

**CENTRO FAMIGLIA DI NAZARETH**

**Incontro formativo - 2018**

# **IL TERRITORIO DI PIANURA E LA PROGETTAZIONE INTEGRATA DEI BACINI DI INVASO**

*L'Estimo nella servitù d'allagamento.*

*- Uno strumento di tutela ambientale*

*per la salvaguardia idraulica del territorio -*



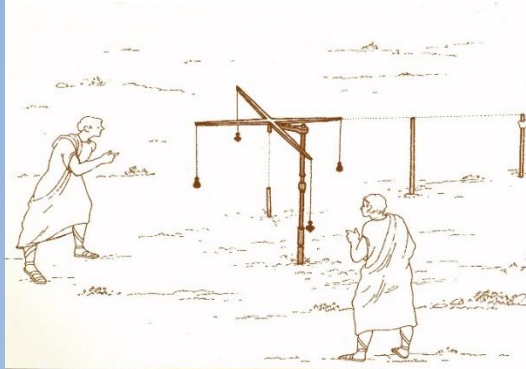
**Ing. Fabio Paglione**

**Consorzio della Bonifica Burana - Modena**

**Modena – 19 Gennaio 2018**

200 a.C. – 400 d.C.

I Romani e la centuriazione



I Romani compiono opere di grande rilievo nella pianura, circoscrivendo sempre di più le zone paludose e suddividendo il territorio recuperato in appezzamenti coltivabili, dette *centurie*, costituite da particelle quadrate di circa 710 m.



1200 – 1700 d.C.

Le prime bonifiche estensive



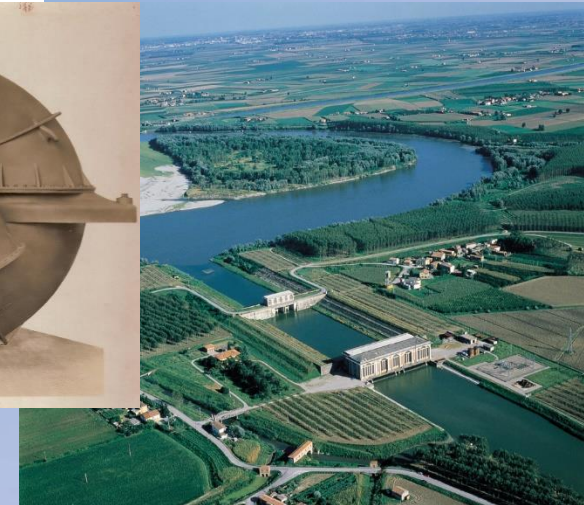
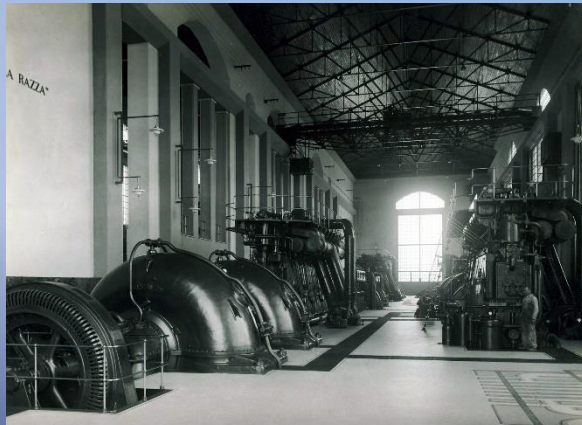
Sotto la guida dei monaci benedettini prima e delle grandi signorie dopo, l'uomo intraprese una complessa opera di inalveamento e rettifica dei corsi d'acqua, affiancata dalla realizzazione di microbacini di scolo protetti da arginature, detti *serragli*, nelle zone più depresse.

1800 – 1900 d.C.

La bonifica moderna

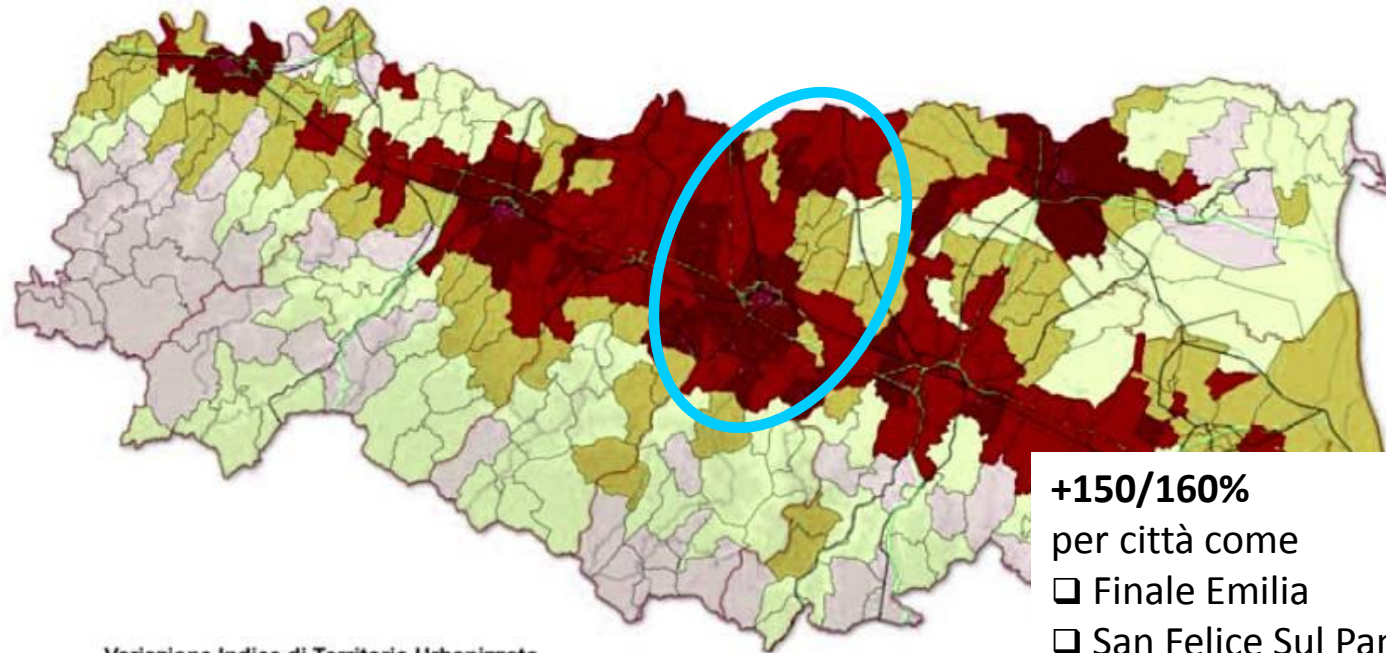


Durante il periodo napoleonico vennero iniziate le prime grandi opere di bonifica a scala di bacino. Successivamente, con l'avvento della meccanica e la distribuzione dell'energia elettrica, la bonifica raggiunge l'apice del suo progresso e si sperimentano le prime forme di sollevamento meccanico delle acque di scolo, riuscendo a drenare anche territori che rimanevano sommersi per la maggior parte dell'anno.

