



**PUC 2017** **COMUNE DI CARLOFORTE**

Piano Urbanistico Comunale

Legge Regionale n. 45/1989 e s.m.i



ORDINE INGEGNERI  
PROVINCIA DI CAGLIARI  
Dot. Ing. MARCELLO ANGIUS

**Doc. 11 – Relazione di modellazione idraulica-hec**  
**RAS**

aprile 2019  
integrazioni a  
seguito nota  
ADIS prot.5226  
del 19-06-2018

Elaborato A45

# Comune di Carloforte

*Provincia di Carbonia-Iglesias*

## STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I.

### RELAZIONE TECNICA MODELLAZIONE IDRAULICA

#### INDICE

<b>1) PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2) ANALISI IDROLOGICA DEI CORSI D'ACQUA .....</b>	<b>2</b>
<b>3) ANALISI IDRAULICA .....</b>	<b>7</b>
<b>4) MODELLIZZAZIONE IDRAULICA.....</b>	<b>16</b>
<b>5) OPERE TRASVERSALI.....</b>	<b>17</b>
5.1.    VECCHIO CANALE TOMBATO LUNGO LA VIA CORVETTO-VIA BRUNO DANERO-VIA ROMA .....	17
5.2.    NUOVO CANALE TOMBATO LUNGO LA VIA CAVALLERA .....	18
<b>6) ASSEGNAZIONE DEI COEFFICIENTI DI SCABREZZA .....</b>	<b>18</b>
<b>7) CONDIZIONI AL CONTORNO.....</b>	<b>19</b>
<b>8) PORTATE IDROLOGICHE IN INGRESSO .....</b>	<b>21</b>
<b>9) SIMULAZIONI E ANALISI DEL DEFLUSSO DELLE PIENE .....</b>	<b>21</b>
<b>10) ANALISI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI.....</b>	<b>22</b>

## **1) PREMESSA**

La presente relazione concerne una analisi e verifica idraulica delle aree soggette ad esondazione nel territorio del Comune di Carloforte in ossequio a quanto previsto dalle Norme di Attuazione del P.A.I. (all'art.8 comma 2).

Il presente studio ha analizzato il deflusso principali corsi d'acqua che attraversano il territorio dell'Isola di S.Pietro, individuati nel numero di undici ed elencati nel seguito:

- ✓ *Canale 1* - compluvio minore urbano gravante sulla zona del porticciolo pescatori;
- ✓ *Canale 2* - canale del Generale (già modellato nell'ambito dello Studio di Compatibilità Geologica, Geotecnica e Idraulica della zona del Piano Particolareggiato del Centro Storico e confermato integralmente nel presente Studio);
- ✓ *Canale 3-4* - canale dei Muggini;
- ✓ *Canale 5* - canale che lambendo lo stagno della Vivagna sfocia sull'arenile di Punta Nera;
- ✓ *Canale 6* - canale di Bolau che sfocia sull'arenile de La Caletta;
- ✓ *Canale 7* - canale della zona di Nasca;
- ✓ *Canale 8* - canale della zona di Canalfondo;
- ✓ *Canale 9* - canale della zona di Cala Lunga;
- ✓ *Canale 10* - canale della zona di Cala Vinagra;
- ✓ *Canale 11* - canale della zona di Geniò.

## **2) ANALISI IDROLOGICA DEI CORSI D'ACQUA**

La determinazione delle portate di piena relative ai corsi d'acqua è stata effettuata nella relazione tecnica specialistica\_calcoli idrologici (Doc.9) allegata al presente studio a cui si rimanda per ogni dettaglio.

I valori delle portate di piena per i vari periodi di ritorno vengono riportati nelle seguenti tabelle. Per l'individuazione delle sezioni di chiusura dei vari bacini imbriferi si faccia riferimento alle tavole grafiche allegate al presente Studio.

**Canale 1: compluvio minore urbano gravante sulla zona del porticciolo pescatori**

<b>N° sez</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=50</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=100</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=200</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=500</b>
S1 - 323	13.25	14.80	18.43	20.85
S2 - 23	15.61	17.44	21.72	24.56

**Canale 2: canale del Generale**

	<b>N° sez</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=50</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=100</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=200</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=500</b>
	S1 - 774	9.32	10.41	12.97	14.67
	S2 - 24	18.29	20.44	25.45	28.77
	S3 - 1	20.34	22.72	28.28	31.98
VIA CORVETTO VIA XX SETTEMBRE	S4- 1	6.34	8.72	14.28	17.98
VIA CAVALLERA	S5 - 3	14	14	14	14

**Canale 3-4: canale dei muggini**

	<b>N° sez</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=50</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=100</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=200</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=500</b>
SOTTOBACINO CM1	S1 - 50	22.74	25.39	31.60	35.72
SOTTOBACINO CM2	S2 - 50	25.12	28.05	34.91	39.46
SOTTOBACINO CM3	S3 - 26	47.29	52.80	65.71	74.27

