

**Appendice M**  
**Relazione Idrologico - Idraulica**  
**(Dimensionamento Rete**  
**Acque Meteoriche)**

Doc. No. P0012790-5-H1 Rev.0 - Agosto 2019





IVI Petrolifera S.p.A.



# **IVI Petrolifera S.p.A. Santa Giusta (OR), Italia**

## **Impianto di Stoccaggio, Rigasificazione e Distribuzione GNL nel Porto di Oristano-Santa Giusta**

### **Relazione idrologico-idraulica**

**Doc. No. P0012790-7-H5 Rev. 0 - Luglio 2019**

Rev.	0
Descrizione	Emesso per approvazione Enti-Recepiti commenti Enti
Preparato da	LCP01
Controllato da	AMA05
Approvato da	MANSC
Data	02/08/2019

**Impianto di Stoccaggio, Rigasificazione e  
Distribuzione GNL nel Porto di Oristano-  
Santa Giusta**

**Relazione idrologico-idraulica**



---

<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Preparato da</b>	<b>Controllato da</b>	<b>Approvato da</b>	<b>Data</b>
0	Emesso per approvazione Enti-Recepiti commenti Enti	L. Pasquale	A.Mariotti	M. Sciutto	02/08/2019

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

## INDICE

	Pag.
<b>LISTA DELLE TABELLE</b>	<b>2</b>
<b>LISTA DELLE FIGURE</b>	<b>3</b>
<b>1 PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>2 DATI DI PROGETTO</b>	<b>5</b>
<b>3 RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>6</b>
<b>4 DESCRIZIONE DELLA RETE</b>	<b>7</b>
<b>5 ANALISI PRECIPITAZIONI E PORTATE DI PROGETTO</b>	<b>9</b>
<b>6 VERIFICA DELLA RETE</b>	<b>14</b>
6.1 TUBAZIONI	14
<b>7 ACQUE DI PRIMA PIOGGIA</b>	<b>15</b>
<b>8 CAMBIAMENTI CLIMATICI</b>	<b>16</b>
8.1 VARIAZIONE DI PRECIPITAZIONE NELL'AREA DI INTERVENTO	18
8.2 VERIFICA DELLA RETE DI DRENAGGIO IN RELAZIONE ALLE PREVISIONI SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI	19

## LISTA DELLE TABELLE

Tabella 5.1:	Parametri LSPP normalizzati – PAI Sardegna	9
Tabella 5.2:	Valori dei parametri di progetto per $T_r = 50$ anni	12
Tabella 5.3:	Portate idrologiche	13
Tabella 6.1:	Dimensionamento tubazioni della rete di smaltimento	14
Tabella 7.1:	Dimensionamento Vasca di Prima Pioggia	15
Tabella 8.1:	Verifica tubazioni della rete di smaltimento ai cambiamenti climatici	19

## LISTA DELLE FIGURE

Figura 4.1:	Planimetria schema rete di smaltimento acque meteoriche	8
Figura 5.1:	Sotto Zone Omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna.	10
Figura 5.2:	Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna	11
Figura 8.1:	Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP4.5. Mappe delle variazioni previste dai modelli e dall'ensemble mean ai tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).	17
Figura 8.2:	Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP8.5. Mappe delle variazioni previste dai modelli e dall'ensemble mean ai tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).	18

## 1 PREMESSA

La presente relazione costituisce parte integrante del progetto preliminare dell'impianto di Stoccaggio, Rigassificazione e Distribuzione GNL nel Porto di Oristano – Santa Giusta.

All'interno dell'elaborato sono contenuti gli studi idrologico – idraulici atti a individuare e dimensionare le reti di raccolta necessarie a garantire lo smaltimento delle acque meteoriche delle viabilità e delle aree a progetto.

Oggetto del presente documento è la progettazione preliminare e la verifica della rete di raccolta delle acque meteoriche dell'area a progetto. L'area interessata ha una superficie totale di circa 3 ha.

La rete di drenaggio progettata sarà collettata all'interno delle reti di smaltimento delle acque bianche e nere esistenti secondo quanto previsto dal Regolamento Consortile della Provincia di Oristano (Regolamento dei servizi di fognatura e depurazione). In particolare le acque di prima pioggia saranno recapitate nella Rete Fognaria Consortile delle acque nere mentre le acque di seconda pioggia avranno come recapito finale la Rete Fognaria Consortile delle acque meteoriche.

Lo schema della rete è stato impostato tenendo conto dei vincoli derivanti dal layout di progetto dell'impianto.

## 2 DATI DI PROGETTO

Il dimensionamento della rete è basato sui seguenti dati:

- ✓ I parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica sono quelli definiti nelle Linee Guida del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sardegna;
- ✓ Il tempo di ritorno della rete è stato assunto pari a 50 anni;
- ✓ Le portate di progetto sono state stimate mediante il metodo razionale;
- ✓ Per il calcolo delle portate è stato utilizzato un coefficiente di afflusso  $\Phi$ , pari a 1.0 per le aree impermeabili e pari a 0.3 per le aree permeabili;
- ✓ Il materiale delle tubazioni nei tratti di viabilità è il PEAD SN8;
- ✓ Tutte le condotte sono state dimensionate considerando un grado di riempimento massimo pari al 70%.

### 3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Per il progetto delle opere di smaltimento delle acque meteoriche sono stati considerati i seguenti riferimenti normativi:

- ✓ Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato Lavori Pubblici, Bacino Unico Regionale, Legge 267 del 03/08/1998;
- ✓ Regolamento dei Servizi di Fognatura e Depurazione – Consorzio Industriale Provinciale Oristanese;
- ✓ Direttiva Regionale – Disciplina degli scarichi di Acque Reflue, Regione Autonoma della Sardegna – Allegato alla DGR 69-25 del 10/12/2008;
- ✓ Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali, ISPRA – Luglio 2015.

