
	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA			Pag. 1 di 21
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

SITO ENIREWIND DI PORTO TORRES (SS)



BONIFICA PALTE FOSFATICHE

(ex Nuraghe Fase 2)

PROGETTO MODULO PALTE FOSFATICHE



RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

0		Ing.G.Locci	ENI Rewind	ENI Rewind	30/06/2023
Indice di Rev.	Descrizione Revisione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data
Questo documento è di proprietà Eni Rewind S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.					

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 2 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

INDICE

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO	3
2.1	PRECIPITAZIONI	4
2.2	GIORNI PIOVOSI	6
2.3	TEMPERATURE	7
2.4	CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	7
3	PERCOLATO	12
3.1	STIMA DELLA PRODUZIONE DI PERCOLATO SU BASE ANNUA	12
3.2	STIMA DELLA PRODUZIONE A SEGUITO DI UN EVENTO METEORICO INTENSO.....	13
3.3	TUBAZIONI DI MANDATA E DI ASPIRAZIONE DEL PERCOLATO	14
3.4	GESTIONE DEL PERCOLATO	15
4	DRENAGGIO ACQUE METEORICHE.....	16
4.1	DESCRIZIONE DELLA RETE.....	16
4.2	STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO	16
4.3	DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI PROGETTO	19
4.4	ACQUE METEORICHE AREA PAVIMENTATA LAVAGGIO RUOTE	20

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA			Pag. 3 di 21
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

1 PREMESSA

Il presente documento è la relazione idraulica del progetto del Modulo Palte Fosfatich (nel seguito MPF), una discarica di scopo, da ubicarsi in un'area dello Stabilimento di Porto Torres, denominata Minciareda sud. Il MPF sarà a servizio delle attività previste nel progetto di *Bonifica Palte Fosfatich (ex Nuraghe Fase 2)*, finalizzato allo smaltimento dei materiali derivanti dalle attività di bonifica dell'area Palte Fosfatich e dell'area ex TPF, situate sul lato nord dello Stabilimento di cui sopra.

Nel presente documento sono riportati i risultati dei seguenti dimensionamenti idraulici:

- produzione potenziale di percolato di origine meteorica in relazione ai tempi di gestione, dimensionamento dei sistemi di captazione e della volumetria di stoccaggio in appositi serbatoi;
- opere connesse alla rete di raccolta delle acque meteoriche che precipitano sulla copertura finale del MPF.

La progettazione dell'impianto è stata effettuata con l'obiettivo di minimizzare l'interazione tra il MPF e la rete idrica superficiale, sia in fase di coltivazione, sia in fase di chiusura definitiva.

2 INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO

Si riporta nel seguito un breve inquadramento meteo climatico dell'area in oggetto, con attenzione ai dati pluviometrici e alle temperature medie, utili per i dimensionamenti idraulici delle opere.

I dati utilizzati sono stati ricavati dagli "Annali idrologici"¹ (Parte Prima: Sezione A-Termometria; Sezione B: Pluviometria) predisposti da ARPAS Servizio Idrogeologico e Idrografico del Dipartimento Geologico e Servizio Meteorologico, Agrometeorologico e Ecosistemi del Dipartimento Meteorologico, prendendo come riferimento per le precipitazioni la stazione di "Porto Torres Andriolu" e per le temperature la stazione di "Sassari RF"² per le temperature.



Sono state prese in considerazione:

- le precipitazioni medie mensili e le medie annuali;
- i giorni piovosi mensili e le medie annuali;
- le temperature medie mensili (medie tra i minimi ed i massimi giornalieri).

I dati disponibili sono ritenuti significativi per i dimensionamenti del caso.

¹ Fonte: <https://www.sardegnaambiente.it/index.php?xsl=611&s=21&v=9&c=93749&es=4272&na=1&n=10>

² La stazione di "Porto Torres Andriolu" riporta i dati di temperatura a partire dal 2020

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 4 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

2.1 Precipitazioni

In **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata. sono riportati i valori di precipitazioni medie mensili della serie storica gennaio 2012 - dicembre 2021 misurate nella stazione di Porto Torres.

Tabella 2.1: Precipitazioni medie mensili, stazione di Porto Torres (serie 2011 – 2022)													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SETT	OTT	NOV	DIC	TOTALE ANNUO
2012	25,6	56,8	12,6	30,4	106	0,8	5,6	-	55,4	141,4	86,6	24	545,2
2013	117,6	82,2	68,6	54,4	73,6	1,6	0,2	1,2	50	37,2	137,4	35,8	659,8
2014	75,8	90,8	53,8	37,4	23,4	34,2	8,6	3,6	10,8	13	103,2	74,4	529
2015	28	102	63,8	90,8	3,6	20,8	-	7,6	20,6	105	26,2	7,4	475,8
2016	55,4	94,2	32,4	15	11,8	7	6,2	-	71,4	54	104	48,4	499,8
2017	64,6	30,2	13	52,2	1,8	32,4	-	-	29,6	2	79,4	92	397,2
2018	31	73,2	109,6	23,4	139,2	30,4	-	4,4	43	110,2	123	43,2	730,6
2019	84,6	48,2	23,8	65,8	42,4	-	22,4	6,8	7	42,2	208	38,8	590
2020	9	0,6	44,8	52,4	20,4	6,2	-	12,6	127,4	94,4	25,8	186	579,6
2021	137,6	38,8	18,8	20,6	37,8	4,4	0,6	1,2	7,2	30,8	104,4	45,8	448
MEDIA	62,92	61,70	44,12	44,24	46,00	15,31	7,27	5,34	42,24	63,02	99,80	59,58	546
MAX	137,60	102,00	109,60	90,80	139,20	34,20	22,40	12,60	127,40	141,40	208,00	186,00	730,60

La media dei valori di pioggia cumulata annualmente (serie storica 2012 – 2021 della stazione di Porto Torres), analizzati, è pari a 546 mm/anno.

L'andamento temporale delle precipitazioni è riportato in Figura 2.1.

