



COMUNE DI SASSARI
PROVINCIA DI SASSARI

Oggetto:

Piano urbanistico attuativo (P.U.A.) di iniziativa privata
PROGETTO NORMA B2a - Via Simon - Sassari

Progettisti:

Arch. Andrea Orani

Ing. Giovanni Orani

Ing. Francesco Orani



Indirizzo: Via Casu 11, Sassari
Tel: 079 / 4362534
PI: 02559490905 - CF: 02559490905
mail: info@soiasrl.com - www.soiasrl.com

Tavola:

Relazione di invarianza idraulica

Tavola n°

R3

Proprietà: SOIA srl

Scala:

Data: 26.04.2021



COMUNE DI SASSARI

PROVINCIA DI SASSARI

Piano attuativo (P.U.A.) di iniziativa privata PROGETTO NORMA B2a Via Simon - Sassari

ELABORATO :				RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA ai sensi dell'art. 47 delle N.A.		
REVISIONI				ALLEGATO	SCALA	
n°	MODIFICA	DATA	CTRL		CODICE	
01	consegna	Aprile 2021	FC			
					NOTE	

I professionisti:

4E Studio Associato
4E-INGEGNERIA
Dott. Ing. Fabio Cambula

Il Committente:

SOIA srl

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	INVARIANZA IDRAULICA.....	4
2.1	ANALISI DELL'AREA DI INTERVENTO.....	4
2.2	CLASSIFICAZIONE DEL TIPO DI SUOLO E ATTRIBUZIONE DEI COEFFICIENTI DI AFFLUSSO.....	6
2.3	METODOLOGIA PER LA STIMA DELLA PORTATA E DELL'IDROGRAMMA DI PIENA.....	9
2.4	DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI ACCUMULO.....	10
2.5	VERIFICA DEL COLLETTORE.....	14
3	CONCLUSIONI.....	15

1 PREMESSA

La presente relazione intende illustrare le analisi ed i calcoli di dimensionamento delle infrastrutture di compensazione necessarie per assicurare il principio **dell'invarianza idraulica**, introdotto dall'art. 47 delle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) regionale in base al quale la trasformazione del territorio deve essere accompagnata dalla verifica e dagli eventuali accorgimenti utili ad assicurare che non si abbia un aggravio delle condizioni di deflusso nei corpi idrici o delle reti riceventi di valle per effetto della trasformazione individuata dal piano.

L'area in esame ricade nella zona urbanistica B2.a_PN11 ed nella limitrofa area S3/p. Coinvolge inoltre marginalmente l'area H1 di salvaguardia in quanto presente una grotta del Neolitico.



Figura 1 - Inquadramento dell'area di intervento nel P.U.C, tratteggiata in rosso.

Come si può evincere dai diversi elaborati progettuali, la proposta in esame prevede la creazione di 1 volume fuori terra principale a destinazione residenziale e diverse opere accessorie, tra cui un ingresso pedonale, uno carrabile e la sistemazione a verde dell'area limitrofa.

La figura seguente illustra con una visione planimetrica d'insieme l'idea progettuale e si rimanda agli altri elaborati per un'analisi di dettaglio di quanto previsto.

Comune di Sassari (SS)
Redazione progetto norma B2.a_PN11
RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

