moglia, MN)



# Le Ordinanze commissariali

## Interventi provvisori urgenti delle opere idrauliche di bonifica e di difesa del suolo

Necessità di intervenire tempestivamente per ripristinare le opere danneggiate prevenendo il rischio di allagamento potenzialmente connesso alle piogge autunnali.

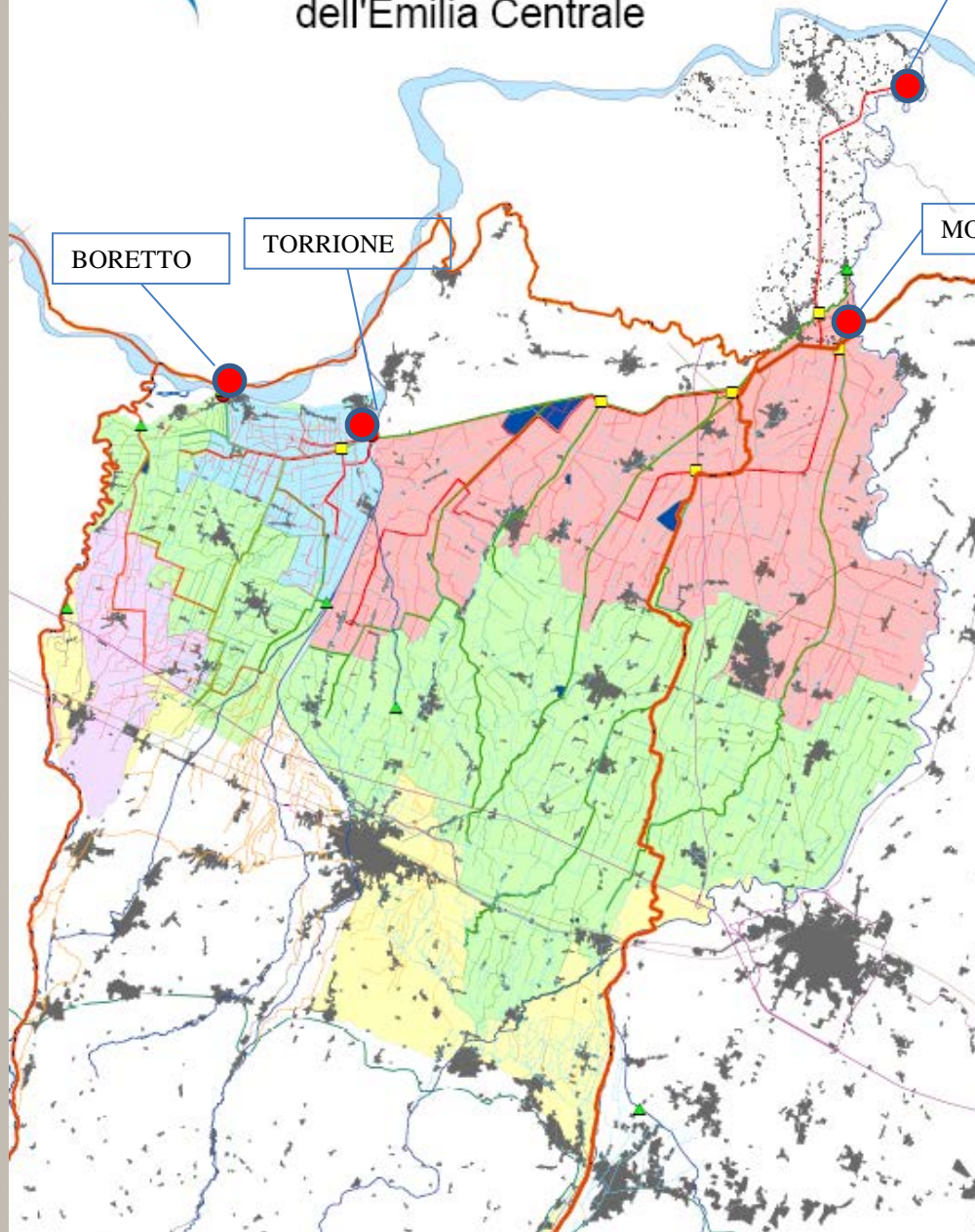
I primi interventi sono infatti stati avviati a partire già dal mese di agosto grazie ad una specifica ordinanza del Presidente Errani, in qualità di Commissario delegato, che ha consentito la realizzazione di opere provvisori dirette a realizzare i seguenti obiettivi specifici:

