



Comune di Terralba

Provincia di Oristano



Stima dell'invarianza idraulica per "Progetto per la realizzazione di una lottizzazione convenzionata di un'area di proprietà dei Sign.ri Cannas e più, sita in Via Neapolis, individuata in zona C2.7 del PUC."
Comune di Terralba" - Provincia di Oristano

Variante piano attuativo - Comparto C2.7

Stima dell'invarianza idraulica ***(ex art.47 delle NTA del PAI)***

DATA:
Gennaio 2024

Aggiornamento:
Maggio 2026

SCALA:

Allegato I.A.1

Il tecnico incaricato

Dott. Ing. Fabrizio Staffa



N. 5453

**ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA DI CAGLIARI**

Dott. Ing. FABRIZIO STAFFA

Il Sindaco

Dott. Sandro Pili

Il responsabile del servizio

Geom. Romano Pitzus

*Stima dell'invarianza idraulica per
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA LOTTIZZAZIONE
CONVENZIONATA DI UN'AREA DI PROPRIETÀ DEI SIGN.RI CANNAS E
PIÙ, SITA IN VIA NEAPOLIS, INDIVIDUATA IN ZONA "C2.7" DEL PUC.
Comune di Terralba – Provincia di Oristano*

Allegato I.A.1

Stima dell'invarianza idraulica

Rev. Maggio 2026

Indice

1 Premessa.....	3
2 Inquadramento territoriale degli interventi in progetto.....	4
2.1 Inquadramento territoriale dell'area oggetto dello Studio di Assetto Idrogeologico.....	4
3 Descrizione del progetto	9
3.1 Urbanizzazioni da realizzare	9
3.2 Destinazione d'uso delle superfici	9
3.3 Distribuzione della volumetria	10
3.4 Descrizione intervento Stralcio	11
3.5 Caratteristiche tecniche generali.....	13
4 Pericolosità idraulica e vulnerabilità per le persone.	14
5 Stima dell'invarianza idraulica	17
5.1 Stato attuale o ante operam.....	17
5.2 Stato di progetto post operam.....	18
5.3 Stima dell'idrogramma di piena	20
5.3.1 Ietogramma di pioggia	20
5.3.2 Calcolo dell'idrogramma di piena, basi di calcolo	22
5.3.3 Confronto dell'idrogramma di piena ex ante e ex post.....	23
5.4 Risultati dello studio di invarianza	23
5.5 Opere di compensazione.....	26
5.5.1 Dimensionamento vasca di laminazione singola	26
5.5.2 Vasche di laminazione e sistemi di raccolta diffusi.....	29
5.5.3 Disciplina degli Interventi di Demolizione e Ricostruzione su Lotti Edificati ai fini dell'Invarianza Idraulica.	31

1 Premessa

Nell'ambito della realizzazione di uno stralcio della lottizzazione privata approvata con delibera C.C. n. 49 del 27.09.2005 , sita in Terralba, Via Neapolis - Via De Amicis - Via S 'Arrettori Matta, ricadente secondo la destinazione del vigente Piano Urbanistico Comunale in Zona "C" sottozona "C2" comparto "C2. 7", di proprietà dei signori Cannas Anna Franca, Cannas Giorgio, Martis Gesuino e più, su incarico del Comune di Terralba si è proceduto alla redazione del presente allegato, in cui si sviluppa la stima dell'invarianza idraulica ai sensi dell'art. 47 del Titolo V delle Norme di Attuazione del PAI, al fine di fornire delle indicazioni operative in merito alla concreta attuazione del principio dell'invarianza idraulica al fine di indirizzare e supportare la redazione degli strumenti attuativi del piano in studio, infatti l'art. 47 ai commi 2 e 3 stabilisce che:

"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."

"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."

Per invarianza idraulica, ai sensi dell'Art. 47 delle integrazioni del Titolo V del PAI contenente le " Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PRGA)" si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricato dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non siano maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

E' necessario quindi calcolare l'idrogramma di piena e il corrispondente volume di deflusso, per tempi di ritorno T, pari a 20 anni e 50 anni considerando due diverse configurazioni: stato attuale o ante operam e uno stato di progetto post operam.

Lo scopo dello studio è verificare se la risposta del bacino è stata modificata e in che misura dalla realizzazione delle opere di trasformazione del territorio.

Nei paragrafi seguenti viene brevemente descritta la procedura adottata e i risultati ottenuti.

2 Inquadramento territoriale degli interventi in progetto

2.1 Inquadramento territoriale dell'area oggetto dello Studio di Assetto Idrogeologico

La superficie totale interessata dallo stralcio funzionale è di **36.093,76 mq.**

Tale comparto ricade all'interno del foglio 20 del catasto terreni del comune di Terralba, interessando le particelle elencate nell'elaborato "Tav. 1-B- Piano Particellare".

Ubicazione dell'area

Il comparto oggetto di intervento si affaccia sulla Via Neapolis con un fronte di circa 210 metri, sulla via S'Arrettori Matta per la lunghezza di circa 128 metri comprendendo al suo interno parte della via De Amicis sino al limite della palestra comunale.

Lateralmente è delimitato da una parte da alcuni fabbricati (verso il centro dell'abitato), mentre dall'altra è confinante con terreni ricadenti all'interno della zona "E" del vigente strumento urbanistico.

La zona è situata alla periferia del centro urbano, in direzione della circonvallazione dell'abitato, Arborea.



Figure 2.1: Panoramica dell'area oggetto della lottizzazione in studio su Google Earth

Dal punto di vista cartografico la lottizzazione è inquadrata nel Foglio n. 538 Sezione I "Terralba" della Cartografia I.G.M. in scala 1:25.000 e nella Sezione 538 080 "Terralba" della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) della Sardegna in scala 1:10.000.

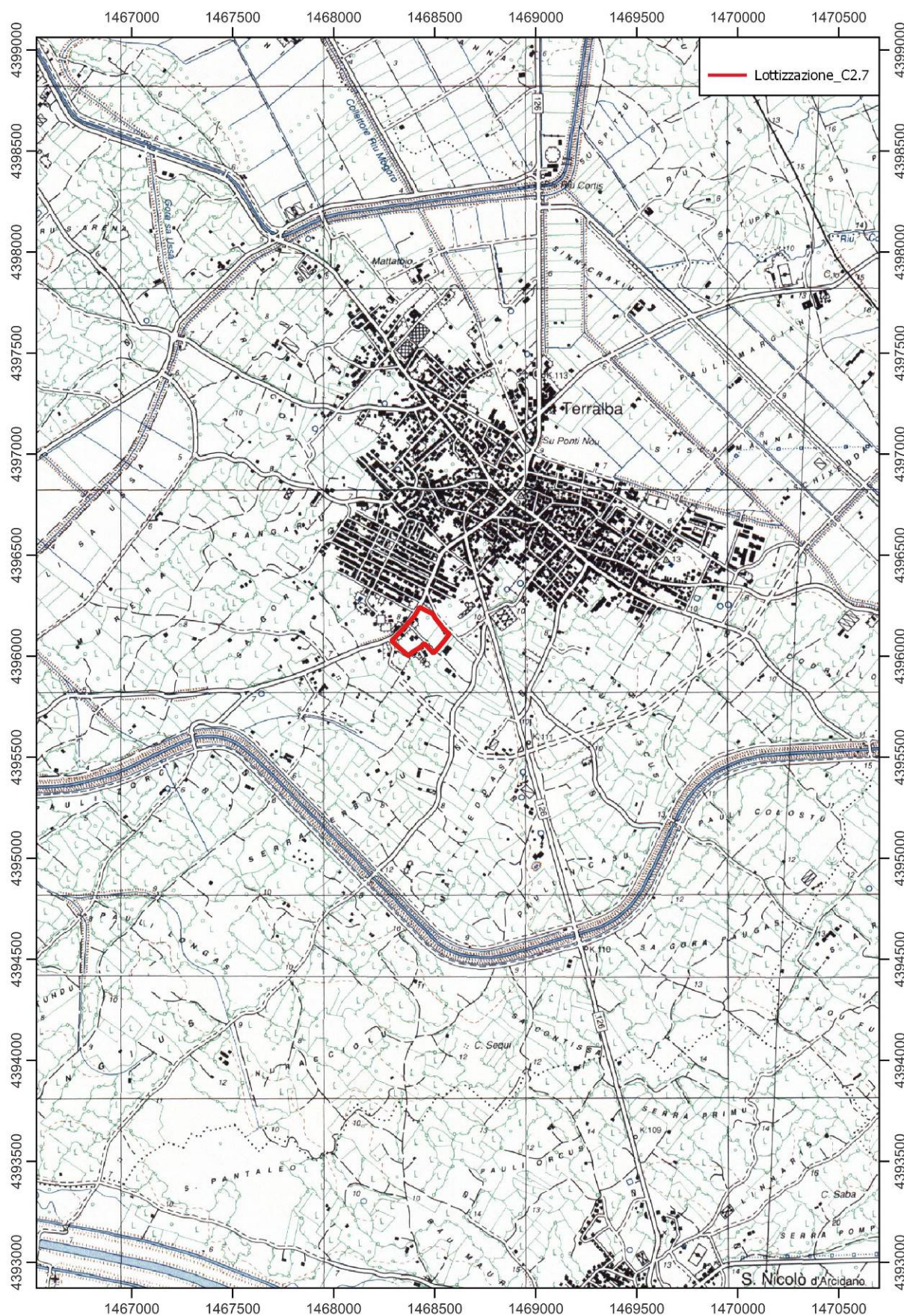


Figura 2.2: Inquadramento dell'area in studio su Stralcio del Foglio n. 538 Sezione I "Terralba", sulla cartografia IGM in scala 1:25.000.