**Canale 5: canale che lambendo lo stagno della Vivagna sfocia sull'arenile di Punta Nera**

<b>N° sez</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=50</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=100</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=200</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=500</b>
S1 - 1	25.72	28.72	35.75	40.40

**Canale 6: canale di Bolau che sfocia sull'arenile de La Caletta**

<b>N° sez</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=50</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=100</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=200</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=500</b>
S1 - 0	19.23	21.48	26.74	30.23
S2 - 28632 - 0	14.99	16.74	20.85	23.58
S3 - Bolau 1 - 0	29.87	33.36	41.54	46.96
S4 - 17313 - 258	11.04	12.34	15.37	17.38

S5 - 17313 - 0	11.47	12.82	15.96	18.05
S6 - Bolau 2 - 0	35.62	39.79	49.53	55.99
S7 - 22061 - 0	15.26	17.05	21.23	24.00
S8 - Bolau 3 - 0	49.04	54.78	68.19	77.09

### Canale 7: canale di Nasca

<b>N° sez</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=50</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=100</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=200</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=500</b>
S1 - 1755	12.62	14.11	17.57	19.87
S2 - 255	13.42	14.99	18.66	21.10
S3 - 155	23.32	26.05	32.43	36.67

### Canale 8: canale di Canalfondo

<b>N° sez</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=50</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=100</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=200</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=500</b>
S1 - 0	11.54	12.90	16.06	18.17

**Canale 9: canale di Cala Lunga**

<b>N° sez</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=50</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=100</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=200</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=500</b>
S1 - 1850	6.90	7.71	9.60	10.86
S2 - 1151	12.36	13.81	17.20	19.46
S3 - 9	19.41	21.68	27.00	30.52

**Canale 10: canale di Cala Vinagra**

<b>N° sez</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=50</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=100</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=200</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=500</b>
S1 - 1022	16.23	18.14	22.59	25.57
S2 - 76	22.37	25.00	31.13	35.21

**Canale 11: canale di Geniò**

<b>N° sez</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=50</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=100</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=200</b>	<b>Portata (mc/s) Tr=500</b>
S1 - 1152	8.80	9.83	12.24	13.85
S2 - 40	16.20	18.10	22.54	25.48

### **3) ANALISI IDRAULICA**

Le attività di analisi idraulica sono volte alla definizione dei profili di corrente relativi ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni per i quali sono state determinate le portate di piena nell'ambito delle attività di analisi idrologica; tali profili sono necessari alla successiva attività di perimetrazione delle aree soggette ad esondazione.

Nello studio si è analizzato il comportamento idraulico degli undici compluvi di cui si riportano nelle tabelle seguenti i dati geometrici dei profili dell'asta principale:

**Profilo canale 1 - compluvio minore urbano zona porticciolo pescatori**

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1973	1962.25	134.7
1867	1856.67	113.79
1817	1806.06	107.18
1766	1755.26	103.88
1696	1685.49	99.02
1606	1595.43	93.63
1567	1556.87	92.02
1493	1482.06	86.5
1444	1433.02	84.43
1391	1380.78	83.05
1362	1351.81	82.25
1341	1329.98	81.89
1286	1274.97	72.78
1233	1222.67	69.07
1180	1169.48	62.68

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1129	1118.81	57.43
1073	1062.26	42.83
1025	1014.09	25.25
972	961.17	21.9
921	910.88	20.36
872	861.78	18.4
822	811.5	15.16
772	761.59	12.31
722	711.8	10.58
673	662.28	8.8
623	612.13	7.12
594	583.25	6.24
573	562	6.21
523	512	4.76
473	462	4.11

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
423	412	3.6
373	362	3.08
323	312	2.73
273	262	1.22
223	212	0.94
210	199	0.94
209	198	0.92
173	162	0.91
161	150	0.88
123	100	0.81
73	50	0.62
55	35.27	0.3
54	34.27	0.3
23	0	0.25

**Profilo canale 2 - canale del Generale**

PARTE ALTA		
SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
2224	2229	160.67
1424	1429	111.74
1374	1379	109.68
1324	1329	108.15
1274	1279	106.4
1224	1229	105.3
1174	1179	103.28
1124	1129	102.08
1074	1079	100.58
1024	1029	99.14
969	973.94	98.25
924.4	929	96.1
911.3	915.28	95.51
893.2	897.17	93.54
875.1	879.45	91.44
824	829	88.6
774	779	85.5
724	729	84.49
674	679	83.51
629.4	633.09	82.07
618.3	622.55	82.15
605.2	609.37	79.11
596.1	600.85	77.9
574	579	76.81
524	529	72.83
473	477.39	39.57
424	429	25.29
374	379	20.64
324	329	18.08
274	279	15.28
224	229	12.9
174	179	11.6
124	129	9.77
74	79	8.38
24	29	5.85

