

**DEGLI EFFETTI DELLA PIENA 2002
SUI LIVELLI LAGO
CON RITENUTA INIZIALE
SUPERIORE A + 1,00**

giugno 2013

SIMULAZIONE

CONSORZIO DEL TICINO
MILANO

INDICE

- 1. Ipotesi di simulazione
 - 1.1 L'evento del 2002
 - 1.2 La simulazione
- 2. Risultati
 - 2.1 Andamento della piena
 - 2.2 Analisi dei risultati

1. Ipotesi di simulazione

Il presente studio esamina gli effetti di una piena caratteristica del periodo primavera – inizio estate che trovi lo sbarramento nelle condizioni di ritenuta prossimo a + 1,50 m sullo zero di Sesto Calende.

In altri termini vogliamo capire a quali livelli arriverebbe il colmo di una piena conseguente a un evento atmosferico che producesse determinati afflussi al lago, trovando lo sbarramento della Miorina in un assetto di portine volto a tenere il livello attorno al metro e cinquanta o immediatamente al di sotto, quindi con deflussi determinati da tale assetto.

Per analizzare una situazione reale, prendiamo in esame l'assetto e i deflussi del maggio 2008, segnatamente del 17 maggio, e a partire da questa situazione reale carichiamo il lago con l'ideogramma in ingresso della piena dell'inizio maggio 2002, che tra quelle recenti del periodo è risultata la più gravosa.

Per calcolare la portata in afflusso al lago abbiamo fatto ricorso all'equazione di continuità:

$$Q_a = Q_e + k * (h(t) - h(t-\Delta t))$$

ove Q_a = portata in afflusso

Q_e = portata in deflusso

k = coefficiente che dipende dall'intervallo Δt tra due rilevazioni.

Nel ns. caso si è scelto per k il valore di 24,537 corrispondente a $\Delta t = 24$ ore, che è il valore di riferimento usato nella banca dati del Consorzio.

Quindi, con le portate in afflusso del 2002 e la portata in deflusso iniziale consentita dall'assetto diga del 2008 costruiamo la curva dei deflussi della nostra simulazione e di conseguenza la curva dei livelli della simulazione.

1.1 L'evento del 2002

Iniziamo riportando qui di seguito la tabella delle grandezze orarie dell'evento 2002: sono disponibili anche i valori semiorari, ma per le finalità dello studio essi costituirebbero una mole di dati troppo elevata.

<i>data</i>	$Q_{out\ 2002}$ [m ³ /s]	$Q_{in\ 2002}$ [m ³ /s]	H_{2002} [cm]
02/05/2002 8.00	157	150	-3
02/05/2002 9.00	157	164	-3
02/05/2002 10.00	157	194	-2
02/05/2002 11.00	157	285	2
02/05/2002 12.00	157	285	2
02/05/2002 13.00	157	427	5
02/05/2002 14.00	157	412	7

8	464	157	02/05/2002 15.00
14	621	157	02/05/2002 16.00
12	584	157	02/05/2002 17.00
18	682	157	02/05/2002 18.00
23	844	157	02/05/2002 19.00
26	913	157	02/05/2002 20.00
31	1026	157	02/05/2002 21.00
34	1136	157	02/05/2002 22.00
39	1249	157	02/05/2002 23.00
48	1692	367	03/05/2002 0.00
50	1745	376	03/05/2002 1.00
57	1898	394	03/05/2002 2.00
63	2106	415	03/05/2002 3.00
70	2236	437	03/05/2002 4.00
75	2437	454	03/05/2002 5.00
86	2730	492	03/05/2002 6.00
90	2790	506	03/05/2002 7.00
99	3046	538	03/05/2002 8.00
108	3256	574	03/05/2002 9.00
117	3466	607	03/05/2002 10.00
124	3647	636	03/05/2002 11.00
133	3843	675	03/05/2002 12.00
142	4072	715	03/05/2002 13.00
149	4199	747	03/05/2002 14.00
157	4401	784	03/05/2002 15.00
162	4480	812	03/05/2002 16.00
170	4639	850	03/05/2002 17.00
175	4671	875	03/05/2002 18.00
179	4691	895	03/05/2002 19.00
186	4819	925	03/05/2002 20.00
189	4795	945	03/05/2002 21.00
194	4777	971	03/05/2002 22.00
197	4777	981	03/05/2002 23.00
198	4704	992	04/05/2002 0.00
203	4629	1012	04/05/2002 1.00
205	4735	1023	04/05/2002 2.00
208	4512	1038	04/05/2002 3.00
208	4303	1044	04/05/2002 4.00

211	4229	1054	04/05/2002 5.00
214	4186	1070	04/05/2002 6.00
216	4027	1085	04/05/2002 7.00
214	3858	1073	04/05/2002 8.00
218	3720	1090	04/05/2002 9.00
220	3528	1101	04/05/2002 10.00
222	3431	1117	04/05/2002 11.00
222	3247	1112	04/05/2002 12.00
224	2988	1123	04/05/2002 13.00
226	2952	1139	04/05/2002 14.00
228	2814	1145	04/05/2002 15.00
229	2676	1150	04/05/2002 16.00
229	2547	1156	04/05/2002 17.00
230	2420	1161	04/05/2002 18.00
231	2322	1161	04/05/2002 19.00
233	2303	1172	04/05/2002 20.00
234	2189	1178	04/05/2002 21.00
235	2177	1183	04/05/2002 22.00
235	2081	1183	04/05/2002 23.00
235	2004	1189	05/05/2002 0.00
236	1984	1189	05/05/2002 1.00
236	1923	1189	05/05/2002 2.00
236	1914	1195	05/05/2002 3.00
237	1826	1195	05/05/2002 4.00
237	1831	1200	05/05/2002 5.00
237	1806	1200	05/05/2002 6.00
238	1732	1200	05/05/2002 6.30
238	1784	1200	05/05/2002 7.00
238	1598	1200	05/05/2002 8.00
238	1677	1206	05/05/2002 9.00
240	1773	1211	05/05/2002 10.00
240	1645	1211	05/05/2002 11.00
239	1547	1211	05/05/2002 12.00
240	1555	1211	05/05/2002 13.00
240	1524	1217	05/05/2002 14.00
240	1553	1217	05/05/2002 15.00
241	1509	1217	05/05/2002 16.00
240	1456	1211	05/05/2002 17.00