- rafforzamento locale degli edifici, inagibili o gravemente danneggiati dagli eventi sismici, nei quali sono collocati impianti e manufatti strategici ai fini della difesa idraulica dei comprensori di pianura colpiti
- prima messa in sicurezza di opere di difesa del suolo strategiche danneggiate

Ad oggi, attraverso 8 ordinanze, sono stati stanziati oltre **22 milioni di euro** per il sistema idraulico e di bonifica e 89 sono gli interventi realizzati o in corso di ultimazione



Sistema scolante  
del Consorzio di Bonifica  
dell'Emilia Centrale



S. SIRO

MONDINE

## SISMA DEL 20 E 29 MAGGIO 2012

### Principali opere danneggiate

Impianto idrovoro e irriguo di Mondine (Moglia, MN) e relativa chiavica Emissaria su Fiume Secchia
Impianto idrovoro di San Siro (San Benedetto Po, MN) e relativa chiavica Emissaria su Fiume Secchia
Chiavica Sfiatore (Moglia, MN)
Chiavica Gerra (Moglia, MN)
Botti San Prospero e relativi sifoni (Moglia, MN)
Scaricatore Cà Rossa, Comune di Novi di Modena
Arginature e Ponti (Comuni Vari)
8 magazzini idraulici (Carpi, Rio Saliceto, Moglia, San Benedetto Po)
2 officine di carpenteria metallica (Carpi, Castelnuovo Sotto)
Impianti irrigui Pratazzola e Magnavacca
Palazzo sede Reggio Emilia



# Interventi provvisori sulle strutture “storiche” Botti San Prospero

Meccanismo espulsione del cantonale – Fessurazioni a taglio che si innescano dalle grandi aperture



Gli interventi su tali manufatti storici sono stati concordati con la Soprintendenza di Brescia competente per territorio, che ha dimostrato ampia sensibilità sia per gli aspetti storico-monumentali dei manufatti, che per la loro rilevante funzionalità idraulica, consentendo al Consorzio di raggiungere gli obiettivi di primissima messa in sicurezza in tempi rapidi

**Meccanismo di espulsione del cantonale che ha comportato l'apertura dell'arco e la caduta di parte degli elementi dello stesso**









# Chiusa Gerra

Meccanismo di espulsione del cantonale con rottura a taglio dei setti murari





# Impianto di Mondine

La Torretta  
e i devastanti danni  
alla cabina  
elettrica in essa  
alloggiata

Espulsione dei cantonali (non  
compiuto a dx)



# il martellamento dei giunti strutturali (non sismici)

Disgregazione della  
muratura per fenomeni  
di martellamento con  
strutture adiacenti





Sala Macchine  
interno:  
il martellamento  
dei giunti  
strutturali e lo  
squarcio nelle  
murature

(martellamento in presenza di  
discontinuità strutturali)







Sala Macchine:  
la trave “Vierendel” abbassata,  
causa perdita dell’appoggio



La Torretta:

Il “Castello di  
puntellamento  
esterno e  
temporaneo”

che ha consentito  
di avvicinarsi in  
sicurezza alla  
struttura e che a  
fine lavori è stato  
rimosso





La Torretta:

il puntellamento  
con il sistema  
tubo-giunto





Sala Macchine:

Puntellamento della trave  
abbassata



## Le misure non strutturali

Parallelamente alla realizzazione degli interventi più urgenti, si è provveduto alla definizione di un ***Piano interregionale di emergenza del rischio idraulico*** focalizzato sul territorio interessato

Questo strumento contiene il dettaglio delle procedure di attivazione del sistema di allertamento per la gestione coordinata degli interventi delle strutture operative preposte, nonché delle risorse umane e dei mezzi necessari e disponibili da porre in campo al verificarsi di determinati scenari di rischio

Tempo reale e differito, Integrazione Responsabilità e Competenze, Infrastrutture e gestione del rischio (allagamenti controllati al fine di ridurre al minimo danni alle persone e ai beni esposti)