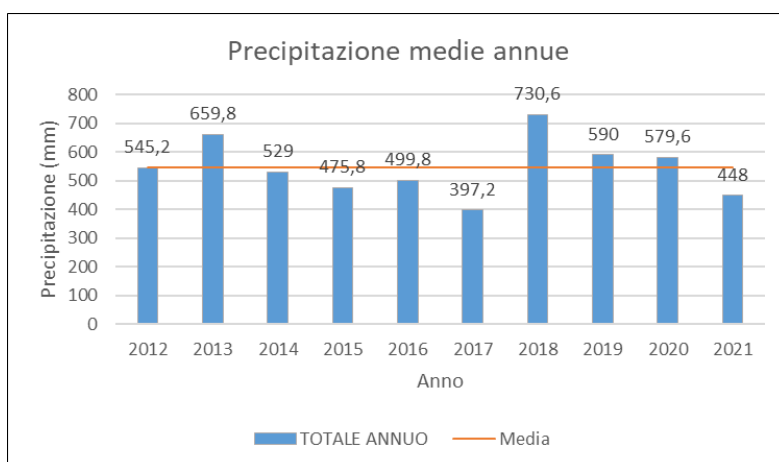




Figura 2.1: Andamento precipitazioni annuali, stazione di Porto Torres (serie 2012 -2021)

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 5 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

La distribuzione delle piogge medie mensili nell'arco dell'anno, per la zona in esame, conferma la presenza di una stagione secca e di una stagione piovosa. Si può considerare la stagione secca comprendente i mesi di giugno, luglio ed agosto (con minimo in agosto) e la stagione piovosa da settembre a maggio (con massimo in ottobre-novembre); la stagione secca, tuttavia, può facilmente estendersi parzialmente nel periodo autunnale o anticipare già ai mesi primaverili.

Nella sottostante Figura 2.2 si riporta la distribuzione delle media mensile delle piogge misurate presso la stazione di Porto Torres nel periodo 2011-2021.

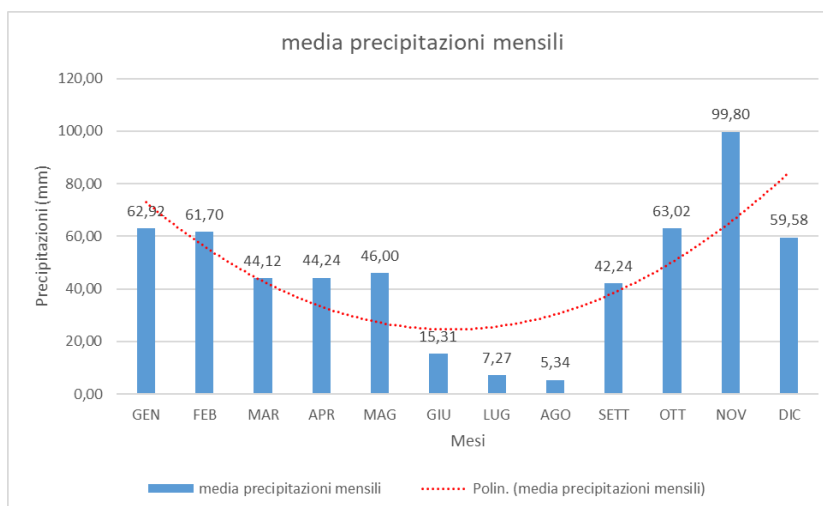




Figura 2.2: Andamento delle precipitazioni medie mensili (serie 2011 - 2021)

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 6 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

2.2 Giorni piovosi

Per quanto riguarda il numero di giorni piovosi, in media si registrano 63 giorni di pioggia/anno (serie storica 2011 – 2021 della stazione di Porto Torres), prevalentemente concentranti nel periodo invernale. Nel periodo considerato è stato registrato un massimo di 89 giorni di pioggia nell'anno 2018.

In Figura 2.3 è riportato il numero di giorni piovosi per ciascun anno della serie storica utilizzata. In Figura 2.4, invece, è riportata la media dei giorni piovosi su base mensile.

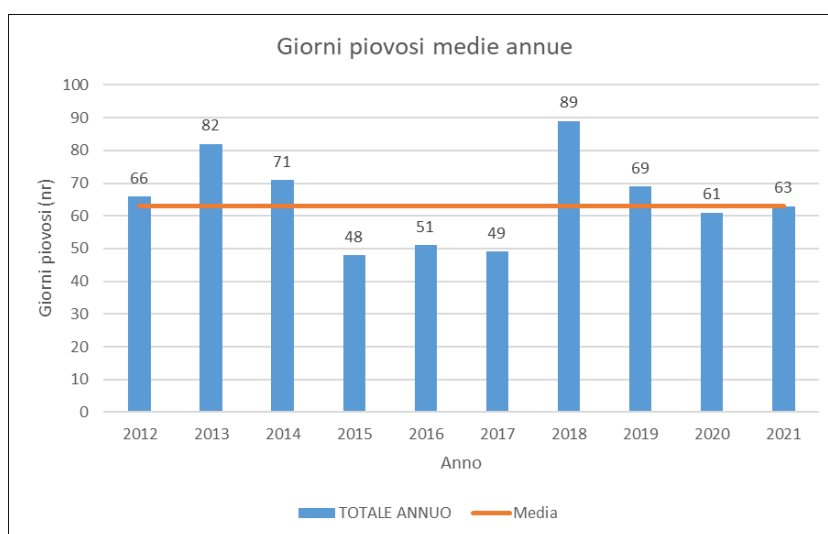


Figura 2.3: Andamento numero di giorni piovosi su base annuale - Stazione di Porto Torres (serie 2011 - 2021)

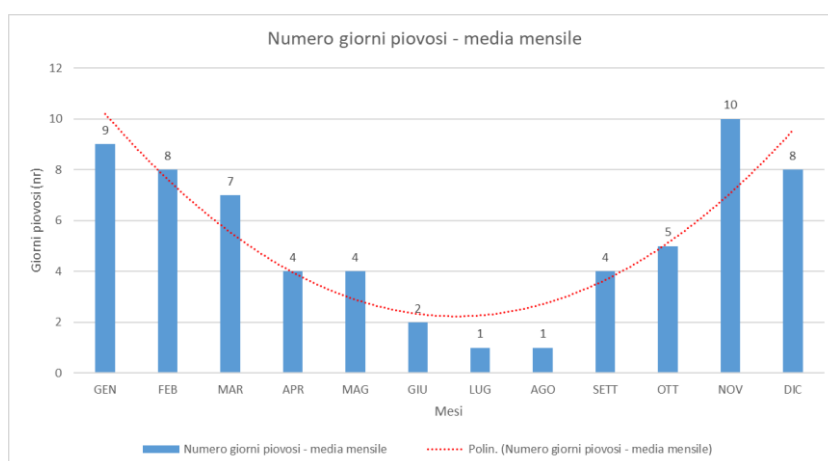




Figura 2.4: Andamento numero di giorni piovosi su base mensile - Stazione di Porto Torres (serie 2011 - 2021)

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 7 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

2.3 Temperature

Per la valutazione dell'evapotraspirazione (E) nel sito in oggetto sono stati analizzati i dati di temperatura della Stazione di "Sassari RF" per la serie 2012-2021. La media annuale di temperatura è pari a **16,2 °C**.