240	1427	1211	05/05/2002 18.00
240	1412	1211	05/05/2002 19.00
240	1390	1211	05/05/2002 20.00
239	1334	1206	05/05/2002 21.00
239	1312	1206	05/05/2002 22.00
239	1304	1206	05/05/2002 23.00
239	1272	1206	06/05/2002 0.00
239	1272	1206	06/05/2002 1.00
239	1265	1206	06/05/2002 2.00
238	1229	1200	06/05/2002 3.00
237	1200	1200	06/05/2002 4.00
237	1173	1195	06/05/2002 5.00
237	1173	1195	06/05/2002 6.00
236	1137	1189	06/05/2002 7.00
236	1108	1189	06/05/2002 8.00
235	1098	1189	06/05/2002 9.00
235	1085	1183	06/05/2002 10.00
235	1055	1183	06/05/2002 11.00
234	1041	1183	06/05/2002 12.00
233	1036	1178	06/05/2002 13.00
233	1028	1178	06/05/2002 14.00
233	1008	1172	06/05/2002 15.00
232	981	1167	06/05/2002 16.00
231	936	1167	06/05/2002 17.00
231	958	1167	06/05/2002 18.00
231	951	1167	06/05/2002 19.00
231	966	1167	06/05/2002 20.00
230	938	1161	06/05/2002 21.00
229	895	1150	06/05/2002 22.00
230	933	1156	06/05/2002 23.00
229	932	1150	07/05/2002 0.00
226	847	1139	07/05/2002 1.00
226	835	1134	07/05/2002 2.00
226	847	1139	07/05/2002 3.00
226	857	1134	07/05/2002 4.00
224	794	1123	07/05/2002 5.00
223	806	1123	07/05/2002 6.00
222	778	1117	07/05/2002 7.00

222	786	1117	07/05/2002 8.00
222	791	1112	07/05/2002 9.00
221	777	1106	07/05/2002 10.00
220	762	1106	07/05/2002 11.00
219	723	1096	07/05/2002 12.00
219	738	1096	07/05/2002 13.00
219	760	1096	07/05/2002 14.00
218	732	1090	07/05/2002 15.00
217	724	1085	07/05/2002 16.00
216	702	1085	07/05/2002 17.00
215	705	1080	07/05/2002 18.00
216	732	1085	07/05/2002 19.00
215	712	1073	07/05/2002 20.00
215	690	1073	07/05/2002 21.00
211	612	1054	07/05/2002 22.00
213	704	1070	07/05/2002 23.00
213	719	1070	08/05/2002 0.00
211	662	1059	08/05/2002 1.00
211	686	1054	08/05/2002 2.00
210	666	1049	08/05/2002 3.00
207	621	1033	08/05/2002 4.00
206	591	1033	08/05/2002 5.00
207	623	1033	08/05/2002 6.00
206	616	1033	08/05/2002 7.00
205	616	1028	08/05/2002 8.00
203	584	1018	08/05/2002 9.00
204	633	1023	08/05/2002 10.00
203	585	1012	08/05/2002 11.00
203	592	1012	08/05/2002 12.00
201	587	1007	08/05/2002 13.00
202	632	1012	08/05/2002 14.00
201	605	1007	08/05/2002 15.00
202	627	1007	08/05/2002 16.00
202	656	1007	08/05/2002 17.00
201	656	1007	08/05/2002 18.00
200	629	997	08/05/2002 19.00
200	644	1002	08/05/2002 20.00
200	592	997	08/05/2002 21.00

200	658	997	08/05/2002 22.00
198	646	992	08/05/2002 23.00
199	693	992	09/05/2002 0.00
198	657	986	09/05/2002 1.00
197	716	986	09/05/2002 2.00
197	701	986	09/05/2002 3.00
197	731	986	09/05/2002 4.00
197	716	986	09/05/2002 5.00
197	787	981	09/05/2002 6.00
197	785	986	09/05/2002 7.00
198	814	986	09/05/2002 8.00
198	864	992	09/05/2002 9.00
199	909	992	09/05/2002 10.00
200	914	997	09/05/2002 11.00
200	928	997	09/05/2002 12.00
201	992	1007	09/05/2002 13.00
202	1005	1012	09/05/2002 14.00
202	1034	1012	09/05/2002 15.00
204	1077	1018	09/05/2002 16.00
206	1138	1028	09/05/2002 17.00
207	1202	1038	09/05/2002 18.00
208	1238	1044	09/05/2002 19.00
209	1282	1049	09/05/2002 20.00
210	1324	1054	09/05/2002 21.00
212	1368	1059	09/05/2002 22.00
213	1417	1064	09/05/2002 23.00
212	1417	1064	10/05/2002 0.00
215	1507	1080	10/05/2002 1.00
215	1493	1073	10/05/2002 2.00
214	1482	1070	10/05/2002 3.00
214	1482	1070	10/05/2002 4.00
215	1522	1080	10/05/2002 5.00
215	1500	1073	10/05/2002 6.00
215	1500	1073	10/05/2002 7.00
214	1460	1070	10/05/2002 8.00
214	1445	1070	10/05/2002 9.00
215	1448	1073	10/05/2002 10.00
215	1434	1073	10/05/2002 11.00

12/05/2002 1.00	986	672	198
12/05/2002 0.00	992	678	198
11/05/2002 23.00	997	698	199
11/05/2002 22.00	992	661	199
11/05/2002 21.00	997	688	200
11/05/2002 20.00	1002	710	201
11/05/2002 19.00	1002	710	201
11/05/2002 18.00	1007	708	202
11/05/2002 17.00	1012	720	202
11/05/2002 16.00	1012	749	203
11/05/2002 15.00	1018	748	204
11/05/2002 14.00	1018	763	204
11/05/2002 13.00	1023	775	204
11/05/2002 12.00	1023	775	205
11/05/2002 11.00	1028	802	205
11/05/2002 10.00	1033	839	206
11/05/2002 9.00	1033	824	206
11/05/2002 8.00	1033	847	207
11/05/2002 7.00	1033	847	207
11/05/2002 6.00	1038	866	208
11/05/2002 5.00	1044	894	208
11/05/2002 4.00	1049	921	209
11/05/2002 3.00	1049	921	210
11/05/2002 2.00	1049	951	210
11/05/2002 1.00	1054	1015	211
11/05/2002 0.00	1059	1000	212
10/05/2002 23.00	1059	1037	212
10/05/2002 22.00	1059	1059	212
10/05/2002 21.00	1070	1124	213
10/05/2002 20.00	1070	1153	213
10/05/2002 19.00	1070	1168	213
10/05/2002 18.00	1070	1220	214
10/05/2002 17.00	1064	1214	212
10/05/2002 16.00	1070	1296	214
10/05/2002 15.00	1073	1328	214
10/05/2002 14.00	1073	1358	215
10/05/2002 13.00	1073	1402	215
10/05/2002 12.00	1073	1409	214