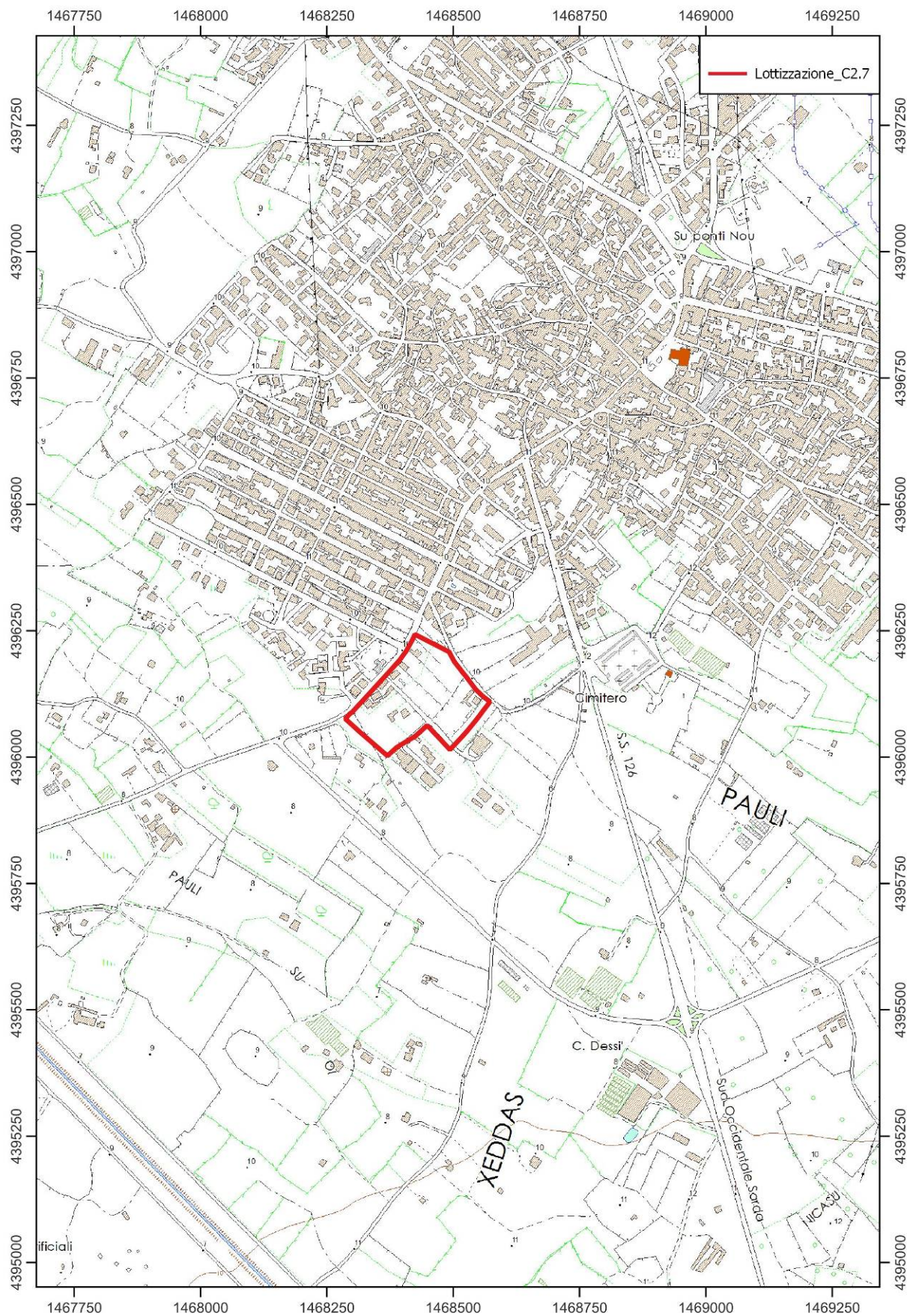


Figura 2.3: Inquadratura dell'area in studio su Stralcio della Sezione n. 538 080 "Terralba", del DGBT della Carta Tecnica Regionale della Sardegna in scala 1:10.000

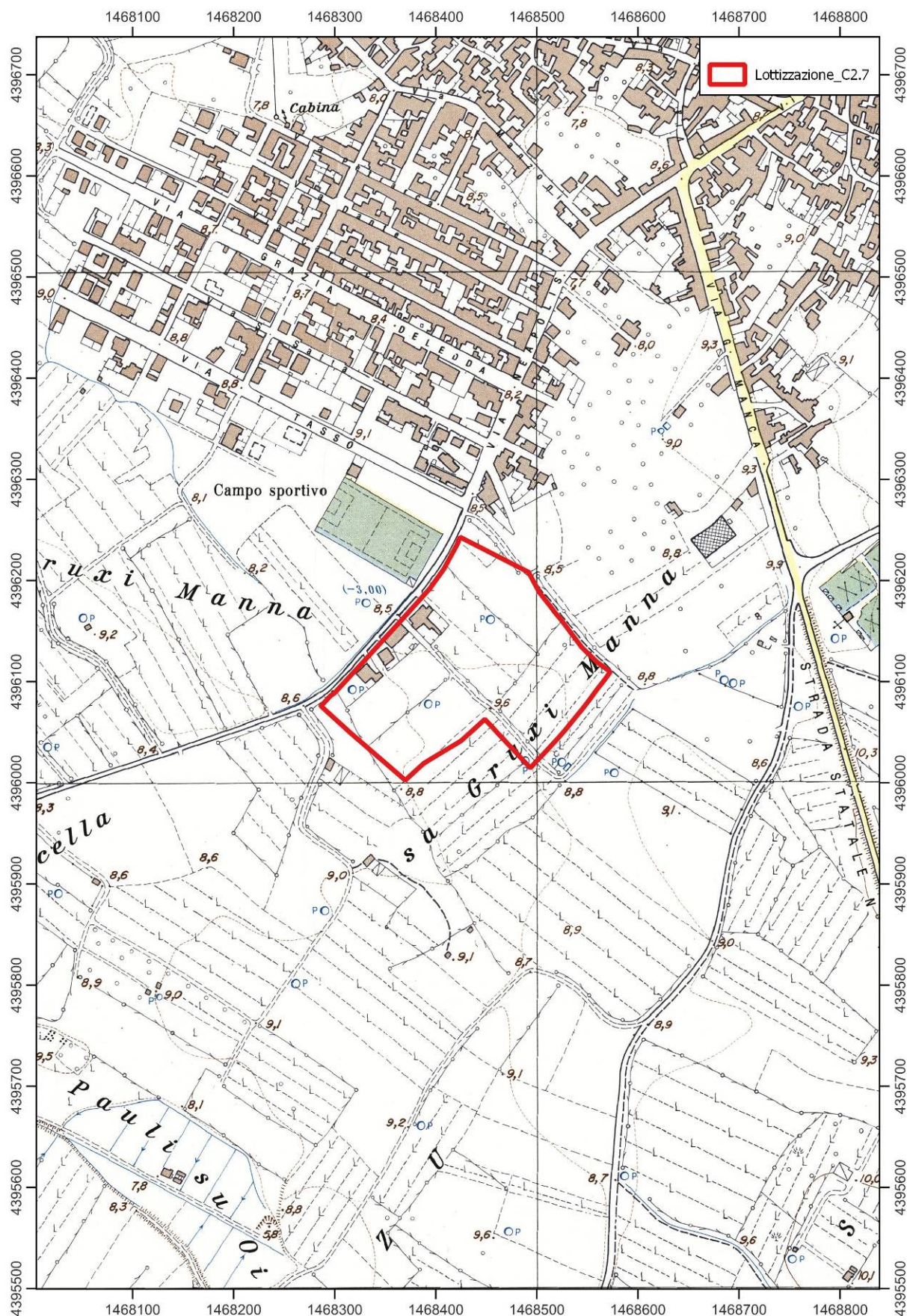


Figura 2.4: Inquadratura dell'area in studio su Stralcio della Sezione n. 538 081 "Terralba", del DGBT della Carta Tecnica Regionale della Sardegna in scala 1:5.000



Figura 2.5: Inquadramento dell'area in studio su ortofoto del 2019 Servizi WMS del geoportale della Regione Sardegna.

3 Descrizione del progetto

3.1 Urbanizzazioni da realizzare

Le opere di urbanizzazione previste riguardano tutte le opere necessarie al fine di rendere edificabili i singoli lotti del comparto.

Tali opere consistono nella realizzazione della condotta delle acque bianche per la raccolta delle acque meteoriche, nella realizzazione della condotta delle acque nere per i reflui domestici, nella realizzazione dell'impianto idrico per il servizio dei lotti, nella realizzazione della viabilità interna al comparto e nella realizzazione dell'illuminazione pubblica dello stesso. Inoltre sarà prevista la predisposizione dei cavidotti per la realizzazione delle linee elettrica di bassa tensione e per la telefonia, e la realizzazione della rete di distribuzione del gas.

3.2 Destinazione d'uso delle superfici

Secondo quanto previsto dal vigente P.U.C. del Comune di Terralba e delle linee generali da esso fissate, nel rispetto inoltre degli articoli 6 e 7 del Decreto dell'Assessore degli Enti Locali, Finanze e Urbanistica n.2266 U del 20.12.1983, si è adottata una soluzione urbanistica generale per la suddivisione degli spazi e la loro destinazione come segue:

- Superficie totale intervento	mq	36.093,55
- Volumetria massima realizzabile in base all'indice territoriale (36.093,73 x 1,20 mc/mq)	mc	43.312,51
- Abitanti insediabili (43.312,51 I 100 mc/ab)		434
- Area da destinarsi a standard urbanistici (18 mq/ab)	mq	7.812,00

In progetto, secondo quanto esposto sopra, si sono destinati i seguenti spazi:

- Aree a Standard urbanistici da realizzarsi	mq	8.855,06
• Aree per parcheggi	mq	854,44
• Aree da destinare a SI - S2- S3	mq	8.000,62
• Aree per standard monetizzate con regolare condono edilizio	mq	799,20
- Aree per la viabilità	mq	6.136,46
- Aree compromesse	mq	5.818,74
- Area a lotti da realizzarsi	mq	15.620,35

3.3 Distribuzione della volumetria

All'interno del piano oggetto di intervento, come sopra descritto, sono presenti delle aree compromesse in quanto già edificate.