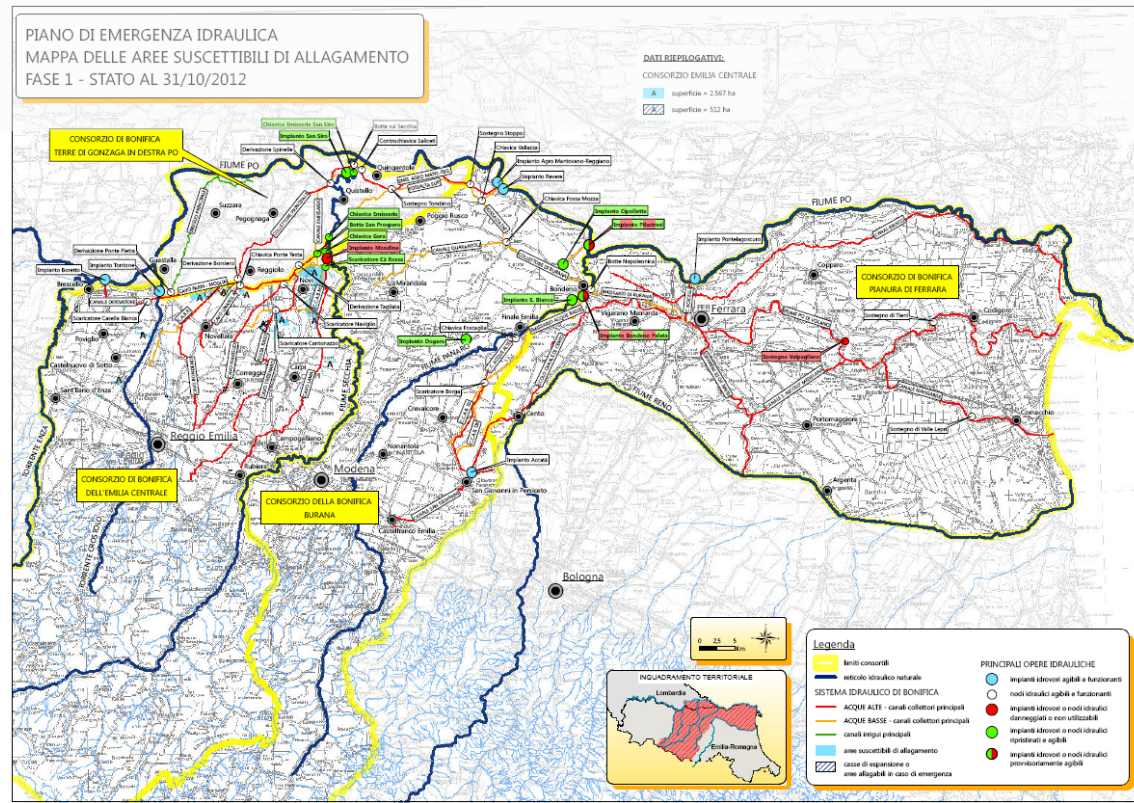
## Sinergia tra gli enti

Viene attivato un tavolo tecnico, coordinato dall'Autorità di Bacino del fiume PO a cui partecipano:

- i 4 **consorzi di Bonifica** interessati direttamente dagli eventi sismici
  - Emilia Centrale
  - Burana
  - Terre dei Gonzaga in Destra PO
  - Pianura di Ferrara
- **Autorità di Bacino del Fiume Reno**
- **Agenzia interregionale per il PO (AIPO)**
- **Regione Lombardia**
  - Direzione Generale Territorio e Urbanistica
  - Direzione Generale Protezione Civile, Polizia Locale e Sicurezza

### • Regione Emilia Romagna:

- Direzione Generale Ambiente, Difesa del Suolo e della Costa
- AGENZIA di Protezione Civile
- Servizio Tecnico di Bacino degli Affluenti Po
- Servizio Tecnico di Bacino Po di Volano e della Costa
- Servizio Tecnico di Bacino Reno
- Arpa SIMC Emilia Romagna



Allegato B cartografia scenario 0 con aree bacini critici per pericolosità A, B e C