12/05/2002 2.00	981	660	197
12/05/2002 3.00	976	647	196
12/05/2002 4.00	976	647	195
12/05/2002 5.00	971	642	194
12/05/2002 6.00	966	620	193
12/05/2002 7.00	960	614	193
12/05/2002 8.00	955	587	191
12/05/2002 9.00	955	587	191
12/05/2002 10.00	950	584	191
12/05/2002 11.00	945	572	190
12/05/2002 12.00	945	579	190
12/05/2002 13.00	940	567	189
12/05/2002 14.00	935	545	188
12/05/2002 15.00	935	567	188
12/05/2002 16.00	935	567	188
12/05/2002 17.00	930	555	187
12/05/2002 18.00	930	584	187
12/05/2002 19.00	920	523	185
12/05/2002 20.00	920	523	184
12/05/2002 21.00	920	554	184
12/05/2002 22.00	915	527	183
12/05/2002 23.00	915	542	183
13/05/2002 0.00	910	542	182
13/05/2002 1.00	905	522	182
13/05/2002 2.00	900	517	181
13/05/2002 3.00	900	510	180
13/05/2002 4.00	895	512	179
13/05/2002 5.00	885	497	178
13/05/2002 6.00	885	497	177
13/05/2002 7.00	885	519	178
13/05/2002 8.00	885	534	177
13/05/2002 9.00	875	507	176
13/05/2002 10.00	880	536	176
13/05/2002 11.00	875	529	175
13/05/2002 12.00	875	551	176
13/05/2002 13.00	870	539	175
13/05/2002 14.00	870	556	175
13/05/2002 15.00	870	541	174

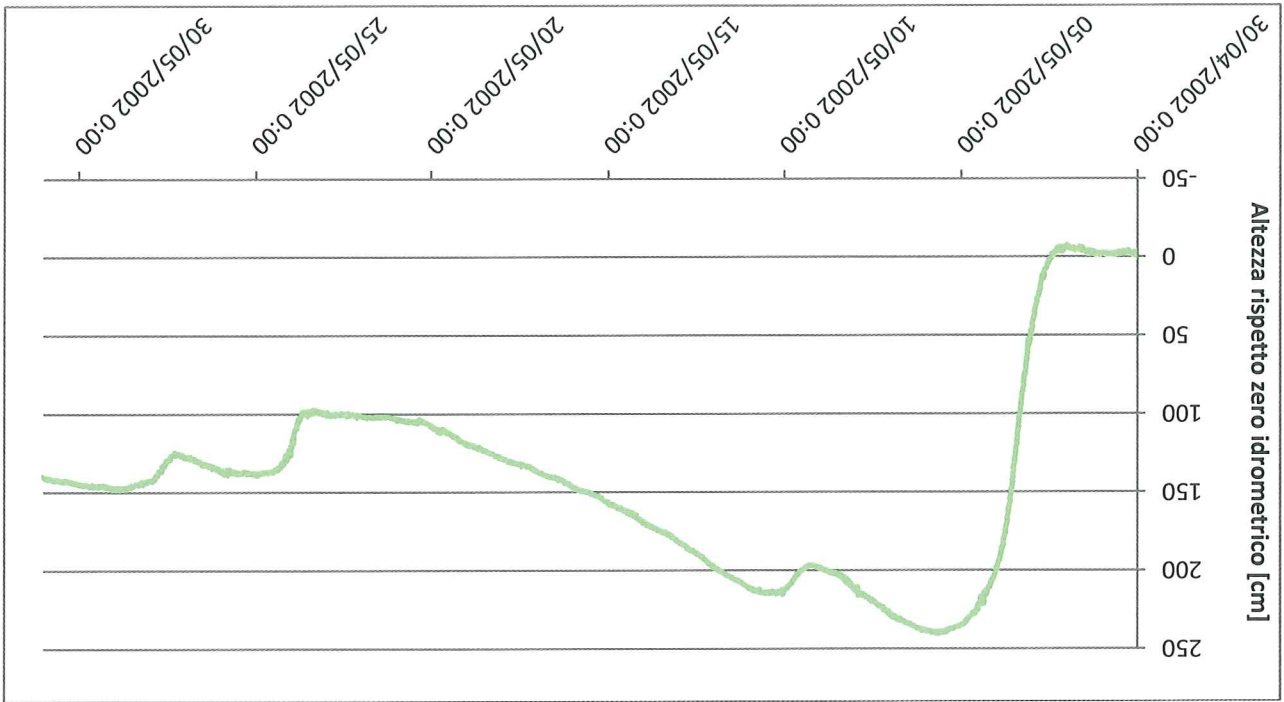
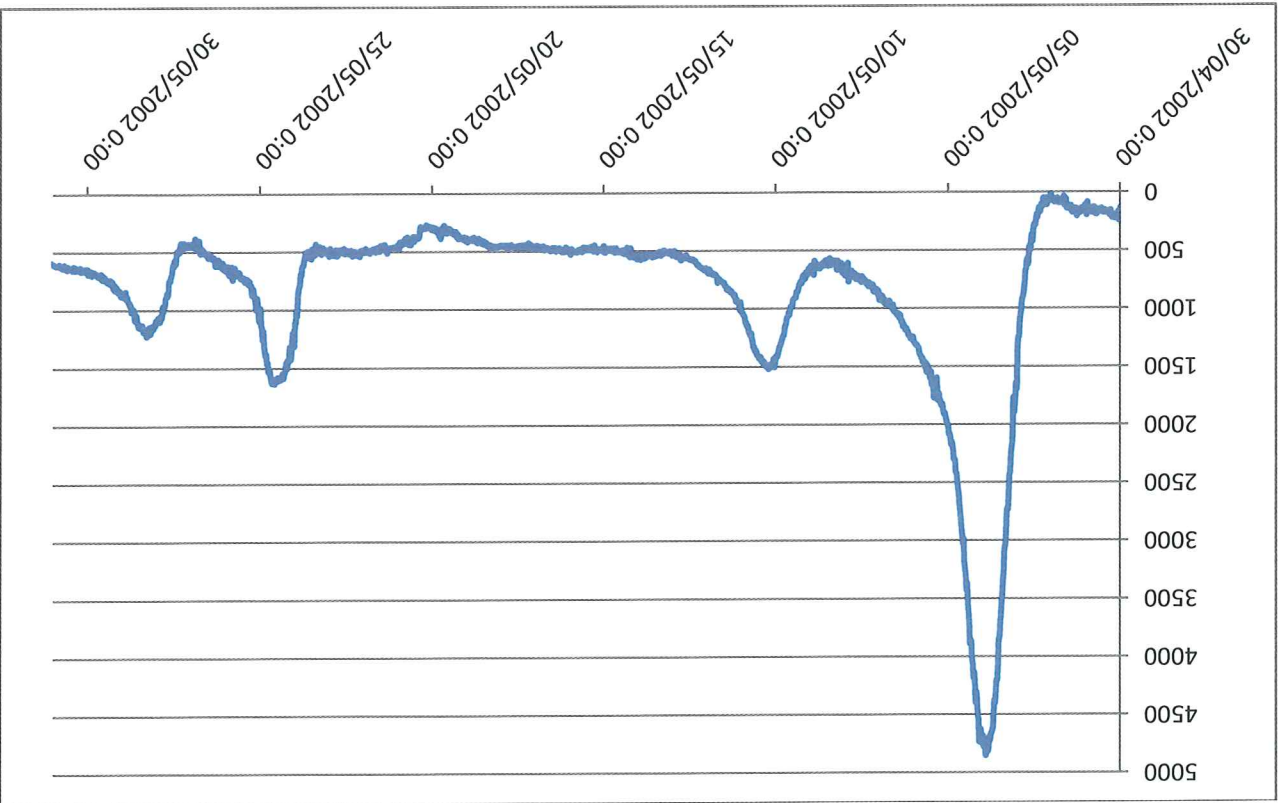