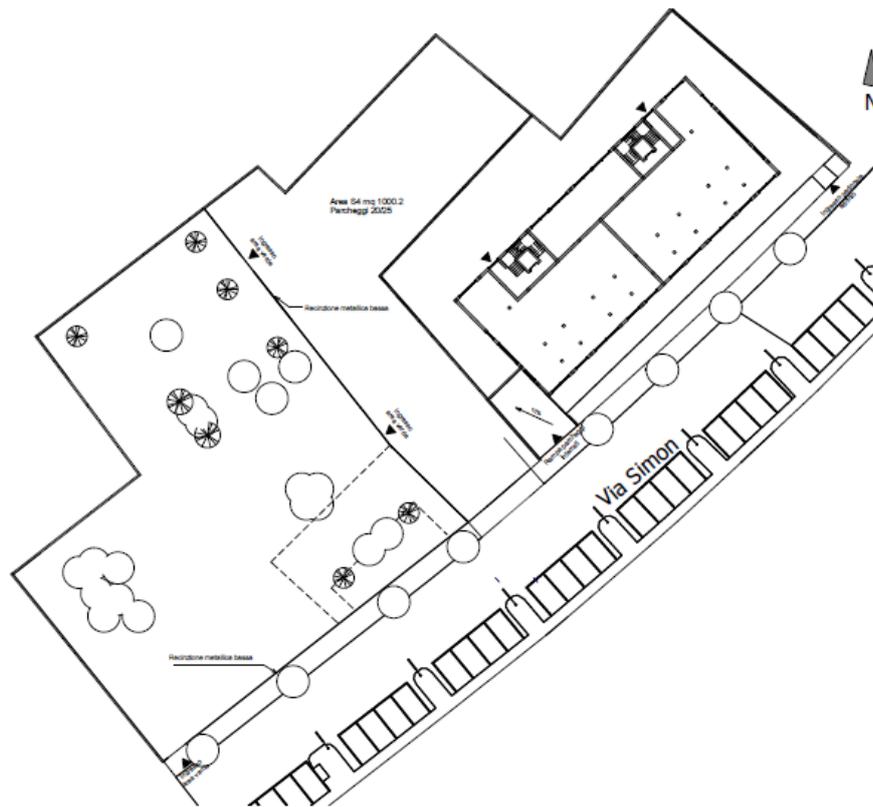


Figura 2 – planimetria ipotesi progettuale

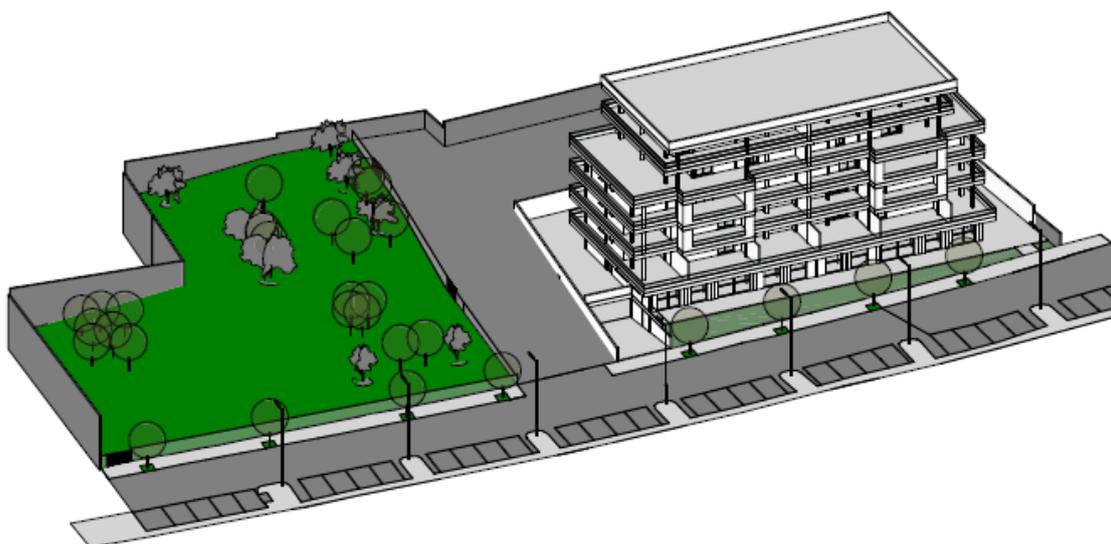


Figura 3 - assonometria ipotesi progettuale

2 INVARIANZA IDRAULICA

Per quanto attiene le tematiche d'interesse per il presente Studio, la trasformazione proposta comporterà una variazione di permeabilità significativa e non trascurabile attraverso la sostituzione di parte della copertura attualmente rappresentata dal suolo nudo, con vari elementi artificiali prevalentemente impermeabili o parzialmente permeabili.

L'intera area oggetto di trasformazione ha una superficie pari a 0.46 ha e per questo motivo il caso in esame ricade nella classe di intervento **b) modesta impermeabilizzazione potenziale** in quanto l'estensione delle superfici interessate dalla trasformazione è compresa tra 0.1 e 0.5 ha. La procedura prevista dalle Linee Guida di riferimento richiede i seguenti steps:

- attribuzione delle classi del tipo e uso del suolo alle categorie omogenee della porzione di territorio oggetto di trasformazione al fine di determinare i valori di coefficienti di afflusso ϕ per lo **STATO DI FATTO**, facendo riferimento alle linee guida per l'invarianza idraulica che identificano per le diverse tipologie di uso del suolo dei valori di CN (e conseguentemente dei valori di coefficienti di deflusso);
- delimitazione di settori omogenei nell'ambito del Progetto di trasformazione e a attribuzione dei vari tipi di copertura del suolo con assegnazione coefficienti di afflusso ϕ per lo **STATO DI PROGETTO**; per tali valori si fa riferimento allo specifico allegato n. 1 delle Linee Guida nel quale sono presenti diverse tipologie di uso del suolo *di progetto* a cui fare riferimento.
- stima della portata e dell'idrogramma di piena, mediante l'impiego dello ietogramma Chicago con durata 30 minuti e posizione del picco $r= 0.4$, per i tempi di ritorno di 20 e 50 anni, da impiegare per il dimensionamento dei collettori della rete di drenaggio e delle misure di compensazione per la laminazione dell'eccesso di portata nella condizione di progetto rispetto allo stato di fatto;
- dimensionamento del collettore di smaltimento e dell'eventuale vasca di accumulo o altre misure compensative.