Al fine della realizzazione del piano sono state determinate le volumetrie esistenti e si è verificato se tali volumetrie fossero superiori a quelle determinate sulla base dell'indice calcolato. In questo modo si è determinato quali fabbricati eccedevano le volumetrie calcolate, detraendole dal conto complessivo per la determinazione dell'indice definitivo.

La volumetria massima realizzabile, come già esposto precedentemente, è di 43.312,51 mc. Tale volumetria, secondo quanto disposto dalle normative vigenti, è stata così distribuita:

Il 70% pari a 30.318,76 mc, destinati per le residenze.

Il 20% pari a 8.662,50 mc destinati per servizi strettamente connessi alle residenze.

Il 10% pari a 4.331,25 mc destinati per servizi pubblici.

Nella lottizzazione in oggetto tuttavia non è stata individuata alcuna zona specifica da destinarsi a servizi connessi alle residenze, pertanto si è provveduto alla ripartizione di tale volumetria nei lotti destinati alle residenze.

3.4 Descrizione intervento Stralcio

Il presente stralcio prevede l'attuazione di una parte del comparto C2.7 in quanto non tutti i proprietari vogliono attuare in questa fase lo stesso. La superficie interessata dall'intervento pertanto risulta essere di mq 24.269,28.

Al fine di garantire la cessione degli standard si rende pertanto necessario provvedere alla cessione di aree da destinare a lotti per una superficie complessiva di mq 2.559,98 (come calcolato dalla tabella di seguito riportata), da concordare con l'Amministrazione prima della stipula della convenzione.

		Descrizione	Superficie	Note
Comparto C2.7	A	Superficie complessiva comparto	mq 36.093,55	
		Superficie standard S1-S2-S3	mq 7.513,48	
		Superfici parcheggi S4	mq 1.287,20	
	B	Totale Superfici S	mq 8.800,68	
	c	Cessione a standard	24,383%	B/A
Aree da stralciare	D	Superficie da stralciare	mq 11.824,27	
		Superficie a standard ricadente S4	432,76	
		Superficie a standard ricadente S1 - S2 - S3	5.010,33	
	E	Superfici a Standard non cedute	5.443,09	
Verifiche	F	Superficie aderenti	mq 24.269,28	A-D
	G	Superficie a standard aderenti	3.357,59	B-E
	H	Superficie a standard da cedere	5.917,57	FxC
		Differenza cessioni	-2.559,98	H-G

Complessivamente la superficie dei lotti, come risulta dallo schema sopra esposto, è di 15.648,50 mq, distribuita in 38 lotti, ciascuno dei quali con una relativa superficie copribile calcolata, nel rispetto delle norme d'attuazione del vigente strumento urbanistico del Comune di Terralba, pari al massimo al 40 % della superficie del lotto, ma sempre determinato in base alle reali dimensioni del lotto al fine di garantire anche il rispetto delle distanze minime tra i fabbricati, dai confini e dalle strade, come stabilito dal D.P.G.R. n.9743/271 del 01.08.1977, dal Decreto Interministeriale n. 1404 del 01.04.1968, dal D.A. n.2266 U del 20.12.1983 e dal D.L. n.285 del 30.04.1992 e successive modifiche e integrazioni.

Oltre ai lotti previsti per l'edificazione, è stata individuata un'area della superficie di mq 100.05 (denominata con il n. 39) che deve essere accorpata al mappale 427. Tale area è una striscia di terreno larga circa tre metri per consentire l'accesso alla parte posteriore del fabbricato realizzato sullo stesso mappale (cosa che altrimenti non sarebbe possibile), sulla quale è possibile la sola realizzazione di un passaggio coperto, rigorosamente aperto sui due lati al fine di garantire l'edificazione sul confine del lotto distinto con il n. 6 e nel rispetto di quanto previsto dall'art. 8 delle norme di attuazione del vigente P.U.C..

Nella realizzazione del presente piano di lottizzazione, sono state individuate tre diverse tipologie edilizie.

Nella tabella di seguito riportata si riassume i dati significativi per ciascun lotto e precisamente:

Lotto n.	Superficie Lotto	Superficie edificabile*	Tipologia edilizia
1	425.58	170.23	Casa binata
2	432.13	172.85	Casa binata
3	392.29	156.92	Casa binata
4	392.46	156.98	Casa binata
5	570.92	228.37	Casa binata
6	691.76	276.70	Casa binata
7	410.97	164.39	Casa binata
8	324.44	129.78	Casa binata
9	344.19	137.68	Casa binata
10	419.18	167.67	Casa binata
11	445.59	178.24	Casa binata
12	440.00	176.00	Casa isolata
13	320.74	128.30	Casa binata
14	373.66	149.46	Casa binata
15	389.18	155.67	Casa binata
16	454.38	181.75	Casa binata
17	310.62	124.25	Casa a schiera
18	482.67	193.07	Casa binata
19	487.60	195.04	Casa binata
20	487.60	195.04	Casa binata
21	489.41	195.76	Casa binata
22	424.67	169.87	Casa binata
23	418.51	167.40	Casa binata
24	413.53	165.41	Casa binata
25	314.18	125.67	Casa binata
26	513.35	205.34	Casa isolata
27	307.04	122.82	Casa binata
28	480.74	192.30	Casa binata
29	410.84	164.34	Casa a schiera
30	336.30	134.52	Casa a schiera
31	332.99	133.20	Casa a schiera
32	329.69	131.88	Casa a schiera
33	364.89	145.96	Casa a schiera
34	433.71	173.48	Casa binata
35	339.02	135.61	Casa a schiera
36	345.29	138.12	Casa a schiera
37	338.64	135.46	Casa a schiera
38	331.54	132.62	Casa a schiera
39	100.05	40.02	Passaggio coperto

Per quanto concerne le aree compromesse, si è prevista la realizzazione di nuove volumetrie ove la superficie del lotto a disposizione lo consentisse, in alcuni casi mantenendo inalterata la superficie coperta esistente, in altri ampliando la stessa in quanto sussistono le condizioni, così come previsto dalle norme di attuazione. Nella tabella di seguito riportata si riassume i dati significativi per ciascun lotto e precisamente:

LOTTO	SUPERFICIE LOTTO	SUPERFICIE EDIFICATA	SUPERFICIE EDIFICABILE	VOLUME EDIFICATO	VOLUME EDIFICABILE
A	345.00	198.10	138.00	1174.00	1174.00
B	518.19	138.46	207.28	803.18	927.37
C	518.19	139.20	207.28	807.36	927.37
D	208.03	134.71	83.21	363.72	372.30
E	369.77	133.09	147.91	372.65	661.76
F	145.00	85.00	58.00	442.00	442.00
G	372.02	164.24	148.81	487.00	665.78
H	216.00	103.03	86.40	381.00	386.56
I	1060.94	223.09	424.38	669.27	1898.70
L	668.76	198.46	267.50	663.00	1196.84
M	1396.84	380.33	558.74	2080.80	2499.84

3.5 Caratteristiche tecniche generali

Lo studio planimetrico e distributivo delle superfici del presente piano di lottizzazione è stato fatto tenendo conto della conformazione del comparto, delle richieste della committenza e di quanto previsto dalle normative vigenti.

Le zone da destinare per i servizi sono state individuate nel rispetto di quanto previsto dal piano di lottizzazione complessivo e da quanto previsto dalla proposta di attuazione dei comparti, approvata dalla commissione edilizia in data 22/04/2004 verbale n. 4.

Per quanto concerne la superficie da destinarsi alla zona "S4 - Aree per parcheggi" prevista dalle normative, sono state individuate, in modo tale da consentirne lo sfruttamento da parte di tutti i lotti presenti.

La viabilità interna alla lottizzazione ricalca quanto previsto dal vigente P.U.C. con l'individuazione di ulteriori tratti necessari per servire la totalità dei lotti.

Le strade non previste dal vigente P.U.C. sono stata ipotizzata con una larghezza di m 9,00 complessivi, di cui m 6,00 da destinarsi alle carreggiate e m 3,00 da destinarsi ai marciapiedi (m 1,50 per parte).

La strada a servizio dei lotti n. 12 - 13 - 14 - 15 - 16, invece, è stata ipotizzata con una carreggiata di m 6,00 per i primi 40 m senza marciapiedi sui lati e una larghezza complessiva di m 9.00 con due marciapiedi laterali della larghezza di m 1,50 ciascuno nella parte successiva.

La carreggiata sarà realizzata mediante la sistemazione di un sottofondo di misto di cava (Tout-venant) ben costipato e compattato, la stesura di uno strato di base (binder) e la finitura con la realizzazione del tappeto d'usura. Lateralmente saranno realizzate delle cunette in cls della larghezza di cm 50, al fine di consentire un miglio deflusso delle acque meteoriche.

L'accesso alla lottizzazione è consentito dalla Via Neapolis, dalla Via S'Arrettori Matta dalla via Ariosto e, posteriormente, dalla strada prevista nel P.U.C., pertanto sarà necessari la demolizione di una porzione di marciapiede esistente al fine di consentire il collegamento della viabilità interna al comparto con la viabilità esistente.

Analizzando la conformazione altimetrica del terreno, si è osservato che la stessa è tale da consentire la realizzazione delle reti di scarico delle acque reflue (bianche e nere) sfruttando la naturale pendenza del terreno. Il collegamento delle stesse alla rete urbana esistente è stato individuato nella Via Neapolis e nella Via S' Arrettori Matta mediante dei pozzetti di incrocio da realizzarsi in opera.

La condotta delle acque bianche sarà realizzata in tubi di cls vibrocompresso del diametro di mm 400, intervallata ogni 20 metri circa da un pozzetto di ispezione delle dimensioni interne di cm 120 x 120, al fine

di consentire la manutenzione della condotta.