VIA CORVETTO		
SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
640	638.49	5.71
600	598.71	5.01
550	548.71	4.41
500	498.71	3.87
450	448.71	3.5
400	398.71	3.28
350	348.71	2.88
300	298.71	2.55
250	248.71	1.99
200	198.71	1.81
150	148.71	1.8
100	98.71	1.8
50	48.71	1.8
1	0	1.8

VIA CAVALLERA		
SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
353	350.04	5.92
303	300	4.84
253	250	4.19
203	200	3.07
153	150	2.87
103	100	2.33
53	50	2.05
3	0	1.8

**Profilo canale 3-4 - canale dei muggini sottobacino CM1**

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
3413	3459.02	135.91
3352	3397.85	132.89
3225	3270.88	126.02
3128	3173.86	113.85
2995	3040.27	107.96
2977	3022.32	107.35
2909	2955.04	105.67
2849	2894.9	104.17
2768	2813.59	103.39
2666	2711.35	100.95
2631	2676.88	100.29
2561	2607.14	94.19
2504	2549.59	92.25
2441	2486.35	90.76
2378	2424.06	89.24
2329	2374.54	86.05
2246	2292.03	59.81
2192	2237.86	55.76
2159	2204.38	54.61
2111	2156.57	52.97
2053	2099.11	52.03
1978	2023.93	51.12
1903	1948.64	48.92
1852	1897.77	48.1
1802	1847.24	47.02
1751	1796.72	45.36
1696	1741.72	44.49
1653	1699.05	43.3
1602	1647.82	42.01
1548	1593.72	31.11
1497	1543.08	27.08
1445	1491.12	23.97
1394	1440.15	20.68
1343	1389.05	18.58
1290	1335.56	17.93
1240	1285.51	17.33
1189	1235.12	16.85

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1141	1186.86	14.26
1100	1145.66	16.37
1046	1092.07	11.06
1000	1046.06	10.06
949	994.81	8.96
897	942.22	7.5
846	892.16	6.54
796	841.8	5.52
775	820.74	5.01
771	816.74	4.6
755	800.32	4.5
751	796.84	4.48
746	791.72	4.45
741	786.7	4.38
736	781.68	4.28
726	771.66	4.09
721	766.66	3.99
716	761.66	3.9
711	756.65	3.81
706	751.65	3.71
701	746.64	3.62
696	741.64	3.52
691	736.64	3.44
686	731.64	3.36
676	721.63	3.19
671	716.63	3.11
666	711.63	3.03
661	706.63	2.95
656	701.63	2.86
651	696.62	2.78
646	691.62	2.7
640	686.08	2.6
629	674.99	2.4
624	669.44	2.3
618	663.9	2.2
613	658.35	2.1
607	652.81	2

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
602	647.26	1.9
596	641.71	1.8
591	636.71	1.66
586	631.71	1.59
581	626.71	1.52
576	621.71	1.46
571	616.71	1.39
566	611.71	1.32
556	601.71	1.18
551	596.67	1.11
546	591.63	1.1
541	587.16	1.09
537	582.28	1.08
532	577.32	1.07
527	572.26	1.05
521	567.09	1.04
516	561.73	1.03
511	556.41	1.02
505	551.11	1.01
500	545.84	1
495	540.59	1
473	518.71	0.98
445	490.29	0.97
428	473.77	0.92
418	464.17	0.92
402	447.3	0.91
389	435.11	0.9
377	422.9	0.9
371	416.65	0.86
345	391.06	0.75
299	345.15	0.59
249	295.14	0.53
200	246.07	0.24
150	195.98	0.09
100	145.95	0.09
50	95.92	-0.15

**Profilo canale 3-4 - canale dei muggini sottobacino CM2**

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
3180	3217.01	71.13
3141	3178.6	69.07
3089	3126.93	64.79
3038	3075.82	62.54
2987	3024.35	60.2
2936	2973.17	59
2886	2923.13	57.3
2835	2872.76	55.98
2784	2821.6	54.32
2732	2769.76	53.15
2670	2707.16	51.33
2608	2645.47	48.73
2556	2593.39	46.12
2503	2540.85	44.34
2453	2490.01	42.3
2403	2440.19	39.97
2349	2386.2	37.43
2300	2337.32	35.82
2249	2286.51	34.29
2198	2235.97	33.28
2146	2183.77	32.17
2095	2132.35	30.85
2045	2082.19	28.16