## 4 DESCRIZIONE DELLA RETE

L'area in oggetto, ad oggi costituita da terreno incolto, sorge in un contesto industriale all'interno dell'area portuale di Oristano; per gli interventi a progetto è necessario studiare un adeguato sistema di captazione e drenaggio delle acque meteoriche.

Il sistema di raccolta delle acque meteoriche è strettamente connesso alle opere di viabilità dell'area; le acque raccolte dal sistema di captazione vengono suddivise in acque di prima pioggia ed acque di seconda pioggia. In ottemperanza alla DGR 69-25 del 10/12/2008 ed al Regolamento Consortile dei servizi di fognatura e depurazione della Provincia di Oristano, le acque di prima pioggia dovranno essere separate dalle acque di seconda pioggia e collettate alla rete fognaria consortile delle acque nere. In particolare, per le acque di prima pioggia degli Insediamenti o Complessi Produttivi, dovranno essere sempre adottati opportuni dispositivi (vasche di prima pioggia) in grado di garantirne la separazione e la raccolta.

La rete di smaltimento è stata dimensionata considerando come aree scolanti le strade pavimentate e le aree esterne permeabili. Il dettaglio del sistema di smaltimento delle aree permeabili verrà sviluppato nella successiva fase progettuale.

Per la determinazione dei volumi e delle portate delle acque di prima pioggia si considera quanto riportato nel sopracitato Regolamento Consortile:

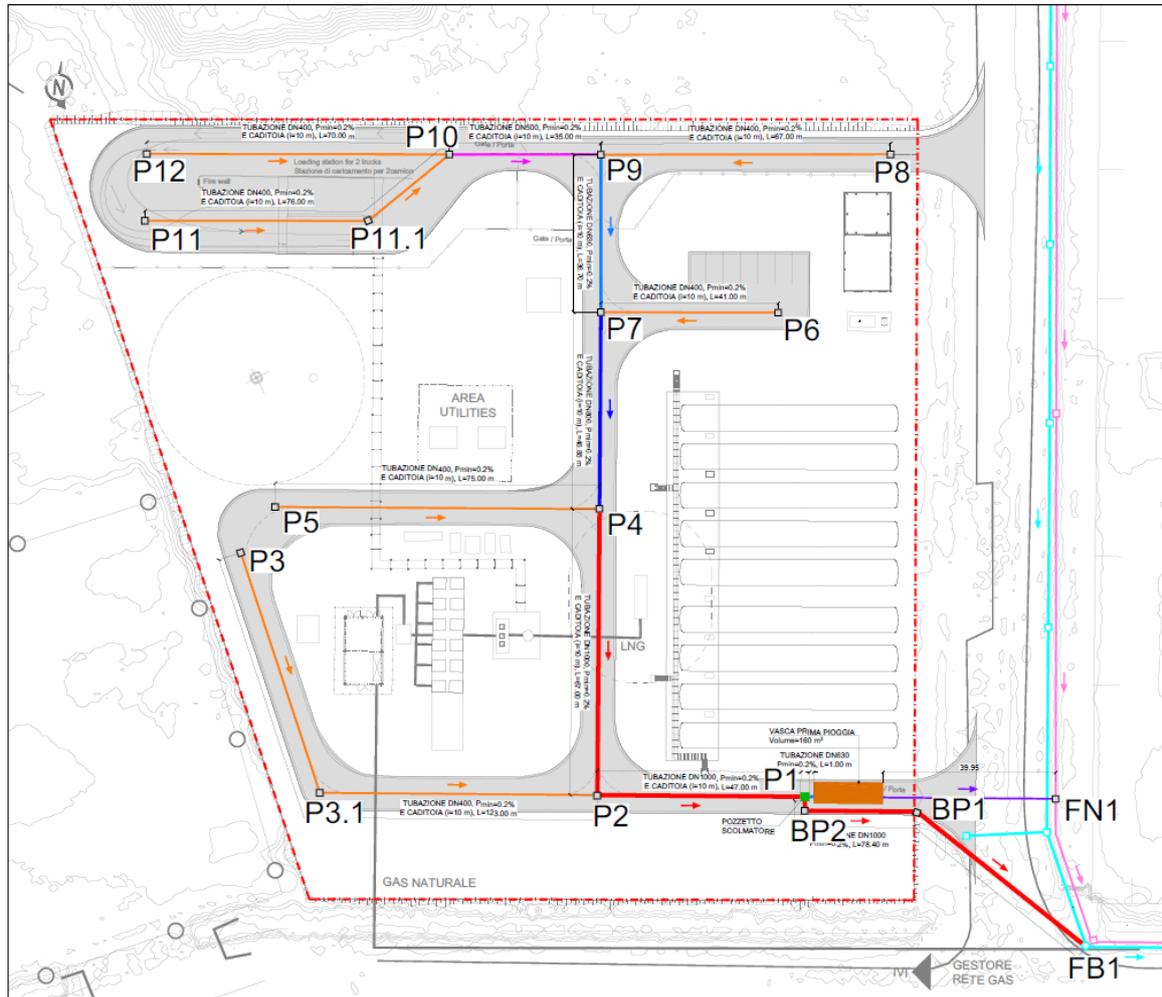
- ✓ Si definiscono acque di prima pioggia quelle provenienti dalle superfici su cui insistono impianti in esterno nonché da quelle interessate dalla movimentazione o deposito di materiali inquinanti e simili, intese come acque meteoriche di dilavamento corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di cinque millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante;
- ✓ Lo svuotamento delle vasche di prima pioggia dovrà avvenire entro le 48÷72 ore dal termine della precipitazione;
- ✓ La portata di dimensionamento della rete di raccolta e convogliamento delle acque di prima pioggia sarà determinata assumendo che l'evento meteorico si verifichi in quindici minuti.

