



# Italgas Reti S.p.A. Torino, Italia



## Progetto P2G Sardegna

### Studio di Compatibilità Idraulica

Doc. No. P0024839-6-H1 Rev. 3 – Febbraio 2022

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
0	Prima Emissione	A. Canepa / L. Pasquale	L. Buraschi	A. Del Grosso	Settembre 2021
1	Seconda Emissione	A. Canepa / L. Pasquale	L. Buraschi	A. Del Grosso	Ottobre 2021
2	Terza Emissione	A. Canepa / L. Pasquale	L. Buraschi	A. Del Grosso	Gennaio 2022
3	Quarta Emissione	A. Canepa / L. Pasquale	L. Buraschi	A. Del Grosso	Febbraio 2022

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>1 INTRODUZIONE</b>	<b>2</b>
<b>2 SINTESI DEI PRINCIPALI ASPETTI PROGETTUALI</b>	<b>4</b>
2.1 IL SOGGETTO PROPONENTE	4
2.2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO	4
2.3 INTERVENTI DI PROGETTO E FINALITÀ	5
<b>3 INQUADRAMENTO IDRAULICO</b>	<b>10</b>
3.1 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	10
3.2 PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF)	17
3.3 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)	19
<b>4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA</b>	<b>21</b>
<b>5 INQUADRAMENTO IDROLOGICO</b>	<b>25</b>
<b>6 INVARIANZA IDRAULICA</b>	<b>29</b>
6.1 STUDIO IDROLOGICO	30
6.1.1 CN – STATO ATTUALE	32
6.1.2 CN – STATO DI PROGETTO	33
6.2 IDROGRAMMI DI PIENA	34
6.2.1 IETOGRAMMI DI PROGETTO	34
6.2.2 STIMA DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA	36

### APPENDICE A: Risultati modellazione HEC-HMS

## 1 INTRODUZIONE

Il presente rapporto riferisce sulla verifica di compatibilità idraulica e sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica dei siti a progetto ed è articolato nei seguenti capitoli:

- ✓ Capitolo 2: Sintesi dei principali aspetti progettuali;
- ✓ Capitolo 3: Inquadramento idraulico;
- ✓ Capitolo 4: Compatibilità idraulica;
- ✓ Capitolo 5: Inquadramento idrologico;
- ✓ Capitolo 6: Invarianza idraulica.

La prima parte ha lo scopo di verificare la compatibilità dell'area oggetto di intervento sulla base delle prescrizioni delle Norme di Attuazione del P.A.I. della Regione Sardegna (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico della Sardegna) pubblicate nel maggio del 2016 ed aggiornate ad agosto 2020 ai sensi dell'articolo 8 comma 2, secondo cui:

*"2. Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI e tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesaggistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico, i Comuni, con le procedure delle varianti al PAI, assumono e valutano le indicazioni di appositi studi comunali di assetto idrogeologico concernenti la pericolosità e il rischio idraulico, in riferimento ai soli elementi idrici appartenenti al reticolo idrografico regionale, e la pericolosità e il rischio da frana, riferiti a tutto il territorio comunale o a rilevanti parti di esso, anche in coordinamento con gli altri Comuni confinanti. Gli studi comunali di assetto idrogeologico considerano, inoltre, il fenomeno delle inondazioni costiere, definiscono gli interventi di mitigazione e contengono anche le valutazioni afferenti agli studi dei bacini urbani di cui al comma 5 bis seguente.*

*2bis. Gli studi comunali di assetto idrogeologico sono redatti, in ogni caso, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti. Le conseguenti valutazioni, poste a corredo degli atti di piano costituiscono presupposto per le verifiche di coerenza di cui all'articolo 31, comma 5 della legge regionale 22.4.2002, n. 7 (legge finanziaria 2002). Il presente comma trova applicazione anche nel caso di variazioni agli strumenti urbanistici conseguenti all'approvazione di progetti ai sensi del DPR 18.4.1994, n. 383, "Regolamento recante disciplina dei procedimenti di localizzazione delle opere di interesse statale".*

*2ter. Gli studi comunali di assetto idrogeologico sono redatti obbligatoriamente anche in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici di livello attuativo, specificando con maggior dettaglio le risultanze degli studi di cui al comma 2bis, ad eccezione dei seguenti casi:*

*a) piani particolareggiati dei centri di antica e prima formazione e piani attuativi che interessano parti di territorio classificate come zone A o B ai sensi del D.A. 22 dicembre 1983 n. 2266/U, qualora l'area non sia interessata da elementi idrici appartenenti al reticolo idrografico regionale e/o da fenomeni di dissesto da frana. In tali casi, il Comune redige e approva una relazione di accompagnamento al piano particolareggiato che illustri, ai fini del PAI, il contesto territoriale sotto l'aspetto dell'assetto idrogeologico e espliciti motivatamente la assenza di criticità sotto tale aspetto;*

*b) piani attuativi dei Comuni per i quali siano stati adottati dall'Autorità di Bacino gli studi comunali di assetto idrogeologico relativi all'intero territorio in data successiva alla deliberazione del Comitato Istituzionale n. 3 del 30.07.2015 di identificazione del reticolo idrografico regionale; in tali casi, il Comune redige e approva una relazione di accompagnamento al piano attuativo che illustri, ai fini del PAI, il contesto territoriale sotto l'aspetto dell'assetto idrogeologico e attesti che non si rilevano modifiche al quadro conoscitivo e alle previsioni del citato studio comunale di assetto idrogeologico. È fatta salva la facoltà del Comune competente di prescrivere, comunque, la redazione dello studio di assetto idrogeologico in caso di nuove e motivate situazioni di potenziale rischio.*

*Nel caso di studi comunali di assetto idrogeologico relativi all'intero territorio adottati dall'Autorità di Bacino in data precedente alla deliberazione del Comitato Istituzionale n. 3 del 30.07.2015 di identificazione del reticolo idrografico regionale, il Comune competente potrà inoltrare istanza all'Autorità di Bacino di esclusione dall'obbligo di redazione dello studio idrogeologico per i piani attuativi di limitata estensione relativi ad aree non interessate da elementi idrici significativi appartenenti al reticolo idrografico regionale e/o da fenomeni di dissesto da frana. L'istanza comunale è corredata da una relazione di accompagnamento al piano attuativo che illustra, ai fini del PAI, il contesto territoriale sotto l'aspetto*



*dell'assetto idrogeologico e attesta che non si rilevano modifiche al quadro conoscitivo e alle previsioni del citato studio comunale di assetto idrogeologico."*

La seconda parte riporta gli studi condotti al fine di ottemperare l'attuazione dei Principi di invarianza idraulica in conformità alle Linee Guida e Indirizzi Operativi del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale (deliberazione n.2 del 17/05/2017) di cui all'articolo 47 delle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna di seguito riportato:

- "1. 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.*
- 2. I comuni in sede di redazione degli strumenti urbanistici generali o di loro varianti generali e in sede di redazione degli strumenti urbanistici attuativi, stabiliscono che le trasformazioni dell'uso del suolo rispettino il principio dell'invarianza idraulica.*
- 3. Gli strumenti urbanistici generali ed attuativi individuano e definiscono le infrastrutture necessarie per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica per gli ambiti di nuova trasformazione e disciplinano le modalità per il suo conseguimento, anche mediante la realizzazione di vasche di laminazione.*
- 4. Sono fatte salve eventuali normative già adottate dai comuni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica.*
- 5. La Regione approva normative specifiche con l'obiettivo di incentivare il perseguimento del principio della invarianza idraulica anche per i contesti edificati esistenti."*

## 2 SINTESI DEI PRINCIPALI ASPETTI PROGETTUALI

### 2.1 IL SOGGETTO PROPONENTE

Italgas S.p.A., leader in Italia nella distribuzione del gas, intende promuovere lo sviluppo dell'utilizzo di idrogeno nel panorama industriale italiano della transizione energetica, ad oggi uno dei pilastri principali dell'innovazione delle aziende del settore Oil&Gas.

Italgas è infatti fortemente coinvolta in progetti che hanno come obiettivo la gestione dei gas verdi rinnovabili, come per esempio l'idrogeno prodotto da energia rinnovabile, chiamato anche Idrogeno Verde, il cui utilizzo rende possibile la riduzione delle emissioni di anidride carbonica delle aree residenziali e industriali in tutto il mondo (decarbonizzazione).

In accordo a tale obiettivo, Italgas intende costruire un impianto con tecnologia "Power to Gas" (di seguito P2G), nello specifico "Power to Idrogeno", integrato con un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica. Tale tecnologia innovativa consentirà di introdurre nel territorio della Regione Sardegna la filiera dell'idrogeno verde, dalla sua produzione, allo stoccaggio e alla successiva distribuzione alle utenze, andando a costituire un'infrastruttura solida, performante e tale da consentire ulteriori sviluppi futuri.

### 2.2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO

Gli impianti di progetto saranno realizzati in un'area del Comune di Sestu, di estensione complessiva pari a circa 2.3 ettari, attualmente tenuta ad uso agricolo e libera da strutture preesistenti.

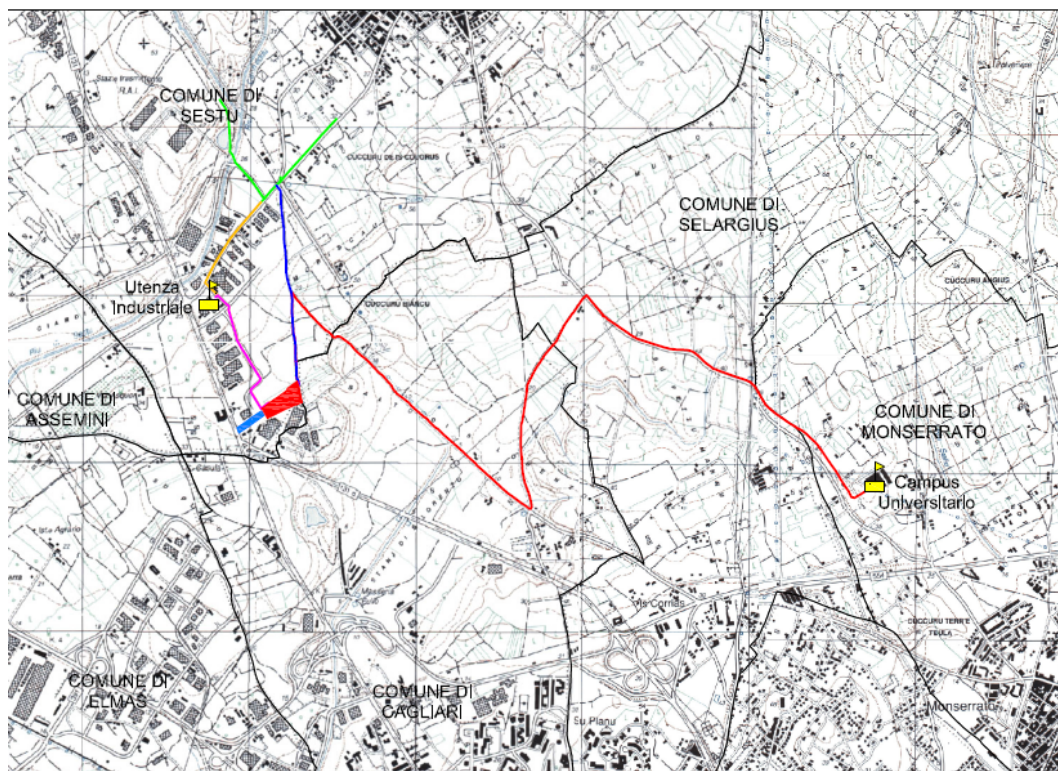
L'area, ubicata a sud del territorio comunale, in prossimità del confine con il Comune di Cagliari, risulta accessibile attraverso l'esistente Via dell'Industria, che transita ad est di un complesso di strutture ad uso industriale e commerciale.

L'area impianti si collegherà a diverse utenze, nonché alla rete di distribuzione del gas già prevista da Italgas e autorizzata, in tal senso considerata come rete esistente ai fini dell'iniziativa. La connessione avverrà mediante la realizzazione di condotte che transiteranno lungo percorsi stradali esistenti nei Comuni di Sestu, Cagliari, Selargius e Monserrato, per una lunghezza complessiva di circa 10.2 km.

È inoltre prevista la realizzazione di un laboratorio per le analisi dell'idrogeno, in area limitrofa a quella di futura installazione degli impianti come mostrato nelle figure di inquadramento successive.

È prevista inoltre la realizzazione di connessione alla rete elettrica, per consentire la fornitura di energia per la produzione di idrogeno in caso di indisponibilità del fotovoltaico, degli allacciamenti alla rete potabile per gli approvvigionamenti idrici, nonché alla rete fognaria acque bianche per lo scarico delle acque meteoriche e reflue di processo (condensa e brina) in accordo alla normativa vigente.

L'area impianti, l'area del laboratorio e le condotte di progetto sono rappresentate nella figura seguente.



#### LEGENDA

- AREA IMPIANTO P2G
- AREA DI FUTURA REALIZZAZIONE DEL LABORATORIO
- CONDOTTE DI PROGETTO
- Coll. P2G Sestu - Campus Monserrato
- Coll. P2G Sestu - Caseificio Granarolo (Ex Podda)
- Coll. P2G Sestu - RC Sestu
- Coll. RC Sestu - P2G Sestu
- RETE ESISTENTE IN MPB (0,5 bar < P < 5 bar Pmax)
- UTENZE BLEND IDROGENO METANO
- CONFINI COMUNALI

Figura 2.1: Ubicazione area di realizzazione dell'impianto P2G e percorsi delle condotte di progetto

## 2.3 INTERVENTI DI PROGETTO E FINALITÀ

La tecnologia "Power to Gas" promossa da Italgas è di notevole importanza strategica, in quanto getta le basi per ulteriori sviluppi futuri dei processi di transizione energetica, favorendo la decarbonizzazione con l'utilizzo dei gas verdi, prodotti da fonti rinnovabili (Idrogeno Verde).

La tecnologia selezionata è una combinazione innovativa tra impianto fotovoltaico e sistema di elettrolisi, in grado di convertire in idrogeno l'energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile. La tecnologia "Power to Gas" intende costituire una soluzione innovativa alle sfide tecnologiche costituite dall'intermittenza della fonte di energia

rinnovabile e dall'elevata variabilità della domanda istantanea di idrogeno da parte delle utenze, permettendo di immagazzinare l'energia prodotta sotto forma di idrogeno come vettore energetico innovativo, per il successivo trasporto a distanza e l'uso dilazionato nel tempo.

L'impianto P2G sarà costituito da:

- ✓ un elettrolizzatore per la produzione di idrogeno;
- ✓ un sistema fotovoltaico per la produzione di energia elettrica rinnovabile, che sarà a sua volta utilizzata dall'elettrolizzatore;
- ✓ un sistema di stoccaggi dell'idrogeno prodotto;
- ✓ una stazione di rifornimento di idrogeno per mezzi di trasporto (autobus);
- ✓ un'unità di produzione acqua demineralizzata, utilizzata nell'elettrolizzatore per produrre soluzione di idrossido di potassio (KOH), alle concentrazioni ottimali per favorire le reazioni di elettrolisi all'interno dell'elettrolizzatore;
- ✓ la realizzazione di una condotta per l'approvvigionamento di gas naturale dalla rete esistente;
- ✓ la realizzazione di condotte per la successiva consegna di miscele idrogeno – gas naturale alle seguenti utenze:
  - utenza Residenziale del Comune di Sestu, attraverso recapito della miscela alla rete di distribuzione gas esistente,
  - utenza Industriale (Caseificio Granarolo) nel Comune di Sestu,
  - Campus Universitario (Policlinico Universitario Monserrato "Duilio Casula") nel Comune di Monserrato;
- ✓ la realizzazione di connessione alla rete elettrica esistente, per l'importazione di energia elettrica in caso di indisponibilità del fotovoltaico;
- ✓ la realizzazione di allacciamenti alla rete acque potabili per approvvigionamenti idrici e alla rete fognaria acque bianche per lo scarico delle acque meteoriche e di processo (condensa e brina) in accordo alla normativa vigente.

Il progetto prevede inoltre la realizzazione di un'area adibita alle prove di laboratorio Idrogeno, ubicata nell'area limitrofa a quella di futura installazione dell'impianto, comprensiva di uffici, al fine di effettuare attività sperimentali relative a:

- ✓ prova caldaie;
- ✓ laboratorio odorizzazione;
- ✓ prova analizzatori di qualità;
- ✓ prova contatori;
- ✓ prove invecchiamento tubi ed attrezzature.

Il progetto consentirà anche l'esportazione alla rete dell'eventuale elettricità generata dal fotovoltaico in surplus rispetto alla capacità dell'elettrolizzatore.