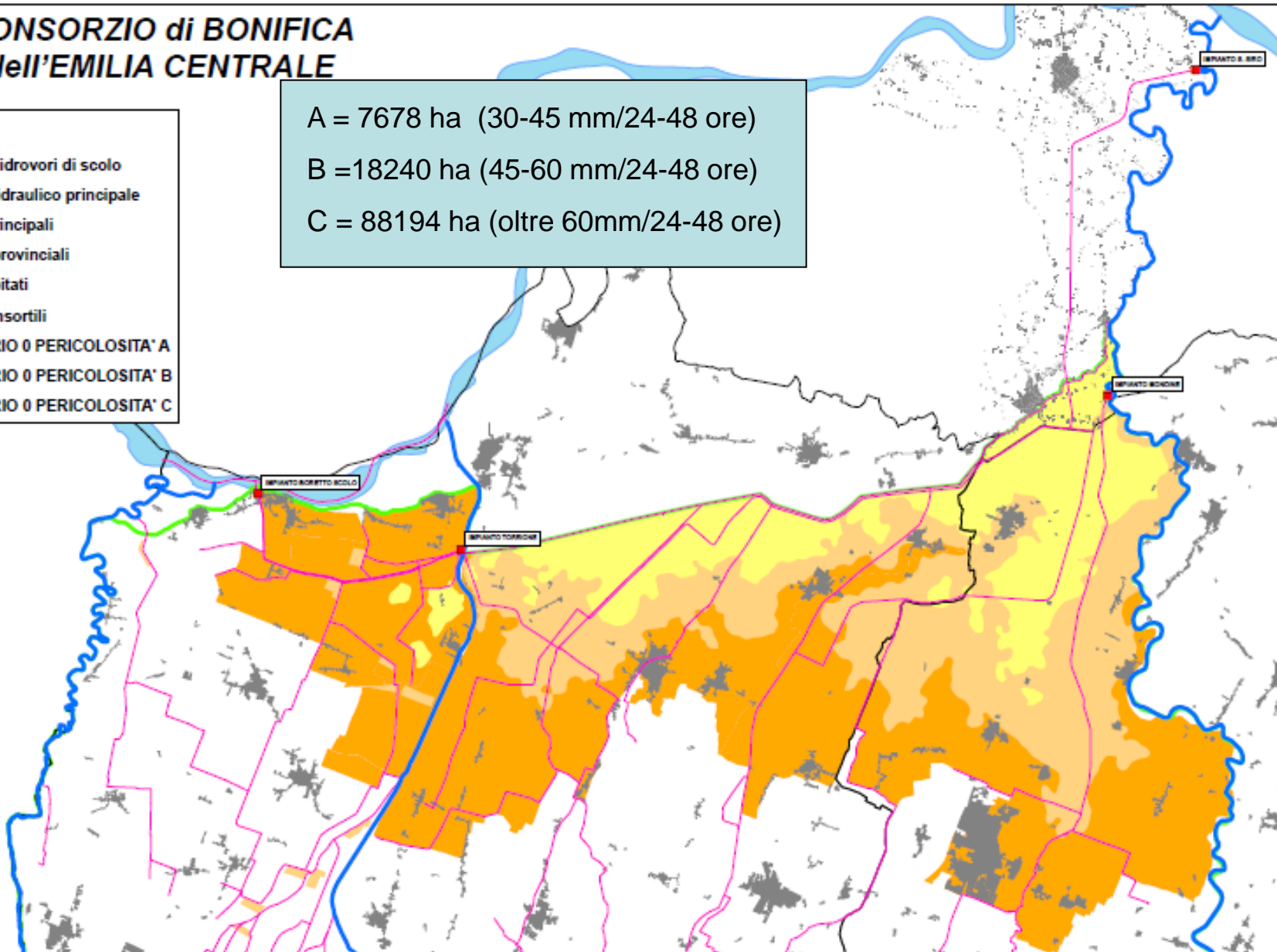


**CONSORZIO di BONIFICA  
dell'EMILIA CENTRALE**

**Legenda**

- impianti idrovori di scolo
- reticolo idraulico principale
- canali principali
- confini provinciali
- centri abitati
- limiti consortili
- SCENARIO 0 PERICOLOSITA' A
- SCENARIO 0 PERICOLOSITA' B
- SCENARIO 0 PERICOLOSITA' C

A = 7678 ha (30-45 mm/24-48 ore)  
B = 18240 ha (45-60 mm/24-48 ore)  
C = 88194 ha (oltre 60mm/24-48 ore)