Le acque di seconda pioggia saranno invece scaricate all'interno della rete fognaria consortile delle acque bianche.

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche è costituito dall'insieme di pozzetti e caditoie grigliate (Classe D400) connessi a tubazioni in PEAD aventi classe di rigidità anulare SN8 (EN 13476).

La separazione delle acque di prima pioggia e di seconda pioggia avverrà mediante un pozzetto scolmatore che invierà le prime all'interno di una vasca di prima pioggia ubicata al di sotto della piattaforma stradale e le seconde alla rete di fognatura consortile delle acque bianche.

Nella seguente immagine è riportata la planimetria delle opere idrauliche a progetto.



## LEGENDA

- <sub>X</sub> POZZETTI D'ISPEZIONE RETE DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE A PROGETTO
- POZZETTI RILEVATI ESISTENTI  
FOGNATURA CONSORTILE ACQUE BIANCHE
- POZZETTI RILEVATI ESISTENTI  
FOGNATURA CONSORTILE ACQUE NERE
- ➔ DIREZIONE FLUSSO ALL'INTERNO DELLE CONDOTTE
- FOGNATURA CONSORTILE ACQUE BIANCHE
- FOGNATURA CONSORTILE ACQUE NERE
- SCARICO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA
- - - LIMITE INTERVENTO

Figura 4.1: Planimetria schema rete di smaltimento acque meteoriche

## 5 ANALISI PRECIPITAZIONI E PORTATE DI PROGETTO

All'interno delle Linee Guida del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Autonoma della Sardegna, sono riportate le formule per il calcolo dei parametri statistici "a" ed "n" caratteristici delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP). In particolare, per il parametro n sono indicati due diversi valori,  $n_1$  e  $n_2$ , validi rispettivamente per le durate inferiori e superiori a 1 ora.

L'altezza di pioggia viene espressa dalla seguente formula:

$$h = a \cdot d^n$$

dove i parametri "a" ed "n" sono calcolati in funzione del periodo di ritorno  $T = 50$  anni.

Gli studi effettuati per la Sardegna evidenziano che il modello TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche; per tale motivo la metodologia regionale di calcolo si basa sull'inferenza statistica del modello TCEV della variabile aleatoria adimensionale  $h'$  così definita:

$$h' = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)}$$

Tale variabile indica il massimo annuale di pioggia per assegnata durata,  $d$ , normalizzata rispetto alla media  $\bar{h}$  e successivamente sul calcolo della  $\bar{h}(d)$  per le diverse durate.

L'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è per ciascun tempo di ritorno,  $T$ :

$$h' = a \cdot d^n$$

Dove i parametri della curva  $a(T)$  ed  $n(T)$ , vengono definiti per tre Sotto Zone Omogenee della Sardegna (SZO), per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori di 10 anni.

In Figura 5.1 è rappresentata la suddivisione della Sardegna in sottozone; l'area in oggetto ricade all'interno della 1<sup>a</sup> Sottozona Omogenea.

I parametri  $a(T)$  e  $n(T)$  per tale zona sono calcolabili attraverso le seguenti formulazioni:

$$a(T) = 0.46420 + 1.0376 \cdot \text{Log}(T)$$

$$n_1 = -0.18488 + 0.22960 \cdot \text{Log}(T) - 3.3216 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$$

$$n_2 = -1.0469 \cdot 10^{-2} - 7.8505 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$$

In Tabella 5.1 sono riportati i parametri delle LSPP calcolate per il tempo di ritorno di progetto.

**Tabella 5.1: Parametri LSPP normalizzati – PAI Sardegna**

Tempo di Ritorno	Parametro a	Parametro $n_1$	Parametro $n_2$
50 anni	2.23	0.109	-0.024

La pioggia media per diverse durate, detta anche pioggia indice,  $\bar{h}(d)$ , è funzione della pioggia media giornaliera,  $\bar{h}_g$ , secondo l'espressione:

$$\bar{h}(d) = \frac{\bar{h}_g}{0.886 \cdot 24^{(-0.493+0.476 \cdot \text{Log}(\bar{h}_g))}} \cdot d^{(-0.493+0.476 \cdot \text{Log}(\bar{h}_g))}$$

Dove  $\bar{h}_g$  si ricava dalla distribuzione spaziale sull'intera Sardegna (Figura 5.2); per l'area in oggetto risulta una pioggia media giornaliera pari a circa **53 mm**.

Noto il valore di  $\bar{h}_g$  si determina il valore dell'altezza di pioggia  $h$  dall'espressione  $h' = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)}$ .

