

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J74J22000170001

DIREZIONE TECNICA

S.O. ENERGIA E TRAZIONE ELETTRICA

PROGETTO DEFINITIVO

Elettrificazione Linea Cagliari - Oristano

Progetto SSE

SSE Marrubiu - Viabilità - Relazione idraulica

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RR0S 00 D 29 RI NV0500 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	G. Festa	Giu. '22	G. Zelli	Giu. '22	P. Manna	Giu. '22	F. Arduini Dicembre 2022
B	Rimissione a seguito di commenti CDS/ODI	G. Zelli	Dic. '22	G. Zelli	Dic. '22	P. Manna	Dic. '22	

ITALENERGIA S.p.A.
Direzione Tecnica
Progettazione
Ufficio Progettazione
Cagliari

File: .doc RR0S00D29RINV0500001B

n. Elab.: X



PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA
CAGLIARI-ORISTANO

SSE MARRUBIU - VIABILITÀ - RELAZIONE
IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0S	00	D 29 RI	NV 05 00 001	B	2 di 19

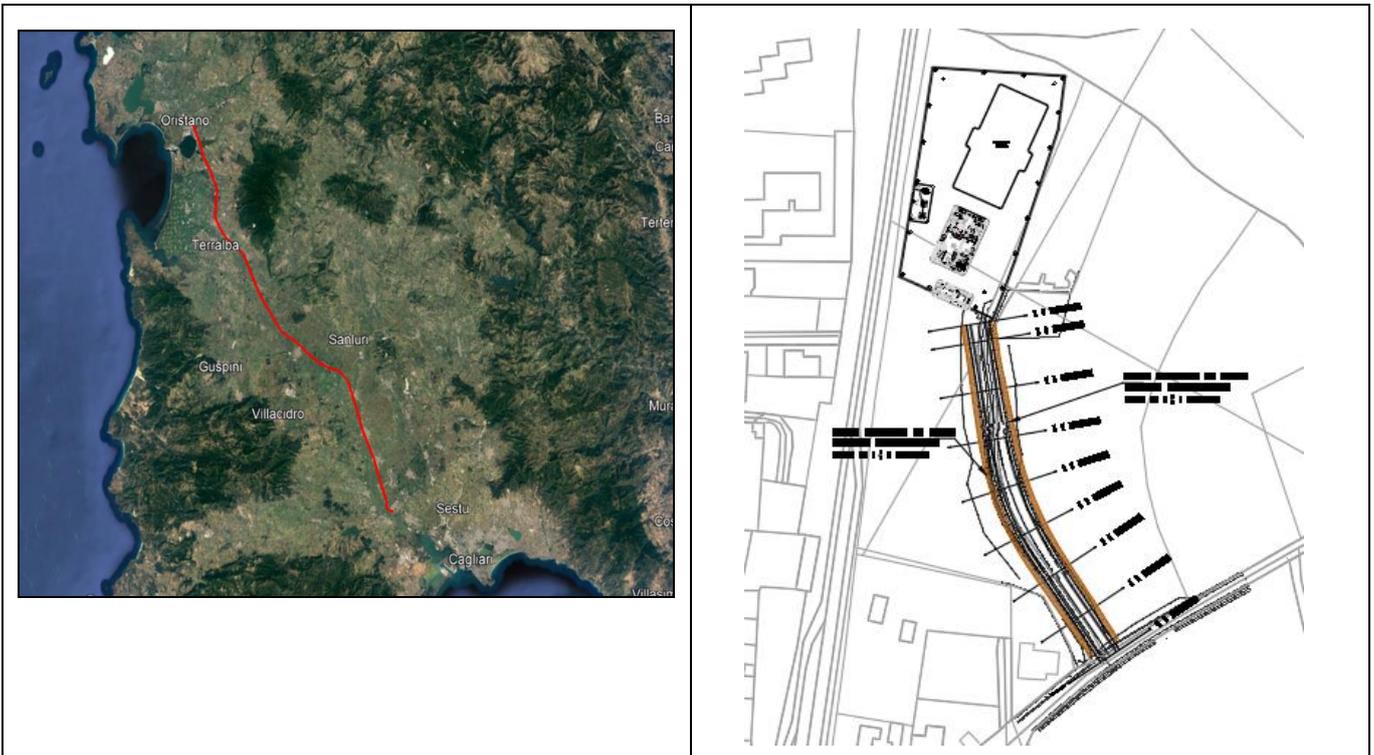
INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. SINTESI DEI RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA	5
4. PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO	8
4.1 PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO	9
5. INVARIANZA IDRAULICA	14
6. CONCLUSIONI	19

1. PREMESSA

Nell'ambito del servizio di progettazione per l'Elettrificazione della linea Cagliari-Oristano, nella Regione Sardegna è stato redatto il presente documento inerente del dimensionamento del sistema di drenaggio della viabilità di progetto a servizio del piazzale di Marrubiu.

Figura 1-1 – Tracciato in progetto e posizione delle sottostazioni. In alto a destra Villasor; in basso a destra: Cagliari; in basso a sinistra: Decimomannu.



I capitoli che seguono sintetizzano i risultati ottenuti per la caratterizzazione pluviometrica del sito ed espongono le procedure adottate per il dimensionamento dei presidi idraulici. Tutte le analisi sono condotte in ottemperanza alle prescrizioni presenti all'interno del Manuale di Progettazione RFI che, per il dimensionamento del sistema di drenaggio delle viabilità secondarie opera in funzione di eventi critici non superiori a 25 anni di periodo di ritorno.



PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA
CAGLIARI-ORISTANO

SSE MARRUBIU - VIABILITÀ - RELAZIONE
IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0S	00	D 29 RI	NV 05 00 001	B	4 di 19

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

1. *Manuale di Progettazione RFI.*
2. *Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio dell'invarianza idraulica (art. 47 delle NTA del PAI);*

3. SINTESI DEI RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA

Il presente capitolo espone i risultati della caratterizzazione idrologica del sito di Marrubiu, più diffusamente esposti all'interno della relazione RR0S00D29RIID0000003A.

Tabella 1 Metodo VAPI - derivazione dei parametri inerenti alle curve di possibilità pluviometrica

DATI PLUVIOMETRICI DI BASE						
Sottozona Omogenea	SZO	1				
Pioggia indice giornaliera	μ_g [mm]	55				
Parametri pioggia indice $\mu(t) = a_1 t^{n_1}$	a_1 [mm/ora]	21.379				
	n_1	0.335				
Parametri coefficiente di crescita $K_T(t) = a_2 t^{n_2}$	Tr [anni]	10	25	50	100	200
	a_2 [mm/ora]	1.521	1.915	2.227	2.539	2.852
	n_2 (t ≤ 1 ora)	-0.016	0.071	0.109	0.141	0.168
	n_2 (t ≥ 1 ora)	-0.016	-0.021	-0.024	-0.026	-0.029
Parametri pluviometrici $h = a \cdot t^n$	Tr [anni]	10	25	50	100	200
	$a = a_1 \cdot a_2$ [mm/ora]	32.510	40.935	47.612	54.290	60.968
	$n = n_1 + n_2$ (t ≤ 1 ora)	0.320	0.407	0.445	0.477	0.503
	$n = n_1 + n_2$ (t ≥ 1 ora)	0.320	0.314	0.312	0.309	0.307

Tabella 2 Altezza di pioggia sintetica per assegnato periodo di ritorno

Tr [anni]	10							Tr [anni]	10						
t [min]	5	10	15	20	30	45	60	t [min]	60	180	360	540	720	1080	1440
t [ore]	0.0833	0.1667	0.25	0.3333	0.5	0.75	1	t [ore]	1	3	6	9	12	18	24
μ (t)	9.29	11.72	13.43	14.79	16.94	19.41	21.38	μ (t)	21.38	30.90	38.99	44.67	49.20	56.37	62.08
K_T (t)	1.58	1.56	1.55	1.55	1.54	1.53	1.52	K_T (t)	1.52	1.49	1.48	1.47	1.46	1.45	1.45
$h_{t,Tr}$ [mm]	14.68	18.33	20.87	22.88	26.04	29.65	32.51	$h_{t,Tr}$ [mm]	32.51	46.20	57.67	65.65	71.98	81.95	89.85
Tr [anni]	25							Tr [anni]	25						
t [min]	5	10	15	20	30	45	60	t [min]	60	180	360	540	720	1080	1440
t [ore]	0.0833	0.1667	0.25	0.3333	0.5	0.75	1	t [ore]	1	3	6	9	12	18	24
μ (t)	9.29	11.72	13.43	14.79	16.94	19.41	21.38	μ (t)	21.38	30.90	38.99	44.67	49.20	56.37	62.08
K_T (t)	1.60	1.69	1.73	1.77	1.82	1.88	1.91	K_T (t)	1.91	1.87	1.84	1.83	1.82	1.80	1.79
$h_{t,Tr}$ [mm]	14.90	19.76	23.30	26.19	30.88	36.42	40.93	$h_{t,Tr}$ [mm]	40.93	57.80	71.85	81.60	89.31	101.44	111.03
Tr [anni]	50							Tr [anni]	50						
t [min]	5	10	15	20	30	45	60	t [min]	60	180	360	540	720	1080	1440
t [ore]	0.0833	0.1667	0.25	0.3333	0.5	0.75	1	t [ore]	1	3	6	9	12	18	24
μ (t)	9.29	11.72	13.43	14.79	16.94	19.41	21.38	μ (t)	21.38	30.90	38.99	44.67	49.20	56.37	62.08
K_T (t)	1.70	1.83	1.91	1.98	2.06	2.16	2.23	K_T (t)	2.23	2.17	2.13	2.11	2.10	2.08	2.06
$h_{t,Tr}$ [mm]	15.77	21.46	25.70	29.21	34.98	41.89	47.61	$h_{t,Tr}$ [mm]	47.61	67.05	83.21	94.42	103.28	117.18	128.17
Tr [anni]	100							Tr [anni]	100						
t [min]	5	10	15	20	30	45	60	t [min]	60	180	360	540	720	1080	1440
t [ore]	0.0833	0.1667	0.25	0.3333	0.5	0.75	1	t [ore]	1	3	6	9	12	18	24
μ (t)	9.29	11.72	13.43	14.79	16.94	19.41	21.38	μ (t)	21.38	30.90	38.99	44.67	49.20	56.37	62.08
K_T (t)	1.79	1.97	2.09	2.17	2.30	2.44	2.54	K_T (t)	2.54	2.47	2.42	2.40	2.38	2.35	2.34
$h_{t,Tr}$ [mm]	16.60	23.10	28.03	32.15	39.01	47.33	54.29	$h_{t,Tr}$ [mm]	54.29	76.25	94.48	107.11	117.07	132.71	145.06
Tr [anni]	200							Tr [anni]	200						
t [min]	5	10	15	20	30	45	60	t [min]	60	180	360	540	720	1080	1440
t [ore]	0.0833	0.1667	0.25	0.3333	0.5	0.75	1	t [ore]	1	3	6	9	12	18	24
μ (t)	9.29	11.72	13.43	14.79	16.94	19.41	21.38	μ (t)	21.38	30.90	38.99	44.67	49.20	56.37	62.08
K_T (t)	1.88	2.11	2.26	2.37	2.54	2.72	2.85	K_T (t)	2.85	2.76	2.71	2.68	2.66	2.63	2.60
$h_{t,Tr}$ [mm]	17.47	24.76	30.36	35.08	43.02	52.75	60.97	$h_{t,Tr}$ [mm]	60.97	85.41	105.66	119.66	130.70	148.02	161.68