2.1 ANALISI DELL'AREA DI INTERVENTO

Con l'ausilio dei GIS è stata studiata l'area in esame dal punto di vista dell'altimetria, dell'acclività e dell'esposizione; i suddetti tematismi sono stati riportati nelle seguenti figure unitamente all'impronta del settore oggetto di studio. Le elaborazioni hanno consentito di predisporre il modello numerico del terreno su cui sviluppare le analisi idrologica e idraulica necessarie per i calcoli di evoluzione del deflusso e di dimensionamento dell'opera di laminazione.

Comune di Sassari (SS)
Redazione progetto norma B2.a_PN11
RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

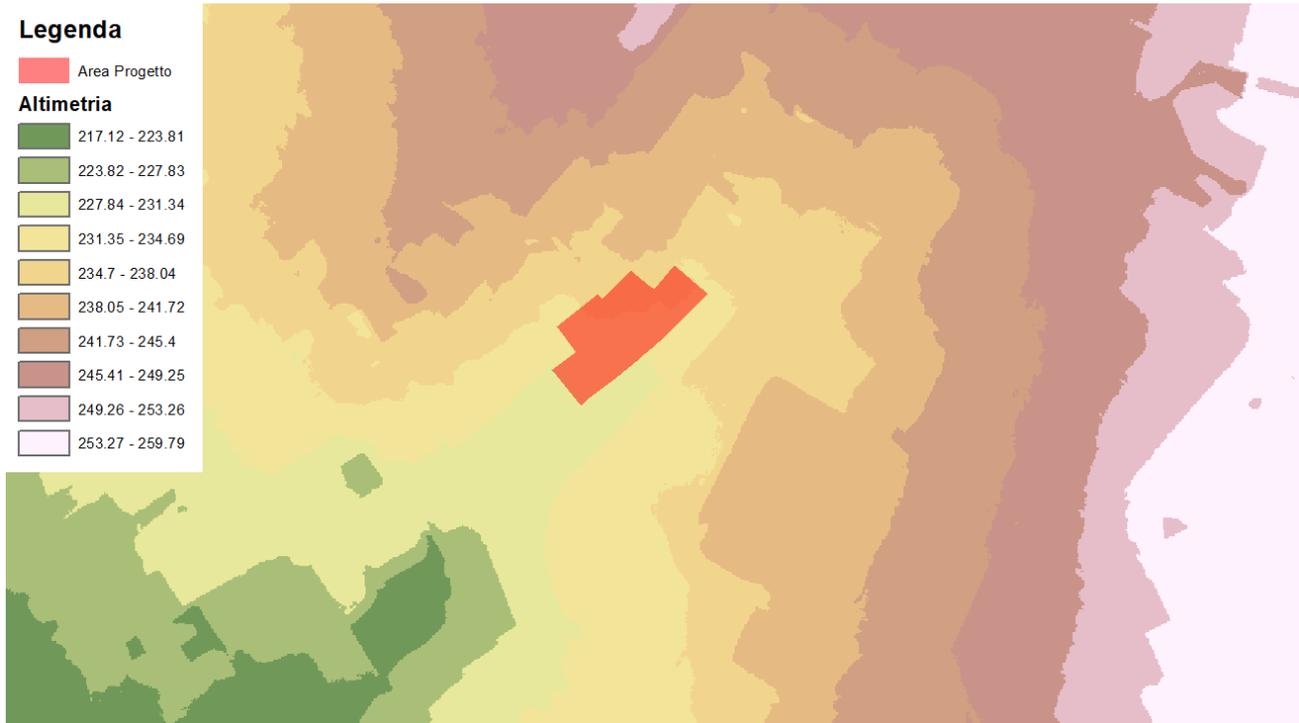


Figura 4 - carta delle altimetrie

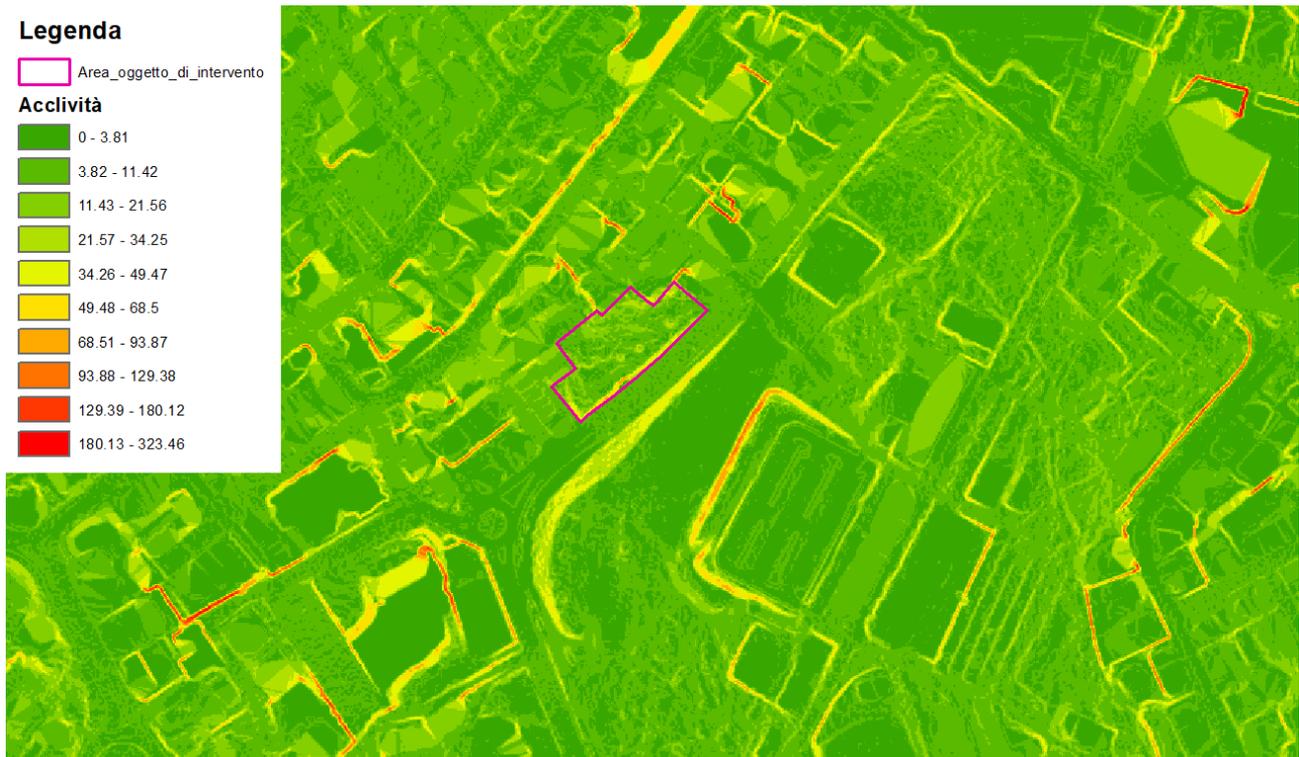


Figura 5 - carta delle acclività

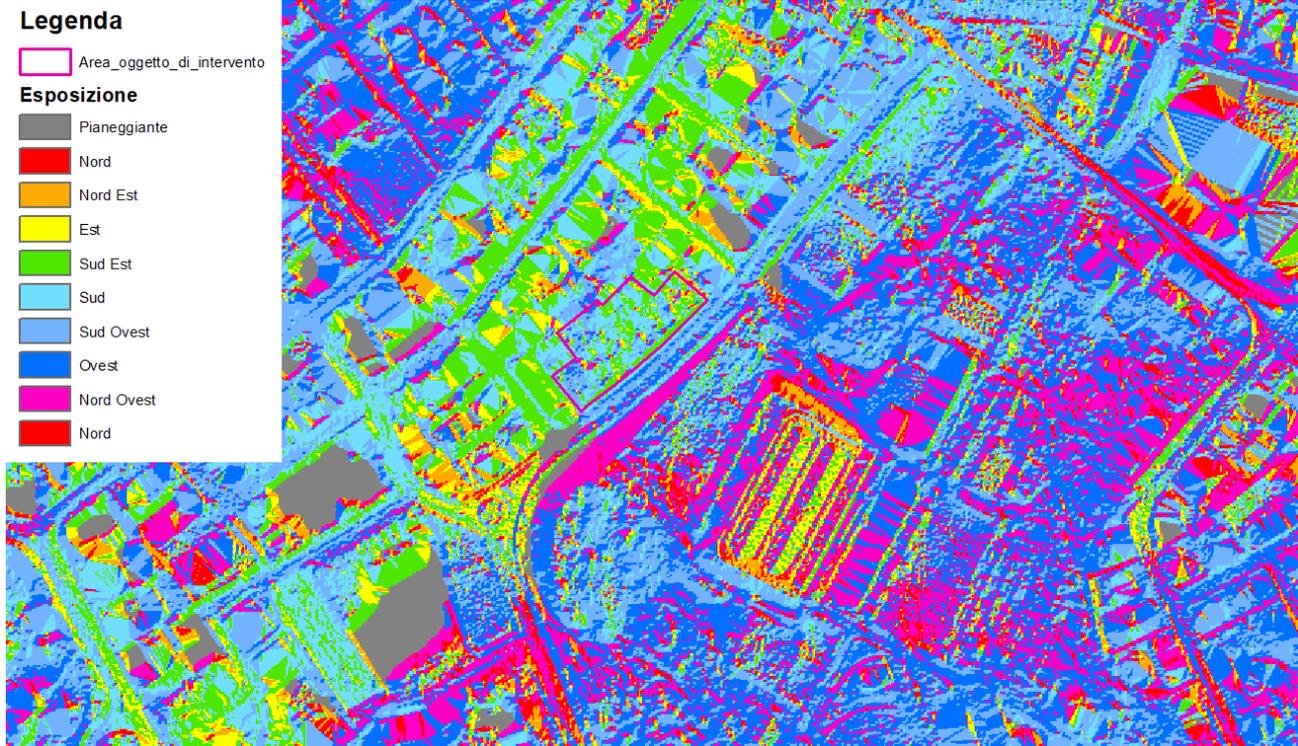


Figura 6 - carta delle esposizioni

2.2 CLASSIFICAZIONE DEL TIPO DI SUOLO E ATTRIBUZIONE DEI COEFFICIENTI DI AFFLUSSO

L'area in esame, allo stato attuale si presenta quasi del tutto libera da coperture artificiali e il suolo è prevalentemente incolto con presenza di vegetazione arbustiva localizzata e leggeri segni nel terreno che individuano sentieri temporanei.

Comune di Sassari (SS)
Redazione progetto norma B2.a_PN11
RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA



Figura 7 - evidenza della stratigrafia presente allo stato di fatto

Dalle analisi in situ effettuate dal si evidenzia come lo strato superficiale di suolo sia costituito da un sottile strato di terreno naturale che ricopre il sottostante tacco calcareo tipico dell'area del sassarese.