grafico altezze 2002

Dalla tabella precedente abbiamo costruito le curve seguenti:

174	536	865	13/05/2002 16.00
173	551	865	13/05/2002 17.00
173	546	860	13/05/2002 18.00
172	534	855	13/05/2002 19.00
172	548	855	13/05/2002 20.00
172	563	855	13/05/2002 21.00
171	578	855	13/05/2002 22.00
170	528	845	13/05/2002 23.00
169	538	845	14/05/2002 0.00
169	555	840	14/05/2002 1.00
168	533	840	14/05/2002 2.00
168	555	840	14/05/2002 3.00
167	544	836	14/05/2002 4.00
164	475	821	14/05/2002 5.00
165	534	826	14/05/2002 6.00
165	534	826	14/05/2002 7.00
164	519	821	14/05/2002 8.00



Dalla tabella si evince che il colmo è stato raggiunto tra le 15.00 e le 16.00 del 5 maggio, a un livello di +2,41 sullo zero idrometrico di Sesto Calende.

1.2 La simulazione

Andiamo ora a calibrare l'evento 2002 sulla situazione del 2008.

Dal registro della diga rileviamo che l'assetto delle portine prima dell'ultimo abbattimento all'inizio di maggio era il seguente:

- Campata 1 pari in 4, dispari in 3, portine 17, 19 e 29 in 4;
- Campata 2 pari in 4, dispari in 2, 31 e 60 in 3, 59 in 4;
- Campata 3 pari in 4, dispari in 3, 61 e 90 in 3, 89 in 4;
- Campata 4 pari in 4, dispari in 3, 91 e 120 in 3, 119 in 4;

In tali condizioni la portata che defluisce attraverso lo sbarramento era di 410 m³/sec.

Fissiamo come tempo T_0 le ore 10,30 del 2 maggio 2002 per gli afflussi iniziali 2002, quando la portata era di 218 m³/sec, e le ore 0,00 del 16 maggio 2008 l'inizio della nostra simulazione: cominciamo da qui a caricare le portate 2002.

Costruiamo la seguente tabella:

Bisogna precisare che il reale andamento delle portate in deflusso durante la fase di manovra non è effettivamente individuabile in quanto la sequenza delle operazioni consente il

<i>ore progressive</i>	$Q_{in\ 2002}$ [m ³ /s]	$Q_{out\ simulato}$ [m ³ /s]	$H_{simulato}$ [m]
$T_0 = 16/05/2008$ ore 0.00	1771	447	143
16.00	2189	522	145
17.00	2415	597	146
18.00	2577	672	148
19.00	2722	747	149

Alle 16,00 hanno dunque inizio le operazioni con i carri manovra: dapprima le dispari da terza a seconda, poi da seconda a zero, e infine le pari da quarta a zero. Dai registri della diga abbiamo visto che questa operazione, realmente effettuata nel 2008, è stata completata in quattro ore, quindi nella nostra simulazione la diga è andata in abbattuto alle ore 20,00 del 16 maggio dopo 20 ore da T_0 , come da tabella seguente:

L'aumento degli afflussi inizia a farsi sentire dopo le otto di mattina, anche perché in realtà un rilascio di 410 m³/sec con afflussi di 218 m³/sec non sarebbe coerente e sostenibile in quanto è relativo alla situazione 2008 con afflussi diversi. L'aumento di 1 cm/ora tra le 12,00 e le 15,00 viene notato dall'operatore di turno alla diga, e viene subito segnalato al Regolatore, che in base alla situazione meteo complessiva e all'andamento degli incrementi di livello dispone l'esecuzione delle manovre per l'abbattimento totale delle portate.