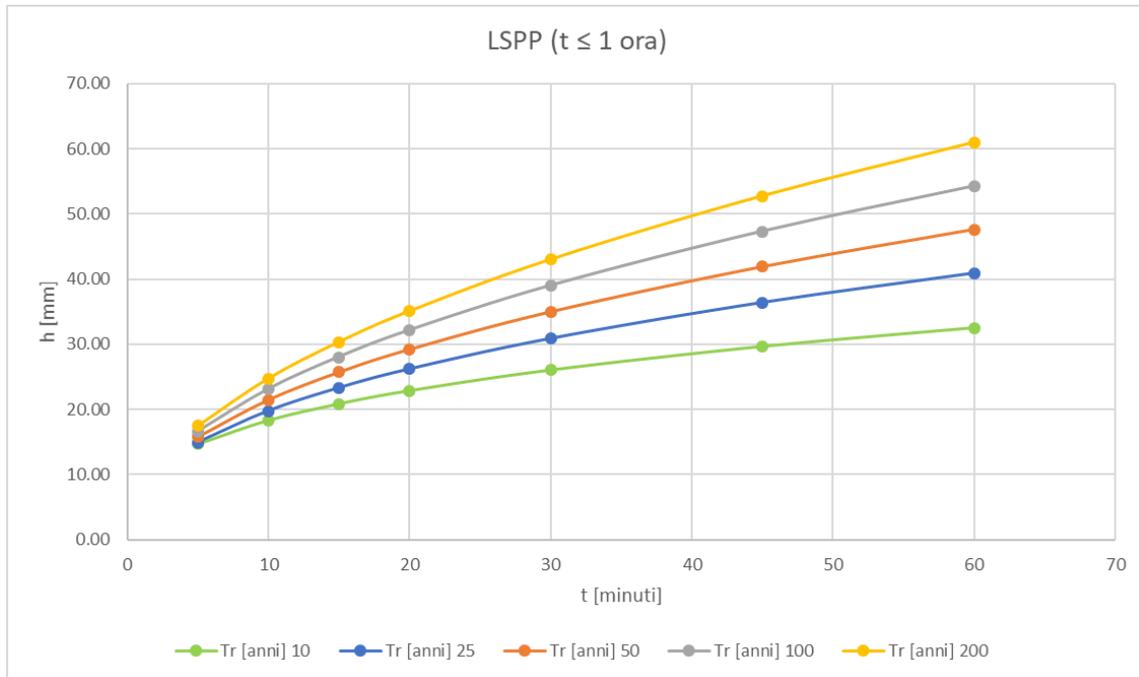


Figura 3-1 Curve di Possibilità Pluviometrica per eventi di progetto con durata inferiore a 1h.