Figura 8 - foto satellitare indicante la tipologia di uso del suolo presente allo stato attuale

Lo spessore del terreno naturale è modesto e si attesta con valori variabili compresi tra il metro e i

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

due metri.

In particolare, **nello stato di fatto**, si è identificata un'unica categoria di stato di suolo classificata nell'allegato uno delle linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio dell'invarianza idraulica come *S3, terreno incolto, sterrato, superfici naturale degradate*.

Tabella 1 - coefficienti di afflusso stato di fatto

Tipologia	Superficie mq	Percentuale	Coefficiente di afflusso
Terreno incolto	4558.6	100%	0.2

L'ipotesi di Progetto, come già accennato, prevede la realizzazione di un volume fuori terra residenziale, viabilità interna carrabile e pedonale, aree verdi e relativi spazi accessori. La tabella seguente illustra la ripartizione tra le classi omogenee di permeabilità per le quali, il relativo coefficiente di afflusso, è stato ricavato con comparazione alle classi omogenee dell'allegato 1 delle LL.GG.



Figura 9 - Definizione uso del suolo nello stato di progetto

Tabella 2 - coefficienti di afflusso stato di progetto

Codice	Tipologia	Superficie (mq)	Percentuale	Coefficiente di afflusso
S3	Terreno incolto (parco urbano)	1965.55	44%	0.2
C6	Coperture continue con finitura con materiali sigillanti inclinazione <= 3%	1546.6	34%	0.85

P1	Pavimentazioni in asfalto drenante	1000.2	15%	0.30
----	------------------------------------	--------	-----	------