L'andamento temporale della temperatura su base annuale è riportato in Figura 2.5.

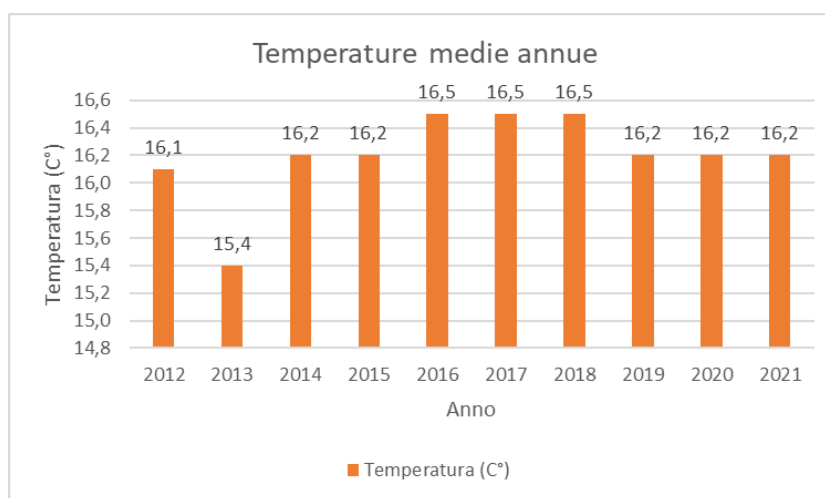




Figura 2.5: Andamento delle temperature medie annuali (Gennaio 2011 - Dicembre 2021)

2.4 Curva di possibilità pluviometrica

La progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche ricadenti nell'area in oggetto si basa sulla Curva di Possibilità Pluviometrica (CPP) che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, d , ad assegnata frequenza di accadimento o tempo di ritorno T .

Per la valutazione dell'entità della precipitazione intorno alle aree di progetto si ricorre a un metodo indiretto che consiste nell'applicare un modello di trasformazione afflussi/deflussi per il quale è richiesta, tra l'altro, la conoscenza delle curve di possibilità climatica ottenute attraverso un'analisi statistica su base regionale. Per la Sardegna può applicarsi il metodo, di recente pubblicazione, che prevede la definizione delle curve di possibilità pluviometrica sulla base del modello TCEV. Si è osservato infatti, anche in ambito nazionale, che eventi di pioggia particolarmente intensi sfuggivano alla capacità di previsione delle curve di possibilità pluviometriche formulate col modello log-normale. È stato in tal modo sviluppato un modello capace di interpretare più fedelmente eventi di breve durata, anche utilizzando curve di distribuzione con un maggior numero di parametri.

Nel seguente progetto, ai fini del calcolo delle curve di possibilità pluviometrica per i vari tempi di ritorno, è stato quindi

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 8 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

utilizzato il metodo TCEV (Two Component Extreme Value) di cui alle Linee Guida³ della regione Sardegna, utilizzando però le espressioni fornite da Deidda⁴ poiché maggiormente conservative. Per semplicità, verrà riportata solo la procedura di calcolo illustrata nello studio di Deidda.

In detta trattazione, si definisce dapprima la pioggia indice $\mu(\tau)$ di durata τ (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata τ), espressa dalla:

$$\mu(\tau) = a_1 \cdot \tau^{n_1}$$

Dove i coefficienti a_1 e n_1 si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g (ricavabile dalla Figura 2.6, nel caso in esame è stato scelto un valore pari a **55 mm** pari a quanto utilizzato per i dimensionamenti del SdR):

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0,886 \cdot 24^{n_1}}$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \cdot \text{Log}_{10} \mu_g$$

Successivamente, si calcola l'altezza di pioggia $h_T(\tau)$ di durata τ con assegnato tempo di ritorno T in anni, moltiplicando la pioggia indice $\mu(\tau)$ per un coefficiente di crescita $K_T(\tau) = a_2 \tau^{n_2}$:

$$h_T(\tau) = \mu(\tau) \cdot K_T(\tau) = a_1 a_2 \cdot \tau^{(n_1+n_2)}$$

Dove i coefficienti a_2 e n_2 si determinano con le relazioni illustrate seguentemente per differenti T e τ . Per brevità, si è scelto di illustrare solo le equazioni relative alla Sotto Zona Omogenea (SZO) in cui ricade l'area in esame. Come si evince dalla Figura 2.7, l'area di progetto ricade nella **SZO 2**.

Le equazioni per questa Sotto Zona Omogenea (SZO 2) sono le seguenti:

- per tempi di ritorno $T \leq 10$ anni:

$$a_2 = 0.64767 + 0.89360 \cdot \text{Log}_{10} T$$

$$n_2 = -6.0189 \cdot 10^{-3} + 3.2950 \cdot 10^{-4} \cdot \text{Log}_{10} T$$



- per tempi di ritorno $T > 10$ anni, invece, la distinzione è fatta anche a seconda della durata, inferiore o superiore all'ora:

- Per $\tau \leq 1h$:

$$a_2 = 0.44182 + 1.0817 \cdot \text{Log}_{10} T$$

³ Assessorato Lavori pubblici, Regione Autonoma Sardegna, Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia, Linee Guida, Cagliari 2000

⁴ Deidda, R. e Piga E., Curve di possibilità pluviometrica basate sul modello TCEV, Informazione, 81, pagine 9-14, Cagliari, 1998

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA			Pag. 9 di 21
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

$$n_2 = -0.18676 + 0.24310 \cdot \text{Log}_{10} T - 3.5453 \cdot 10^{-2} \cdot (\text{Log}_{10} T)^2$$

- Per $\tau > 1h$:

$$a_2 = 0.44182 + 1.0817 \cdot \text{Log}_{10} T$$

$$n_2 = -5.6593 \cdot 10^{-3} - 4.0872 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}_{10} T$$

Nel caso in esame, si è riscontrata l'impossibilità di adottare, per tempi di ritorno superiori ai 10 anni, un unico tipo di funzione monomia; si è invece reso necessario separare la casistica nelle due tipologie di eventi sopra descritte: piogge di durata inferiore a un'ora e piogge di durata superiore a un'ora.