<i>ore progressive</i>	$Q_{in\ 2002}$ [m ³ /s]	$Q_{out\ simulato}$ [m ³ /s]	$H_{simulato}$ [m]
0.00	218	410	137
1.00	277	410	137
2.00	329	410	137
3.00	366	410	137
4.00	501	410	137
5.00	493	410	137
6.00	577	410	137
7.00	658	410	137
8.00	785	410	137
9.00	891	410	138
10.00	942	410	138
11.00	1062	410	139
12.00	1249	410	139
13.00	1364	410	140
14.00	1637	410	141
15.00	1851	410	142

rilascio di un volume d'acqua non facilmente misurabile: in questo caso abbiamo ipotizzato con l'approssimazione dovuta che l'aumento avvenga in modo lineare tra la portata iniziale di 410 m³/sec e quella finale consentita dal regime naturale, che da scala di portate al livello di + 1,49 corrisponde a 747 m³/sec.

Da questo momento in poi i valori sono determinati secondo il regime naturale consentito dallo sbocco alla Miorina.

2. Risultati

2.1 Andamento della piena

L'andamento dell'evento successivamente al momento dell'abbattuto diga è descritto dai valori delle grandezze orarie, che sono i seguenti:

<i>ore progressive</i>	$Q_{in\ 2002}$ [m ³ /s]	$Q_{out\ simulato}$ [m ³ /s]	$H_{simulato}$ [m]
$T_0 = 16/05/2008$ ore 0.00	2962	756	151
21.00	3074	761	153
22.00	3345	770	155
23.00	3543	784	157
24.00	3745	793	160
25.00	3857	802	162
26.00	4202	816	165
27.00	4306	831	168
28.00	4377	840	170
29.00	4612	855	173
30.00	4656	870	177
31.00	4725	890	180
32.00	4780	905	183
33.00	4748	920	186
34.00	4854	935	189
35.00	4769	950	192
36.00	4682	966	195
37.00	4742	981	198
38.00	4620	997	201
39.00	4539	1012	204
40.00	4387	1028	207
41.00	4398	1044	210
42.00	4136	1059	212
43.00	4067	1070	215
44.00	3879	1080	217
45.00	3890	1096	219
46.00	3619	1106	221
47.00	3367	1117	223
48.00	3298	1128	225
49.00	3193	1139	227
50.00	3028	1145	228

230	1156	2890	52.00
231	1161	2740	53.00
232	1167	2588	54.00
233	1172	2483	55.00
234	1178	2420	56.00
235	1183	2298	57.00
236	1189	2227	58.00
237	1195	2150	59.00
238	1200	2111	60.00
239	1206	2088	61.00
239	1206	2006	62.00
240	1211	1955	63.00
240	1217	1899	64.00
241	1217	1884	65.00
241	1223	1845	66.00
242	1223	1791	67.00
242	1228	1732	68.00
243	1228	1790	69.00
243	1228	1721	70.00
244	1234	1677	71.00
244	1234	1618	72.00
244	1240	1660	73.00
245	1240	1606	74.00
245	1240	1525	75.00
245	1240	1496	76.00
245	1246	1474	77.00
245	1246	1466	78.00
246	1246	1470	79.00
246	1246	1434	80.00
246	1246	1403	81.00
246	1246	1346	82.00
246	1251	1324	83.00
246	1251	1317	84.00
246	1251	1297	85.00
246	1251	1244	86.00
246	1251	1258	87.00
246	1251	1250	88.00
246	1251	1235	89.00
246	1251	1200	90.00

246	1251	1193	91.00
246	1251	1158	92.00
246	1246	1158	93.00
246	1246	1123	94.00
246	1246	1055	95.00
245	1246	1048	96.00
245	1246	1063	97.00
245	1246	1041	98.00
245	1246	1006	99.00
245	1240	971	100.00
245	1240	971	101.00
244	1240	973	102.00
244	1240	981	103.00
244	1240	938	104.00
244	1234	938	105.00
243	1234	925	106.00
243	1234	945	106.00
243	1234	902	108.00
243	1228	882	109.00
242	1228	868	110.00
242	1228	875	111.00
242	1223	835	112.00
241	1223	849	113.00
241	1223	802	114.00
241	1217	814	115.00
240	1217	814	116.00
240	1217	814	117.00
240	1211	783	118.00
239	1211	762	119.00
239	1211	748	120.00
239	1206	770	121.00
238	1206	777	122.00
238	1206	730	123.00
238	1200	722	124.00
237	1200	737	125.00
237	1200	751	126.00
236	1195	710	127.00
236	1195	690	128.00
236	1189	676	129.00

235	130.00	698	1189	235
235	131.00	771	1189	235
234	132.00	665	1183	234
234	133.00	662	1183	234
234	134.00	679	1178	234
233	135.00	698	1178	233
233	136.00	610	1178	233
232	137.00	637	1172	232
232	138.00	641	1172	232
231	139.00	671	1167	231
231	140.00	589	1167	231
231	141.00	616	1161	231
230	142.00	611	1161	230
230	143.00	591	1156	230
229	144.00	570	1156	229
229	145.00	635	1150	229
228	146.00	615	1150	228
228	147.00	587	1150	228
227	148.00	629	1145	227
227	149.00	627	1145	227
227	150.00	641	1139	227
226	151.00	656	1139	226
226	152.00	622	1139	226
225	153.00	651	1134	225
225	154.00	636	1134	225
225	155.00	712	1128	225
224	156.00	658	1128	224
224	157.00	631	1128	224
223	158.00	663	1123	223
223	159.00	685	1123	223
223	160.00	687	1117	223
222	161.00	746	1117	222
222	162.00	755	1117	222
222	163.00	753	1112	222
222	164.00	768	1112	222
221	165.00	792	1112	221
221	166.00	851	1112	221
221	167.00	857	1106	221
221	168.00	906	1106	221

221	1106	921	169.00
220	1106	980	170.00
220	1106	985	171.00
220	1106	1056	172.00
220	1106	1070	173.00
220	1106	1097	174.00
220	1106	1153	175.00
220	1106	1234	176.00
220	1106	1265	177.00
221	1106	1304	178.00
221	1106	1331	179.00
221	1106	1390	180.00
221	1112	1410	181.00
222	1112	1478	182.00
222	1112	1432	183.00
222	1112	1475	184.00
222	1117	1507	185.00
223	1117	1493	186.00
223	1117	1500	187.00
223	1123	1500	188.00
224	1123	1485	189.00
224	1123	1478	190.00
224	1128	1463	191.00
224	1128	1416	192.00
225	1128	1434	193.00
225	1128	1409	194.00
225	1134	1372	195.00
225	1134	1365	196.00
225	1134	1336	197.00
226	1134	1266	198.00
226	1134	1234	199.00
226	1134	1205	200.00
226	1134	1147	201.00
226	1134	1118	202.00
226	1134	1071	203.00
226	1134	1057	204.00
226	1134	1034	205.00
225	1134	941	206.00
225	1134	948	207.00