La seguente tabella riassume sinteticamente il dimensionamento delle principali componenti dell'impianto P2G integrato con fotovoltaico:

**Tabella 2.1: Dimensionamento delle principali unità di progetto**

UNITÀ	DIMENSIONAMENTO	NOTE
Impianto Fotovoltaico	1,000 kW	
Elettrolizzatore	500 kW	Portata di Progetto dell'Idrogeno prodotto: 100 Nm <sup>3</sup> /h

Stoccaggio per utenze trasporti	100 kg	Stoccaggio ad alta pressione per l'idrogeno, dedicato alle utenze trasporti, incluso nella Package della Stazione di Rifornimento dell'idrogeno
Stoccaggio per utenze residenziali / industriali / campus	300 kg	Stoccaggio ad alta pressione per l'idrogeno, dedicato alle utenze trasporti, incluso nella Package della Stazione di Rifornimento dell'idrogeno
LABORATORIO	~2.7 t/anno	Consumo di Idrogeno da Elettrolizzatore

Per maggiori dettagli sulle caratteristiche tecniche del Progetto si rimanda al Capitolo 4 del SIA, nonché alla documentazione progettuale presentata nell'ambito della Procedura di VIA della presente iniziativa.

La durata totale delle attività è stimata in circa 15 mesi (si veda per maggiori dettagli il Cronoprogramma di Cantiere, facente parte della documentazione progettuale presentata nell'ambito della Procedura di VIA della presente iniziativa).

Ai fini della realizzazione degli attraversamenti di corpi idrici superficiali (fossi), che interesseranno la realizzazione delle condotte, si prevede l'esecuzione dei lavori di posa condotte secondo la seguente modalità:

- ✓ Azzancamento sui ponti in corrispondenza degli attraversamenti dei fossi presenti su SP8 (Comuni di Selargius e Monserrato).

Nelle figure seguenti sono identificati i punti di attraversamento sopra indicati.



**Figura 2.2: Attraversamento ponte S.P. 8 Km 2+549**



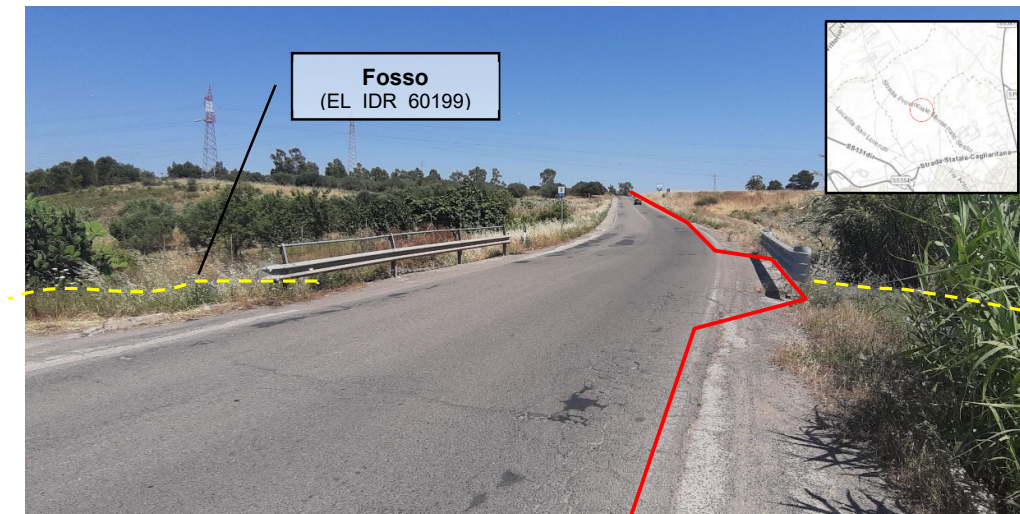


Figura 2.3: Attraversamento ponte fosso (EL\_IDR\_60199) S.P. 8 Km 1+804



Figura 2.4: Attraversamento ponte S.P. 8 Km 0+996

Nella figura seguente si riporta l'ubicazione dell'area che sarà adibita allo svolgimento delle attività di cantiere, posizionata nelle adiacenze dell'area di realizzazione dell'impianto P2G.

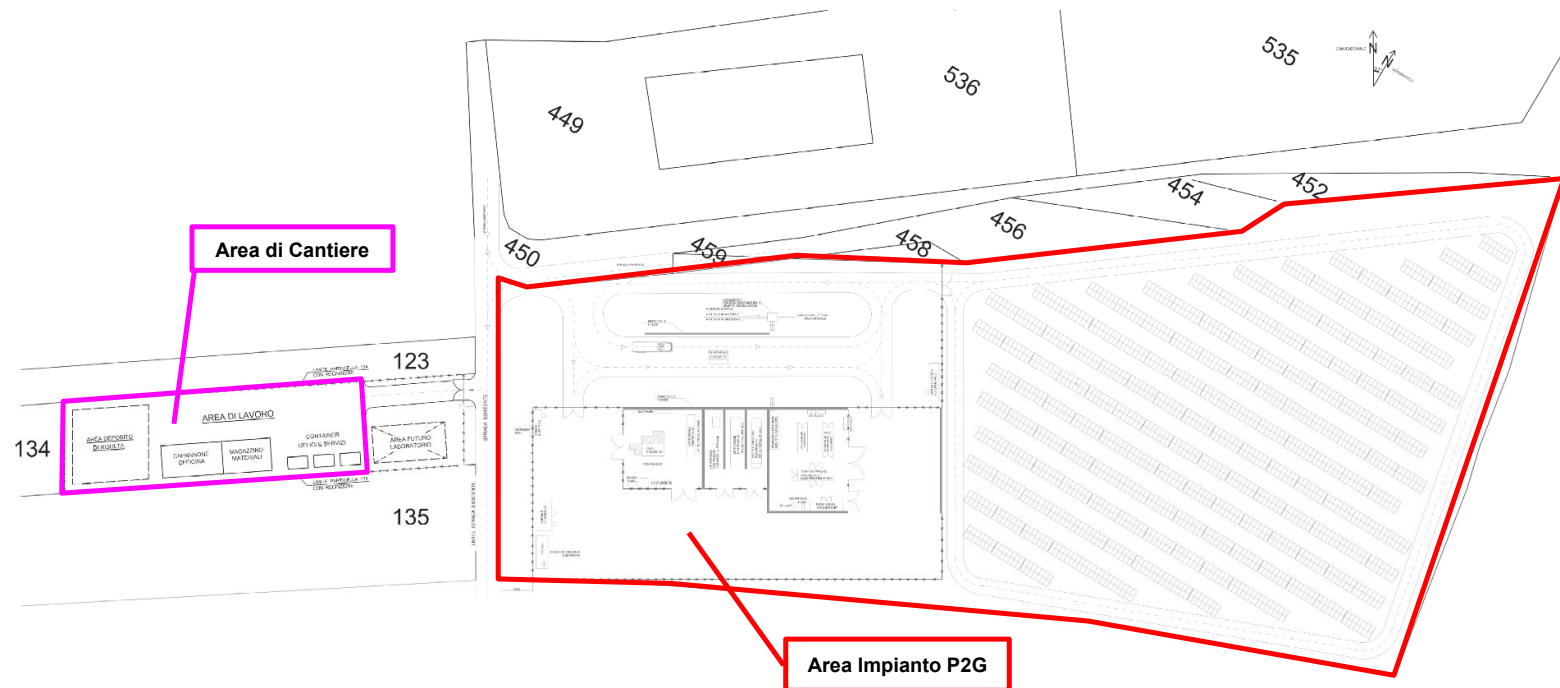


Figura 2.5: Dettaglio dell'Area di realizzazione dell'Impianto P2G e dell'Area di Cantiere

### 3 INQUADRAMENTO IDRAULICO

#### 3.1 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto ai sensi della Legge No. 183/1989 e del D.L. No. 180/1998, è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna No. 67 del 10 Luglio 2006. L'ultimo aggiornamento è stato approvato con Delib.G.R. n. 43/2 del 27 Agosto 2020. Le modifiche alle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico hanno acquisito efficacia con la pubblicazione del Decreto del Presidente della Regione No. 94 del 16 Settembre 2020 sul BURAS No. 58 del 24 settembre 2020.

Il PAI è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale. All'interno del PAI è stata considerata la suddivisione della Regione Sardegna in sette sub-bacini ognuno dei quali caratterizzato in generale da omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche ma anche da forti differenze di estensione territoriale. Nello specifico, il PAI:

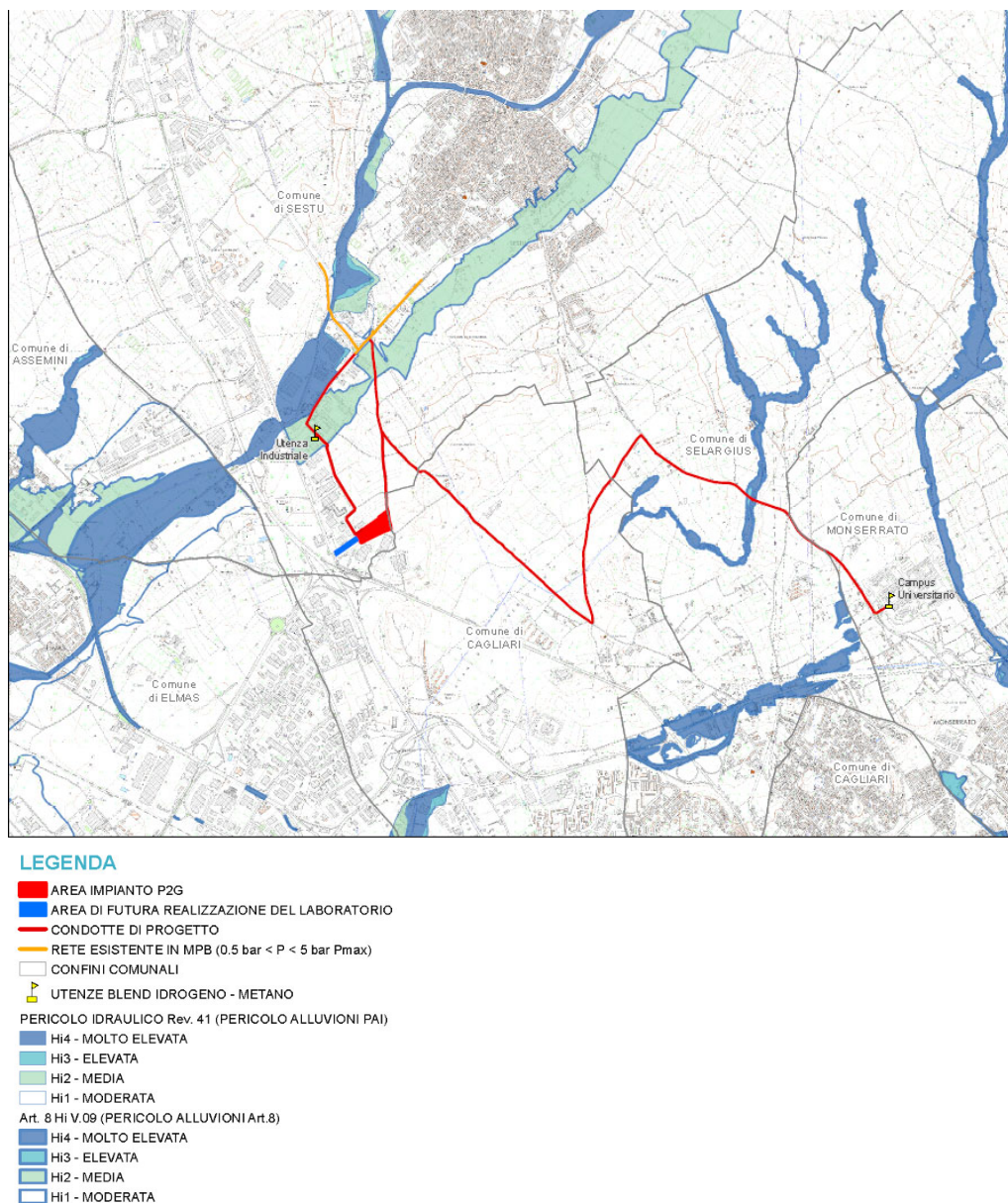
- ✓ prevede nel Titolo II norme, linee guida, indirizzi, azioni settoriali, norme tecniche e prescrizioni generali per la prevenzione dei pericoli e dei rischi idrogeologici nel bacino idrografico unico regionale e nelle aree di pericolosità idrogeologica;
- ✓ disciplina le aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1) perimetrate;
- ✓ disciplina le aree di pericolosità geomorfologica molto elevata (Hg4), elevata (Hg3), media (Hg2) e moderata (Hg1) perimetrate. Il PAI identifica anche delle aree a pericolosità nulla (Hg0), ossia aree pianeggianti (pendenze < 20%) che con moderata certezza si possono ritenere caratterizzate da scarsa probabilità di manifestazioni franose.

L'area individuata per la realizzazione degli impianti di Progetto non ricade all'interno delle fasce di pericolosità idraulica. Per quanto riguarda invece i tracciati delle condotte, si segnala che:

- ✓ la condotta per il collegamento dalla linea gas naturale esistente al P2G e quella per la consegna alle utenze residenziali di Sestu del blend idrogeno – metano interesseranno parzialmente una fascia di pericolosità idraulica media (Hi2);
- ✓ in corrispondenza di un attraversamento corpo idrico (Riu Cintroxu) nel Comune di Selargius, la condotta per la consegna del blend idrogeno-metano al Campus Universitario attraverserà una porzione di territorio ricadente in fasce di pericolosità idraulica elevata / molto elevata (Hi3 / Hi4).

Nelle figure seguenti sono rappresentate le suddette fasce di pericolosità idraulica individuate ai sensi del PAI.





**Figura 3.1: Aree di pericolosità idraulica individuate ai sensi del PAI nell'area di progetto**

Ai sensi dell'Art. 23 delle NTA, gli interventi, le opere e le attività ammissibili nelle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media sono effettivamente realizzabili:

- a. se conformi agli strumenti urbanistici vigenti e forniti di tutti i provvedimenti di assenso richiesti dalla legge;
- b. subordinatamente alla presentazione, alla valutazione positiva e all'approvazione dello studio di compatibilità idraulica o geologica e geotecnica, nei casi in cui lo studio sia espressamente richiesto.

In ogni caso, il Progetto deve garantire la verifica delle variazioni della risposta idrologica, gli effetti sulla stabilità e l'equilibrio dei versanti e sulla permeabilità delle aree interessate alla realizzazione degli interventi, prevedendo eventuali misure compensative.

Ai sensi degli Artt. 27 e 33 delle NTA, nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata "Hi4" (la più alta tra quelle interessate dal passaggio delle condotte di Progetto), nonché nelle aree a pericolosità geomorfologica media "Hg2", sono consentiti tra gli altri:

- c. interventi di adeguamento per l'integrazione di innovazioni tecnologiche;
- d. interventi di adeguamento per la sicurezza di esercizio richiesti da norme nazionali e regionali;
- e. interventi di ampliamento e ristrutturazione di infrastrutture a rete e puntuali riferite a servizi pubblici essenziali non delocalizzabili, che siano privi di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili e siano dichiarati essenziali;
- f. nuove infrastrutture a rete o puntuali previste dagli strumenti di pianificazione territoriale e dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili;
- g. allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti.

Alle suddette aree di pericolosità idraulica e geomorfologica il PAI associa anche dei livelli di rischio, calcolati a partire dai suddetti livelli di pericolosità mediante la formula

$$R_{i/g} = H_{i/g} E V$$

Dove:

$R_{i/g}$  = rischio idraulico / geomorfologico totale, quantificati secondo i 4 livelli riportati rispettivamente in Tabella 3.1 e Tabella 3.2, dove sono evidenziati gli estremi superiori delle classi;

$H_{i/g}$  = pericolosità idraulica / geomorfologica, dove la prima è intesa come la probabilità di superamento della portata al colmo di piena (l'inverso del tempo di ritorno), la seconda ha un valore compreso tra 0 e 1 in funzione della pendenza dell'area e della presenza di copertura boschiva;

$E$  = elementi a rischio, costituiti da persone e cose suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi. Gli elementi sono ripartiti in classi, a ciascuna delle quali è attribuito un peso secondo una scala compresa fra 0 e 1;

$V$  = vulnerabilità, associata al grado di perdita degli elementi a rischio in caso del manifestarsi del fenomeno, conservativamente assunta con valore pari a 1 (vulnerabilità massima) per tutti gli elementi a rischio.