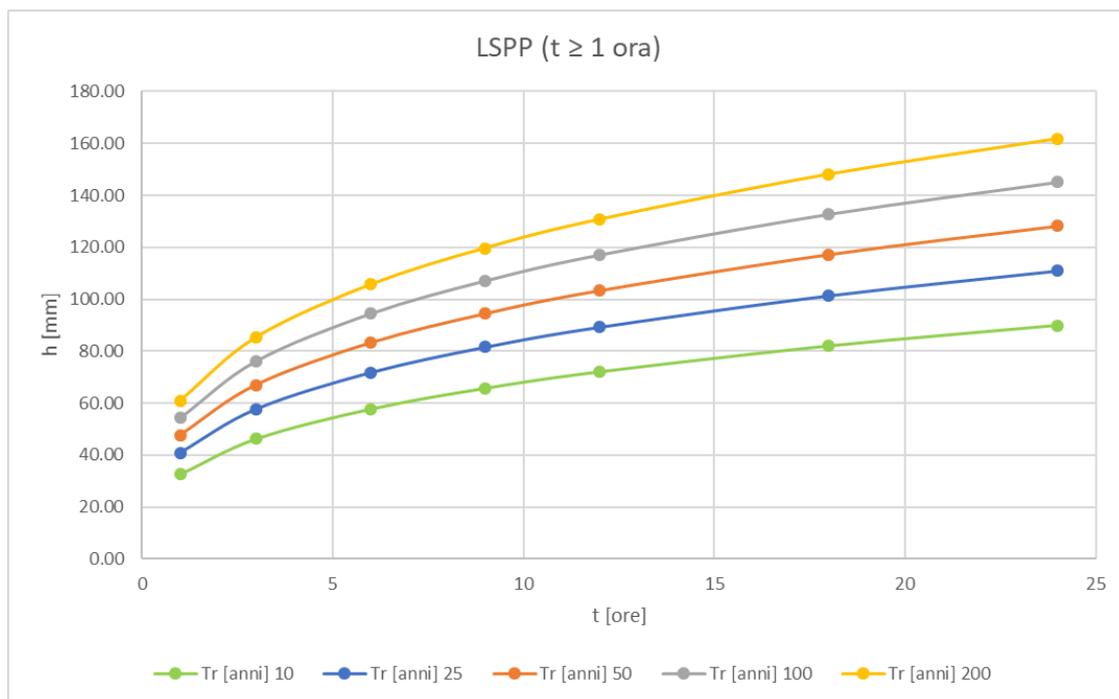


Figura 3-2 Curve di Possibilità Pluviometrica per eventi di progetto con durata superiore uguale a 1h.

4. PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

Il presente capitolo espone i risultati della progettazione del sistema di drenaggio adottato a presidio della viabilità in esame. Come è possibile osservare dagli elaborati specialistici dedicati, la strada di accesso al piazzale è prevalentemente caratterizzata da sezioni leggero rilevato e presenta una piattaforma di 6.50m. I contributi generati vengono convogliati al fosso di guardia in terra al piede mediante embrici.

FOSSO IN TERRA CON BAULETTO DRENANTE – Sponde 1:1

SCALA 1:20

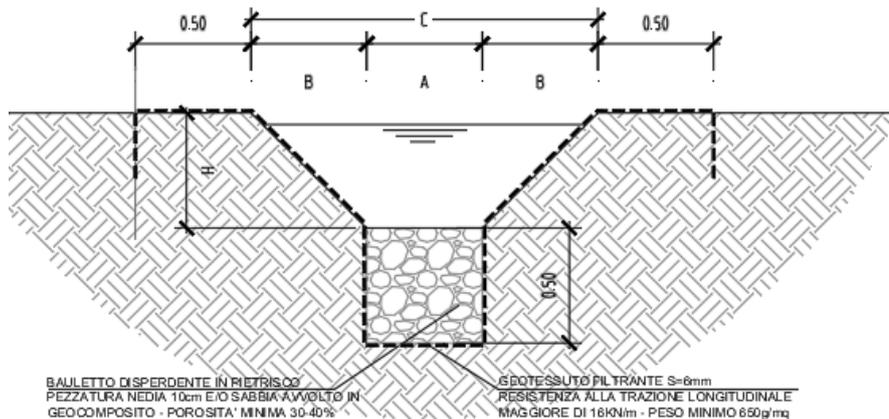


TABELLA DIMENSIONI
FOSSI DI GUARDIA

Con.	A(m)	B(m)	C(m)	H(m)
0.50x0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
0.75x0.75	0.75	0.75	0.75	0.75

Figura 4-1 Sezione tipologica del fosso drenante

I volumi raccolti all'interno del fosso di guardia vengono smaltiti per percolazione all'interno degli strati superficiali del terreno. Tale condizione è favorita da valori medi di permeabilità ($K=3 \cdot 10^{-5} \text{m/s}$) e posizione della falda collocata a -1.37m da piano di campagna (Relazione Geologica).

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO					
SSE MARRUBIU - VIABILITÀ - RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO NV 05 00 001	REV. B	FOGLIO 9 di 19

4.1 progettazione del sistema di drenaggio

I volumi meteorici intercettati da porzioni di viabilità vengono smaltiti mediante infiltrazione all'interno di fossi disperdenti. Il dimensionamento dei fossi è realizzato per applicazione dell'equazione di continuità:

$$V_i = V_e - V_u$$

Con V_e e V_u volume entrante e uscente rispettivamente. Considerata la modesta estensione dell'infrastruttura in esame si è deciso di adottare il metodo delle sole piogge per la determinazione di V_e :

$$V_e = a d^n S$$

Con a ed n parametri delle Curve di Possibilità Pluviometrica e S Superficie equivalente del bacino. Il volume uscente è determinato mediante la relazione:

$$V_u = KL \left(b + 2 \frac{h}{\sin(a)} \right)$$

Con K permeabilità media del terreno, L lunghezza del fosso, b sviluppo trasversale della base del presidio e a angolo di inclinazione sull'orizzontale. Le tabelle che seguono riportano i risultati della modellazione.