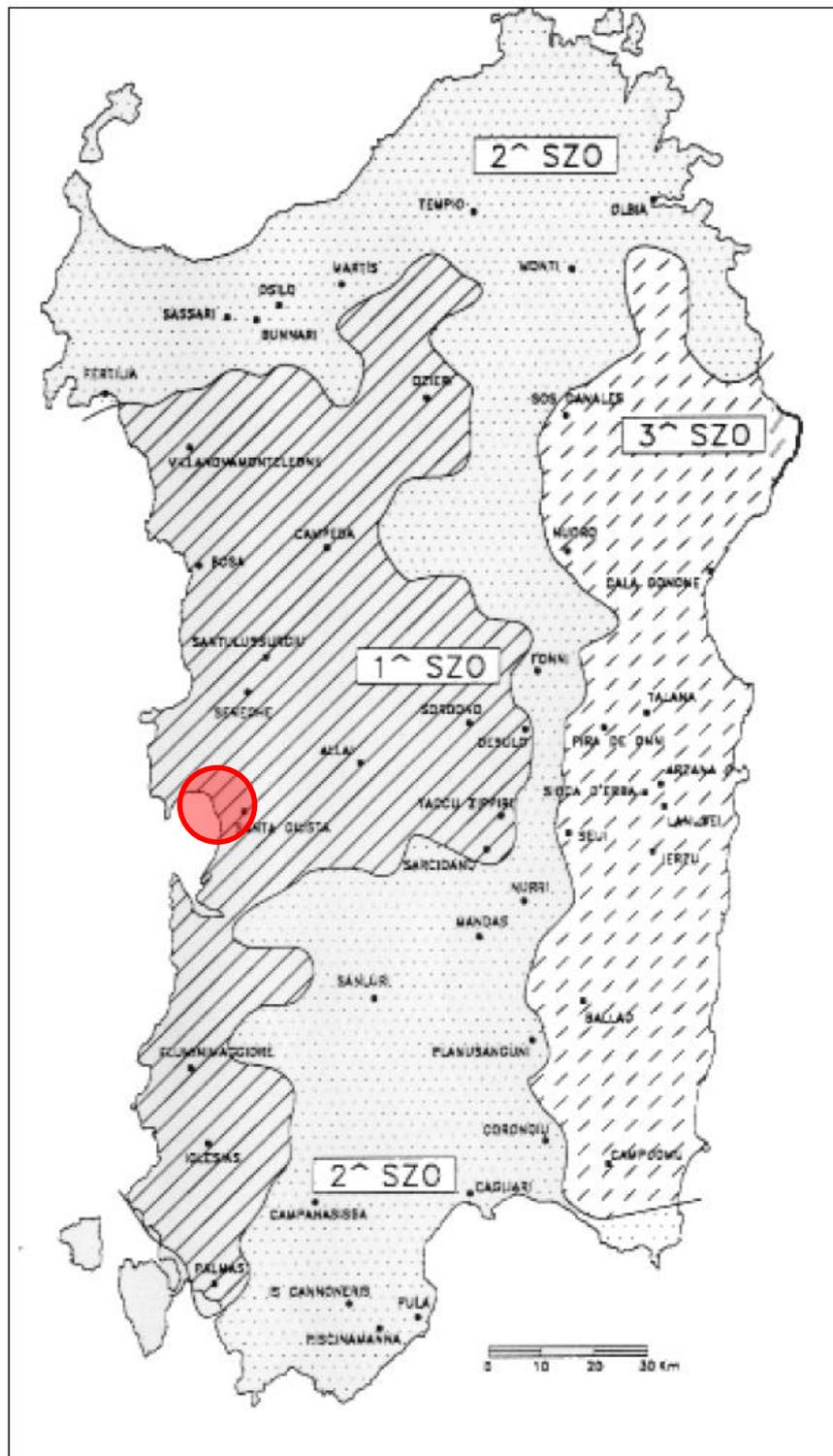


Figura 5.1: Sotto Zone Omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna.