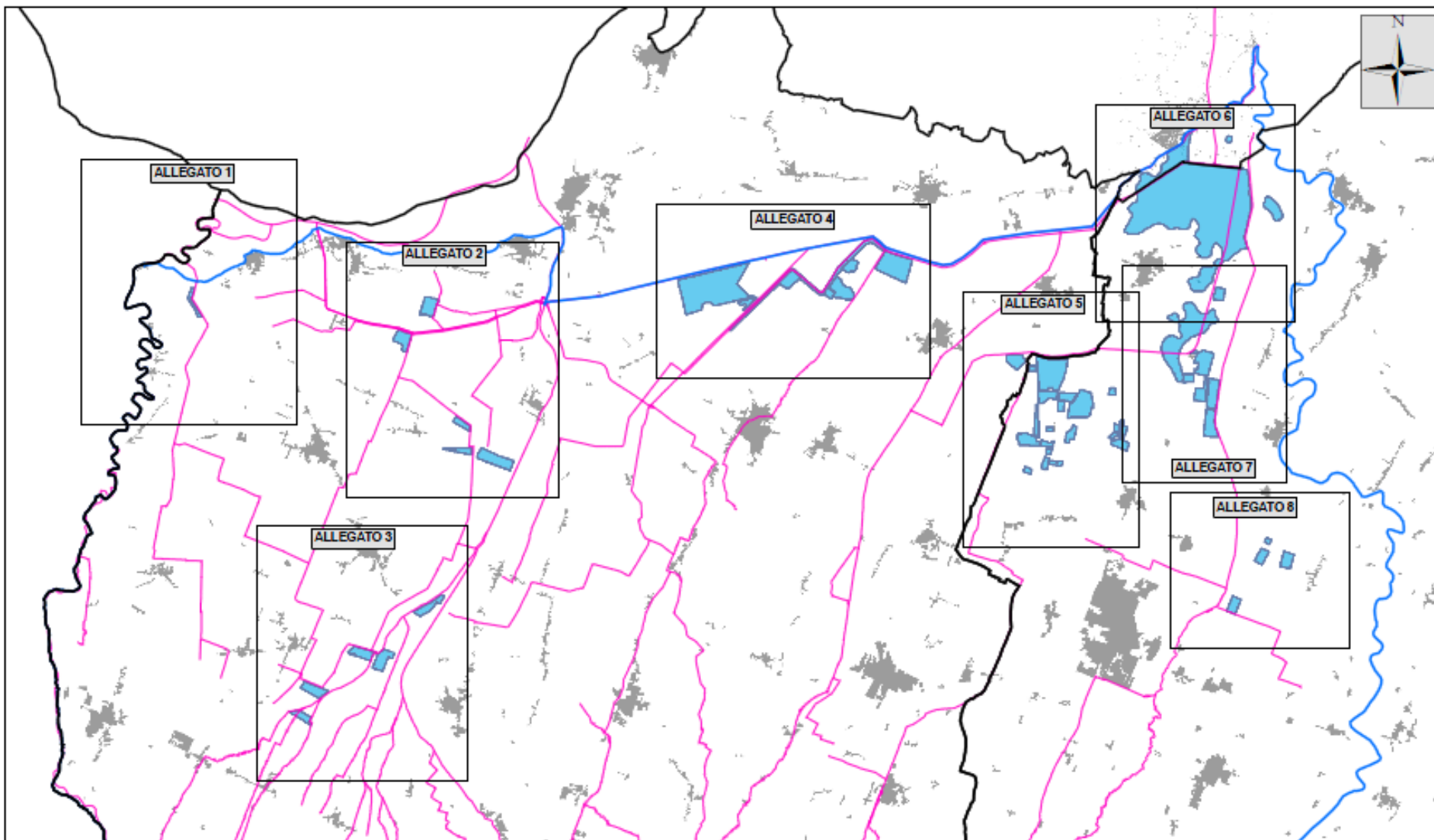






# CONSORZIO di BONIFICA dell'EMILIA CENTRALE

## Allegato C cartografia scenario 1 con aree suscettibili di allagamento controllato



Lo scenario 1 prevede la funzionalità ripristinata per tutti gli impianti con esclusione di Mondine