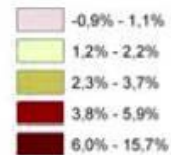




VARIAZIONE DELL'INDICE DI TERRITORIO URBANIZZATO (%) - Anno 1994 - 2003



Variation Index of Urbanized Territory  
(territ. urbanizzato / territ. comunale, variaz. %)  
Periodo 1994 - 2003



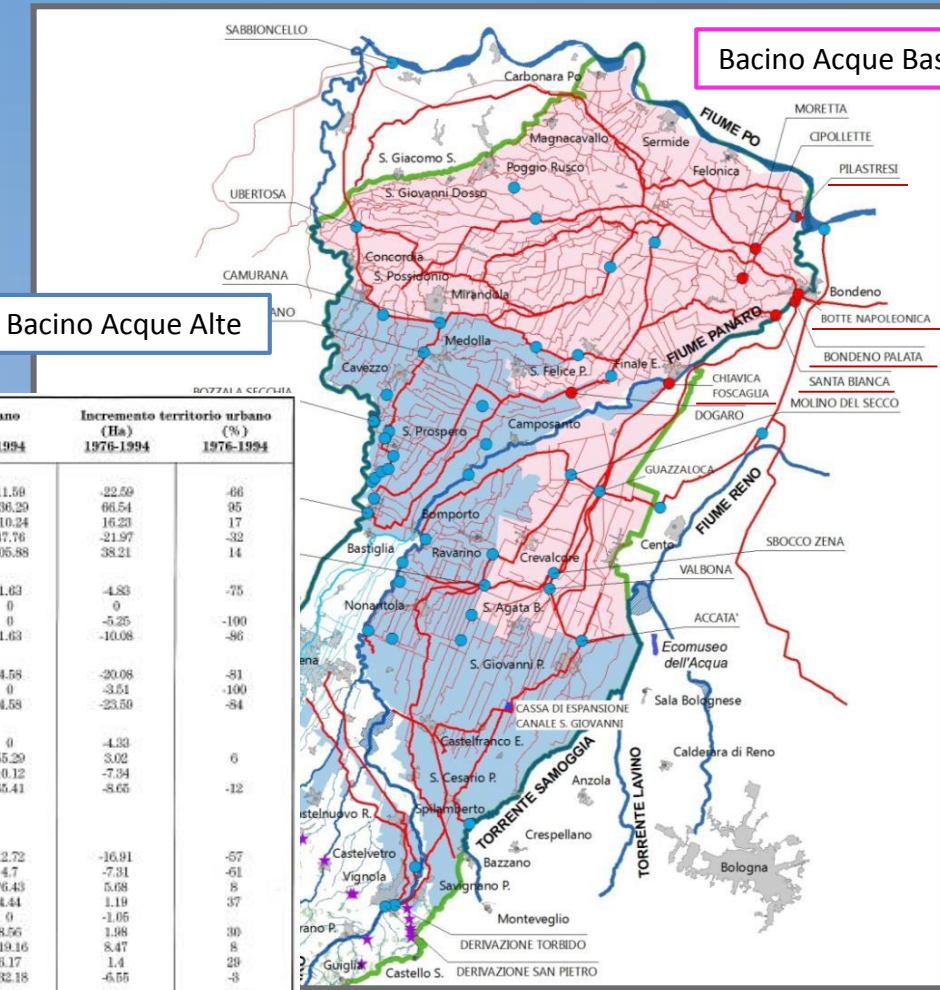
**+150/160%**  
per città come  
 Finale Emilia  
 San Felice Sul Panaro  
 San Possidonio

tra il **1976** e il **2003**

Elaborazioni su Fonte dati ISTAT & Regione Emilia Romagna

L'adeguamento strutturale del reticolo idrografico e dei suoi sistemi di gestione e protezione dalle acque di scolo non ha potuto seguire la rapida evoluzione urbanistica degli ultimi 60 anni

**SUPERFICIE TOTALE COMPENSORIO DI PIANURA 156.471 ha**



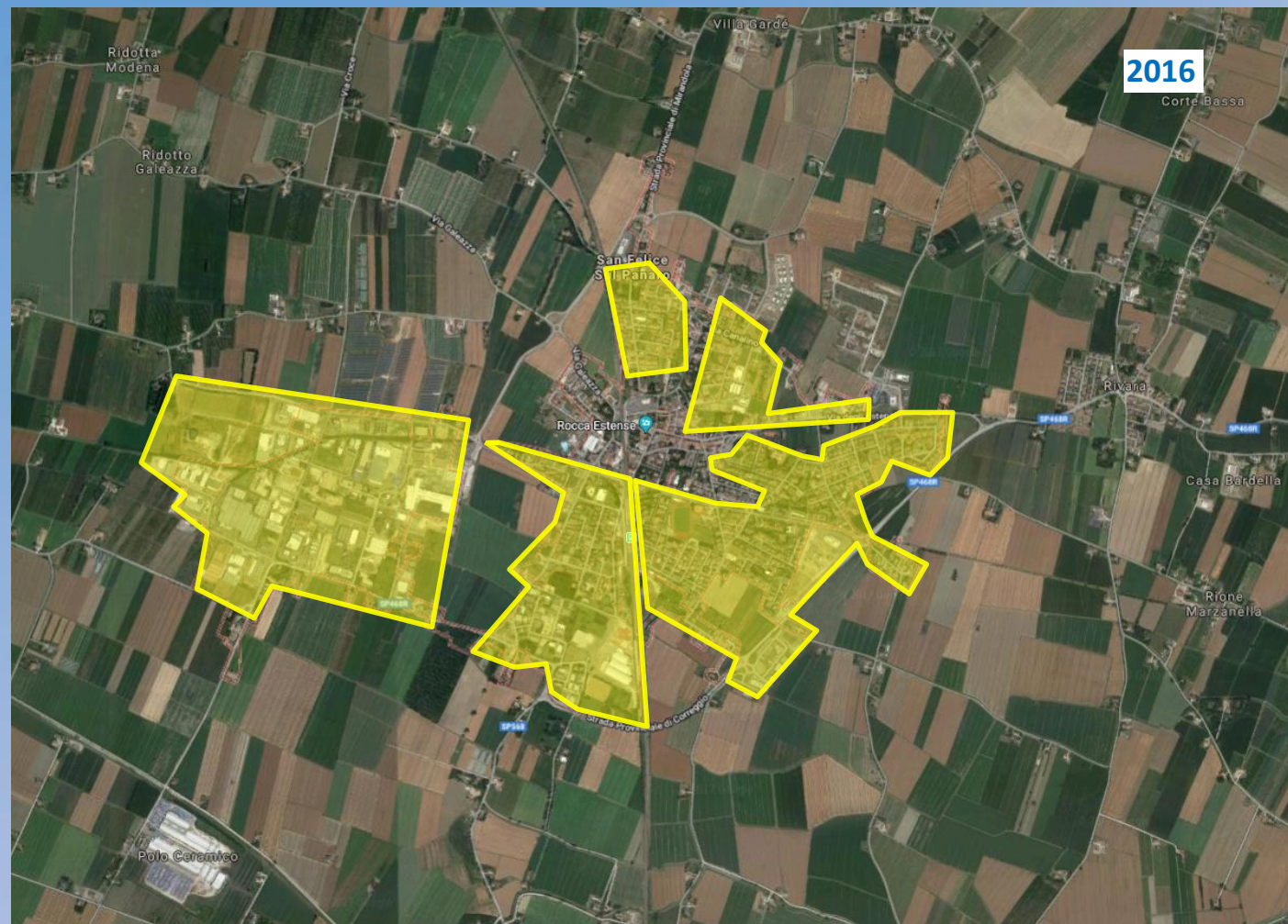
	Estensione (Ha)	Territorio urbano (Ha)		Incremento territorio urbano (%)	
		1976	1994	1976-1994	1976-1994
<b>A BACINO DI SCOLO CAVO VALLICELLA</b>					
Sottobacini:	A0 Cavo Vallicella	3,236	34.18	11.58	-22.59
	A1 Fossa San Pietro	2,278	69.75	136.29	66.54
	A2 Cavo Fiumicello	3,344	94.91	110.24	16.23
	A3 Cavo Dogaro	1,759	69.73	47.76	-21.97
<b>Tot:</b>	<b>10,617</b>	<b>267.67</b>	<b>306.88</b>	<b>38.21</b>	<b>14</b>
<b>B BACINO DI SCOLO DUGALE SMIRRA</b>					
Sottobacini:	B1 Dugale Smirra	660	6.48	1.63	-4.83
	B2 Dugale Castelvetri	115	0	0	0
	B3 Dugale Corrente	496	5.25	0	-5.25
<b>Tot:</b>	<b>1,271</b>	<b>11.71</b>	<b>1.63</b>	<b>-10.08</b>	<b>-86</b>
<b>C BACINO DI SCOLO DUGALE DELL'OCA</b>					
Sottobacini:	C1 Dugale dell'Oca	633	24.66	4.58	-30.08
	C2 Fosso Feltri	113	3.51	0	-3.51
<b>Tot:</b>	<b>746</b>	<b>28.17</b>	<b>4.58</b>	<b>-23.59</b>	<b>-84</b>
<b>D BACINO DI SCOLO DUGALE DELEINI</b>					
Sottobacini:	D1 Dugale Delfini	440	4.33	0	-4.33
	D2 Fossella Vecchia	562	52.27	55.29	3.02
	D3 Fosso Nespoli	118	17.46	10.12	-7.34
<b>Tot:</b>	<b>1,150</b>	<b>74.06</b>	<b>65.41</b>	<b>-8.65</b>	<b>-12</b>
<b>BACINI DI SCOLO DI CANALI CHE SI IMMETTONO DIRETTAMENTE NEL DIVERSIVO DI BURANA</b>					
	1 Dugale delle Vallette	525	29.63	12.72	-16.91
	2 Dugale Ceresa	450	12.01	4.7	-7.31
	3 Canale Diversivo di Cavezzo	1,815	70.75	76.43	5.68
	4 Cavo Bruino	187	3.25	4.44	1.19
	5 Fossa Beggiana	231	1.05	0	-1.05
	6 Dugale Ramodello	672	6.58	8.56	1.98
	7 Cavo Canalino	778	110.69	119.16	8.47
	8 Allacciamento Cavo Canalino-Div. di Burana	72	4.77	6.17	1.4
<b>Tot:</b>	<b>4,730</b>	<b>298.73</b>	<b>232.18</b>	<b>-6.55</b>	<b>-8</b>
<b>Aree che recapitano direttamente nei principali vettori</b>					
		301	3.77	2.2	-1.57
<b>TOTALE (BACINI SCOLO ACQUE ALTE)</b>	<b>18,815</b>	<b>624.11</b>	<b>611.88</b>	<b>-12.23</b>	<b>-2</b>