225	1134	943	208.00
225	1134	943	209.00
225	1128	880	210.00
225	1128	874	211.00
224	1128	866	212.00
224	1128	861	213.00
224	1128	847	214.00
224	1123	832	215.00
223	1123	810	216.00
223	1123	802	217.00
223	1123	783	218.00
223	1117	768	219.00
222	1117	763	220.00
222	1117	742	221.00
222	1112	779	222.00
221	1112	720	223.00
221	1112	703	224.00
221	1106	695	225.00
220	1106	695	226.00
220	1106	688	227.00
220	1101	688	228.00
219	1101	661	229.00
219	1101	650	230.00
219	1096	672	231.00
218	1096	660	232.00
218	1096	655	233.00
218	1090	642	234.00
217	1090	627	235.00
217	1090	627	236.00
216	1085	607	237.00
216	1085	594	238.00
216	1080	575	239.00
215	1080	584	240.00
215	1080	572	241.00
214	1073	567	242.00
214	1073	560	243.00
214	1070	538	244.00
213	1070	560	245.00
213	1064	567	246.00

212	1064	547	247.00
212	1064	550	248.00
212	1059	530	249.00
211	1059	540	250.00
211	1054	535	251.00
210	1054	500	252.00
210	1054	530	253.00
209	1049	515	254.00
209	1049	503	255.00
209	1044	525	256.00
208	1044	520	257.00
208	1038	520	258.00
207	1038	524	259.00
207	1038	512	260.00
206	1033	541	261.00
206	1033	514	262.00
206	1028	536	263.00
205	1028	541	264.00
205	1023	522	265.00
204	1023	524	266.00
204	1023	549	267.00
204	1018	521	268.00
203	1018	521	269.00
203	1012	529	270.00
202	1012	529	271.00
202	1012	561	272.00
202	1007	568	273.00
201	1007	521	274.00
201	1007	536	275.00
201	1002	551	276.00
200	1002	538	277.00
200	997	573	278.00
199	997	541	279.00
199	997	529	280.00
199	992	544	281.00
198	992	546	282.00
198	992	554	283.00
198	986	519	284.00
197	986	470	285.00

197	981	524	286.00
196	981	527	287.00
196	981	491	288.00
196	976	509	289.00
195	976	505	290.00
195	976	513	291.00
194	971	493	292.00
194	971	473	293.00
194	966	495	294.00
193	966	503	295.00
193	966	498	296.00
193	960	498	297.00
192	960	479	298.00
192	955	476	299.00
191	955	496	300.00
191	955	477	301.00
191	950	503	302.00
190	950	492	303.00
190	950	480	304.00
190	945	487	305.00
189	945	510	306.00
189	940	478	307.00
188	940	448	308.00
188	940	490	309.00
188	935	462	310.00
187	935	476	311.00
187	935	476	312.00
187	930	491	313.00
186	930	471	314.00
186	930	479	315.00
185	925	493	316.00
185	925	486	317.00
185	920	503	318.00
184	920	496	319.00
184	920	511	320.00
184	915	509	321.00
183	915	499	322.00
183	915	502	323.00
183	910	482	324.00

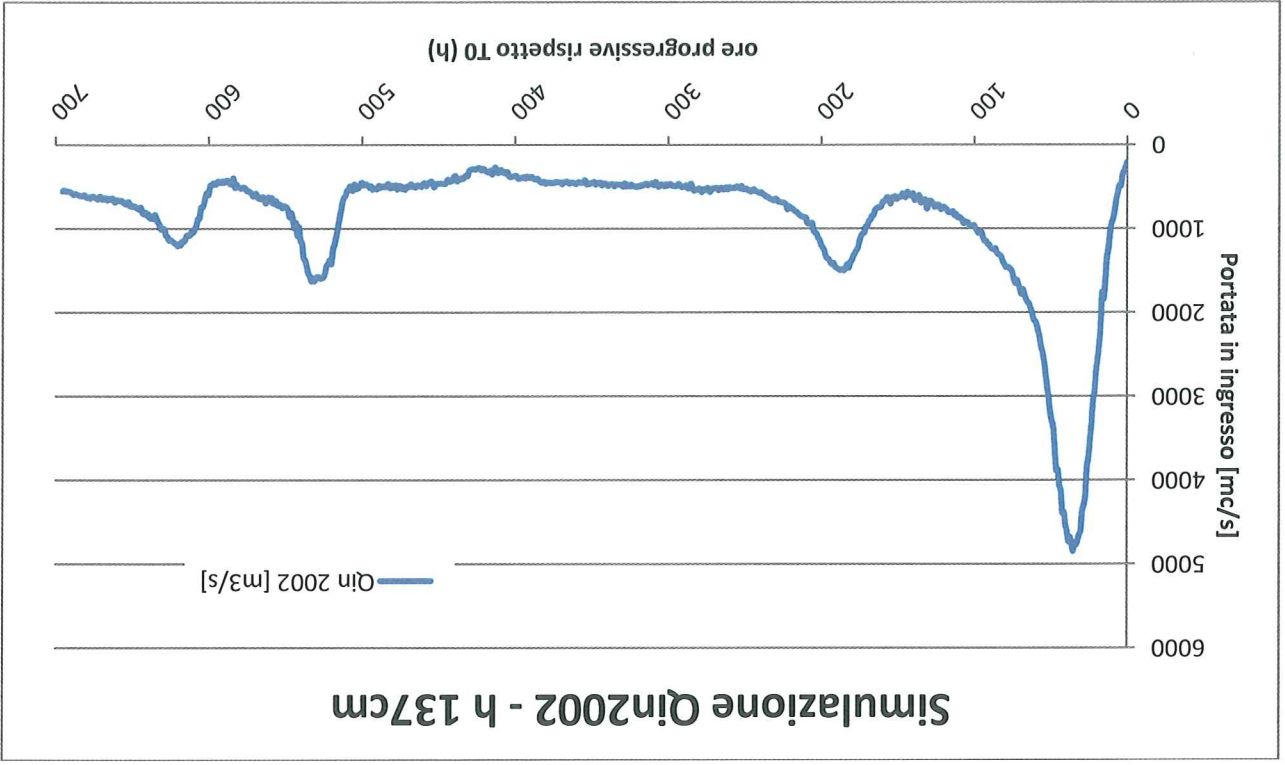
182	910	504	325.00
182	910	483	326.00
182	905	505	327.00
181	905	465	328.00
181	905	507	329.00
181	900	488	330.00
180	900	484	331.00
180	900	481	332.00
180	895	481	333.00
179	895	481	334.00
179	895	503	335.00
179	890	477	336.00
178	890	477	337.00
178	890	484	338.00
178	885	499	339.00
177	885	477	340.00
177	885	470	341.00
176	880	470	342.00
176	880	492	343.00
176	880	458	344.00
176	875	466	345.00
175	875	461	346.00
175	875	483	347.00
175	870	449	348.00
174	870	464	349.00
174	870	461	350.00
174	865	476	351.00
173	865	469	352.00
173	865	479	353.00
173	860	429	354.00
172	860	446	355.00
172	860	461	356.00
172	855	461	357.00
171	855	453	358.00
171	855	457	359.00
171	850	475	360.00
170	850	466	361.00
170	850	457	362.00
170	845	457	363.00