Lateralmente alla strada saranno realizzate delle caditoie per la raccolta delle acque meteoriche, posizionate a circa 20 metri l'una dall'altra e collegate direttamente al pozzetto di ispezione mediante fognoli in PVC del tipo pesante del diametro di mm 200.

La condotta delle acque nere per lo scarico dei reflui domestici sarà realizzata in tubi di grés ceramico del diametro di mm 300, intervallata ogni 20 metri circa da un pozzetto di ispezione delle dimensioni interne di cm 120 x 120, al fine di consentirne eventuali manutenzioni.

Gli allacci ai privati saranno realizzati mediante pozzetti sifonati da posizionare a bordo lotto, collegati direttamente al pozzetto d'ispezione con una tubazione in PVC del tipo pesante del diametro di mm 150.

La rete idrica sarà realizzata con tubazione in polietilene ad alta densità resistente a pressioni nominali di 16 atm, collegata alla rete idrica esistente.

La rete di illuminazione pubblica sarà realizzata con lampioni in acciaio zincato verniciato e lampade adeguatamente dimensionate al fine di garantire una corretta illuminazione di tutto il comparto. È stata prevista la realizzazione di due linee di alimentazione al fine di garantire l'illuminazione del comparto in modalità tutta notte e mezza notte.

La predisposizione dei cavidotti per la realizzazione delle linee elettriche di bassa tensione e per la telefonia, sarà eseguita in comune accordo rispettivamente con l'ENEL e la TELECOM, al fine di garantirne la corretta ubicazione e l'adeguato dimensionamento degli stessi.

È stata prevista inoltre la predisposizione della rete di distribuzione del gas da realizzarsi conformemente a quanto previsto dalle leggi vigenti.

4 Pericolosità idraulica e vulnerabilità per le persone.

Come illustrato nella Figura 4.1 l'area interessata dalla lottizzazione in studio ricade interamente nelle aree Hi^* (V_p vulnerabilità per le persone minore di 0,75) così come individuate nell'ambito della Variante puntuale al PAI, ai sensi degli artt. 8 e 37 delle Norme di Attuazione – Deliberazione Consiglio Comunale n. 39 del 11.08.2021, così come approvata con determinazione n. 262 del 02/12/2021 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino regionale, mentre come si evince dalla Figura 4.2, l'intera area della lottizzazione ricade in aree a pericolosità idraulica molto elevata Hi_4 , e quindi per l'intera lottizzazione si applicherà la nuova disciplina per le Hi^* di cui alla variante al PUC approvata con DCC n. 64 del 22/12/2022.

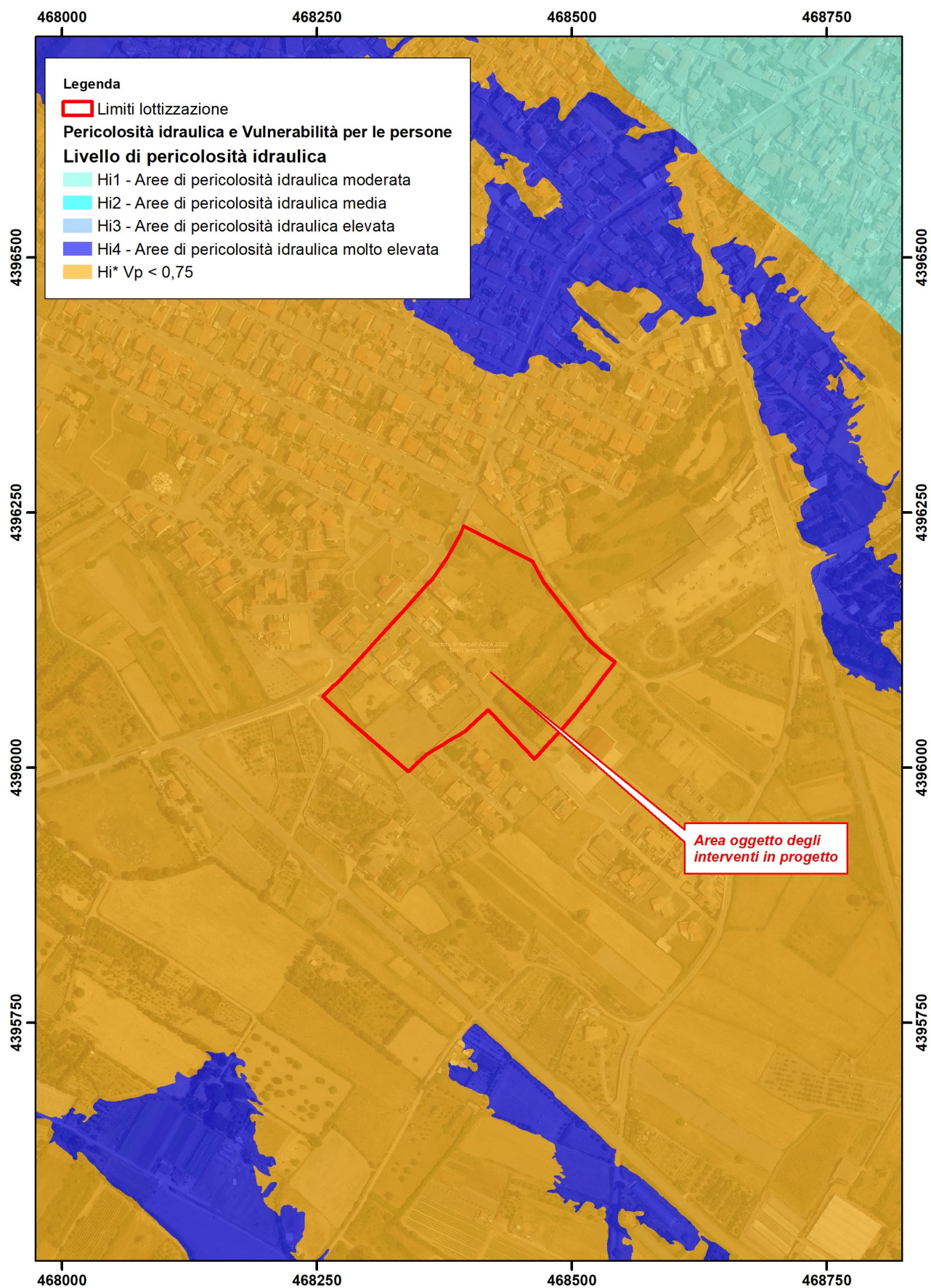


Figura 4.1: Area oggetto della lottizzazione in studio rispetto alle Hi*

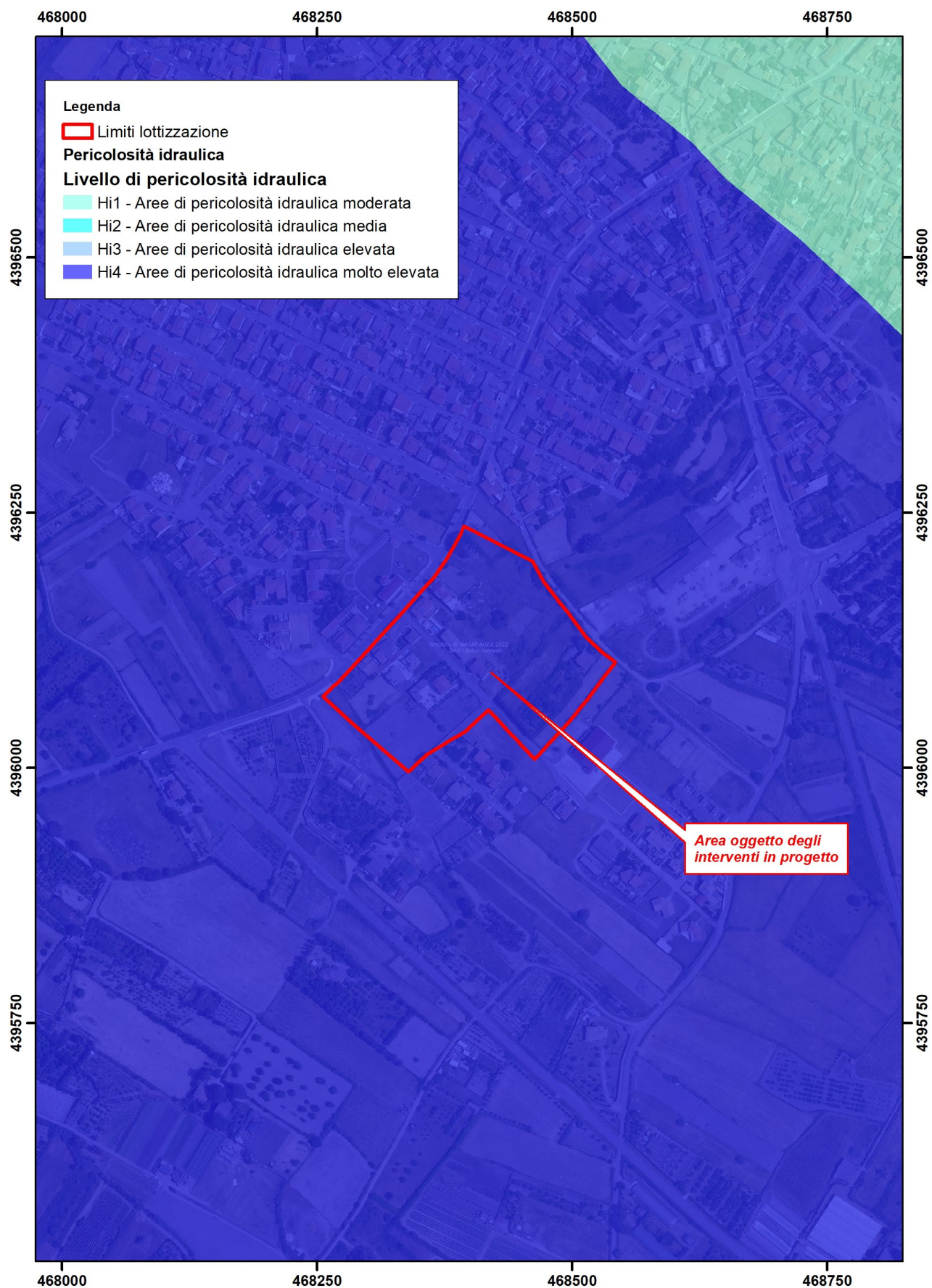


Figura 4.2: Area oggetto della lottizzazione in studio rispetto alle aree a pericolosità idraulica

5 Stima dell'invarianza idraulica

5.1 Stato attuale o ante operam

La superficie della lottizzazione totale è di circa 36093.76 mq, quindi ricade nella **classe c** con Livello di impermeabilizzazione potenziale "**significativa**", così come definita dalle "Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica"¹.