Le curve di possibilità climatica, qui rappresentate in forma analitica, consentono di attribuire agli eventi meteorici straordinari un tempo di ritorno che, a sua volta, è legato alla probabilità di non superamento dell'evento stesso dalla relazione:

$$T = \frac{1}{1 - P}$$

Dove:

- T = Tempo di ritorno;
- P = Probabilità di non superamento dell'evento considerato.

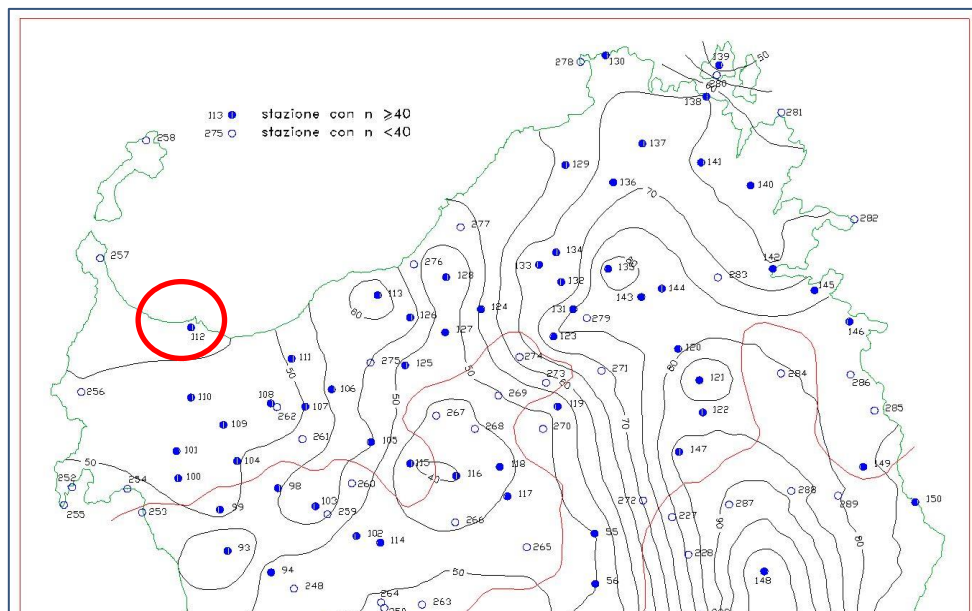




Figura 2.6: Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna (Deidda ed Al., 1997)

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 10 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

In definitiva, tramite l'applicazione della TCEV regionale di cui alle Linee Guida della regione Sardegna ed utilizzando le espressioni fornite da Deidda, ritenute più conservative, è stato possibile ottenere le CPP per vari tempi di ritorno; le curve sono riportate in Figura 2.8.

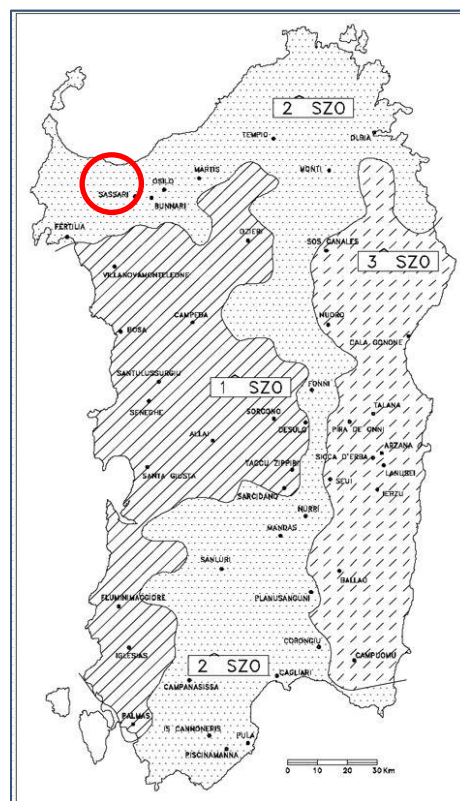


Figura 2.7: Sotto Zone Omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna

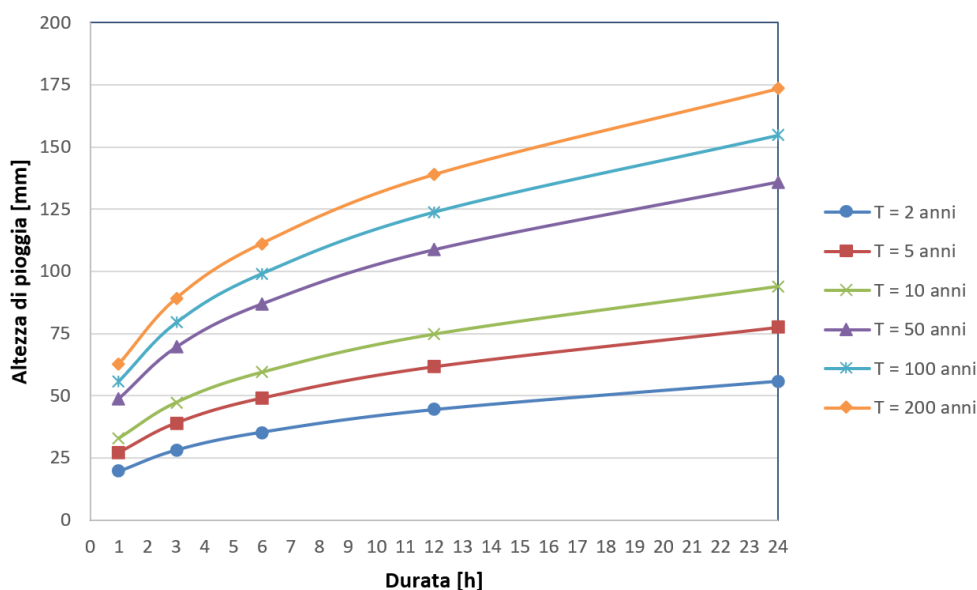




Figura 2.8: Curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno



	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 11 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

Inoltre, scelto il tempo di ritorno più appropriato, possiamo determinare l'intensità della pioggia di progetto, di cui abbiamo fissato l'altezza (quindi il volume di precipitazione) per il dimensionamento delle opere idrauliche.