S ha	L m	b m	K m/s			
0.095	138	0.5	0.00003			
d min	Ve m ³	hu m	Qu m ³ /s	Vu m ³	Vi m ³	hu m
0	0	0	0	0	0	0
5	14.1590	0.0000	0.0000	0.0000	14.1590	0.2052
10	18.7684	0.2052	0.0038	1.1307	17.6377	0.2556
15	22.1321	0.2556	0.0042	2.3867	19.7455	0.2862
20	24.8784	0.2862	0.0044	3.7185	21.1599	0.3067
25	27.2411	0.3067	0.0046	5.1013	22.1398	0.3209
30	29.3372	0.3209	0.0047	6.5193	22.8179	0.3307
35	31.2348	0.3307	0.0048	7.9617	23.2730	0.3373
40	32.9774	0.3373	0.0049	9.4206	23.5569	0.3414
45	34.5951	0.3414	0.0049	10.8896	23.7055	0.3436
50	36.1093	0.3436	0.0049	12.3640	23.7453	0.3441
55	37.5361	0.3441	0.0049	13.8399	23.6963	0.3434
60	38.8878	0.3434	0.0049	15.3139	23.5739	0.3417
75	41.7100	0.3417	0.0049	19.7229	21.9871	0.3187
90	44.1673	0.3187	0.0047	23.9605	20.2068	0.2929
105	46.3575	0.2929	0.0045	28.0058	18.3517	0.2660
120	48.3423	0.2660	0.0043	31.8508	16.4915	0.2390
135	50.1635	0.2390	0.0040	35.4949	14.6686	0.2126
150	51.8507	0.2126	0.0038	38.9421	12.9086	0.1871
165	53.4257	0.1871	0.0036	42.1992	11.2265	0.1627
180	54.9054	0.1627	0.0034	45.2747	9.6307	0.1396
195	56.3027	0.1396	0.0032	48.1778	8.1249	0.1178
210	57.6281	0.1178	0.0030	50.9183	6.7098	0.0972
225	58.8900	0.0972	0.0029	53.5060	5.3841	0.0780
240	60.0955	0.0780	0.0027	55.9504	4.1450	0.0601
255	61.2503	0.0601	0.0026	58.2611	2.9892	0.0433
270	62.3594	0.0433	0.0024	60.4469	1.9125	0.0277