**Tabella 3.1: Descrizione delle classi di rischio idraulico e loro quantificazione**

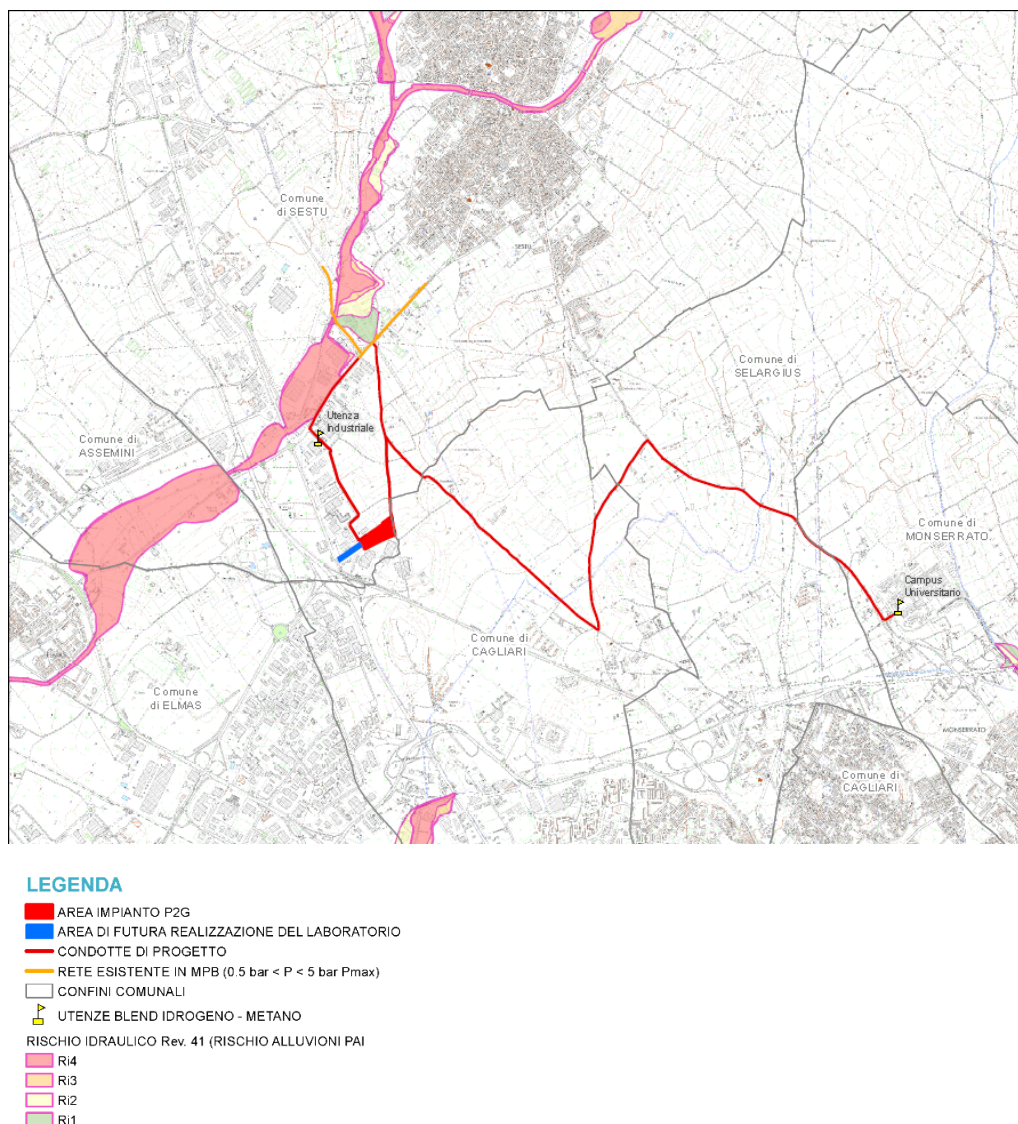
Rischio Idraulico			Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	Valore	
$R_{i1}$	Moderato	$\leq 0.002$	danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali
$R_{i2}$	Medio	$\leq 0.005$	sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
$R_{i3}$	Elevato	$\leq 0.01$	Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
$R_{i4}$	Molto Elevato	$\leq 0.02$	Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al

Rischio Idraulico			Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	Valore	
			patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche

**Tabella 3.2: Descrizione delle classi di rischio di geomorfologico e loro quantificazione**

Rischio Idraulico			Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	Valore	
R <sub>g1</sub>	Moderato	$\leq 0.25$	danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali
R <sub>g2</sub>	Medio	$\leq 0.50$	sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
R <sub>g3</sub>	Elevato	$\leq 0.75$	Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
R <sub>g4</sub>	Molto Elevato	$\leq 1.00$	Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche

Nelle figure seguenti si riportano la classificazione di rischio idraulico individuate ai sensi del PAI.



**Figura 3.2: Classificazione di rischio idraulico ai sensi del PAI nell'area di progetto**

Si segnala che nella cartografia rintracciabile in rete, aggiornata al 31 Gennaio 2018 (Fonte: <http://www.sardegnaegeoportale.it/>), alle aree di pericolosità idraulica / geomorfologica mappate a seguito di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI non risulta associata una corrispondente classe di rischio. Pertanto, dalla cartografia PAI né l'area di realizzazione dell'impianto P2G né i tracciati delle condotte sembrano interessare aree classificate a rischio idraulico / geomorfologico, sebbene il tracciato di una condotta scorra parallelamente all'area di rischio idraulico molto elevato (Ri4) relativa al Riu di Sestu.

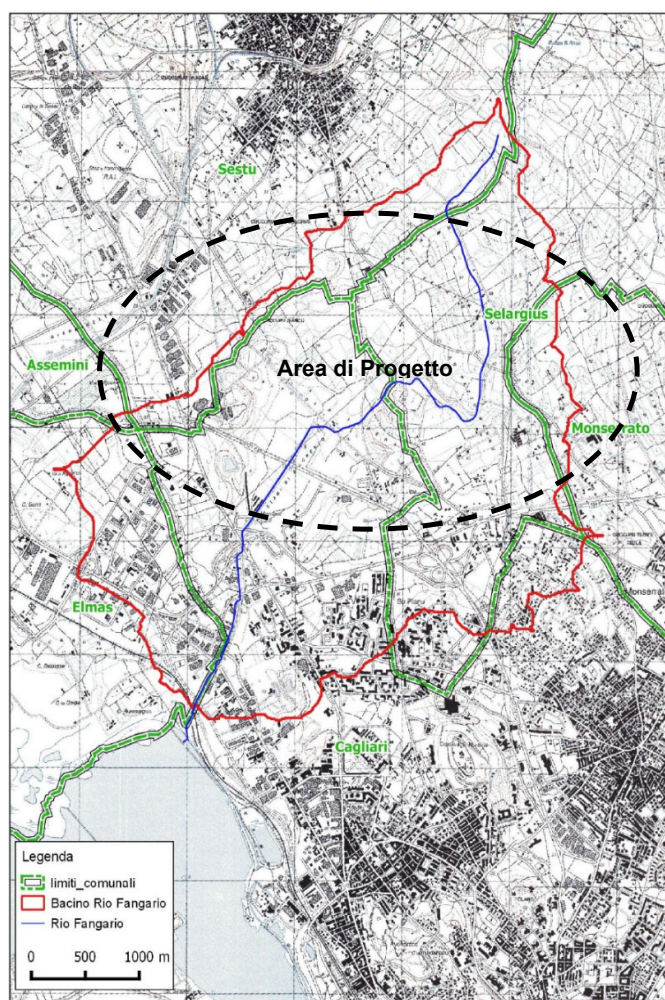
Ai sensi dell'art. 30 ter, per i singoli tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico dell'intero territorio regionale per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica, con esclusione dei tratti le cui aree di esondazione sono state determinate con il solo criterio geomorfologico, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità è istituita una fascia di profondità variabile in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto. Per le opere e per gli interventi da realizzare all'interno di tale fascia, i



Comuni, anche su istanza dei proponenti, sono tenuti ad effettuare apposito studio idrologico-idraulico volto a determinare le effettive aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1). Anche in assenza del suddetto studio, nelle aree interne alla fascia di salvaguardia sono consentiti gli interventi previsti dall'articolo 27 delle NTA (i.e. interventi consentiti in aree di pericolosità idraulica Hi4).

Si segnala in tal senso l'adozione ad Aprile 2021 da parte del Comune di Cagliari dello Studio di Assetto Idrogeologico dell'intero territorio comunale (Deliberazione del Consiglio Comunale No. 61 del 20 Aprile 2021), che ha portato alla proposta di riclassificazione della pericolosità idraulica nel territorio comunale rispetto a quella attualmente vigente, relativa anche al bacino del Rio Fangario interessato dalla realizzazione della condotta di Progetto interrata diretta al campus universitario.

Tale studio fornisce un approfondimento locale del quadro conoscitivo dell'ambito territoriale comunale, introducendo nuove modifiche dei perimetri e delle classi di pericolosità di singole aree di pericolosità idrogeologica. In particolare, lo studio riporta delle analisi idrauliche relative al bacino del Rio Fangario, che scorre nell'area interessata dalla futura realizzazione della condotta interrata per il trasporto del blend idrogeno-metano al campus universitario di Monserrato (si veda la figura seguente).



**Figura 3.3: Identificazione del bacino idrografico del Rio Fangario (Fonte: PUC di Cagliari)**

Sulla base delle suddette analisi idrauliche, lo studio identifica una proposta di riclassificazione della pericolosità idraulica nell'area rispetto a quella attualmente vigente (si veda la figura seguente).

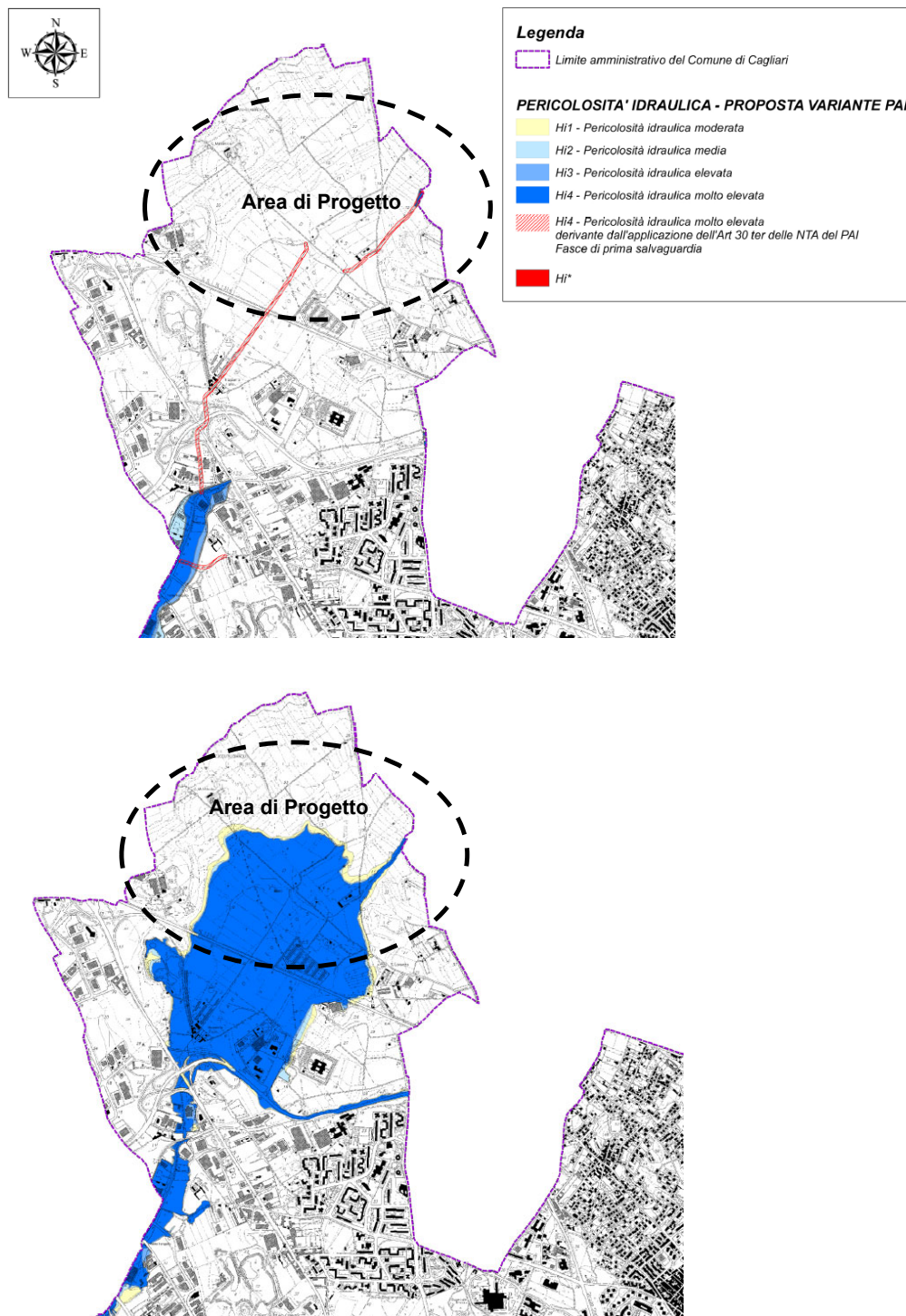


Figura 3.4: PUC di Cagliari - carta di pericolosità idraulica vigente nell'area di Progetto (in alto) e relativa proposta di variante PAI (in basso)

Ne risulta che parte dell'area interessata dal futuro attraversamento della condotta interrata diretta al campus universitario viene inserita in classe di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4).

Come riportato nella sopra citata Deliberazione No. 61 del 2021, lo studio e le relative risultanze dovranno essere prossimamente oggetto di un procedimento di variante puntuale al PAI, di competenza del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino. In attesa dell'adozione dello studio comunale da parte dell'Autorità di bacino regionale, nelle nuove aree di pericolosità identificate in ambito comunale è comunque prevista quale misura di salvaguardia l'applicazione delle relative norme del PAI.

In tal senso, si evidenzia comunque che come sopra indicato l'area sarà interessata esclusivamente dall'attraversamento della condotta interrata diretta al campus universitario, con la relativa progettazione che ha tenuto in debita considerazione le eventuali interferenze delle condotte con i corpi idrici presenti nell'area di Progetto.

Si evidenzia inoltre che ai sensi dell' art. 41, comma 7 delle NTA “[...] Le aree di pericolosità idraulica individuate dal Piano Stralcio delle fasce fluviali (PSFF) con analisi idrologico-idraulica, costituiscono variante a quelle del Piano di assetto idrogeologico (PAI) e alle aree di pericolosità, così variate, si applicano le previsioni delle Norme tecniche di attuazione del PAI.”

Alla luce di quanto sopra indicato, **l'iniziativa non appare in contrasto con le indicazioni delle NTA del PAI.** In particolare, gli interventi previsti per la realizzazione delle condotte e l'allacciamento dell'impianto P2G alle reti esistenti sono strettamente funzionali a consentire l'esercizio delle unità di Progetto ai fini della fornitura di Idrogeno Verde alle utenze locali.

### 3.2 PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF)

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) della Sardegna è stato approvato in via definitiva con Delibera No. 2 del 17 Dicembre 2015 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna.

Il PSFF ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. Costituisce un approfondimento e una integrazione necessaria al PAI, in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

In tal senso, il PSFF individua fasce fluviali aggiuntive rispetto a quelle definite dal PAI, definendo il seguente regime normativo ai sensi della Delibera No. 2 del 17 Dicembre 2015:

- ✓ “[...] le aree di pericolosità individuate dal solo PSFF sono assoggettate alle vigenti norme di attuazione del PAI in riferimento al rispettivo livello di pericolosità definito dai corrispondenti tempi di ritorno”. (art. 2);
- ✓ “alle aree di pericolosità idraulica individuate dal PSFF con tempo di ritorno pari a due anni è assegnata la classe di pericolosità (Hi4) e conseguentemente le relative prescrizioni imposte dalle Norme di Attuazione del PAI” (art. 3, comma c);
- ✓ “per le aree individuate di pericolosità idraulica dei fiumi, torrenti e corsi d'acqua o tratti degli stessi, studiate sia dal P.S.F.F. che dagli ulteriori strumenti pianificatori adottati od approvati dalla Regione Sardegna [...] è applicata la disciplina più restrittiva delle N.A. del PAI afferente al livello di pericolosità idraulica più elevato.” (art. 3, comma d).

Nella seguente Tabella 3.3 si riporta la corrispondenza tra le Fasce Fluviali individuate dal PSFF e le aree a Pericolosità Idraulica ai fini dell'individuazione della normativa del PAI applicabile.