Nel caso in esame è stato assunto un Tempo di ritorno T pari a **dieci anni** ed è stata utilizzata la seguente **CPP di progetto**:

$$h_T(\tau) = a(T) \cdot \tau^{n(T)} = 32,95 \cdot \tau^{0,330}$$

Per il dimensionamento delle opere idrauliche (canalizzazioni) necessarie all'allontanamento delle acque meteoriche si farà riferimento alla curva di possibilità pluviometrica sopra riportata - associata ad un tempo di ritorno di 10 anni - **incrementata di un ulteriore 30%**, così come indicato al punto 2.3 (controllo delle acque e gestione del percolato in impianti per rifiuti non pericolosi e pericolosi) dell'Allegato 1 del D.lgs. 36/2003, come modificato dal D.lgs. 121/2020.

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 12 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

3 PERCOLATO

3.1 Stima della produzione di percolato su base annua

Si è proceduto ad una stima su base annua della produzione media giornaliera di percolato da parte dei rifiuti, la quale è stata assunta pari all'infiltrazione netta I_v che mediamente interessa il bacino di conferimento. Il valore di I_v è stato ottenuto applicando al sistema fisico del bacino di conferimento l'equazione del bilancio idrologico nella forma:

$$I_v = P_v - ET_v - CR_v$$

Dove:

- I_v = Produzione media annua di percolato ($m^3/anno$);
- P_v = Precipitazione media lorda annua sul bacino di conferimento ($m^3/anno$);
- ET_v = Evapotraspirazione annua dal bacino di conferimento ($m^3/anno$);
- CR_v = Coefficiente di ritenzione idrica del rifiuto ($m^3/anno$).

Si osserva che nell'equazione del bilancio idrologico non compare il termine rappresentativo della variazione del contenuto d'acqua del materiale nella vasca di conferimento delle PF, poiché esso risulta trascurabile rispetto a D_v , P_v , ET_v . Ciò è ammissibile poiché si considerano valori su base annua e, a causa del ciclo annuale delle stagioni, dopo un anno il bacino viene a trovarsi in condizioni molto simili a quelle di partenza.

Inoltre, il volume di controllo con cui sono stati identificati i bacini (volume vasca MPF) di conferimento per l'applicazione dell'equazione del bilancio idrologico è limitato inferiormente e lateralmente dai dispositivi di impermeabilizzazione e superiormente da una superficie posta ad una quota pari a quella di bordo vasca. La scelta di questa superficie permette di operare a favore di sicurezza, in quanto essa è la massima superficie esposta alle precipitazioni durante gli anni di gestione.

Sulla base delle precipitazioni medie annua pari a 546 mm/anno, dell'evaporazione media (considerata il 50% delle precipitazioni), di una capacità di ritenzione dei rifiuti pari al 30% e della superficie del lotto esposto alla precipitazione meteorica, è stata determinata la **produzione media giornaliera di percolato** della vasca MPF in progetto indicata in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

La produzione complessiva di percolato prodotta dal MPF, supponendo che tutto il bacino sia aperto e quindi contribuisca al 100% alla formazione del percolato, è di **6,83 m³/gg**.



	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA			Pag. 13 di 21
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

Tabella 3.1: Stima produzione media di percolato								
SUPERFICIE	PRECIPITAZIONE ANNUALE LORDA		EVAPO- TRASPIRAZIONE	CAPACITÀ RITENZIONE RIFIUTI			% DI CONTRIBUZIONE DEL BACINO	
S	P	PV	ETV	CRR	DV	QS	%CONTR	QS, PROGETT O
(m ²)	(mm/anno)	(m ³ /anno)			(m ³ /anno)	(m ³ /gg)		(m ³ /gg)
12.000	546,00	6.552	50%	30%	2293	6,28	100%	6,28



Tabella 3.2: Stima della produzione totale di percolato durante la fase di gestione operativa del MPF		
LOTTO	ANNO 01	ANNO 02
Produzione percolato (m ³)	2.300	2.300
Produzione totale periodo di gestione operativa	4.600	

In fase di post-gestione la quantità di percolato prodotto sarà di gran lunga inferiore a quella della fase di gestione operativa in virtù della presenza della copertura finale; data la tipologia di materiale conferito, si stima che il percolato prodotto sarà legato a fenomeni di rilascio dell'umidità contenuta nelle PF al momento della chiusura. Tale umidità è dovuta principalmente alle precipitazioni meteoriche avvenute durante la gestione operativa del MPF, in quanto la copertura finale con telo in HDPE accoppiato allo strato di argilla garantisce che gli apporti legati alle precipitazioni in fase di post-gestione siano trascurabili.

3.2 Stima della produzione a seguito di un evento meteorico intenso

A partire dalla CPP di progetto è stata effettuata la stima della produzione di percolato per eventi meteorici intensi considerando un evento di durata ed intensità eccezionale (48 h) con tempo di ritorno (T) pari a **10 anni** (evento critico). È stata altresì considerata la situazione maggiormente critica in relazione alle geometrie del MPF ed alle modalità di gestione dei conferimenti, ovvero si è supposto che l'evento critico abbia luogo in corrispondenza dei primi giorni di coltivazione dell'unico lotto del MPF, in cui i rifiuti non sono in grado di garantire significativi valori di assorbimento (situazione critica).

A tal proposito si è ipotizzato che l'evento critico possa accadere dopo una settimana dall'inizio della coltivazione, nel caso di condizioni meteorologiche avverse, pertanto, si procederà all'abbancamento esclusivamente nel caso in cui non siano previste precipitazioni eccezionali.

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 14 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

Considerando i conferimenti previsti dal piano di gestione pari a circa **80 m³/giorno**, il fondo del bacino nella prima settimana lavorativa di gestione sarà ricoperto da uno strato di rifiuti distribuiti sulla superficie per un totale di **400 m³**. La porosità efficace media del rifiuto in ingresso è stata valutata mediamente pari a $p=0,40$, poiché trattasi materiali non ancora compattati per peso proprio e per fenomeni di consolidazione primaria e secondaria. Il grado di saturazione medio del rifiuto è stato valutato a vantaggio di sicurezza pari al 20%.

Dalle ipotesi descritte e dai dati di precipitazione ricavati dalla CPP di progetto si ottengono i risultati sintetizzati nella seguente tabella.