Si è deciso di ricostruire la mappa del Curve Number (CN) dello stato attuale attraverso l'ortofoto del 2019, ed è stato stimato un CN-II medio dell'area interessata dalla lottizzazione in studio pari a **69.83** che è poi stato convertito in CN-III (AMC III) pari a **84.19** secondo le procedure indicate dal SCS.

Descrizione	Tipo di suolo	Superficie [mq]	CN II	CN III
Aree non trasformate valori da corine land cover				
INSEDIAMENTI INDUSTRIALI, ARTIGIANALI E COMMERCIALI E SPAZI ANNESSI	A	894.90	89.00	94.90
SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	A	5507.70	64.00	80.35
TESSUTO RESIDENZIALE RADO	A	7361.97	61.00	78.25
TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME	A	3422.42	61.00	78.25
SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	A	9499.35	63.00	79.66
Aree già trasformate ex ante				
Edifici e coperture	A	3034.79	93.00	96.83
strade e piazzali	A	2802.57	93.00	96.83
sterrato	A	3570.06	81.00	90.75
Totale lottizzazione		36093.55	69.83	84.19

Tabella 5-1: Uso del Suolo e CN per il comparto oggetto del presente studio

Le definizioni delle categorie "*INSEDIAMENTI INDUSTRIALI, ARTIGIANALI E COMMERCIALI E SPAZI ANNESSI*", "*SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI*", "*TESSUTO RESIDENZIALE RADO*", "*TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME*", "*TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME*" derivano dalla mappa dell'uso del suolo della Regione Sardegna (Corine Land Cover RAS - 2008), utilizzata per la determinazione del CURVE NUMBER, per la situazione EX ANTE per le aree non oggetto di trasformazione, così come indicato nelle succitate "Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica" e in particolare nell'Allegato 3 "Esempi di Calcolo idraulico - Classe di intervento c".

Attualmente nell'area oggetto di intervento sono racchiuse delle aree compromesse (per una superficie di mq 5.818,74 complessivi) su cui si trovano dei fabbricati in parte regolarmente edificati, e in parte condonati in periodi diversi. Una porzione dell'area di intervento è occupata dalla via De Amicis mentre per la restante parte risulta incolta, con la sola delimitazione dei confini mediante recinzioni a giorno o siepi.

¹ Allegato alla deliberazione n. 2 del 23/11/2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale.

5.2 Stato di progetto post operam

In funzione degli interventi previsti nel piano è stato assegnato un differente valore di Curve Number in funzione della copertura prevista tra quelli indicati nell'Allegato 1 delle "Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica" o reperiti in letteratura.

Parametro urbanistico	SUPERFICIE [mq]	CN II	CN III
Edifici in progetto	3,551.70	93.00	96.83
<i>Edifici in progetto da stralciare</i>	2,222.23	93.00	96.83
Edifici compromessi	1,897.71	93.00	96.83
Edifici già costruiti	1,137.08	93.00	96.83
Viabilità	4,028.99	93.00	96.83
<i>Viabilità da stralciare</i>	166.22	93.00	96.83
Parcheggi e marciapiedi (masselli autobloccanti)	2,213.04	82.00	91.29
<i>Parcheggi e marciapiedi (masselli autobloccanti) da stralciare</i>	825.75	82.00	91.29
Verde	7,494.08	64.00	80.35
Cortili	7,295.25	64.00	80.35
Cortili compromessi	3,921.03	80.00	90.20
<i>Cortili da stralciare</i>	1,340.68	64.00	80.35
TOT LOTTO	36,093.55	77.70	88.91

Tabella 5-2: Valori CN post operam per la lottizzazione oggetto del presente studio

È stato stimato un CN-II medio dell'area interessata dalla lottizzazione in studio per lo stato di progetto pari a **77.70**, che convertito in CN-III (AMC III) è pari a **88.91**.



Figura 5.1: Stato di progetto (stralcio della Tavola n.5)

5.3 Stima dell'idrogramma di piena

5.3.1 Ietogramma di pioggia

Per la valutazione dell'idrogramma di piena è stato considerato uno ietogramma Chicago avente una durata di 30 minuti con picco in posizione $r=0.4$.

Nella tabella che segue sono riportati i risultati ottenuti rispettivamente per i tempi di ritorno dei 20 e dei 50 anni. La doppia analisi è utile se non indispensabile infatti le opere di dreno e collettamento delle acque meteoriche devono essere dimensionate per eventi meteorici con tempi di ritorno di 10 o 20 anni, mentre le direttive per l'applicazione dell'invarianza idraulica impongono, per la verifica ed il dimensionamento delle opere di compensazione (eg. vasche di laminazione), che le analisi siano condotte per eventi meteorici con tempi di ritorno di 50 anni. Si fa presente che l'altezza di pioggia in funzione della durata della pioggia e del tempo di ritorno è stata calcolata in base alle Curve di possibilità pluviometrica regionalizzate per la Regione Sardegna (Deidda et al.2000) per tempi di ritorno pari a 20 e 50 anni.

	T=20	T=50
a	36.2049	44.4452
n	0.3515	0.4033
μg	45.00	45.00
SZO	1.00	1.00
Durata ietogramma(minuti)	30.00	30.00
ARF	0.984430	0.984430
Superficie totale (mq)	36093.55	36093.55

Tabella 5-3: dati usati per l'intero comparto oggetto degli interventi in progetto

Le altezze di pioggia sono i dati di input del software HEC HMS per la determinazione degli idrogrammi di progetto, del bacino complessivo.