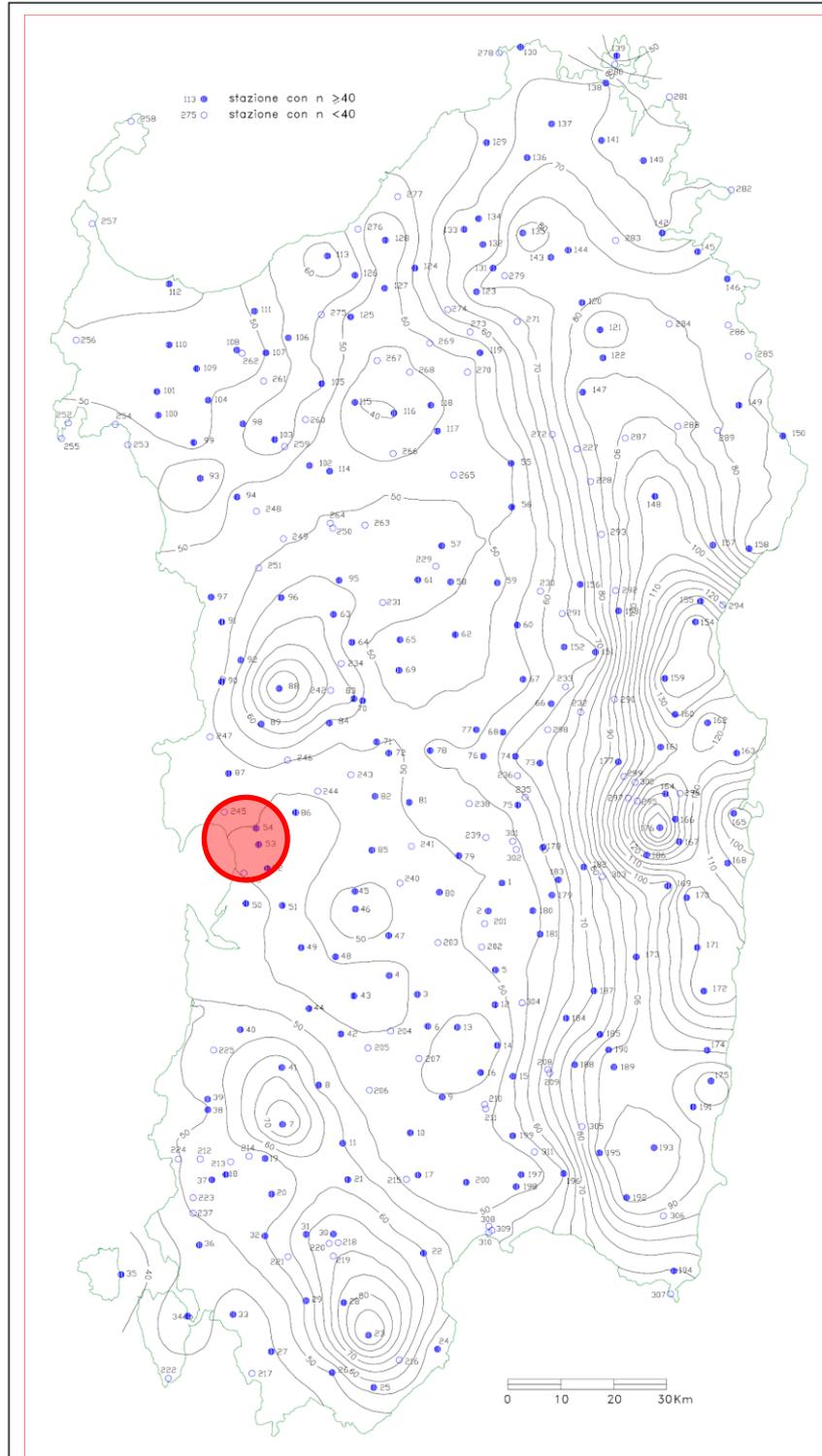


Figura 5.2: Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna

A partire dai dati di precipitazione suddetti, è stato possibile effettuare il calcolo delle portate idrologiche di progetto mediante il metodo razionale che si fonda sull'ipotesi di attribuire all'evento meteorico di progetto una durata pari al tempo di corrivazione del bacino. Per il caso in esame tale valore è stato assunto pari a **15 minuti**.

Il valore dell'altezza di pioggia è pertanto pari a **25.6 mm**.

La formula utilizzata per ricavare il valore numerico della portata defluente alla sezione di chiusura del bacino considerato è la seguente:

$$Q = \frac{\Phi \cdot i \cdot A}{3600}$$

dove:

- ✓ Q è la portata di progetto in l/s;
- ✓  $\Phi$  è il coefficiente di deflusso che è pari a **1.0** per le aree impermeabili e **0.3** per le aree permeabili;
- ✓ i è l'intensità di pioggia espressa in mm/h che è pari a **102.6 mm/h**;
- ✓ A è l'area scolante in m<sup>2</sup>.

Nella seguente tabella vengono riassunti i parametri delle LSPP ed i parametri utilizzati per il calcolo delle portate idrologiche.

**Tabella 5.2: Valori dei parametri di progetto per Tr = 50 anni**

<b>Tr</b>	50	anni	tempo di ritorno
<b>a</b>	2.23	-	parametro LSPP
<b>n<sub>1</sub></b>	0.109	-	parametro LSPP
<b>n<sub>2</sub></b>	-0.024	-	parametro LSPP
<b>d</b>	0.25	ore	durata critica evento
<b>h</b>	25.6	mm	altezza pioggia
<b>i</b>	102.6	mm/h	intensità pioggia

Nella tabella seguente sono riportati, per ogni tratto della rete, le aree scolanti, impermeabili e permeabili, l'area totale, il coefficiente di deflusso medio ponderale e la portata idrologica.

**Tabella 5.3: Portate idrologiche**

Tratto	Area Impermeabile $A_1$	Area Permeabile $A_2$	Area Totale $A_T$	Coefficiente di deflusso medio ponderale $\varphi_p$	Portata idrologica $Q_{idro}$
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	l/s/ha	l/s
P11 - P10	1103	1820	2923	0.56	47
P12 - P10	1537	607	2144	0.80	49
P10 - P9	2640	2427	5067	0.66	96
P8 - P9	792	695	1487	0.67	29
P9 - P7	3804	3122	6926	0.68	135
P6 - P7	890	695	1585	0.69	31
P7 - P4	7562	6635	14197	0.67	272
P5 - P4	1386	2469	3855	0.55	61
P4 - P2	14169	10142	24311	0.71	490
P3 - P2	1138	2971	4109	0.49	58
P2 - P1	15922	14579	30501	0.67	578

## 6 VERIFICA DELLA RETE

### 6.1 Tubazioni

Il dimensionamento delle tubazioni della rete di smaltimento delle acque meteoriche è stato effettuato calcolando, nell'ordine, l'intensità dell'evento pluviometrico di assegnato tempo di ritorno e durata e successivamente la portata di progetto; in base al valore ottenuto si è proseguito assegnando le dimensioni opportune alla condotta idraulica da inserire nel progetto, accertandosi di garantire un adeguato franco di sicurezza.

Il passo successivo al dimensionamento è la verifica idraulica che consiste nell'applicare la formula del moto uniforme nella forma di Gaukler-Strickler:

$$Q = \Omega \cdot i^{1/2} \cdot R^{2/3} \cdot k_s$$

dove:

- ✓  $Q(h)$  è la portata in funzione dell'altezza idrica in  $m^3/s$ ;
- ✓  $\Omega(h)$  è l'area bagnata in  $m^2$ ;
- ✓  $i$  è la pendenza del fondo;
- ✓  $R(h)$  è il raggio idraulico espresso in m e pari al rapporto Area bagnata/Perimetro bagnato;
- ✓  $k_s$  è il coefficiente di scabrezza in  $m^{1/3}/s$  assunto pari a **80** per tubazioni in materiale plastico **PEAD**.

La velocità all'interno delle tubazioni deve essere compresa tra i valori di 0.50 m/s e di 5 m/s al fine di limitare i fenomeni di deposito dei sedimenti o di erosione della condotta.

Nelle seguenti tabelle si riportano i dati di dimensionamento delle principali tubazioni della rete, in particolare per ogni tratto della rete sono indicati l'area scolante, il coefficiente ponderale medio di deflusso, la portata idrologica, il grado di riempimento associato, la portata massima della condotta per  $h/D = 0.70$ , il diametro della condotta e la pendenza della tratta considerata.