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1993	2030.85	26.79
1941	1978.94	25.72
1887	1924.25	24.52
1836	1873.26	24.25
1792	1829.09	22.33
1740	1777.79	21.72
1690	1727.51	20.98
1640	1677.5	20.48
1590	1627.47	19.37
1546	1583.34	17.84
1495	1532.64	17.29
1447	1484.44	16.8
1443	1480.44	17.03
1421	1466.44	16.4
1393	1463.44	16.13
1343	1384.44	15.17
1296	1338.27	13.68
1249	1290.9	12.77
1200	1241.58	11.79
1148	1190.05	10.74
1099	1140.41	9.59
1048	1090.22	8.83
998	1039.69	7.86

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
947	988.94	7.21
900	941.31	6.55
849	890.62	5.74
825	866.37	5.28
800	841.89	5
749	790.73	4.38
697	739	4.2
646	688.15	4.06
596	638.13	3.48
557	599.02	3.23
543	588.28	2.94
496	541.07	1.85
445	490.12	1.88
395	439.93	1.56
344	389.79	1.46
294	339.78	1.21
243	288.68	0.39
228	273.22	0.44
215	260.16	0.37
200	245.86	0.16
150	195.74	0.08
100	145.66	0.19
50	95.66	0.17

**Profilo canale 3-4 - canale dei muggini bacino CM3**

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
676	650.4	0
626	600.4	-0.14
576	550.44	-0.08
526	500.42	-0.11
476	450.37	-0.2
436	410.04	0
413	386.95	0
376	350.55	0.03

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
326	300.26	0.15
276	250.5	0.03
226	200.26	0.21
176	150.34	0.21
126	100.32	-0.02
76	50.21	0.18
26	0	0.44

**Profilo canale 5 - canale stagno della Vivagna/Punta Nera**

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1563	1561,21	8,08
1427	1425,64	7,85
1408	1406,73	7,74
1358	1356,73	7,26
1308	1306,73	6,88
1258	1256,73	6,3
1208	1206,73	5,22
1158	1156,73	4,62
1108	1106,73	3,91
1058	1056,73	3,14
1008	1006,73	2,41

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
958	956,7	2,3
908	906,47	1,86
858	856,42	1,59
795	793,77	0,8
780,5	Bridge	
774	772,95	0,8
666	664,18	0,26
615	613,56	0,24
563	561,2	0,19
512	510,98	0,17
462	460,4	0,17

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
393	391,16	0,26
303	301,28	-0,11
252	250,92	-0,21
200	198,42	0,01
185,5	Bridge	
183	181,71	-0,2
150	148,72	0,28
100	98,64	0,23
50	48,63	0,75
1		0,62

**Profilo canale 6 - canale di Bolau/La Caletta**

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1014	1073	68,19
954	1012,7	63,88
890	948,4	62,96
810	869,2	61,88
730	788,6	61,13
675	733,8	60,32
609	668	58,89
524	582,3	56,54
471	529,7	55,81
402	460,3	54,35

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
345	403,4	52,85
283	342,2	51,42
230	288,6	45,43
184	242,9	42,55
116	174,2	38,76
87	145,3	38,4
72	130,3	37,81
60,5	Culvert	
59	117,6	37,07
49	107,9	34,82

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
0	58,7	25,58
1063	1471	66,86
1017	1424,5	58,09
867	1274,5	54,1
826	1233,8	47,88
690	1097,8	41,92
649	1056,3	39,34
554	962	36,11
510	917,3	35,05
439	846,3	34,28

SEZIONI HEC RAS	Progr.	Fondo alveo
	(m)	(m)
377	784,9	33,54
347	754,8	33,06
283	690,5	32,83
271	678,5	32,43
260,5	Culvert	
258	665,8	32,23
242	649,8	32,03
200	607,3	30,09
161	568,7	29,1
71	479,1	23,83

SEZIONI HEC RAS	Progr.	Fondo alveo
	(m)	(m)
0	407,8	18,34
908	950	51,42
859	901,6	49,97
810	852	48,32
760	801,9	46,17
709	750,9	44,63
656	697,8	43,69
607	649,4	42,66
557	598,7	40,55
499	541,3	39,51

SEZIONI HEC RAS	Progr.	Fondo alveo
	(m)	(m)
462	503,7	38,68
411	453,3	37,13
357	399	34,18
307	348,7	32,82
256	297,9	31
204	246,3	28,91
154	196,3	27,7
104	145,9	26,96
52	94,1	24,94
0	42,1	23,63

SEZIONI HEC RAS	Progr.	Fondo alveo
	(m)	(m)
273	319,9	22,96
225	271,8	20,45
158	204,6	18,76
105	151,5	15,73
51	97,7	13,11
0	46,7	12,86
1161	1277,8	55,95
1101	1217,8	49,92
1026	1143	41,73
958	1074,8	39,06