Tabella 3 Tabella di verifica del fosso EST

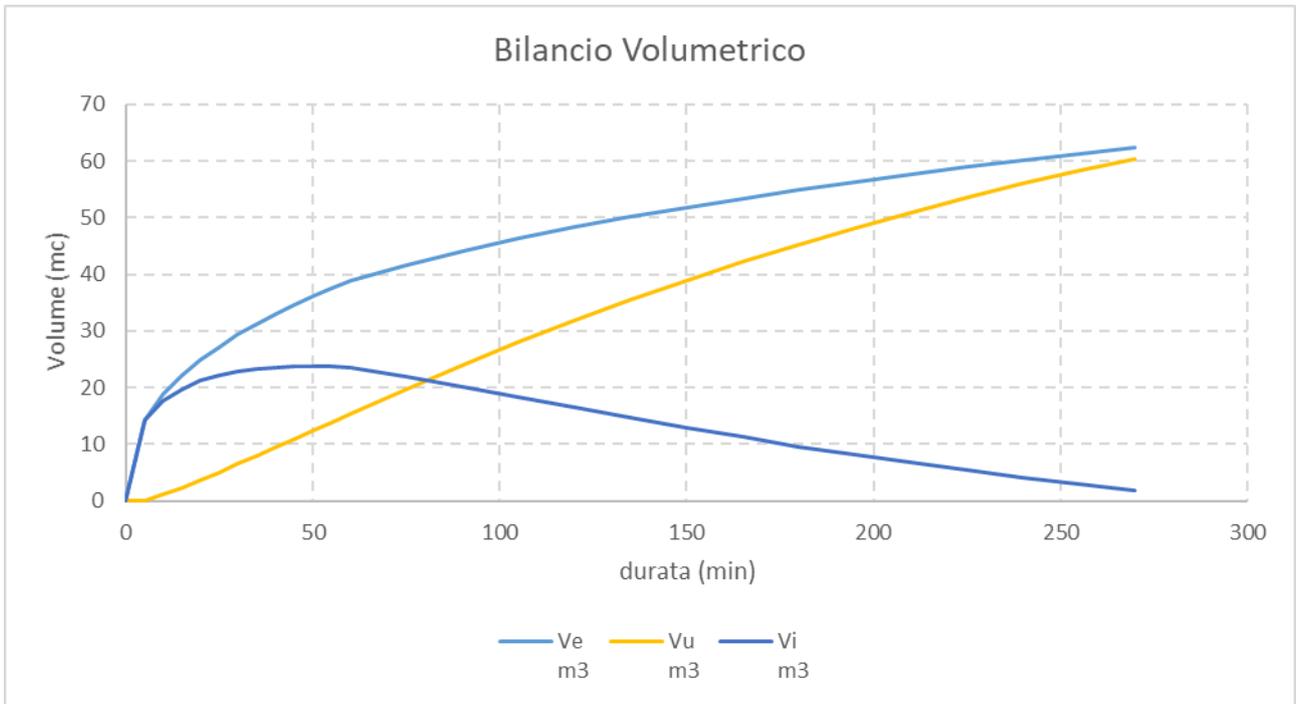


Figura 4-2 Bilancio volumetrico fosso EST



Figura 4-3 Tirante fosso EST

S ha	L m	b m	K m/s			
0.027	171	0.5	0.00003			
d min	Ve m ³	hu m	Qu m ³ /s	Vu m ³	Vi m ³	hu m
0	0	0	0	0	0	0
5	4.0241	0.0000	0.0000	0.0000	4.0241	0.0471
10	5.3342	0.0471	0.0030	0.9144	4.4198	0.0517
15	6.2902	0.0517	0.0031	1.8430	4.4472	0.0520
20	7.0707	0.0520	0.0031	2.7726	4.2981	0.0503
25	7.7422	0.0503	0.0031	3.6968	4.0454	0.0473
30	8.3379	0.0473	0.0031	4.6119	3.7260	0.0436
35	8.8772	0.0436	0.0030	5.5156	3.3617	0.0393
40	9.3725	0.0393	0.0030	6.4061	2.9664	0.0347
45	9.8323	0.0347	0.0029	7.2824	2.5499	0.0298
50	10.2627	0.0298	0.0029	8.1437	2.1190	0.0248
55	10.6682	0.0248	0.0028	8.9895	1.6787	0.0196
60	11.0523	0.0196	0.0028	9.8194	1.2329	0.0144
65	11.3336	0.0144	0.0027	10.6333	0.7003	0.0082
70	11.6004	0.0082	0.0026	11.4280	0.1724	0.0020