01/06/2008	392	383	802	161
02/06/2008	416	312	765	152
03/06/2008	440	384	728	145
04/06/2008	464	487	706	140
05/06/2008	488	517	688	136
06/06/2008	512	635	675	133
07/06/2008	536	1453	733	146
08/06/2008	560	682	747	149
09/06/2008	584	402	733	145
10/06/2008	608	969	719	142
11/06/2008	632	960	751	149
12/06/2008	656	679	756	150
13/06/2008	680	627	747	148

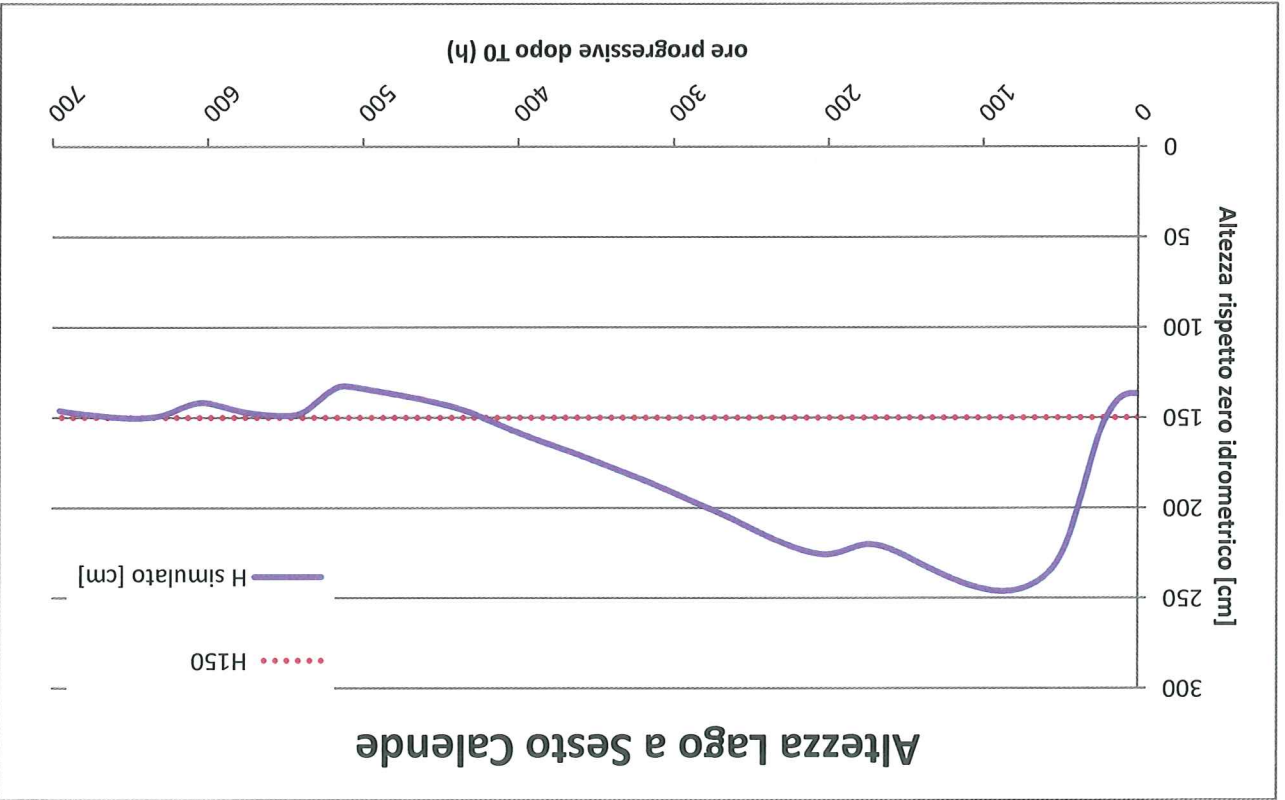
Dai dati della tabella si evince che il livello di colmo è stato di + 2,46 sullo zero idrometrico di Sesto Calende, è stato raggiunto alle 8.00 del 19 maggio cioè 79 ore dopo T₀ ed è rimasto tale fino alle 24 dello stesso giorno, quindi per 16 ore.

A questo punto siamo al 31 maggio ore 23.00, la simulazione prosegue fino al 13 giugno, da qui la tabella dei risultati della simulazione riporta solamente i dati giornalieri delle ore 8,00, per evitare di appesantire la trattazione.

364.00	466	845	170
365.00	461	845	169
366.00	443	845	169
367.00	450	840	169
368.00	450	840	168
369.00	476	840	168
370.00	457	836	168
371.00	453	836	167
372.00	453	836	167
373.00	446	831	167
374.00	461	831	166
375.00	457	831	166
376.00	464	826	166
377.00	457	826	165
378.00	463	826	165
379.00	455	826	165
380.00	470	821	165
381.00	444	821	164
382.00	459	821	164
383.00	454	816	164



Riportiamo anche per completezza il grafico degli afflussi, che è evidentemente lo stesso del 2002 ma con diverso riferimento temporale in ascisse.