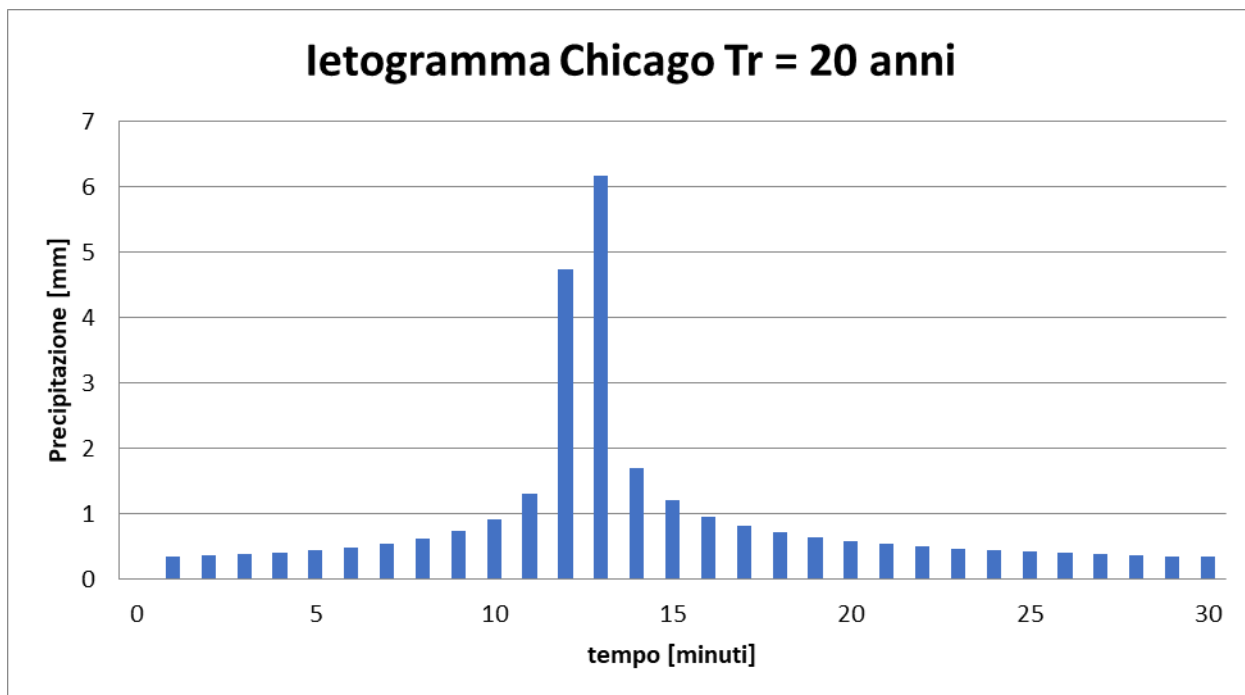


Figure 5.1: Precipitazione in mm per tempo di ritorno di 20 anni

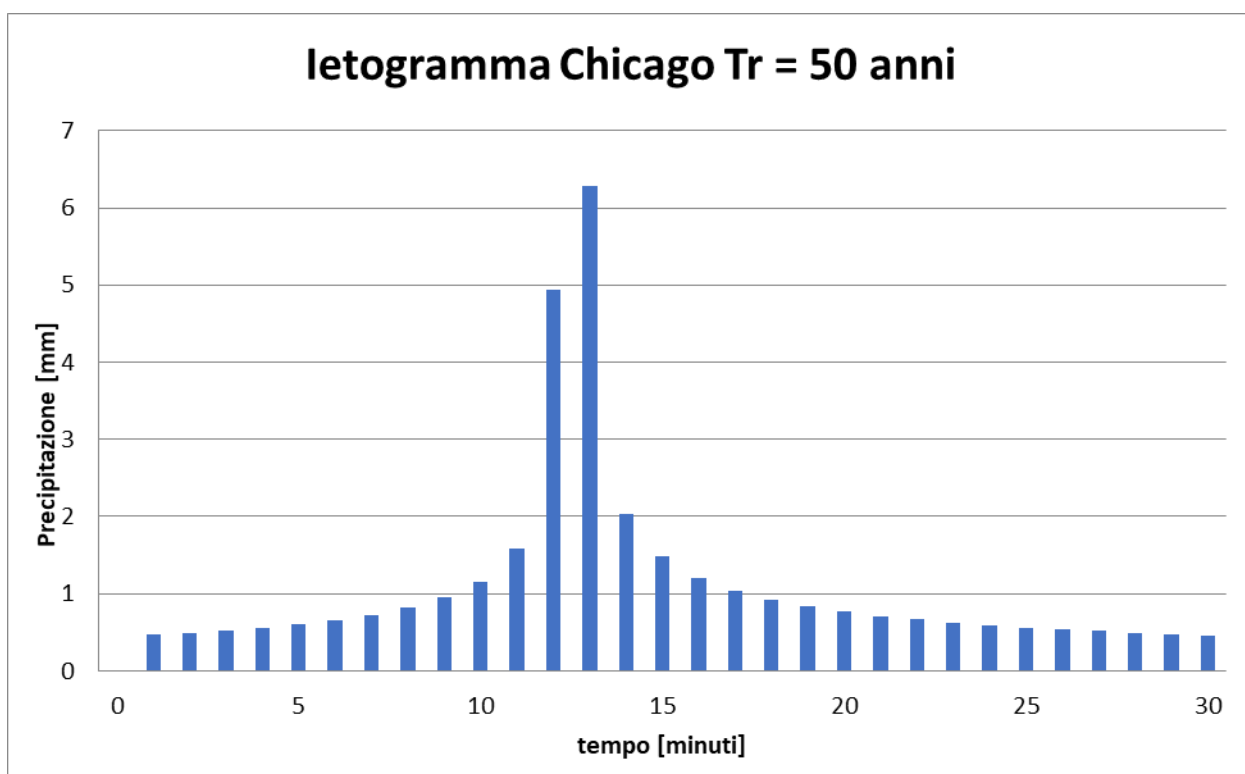


Figure 5.2: Precipitazione in mm per tempo di ritorno di 50 anni

5.3.2 Calcolo dell'idrogramma di piena, basi di calcolo

Per generare l'idrogramma di piena, risposta del bacino alla pioggia precedentemente definita si è utilizzato il modello dell'idrogramma unitario del SCS. Preliminarmente la pioggia lorda è stata depurata dalle perdite e trasformata in pioggia netta ottenendo il corrispondente ietogramma di pioggia netta. Il metodo utilizzato per la depurazione della pioggia è quello del Curve Number del SCS.

Per la determinazione dell'idrogramma si è considerata come sezione di chiusura del bacino totale il punto morfologicamente più depresso.

Il tempo di corrivazione è stato stimato con la formula di Boyd, utilizzato in letteratura per aree pianeggianti di piccole dimensioni, e in aree urbane:

$$T_c = T_0 + T_r$$

$$T_0 = k \times S^\delta$$

$$T_r = \frac{\sqrt{(1,5 \times S)}}{V}$$

Dove $K = 2,51$

S = superficie in Km²

V = velocità = 1 m/s per bacini pianeggianti

$\delta = 0,38$

Da cui

	LOTTIZZAZIONE COMPLETA
S [km²]	0.03609
T_c [h]	0.94307
T_c [min]	56.58439
T_{lag} [min]	33.95064

Per precauzione si è assunto un valore di **T_{lag}** pari a **30 minuti**.

5.3.3 Confronto dell'idrogramma di piena ex ante e ex post

Nella Tabella 5-4 sono riportati i parametri utilizzati per il calcolo della portata e dell'idrogramma di piena nella situazione attuale e nella situazione post intervento.

	CN(AMCII)	CN(AMCIII)	fs (mm)	Ia (mm)
Stato attuale	69.832	84.187	47.709	9.542
Stato di progetto	77.702	88.907	31.692	6.338

Tabella 5-4: parametri per il calcolo dell'idrogramma di piena

Dove:

fs è la capacità massima di assorbimento del bacino (è la massima quantità invasabile nel terreno dopo l'inizio del deflusso superficiale);

Ia è il fattore di ritenzione iniziale.

5.4 Risultati dello studio di invarianza

Le analisi sviluppate nella presente relazione condotte secondo le **"Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica"**², ha verificato che a seguito degli interventi in progetto, sull'intero comparto che ha un'estensione di circa 7.35 ha, abbiamo una differenza delle portate di picco tra stato di fatto e stato di progetto per l'evento dei 50 anni di 14 l/s (10 l/s per il tempo di ritorno dei 20 anni), con una differenza tra i volumi dell'intero evento di piena di 35 m³ (25 m³ per il tempo di ritorno dei 20 anni).

	Portata di picco (mc/s) _ T=20 anni	Volume di piena (mc) _ T=20 anni
Stato Attuale (AMCIII)	0.248	643.00
Stato di progetto	0.258	668.00
Differenza	0.0100	25.00
	Portata di picco (mc/s) _ T=50 anni	Volume di piena (mc) _ T=50 anni
Stato Attuale (AMCIII)	0.302	789.00
Stato di progetto	0.316	824.00
Differenza	0.0140	35.00

Tabella 5.5: Tabella riassuntiva risultati ottenuti

I valori della situazione ex post, come anticipato, sono indicativi e se si adottassero soluzioni progettuali particolari come asfalti drenanti per la viabilità, tetti verdi, sistemazioni particolari delle aree a verde etc, si ridurrebbe maggiormente la necessita di realizzare ulteriori opere di compensazione per garantire l'invarianza idraulica. Se in fase esecutiva si adottassero soluzioni differenti la stima dell'invarianza idraulica dovrebbe essere rimodulata.

² Allegato alla deliberazione n. 2 del 23/11/2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale.