	Estensione (Ha)	Territorio urbano (Ha)		Incremento territorio urbano (%)	
		1976	1994	1976-1994	1976-1994
<b>A BACINO DI SCOLO CANALE QUARANTOLI</b>					
Sottobacini:	A1 Dugale Camraccio	3,018	32.54	40.23	7.69
	A2 Fossella Forcole	1,755	95.15	130.69	35.54
	A3 Dugale Zaiotta	1,254	42.67	53.02	10.95
	A4 Dugale Mesino	219	0	0	0
	A5 Dugale Smirra di confine in sx	208	1.22	0.4	-0.82
	A6 Dugale Cucco	259	0.48	0	-0.48
	A7 Dugale Acquaviva	137	2.82	0	-2.82
	A8 Tromba Panigali	521	76.14	85.29	9.15
	A9 Dugale Morselli	90	0.89	0.97	0.08
	A10 Dugale Bruino	914	147.06	180.34	33.28
	A11 Fosso Meschieri	165	0	9.24	9.24
	A12 Fossa Scaletta	1,305	13.72	27.74	14.02
	A13 Fossa Nastina	1,340	19.46	68.58	49.12
	A14 Dugale delle Pietre	1,139	67.51	128.85	59.34
	A15 Dugale Piva ramo Seconda	1,664	5.87	33.6	27.73
	A16 Cavettino Dragonesello	605	2.9	22.37	19.47
	A17 Cavettino Co' di Rondino	178	1.48	7.81	6.33
	A18 Fosso Bigozzi	83	0	0	0
	A19 Cavo Bisatello	79	7.87	10.62	2.75
<b>Tot:</b>	<b>15,233</b>	<b>517.18</b>	<b>797.75</b>	<b>280.57</b>	<b>54</b>
<b>B BACINO DI SCOLO CANALE DI SERMIDE</b>					
Sottobacini:	B0 Canale di Sermide	3,144	66.29	243.79	187.5
	B1 Canale Pandaina	3,750	51.82	187.08	135.86
<b>Tot:</b>	<b>6,894</b>	<b>108.11</b>	<b>431.47</b>	<b>323.36</b>	<b>289</b>
<b>C BACINO DI SCOLO A.B.S. (Allacciamento di Felonica-Ironzo-Cipollette)</b>					
Sottobacini:	C0 Scolo A.B.S.	2,795	31.45	69.89	38.44
	C1 Dugale Baglora Roverella	1,847	8.33	162.3	93.37
	C2 Scolo di Felonica	1,386	29.61	102.94	73.33
<b>Tot:</b>	<b>6,028</b>	<b>69.39</b>	<b>273.15</b>	<b>214.14</b>	<b>213</b>
<b>D BACINO DI SCOLO CAVO RUSCO I'</b>					
Sottobacini:	D1 Fossa Beggina	2,665	30.58	36.02	-6.59
	D1a Cavo di Gatto	2,494	45.6	73.5	35.7
	D1b Cavo di Gopa	2,462	7.4	17.38	0.92
	D2 Canale Bagrot	6,771	226.39	192.59	-32.4
	D2a area di raccolta di D totale	2	0	0	0
<b>Tot:</b>	<b>14,376</b>	<b>315.97</b>	<b>395.43</b>	<b>12.46</b>	<b>4</b>
<b>E BACINO DI SCOLO CAVO CAVALLETTA</b>					
Sottobacini:	E0 Cavo Cavalletta	835	21.42	32.77	1.35
	E1 Cavo Fimballa	114	3.52	11.82	8.3
	E2 Fossa Rovene	107	0	1.6	-1.6
	E3 Cavo Capran	125	0	0	0
<b>Tot:</b>	<b>1,187</b>	<b>24.94</b>	<b>46.19</b>	<b>2.25</b>	<b>8</b>
<b>BACINI DI SCOLO DI CANALI CHE SI IMMETTONO DIRETTAMENTE NEL COLLETTORE DI BURANA</b>					
	1 Bacino di scolo Fosso Dragoneo	100	0	0	0
	2 Bacino di scolo Fossa di Confine	145	1.90	4.03	2.04
	3 Bacino di scolo Cavo Fossa Lata	437	1.31	5.27	3.96
	4 Bacino di scolo Torre Vecchie 1°	398	4.54	9.7	5.06
	5 Bacino di scolo Cavo Favaiana	51	0.22	10.64	14.42
	6 Bacino di scolo Fossella Cavo Penoi	113	11.5	70.99	59.49
	7 Bacino di scolo Torre Vecchie 2°	98	0.33	0	-0.33
	8 Bacino di scolo Cavo Fuscig Stazioni	48	0	2.24	2.24
	9 Bacino di scolo Cavo Canale	154	9.15	24.46	15.31
	10 Bacino di scolo Cavettino Madrione	165	0	1.03	1.03
	11 Bacino di scolo Cavo Castle	545	13.27	14.16	0.88
	12 Bacino di scolo Dogare Liguzze	2,823	135.41	99.58	-11.83
	13 Bacino di scolo Cavo Foretto - Gualinga	2,899	102.8	103.28	0.42
	14 Bacino di scolo Cavo Bondone 1°	283	0	9.52	9.52
	14a Bacino Diversivo - del Ruscione 1°	110	2.4	0	-2.4
	14b Bacino Cavo Rondone 2°	435	73.00	08.11	24.15
<b>Tot:</b>	<b>6,012</b>	<b>246.87</b>	<b>453.33</b>	<b>113.33</b>	<b>33</b>
<b>Aree che recapitano direttamente nei principali vettori</b>					
		1,793	0	19.06	19.06
<b>TOTALE (BACINI SCOLO ACQUE BASSE)</b>	<b>54,464</b>	<b>1381.76</b>	<b>2348.96</b>	<b>947.2</b>	<b>70</b>