## ***Piano interregionale di emergenza del rischio idraulico***

- La realizzazione delle opere provvisorie (ripristino di tre delle cinque pompe idrovore di Mondine) e l'attuazione del Piano di emergenza sono state di fondamentale importanza nell'affrontare gli effetti degli intensi fenomeni meteorologici nei mesi di marzo e aprile 2013, tra i più piovosi degli ultimi 30 anni.
- Le piogge hanno fortemente sollecitato la rete naturale e di bonifica, interessando proprio le aree rese idraulicamente più fragili dagli eventi sismici.
- In particolare, nell'ultimo evento di precipitazione del 4-6 aprile, sono divenute particolarmente critiche le condizioni del comprensorio gestito dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale che ha dovuto attivare le procedure previste nel Piano di emergenza, attraverso l'utilizzo del massimo invaso nell'intera rete di canali fino ad arrivare alla laminazione controllata di alcune aree agricole nel modenese
- Nonostante tali misure e il funzionamento degli impianti idrovori e delle casse di espansione, si sono verificati estesi allagamenti all'interno del comprensorio, sia naturali che controllati: sono stati, infatti, interessati, seppur con tiranti modesti (da pochi centimetri ad un massimo di circa 30-40 cm), circa 30'000 ha nel bacino drenato dall'impianto di San Siro; circa 10'000 ha nel bacino sotteso all'impianto di Torrione e ulteriori 10'000 ha nel bacino sotteso all'idrovora Mondine.



## Il completamento delle opere di ripristino

E' prioritario il ritorno alla situazione ante sisma con il ripristino delle normali condizioni di funzionamento delle opere di difesa del suolo e di bonifica **per garantire sicurezza territoriale e tutelare la vocazione agricola** dei territori colpiti.

E' a tal fine in corso un aggiornamento del fabbisogno di interventi "definitivi" che riguarda anche il sistema irriguo in gestione ai Consorzi di Bonifica da rendere pienamente funzionante ed efficiente.

**L'impegno economico sarà senza dubbio rilevante:** es. impianto di Mondine da delocalizzare (costo stimato: 18.000.000 euro)

**Strutture strategiche soggette alle  
disposizioni di tutela dei beni  
culturali:  
necessità di adeguamento sismico  
e necessità di conservazione**