Effettuando una media ponderata dello stato di fatto si è ottenuto un coefficiente di afflusso medio pari a **0.20** mentre utilizzando la stessa procedura per lo stato di progetto si è ottenuto un coefficiente di afflusso medio pari a **0.445**.

2.3 METODOLOGIA PER LA STIMA DELLA PORTATA E DELL'IDROGRAMMA DI PIENA

Per la stima della portata di piena, in accordo con quanto suggerito nelle linee guida, si è utilizzato il metodo indiretto utilizzando un idrogramma costante avente una durata τ di 15 minuti.

Il tempo di ritorno per il calcolo del volume di piena è stato assunto pari a 50 anni. Sulla base delle Curve di possibilità pluviometrica regionalizzate per la Regione Sardegna, è stato possibile calcolare l'altezza di precipitazione h corrispondente alla durata τ ed al Tempo di ritorno di 50 anni. La portata di piena attesa con tempo di ritorno Tr può essere stimata tramite la nota formula razionale:

$$Q_p = \frac{\phi \cdot ARF \cdot S \cdot h}{3.6 \cdot t_c}$$

nella quale:

- ϕ è il coefficiente di afflusso che rappresenta l'aliquota di precipitazione che, in occasione della piena, scorre in superficie;
- ARF (Areal Reduction Factor - Coefficiente di Riduzione Areale) esprime il rapporto tra l'altezza di pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia in un punto (centro di scroscio) al suo interno, data l'esigua entità della superficie in analisi è opportuno considerare un valore pari ad 1;
- S è la superficie del comparto (espressa in km²)
- h è l'altezza di precipitazione, in mm, che cade nel bacino in una durata di precipitazione pari a t_c e con l'assegnato Tempo di ritorno Tr .
- t_c è il tempo di corrivazione espresso in ore;