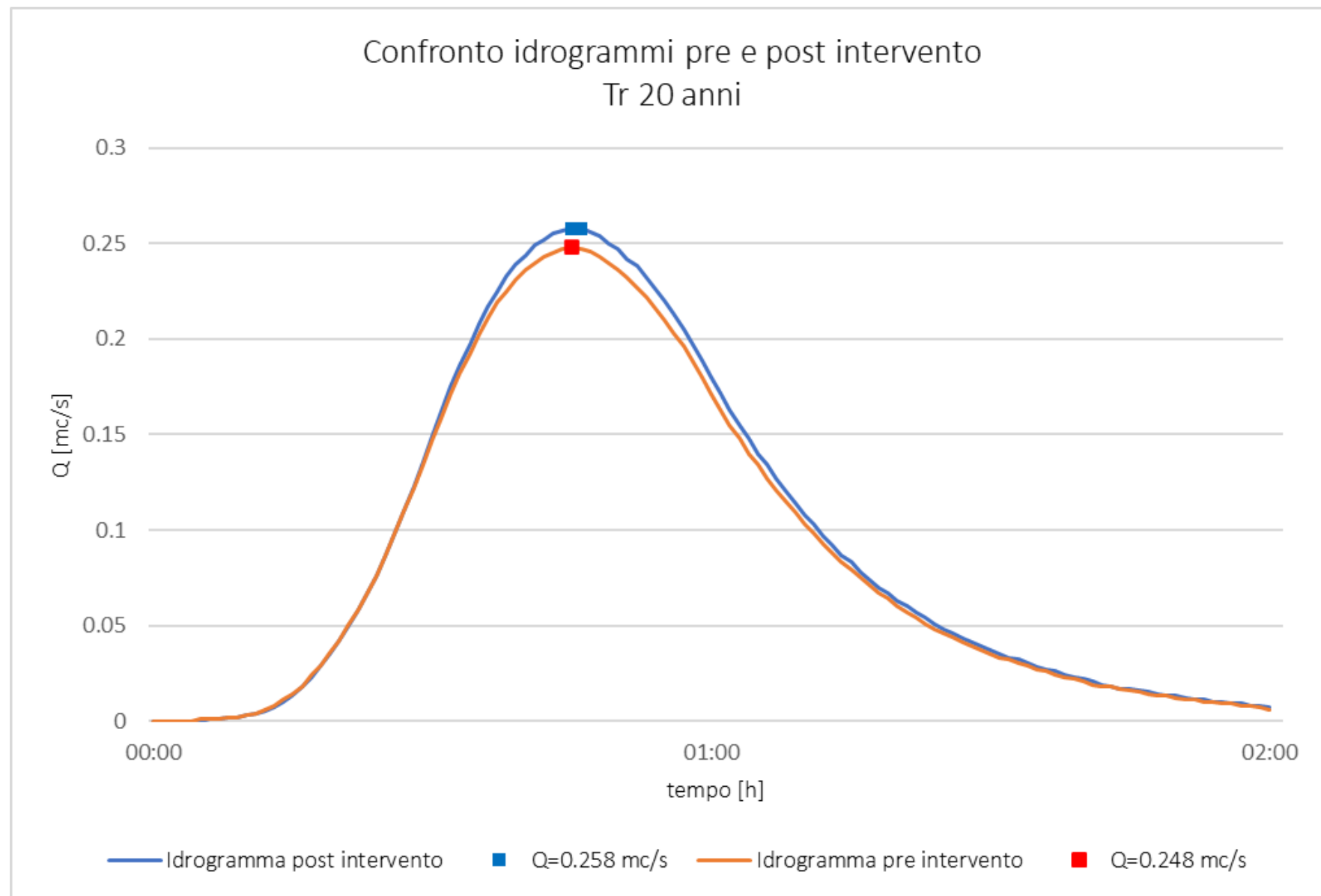


Figure 5.3: Confronto idrogrammi pre e post intervento- Tr 20 anni

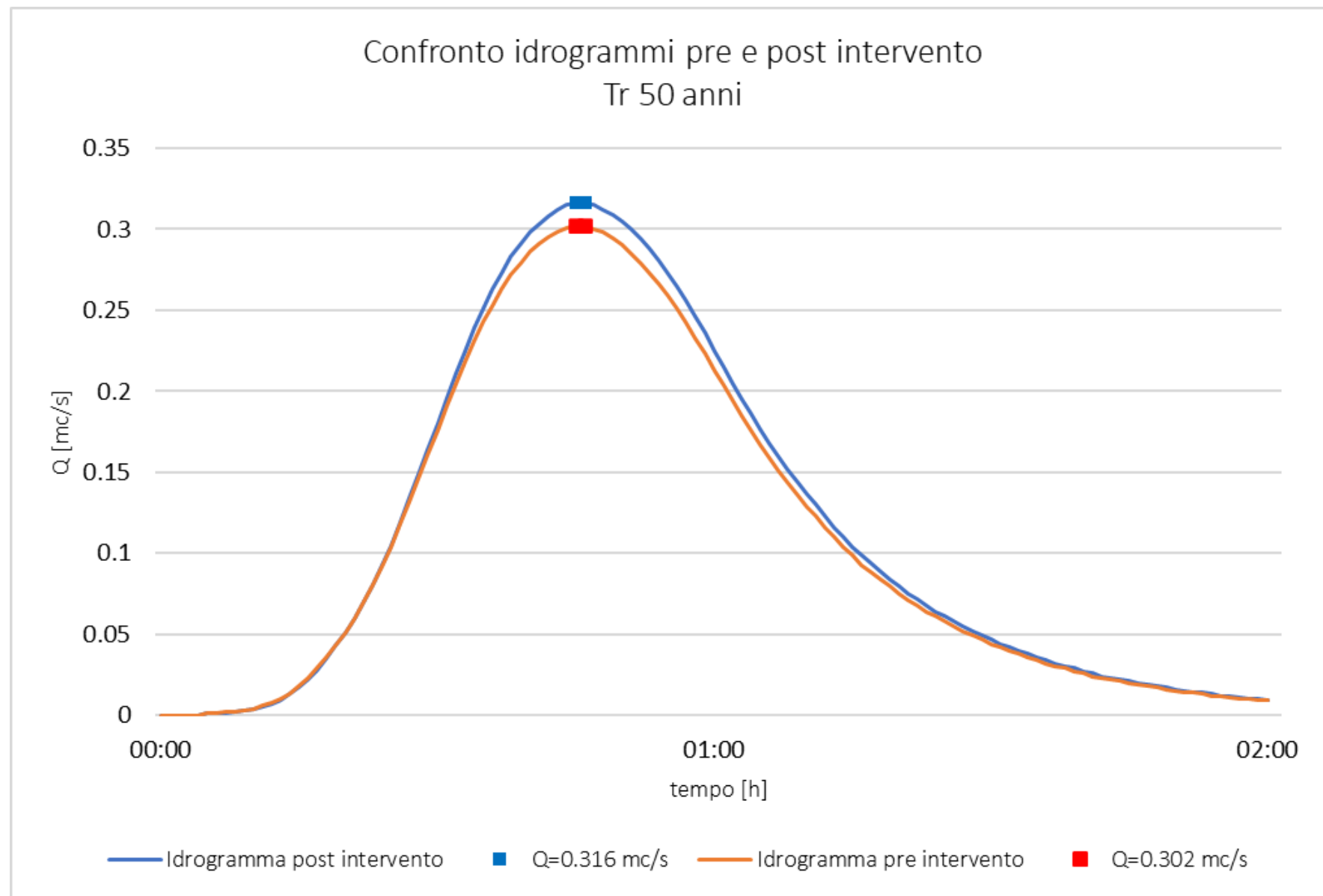


Figure 5.4: Confronto idrogrammi pre e post intervento - Tr 50 anni

5.5 Opere di compensazione

Nel presente paragrafo si sviluppa un dimensionamento di massima del tutto indicativo, delle opere di compensazione dovute alle trasformazioni dovute esclusivamente alle trasformazioni connesse alla realizzazione del II stralcio progettuale, considerando di realizzare un'unica opera di compensazione per l'intera lottizzazione di 3.61 ettari, e di mantenere le ipotesi progettuali prospettate nella presente relazione.

Resta inteso che nel caso, in fase esecutiva, si adottassero criteri costruttivi e soluzioni differenti, il dimensionamento delle opere di compensazione dovrebbe essere riverificato.

5.5.1 Dimensionamento vasca di laminazione singola

Come opera di compensazione si ipotizza di realizzare un'unica vasca di laminazione avente dimensioni a sezione rettangolare, avente lunghezza $L = 8$ metri e larghezza $B = 5$ m per una superficie complessiva di **40 m²**, e una pendenza del fondo dell'1 ‰.

Si prevede che la vasca abbia inoltre una luce a battente sul fondo a sezione quadrata larga 30 cm, e una soglia sfiorante posta alla quota di 1,8 metri larga 0.4 metri per un volume complessivo destinato alla laminazione di **72 mc**, con queste dimensioni si rispetta il l'invarianza idraulica avendo una portata in uscita dalla vasca minore della portata di picco nelle condizione ex ante ($Q_{u \max} = 0,2939 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\max}$ stato attuale $0,302 \text{ m}^3/\text{s}$).

Si ribadisce il fatto che il dimensionamento dell'opera di compensazione è del tutto indicativa, e che se le scelte progettuali esecutive fossero differenti da quelle ipotizzate potrebbero adottarsi volumi e metodi di compensazione differenti.

Di seguito sono rappresentati sinteticamente in forma grafica i risultati della laminazione.