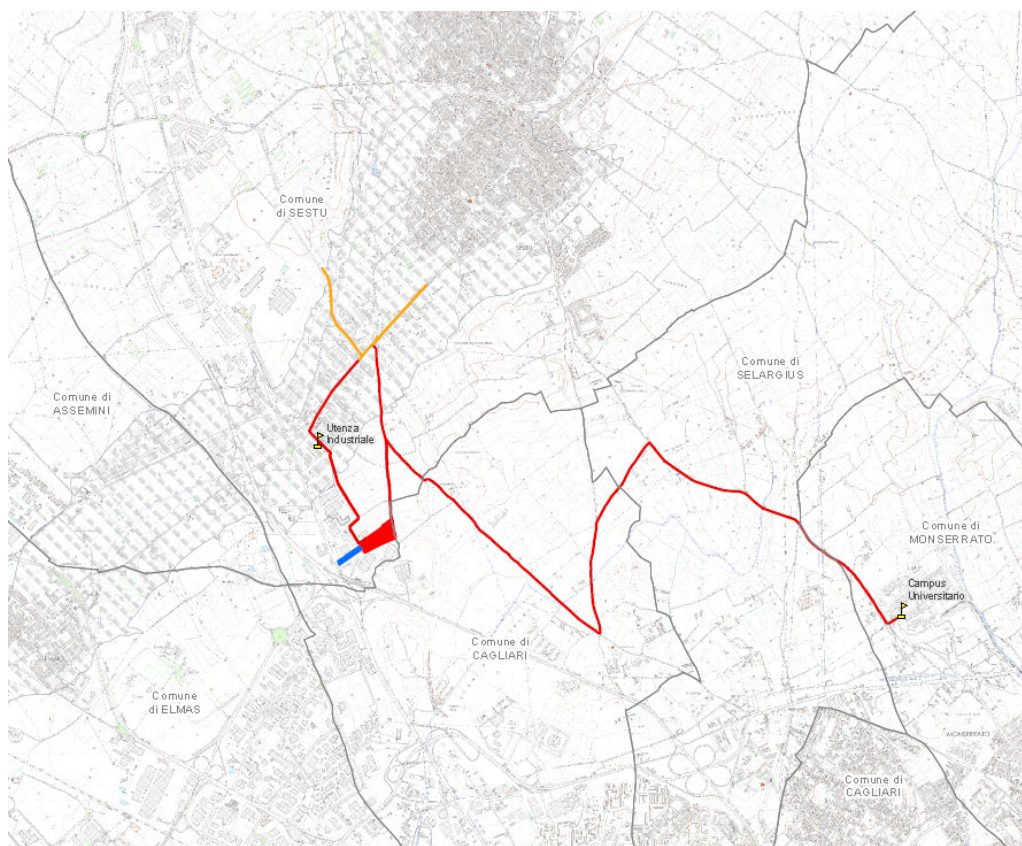
**Tabella 3.3: Corrispondenza Fasce Fluviali (da PSFF) e Pericolosità Idraulica (da PAI)**

Fascia Fluviale (PSFF)	Pericolosità Idraulica (PAI)		Tempo di Ritorno (anni)
A 2	Hi4	Molto Elevata	2
A 50	Hi4	Molto Elevata	50



B 100	Hi3	Elevata	100
B 200	Hi2	Media	200
C	Hi1	Moderata	500

Oltre alle già indicate fasce di pericolosità del PAI, come mostrato dalla figura seguente i tracciati delle condotte interesseranno una porzione di territorio che il PSFF colloca all'interno della Fascia Geomorfologica (Fascia C), alla quale corrisponde una classe di Pericolosità Idraulica PAI "Moderata" (Hi1).



#### LEGENDA

- AREA IMPIANTO P2G
- AREA DI FUTURA REALIZZAZIONE DEL LABORATORIO
- CONDOTTE DI PROGETTO
- RETE ESISTENTE IN MPB (0,5 bar < P < 5 bar Pmax)
- CONFINI COMUNALI
- UTENZE BLEND IDROGENO - METANO
- PSFF 2015 (PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI)
- C: Fascia Geomorfologica

**Figura 3.5: Fasce Fluviali individuate ai sensi del PSFF nell'area di progetto**



### 3.3 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

Con la Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale No. 14 del 21 Dicembre 2021 è stato approvato il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni della Sardegna (PGRA) per il secondo ciclo di pianificazione. Il PGRA si integra e si coordina con gli altri piani vigenti per la mitigazione del rischio idrogeologico, ovvero il PAI e il PSFF.

Nell'ambito del PGRA sono rintracciabili le "Mappe della pericolosità, danno potenziale e rischio da alluvione", aggiornate al 24 Settembre 2020, data di approvazione del PSFF quale variante al PAI, come definito dal Decreto del Presidente della Giunta Regionale No. 94 del 16 Settembre 2020 pubblicato sul BURAS No. 58 del 24 Settembre 2020. Si segnala che alla data di consultazione (Gennaio 2022), sul sito del PGRA<sup>1</sup> risultano disponibili esclusivamente le mappe di pericolosità aggiornate, mentre le mappe di danno potenziale e di rischio risultano ancora in fase di pubblicazione. Pertanto, ai fini dell'analisi delle relazioni con il Progetto si è tenuto conto esclusivamente della classificazione di pericolosità fornita dal PGRA. Di seguito si riporta lo stralcio cartografico della mappa di pericolosità da alluvione relativo all'area di Progetto.

Nello specifico, il PGRA classifica il territorio in accordo alle tre classi di pericolosità di seguito riportate:

- ✓ P3, ovvero aree a pericolosità elevata, con elevata probabilità di accadimento ( $Tr \leq 50$ );
- ✓ P2, ovvero aree a pericolosità media, con media probabilità di accadimento ( $100 \leq Tr \leq 200$ );
- ✓ P1, ovvero aree a pericolosità bassa, con bassa probabilità di accadimento ( $200 < Tr \leq 500$ ).

L'individuazione delle classi di pericolosità idraulica del PGRA tiene conto, integrandole, sia della classificazione fornita in ambito PAI che di quella fornita dal PSFF.

Data la natura degli interventi previsti e che gli stessi si svilupperanno lungo tracciati stradali esistenti e adottando idonee misure di attraversamento in corrispondenza dei corpi idrici superficiali, **non si segnalano elementi di contrasto dell'iniziativa con le indicazioni fornite dal PGRA.**

\*\*\*\*\*

<sup>1</sup> <https://www.regione.sardegna.it/index.php?xsl=2425&s=431577&v=2&c=14034&t=1&tb=14006>

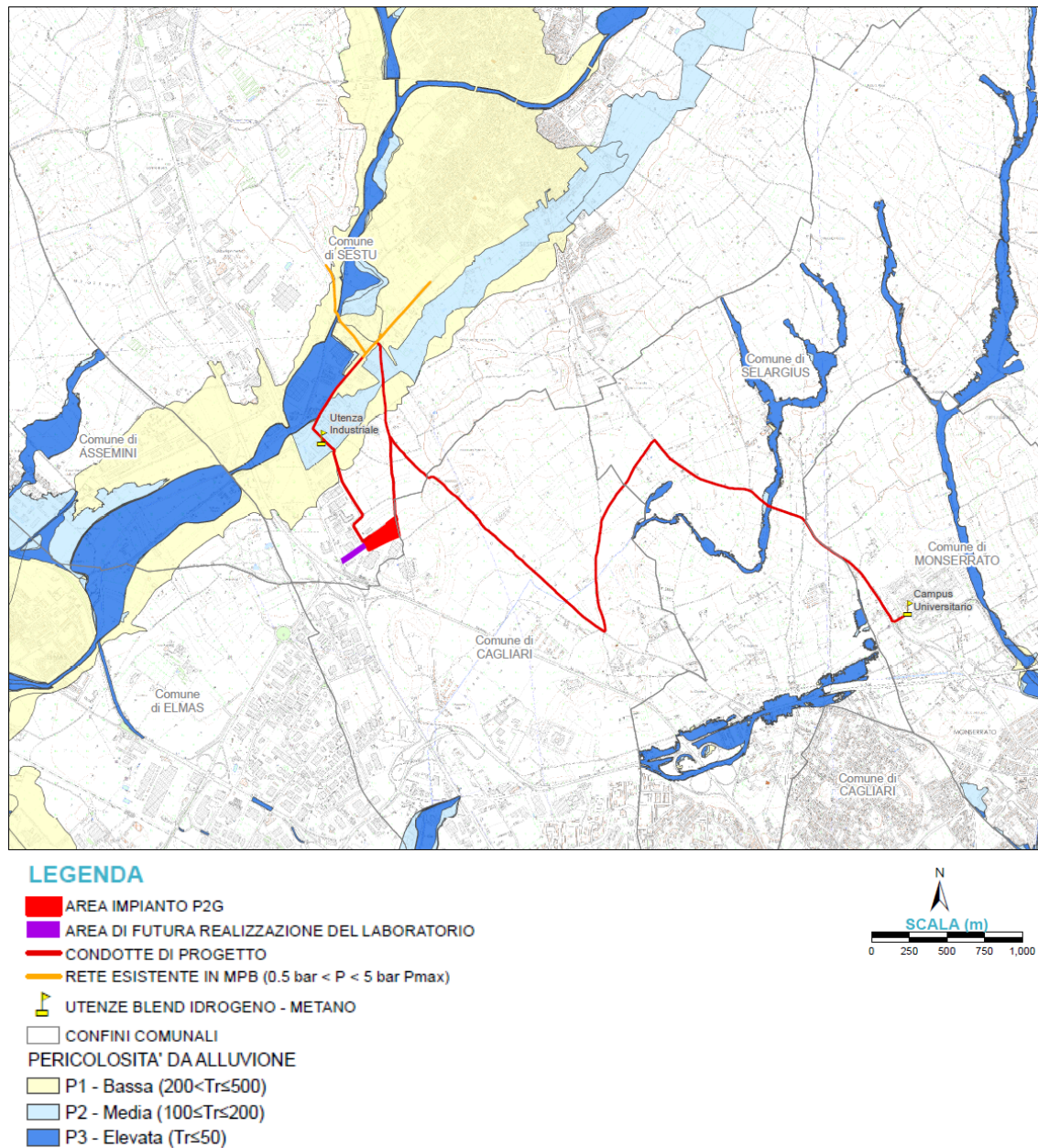


Figura 3.6: Classificazione di rischio alluvionale ai sensi del PGRA nell'area di progetto

## 4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Come indicato nel capitolo precedente, l'area di intervento nella quale sarà realizzato l'impianto non ricade all'interno di aree soggette a pericolosità idraulica individuate nei piani precedentemente descritti (PAI, PSFF, PGRA).

Risultano tuttavia presenti tratti di condotte che ricadono all'interno delle fasce di Pericolosità idraulica di seguito riportate:

- ✓ le condotte per il collegamento dalla linea gas naturale esistente al P2G e quella per la consegna alle utenze residenziali di Sestu del blend idrogeno – metano interesseranno parzialmente le fasce di pericolosità idraulica bassa (HI1) e media (HI2). Si riporta di seguito lo stralcio planimetrico delle condotte in oggetto;

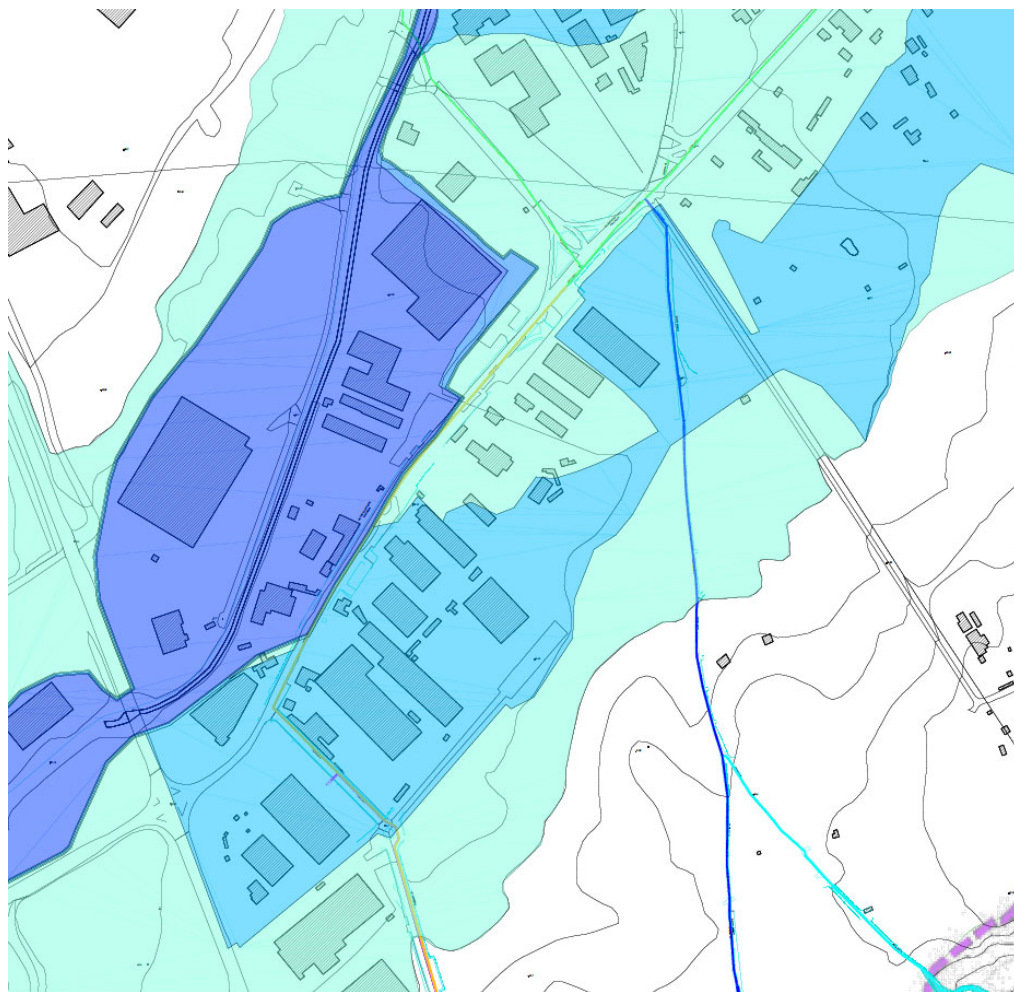
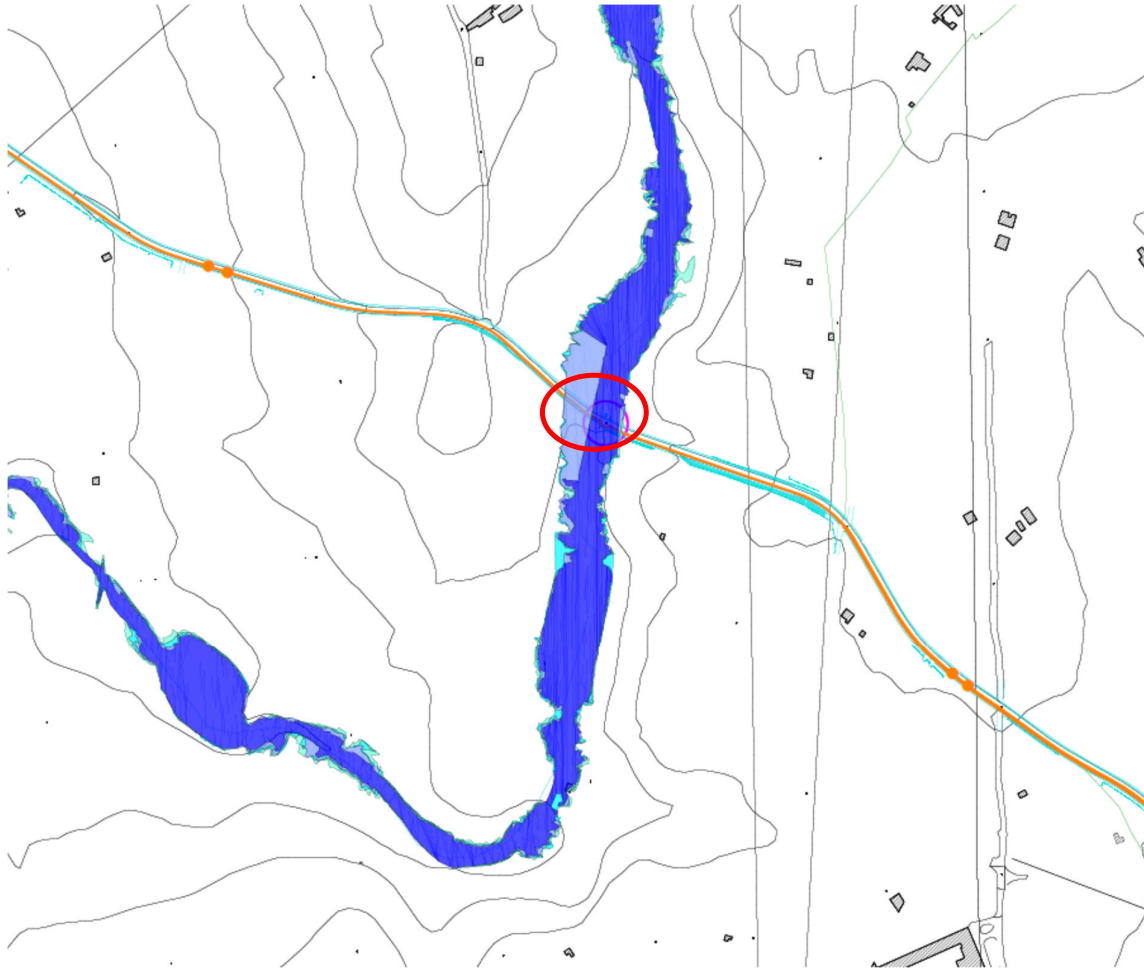


Figura 4.1: Stralcio planimetrico – Condotte in aree a pericolosità idraulica bassa e media

Le condotte ricadenti in tali aree a bassa e media pericolosità risultano idraulicamente compatibili in quanto non attraversano corsi d'acqua ed essendo interrate non presentano ostacolo al deflusso delle acque di ruscellamento superficiale.

- ✓ in corrispondenza di un attraversamento del corpo idrico (Riu Cintroxu) nel Comune di Selargius, la condotta per la consegna del blend idrogeno-metano al Campus Universitario attraverserà una porzione di territorio ricadente in fasce di pericolosità idraulica elevata / molto elevata (Hi3 / Hi4). Si riporta di seguito lo stralcio planimetrico della condotta in oggetto.



**Figura 4.2: Stralcio planimetrico – Condotte in aree a pericolosità idraulica elevata e molto elevata**

La condotta ricadente in aree ad elevata e molto elevata pericolosità risulta idraulicamente compatibile in quanto, pur attraversando un corso d'acqua (Rio Cintroxu) non presenta ostacolo al deflusso delle acque di piena del rio in oggetto. Nelle seguenti figure è raffigurato l'intervento in oggetto.