SEZIONI HEC RAS	Progr.	Fondo alveo
	(m)	(m)
891	1008,1	35,52
820	937	33
762	878,9	30,04
701	817,8	28,02
633	750,5	26,11
594	711,6	23,59
498	615,5	21,39
430	546,8	18,42
367	484,3	16,92
288	404,6	13,78

SEZIONI HEC RAS	Progr.	Fondo alveo
	(m)	(m)
231	347,7	12,57
191	308,3	11,42
142	259	9,36
99	216,3	7,64
38	154,6	6,16
0	117,1	5,51
412	640,28	10,78
356	585,08	9,28
309	538,08	7,92
260	488,9	6,48

SEZIONI HEC RAS	Progr.	Fondo alveo
	(m)	(m)
206	434,4	4,85
0	228,6	4,01
292	292,4	2,94
248	248,5	2,91
233	233,1	2,85
228	228,3	2,1

SEZIONI HEC RAS	Progr.	Fondo alveo
	(m)	(m)
220,5	Bridge	
219	218,9	1,75
214	213,5	2,09
198	197,7	2,78
153	152,6	1,68
118	117,7	1,39

SEZIONI HEC RAS	Progr.	Fondo alveo
	(m)	(m)
113	112,6	1,47
100,5	Bridge	
93	92,8	1,28
89	89,2	1,29
36	35,8	1,07
0		0,7

**Profilo canale 7 - canale di Nasca**

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
2954	2934.69	121.88
2854	2834.87	119.39
2779	2759.17	117.24
2656	2636.83	110.58
2551	2531.57	108.16
2453	2433.5	103.29
2354	2334.77	100.32
2283	2263.38	98.39
2169	2149.06	97.57
2005	1985.46	93.8
1953	1933.82	92.72

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1860	1840.08	91.27
1755	1735.85	89.96
1648	1628.59	87.85
1498	1478.69	85.26
1353	1333.68	82.33
1255	1235.34	79.25
1155	1135.85	76.91
1055	1035.42	74.59
939	919.04	72.74
856	836.3	71.15
755	735.11	69.12

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
678	658.17	67.57
556	536.03	56.41
454	434.52	53.52
357	337.52	48.14
255	235.32	43.4
155	135.89	41.98
71	51.31	32.66
44	24.74	30.44
20	0	22.04

**Profilo canale 8 - canale di Canalfondo**

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1557	1539.04	131.72
1521	1503.36	130
1507	1489.18	127.41
1456	1438.02	117.2
1355	1337.57	111.08
1255	1236.95	93.81
1201	1183.23	86.15
1194	1176.41	86.2
1155	1137.62	84.8

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1059	1041.01	76.86
989	971.07	69.97
929	911.91	63.41
826	808.65	55.74
751	733.26	50.23
660	642.18	41.05
554	536.4	29.79
455	437.88	21.51
361	343.85	15.51

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
255	237.06	10.66
237	219.5	8
220	212	8
210	194.94	7.47
207	190.71	7.3
155	138.01	5.27
57	40	2.04
0	0	0.64

**Profilo canale 9 - canale di Cala Lunga**

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
2598	2593,17	118,02
2517	2511,94	105,48
2464	2459,34	98,9
2380	2374,88	97,29
2280	2275,75	91,01
2180	2175,56	88,24

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1974	1969,59	75,79
1850	1845,63	72,16
1745	1740,48	70,18
1646	1641,08	66,14
1560	1549,38	62,62
1555	Culvert	

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1550	1538,66	61,66
1538	1532,21	61,24
1412	1406,17	55,81
1400	1373,88	54,76
1395	Bridge	
1390	1352,2	54,46

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1200	1193,72	49,34
1195	Bridge	
1190	1168,26	49
1151	1142,33	48,49
1021	1011,89	38,84
904	895,4	35,1

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
790	780,54	31,17
676	666,68	28,22
572	563,38	25,08
447	438,33	19,02
355	346,45	16,82
243	234,2	14,22

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
144	135,39	8,96
91	82,2	4,79
37	27,87	2,79
9		0,99

### Profilo canale 10 - canale di Cala Vinagra

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1585	1508,89	162,84
1492	1416,02	154,61
1424	1347,43	148,84
1365	1288,94	139,02
1254	1177,33	112,76

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1124	1048,04	110,2
1022	946,05	109,01
939	863,28	106,95
850	773,49	89,07
686	609,93	57,01

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
549	473,26	46,58
424	347,81	38,7
280	203,44	21,47
76		5,25

### Profilo canale 11 - canale di Geniò

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
2240	2199,74	79,82
2090	2050,45	61,24
1986	1946,25	51,92
1865	1824,85	41,83
1705	1665,48	34,37
1539	1499,04	28,04
1443	1403,08	24,42
1298	1258,27	20,31
1273	1233,45	