PARAMETRI DI CALCOLO	U.M.	MPF (Critica)
Area scolante (max)	STOT (m ²)	12.000
Conferimento giornaliero	m ³	80
Volume rifiuti (prima settimana di conferimenti 5 gg lavorativi)	m ³	405
Porosità efficace media rifiuto conferito	p	40%
Capacità di immagazzinamento del rifiuto secco	V (m ³)	170
Grado di saturazione media		20%
Capacità di immagazzinamento del rifiuto umido	m ³	136
Precipitazione evento 48 h	mm	118,2
	m ³	1.419
Produzione percolato	m ³	1.283
Portata in uscita tramite emungimento	Q (l/s)	8
	Q (m ³ /h)	28,8
Capacità di emungimento della pompa (battente zero garantito) in 48 h	V (m ³)	1.382

All'interno del pozzo di raccolta del percolato è prevista l'installazione di una pompa con portata di funzionamento (Q_p) pari almeno **8 l/s** e prevalenza (H) idonea. Il sistema di estrazione è tale da garantire il ritorno alla condizione di battente minimo già durante il verificarsi dell'evento critico, con una estrazione in condizioni d'emergenza (i.e. con funzionamento in continuo) fino ad un valore massimo di **1.382 m³** in 48 ore.

La pompa di aspirazione e rilancio del percolato potrà essere comandata da sensori che rilevano la presenza di liquido nel pozzo di estrazione.

3.3 Tubazioni di mandata e di aspirazione del percolato

La tubazione d'aspirazione del percolato è in **HDPE**, con un diametro **DE 125 (PFA 10)** e una valvola di non ritorno installata sul fondo. Il liquido estratto dalle pompe sarà inviato ai silos di stoccaggio tramite **tubazioni in HDPE DE 125 (PFA 10)** disposte all'interno di uno scatolare prefabbricato in CLS disposto sul corpo dell'argine; la linea sarà facilmente

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 15 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

ispezionabile. Sulla linea saranno installate valvole a farfalla per la regolazione, valvole di non ritorno e contatori elettromagnetici.

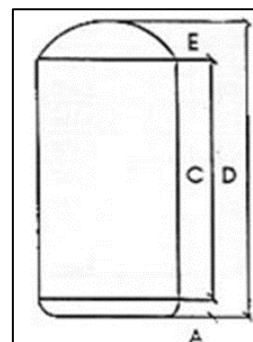
3.4 Gestione del percolato

Il percolato prodotto dal **MPF** sarà inviato ai silos di stoccaggio e da questi caricati in autobotti e smaltiti presso impianti di trattamento/smaltimento terzi autorizzati.

Il parco silos del MPF sarà composto da **n.2 serbatoi in vetroresina** con capacità di **30 m³ cad**, allocati all'interno di una vasca di sicurezza in Cls.



Tabella 3.3: Caratteristiche geometriche silos di stoccaggio percolato

Ø 2.500 mm				
LITRI	A FONDO INFERIORE	C ALTEZZA CILINDRO	D ALTEZZA TOTALE	E FONDO SUPERIORE
	mm	mm	mm	mm
30.000	145	5.510	6.320	670



Durante un evento eccezionale, con tempo di ritorno 10 anni e nella configurazione maggiormente critica di gestione del MPF, il volume di percolato massimo invasato sarà pari a **circa 1.283 m³**. Tale volume eccede la capacità di stoccaggio disponibile, per cui durante l'evento critico sarà necessario procedere ad uno smaltimento celere del percolato presso impianti di trattamento/smaltimento terzi autorizzati, che verranno preallertati in caso di previsioni di eventi meteorici intensi.

Si valuterà in fase esecutiva l'eventuale realizzazione di sub-bacini idraulicamente separati da argini e teli LDPE di copertura temporanea dei rifiuti, in modo da limitare la generazione di percolato.

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 16 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

4 DRENAGGIO ACQUE METEORICHE

4.1 Descrizione della rete

Le acque meteoriche (AM) ricadenti al di sopra della copertura finale del MPF non entrano in alcun caso a contatto con le potenziali sorgenti di contaminazione; per tale motivo sono da considerarsi non contaminate e possono essere allontanate e scaricate in un recettore finale senza alcun trattamento.

Il sistema di drenaggio perimetrale del MPF sarà realizzato con canalette in cls rettangolari con base interna pari a **30 cm**; questo è composto da due rami drenati:

- Il tratto E-F che drena la porzione Nord-Ovest del MPF;
- Il tratto G-H che drena la porzione Sud-Est del MPF.

Le canalette confluiscono in due pozzetti F e H che attraverso un sistema di tubazioni interrato, aventi un diametro interno di **0,4 m** e pendenze del **1,52 %**, colleghino le acque ai pozzetti P6 e P7. Quest'ultimi sono connessi con tubazioni plastiche da **0,22 m** di diametro interno al dissipatore d'energia idraulica **D2** delle acque meteoriche, ubicato alla base del rilevato del MPF. A valle del dissipatore D2 le acque del MPF fluiranno attraverso un breve tratto di canale di sezione interna 50x50 cm e pendenza 1,00%, per poi confluire, unitamente alle acque del SDR, attraverso una tubazione in cls di diametro interno di **0,8 m** sino al canale di regimazione, che passa lungo il lato Est del MPF, ed infine al mare.



4.2 Stima delle portate di progetto

Le portate di progetto sulla base delle quali dimensionare e verificare le sezioni – di progetto ed esistenti - della rete di drenaggio delle acque meteoriche sono state stimate utilizzando il metodo della corrivazione, che si basa sulle seguenti ipotesi:

- funzionamento autonomo dei collettori;
- deflusso dei singoli rami in condizioni di moto uniforme;
- comportamento della rete sincrono (i collettori raggiungono, cioè, contemporaneamente il massimo valore della portata).
- massima portata al colmo raggiunta per piogge di durata pari al tempo di corrivazione del bacino t_c , definito come il tempo necessario affinché la goccia caduta nel punto più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura.

Per una rete di drenaggio come quella in esame, il tempo di corrivazione t_c può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete fino alla sezione di chiusura considerata. Il tempo di corrivazione è dato dalla somma:

$$t_c = t_a + t_r$$

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 17 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

Dove:

- t_c = Tempo di corrivazione;
- t_a = Tempo di accesso alla rete relativo al sottobacino drenato dalla condotta posta all'estremità di monte del percorso idraulico più lungo
- t_r = Tempo di rete.