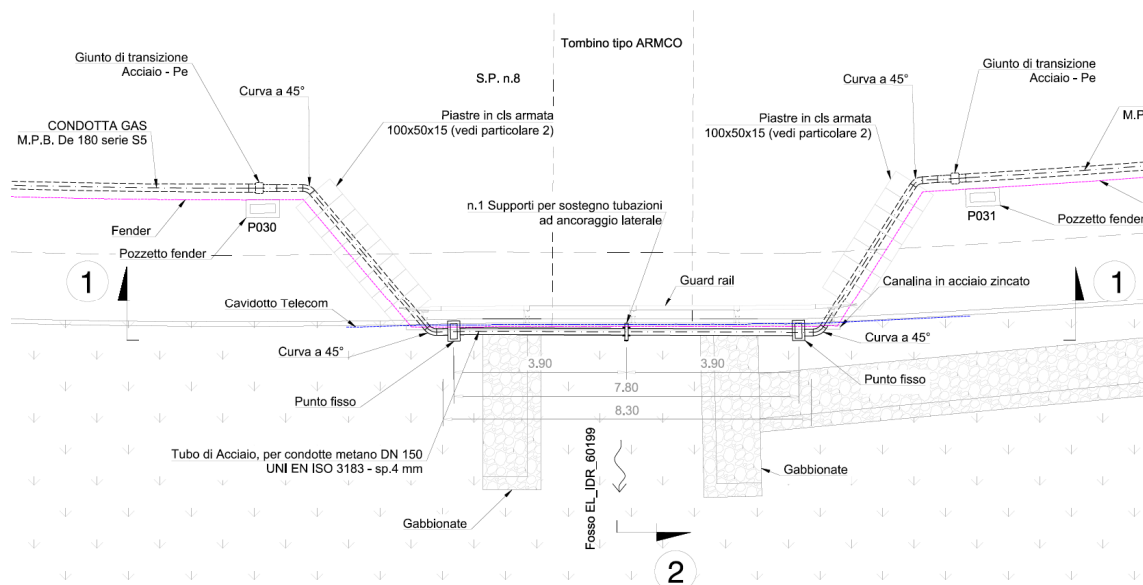


Figura 4.3: Planimetria di progetto – Attraversamento Rio Cintroxu

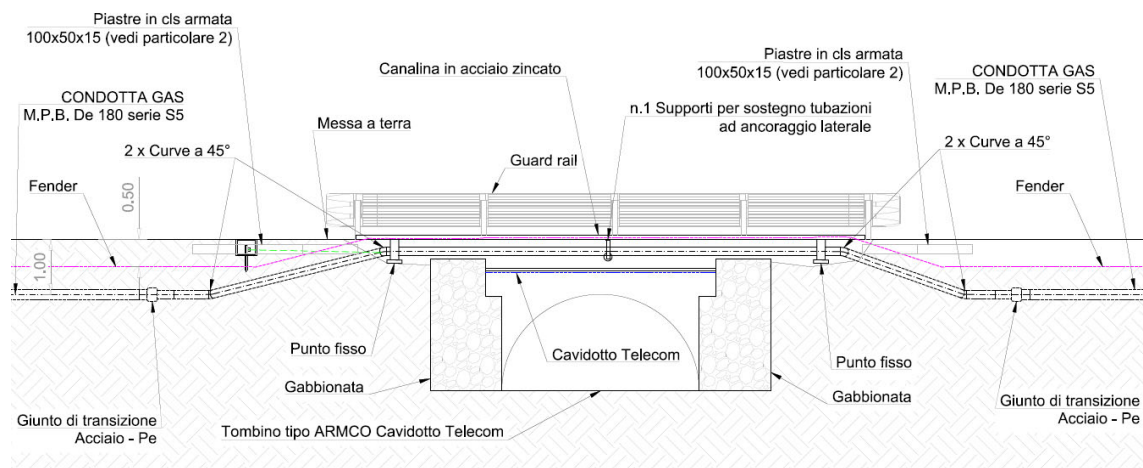


Figura 4.4: Sezione di progetto 1 – Attraversamento Rio Cintroxu

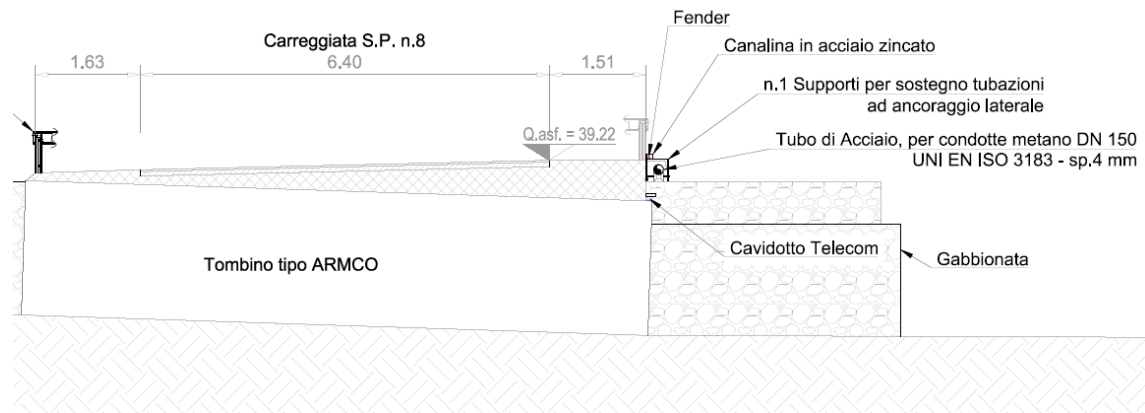


Figura 4.5: Sezione di progetto 2 – Attraversamento Rio Cintroxu

## 5 INQUADRAMENTO IDROLOGICO

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.

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 2<sup>a</sup> Sottozona Omogenea.





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

$$\begin{aligned} a(T) &= 0.43797 + 1.0890 \cdot \text{Log}(T) \\ n_1 &= -0.18722 + 0.24862 \cdot \text{Log}(T) - 3.36305 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T) \\ n_2 &= -6.3887 \cdot 10^{-3} - 4.5420 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T) \end{aligned}$$

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 $n_2$
10	1.53	0.028	-0.011
30	2.05	0.107	-0.013
50	2.29	0.138	-0.014
100	2.62	0.175	-0.015
200	2.94	0.207	-0.017

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 309 mm.

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

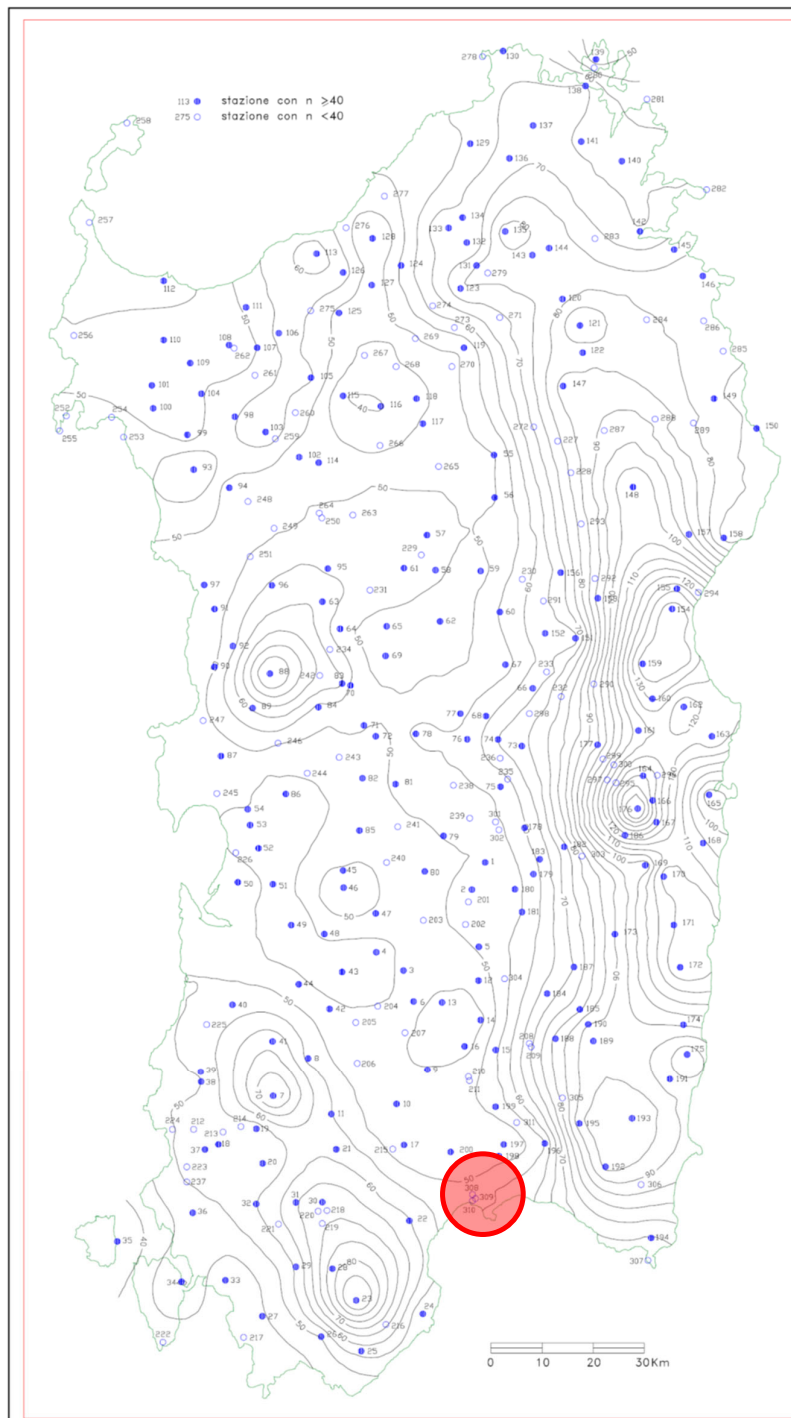


Figura 5.2: Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna

## 6 INVARIANZA IDRAULICA

Nel seguente capitolo si riporta lo studio di invarianza idraulica volto ad applicare i principi indicati nelle Linee Guida e Indirizzi Operativi ai sensi dell'Art. 47 delle Norme di Attuazione del PAI. Si evidenzia che nello studio è stata considerata l'intera area di progetto (impianto e laboratorio).

Le linee guida individuano quattro classi di intervento in funzione della superficie totale territoriale coinvolta classificandole come quanto riportato nella Tabella 6.1

**Tabella 6.1: Classificazione delle superfici**

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

In particolare, considerando che l'area interessata ha una superficie di circa 2.83 ha, l'intervento previsto in progetto rientra all'interno della categoria **“c” – Aree di significativa impermeabilizzazione**.

Per questi interventi andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nelle luci di scarico, negli invasi e nel sistema drenante in modo da garantire che la portata massima defluente dall'area in trasformazione sia non superiore ai valori precedenti l'intervento di trasformazione territoriale.

## 6.1 STUDIO IDROLOGICO

La superficie in oggetto è estesa per circa 2.83 ettari. Sulla base del documento “P0024839-2-H16 – Indagini Geofisiche e Geotecniche – Report di Campagna Luglio/Agosto 2021”, l'intervento in oggetto risulta essere ubicato in un'area caratterizzata dalla presenza di terreni limo argillosi.

Considerando la classificazione dei suoli riportata nel metodo SCS-CN, l'intervento in oggetto può essere classificato come suolo “**Tipo C**” caratterizzato da deflusso superficiale potenziale moderatamente alto.

Nella seguente tabella sono riportate le classificazioni dei terreni in funzione del tipo di suolo del metodo SCS-CN.

**Tabella 6.2: Descrizione delle classi in funzione dei gruppi di Tipo di suolo (metodo SCS-CN)**

Tipo di suolo	Descrizione
<b>A</b>  deflusso superficiale potenziale basso	<p>I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) basso, ed è alta la permeabilità. Sono caratterizzati da avere meno del 10% di argilla e oltre il 90% di sabbia e/o ghiaia e la tessitura è sabbiosa o ghiaiosa. La conducibilità idraulica (Ksat) è maggiore di 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm.</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con alta permeabilità per fratturazione e/o carsismo</p>
<b>B</b>  deflusso superficiale potenziale moderatamente basso	<p>I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente basso, e l'acqua attraversa il suolo senza impedimenti. Sono caratterizzati da avere tra il 10% e il 20% di argilla e tra il 50 e il 90% di sabbia e la tessitura è sabbioso-franca, franco-sabbiosa. La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 3,6 e 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm.</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità, medio-alta e media, per fratturazione e/o carsismo</p>
<b>C</b>  Deflusso superficiale potenziale moderatamente alto	<p>I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente alto, e l'acqua attraversa il suolo con qualche limitazione. Sono caratterizzati da avere tra il 20% e il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è prevalentemente franca, franco-limosa, franco-argilloso-sabbioso, franco-argillosa, e franco-argilloso-limosa.</p> <p>La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 0,36 e 3,6 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con bassa e medio-bassa permeabilità per fratturazione e/o carsismo</p>
<b>D</b>  deflusso superficiale potenziale alto	<p>I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) alto, e l'acqua attraversa il suolo con forti limitazioni. Sono caratterizzati da avere oltre il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è argillosa, talvolta anche espandibili.</p> <p>La conducibilità idraulica (Ksat) è <math>\leq 0,36</math> cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è compresa tra 50 cm e 100 cm, e la profondità della falda superficiale è entro i 60 cm</p> <p>Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità molto bassa, le rocce impermeabili e le aree non rilevate o non classificate.</p>

### 6.1.1 CN – STATO ATTUALE

Determinata la tipologia di terreno si procede a individuare il valore del parametro CN (Curve Number) dell'intero lotto in base alle differenti tipologie di coperture presenti. Per ogni tipo di copertura verrà assegnato il corrispondente valore di CN che sarà moltiplicato per la superficie occupata. Il valore medio del CN considererà quindi il contributo pesato delle coperture presenti all'interno del lotto.

Il valore di CN così calcolato corrisponde al CN nella condizione AMC II (Antecedent Moisture Condition, ossia la condizione di umidità del suolo in funzione della precipitazione antecedente di 5 giorni); tale valore dovrà essere convertito in CN-III (AMC) secondo quanto previsto dalla metodologia proposta dal Soil Conservation Service (SCS) di seguito riportata:

$$CN - III (AMC) = \frac{23 (CN - II)}{10 + 0.13 (CN - II)}$$

Il valore del Curve Number per lo stato attuale è stato ricavato dal documento "Linee guida ed indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica (articolo 47 delle NTA del PAI) – Relazione – Maggio 2017" messe a disposizione dalla Regione Sardegna.

In particolare, in base alla tabella 5 delle linee guida, il curve number dell'area a progetto nello stato attuale (colture temporanee associate a colture permanenti e tipo di suolo C) risulta essere pari a 82.

**Tabella 6.3: Tabella CN – Stato Attuale (da "Linee guida ed indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica")**

Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D
AREE PORTUALI	123	98	98	98	98
AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	124	92	93	94	95
AREE ESTRATTIVE	131	89	92	94	95
DISCARICHE E DEPOSITI DI ROTTAMI	132	90	92	94	95
CANTIERI	133	90	92	94	95
AREE VERDI URBANE	141	65	74	81	84
CIMITERI	143	57	77	85	89
VIGNETI	221	72	81	88	91
FRUTTETIE FRUTTI MINORI	222	67	78	85	89
OLIVETI	223	72	81	88	91
ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI	224	67	78	85	89
PRATI STABILI	231	67	71	81	89
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A COLTURE PERMANENTI	241	59	74	82	86

Di seguito, in Tabella 6.4, sono riportati i valori del parametro CN dello stato attuale determinati per l'area d'intervento.

**Tabella 6.4: Determinazione CN – Stato Attuale**

Tipologia area	Superficie [m²]	Tipo suolo SCS-CN	CN-II	S*CN
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A COLTURE PERMANENTI	28262.63	C	82	2317535.7
		CN-II medio	82.00	
		CN-III (AMC)	91.29	

### 6.1.2 CN – STATO DI PROGETTO

Analogamente a quanto effettuato per lo stato attuale, si determina il valore del parametro CN (Curve Number) dell'intero lotto nella configurazione di progetto.

Nelle figure seguenti sono rappresentate le planimetrie dell'area di intervento con l'individuazione delle diverse tipologie di copertura, rispettivamente per l'area impianto e l'area laboratorio.