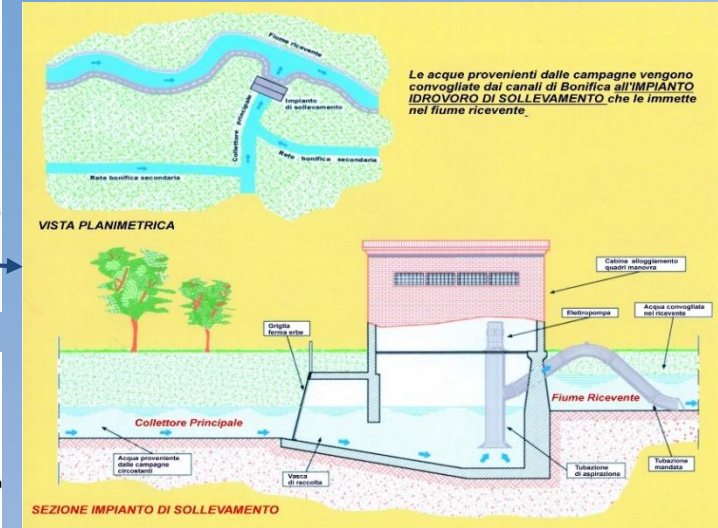
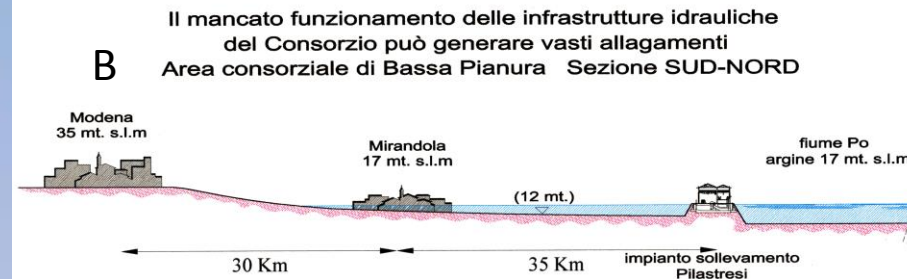
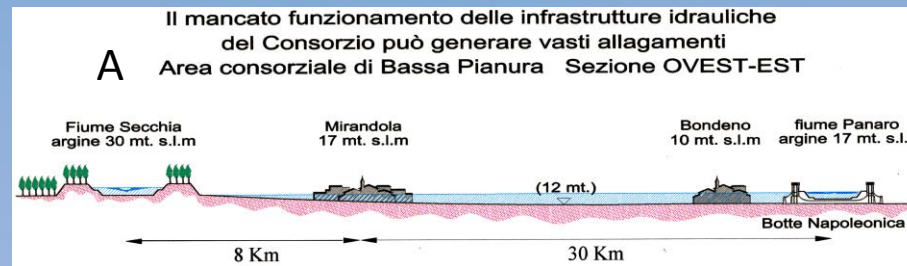
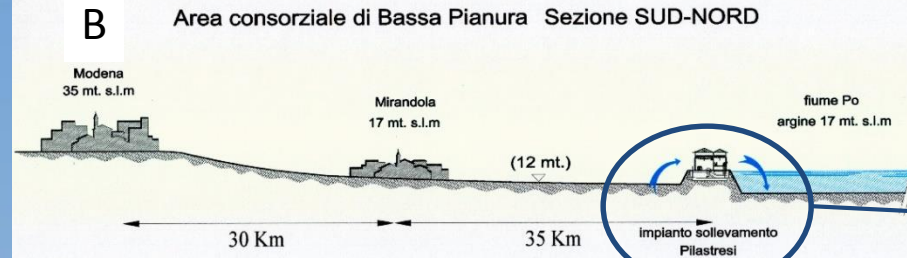
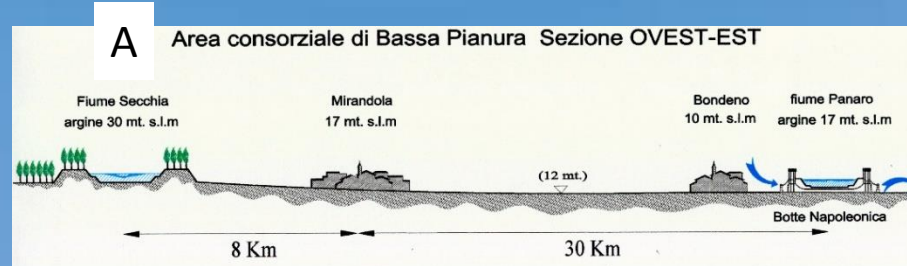
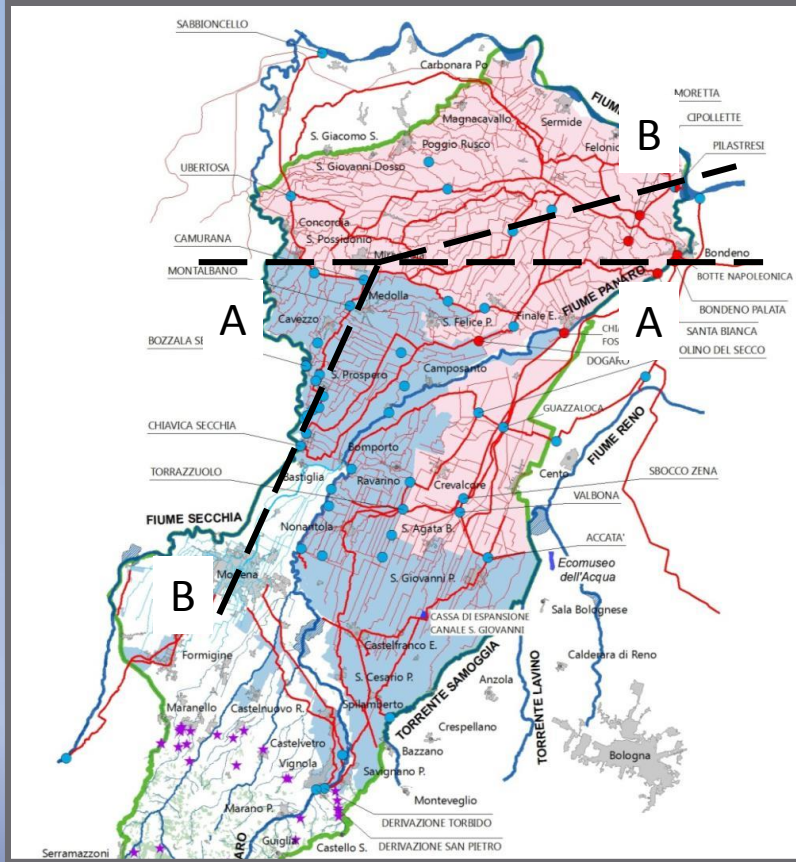