L'intensità di precipitazione è stimata:

$$i_{Tr}(t_c) = h_{Tr}(t_c) / t_c$$

L'altezza di precipitazione è legata alla durata t_c ed al tempo di ritorno Tr attraverso la curva di possibilità pluviometrica Deidda et al. (2000)

$$h_{Tr}(t_c) = Hm(t_c) a t_c^n$$

Nella quale

$$Hm(t_c) = 1.1287 Hg (t_c/24)^{-0.493+0.476\text{Log}(Hg)}$$

Con Hg con Hg dipendente dalla posizione geografica del bacino, mentre i parametri a ed n dipendono dalla sottozona SZO di appartenenza. Nel nostro caso, essendo l'area in oggetto, all'interno della seconda sottozona omogenea, i parametri a ed n possono essere valutati con le seguenti formulazioni:

$$a = 0.43797 + 1.089 * \text{Log}(Tr)$$

$$n = -0.18722 + 0.24862 * \text{Log}(Tr) - 0.0336305 * (\text{Log}(Tr))^2 \text{ (per } t_c < 1 \text{ ora)}$$

$$n = -0.0063887 - 0.004542 * \text{Log}(Tr) \text{ (per } t_c > 1 \text{ ora)}$$

I valori ottenuti sono sintetizzati nella tabella seguente:

Tabella 3 - Sintesi delle grandezze idrologiche utilizzate

Tr	50
μ_g	50
SZO	2
durata ietogramma (minuti)	15
d (ore)	0.25
a	38.3
n	0.385
ARF	1
Superficie Lotto (mq)	4542
h (mm)	25.64

Come già spiegato precedentemente, utilizzando la formula razionale si sono ottenute le seguenti portate per lo stato di fatto e per quello di progetto:

- $Q_{sdf} = 0.0257$ mc/sec
- $Q_{sdp} = 0.0567$ mc/sec
- $\Delta Q = 0.0309$ mc/sec

Al fine di soddisfare il principio dell'invarianza idraulica, si rende dunque necessario il dimensionamento di un sistema di accumulo capace di laminare l'eccesso nel picco di portata, rilasciando nel corpo recettore una portata massima pari a quella di progetto.

2.4 DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI ACCUMULO

La vasca di accumulo sarà dimensionata esclusivamente a valle del sistema di raccolta delle acque piovani scolanti dalle superfici maggiormente impermeabili, quelle dell'edificio, mentre quelle percolanti dall'area verde non saranno laminate anche se, per via della presenza del percorso

pedonale, anche in quella porzione di lotto si avrà un leggero incremento di permeabilità.
L'accumulo a valle dell'edificio sarà comunque dimensionato per compensare e quindi laminare il maggiore apporto anche dell'area verde.