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
1250	Culvert	
1241	1201,69	18,27
1204	1164,03	17,59
1152	1112,56	16,65
980	939,78	13,64
879	839,45	11,62
786	745,89	10,21
720	679,95	9,54
675	634,84	9,19

SEZIONI HEC RAS	Progr. (m)	Fondo alveo (m)
650	Culvert	
595	554,88	7,77
550	510,47	7,59
492	452,46	6,78
409	369,61	5,61
319	279,18	4,26
202	162,69	1,51
111	71,2	1,19
40		1,2

#### **4) Modellizzazione idraulica**

L'analisi idraulica è stata condotta utilizzando il modello numerico HEC-RAS che consente il calcolo dell'andamento dei profili di corrente in moto permanente gradualmente variato od in moto vario in alvei naturali o canali artificiali includendo anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc..

Nel caso specifico degli undici canali in esame il codice di calcolo HEC-RAS è stato utilizzato in condizioni di moto permanente; sono stati simulati eventi di piena con tempo di ritorno crescente compresi tra 50 e 500 anni. I valori di portata al colmo, applicati nelle simulazioni, sono stati definiti nell'ambito dell'analisi idrologica.

Le geometrie dei tratti, in termini di sezioni trasversali e caratteristiche delle strutture, sono state definite sulla base del modello digitale del terreno e dei rilievi topografici effettuati nell'ambito del presente studio.

I valori di scabrezza sono stati calcolati utilizzando una metodologia di dettaglio in modo da differenziare le caratteristiche delle singole porzioni di ogni sezione trasversale, sulla base dei risultati delle attività di campo.

La geometria degli undici canali oggetto di analisi è stata schematizzata sulla base di numerose sezioni trasversali riportate in forma grafica negli elaborati allegati alla presente relazione (Allegati da "A46.Doc12" a "A52.5.Doc.23").

La localizzazione delle sezioni di calcolo è riportata in forma planimetrica nelle tavole grafiche dove la numerazione ha un ordine crescente da valle verso monte oltre che in forma tabellare negli Allegati alla presente relazione (Allegati da "A46.Doc12" a "A52.5.Doc.23").

I valori dei coefficienti di contrazione ed espansione delle sezioni trasversali richiesti dal modello numerico sono stati assunti rispettivamente pari a 0,1 e 0,3, come suggerito dal manuale tecnico in presenza di variazioni graduali.

## 5) Opere trasversali

Nel tratto oggetto di studio sono presenti alcuni ponti stradali ed è presente anche qualche tombinatura.

Nello studio la definizione della geometria delle sezioni trasversali dei suddetti ponti è stata fatta in maniera puntuale per tutte le strutture e riportata nelle sezioni trasversali.

Nel tratto oggetto di studio è presente un vecchio canale tombato lungo la via Corvetto-via Bruno Danero-Via Roma ed un canale fugatore di recente realizzazione lungo la via Cavallera. Le portate di piena in arrivo da monte vengono preferenzialmente deviate, a seguito delle opere artificiali realizzate, nel nuovo percorso di via Cavallera, mentre le portate eccedenti il valore massimo (pari a 14 mc/s come meglio dettagliato nel paragrafo 5.2 seguente) vengono deviate, tramite una soglia sfiorante di notevole lunghezza (2 m), sul vecchio canale tombato.

Nei due paragrafi che seguono vengono meglio analizzati i due canali tombati ai fini della modellazione idraulica.

### **5.1. Vecchio canale tombato lungo la via Corvetto-via Bruno Danero-Via Roma**

La sezione del vecchio canale tombato lungo la via Corvetto-via Bruno Danero-Via Roma è rettangolare ed ha le seguenti dimensioni:

- larghezza 4,50 m ed altezza 0,45 m.

La portata massima transitabile nel vecchio canale tombato era stata calcolata e riportata nello studio di Compatibilità Idraulica redatto dal sottoscritto in occasione dei lavori di realizzazione del canale fugatore di via Cavallera; il citato Studio e il progetto di realizzazione delle opere erano stati approvati con determinazioni n. 1027 e 1028 del 28/12/2006, rilasciate dal competente Servizio del Genio Civile di Cagliari ai sensi delle NTA del P.A.I. e del R.D. 523/1924. La portata massima transitabile era stata allora stimata, in condizioni di moto uniforme, pari a 3,68 mc/s. Il canale tombato lungo la via Corvetto-via Bruno Danero-Via Roma rientra però nella definizione di cui alla "Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti" della Direzione Generale dell'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna. Data la ridotta altezza del canale tombato (0,45 m), lo stesso non può considerarsi di tipo "molto ampio ispezionabile" ai sensi dell'art. 6.3 della citata

Direttiva e pertanto il vecchio canale è stato, nelle simulazioni idrauliche allegare al presente Studio, considerato completamente ostruito ed è stato modellato lo scorrimento dell'intera portata per i vari tempi di ritorno al di fuori del canale stesso, quindi lungo la via Corvetto nel primo tratto e lungo l'ambito urbano compreso tra la via XX Settembre e Via Roma nel secondo tratto.