Tabella 4 Tabella di verifica del fosso OVEST

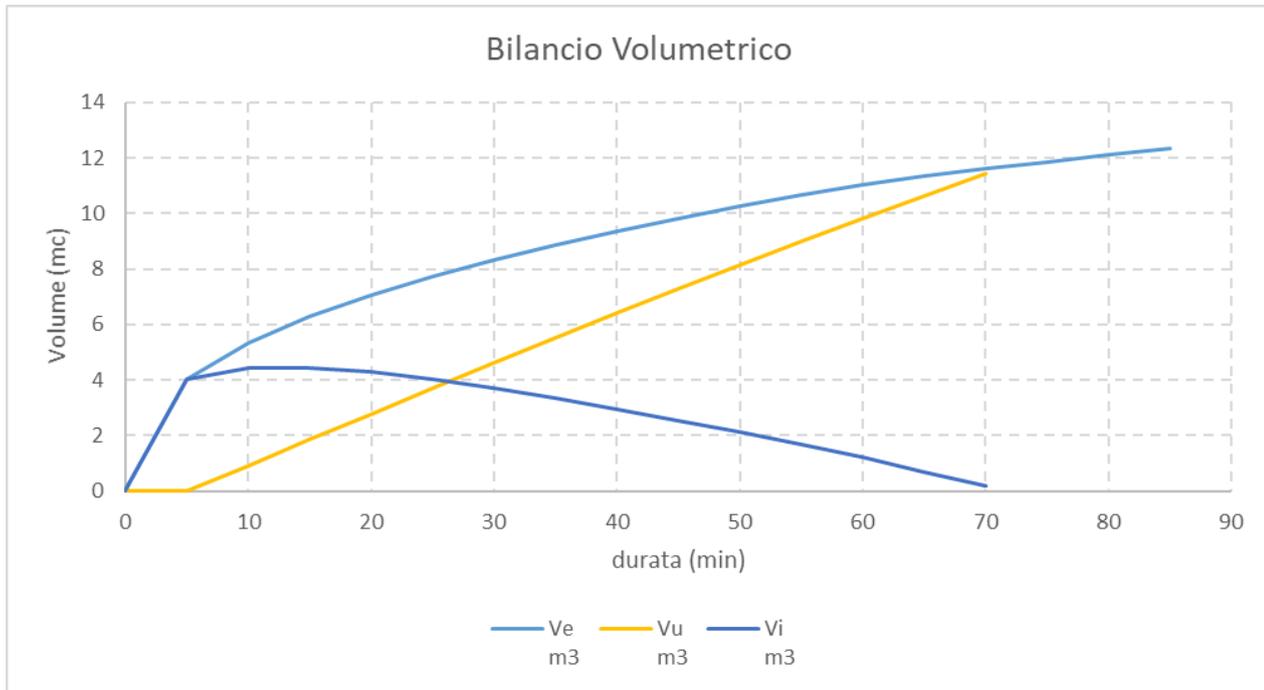


Figura 4-4 Bilancio volumetrico fosso OVEST

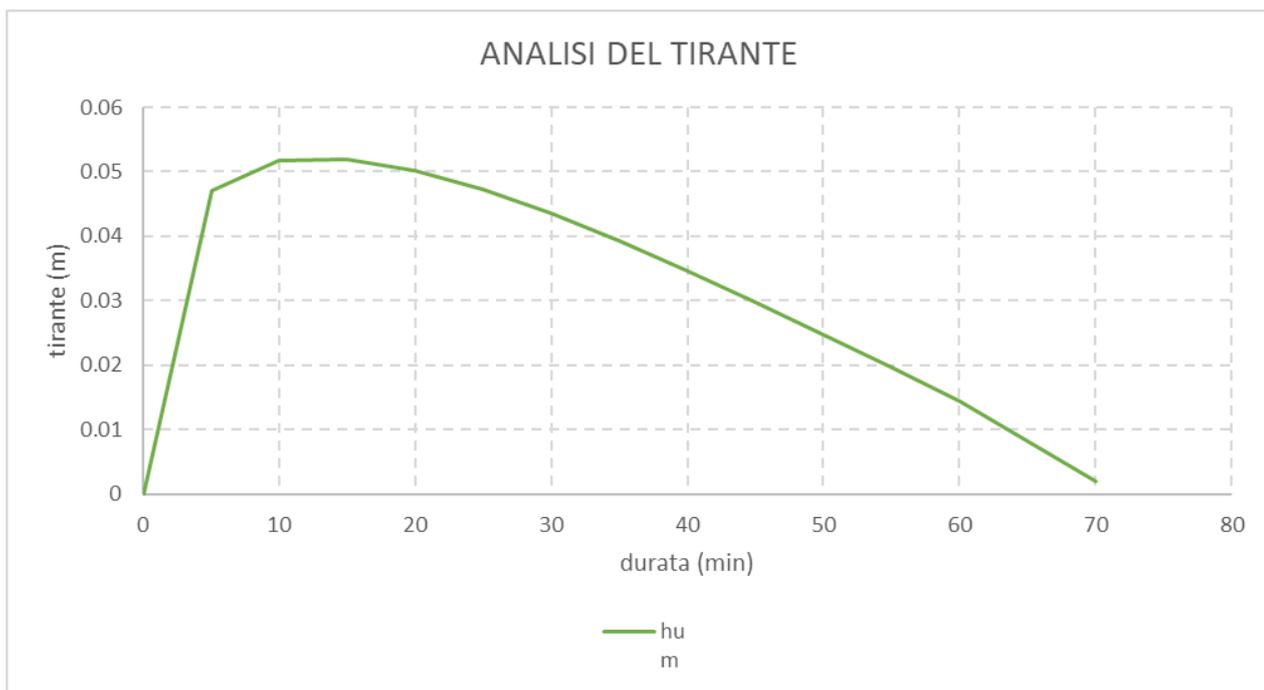


Figura 4-5 Tirante fosso OVEST

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO					
SSE MARRUBIU - VIABILITÀ - RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO NV 05 00 001	REV. B	FOGLIO 14 di 19

Come è possibile osservare dai risultati della progettazione, lo smaltimento dei volumi meteorici raccolti dalla piattaforma stradale è ottenuto a mezzo di due fossi in terra a sezione trapezoidale 50x50cm. Inoltre:

- Fosso EST – massimo volume accumulato: 23.7m³ a fronte di un volume massimo disponibile di 69.00 m³ (L=138m dim. 50x50 pendenza 1/1); massimo tirante: 34cm; tempo di svuotamento: 270minuti;
- Fosso OVEST - massimo volume accumulato: 4.00m³ a fronte di un volume massimo disponibile di 85.50 m³ (L=171m dim. 50x50 pendenza 1/1); massimo tirante: 5cm; tempo di svuotamento: 70minuti.

Le verifiche possono considerarsi soddisfatte.

5. INVARIANZA IDRAULICA

Il presente paragrafo illustra le procedure e i risultati ottenuti per il raggiungimento delle condizioni di compatibilità rispetto all'invarianza idraulica. Come meglio illustrato dagli elaborati specialistici relativi al sistema di drenaggio, i contributi meteorici attribuibili alla viabilità di progetto vengono gestiti a mezzo di fossi di guardia in terra. Appare dunque opportuno verificare che l'intervento in esame risponda nel complesso alle prescrizioni relative al mantenimento invariato delle portate e dei volumi convogliati al ricettore idraulico di riferimento.

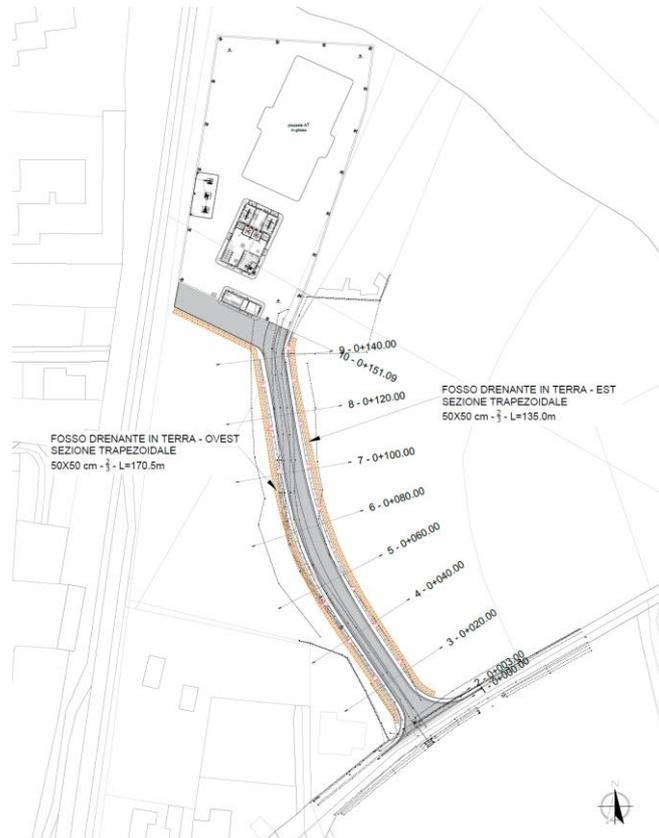


Figura 5-1 Stralcio planimetro della rete di drenaggio adottata per la viabilità.

Come disciplinato dall'Art. 47 del PAI per:

“invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione”.