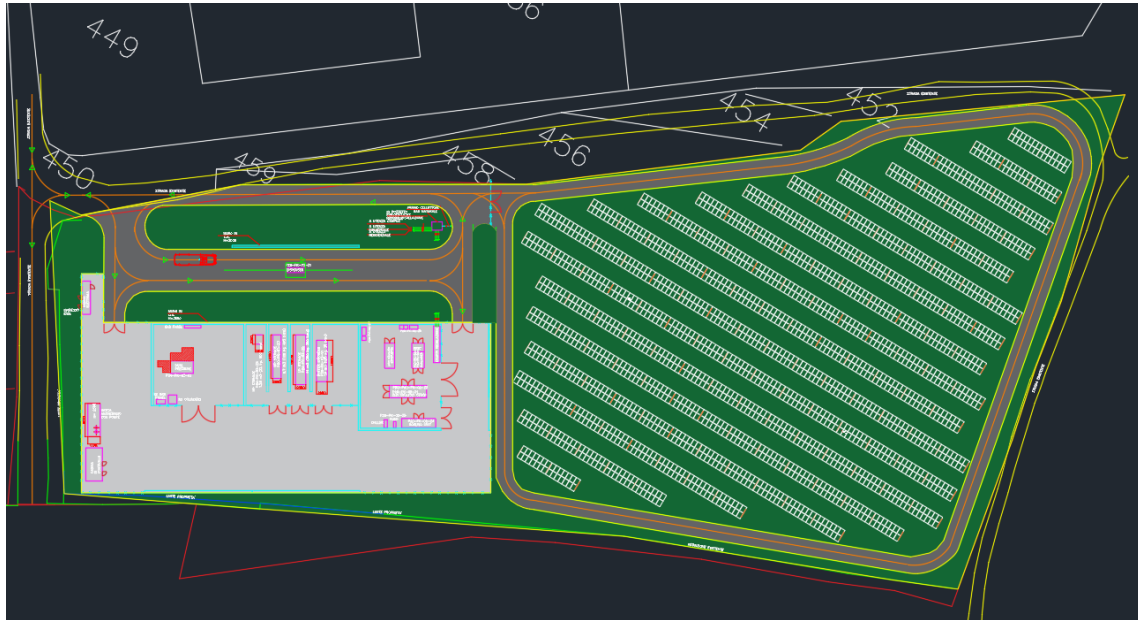


Figura 6.1: Planimetria area intervento – Area Impianto



Figura 6.2: Planimetria area intervento – Area Laboratorio

In Tabella 6.5 sono riportati i valori del CN relativi alle aree a progetto.

**Tabella 6.5: Determinazione CN – Stato di Progetto**

Tipologia area	Codice tabella Allegato 1	Superfici Area Impianto [m <sup>2</sup> ]	Superfici Area Laboratorio [m <sup>2</sup> ]	Superfici Area Tot [m <sup>2</sup> ]	Tipo suolo SCS-CN	CN-II	S*CN
Aree verdi	S1	14916.21	2255	17171.21	C	76	1305012.0
Pavimentazioni impermeabili	S9	4121.69	1412	5533.69	C	98.5	545068.5
Strade	P10	3300.73	2257	5557.73	C	97.5	541878.7
	<b>TOTALE</b>	<b>22338.63</b>	<b>5924</b>	<b>28262.63</b>	CN-II medio	84.63	
					<b>CN-III (AMC)</b>	<b>92.68</b>	

\* Allegato 1 alle Linee Guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio di Invarianza Idraulica - agg. maggio 2017

## 6.2 IDROGRAMMI DI PIENA

### 6.2.1 IETOGRAMMI DI PROGETTO

Per il calcolo degli idrogrammi di piena necessari a valutare le portate di picco degli eventi di piena è innanzitutto necessario calcolare le piogge di progetto e quindi definire gli ietogrammi di progetto.

Per gli interventi appartenenti alla classe di intervento "c", secondo le Linee Guida devono essere considerati due differenti tempi di ritorno  $T_r$  (20 e 50 anni) che verranno rispettivamente utilizzati per il dimensionamento della rete di drenaggio e per il dimensionamento della vasca di laminazione delle portate.

Sulla base dell'analisi idrologica riportata nel capitolo 4 nella quale sono state individuate le Curve di possibilità pluviometrica relative all'area a progetto sono state calcolate le altezze di precipitazione corrispondenti ai due tempi di ritorno.

Secondo le Linee Guida lo ietogramma di progetto deve essere del tipo Chicago, con durata pari a 30 minuti, posizione del picco posta a  $r=0.40$  e con passo temporale  $\Delta t$  di 1 minuto.

Nella seguente tabella sono riportati i principali valori idrologici necessari alla costruzione degli ietogrammi a progetto.

**Tabella 6.6: Determinazione delle altezze di precipitazione**

$T_r$	20	50	anni
<b>SZO</b>	2	2	-
<b>A</b>	1.85	2.29	
<b><math>n_1</math></b>	0.079	0.138	-
<b><math>n_2</math></b>	-0.012	-0.014	-
<b><math>t_p</math></b>	0.5	0.5	ore
<b><math>h'</math></b>	1.76	2.08	
<b><math>h_{med\_giorn}</math></b>	309	309	mm
<b><math>h_{medio}</math></b>	23.92	23.92	mm
<b><math>h_{Tr}</math></b>	41.99	49.73	mm



Determinate le altezze di pioggia sono stati ricostruiti gli ietogrammi a progetto di seguito riportati.

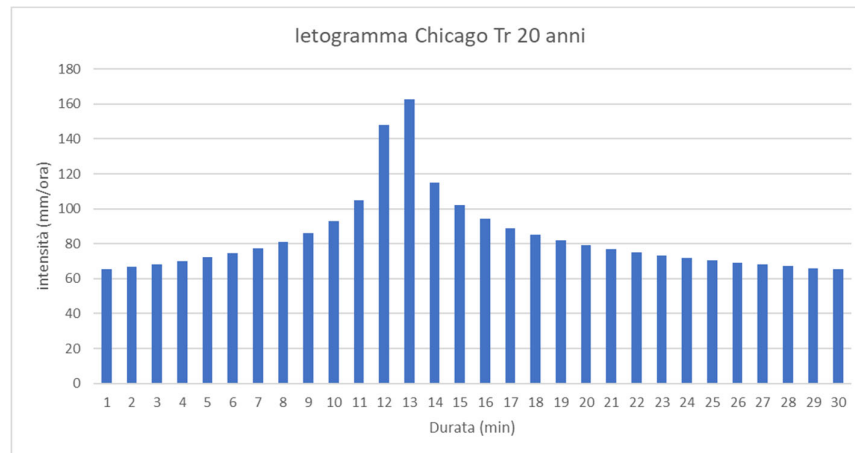


Figura 6.3: Ietogramma Chicago – Tr 20 anni

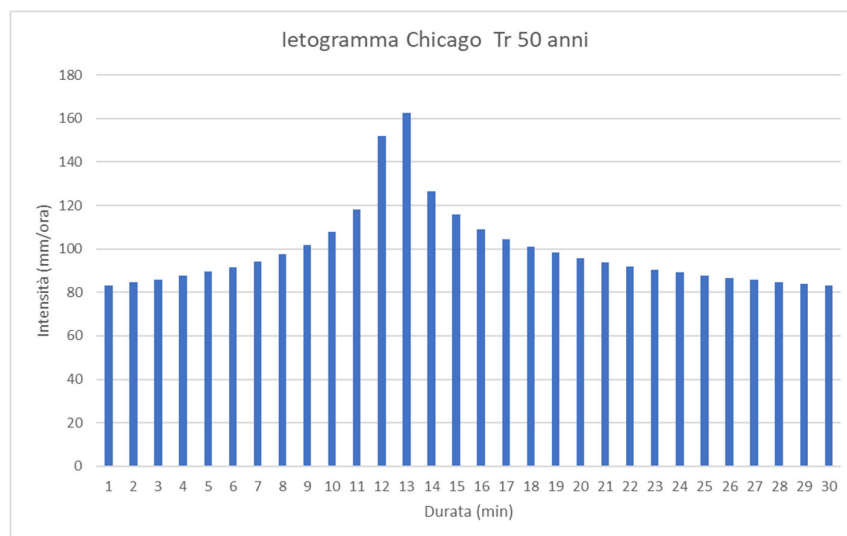


Figura 6.4: Ietogramma Chicago – Tr 50 anni

## 6.2.2 STIMA DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA

Analogamente a quanto sviluppato nell'allegato 3 delle Linee Guida, per la determinazione degli idrogrammi di piena si è utilizzato l'approccio modellistico ed il software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) della U.S. Army Corps of Engineers, versione 4.3.

La modellazione idrologica afflussi-deflussi è stata sviluppata attraverso il metodo CN-SCS che consente di determinare le altezze infiltrate durante un evento di pioggia. Nella sua versione originaria il modello prende in esame l'altezza totale di pioggia  $P$  caduta nel corso di un evento, suddividendola tra  $I_a$ , altezza di pioggia catturata dalla vegetazione,  $F_a$ , altezza di pioggia catturata dal suolo, e  $P_e$ , altezza di pioggia efficace (la quota parte di pioggia che produce il deflusso). Tra le altezze prima definite sussiste la relazione (di continuità):

$$P = I_a + F_a + P_e$$

Esiste un limite superiore, ovviamente, per la parte efficace della pioggia,  $P_e$ , che non potrà superare la quantità  $P - I_a$ . Il limite superiore per l'altezza di pioggia che verrà catturata dal suolo,  $F_a$ , è invece indicato con  $S$ . L'ipotesi che produce la regola dell'SCS è che il rapporto tra le due grandezze attuali ed i rispettivi valori-limite sia lo stesso; ossia:

$$\frac{P_e}{P - I_a} = \frac{F_a}{S}$$

Eliminando  $F_a$  dalle due espressioni precedenti si ottiene:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P + S - I_a}$$

L'altezza di pioggia efficace è quindi ricavabile, per assegnata altezza di pioggia totale, quando siano noti  $S$  e  $I_a$ . Mentre  $S$  può apparire come una caratteristica costante del terreno, legata in qualche modo alla natura del suolo,  $I_a$  appare come una caratteristica almeno stagionale, legata allo sviluppo della vegetazione. Una relazione utilizzata storicamente in letteratura ipotizza che il valore dell'infiltrazione iniziale, per qualunque terreno e in qualunque stagione dell'anno, risulti pari a:

$$I_a = 0.2S$$

Da cui ne deriva:

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Tale equazione vale solo per  $P > I_a$ ; nel caso contrario si avrà  $P_e = 0$ .

L'uso del modello SCS richiede che per ogni terreno venga specificato il valore di  $S$ . Vista la grande variabilità di  $S$  (amplificata dalla sua natura di grandezza dimensionale), è stata preferita una sua determinazione indiretta, attraverso il valore di un parametro dimensionale, chiamato Curve Number (da cui il nome di metodo CN sovente dato al metodo SCS), che è legato ad  $S$  dall'espressione:

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

L'espressione precedente fornisce  $S$  in mm.

Il tempo di ritardo (Lag Time) richiesto dal programma è posto pari al 60 % del tempo di corrivazione e rappresenta la distanza temporale tra il baricentro dello ietogramma e il picco dell'idrogramma risultante (18 minuti).

Di seguito si riportano gli idrogrammi di piena relativi ai tempi di ritorno di 20 e 50 anni per lo stato attuale e di progetto.

In Appendice A si riportano i risultati delle modellazioni sviluppate col software HEC-HMS.

Di seguito sono riportati i risultati significativi.

**Tabella 6.7: Risultati significativi modellazioni**

Portate al Picco [l/s]		
	Tr 20 anni	Tr 50 anni
Situazione attuale	347	444
Post-intervento	379	479
<b>Differenza</b>	<b>32</b>	<b>35</b>
Volumi di piena [m <sup>3</sup> ]		
	Tr 20 anni	Tr 50 anni
Situazione attuale	634.9	824.5
Post-intervento	701.9	898.9

Le portate generate dalla nuova sistemazione producono un incremento di portata pari a circa 35 l/s. Al fine di mantenere i valori di portata massima defluente dall'area a progetto non superiori a quelli attuali sarà necessario prevedere un idoneo sistema di laminazione delle portate.

## Appendice A

### Risultati modellazione HEC-HMS

Doc. No. P0024839-6-H1 Rev. 3 – Febbraio 2022



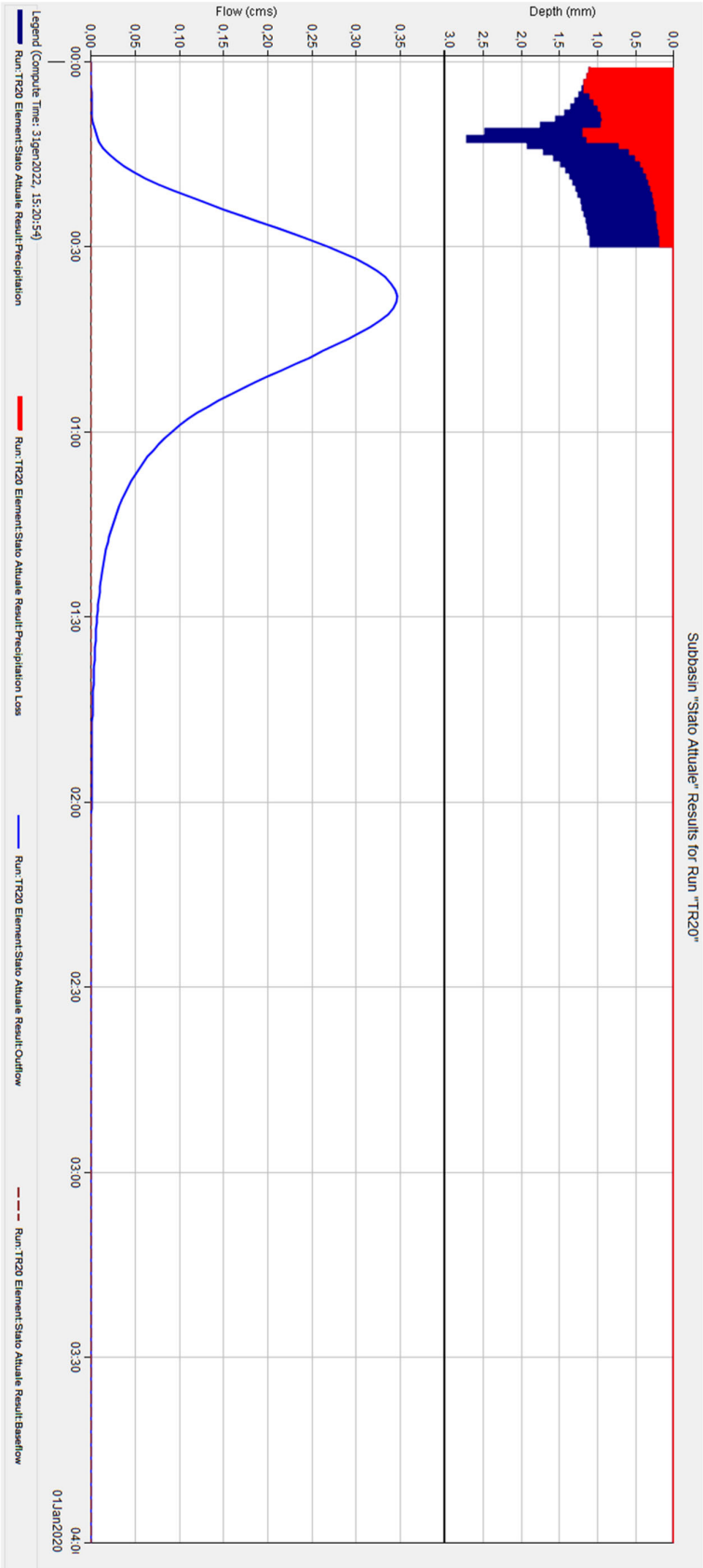
Stato Attuale – TR 20 anni

Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Total Flow (M3/S)	Total Volume (M3)
00:00				0	0	0
00:01	1.09	1.09	0	0	0	0
00:02	1.11	1.11	0	0	0	0
00:03	1.14	1.14	0	0	0	0
00:04	1.17	1.17	0	0	0	0
00:05	1.2	1.17	0.03	0	0	0
00:06	1.24	1.1	0.14	0	0	0
00:07	1.29	1.04	0.25	0	0	0
00:08	1.35	0.99	0.36	0	0	0
00:09	1.43	0.95	0.48	0.001	0.001	0.06
00:10	1.55	0.94	0.61	0.002	0.002	0.18
00:11	1.75	0.95	0.8	0.003	0.003	0.36
00:12	2.47	1.19	1.28	0.006	0.006	0.72
00:13	2.71	1.13	1.58	0.009	0.009	1.26
00:14	1.92	0.71	1.21	0.014	0.014	2.1
00:15	1.7	0.58	1.12	0.02	0.02	3.3
00:16	1.57	0.49	1.08	0.028	0.028	4.98
00:17	1.48	0.43	1.05	0.037	0.037	7.2
00:18	1.42	0.39	1.03	0.048	0.048	10.08
00:19	1.36	0.35	1.01	0.061	0.061	13.74
00:20	1.32	0.32	1	0.076	0.076	18.3
00:21	1.28	0.3	0.98	0.093	0.093	23.88
00:22	1.25	0.28	0.97	0.111	0.111	30.54
00:23	1.22	0.26	0.96	0.131	0.131	38.4
00:24	1.2	0.24	0.96	0.151	0.151	47.46
00:25	1.17	0.23	0.94	0.171	0.171	57.72
00:26	1.15	0.21	0.94	0.191	0.191	69.18
00:27	1.13	0.2	0.93	0.211	0.211	81.84
00:28	1.12	0.19	0.93	0.231	0.231	95.7
00:29	1.1	0.18	0.92	0.249	0.249	110.64
00:30	1.09	0.17	0.92	0.267	0.267	126.66
00:31	0	0	0	0.284	0.284	143.7
00:32	0	0	0	0.299	0.299	161.64
00:33	0	0	0	0.312	0.312	180.36
00:34	0	0	0	0.324	0.324	199.8
00:35	0	0	0	0.333	0.333	219.78
00:36	0	0	0	0.34	0.34	240.18