## **5.2. Nuovo canale tombato lungo la via Cavallera**

La sezione del canale fugatore di recente realizzazione lungo la via Cavallera è rettangolare ed ha le seguenti dimensioni:

- larghezza 2,30 m ed altezza 1,40 m sino alla sezione 253.
- larghezza 3,10 m ed altezza 1,30 m dalla sezione 253 alla sezione 3.

La portata massima transitabile nel canale fugatore di via Cavallera era stata anch'essa calcolata e riportata nello studio di Compatibilità Idraulica redatto dal sottoscritto nel 2006. Il citato Studio e il progetto di realizzazione del canale fugatore di via Cavallera erano stati, come già detto, approvati con determinazioni n. 1027 e 1028 del 28/12/2006, rilasciate dal competente Servizio del Genio Civile di Cagliari ai sensi delle NTA del P.A.I. e del R.D. 523/1924. La portata massima transitabile era stata allora stimata, in condizioni di moto uniforme, pari a 15,24 mc/s. Nel presente Studio è stata eseguita una modellazione idraulica in condizioni di moto permanente e la portata calcolata è risultata pari a 14 mc/s.

Data la ridotta altezza del canale tombato (1,3-1,4 m), lo stesso non può considerarsi di tipo "molto ampio ispezionabile" ai sensi dell'art. 6.3 della citata Direttiva e pertanto anche il nuovo canale fugatore è stato, nelle simulazioni idrauliche allegare al presente Studio, considerato completamente ostruito ed è stato modellato lo scorrimento dell'intera portata per i vari tempi di ritorno al di fuori del canale stesso.

## **6) Assegnazione dei coefficienti di scabrezza**

Nell'ambito del presente studio si sono definiti i coefficienti di scabrezza dei vari tratti di alveo.

Da una analisi di dettaglio si è pertanto proposta l'adozione dei seguenti parametri di scabrezza  $n$  (Manning) ( $s/m^{1/3}$ ):

Sezioni in ambito extraurbano	0,030 ( $s/m^{1/3}$ )
Sezioni in ambito urbano	0,016 ( $s/m^{1/3}$ )
Sezioni di alveo in calcestruzzo liscio	0,011 ÷ 0,013 ( $s/m^{1/3}$ )

## 7) Condizioni al contorno

Come condizione al contorno di monte è stata imposta, per ogni simulazione, la portata per assegnato tempo di ritorno, definita nell'ambito dell'analisi idrologica e richiamata nel paragrafo a seguire.

La condizione al contorno di valle è stata assunta pari al potenziale innalzamento del livello di medio mare durante un evento meteomarinico intenso ed è stata applicata, in favore di sicurezza, in corrispondenza dello sbocco a mare (sezione 1). L'effetto di sovrizzo del livello del medio mare è generalmente dato dalla somma dei 3 seguenti fenomeni:

- la marea astronomica;
- la variazione del livello dovuta alle condizioni di tempesta (storm surge), suddivisa tra la componente di wind set-up e di barometro inverso;
- il sovrizzo dovuto al frangimento (wave setup).

La marea astronomica può essere definita facendo riferimento ai valori registrati dalla stazione di Carloforte, facente parte della rete mareografica nazionale (RMN). La stazione fornisce con cadenza oraria i dati relativi a direzione e velocità del vento, livello del medio mare, temperatura dell'acqua, temperatura dell'aria e pressione atmosferica.

Ai fini del presente studio, si è ritenuto sufficientemente cautelativo definire il valore dell'innalzamento del mare dovuto alla marea astronomica, da utilizzare come condizione al contorno per il modello fluviale, in riferimento al livello massimo registrato dalla stazione per l'anno 2010, pari a 0,59 m. Il sovrizzo dovuto alla marea in condizioni estreme può dunque cautelativamente considerarsi, per il sito in esame, pari al valore eccezionale di 0,60 m.