Come meglio indicato all'interno delle *Linee Guida ed Indirizzi Operativi per l'Attuazione del Principio della Invarianza Idraulica*, gli aspetti da considerarsi a tal fine possono sintetizzarsi in:

1. Invarianza dei valori di portata e volume complessivamente convogliati a recapito finale;
2. Invarianza del punto di recapito, al fine di non aggravare eventuali altre reti limitrofe;
3. Invarianza delle quote altimetriche del sito. Tale trasformazione è tuttavia consentita nel caso in cui il sito di progetto si doti di sistemi di drenaggio e laminazione che permettano di escludere il manifestarsi di carichi incongrui nelle zone limitrofe dell'intervento;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO				
	SSE MARRUBIU - VIABILITÀ - RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO NV 05 00 001

4. Invarianza della capacità di dreno delle aree limitrofe.

La Normativa prevede l'individuazione di misure compensative differenti in ragione dello sviluppo superficiale della trasformazione territoriale. La tabella che segue riporta la classe dell'intervento:

Tabella 5 Classificazione dell'intervento territoriale

Classe	Livello di impermeabilizzazione potenziale	Superficie territoriale
a	trascurabile	inferiore a 0.1 ha
b	modesta	compresa tra 0.1 e 0.5 ha
c	significativa	compresa tra 0.5 e 10 ha
d	sostanziale	superiore a 10 ha

La viabilità di progetto della SSE Marrubiu presenta un'estensione complessiva compresa tra i 1000m² e i 5000m² e appartiene agli interventi con livello di impermeabilizzazione potenziale "modesta".

Si adotta dunque la procedura che prevede il raffronto tra lo stato di impermeabilizzazione della superficie alle condizioni Ante e Post Operam.

Tabella 6 SSE Cagliari – Ante-Post Operam

	TIPOLOGIA	SUPERFICIE m ²	COEFFICIENTE DI AFFLUSSO
ANTE OPERAM	STERRATO	1220	0.50
POST OPERAM	ASFALTO	1220	0.95

Come meglio illustrato all'interno delle linee guida, le trasformazioni ricadenti in Classe B comportano la necessità di determinare il volume minimo da invasare al fine di mantenere invariata la portata tra stato di fatto e di progetto.

La determinazione del picco di piena, a mezzo di formula Razionale, è realizzata nel rispetto delle ipotesi che seguono:

- Evento con periodicità statistica media pari a 50 anni;
- Tempo di corrvazione pari a 15 minuti;

- Coefficiente di afflusso Ante Operam determinato come media pesata del valore attribuibile alle superfici permeabili ($\varphi=0.50$) e impermeabili ($\varphi=0.8$);
- Coefficiente di afflusso Post Operam determinato come media pesata dei valori attribuibili per assegnata destinazione d'uso.

$$Q = \frac{\varphi \cdot ARF \cdot S \cdot h}{3.6 \cdot \tau}$$

Per i casi oggetto di studio, il coefficiente di afflusso allo stato di fatto e di progetto risulta pari a 0.80 e 0.85 rispettivamente. Il coefficiente di riduzione areale è determinato a mezzo della relazione di v. Raudkivi:

$$ARF = 1 - 0.17 A^{1/4}, A \leq 12^2 \pi \approx 452 \text{ Km}^2,$$

$$ARF = 0.2, A > 12^2 \pi \approx 452 \text{ Km}^2,$$

La tabella che segue riporta i risultati ottenuti per i piazzali di progetto.

Tabella 7 Viabilità SSE Marrubiu - Ante-Post Operam – portata

φ_a	φ_b	S ha	AFR	d min	I mm/h	Qa m ³ /s	Qp m ³ /s
0.5	0.95	0.122	0.9	15	102.37	0.056	0.11

La Tabella 7 riporta il volume sotteso all'idrogramma triangolare alle condizioni Ante e Post Operam, il valore minimo richiesto per la compensazione ai fini dell'invarianza idraulica e le dimensioni del manufatto di laminazione di progetto.

Tabella 8 Volume minimo di compensazione ai fini dell'invarianza idraulica

V_AO m ³	V_PO m ³	dV m ³
50.40	95.74	45.35

La compensazione volumetrica ai fini dell'invarianza idraulica è ottenuta in ragione della capacità dei fossi di guardia che, nell'ipotesi di riempimento omogeneo al 100% della sezione trapezoidale, sviluppano



PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA
CAGLIARI-ORISTANO

SSE MARRUBIU - VIABILITÀ - RELAZIONE
IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0S	00	D 29 RI	NV 05 00 001	B	18 di 19

un volume utile di 45.30m³ (fosso EST) e di 81.50m³ (fosso OVEST) a fronte di una lunghezza complessiva dei presidi di 138.0m e 171.0m. I risultati escludono cautelativamente i contributi ulteriori attribuibili ai bauletti disperdenti. Le portate vengono smaltite direttamente all'interno del fosso di guardia perdente (piano di falda: -1.37m da pc; permeabilità media: 3x10⁻⁵ m/s).

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO					
SSE MARRUBIU - VIABILITÀ - RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO NV 05 00 001	REV. B	FOGLIO 19 di 19

6. CONCLUSIONI

La presente relazione ha illustrato le procedure adottate per il sistema di drenaggio della viabilità di accesso al piazzale di Marrubiu. Considerato il modesto sviluppo dell'intervento, i valori medi di permeabilità ($k=3 \times 10^{-5}$ m/s) e la posizione del piano di falda (-147cm da p.c.) si è optato per l'adozione di due fossi drenanti in terra a sezione trapezoidale (50x50cm).