SAN FELICE s/P

+ 438 % aumento superficie urbanizzata





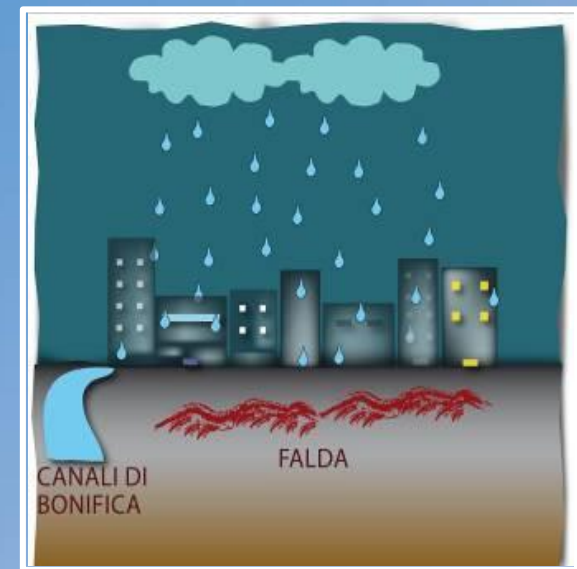
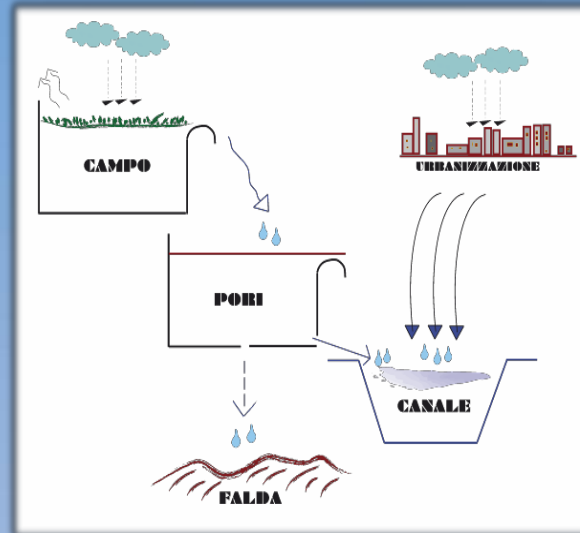




EFFETTI DELL'URBANIZZAZIONE SUL DEFLUSSO  
DELLE PIENE VERSO IL RETICOLO DI BONIFICA:

+ 35 % di portate defluite

+ 70 % di volume defluito



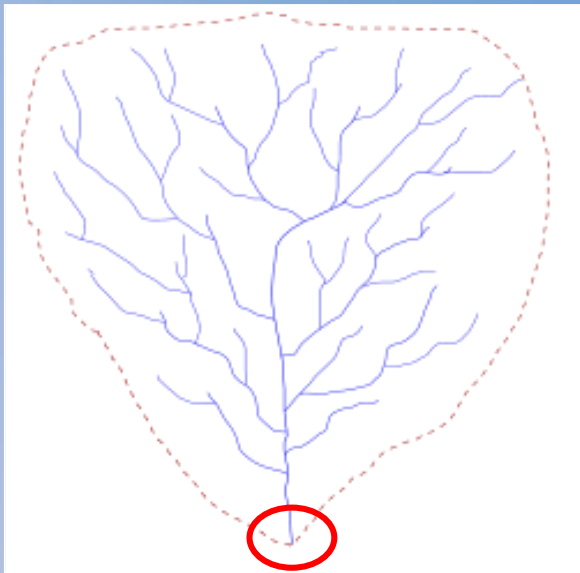


L'onda di piena con il Metodo Cinematico

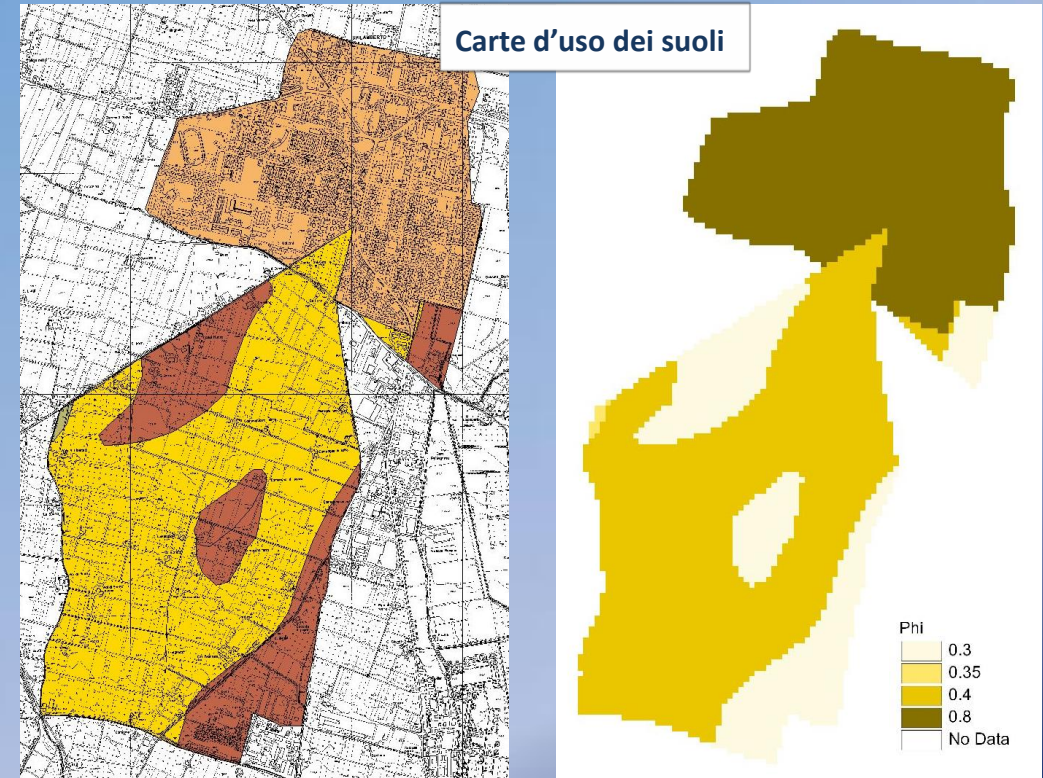
$$Q = \phi * i * A$$

- $\phi$  = coefficiente di afflusso
- $i$  = intensità di pioggia di assegnato tempo di ritorno
- $A$  = area contribuyente

L'IMPERMEABILIZZAZIONE DOVUTA ALL'URBANIZZAZIONE CAUSA UNA MODIFICA DEL COEFFICIENTE DI AFFLUSSO E PERTANTO DELLE DINAMICHE DI AFFLUSSO-DEFLUSSO TRA PRECIPITAZIONE ED ONDA DI PIENA.