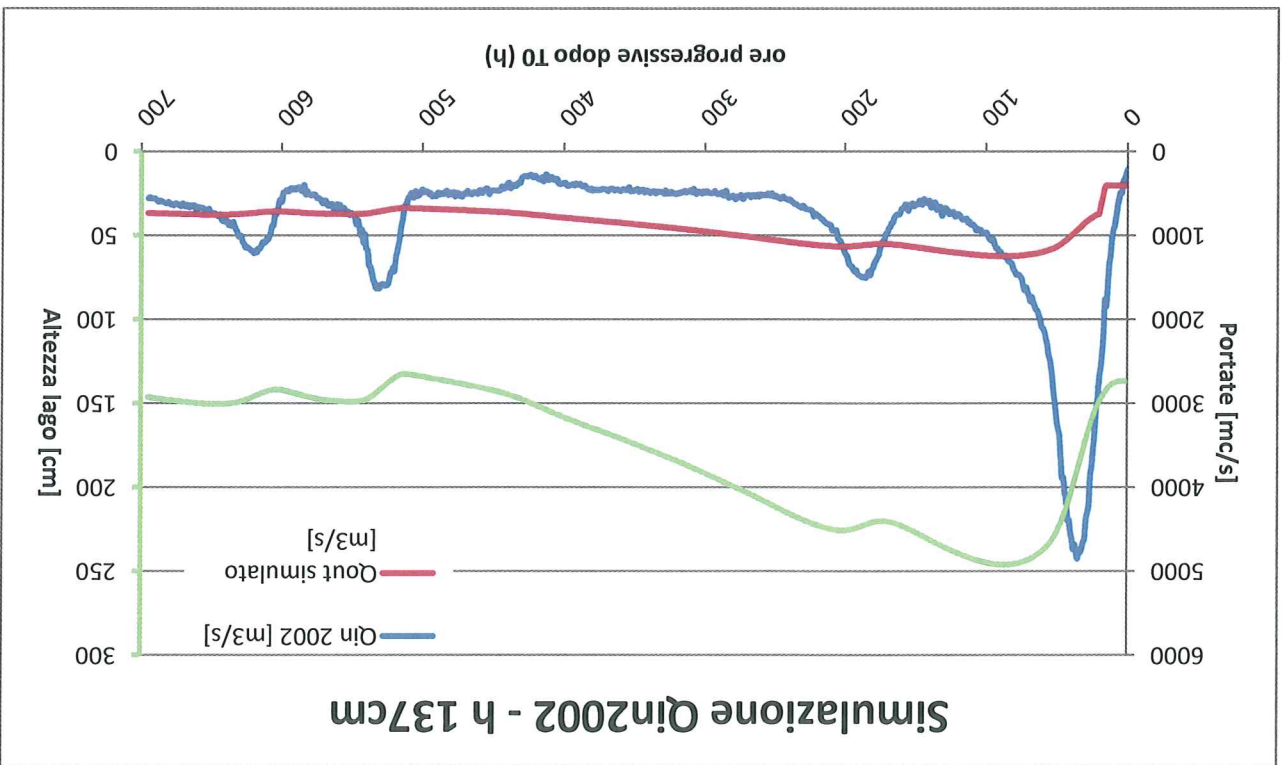


Costruiamo il grafico delle altezze, fino al 13 giugno:

Interessante è l'esame del grafico seguente, ove abbiamo sovrapposto le due curve di livello lago per dare un'idea immediata delle differenze tra i due eventi e le loro conseguenze, pur con le precisazioni di cui si dirà in seguito:

2.2 Analisi dei risultati

Precisiamo che, poiché esula dallo scopo di questo studio, la sperimentazione si ferma al 13 giugno, quando il lago è a + 1,48 m. sullo zero di Sesto Calende, e alla Miorina transitano 747 metri cubi al secondo, con lo sbarramento abbattuto. Se decidessimo di proseguire, probabilmente avremmo ancora un calo per qualche giorno, dopodiché il Regolatore disporrebbe una manovra di chiusura per stabilizzare il lago attorno al livello di + 1,40/42, per mantenere invasata la risorsa utile al soddisfacimento delle richieste irrigue estive e una notevole riserva di acqua del Verbano per affrontare eventuali carenze idriche non solo del bacino irriguo di valle ma anche di quello del Po. Si tornerebbe infatti alla situazione di metà maggio della simulazione, con il ripristino della soglia di attenzione caratteristica della Regolazione a questi livelli del periodo per affrontare eventuali ulteriori morbidie del lago, possibili ma molto probabilmente a livelli inferiori rispetto alla piena simulata.



e il grafico riassuntivo della simulazione:

Il primo elemento da tenere in considerazione è il diverso punto di partenza (in ordinate) delle due curve: nel 2002 il lago era scarico, il livello era $-0,03$ m. e prima di abbattere completamente le portine si è recuperato l'invaso fino al metro, di conseguenza è passata una giornata prima di decidere l'abbattimento; nella nostra simulazione il lago era a $+1,37$ m. con portate in uscita già superiori a quelle massime complessive per le derivazioni, quindi la decisione è stata più rapida.

Ricordiamo che ci siamo messi nelle condizioni più sfavorevoli possibili: il lago alto e la piena più gravosa del periodo, veloce e improvvisa.

La seconda considerazione è la più evidente: rispetto al 2002 reale il colmo è stato superiore di cinque centimetri, raggiungendo un livello al limite dell'esondazione a Locarno e a Pallanza, e si è mantenuto più a lungo, dalle 7,00 alle 23,00 del 19 maggio.

Ancora: dalle date iniziali (inizio manovre) e finali (colmo) dei due eventi si ha che il colmo nel 2002 è stato raggiunto dopo 59 ore dall'inizio delle manovre, mentre nella nostra simulazione sono trascorse 63 ore.

Nel 2002 il lago è sceso sotto i due metri dopo 88 ore dall'inizio del calo, mentre nella simulazione la piena è rimasta sopra i due metri per 183 ore.