00:37	0	0	0	0.345	0.345	260.88
00:38	0	0	0	0.347	0.347	281.7
00:39	0	0	0	0.346	0.346	302.46
00:40	0	0	0	0.342	0.342	322.98
00:41	0	0	0	0.336	0.336	343.14
00:42	0	0	0	0.327	0.327	362.76
00:43	0	0	0	0.317	0.317	381.78
00:44	0	0	0	0.305	0.305	400.08
00:45	0	0	0	0.291	0.291	417.54
00:46	0	0	0	0.277	0.277	434.16
00:47	0	0	0	0.262	0.262	449.88
00:48	0	0	0	0.247	0.247	464.7
00:49	0	0	0	0.231	0.231	478.56
00:50	0	0	0	0.216	0.216	491.52
00:51	0	0	0	0.2	0.2	503.52
00:52	0	0	0	0.186	0.186	514.68
00:53	0	0	0	0.171	0.171	524.94
00:54	0	0	0	0.158	0.158	534.42
00:55	0	0	0	0.144	0.144	543.06
00:56	0	0	0	0.132	0.132	550.98
00:57	0	0	0	0.12	0.12	558.18
00:58	0	0	0	0.109	0.109	564.72
00:59	0	0	0	0.1	0.1	570.72
01:00	0	0	0	0.091	0.091	576.18
01:01	0	0	0	0.083	0.083	581.16
01:02	0	0	0	0.076	0.076	585.72
01:03	0	0	0	0.07	0.07	589.92
01:04	0	0	0	0.064	0.064	593.76
01:05	0	0	0	0.059	0.059	597.3
01:06	0	0	0	0.054	0.054	600.54
01:07	0	0	0	0.049	0.049	603.48
01:08	0	0	0	0.045	0.045	606.18
01:09	0	0	0	0.041	0.041	608.64
01:10	0	0	0	0.038	0.038	610.92
01:11	0	0	0	0.035	0.035	613.02
01:12	0	0	0	0.032	0.032	614.94
01:13	0	0	0	0.029	0.029	616.68
01:14	0	0	0	0.027	0.027	618.3
01:15	0	0	0	0.024	0.024	619.74
01:16	0	0	0	0.022	0.022	621.06

01:17	0	0	0	0.02	0.02	622.26
01:18	0	0	0	0.019	0.019	623.4
01:19	0	0	0	0.017	0.017	624.42
01:20	0	0	0	0.016	0.016	625.38
01:21	0	0	0	0.014	0.014	626.22
01:22	0	0	0	0.013	0.013	627
01:23	0	0	0	0.012	0.012	627.72
01:24	0	0	0	0.011	0.011	628.38
01:25	0	0	0	0.01	0.01	628.98
01:26	0	0	0	0.009	0.009	629.52
01:27	0	0	0	0.009	0.009	630.06
01:28	0	0	0	0.008	0.008	630.54
01:29	0	0	0	0.007	0.007	630.96
01:30	0	0	0	0.007	0.007	631.38
01:31	0	0	0	0.006	0.006	631.74
01:32	0	0	0	0.006	0.006	632.1
01:33	0	0	0	0.005	0.005	632.4
01:34	0	0	0	0.005	0.005	632.7
01:35	0	0	0	0.004	0.004	632.94
01:36	0	0	0	0.004	0.004	633.18
01:37	0	0	0	0.004	0.004	633.42
01:38	0	0	0	0.003	0.003	633.6
01:39	0	0	0	0.003	0.003	633.78
01:40	0	0	0	0.003	0.003	633.96
01:41	0	0	0	0.002	0.002	634.08
01:42	0	0	0	0.002	0.002	634.2
01:43	0	0	0	0.002	0.002	634.32
01:44	0	0	0	0.002	0.002	634.44
01:45	0	0	0	0.001	0.001	634.5
01:46	0	0	0	0.001	0.001	634.56
01:47	0	0	0	0.001	0.001	634.62
01:48	0	0	0	0.001	0.001	634.68
01:49	0	0	0	0.001	0.001	634.74
01:50	0	0	0	0.001	0.001	634.8
01:51	0	0	0	0.001	0.001	634.86
01:52	0	0	0	0	0	634.86



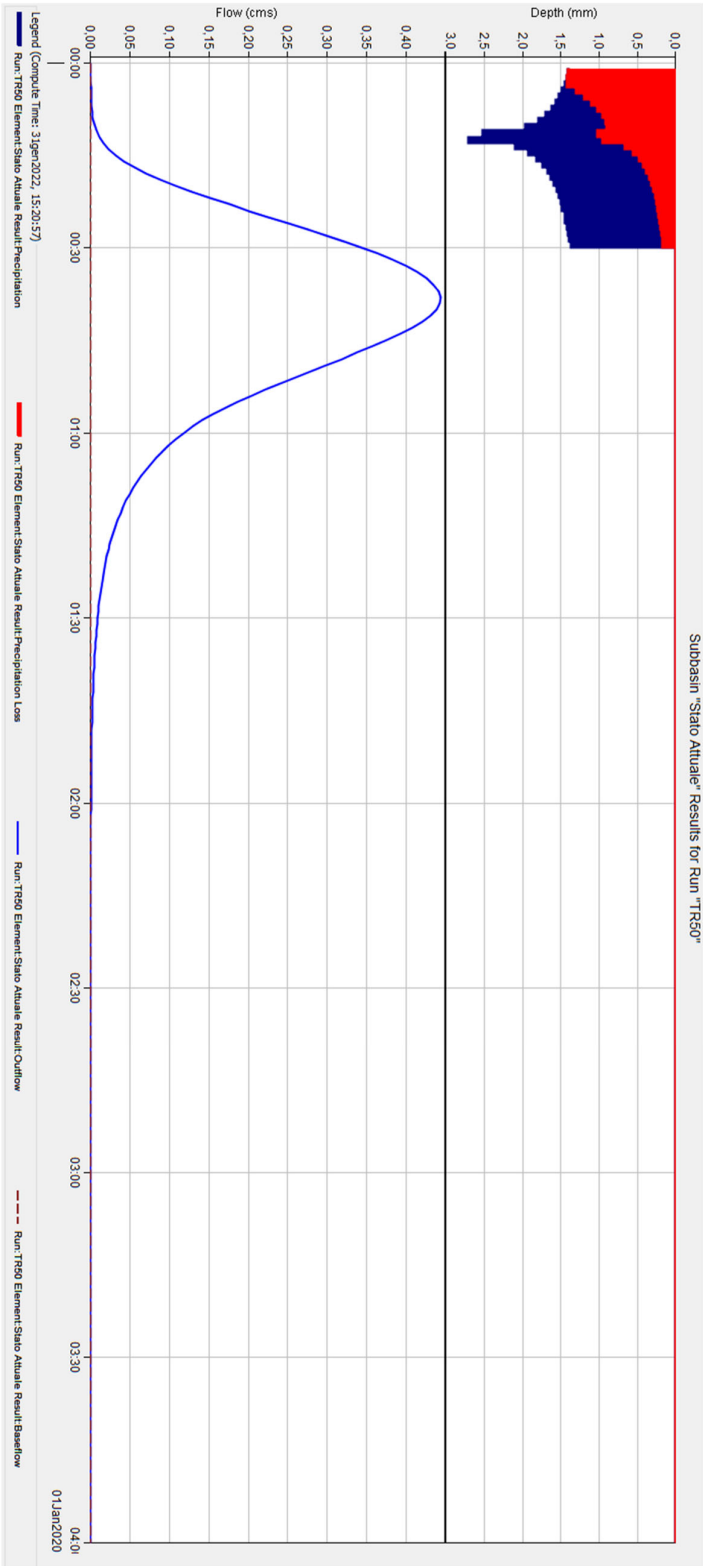
Stato Attuale – TR 50 anni

Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Total Flow (M3/S)	Total Volume (M3)
00:00				0	0	0
00:01	1.39	1.39	0	0	0	0
00:02	1.41	1.41	0	0	0	0
00:03	1.43	1.43	0	0	0	0
00:04	1.46	1.43	0.03	0	0	0
00:05	1.49	1.31	0.18	0	0	0
00:06	1.53	1.2	0.33	0	0	0
00:07	1.57	1.11	0.46	0.001	0.001	0.06
00:08	1.63	1.03	0.6	0.001	0.001	0.12
00:09	1.7	0.97	0.73	0.003	0.003	0.3
00:10	1.8	0.92	0.88	0.004	0.004	0.54
00:11	1.97	0.9	1.07	0.007	0.007	0.96
00:12	2.53	1.03	1.5	0.011	0.011	1.62
00:13	2.71	0.96	1.75	0.016	0.016	2.58
00:14	2.11	0.67	1.44	0.023	0.023	3.96
00:15	1.93	0.56	1.37	0.032	0.032	5.88
00:16	1.82	0.48	1.34	0.043	0.043	8.46
00:17	1.74	0.43	1.31	0.055	0.055	11.76
00:18	1.68	0.39	1.29	0.071	0.071	16.02
00:19	1.64	0.35	1.29	0.088	0.088	21.3
00:20	1.6	0.33	1.27	0.107	0.107	27.72
00:21	1.56	0.3	1.26	0.128	0.128	35.4
00:22	1.53	0.28	1.25	0.151	0.151	44.46
00:23	1.51	0.26	1.25	0.175	0.175	54.96
00:24	1.49	0.24	1.25	0.2	0.2	66.96
00:25	1.46	0.23	1.23	0.225	0.225	80.46
00:26	1.45	0.22	1.23	0.25	0.25	95.46
00:27	1.43	0.2	1.23	0.275	0.275	111.96
00:28	1.41	0.19	1.22	0.299	0.299	129.9
00:29	1.4	0.18	1.22	0.322	0.322	149.22
00:30	1.38	0.17	1.21	0.344	0.344	169.86
00:31	0	0	0	0.365	0.365	191.76
00:32	0	0	0	0.384	0.384	214.8
00:33	0	0	0	0.401	0.401	238.86
00:34	0	0	0	0.415	0.415	263.76
00:35	0	0	0	0.426	0.426	289.32
00:36	0	0	0	0.435	0.435	315.42

00:37	0	0	0	0.441	0.441	341.88
00:38	0	0	0	0.444	0.444	368.52
00:39	0	0	0	0.444	0.444	395.16
00:40	0	0	0	0.439	0.439	421.5
00:41	0	0	0	0.432	0.432	447.42
00:42	0	0	0	0.421	0.421	472.68
00:43	0	0	0	0.408	0.408	497.16
00:44	0	0	0	0.392	0.392	520.68
00:45	0	0	0	0.376	0.376	543.24
00:46	0	0	0	0.357	0.357	564.66
00:47	0	0	0	0.338	0.338	584.94
00:48	0	0	0	0.319	0.319	604.08
00:49	0	0	0	0.299	0.299	622.02
00:50	0	0	0	0.279	0.279	638.76
00:51	0	0	0	0.259	0.259	654.3
00:52	0	0	0	0.24	0.24	668.7
00:53	0	0	0	0.222	0.222	682.02
00:54	0	0	0	0.204	0.204	694.26
00:55	0	0	0	0.187	0.187	705.48
00:56	0	0	0	0.171	0.171	715.74
00:57	0	0	0	0.155	0.155	725.04
00:58	0	0	0	0.142	0.142	733.56
00:59	0	0	0	0.129	0.129	741.3
01:00	0	0	0	0.118	0.118	748.38
01:01	0	0	0	0.108	0.108	754.86
01:02	0	0	0	0.099	0.099	760.8
01:03	0	0	0	0.091	0.091	766.26
01:04	0	0	0	0.083	0.083	771.24
01:05	0	0	0	0.076	0.076	775.8
01:06	0	0	0	0.07	0.07	780
01:07	0	0	0	0.064	0.064	783.84
01:08	0	0	0	0.059	0.059	787.38
01:09	0	0	0	0.054	0.054	790.62
01:10	0	0	0	0.049	0.049	793.56
01:11	0	0	0	0.045	0.045	796.26
01:12	0	0	0	0.041	0.041	798.72
01:13	0	0	0	0.038	0.038	801
01:14	0	0	0	0.034	0.034	803.04
01:15	0	0	0	0.032	0.032	804.96
01:16	0	0	0	0.029	0.029	806.7



01:17	0	0	0	0.026	0.026	808.26
01:18	0	0	0	0.024	0.024	809.7
01:19	0	0	0	0.022	0.022	811.02
01:20	0	0	0	0.02	0.02	812.22
01:21	0	0	0	0.019	0.019	813.36
01:22	0	0	0	0.017	0.017	814.38
01:23	0	0	0	0.016	0.016	815.34
01:24	0	0	0	0.014	0.014	816.18
01:25	0	0	0	0.013	0.013	816.96
01:26	0	0	0	0.012	0.012	817.68
01:27	0	0	0	0.011	0.011	818.34
01:28	0	0	0	0.01	0.01	818.94
01:29	0	0	0	0.009	0.009	819.48
01:30	0	0	0	0.008	0.008	819.96
01:31	0	0	0	0.008	0.008	820.44
01:32	0	0	0	0.007	0.007	820.86
01:33	0	0	0	0.007	0.007	821.28
01:34	0	0	0	0.006	0.006	821.64
01:35	0	0	0	0.005	0.005	821.94
01:36	0	0	0	0.005	0.005	822.24
01:37	0	0	0	0.005	0.005	822.54
01:38	0	0	0	0.004	0.004	822.78
01:39	0	0	0	0.004	0.004	823.02
01:40	0	0	0	0.003	0.003	823.2
01:41	0	0	0	0.003	0.003	823.38
01:42	0	0	0	0.003	0.003	823.56
01:43	0	0	0	0.002	0.002	823.68
01:44	0	0	0	0.002	0.002	823.8
01:45	0	0	0	0.002	0.002	823.92
01:46	0	0	0	0.002	0.002	824.04
01:47	0	0	0	0.001	0.001	824.1
01:48	0	0	0	0.001	0.001	824.16
01:49	0	0	0	0.001	0.001	824.22
01:50	0	0	0	0.001	0.001	824.28
01:51	0	0	0	0.001	0.001	824.34
01:52	0	0	0	0.001	0.001	824.4
01:53	0	0	0	0.001	0.001	824.46
01:54	0	0	0	0	0	824.46