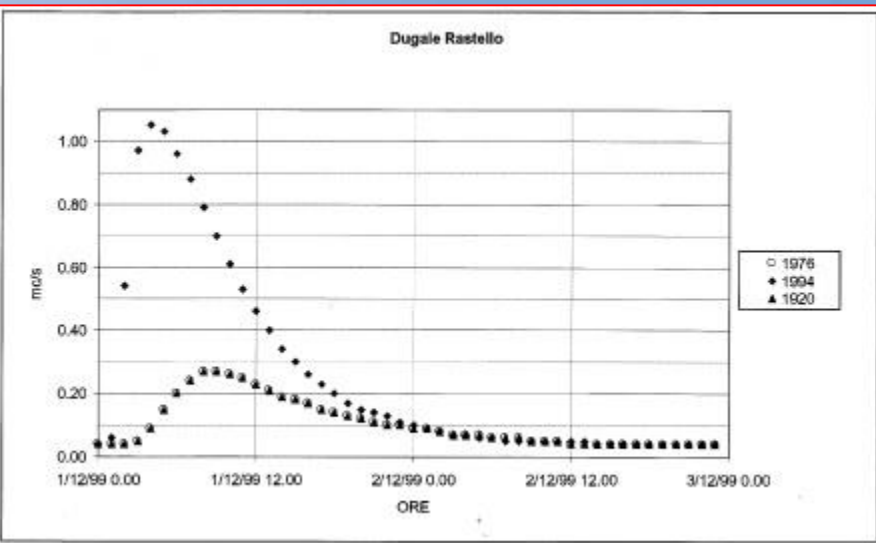
Il bacino idrografico è definito come quella porzione di territorio il cui deflusso idrico superficiale viene convogliato verso una fissata sezione di un corso d'acqua che è definita sezione di chiusura del bacino.





## EFFETTI SUL TERRITORIO CONSORTILE, INDOTTI DALL'ESPANSIONE DELLE AREE URBANE – DAGLI ANNI 1920 AD OGGI

- modellazione di eventi impulsivi della durata oraria -



Acque alte:

$$\Delta Q_{\max} = 35.1\% \quad \Delta V = 27.9\%$$

Acqua basse:

$$\Delta Q_{\max} = 19.3\% \quad \Delta V = 11.2\%$$

alcuni esempi di canali

**Dugale Rastello (acque basse):**

$$\Delta Q_{\max} = 115.9\% \quad \Delta V = 92,4\%$$

Cavalletta (acque basse):

$$\Delta Q_{\max} = 18.7\% \quad \Delta V = 14.5\%$$

Uguzzone Superiore (acque basse):

$$\Delta Q_{\max} = 74.5\% \quad \Delta V = 53.6\%$$

Bruino (acque basse):

$$\Delta Q_{\max} = 88.1\% \quad \Delta V = 56.7\%$$

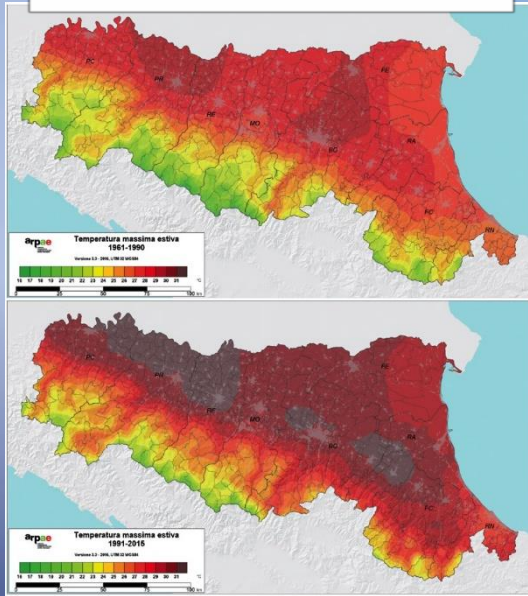
Fossetta Vecchia (acque alte):

$$\Delta Q_{\max} = 42.2\% \quad \Delta V = 32.3\%$$

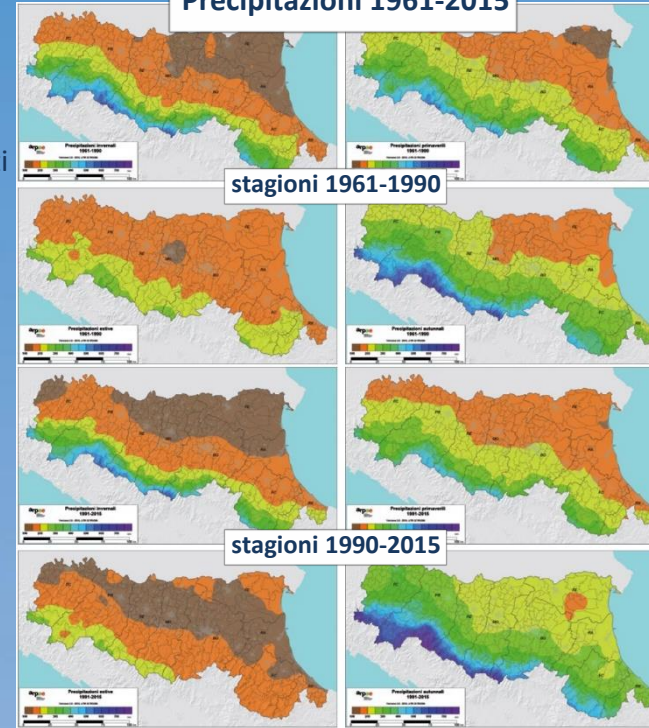
L'alterazione delle dinamiche di afflusso-deflusso delle acque alla rete di canali di bonifica, comporta una modifica delle azioni e manovre idrauliche che i tecnici consortili devono mettere in atto per fronteggiare l'evento di piena.