Il tempo di accesso dipende da molte variabili ed è un parametro difficile da stimare; tuttavia, il valore normalmente assunto nella progettazione è compreso entro l'intervallo di 5-15 minuti. Nel caso in esame esso è stato assunto pari a dieci minuti.

Il tempo di rete è dato dalla somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione, seguendo il percorso più lungo della rete fognaria. L'espressione proposta da Becciu, Mambretti e Paoletti per il calcolo di t_r è la seguente:

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{1,5 \cdot v_{ui}}$$

Dove:

- L_i = Lunghezza considerata.
- v_{ui} = Velocità di moto uniforme, che assume la portata di piena nelle singole canalizzazioni;



Il fattore 1,5 è stato introdotto per correggere l'errore di sovrastima del tempo di rete (e quindi di sottostima della portata di progetto) che si avrebbe considerando la semplice velocità di moto uniforme.

Noto t_c , la portata di progetto è quindi calcolata con la formula razionale, utilizzando un tempo di ritorno di 10 anni e prevedendo un ulteriore incremento del 30% (come prescritto dalla normativa vigente):

$$Q_p = 1,3 \cdot \varphi \cdot \frac{i(T_0, t_c) \cdot A}{360}$$

Dove:

- Q_p = Portata critica (netta) = portata di progetto (netta) (m^3/s);
- φ = Coefficiente di afflusso, mediante il quale si tiene conto delle perdite per infiltrazione e detenzione superficiale (adimensionale);
- A = area del bacino scolante in ettari;
- $i(T_0, t_c)$ = intensità di pioggia (mm/h), che dipende dal tempo di ritorno T e dalla durata critica t_c , ricavata dalla curva di possibilità pluviometrica.

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 18 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

Nella tabella che segue vengono riportate le portate stimate per ogni sezione della rete di progetto ed i parametri alla base della stima.

Tabella 4.1: Stima delle portate di progetto							
Area scolante sottesa dalla sezione finale del tratto		Lunghezza tratto	Tempo percorrenza tratto	Tempo di corrivazione	Intensità pioggia	Coefficiente di afflusso	Portata critica
Tratto	m ²	m	s	h	mm/h	-	m ³ /s
E-E'	3.550	138	82	0,19	100	0,5	0,06
E'-F	6.260	93	36	0,20	97	0,5	0,11
G-G'	2.175	95	47	0,18	104	0,5	0,04
G'-H	7.120	132	65	0,20	98	0,5	0,13
F-P6	6.260	3	1	0,20	97	0,5	0,11
H-P7	7.120	3	1	0,20	97	0,5	0,13
P6-D2	6.260	16	2	0,20	97	0,5	0,11
P7-D2	7.120	17	2	0,20	97	0,5	0,13
D2 – P8	13.380	5	2	0,20	97	0,5	0,23

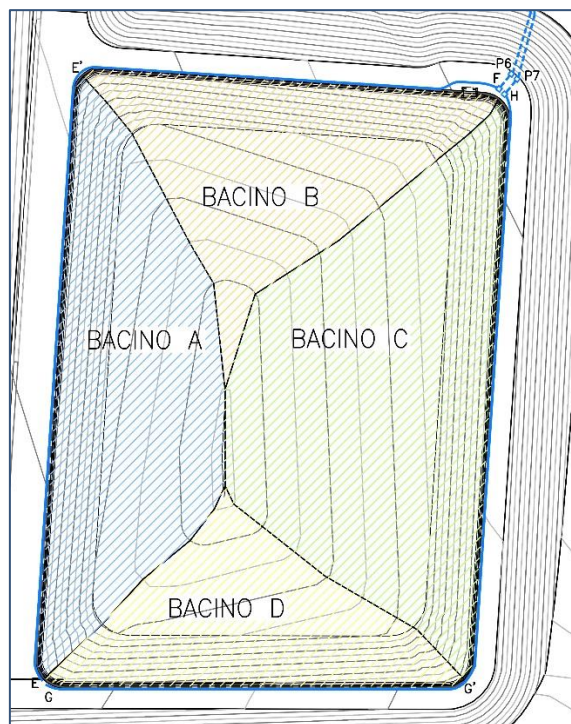




Figura 4.1: Sistema di drenaggio acque meteoriche del MPF

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA			Pag. 19 di 21
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

4.3 Dimensionamento della rete di progetto

Il dimensionamento delle canalette di drenaggio è stato effettuato applicando verifiche idrauliche in condizioni di moto uniforme sulla base delle portate al colmo adottando la classica formula di Chezy-Strickler:

$$Q = k_s A R^{2/3} i^{1/2}$$

Dove:

- Q è la portata in m^3/s ,
- A è l'area della sezione bagnata in m^2 ;
- k_s è coefficiente di scabrezza di Strickler;
- R è il raggio idraulico in metri;
- i è la pendenza di fondo del condotto.



Nella tabella che segue sono riportati i risultati del dimensionamento idraulico delle condotte di progetto. Per ogni tratto è stata riportata la portata di progetto alla base del dimensionamento, la pendenza del tratto, il tirante idrico stimato, l'altezza massima, il coefficiente di riempimento (dato dal rapporto tra tirante idrico e altezza massima) e la velocità di deflusso all'interno del tratto. Il coefficiente di scabrezza è stato posto uguale a 70 per le condotte/tubi in calcestruzzo – considerandone la futura usura - e a 80 per i tubi in HDPE.

Tabella 4.2: Parametri di progetto e risultati del calcolo di dimensionamento									
Tratto	Portata critica	Pendenza i	Sezione tratto	Dimensioni condotta (B o DI)	K_s	h	H max	h/H_{max}	Velocità
	m^3/s	m/m		m	$mm^{1/3}s^{-1}$	m	m	-	m/s
E-E'	0,06	0,06	rett.	0,3	70	0,18	0,30	0,59	1,12
E'-F	0,11	0,11	rett.	0,3	70	0,21	0,30	0,71	1,73
G-G'	0,04	0,04	rett.	0,3	70	0,10	0,30	0,33	1,34
G'-H	0,13	0,13	rett.	0,5	70	0,19	0,30	0,64	1,36
F-P6	0,11	0,11	circolare	0,4	70	0,19	0,40	0,48	1,85
H-P7	0,13	0,13	circolare	0,4	70	0,21	0,40	0,53	1,93
P6-D2	0,11	0,11	circolare	0,22	80	0,10	0,22	0,45	6,54
P7-D2	0,13	0,13	circolare	0,22	80	0,11	0,22	0,51	6,66
D2 – P8	0,23	0,23	circolare	0,5	70	0,26	0,50	0,51	1,8

Conformemente alla Circ. Min. LL.PP. n.11633 (Pres. Cons. Sup. - Serv. Tecn. Centr.) del 7.1.1974: "Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto", si sono adottate caratteristiche delle tubazioni (diametro, pendenza, materiale) tali da contenere di norma le velocità entro i valori consigliati:

$$V_{media} \text{ 0,5 m/sec; } V_{max} \text{ 3 m/sec}$$

in modo da impedire il deposito di sostanze sedimentabili durante i periodi di magra e l'erosione della superficie interna delle tubazioni in occasione delle portate di punta.