**Tabella 6.1: Dimensionamento tubazioni della rete di smaltimento**

Tratto	Area Totale $A_T$	Coefficiente di deflusso $\varphi_p$	Portata idrologica $Q_{idro}$	Grado di riempimento massimo $(h/D)_{max}$	Portata per $h/D = 0.7$ $Q_{0.70}$	DN Tubazione DN/OD	Pendenza minima $i_f$
	$m^2$	-	$l/s$	-	$l/s$	mm	V:H
P11 - P10	2923	0.56	47	0.63	56	400	0.002
P12 - P10	2144	0.80	49	0.64	56	400	0.002
P10 - P9	5067	0.66	96	0.68	100	500	0.002
P8 - P9	1487	0.67	29	0.47	56	400	0.002
P9 - P7	6926	0.68	135	0.58	176	630	0.002
P6 - P7	1585	0.69	31	0.49	56	400	0.002
P7 - P4	14197	0.67	272	0.61	331	800	0.002
P5 - P4	3855	0.55	61	0.51	100	500	0.002
P4 - P2	24311	0.71	490	0.60	609	1000	0.002
P3 - P2	4109	0.49	58	0.49	100	500	0.002
P2 - P1	30501	0.67	578	0.67	609	1000	0.002

## 7 ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

Prima dello scarico nella rete fognaria consortile delle acque bianche, è previsto un impianto di separazione delle acque di prima pioggia tale da consentire il loro recapito nella rete consortile delle acque nere.

Tale impianto sarà costituito da un pozzetto scolmatore in grado di separare le acque di prima pioggia dalle acque di seconda pioggia e da una vasca di accumulo. Una volta separate, le acque di prima pioggia verranno inviate all'impianto consortile di depurazione, mediante il recapito nella rete fognaria delle acque nere.

Il calcolo delle portate di prima pioggia e del rispettivo volume è stato condotto secondo quanto previsto dalla normativa vigente. La DGR 69-25 del 10/12/2008, in ottemperanza al D.Lgs n. 152/06, fornisce le disposizioni in materia delle acque di prima pioggia definendole come *"quelle provenienti dalle superfici su cui insistono impianti in esterno nonché da quelle interessate dalla movimentazione o deposito di materiali inquinanti e simili, intese come acque meteoriche di dilavamento corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di cinque millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante... La portata di dimensionamento della rete di raccolta e convogliamento delle acque di prima pioggia sarà determinata assumendo che l'evento meteorico si verifichi in quindici minuti"*.

Considerando come prima pioggia i **5 mm** iniziali che si calcola ricadano nei primi **15 minuti**, si determinano il volume e la portata dell'impianto.

Il volume della vasca di prima pioggia risulta quindi pari a:

$$V_{pp} = A_T \cdot h_{pp} \quad [m^3]$$

Dove  $A_T$  è l'area totale della superficie scolante e  $h_{pp}$  è l'altezza di precipitazione considerata.

La portata della vasca di prima pioggia si calcola secondo la seguente formula:

$$Q_{pp} = \frac{V_{pp}}{t_{pp}} \cdot 1000 \quad [l/s]$$

Dove  $t_{pp}$  è la durata dell'evento.

In tabella viene riportato il dimensionamento della vasca di prima pioggia.

**Tabella 7.1: Dimensionamento Vasca di Prima Pioggia**

$A_T$	$h_{pp}$	$t_{pp}$	$V_{pp}$	$Q_{pp}$
$m^2$	mm	s	$m^3$	l/s
30501	5	900	160	170

La vasca di prima pioggia, posizionata al di sotto della viabilità, avrà un'area di circa  $80 m^2$  ed un'altezza utile di circa 2.00 m.

Lo scarico della vasca, vista l'impossibilità di scaricare a gravità all'interno della rete delle acque nere consortile, avverrà per mezzo di un sistema di sollevamento; tale impianto dovrà essere in grado di svuotare l'intera vasca di prima pioggia in 48 ore. Sarà pertanto necessario installare un sistema di sollevamento tale da garantire una portata minima pari ad almeno **1 l/s**.

Per il dimensionamento dell'impianto, la scelta delle condotte e la risoluzione di eventuali interferenze con le altre reti si rimanda alle successive fasi di progettazione.

## 8 CAMBIAMENTI CLIMATICI

L'osservazione delle variazioni climatiche in corso e la loro stima per il futuro ha condotto alla necessità di valutare gli impatti indotti sul territorio italiano attraverso l'osservazione delle variabili climatiche e all'applicazione di metodi e modelli statistici di riconoscimento e stima delle tendenze in corso. La conoscenza del clima futuro si basa, invece, sulle proiezioni dei modelli climatici.

Si riporta di seguito una breve introduzione dell'ISPRA (*"Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali"*, 2015):