Con il termine storm surge si indicano tutte le variazioni del livello medio del mare dovute al passaggio di una perturbazione atmosferica. La valutazione dello storm surge coinvolge sia l'interazione tra vento e mare (wind setup), sia la risposta di quest'ultimo alle variazioni di pressione atmosferica (barometro inverso). Nell'ambito del presente studio si sono condotte valutazioni semplificate dei due termini che concorrono a determinare il sovrizzo complessivo dovuto allo storm surge. Nell'ambito della pubblicazione "Tavole di marea 2006" dell'Istituto Idrografico della Marina è presente una tabella nella quale viene indicata la "correzione da applicare alle altezze di marea per la variazione della pressione atmosferica", per determinati step di valori di pressione. La disponibilità dei dati registrati alle stazioni di Porto Torres e Cagliari ha permesso di valutare che la pressione minima registrata nel 2005 è stata pari a circa 997 hPa. Considerando con maggiore cautela un valore di pressione ancora più basso per una depressione mediterranea rispetto alle registrazioni dell'ultimo anno, pari a 988 hPa, la tabella suggerisce una correzione pari a 0,25 m. Il sovrizzo dovuto al termine di wind setup risulta generalmente più limitato; in questa sede è stato assunto un valore ragionevolmente cautelativo, pari a 0,10 m. Complessivamente, è quindi possibile considerare in condizioni estreme un effetto di storm surge pari a 0,35 m.

Il wave set-up è la variazione del livello di medio mare dovuta al frangimento delle onde. Diversamente dagli altri fenomeni di cui ai paragrafi precedenti, per i quali è stato possibile fare riferimento ad un unico valore cautelativo indipendentemente dalla direzione di provenienza delle onde e dal tempo di ritorno associato, il wave-setup è invece variabile in funzione dell'onda in ingresso. Tale effetto risulta inoltre funzione della pendenza del fondale o della eventuale struttura in corrispondenza della quale si vuole calcolare il relativo sovrizzo. Note le caratteristiche del profilo trasversale e dell'onda in ingresso è possibile calcolare il valore del wave-setup mediante l'utilizzo di appositi codici di calcolo che tengono conto della reale morfologia del sito o, in alternativa, di formule semplificate. Date le finalità del presente studio si ritiene che la definizione della condizione al contorno di valle del modello fluviale possa prescindere da tale calcolo che richiederebbe peraltro la definizione del clima ondoso caratteristico per il sito di oggetto dello studio nonché l'analisi statistica relativa alla probabilità di accadimento contemporaneo di un evento meteomarinico intenso con la piena fluviale. In congruenza a queste considerazioni si è quindi ritenuto sufficientemente cautelativo assumere un valore di riferimento per il wave-setup pari a 0,85 m, da sommare agli

altri fattori di sovrizzo già definiti in precedenza e sempre sulla base di un criterio conservativo.

Complessivamente, il valore della condizione al contorno di valle è stato quindi assunto pari a 1,80 m s.m., ottenuto come somma dei 4 termini definiti in precedenza.

## **8) Portate idrologiche in ingresso**

Il valore della portata di calcolo per i vari tratti dei corsi d'acqua oggetto di studio sono state indicate nelle tabelle prima riportate e ad esse si rimanda per una consultazione dei valori.

## **9) Simulazioni e analisi del deflusso delle piene**

Negli allegati alla presente relazione sono descritti, in forma grafica e tabellare, i risultati delle simulazioni nei diversi scenari indicati.

In particolare il profilo longitudinale (contenuto negli allegati alla presente relazione - Allegati da "A46.Doc12" a "A52.5.Doc.23") descrive graficamente, per assegnato tempo di ritorno, i livelli idrici lungo l'intero asse dei tracciati dei sette canali in esame. Le principali grandezze idrauliche relative ad ogni sezione, così come calcolate dal modello, sono state invece inserite in forma tabellare (sempre negli allegati da "A46.Doc12" a "A52.5.Doc.23"). In particolare sono descritti:

- ✓ l'identificativo della sezione;
- ✓ il valore della portata al colmo;
- ✓ la quota di fondo alveo;
- ✓ il livello della corrente;
- ✓ la profondità della corrente;
- ✓ il livello energetico;
- ✓ la velocità media sulla sezione;
- ✓ l'area della sezione bagnata;
- ✓ la larghezza della sezione;

- ✓ il numero di Froude complessivo;

## **10) Analisi dei risultati delle simulazioni**

Come detto è stata eseguita la simulazione idraulica degli undici canali individuati come tronchi principali dell'intero territorio dell'Isola di S.Pietro.

Per quanto riguarda le aree di esondazione le simulazioni hanno evidenziato che quanto riportato nel PAI vigente non corrisponde alla situazione di fatto attuale. Nel presente studio di maggior dettaglio i calcoli e le verifiche idrauliche hanno portato ad una ridefinizione completa delle aree di esondazione.

Nella tavola "A28.1.Tav.10.2" allegata al presente studio sono stati riportati in forma grafica, in scala 1:10.000, i risultati delle esondazioni per i vari periodi di ritorno.

Nelle tavole da "A29.Tav.11.1" a "A42.6.Tav.20.2"allegate al presente studio sono stati riportati in forma grafica, in scala 1:2.000, i risultati delle esondazioni per i vari periodi di ritorno, sia su base cartografica che su base ortofoto.