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 20 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

Unica eccezione sono i tratti P6-D2 e P6-D7 all'interno dei quali, a causa delle elevate pendenze, le velocità sono superiori ai 6 m/s. In queste condizioni si potrebbe instaurare il fenomeno delle "roll waves": la corrente in condizioni di moto uniforme non riesce a dissipare tutta l'energia potenziale messa a disposizione dall'abbassamento del fondo, per cui il pelo libero si innalza e forma dei vortici ad asse orizzontale, nei quali viene dissipata l'energia in eccesso. Per tener conto di questo fenomeno, si è previsto un opportuno franco di sicurezza rispetto al tirante idrico di moto uniforme, dimensionando le tubazioni in modo da avere come obiettivo un coefficiente di riempimento (h/H_{max}) inferiore a 0,5. Le elevate velocità all'interno di tali collettori rendono inoltre necessaria la realizzazione di un **manufatto per la dissipazione energetica del fluido** (denominato D2). In Figura 4.2 è rappresentato lo stralcio di tale opera, dimensionata per ricevere le acque meteoriche delle 2 tubazioni del MPF.

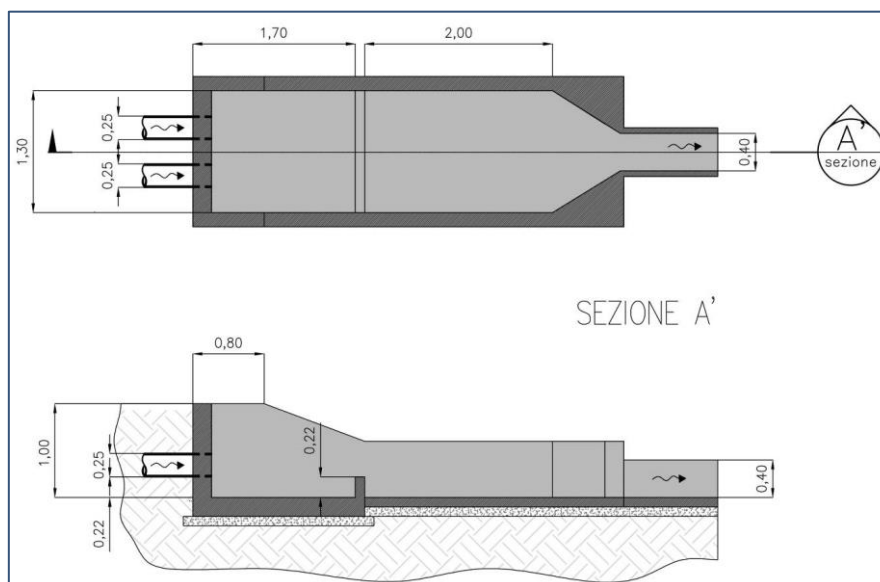



Figura 4.2: Dissipatore d'energia D2 delle acque meteoriche del MPF (misure espresse in m)

4.4 Acque meteoriche area pavimentata lavaggio ruote

Come indicato ne Progetto Definitivo del Sito di Raccolta, le acque meteoriche insistenti sull'area pavimentata localizzata tra il MPF e il SDR, che ha una **superficie di estensione pari a 300 m²**, saranno raccolte da una canaletta grigliata posta a ridosso della rampa di salita del lavaggio ruote.

Le acque meteoriche di dilavamento generate dalle superfici asfaltate, saranno inviate tramite collegamento diretto senza soluzione di continuità, all'impianto di trattamento disponibile in piattaforma, la portata adottata sarà pari

	SITO/LOCALITA' Porto Torres (SS)	N° DOC. 100076-ENG-F-F5-6002-AII.6	PVI: 100076	N° COMMESSA RE-1076-BSTR-1_I
	TITOLO BONIFICA PALTE FOSFATICHE (EX NURAGHE FASE 2) MODULO PALTE FOSFATICHE – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Pag. 21 di 21	
LOGO APPALTATORE 	N°DOC Appaltatore	FUNZIONE EMITTENTE INGEA/TEBO	INDICE DI REV. 00	

a circa **1,9 mc/ora**⁵. Eventuali portate che non potranno essere inviate direttamente all'impianto di trattamento in piattaforma (TA) saranno laminate in 4 cisterne da 10 mc cadauna di stoccaggio delle acque di dilavamento, collocate all'interno di una vasca di sicurezza in cls (esistenti).

Il volume utile di **40 m³** delle cisterne risulta sufficiente per la corretta laminazione delle portate generate da eventi meteorici di grande intensità quale 121 mm in 48 ore.

La precipitazione di 121 mm genererebbe sull'area pavimentata circa 37 m³ di acqua di dilavamento (valore cautelativo in quanto non è computato l'effetto dell'evapotraspirazione).

Considerando le esigue superfici scolanti, e per semplicità gestionale, è stato cautelativamente deciso di trattare tutte le acque di dilavamento al TA.

Le cisterne di stoccaggio delle acque di dilavamento sono dotate di un sistema di by-pass che, mediante l'azionamento meccanico di saracinesche poste sui collettori di alimentazione garantiranno lo scarico delle acque in eccesso (acque di dilavamento eccedenti i 40 mc di stoccaggio) nel manufatto di dissipazione (D1) ed il successivo collettamento a gravita nel corpo idrico superficiale; tale circostanza è ritenuta molto improbabile alla luce della cautela adottata nel dimensionamento volumetrico del sistema di laminazione.

⁵ Tale valore è la massima portata che l'impianto di trattamento della piattaforma può accettare dal SDR e MPF per la gestione a regime dei percolati e delle acque di ruscellamento delle aree pavimentate