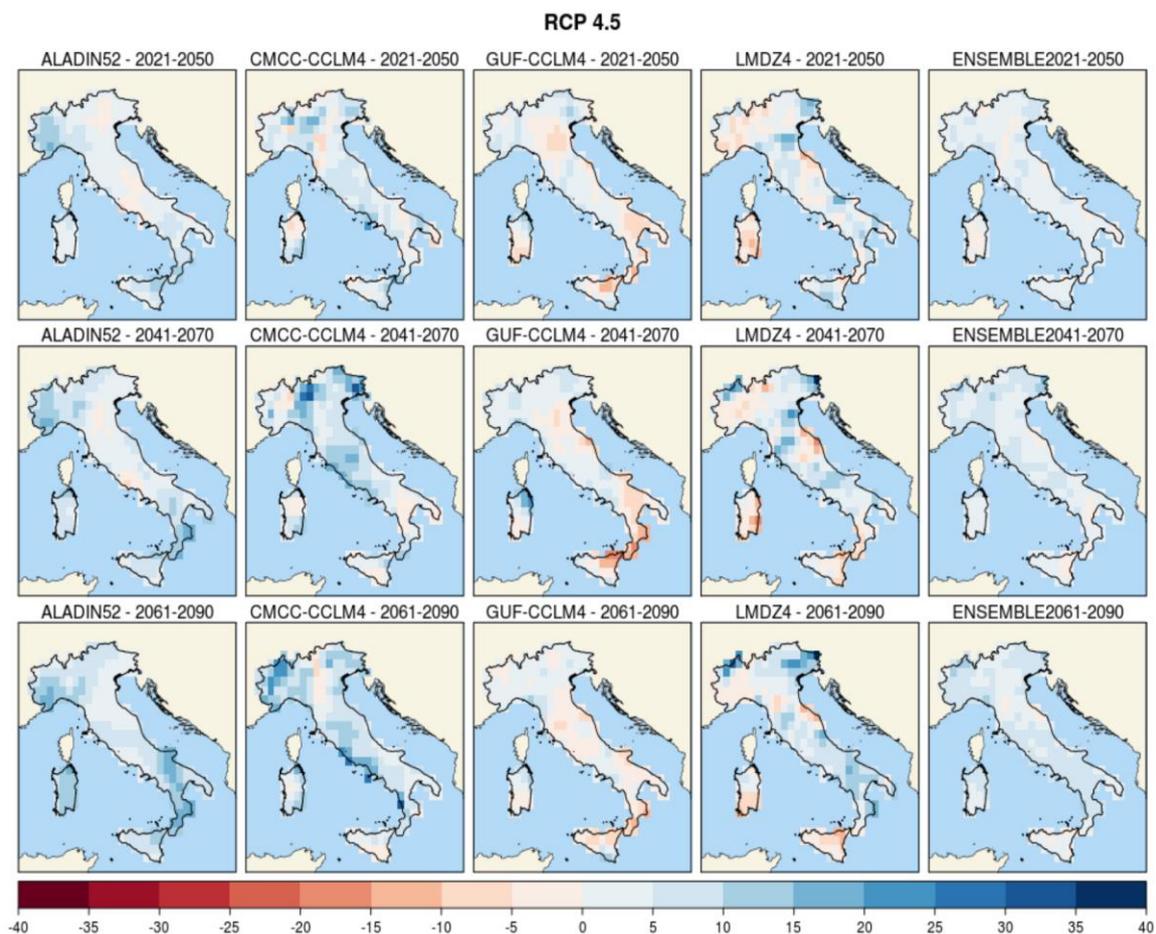
*Secondo la definizione della World Meteorological Organization (WMO), le proiezioni climatiche forniscono la probabilità con cui determinate variazioni del clima possono verificarsi nei prossimi decenni, in relazione a diverse possibili evoluzioni dello sviluppo socio-economico globale. Tali condizioni (scenari) comportano, in particolare, diversi andamenti delle emissioni di gas climalteranti in atmosfera. A tale proposito, l'Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) ha recentemente ridefinito gli scenari futuri a scala globale (Representative Concentration Pathways – RCP), allo scopo di fornire informazioni sulla probabile evoluzione delle diverse componenti della forzante radiativa (emissioni di gas serra, inquinanti e uso del suolo), da utilizzare come input per i modelli climatici. Gli scenari RCP sostituiscono i precedenti scenari pubblicati dall'IPCC nello Special Report on Emission Scenarios (SRES). I quattro nuovi RCP includono uno scenario di mitigazione, che stima un valore molto basso della forzante radiativa al 2100 (2.6 W/m<sup>2</sup> - RCP2.6), due scenari intermedi (4.5 W/m<sup>2</sup> - RCP4.5 e 6 W/m<sup>2</sup> - RCP6) e uno scenario caratterizzato da un'elevata emissione e da un elevato valore della forzante radiativa (8.5 W/m<sup>2</sup> - RCP8.5).*

*Proprio l'IPCC ha introdotto una definizione più specifica del termine "proiezione climatica", riferendola alla stima delle variazioni del clima futuro che viene fornita dai modelli climatici. Questi ultimi possono essere classificati in due categorie, globali e regionali, che contraddistinguono la diversa scala spaziale delle simulazioni del clima futuro.*

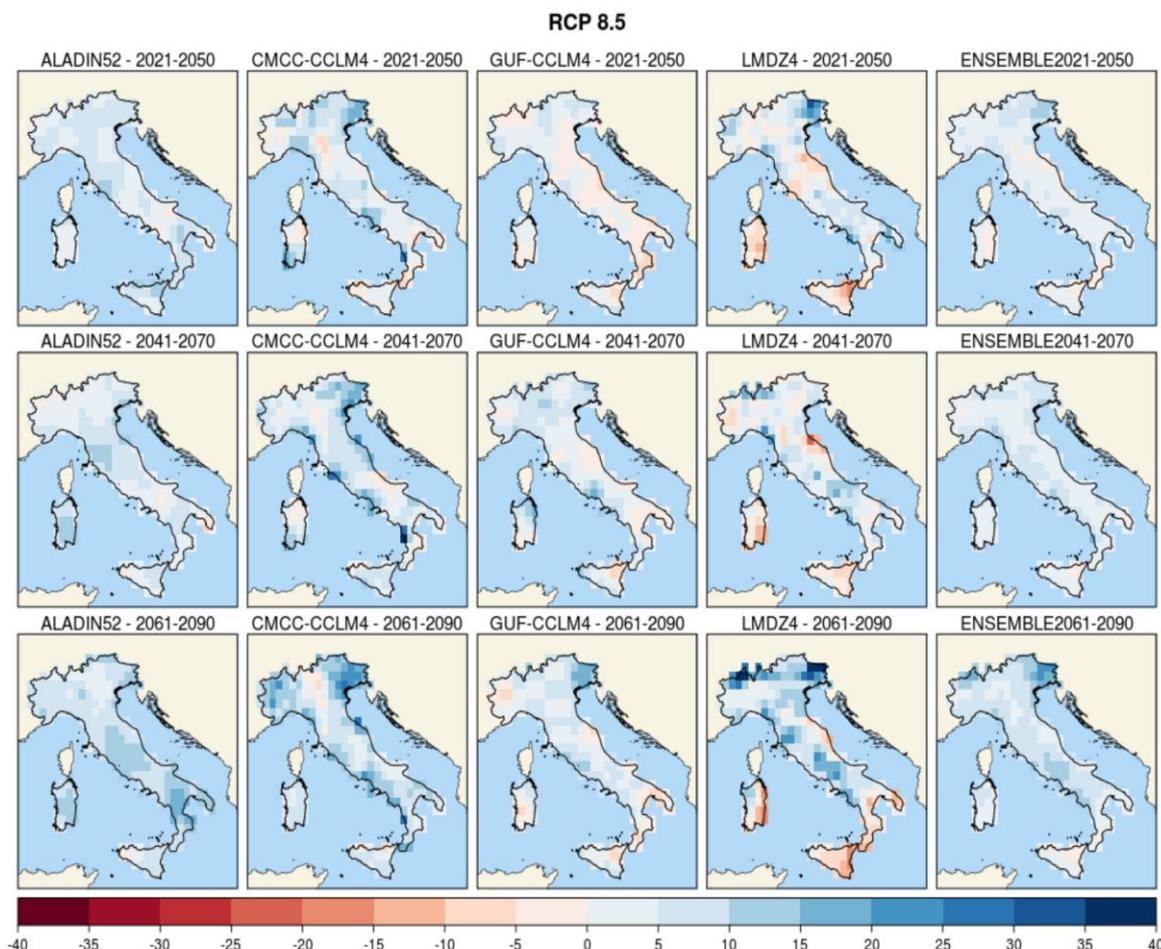
*I modelli regionali ("Regional Climate Models", RCM) rispondono alla necessità di fornire una migliore rappresentazione dei fenomeni a scala locale. Tali modelli, innestandosi su un modello globale da cui vengono acquisite le condizioni iniziali e al contorno, producono le proiezioni climatiche su una specifica area di interesse, ad una risoluzione più elevata (fino a una massima risoluzione orizzontale di 10-50 km).*