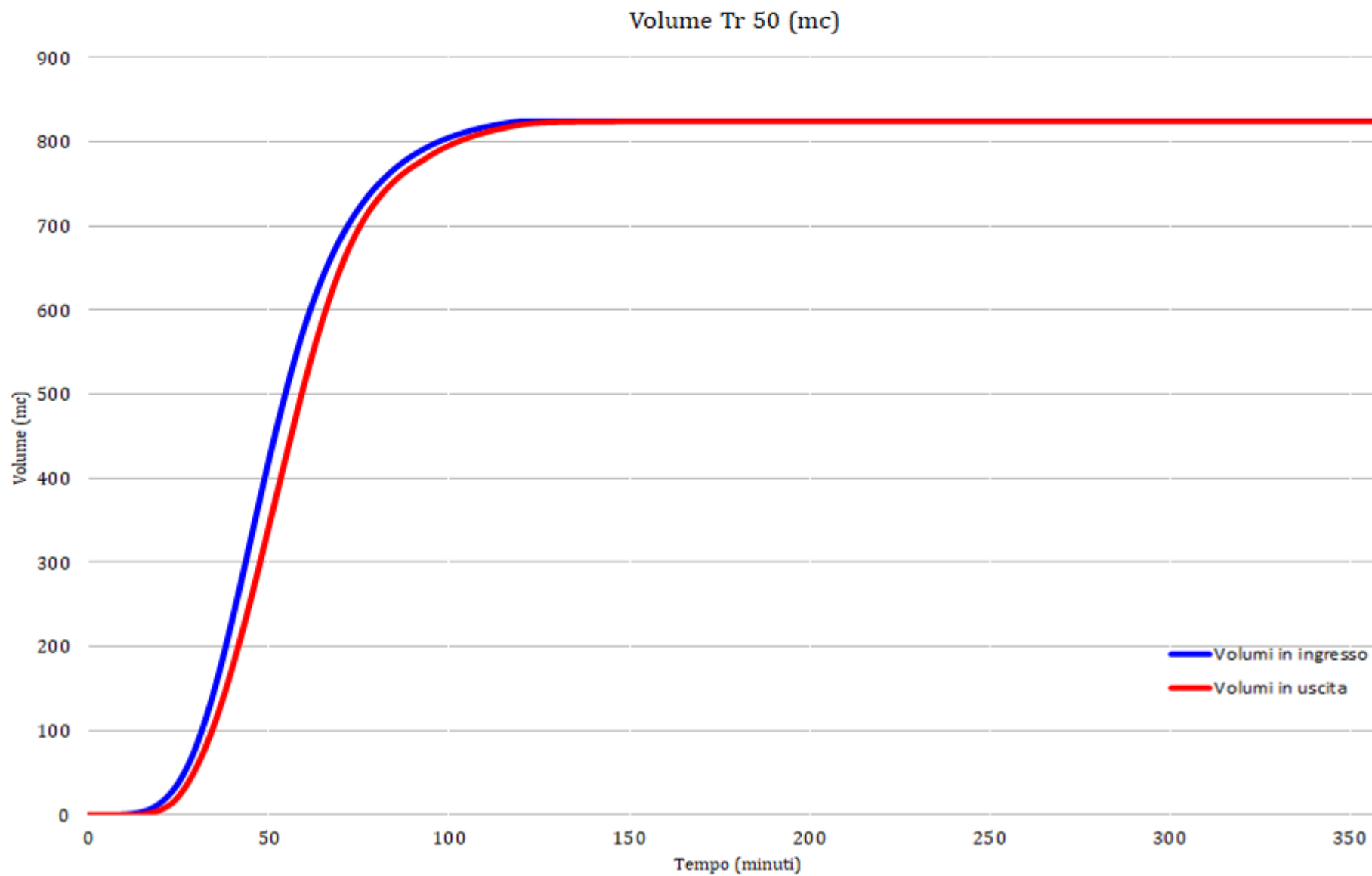


Figure 5.5: volumi in ingresso ed in uscita nella vasca di laminazione

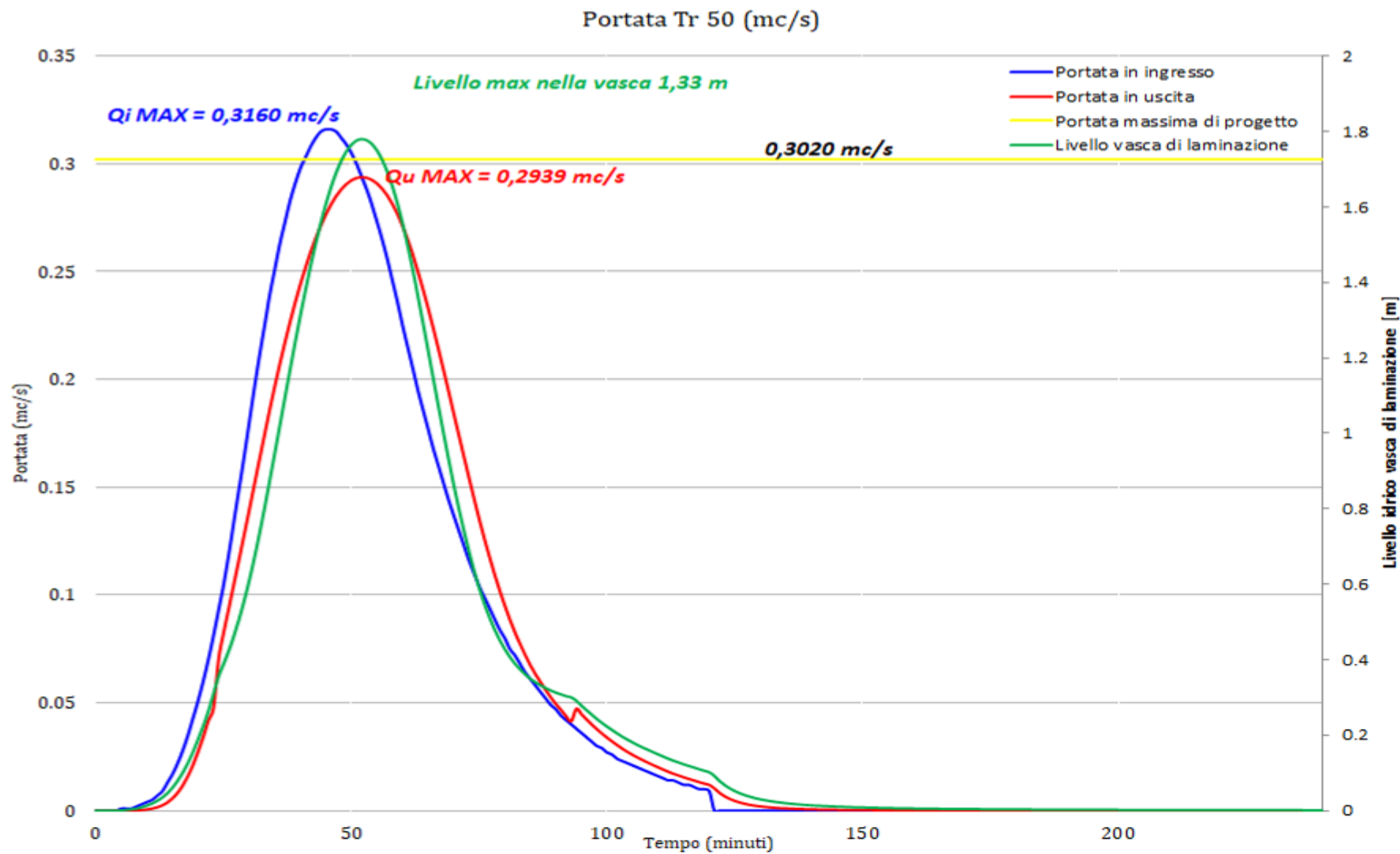


Figure 5.6: portate in ingresso ed in uscita nella vasca di laminazione e livello idrico

5.5.2 Vasche di laminazione e sistemi di raccolta diffusi

Come anticipato nel paragrafo precedente il dimensionamento dell'opera di compensazione è del tutto indicativa, e che se le scelte progettuali esecutive fossero differenti da quelle ipotizzate potrebbero adottarsi volumi e metodi di compensazione differenti.

In particolare ciascun lotto del presente stralcio potrebbe dotarsi di sistemi di laminazione tramite vasche di laminazione interrate o cisterne di raccolta esterne, in questo modo l'acqua piovana dai tetti o da superfici impermeabili può essere raccolta in grandi cisterne che consentono il suo riutilizzo per usi non potabili. Se propriamente progettate, possono contribuire alla riduzione dei rischi idraulici.



Figure 5.7: esempi di sistemi di raccolta individuali tratti dalle “Schede tecniche” delle “Linee guida e indirizzi operativi per l’attuazione del principio della invarianza idraulica”.

Un sistema di laminazione tramite più vasche di laminazione a parità di volume è sicuramente più efficiente perché è estremamente improbabile che i picchi di portata laminata da ciascuna vasca si verifichino contemporaneamente, per quanto appena rappresentato nella tabella si ipotizza che ciascun lotto si doti di una vasca o sistema di laminazione proporzionale alla superficie che deve essere compensata, considerando in prima ipotesi solo il contributo dei lotti che devono essere ancora edificati:

Lotto	Superficie [mq]	Stato	Volume laminazione [mc]
1	425.58	Da realizzare	1.60
2	432.13	Da realizzare	1.62
3	392.29	Da realizzare	1.47
4	392.46	Da realizzare	1.48
5	570.92	Da realizzare	2.15
6	691.76	Da realizzare	2.60
7	410.97	Da realizzare	1.55
8	324.44	Da realizzare	1.22
9	344.19	Da realizzare	1.29
10	419.18	Da realizzare	1.58
11	445.59	Da realizzare	1.68
12	440.00	Da realizzare	1.65
13	320.74	Da realizzare	1.21
14	373.66	Da realizzare	1.40
15	389.18	Da realizzare	1.46
16	454.38	Da realizzare	1.71
17	310.62	Da realizzare	1.17
18	482.67	Già edificato	-
19	487.60	Già edificato	-
20	487.60	Già edificato	-
21	489.41	Da realizzare	1.84
22	424.67	Da realizzare	1.60
23	418.51	Già edificato	-
24	413.53	Già edificato	-
25	314.18	Da realizzare	1.18
26	513.35	Da realizzare	1.93
27	307.04	Da realizzare	1.15
28	480.74	Da realizzare	1.81
29	410.84	Da realizzare	1.54
30	336.30	Da realizzare	1.26
31	332.99	Da realizzare	1.25
32	329.69	Da realizzare	1.24
33	364.89	Da realizzare	1.37
34	433.71	Da realizzare	1.63
35	339.02	Da realizzare	1.27
36	345.29	Da realizzare	1.30
37	338.64	Da realizzare	1.27
38	331.54	Da realizzare	1.25
39	100.05	Da realizzare	0.38
A	345.00	Lotti compromessi	1.30
B	518.19	Lotti compromessi	1.95
C	518.19	Lotti compromessi	1.95
D	208.03	Lotti compromessi	0.78
E	369.77	Lotti compromessi	1.39
F	145.00	Lotti compromessi	0.55
G	372.02	Lotti compromessi	1.40
H	216.00	Lotti compromessi	0.81
I	1060.94	Lotti compromessi	3.99
L	668.76	Lotti compromessi	2.51
M	1396.84	Lotti compromessi	5.25
Superficie originale lotti edificabili	21439.09		
Superficie lotti ancora da edificare	19149.18		72.00

Tabella 5.6: Tabella con vasche di laminazione (opere di compensazione) diffuse nei lotti

5.5.3 Disciplina degli Interventi di Demolizione e Ricostruzione su Lotti Edificati ai fini dell'Invarianza Idraulica.

Il presente articolo disciplina gli interventi edilizi di demolizione totale e successiva ricostruzione, che interessano lotti o porzioni di lotti già integralmente edificati e ricadenti nelle aree soggette al Piano di Lottizzazione. Tali interventi sono soggetti all'applicazione del principio di invarianza idraulica, come stabilito dall'Art. 47 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI (o normativa regionale/locale equivalente).

L'intervento di demolizione e ricostruzione è qualificato come trasformazione dell'uso del suolo e pertanto comporta l'obbligo di assicurare che le condizioni di deflusso idrico superficiale (run-off), in termini di portata di picco e volume di deflusso, del lotto *post operam* (a intervento ultimato) non risultino in alcun caso maggiori rispetto alle condizioni *ante operam* (stato precedente la demolizione).

Nelle aree già integralmente edificate, lo stato di riferimento *ante operam* è definito dalle condizioni di impermeabilizzazione e deflusso preesistenti all'intervento di demolizione, assumendo i parametri idrologici e idraulici relativi allo stato di fatto esistente.

Il volume di laminazione e la portata di picco da compensare sono calcolati sulla base della differenza tra i risultati idraulici dello stato di progetto (*post operam*) e quelli dello stato attuale (*ante operam*).

Qualora lo stato di progetto (*post operam*), attraverso l'impiego di tecniche di gestione sostenibile delle acque meteoriche (quali tetti verdi, pavimentazioni permeabili, o riduzione delle superfici impermeabilizzate), dimostri che la portata di picco e il volume di deflusso risultino inferiori o uguali a quelli dello stato attuale (*ante operam*), non sono richieste ulteriori opere di compensazione.

In tutti i casi in cui la verifica di cui sopra evidenzia un aggravio idraulico, il lotto di intervento deve essere dotato di opere di compensazione diffuse e/o localizzate (quali vasche interrato, cisterne di raccolta per il riutilizzo, o serbatoi di prima pioggia), dimensionate per garantire il principio dell'invarianza idraulica. Tali sistemi devono essere dimensionati a livello di singolo lotto e sono soggetti a manutenzione e gestione a cura della proprietà privata.