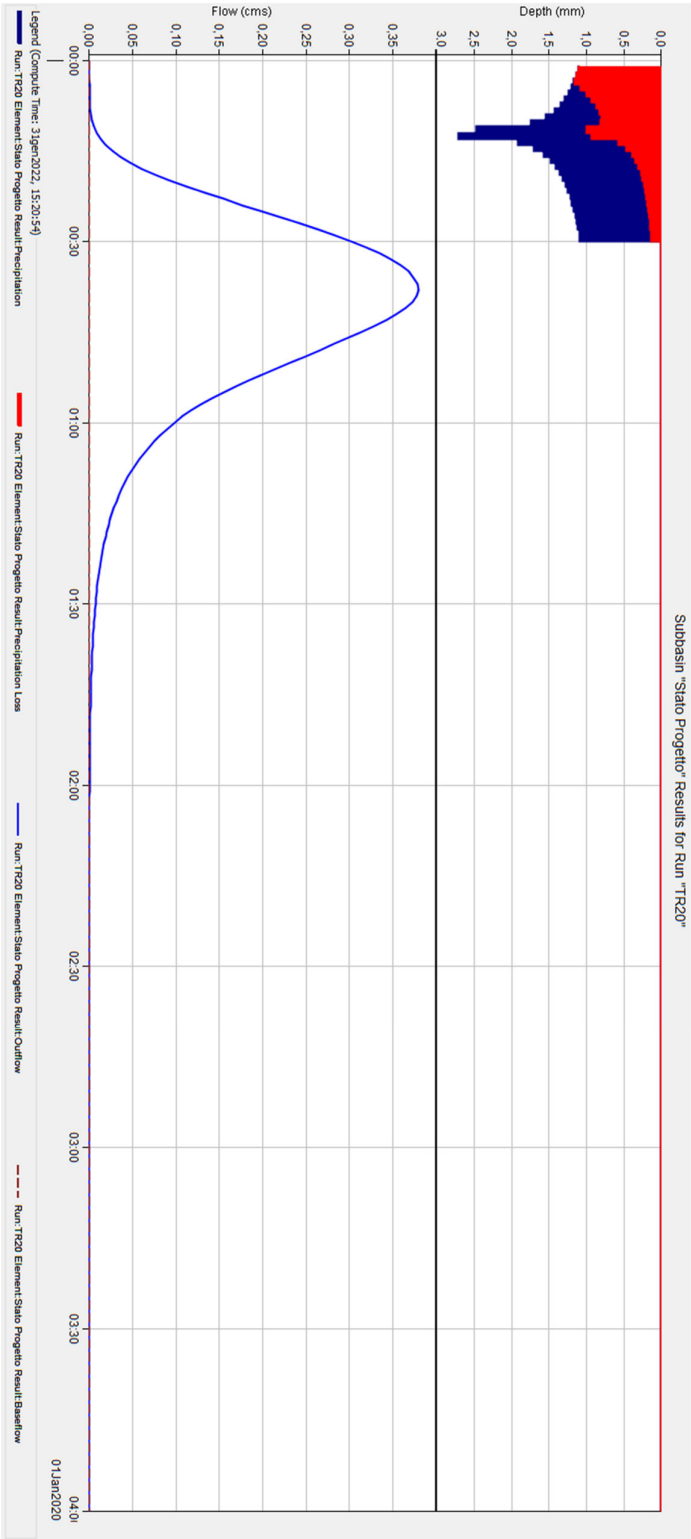
Stato di Progetto – TR 20 anni

Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Total Flow (M3/S)	Total Volume (M3)
00:00				0	0	0
00:01	1.09	1.09	0	0	0	0
00:02	1.11	1.11	0	0	0	0
00:03	1.14	1.14	0	0	0	0
00:04	1.17	1.16	0.01	0	0	0
00:05	1.2	1.08	0.12	0	0	0
00:06	1.24	1	0.24	0	0	0
00:07	1.29	0.93	0.36	0	0	0
00:08	1.35	0.87	0.48	0.001	0.001	0.06
00:09	1.43	0.83	0.6	0.002	0.002	0.18
00:10	1.55	0.81	0.74	0.003	0.003	0.36
00:11	1.75	0.81	0.94	0.005	0.005	0.66
00:12	2.47	1	1.47	0.008	0.008	1.14
00:13	2.71	0.93	1.78	0.013	0.013	1.92
00:14	1.92	0.58	1.34	0.019	0.019	3.06
00:15	1.7	0.47	1.23	0.026	0.026	4.62
00:16	1.57	0.4	1.17	0.036	0.036	6.78
00:17	1.48	0.35	1.13	0.047	0.047	9.6
00:18	1.42	0.31	1.11	0.061	0.061	13.26
00:19	1.36	0.28	1.08	0.076	0.076	17.82
00:20	1.32	0.25	1.07	0.093	0.093	23.4
00:21	1.28	0.23	1.05	0.113	0.113	30.18
00:22	1.25	0.22	1.03	0.133	0.133	38.16
00:23	1.22	0.2	1.02	0.155	0.155	47.46
00:24	1.2	0.19	1.01	0.177	0.177	58.08
00:25	1.17	0.18	0.99	0.2	0.2	70.08
00:26	1.15	0.16	0.99	0.222	0.222	83.4
00:27	1.13	0.16	0.97	0.243	0.243	97.98
00:28	1.12	0.15	0.97	0.264	0.264	113.82
00:29	1.1	0.14	0.96	0.284	0.284	130.86
00:30	1.09	0.13	0.96	0.302	0.302	148.98
00:31	0	0	0	0.32	0.32	168.18
00:32	0	0	0	0.335	0.335	188.28
00:33	0	0	0	0.348	0.348	209.16
00:34	0	0	0	0.359	0.359	230.7
00:35	0	0	0	0.368	0.368	252.78
00:36	0	0	0	0.374	0.374	275.22

00:37	0	0	0	0.378	0.378	297.9
00:38	0	0	0	0.379	0.379	320.64
00:39	0	0	0	0.378	0.378	343.32
00:40	0	0	0	0.373	0.373	365.7
00:41	0	0	0	0.365	0.365	387.6
00:42	0	0	0	0.355	0.355	408.9
00:43	0	0	0	0.343	0.343	429.48
00:44	0	0	0	0.329	0.329	449.22
00:45	0	0	0	0.314	0.314	468.06
00:46	0	0	0	0.299	0.299	486
00:47	0	0	0	0.282	0.282	502.92
00:48	0	0	0	0.266	0.266	518.88
00:49	0	0	0	0.249	0.249	533.82
00:50	0	0	0	0.232	0.232	547.74
00:51	0	0	0	0.216	0.216	560.7
00:52	0	0	0	0.2	0.2	572.7
00:53	0	0	0	0.184	0.184	583.74
00:54	0	0	0	0.169	0.169	593.88
00:55	0	0	0	0.155	0.155	603.18
00:56	0	0	0	0.142	0.142	611.7
00:57	0	0	0	0.129	0.129	619.44
00:58	0	0	0	0.118	0.118	626.52
00:59	0	0	0	0.107	0.107	632.94
01:00	0	0	0	0.098	0.098	638.82
01:01	0	0	0	0.09	0.09	644.22
01:02	0	0	0	0.082	0.082	649.14
01:03	0	0	0	0.075	0.075	653.64
01:04	0	0	0	0.069	0.069	657.78
01:05	0	0	0	0.063	0.063	661.56
01:06	0	0	0	0.058	0.058	665.04
01:07	0	0	0	0.053	0.053	668.22
01:08	0	0	0	0.049	0.049	671.16
01:09	0	0	0	0.045	0.045	673.86
01:10	0	0	0	0.041	0.041	676.32
01:11	0	0	0	0.037	0.037	678.54
01:12	0	0	0	0.034	0.034	680.58
01:13	0	0	0	0.031	0.031	682.44
01:14	0	0	0	0.029	0.029	684.18
01:15	0	0	0	0.026	0.026	685.74
01:16	0	0	0	0.024	0.024	687.18

01:17	0	0	0	0.022	0.022	688.5
01:18	0	0	0	0.02	0.02	689.7
01:19	0	0	0	0.018	0.018	690.78
01:20	0	0	0	0.017	0.017	691.8
01:21	0	0	0	0.015	0.015	692.7
01:22	0	0	0	0.014	0.014	693.54
01:23	0	0	0	0.013	0.013	694.32
01:24	0	0	0	0.012	0.012	695.04
01:25	0	0	0	0.011	0.011	695.7
01:26	0	0	0	0.01	0.01	696.3
01:27	0	0	0	0.009	0.009	696.84
01:28	0	0	0	0.008	0.008	697.32
01:29	0	0	0	0.008	0.008	697.8
01:30	0	0	0	0.007	0.007	698.22
01:31	0	0	0	0.006	0.006	698.58
01:32	0	0	0	0.006	0.006	698.94
01:33	0	0	0	0.005	0.005	699.24
01:34	0	0	0	0.005	0.005	699.54
01:35	0	0	0	0.005	0.005	699.84
01:36	0	0	0	0.004	0.004	700.08
01:37	0	0	0	0.004	0.004	700.32
01:38	0	0	0	0.003	0.003	700.5
01:39	0	0	0	0.003	0.003	700.68
01:40	0	0	0	0.003	0.003	700.86
01:41	0	0	0	0.002	0.002	700.98
01:42	0	0	0	0.002	0.002	701.1
01:43	0	0	0	0.002	0.002	701.22
01:44	0	0	0	0.002	0.002	701.34
01:45	0	0	0	0.002	0.002	701.46
01:46	0	0	0	0.001	0.001	701.52
01:47	0	0	0	0.001	0.001	701.58
01:48	0	0	0	0.001	0.001	701.64
01:49	0	0	0	0.001	0.001	701.7
01:50	0	0	0	0.001	0.001	701.76
01:51	0	0	0	0.001	0.001	701.82
01:52	0	0	0	0.001	0.001	701.88
01:53	0	0	0	0	0	701.88



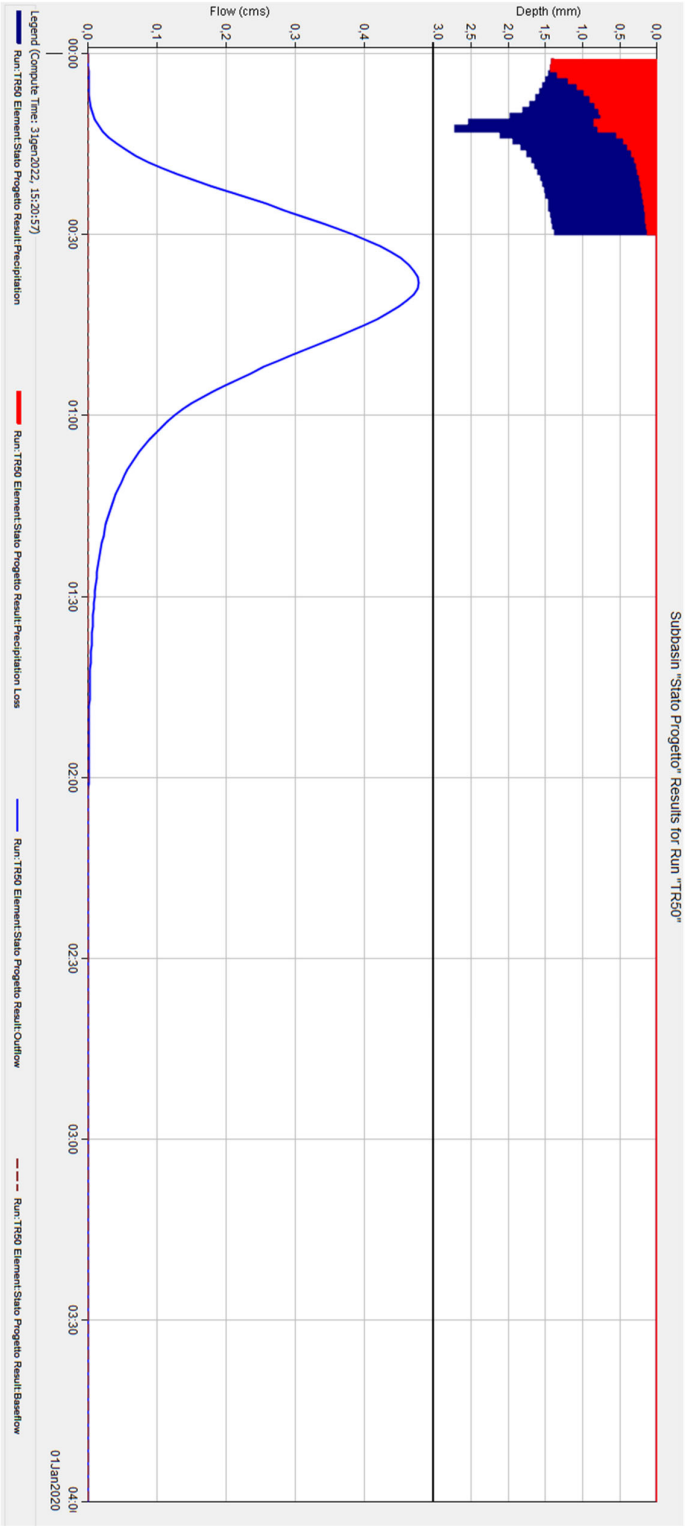


Stato di Progetto – TR 50 anni

Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Total Flow (M3/S)	Total Volume (M3)
00:00				0	0	0
00:01	1.39	1.39	0	0	0	0
00:02	1.41	1.41	0	0	0	0
00:03	1.43	1.43	0	0	0	0
00:04	1.46	1.33	0.13	0	0	0
00:05	1.49	1.19	0.3	0	0	0
00:06	1.53	1.07	0.46	0	0	0
00:07	1.57	0.97	0.6	0.001	0.001	0.06
00:08	1.63	0.89	0.74	0.002	0.002	0.18
00:09	1.7	0.83	0.87	0.004	0.004	0.42
00:10	1.8	0.78	1.02	0.006	0.006	0.78
00:11	1.97	0.75	1.22	0.01	0.01	1.38
00:12	2.53	0.85	1.68	0.015	0.015	2.28
00:13	2.71	0.78	1.93	0.021	0.021	3.54
00:14	2.11	0.54	1.57	0.03	0.03	5.34
00:15	1.93	0.45	1.48	0.041	0.041	7.8
00:16	1.82	0.39	1.43	0.054	0.054	11.04
00:17	1.74	0.34	1.4	0.069	0.069	15.18
00:18	1.68	0.3	1.38	0.087	0.087	20.4
00:19	1.64	0.28	1.36	0.106	0.106	26.76
00:20	1.6	0.25	1.35	0.128	0.128	34.44
00:21	1.56	0.23	1.33	0.152	0.152	43.56
00:22	1.53	0.22	1.31	0.178	0.178	54.24
00:23	1.51	0.2	1.31	0.204	0.204	66.48
00:24	1.49	0.19	1.3	0.231	0.231	80.34
00:25	1.46	0.17	1.29	0.258	0.258	95.82
00:26	1.45	0.17	1.28	0.285	0.285	112.92
00:27	1.43	0.16	1.27	0.311	0.311	131.58
00:28	1.41	0.15	1.26	0.336	0.336	151.74
00:29	1.4	0.14	1.26	0.36	0.36	173.34
00:30	1.38	0.13	1.25	0.383	0.383	196.32
00:31	0	0	0	0.404	0.404	220.56
00:32	0	0	0	0.423	0.423	245.94
00:33	0	0	0	0.44	0.44	272.34
00:34	0	0	0	0.453	0.453	299.52
00:35	0	0	0	0.464	0.464	327.36
00:36	0	0	0	0.472	0.472	355.68

00:37	0	0	0	0.477	0.477	384.3
00:38	0	0	0	0.479	0.479	413.04
00:39	0	0	0	0.477	0.477	441.66
00:40	0	0	0	0.472	0.472	469.98
00:41	0	0	0	0.463	0.463	497.76
00:42	0	0	0	0.45	0.45	524.76
00:43	0	0	0	0.436	0.436	550.92
00:44	0	0	0	0.419	0.419	576.06
00:45	0	0	0	0.4	0.4	600.06
00:46	0	0	0	0.381	0.381	622.92
00:47	0	0	0	0.36	0.36	644.52
00:48	0	0	0	0.339	0.339	664.86
00:49	0	0	0	0.318	0.318	683.94
00:50	0	0	0	0.296	0.296	701.7
00:51	0	0	0	0.275	0.275	718.2
00:52	0	0	0	0.255	0.255	733.5
00:53	0	0	0	0.235	0.235	747.6
00:54	0	0	0	0.216	0.216	760.56
00:55	0	0	0	0.198	0.198	772.44
00:56	0	0	0	0.181	0.181	783.3
00:57	0	0	0	0.165	0.165	793.2
00:58	0	0	0	0.15	0.15	802.2
00:59	0	0	0	0.137	0.137	810.42
01:00	0	0	0	0.125	0.125	817.92
01:01	0	0	0	0.115	0.115	824.82
01:02	0	0	0	0.105	0.105	831.12
01:03	0	0	0	0.096	0.096	836.88
01:04	0	0	0	0.088	0.088	842.16
01:05	0	0	0	0.081	0.081	847.02
01:06	0	0	0	0.074	0.074	851.46
01:07	0	0	0	0.068	0.068	855.54
01:08	0	0	0	0.062	0.062	859.26
01:09	0	0	0	0.057	0.057	862.68
01:10	0	0	0	0.052	0.052	865.8
01:11	0	0	0	0.048	0.048	868.68
01:12	0	0	0	0.044	0.044	871.32
01:13	0	0	0	0.04	0.04	873.72
01:14	0	0	0	0.037	0.037	875.94
01:15	0	0	0	0.033	0.033	877.92
01:16	0	0	0	0.031	0.031	879.78

01:17	0	0	0	0.028	0.028	881.46
01:18	0	0	0	0.026	0.026	883.02
01:19	0	0	0	0.024	0.024	884.46
01:20	0	0	0	0.022	0.022	885.78
01:21	0	0	0	0.02	0.02	886.98
01:22	0	0	0	0.018	0.018	888.06
01:23	0	0	0	0.017	0.017	889.08
01:24	0	0	0	0.015	0.015	889.98
01:25	0	0	0	0.014	0.014	890.82
01:26	0	0	0	0.013	0.013	891.6
01:27	0	0	0	0.012	0.012	892.32
01:28	0	0	0	0.011	0.011	892.98
01:29	0	0	0	0.01	0.01	893.58
01:30	0	0	0	0.009	0.009	894.12
01:31	0	0	0	0.008	0.008	894.6
01:32	0	0	0	0.008	0.008	895.08
01:33	0	0	0	0.007	0.007	895.5
01:34	0	0	0	0.006	0.006	895.86
01:35	0	0	0	0.006	0.006	896.22
01:36	0	0	0	0.005	0.005	896.52
01:37	0	0	0	0.005	0.005	896.82
01:38	0	0	0	0.004	0.004	897.06
01:39	0	0	0	0.004	0.004	897.3
01:40	0	0	0	0.004	0.004	897.54
01:41	0	0	0	0.003	0.003	897.72
01:42	0	0	0	0.003	0.003	897.9
01:43	0	0	0	0.003	0.003	898.08
01:44	0	0	0	0.002	0.002	898.2
01:45	0	0	0	0.002	0.002	898.32
01:46	0	0	0	0.002	0.002	898.44
01:47	0	0	0	0.002	0.002	898.56
01:48	0	0	0	0.001	0.001	898.62
01:49	0	0	0	0.001	0.001	898.68
01:50	0	0	0	0.001	0.001	898.74
01:51	0	0	0	0.001	0.001	898.8
01:52	0	0	0	0.001	0.001	898.86
01:53	0	0	0	0.001	0.001	898.92
01:54	0	0	0	0	0	898.92





**RINA Consulting S.p.A.** | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.  
Via Cecchi, 6 - 16129 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.