Dall'insieme degli output dei modelli climatici disponibili, sono state estratte e analizzate le proiezioni di precipitazione cumulata annuale negli scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5.

Nelle figure seguenti, si riportano le mappe delle variazioni della precipitazione massima giornaliera (in 24 ore) previste da quattro modelli climatici (ALADIN, GUF, CMCC, LMD) con riferimento ai tre orizzonti temporali considerati: 2021-2050; 2041-2070; 2061-2090, per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5.



**Figura 8.1:** Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP4.5. Mappe delle variazioni previste dai modelli e dall'ensemble mean ai tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).



**Figura 8.2: Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP8.5. Mappe delle variazioni previste dai modelli e dall'ensemble mean ai tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).**

In entrambi gli scenari i modelli indicano un generale aumento delle precipitazioni massime giornaliere su quasi tutto il territorio nazionale, di entità generalmente modesta (inferiore a 10 mm) con punte di 20 mm in alcune zone. In particolare, per l'area oggetto di intervento, si nota un aumento delle precipitazioni massime giornaliere di circa **+10 mm**.

### 8.1 Variazione di precipitazione nell'area di intervento

Per la valutazione dell'incremento delle precipitazione sono state considerate le massime precipitazione giornaliere registrate nella stazione di Capo Frasca relative al periodo 1971 – 2000 per il quale si dimostra che la massima precipitazione cumulata giornaliera, manifestatasi nel mese di Maggio del 1972, risulta pari a **89.8 mm** (Aeronautica Militare – Servizio Meteorologico, Climatologia).

Considerando un incremento di precipitazione pari a +10 mm, si osserva un aumento delle precipitazioni massime giornaliere pari a circa l'**11.1%**.

Applicando questa variazione percentuale alle altezze di pioggia determinate nel Capitolo 5 si ricava un'altezza di pioggia pari a **28.50 mm** ed una intensità di pioggia pari a 114.02 mm/h.

## 8.2 Verifica della rete di drenaggio in relazione alle previsioni sui cambiamenti climatici

Determinata la variazione delle precipitazioni legata ai cambiamenti climatici si è proceduto a verificare il funzionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche precedentemente dimensionata considerando un incremento delle precipitazioni negli anni futuri, secondo quanto riportato al paragrafo 8.1.

In Tabella 8.1 sono riportate le verifiche idrauliche delle condotte dalle quali risulta un incremento di grado di riempimento che, nella condizione peggiore, raggiunge un valore del **74 %**. Tale valore risulta comunque accettabile e la rete risulta quindi verificata anche considerando le previsioni sui cambiamenti climatici.

**Tabella 8.1: Verifica tubazioni della rete di smaltimento ai cambiamenti climatici**

Tratto	Area Totale $A_T$	Coefficiente di deflusso $\phi_p$	Portata idrologica $Q_{idro}$	Grado di riempimento massimo $(h/D)_{max}$	DN Tubazione DN/OD	Pendenza minima $i_f$
	m <sup>2</sup>	-	l/s	-	mm	V:H
P11 - P10	2923	0.56	52	0.67	400	0.002
P12 - P10	2144	0.80	54	0.69	400	0.002
P10 - P9	5067	0.66	107	0.74	500	0.002
P8 - P9	1487	0.67	32	0.50	400	0.002
P9 - P7	6926	0.68	150	0.63	630	0.002
P6 - P7	1585	0.69	35	0.53	400	0.002
P7 - P4	14197	0.67	303	0.66	800	0.002
P5 - P4	3855	0.55	67	0.54	500	0.002
P4 - P2	24311	0.71	545	0.65	1000	0.002
P3 - P2	4109	0.49	64	0.54	500	0.002
P2 - P1	30501	0.67	643	0.74	1000	0.002



**RINA Consulting S.p.A.** | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.  
Via San Nazaro, 19 - 16145 GENOVA | P. +39 010 31961 | [rinaconsulting@rina.org](mailto:rinaconsulting@rina.org) | [www.rina.org](http://www.rina.org)  
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.