- Registrata una forte diminuzione delle piogge a partire dagli anni '80
- Sedici degli ultimi ventidue anni (1995-2017) sono stati fra i più caldi mai registrati da quando è nata la meteorologia moderna (1850)
- I ghiacciai alpini sono in progressiva contrazione
- Tropicalizzazione del clima: eventi brevi a fortissima intensità
- La temperatura media è aumentata

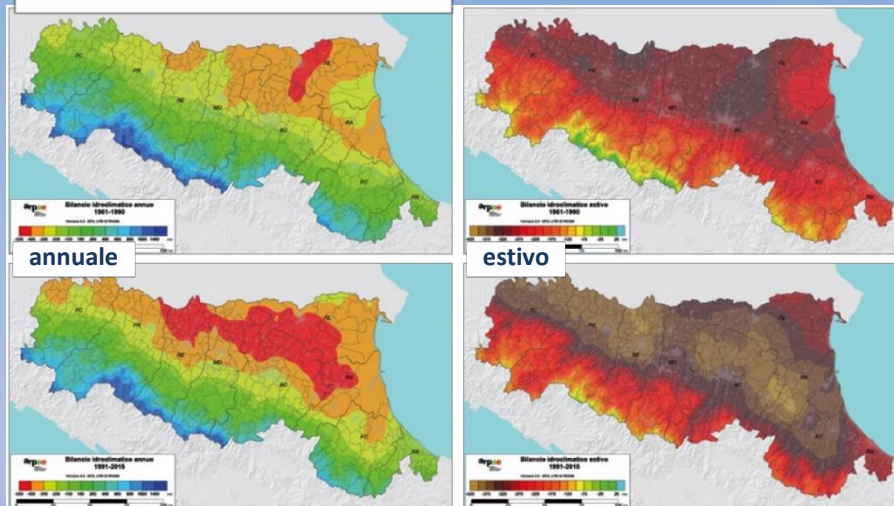
**Temperatura max estiva 1961-2015**



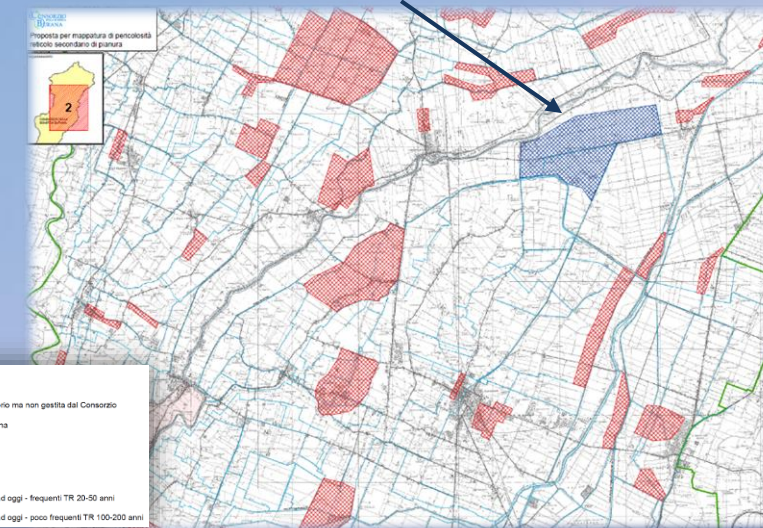
**Precipitazioni 1961-2015**



**Bilancio idroclimatico 1961-2015**



Nel 1999, il comprensorio consortile è stato interessato da un evento con tempo di ritorno ventennale, tuttavia una piccola porzione all'interno del territorio comunale di Crevalcore (BO) è stata interessata da un fenomeno duecentennale, con circa 200 mm di pioggia caduti in 1,5 ore.





## INTERVENTI INDIRETTI

- pianificazione territoriale mediante strumenti gerarchizzati di piano, che promuovano una gestione integrata del territorio;
- riqualificazione territoriale, mediante interventi di manutenzione e recupero di aree dismesse.

## INTERVENTI DIRETTI

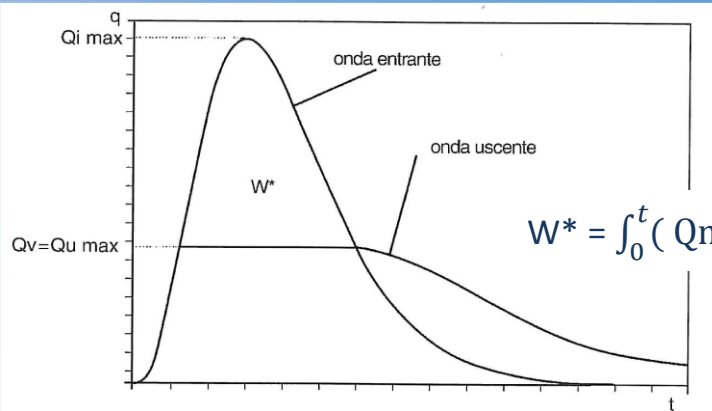
### A livello di macro bacino:

- decongestionamento bacini idraulici sovraccarichi verso altri che hanno disponibilità a sopportare nuove portate idriche;
- ampliamento collettori principali;
- realizzazione volumi di invaso dove stoccare temporaneamente le acque di piena (casse espansione);
- potenziamento/realizzazione impianti idrovori.

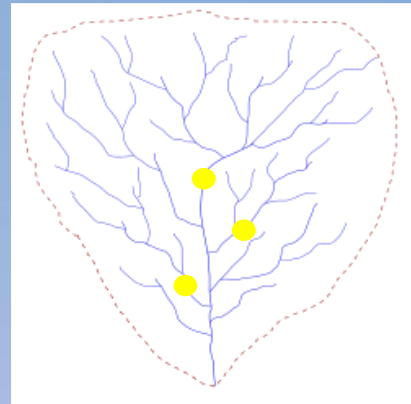
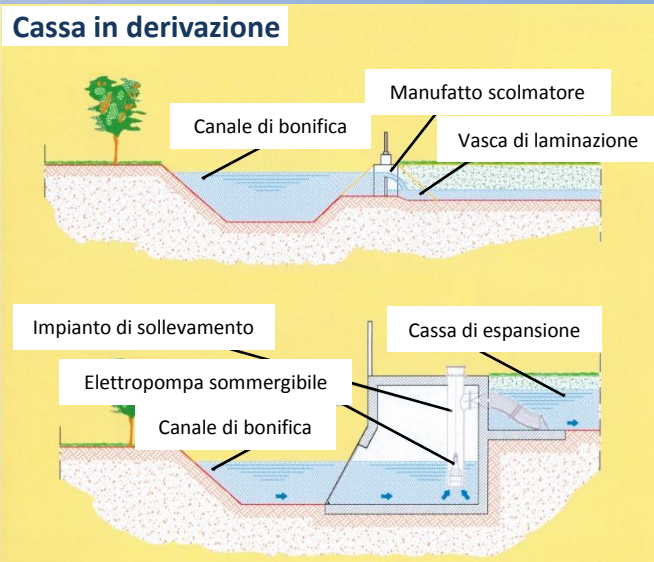
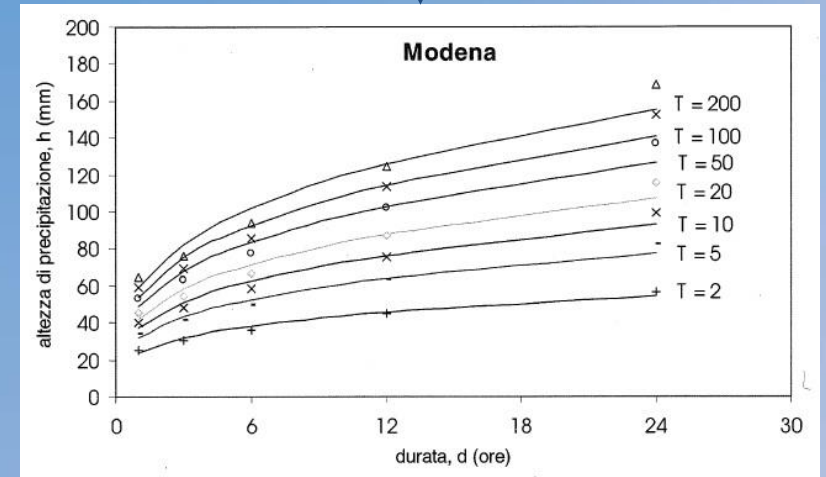
### A livello di micro bacino:

- decongestionamento bacini idraulici sovraccarichi verso altri che hanno disponibilità a sopportare nuove portate idriche;
- svincolo aree di scolo urbane dai livelli idrici dei corpi riceventi;
- ampliamento rete idrica di scolo minore (ampliamento sezioni, adeguamento tratti tombinati, etc);
- regolazione della scabrezza del fondo e delle sponde del corso d'acqua;
- realizzazione impianti idrovori minori di risollevarimento;
- **realizzazione di volumi di invaso dove stoccare temporaneamente le acque di piena (casse espansione): sfruttamento aree agricole di scarso valore o zone umide preesistenti.**

Funzionamento e criteri progettuali



La progettazione di una cassa d'espansione deve essere preceduta da un'attenta conoscenza dei fenomeni meteorologici ed idrologici che interessano il bacino idrografico afferente a quel corso d'acqua oggetto di intervento.



Si individua un evento con tempo di ritorno T e si procede con la modellazione afflussi-deflussi sul bacino considerato, individuando eventuali punti critici e definendo dove possa essere meglio localizzata l'opera.

$$Q = \phi * i * A$$

Mediante l'analisi statistica delle piogge si costruiscono le curve di possibilità pluviometrica per differenti tempi di ritorno (T).

Il tempo di ritorno definisce la probabilità che un determinato fenomeno si verifichi almeno una volta nell'arco di tempo prefissato.

Nella progettazione di una cassa d'espansione, la scelta dell'esatta ubicazione deve tenere conto, oltre che di condizioni idrauliche, anche di altri fattori:

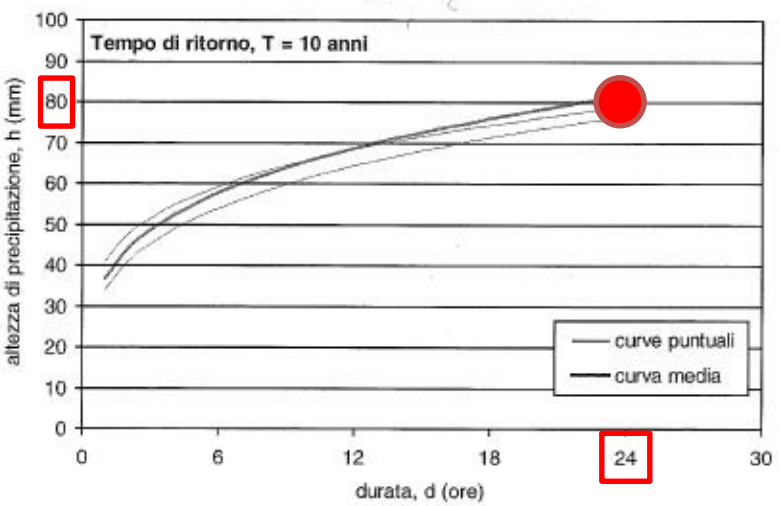
- Condizioni topografiche ed ambientali;
- Condizioni economiche (favorire anche il recupero di opere esistenti).



La servitù d'allagamento nasce con l'obiettivo di proteggere le aree vulnerabili del comprensorio, garantendo gli stessi livelli di sicurezza di una cassa d'espansione; allo stesso tempo consente di ridurre la spesa a carico delle amministrazioni.

I criteri di progettazione sono i medesimi di una cassa di espansione tuttavia, dal punto di vista economico, si eliminano i costi di esproprio, fatta eccezione per le aree su cui realizzare le arginature ed i manufatti idraulici necessari alla regolazione dei flussi.

Dalla modellazione idraulica della rete di bonifica è stato verificato che eventi meteorici critici si verificano con Tempi di ritorno tra 6 e 16 anni



**1) Rilievo topografico dell'area**

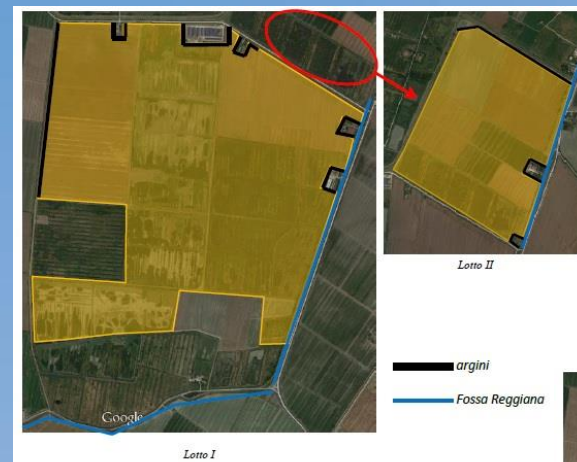
Ricostruzione del modello altimetrico del terreno mediante strumentazione GPS e Stazione Totale.

**2) Definizione dell'invaso e progettazione delle arginature**

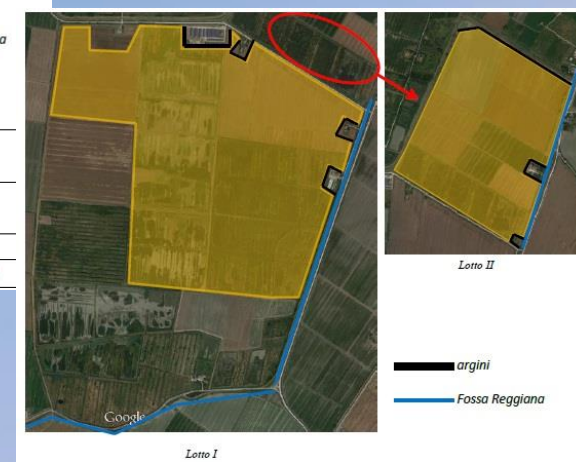
Si ipotizza di riempire il bacino di invaso con un battente compreso tra 1÷2.5m, a seconda della quota del terreno. Di conseguenza le arginature avranno un'altezza compresa tra 1.5÷3m con larghezza in sommità pari a 4m, al fine di consentire il transito dei mezzi di lavoro.

**3) Opera di presa**

E' preferibile riempire l'invaso mediante sistemi a gravità, mediante una serie di scatolari di sezione utile pari a circa 4 m<sup>2</sup> o uno sfioratore equivalente. Inoltre andranno inserite paratoie di regolazione ed una vasca di dissipazione in sasso.



	LOTTO I	LOTTO II
Superficie da espropriare (base dell'argine)	2,2 (ha)	1,1 (ha)
Superficie da destinare a servitù d'invaso	191,4 (ha)	78 (ha)
Altezza massima d'invaso	1,6 (m)	2 (m)
Volume massimo invasabile	1.947.700 (m <sup>3</sup> )	1.147.198 (m <sup>3</sup> )



	LOTTO I	LOTTO II
Superficie da espropriare (base dell'argine)	1,1 (ha)	0,9 (ha)
Superficie da destinare a servitù d'invaso	157,0 (ha)	78,2 (ha)
Altezza massima d'invaso	1,1 (m)	1,5 (m)
Volume massimo invasabile	1.103.011 (m <sup>3</sup> )	773.508 (m <sup>3</sup> )

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!