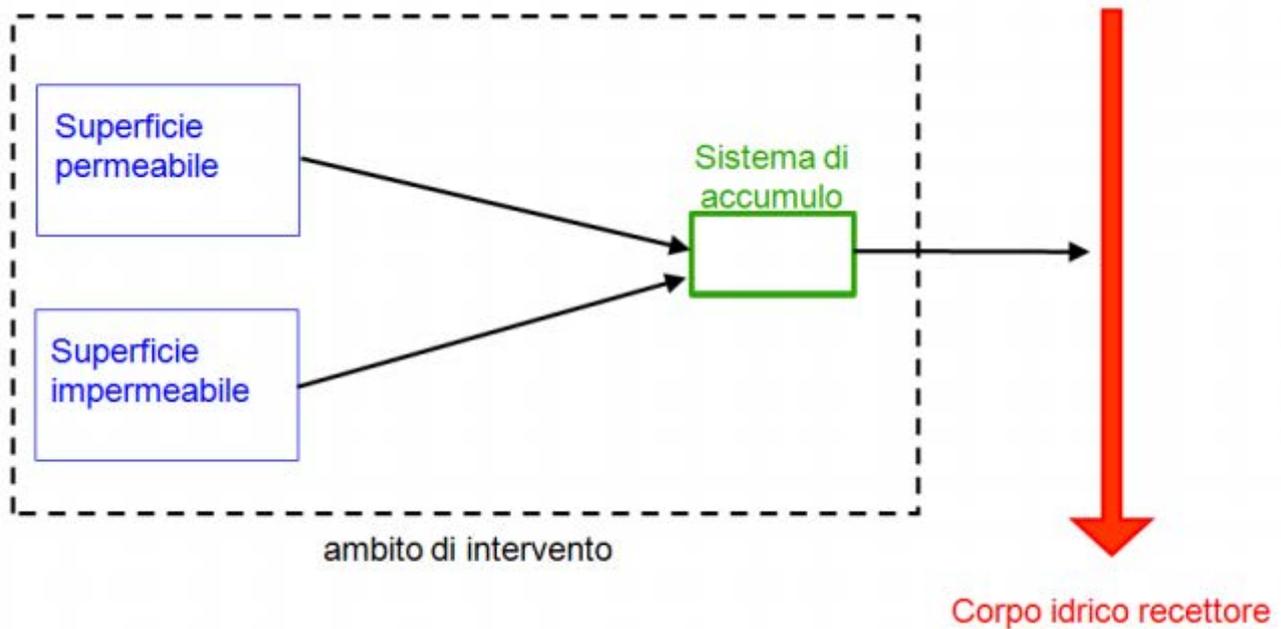


Figura 10 - schema didascalico del funzionamento del sistema di laminazione

Se si considera la sola superficie a giardino si ha una superficie scolante pari a 1965.55 mq con coefficiente di deflusso medio in stato di progetto pari a 0.20. Con le formule sopra descritte nelle due frazioni di lotto oggetto di trasformazione si ottengono dunque le seguenti portate massime pari a:

- $Q_{sdp_giardino} = 0.0112$ mc/sec
- $Q_{sdp_edificio_parcheggio} = 0.046005$ mc/sec

- $Q_{sdf_giardino} = 0.0112$ mc/sec
- $Q_{sdf_edificio_parcheggio} = 0.014513$ mc/sec

- $\Delta Q_{giardino} = 0.0000$ mc/sec
- $\Delta Q_{edificio} = 0.03149$ mc/sec

Naturalmente la somma delle due precedenti portate riporta, a meno delle approssimazioni utilizzate, la portata dello stato di progetto per l'intero lotto.

Di fatto quindi la verifica sarà condotta per una superficie pari a quella edificata sommata alla superficie destinata a parcheggio pubblico, ottenendo con un'unica vasca di laminazione il rispetto

Comune di Sassari (SS)
Redazione progetto norma B2.a_PN11
RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

dell'invarianza idraulica sull'intero lotto.

Ai fini del calcolo quindi si utilizzeranno le seguenti grandezze:

Superficie scolante: 2546.8 mq

Portata allo stato di fatto: 0.025713 mc/sec

Coefficiente di deflusso allo stato di fatto: 0.02

Coefficiente di deflusso allo stato di progetto: 0.85

Portata allo stato di progetto: 0.046005 mc/sec

Si ottiene una differenza di volume da laminare pari a circa 28 mc.

La vasca di laminazione ottenuta ha dimensioni in pianta pari a 7m x 7m. Sarà caratterizzata dalla presenza sul fondo di una luce tarata affinché rilasci, nel corpo idrico recettore, portate al più pari a quella di picco calcolata per lo stato di fatto. Nello specifico la luce tarata dovrà avere dimensioni pari a 13 cm di luce e 13 cm di altezza sostituibile con una tubazione diametro nominale pari a 150 mm. La vasca dovrà inoltre avere uno stramazzo capace di far uscire dal sistema le portate eccedenti quelle di calcolo che si verificheranno con tempi di ritorno superiori a quelli di calcolo e che andranno ad occupare le superfici scoperte limitrofe alla vasca. Lo stramazzo avrà dimensioni in pianta pari ad 1 metro e spessore (ipotizzato cautelativamente a spigolo vivo) e dovrà essere situato a 50 cm dal fondo della vasca in modo da essere funzionale all'effettiva laminazione desiderata.

Si ottiene un volume massimo di ingresso nella vasca pari a accumulo nella vasca pari a 41.4 mc e una portata massima in uscita pari a **0.0225 mc/sec**. Il volume massimo di ritenuta della vasca è pari a circa 20 mc/sec.

Si può osservare che tale portata è inferiore a quella iniziale ottenuta per lo stato di fatto e quindi la verifica è da ritenersi positiva.

Seguono i grafici esplicativi del funzionamento del sistema di accumulo.



Figura 11 - andamento livelli idrici nella vasca di accumulo

L'effetto della presenza della vasca di laminazione, e della sua efficacia è riassunto nella Figura 12, mentre la Figura 11 illustra i livelli idrici all'interno della vasca durante l'evento studiato.