# Il caso degli Idrovori di S.Siro e Mondine

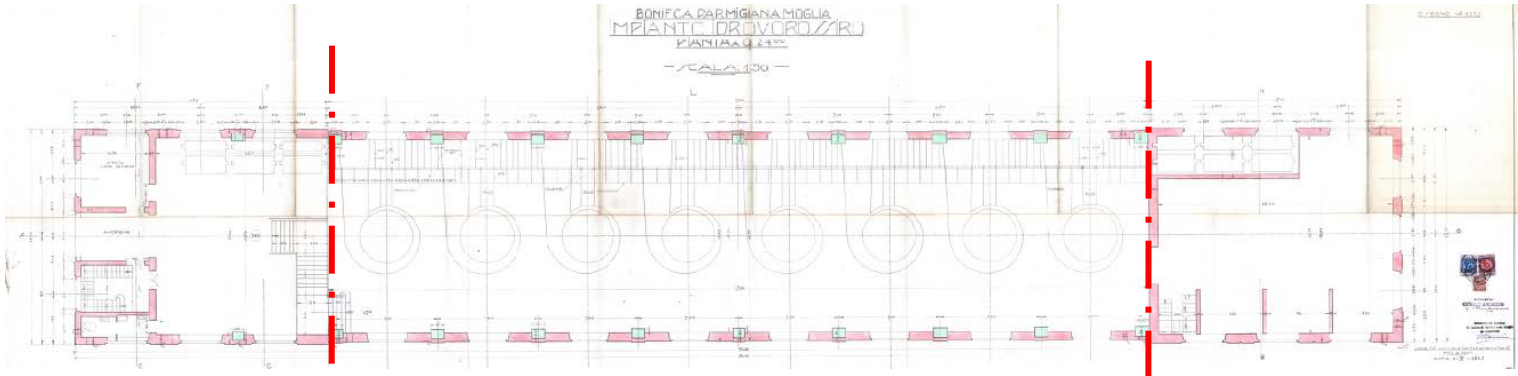


# Vulnerabilità

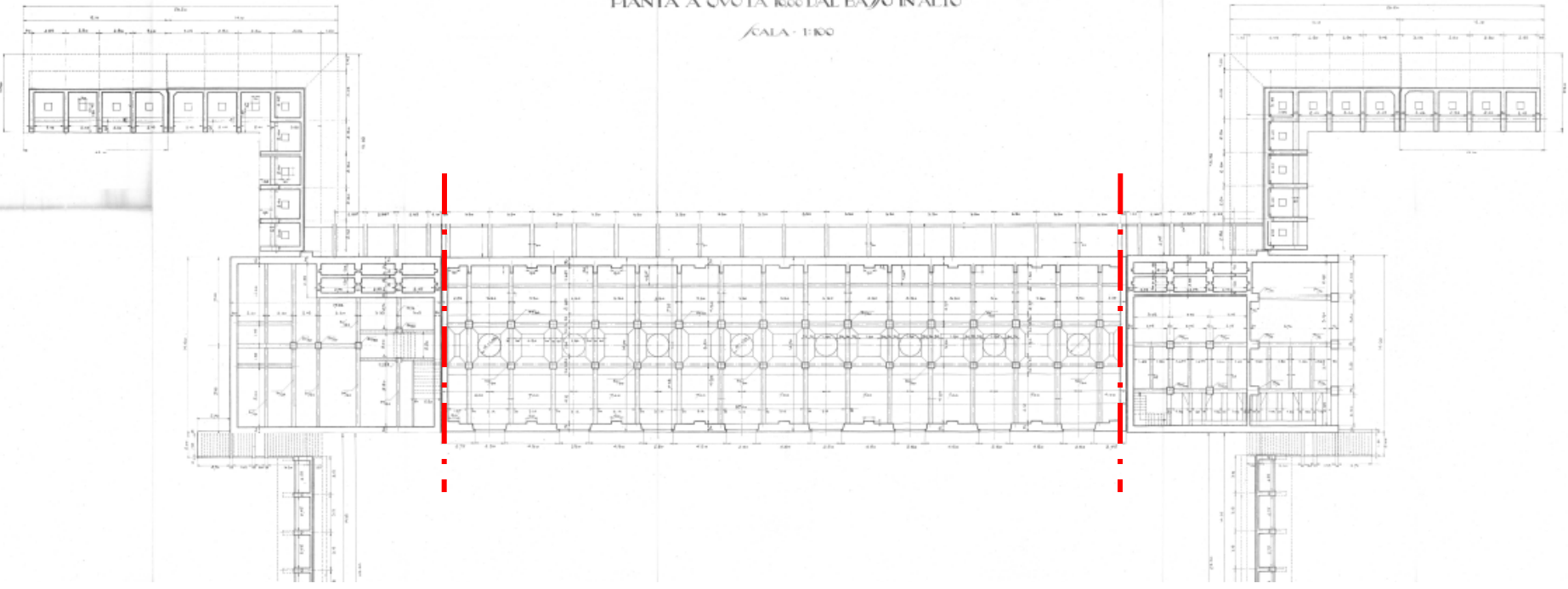
- dimensioni dei giunti di dilazione (pari a 4-5 cm), incompatibili con gli spostamenti relativi dei corpi sotto azioni simiche, che non possono essere allargati senza compromettere essenziali funzioni portanti ed anche aspetti estetici-formali, né eliminati senza compromettere la risposta strutturale alle variazioni termiche;
- irregolarità strutturali presenti nel corpo collocato all'estremità Nord e nel corpo collocato all'estremità Sud (torre cabina elettrica) che presenta una parete quasi piena verso la centrale e pareti molto forate sugli altri due lati, setti murari molto snelli;
- totale mancanza di irrigidimenti trasversali nel corpo centrale, costituito da due pareti longitudinali molto forate e con via di corsa per carro ponte e copertura realizzata con travi in c.a., indipendenti l'una dall'altra, che presentano evidenti segni di carenza d'armatura, anche solo nei confronti delle azioni statiche.