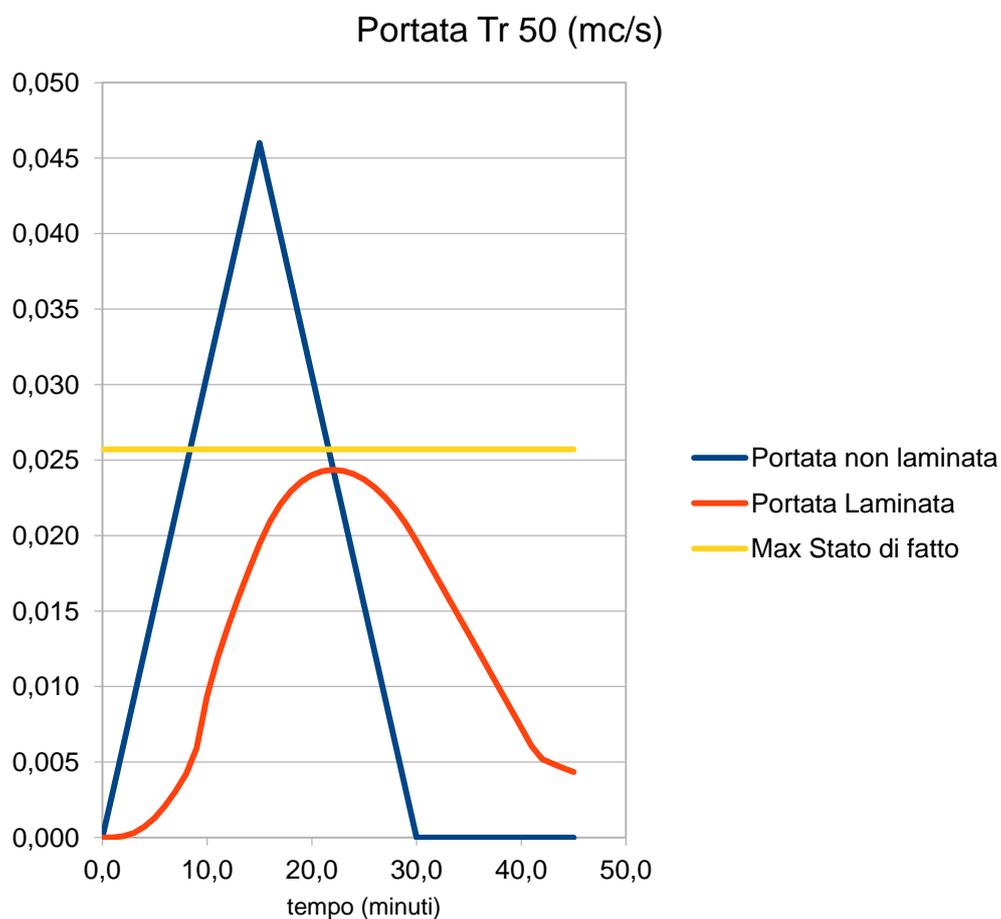


Figura 12 - andamento delle portate nel tempo



Figura 13 - andamento volumi nella vasca di accumulo

2.5 VERIFICA DEL COLLETTORE

Si prevede il collettamento delle portate raccolte nella zona impermeabilizzata attraverso una tubazione in PVC DN400 , con pendenza dell'0.5%, che raccolga tutte le acque bianche dell'edificio e le recapiti all'elemento di accumulo. La verifica, per maggior cautela, è stata condotta con la portata ottenuta per il tempo di ritorno 50 anni. Per la soluzione del problema si è utilizzata la formula di Chezy con coeff. di conduttanza calcolato con la formula Strickler.

diametro interno del condotto, $D = 0.4$ m
pendenza del fondo, $i = 0.5\%$
portata di moto uniforme, $Q_0 = 0.03715$ mc/s
scabrezza delle pareti (Strickler), $b = 1/6$, $c = 120$

tirante idrico, $h_0 = 0.09$ m
grado di riempimento della condotta, $h_0/D = 0.23$
area della sezione idrica, $A_0 = 0.02127$ mq
contorno bagnato, $C = 0.396$ m
raggio idraulico, $R = A_0/C = 0.0537$ m
coefficiente di conduttanza, $X = 73.7061$ m^{0,5}/s
velocità di moto uniforme, $V_0 = X \cdot (R \cdot i)^{0,5} = 1.2077$ m/s

Si possono osservare battenti idrici di circa 10 cm con gradi di riempimento della condotta pari al 23%. Le velocità sono modeste di poco superiori a 1.3 m/sec. **La verifica è da ritenersi positiva.**

3 CONCLUSIONI

La disamina delle problematiche relative all'invarianza idraulica per la trasformazione in progetto ha evidenziato come sia necessario compensare l'incremento di permeabilizzazione dovuto alla variazione delle capacità drenanti degli elementi superficiali del territorio attraverso l'installazione di una vasca di laminazione che moduli in caso di pioggia intensa l'apporto massimo al collettore fognario recettore, tarandolo ad un livello equiparabile a quello che si otteneva prima della trasformazione.

La realizzazione dell'opera e delle relative pertinenze esterne inoltre, non varierà la morfologia generale delle aree limitrofe e sarà mantenuto lo status idraulico attuale per la porzione di territorio oggetto di analisi. Anche allo stato di fatto l'area oggetto di intervento è compiutamente delimitata da elementi territoriali che non varieranno durante l'esecuzione dell'opera, nello specifico, la Via Simon con il relativo marciapiede ed i muri perimetrali dei lotti limitrofi. Tali elementi garantiscono "l'isolamento idraulico del comparto" e possiedono elementi intrinseci di regimazione delle acque meteoriche la cui continuità idraulica non sarà interessata/interrotta dagli interventi in progetto.

Il professionista
Ing. Fabio Cambula