# PROBLEMATICHE LEGATE AI GIUNTI TERMICI



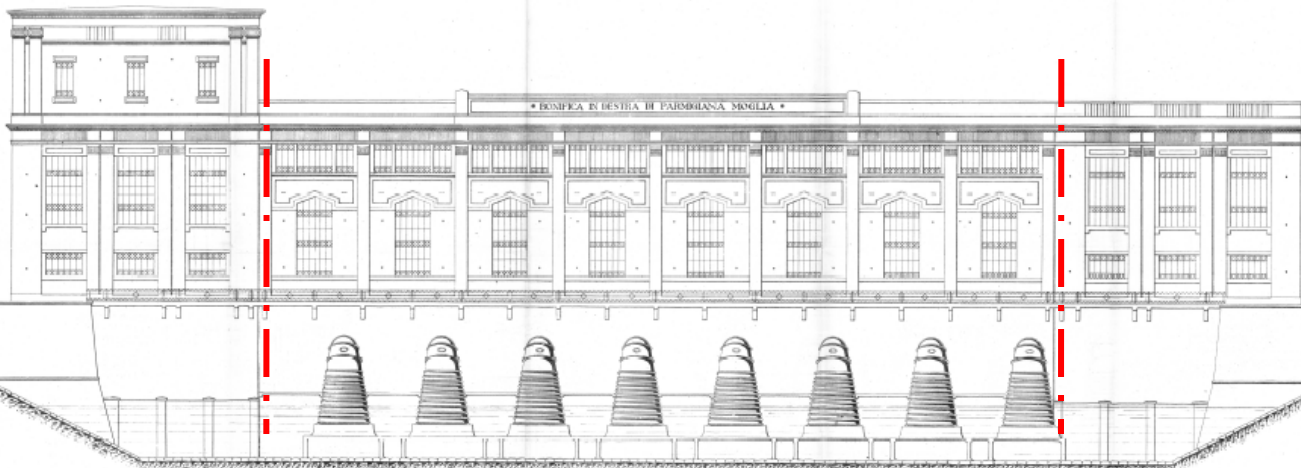
IMPIANTO IDROVORO SAN SIRO  
PIANTA A QUOTA 1600 DAL BASSO IN ALTO  
SCALA 1:100



# PROBLEMATICHE LEGATE AI GIUNTI TERMICI

BONIFICA IN DE STRA  
DI PARMIGIANA, MOGLIA.

IMPIANTO IDROVORO SAN SIRO  
FRONTE VERSO LO SCARICO  
SCALA 1:100





# ESPULSIONE MURATURA D'ANGOLO – EFFETTI TORSIONALI (Mondine)





# VULNERABILITA' DI ELEMENTI SECONDARI – PARAPETTO

(attivazione allo stadio iniziale di un meccanismo di ribaltamento)





# Esito delle verifiche e progetto

Prof. Ing. Claudio Modena

Ordinario di Tecnica delle Costruzioni Università di Padova,

membro della Commissione Nazionale Grandi Rischi del Dipartimento di Protezione Civile

Le indagini e le verifiche di vulnerabilità sismica condotte sull'edificio di San Siro in seguito agli eventi sismici del maggio 2012 hanno confermato la presenza di debolezze intrinseche, riscontrabili anche dalla diffusione e tipologia dei danni attivati dal terremoto, tali da rendere necessari, **ai fini del suo adeguamento sismico quale opera con funzione pubblica strategica**, interventi di rinforzo:

- di notevole impatto, dal punto di vista della accettabilità ai sensi della conservazione;
- di notevole difficoltà di tipo costruttivo;
- dall'efficacia incerta, in quanto legata al comportamento del sistema fondazionale, le cui caratteristiche non sono del tutto note e di difficile indagine.

Fermo restando che alcune soluzioni strutturali sono state scartate in quanto avrebbero comportato la messa fuori servizio di apparecchiature elettromeccaniche fondamentali per la funzionalità dell'impianto.

# Cosa fare

Coerentemente con il fatto che **per un bene culturale** non è prescritto il raggiungimento di un prefissato livello di sicurezza, vengono proposti in questa “fase provvisoria” una serie di interventi di minor impatto volti al “miglioramento”, e non all’adeguamento, del comportamento sismico dell’edificio, ***in grado di garantire un livello di sicurezza INFERIORE a quello indicato nelle più recenti normative per strutture strategiche e rilevanti,***

ma comparabile con quello richiesto in condizioni di emergenza dalle recenti norme e ordinanze, emesse in seguito agli eventi sismici dell’Abruzzo e dell’Emilia Romagna ***per gli edifici civili ed industriali di importanza ordinaria NON appartenenti alle categorie “rilevanti e strategiche” (circa il 60% declassando dall’uso IV all’uso II).***



# Scenario aperto

Quindi per l'idroforo di S. Siro (struttura strategica per il territorio; da collocare in classe d'uso IV) risulta evidente che, considerate la maggiore probabilità e le maggiori conseguenze di un eventuale collasso, nonché degli effetti indotti sul territorio per l'eventuale mancato funzionamento dell'impianto, si pone il tema e la necessità di valutare attentamente la possibilità di delocalizzare la funzione ripensando alla destinazione d'uso della struttura edilizia esistente.

Per Mondine tale scelta è già stata effettuata.