

ARCHITECTURE & DESIGN

ARCH. SARA COLUCCIello

STUDIO TECNICO

Via Arno n.38
41019 SOLIERA (MO)

TEL. 059/565828
PEC sara.colucciello@archiworldpec.it

PROG. E D.L. IMPIANTI:

IMP. ELETTR.:

IMP. MECCANICI:

ACUSTICA:

PROGETTO:

ART. 53 L.R. 24/2017 - PROCEDIMENTO UNICO
PER REALIZZAZIONE CAMPI DA PADEL

CO-PROG. ARCHITETTONICO:

COLUCCIello GEOM. MAURIZIO

TECNICO INCARICATO:

COMMITTENTE: REBEL PADEL S.r.l.
RESHAPE S.r.l.

LOCATORE: CENTRO GRAFICO G.B. S.r.l.

ELABORATO:

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

TAVOLA:

i7

DATA:

OTTOBRE 2024

SCALA:

AGGIORNAMENTO:

GIUGNO 2025

COMMITTENTE

=====

=====

LOCATORE

=====

IL PROGETTISTA

=====

ART. 53 L.R. 24/2017

**PROCEDIMENTO UNICO PER LA REALIZZAZIONE DI CAMPI DA PADEL
COMUNE DI SOLIERA (MO), VIA CORTE 200**

VALUTAZIONE DELLE MISURE VOLTE AL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA



REBEL PADEL S.R.L. E RESHAPE S.R.L.
Rev. 20.06.2025

Sommario

1. PREMESSA	3
2. COEFFICIENTI DI DEFLUSSO CARATTERISTICI NELLA CONDIZIONE ANTE E POST OPERAM	4
3. DEFINIZIONE DEL REGIME PLUVIOMETRICO DELL'AREA	7
4. STIMA DELLA PORTATA DI DEFLUSSO E DEL COEFFICIENTE UDOMETRICO NELLO STATO DI FATTO E NELLO STATO DI PROGETTO	9
5. CALCOLO DEL VOLUME MINIMO DI LAMINAZIONE.....	10
6. CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DELL'INVASO VERDE DI LAMINAZIONE	20
7. PIANO DI MANUTENZIONE DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE	25
8. MISURE PER LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ IDRAULICA	27
9. CONCLUSIONI	28

1. PREMESSA

Su incarico della Committenza, Rebel Padel S.r.l. e Reshape S.r.l., e in accordo con lo Studio di progettazione Colucciello Geom. Maurizio, nel mese di Marzo 2025 è stato eseguito il presente studio di compatibilità idraulica ai fini del rilascio di un art. 53 L.R. Procedimento Unico per la realizzazione di Campi da Padel.

In particolare, nei capitoli che seguono si riportano le scelte metodologiche e progettuali adottate per il rispetto del “**principio di invarianza idraulica**”: è stato verificato che le trasformazioni previste (esempio la realizzazione di impermeabilizzazioni) non provochino un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall’area stessa, prevedendo un volume di invaso di compensazione.

La portata al colmo di piena risultante dal drenaggio dell’area d’intervento rimarrà così costante prima e dopo la trasformazione dell’uso del suolo, garantendo il principio di invarianza idraulica.

L’area d’intervento è ubicata a Soliera (MO), in via Corte n°200.

Dal punto di vista idrografico, l’area è caratterizzata dalla presenza della rete di scolo e irrigazione dei canali del Consorzio di Bonifica dell’Emilia Centrale. Il progetto non è interferente con tali corsi d’acqua: ricade infatti ad una distanza di 300 m dal *Canale Appalto* (questo ubicato ad ovest del sito in esame) a 430 m dal *Canale Soliera Alto* (a nord) e a 280 m dallo *Scolo Gambisa* (ad est).



Fig. 1.1 – Ubicazione dell’area

2. COEFFICIENTI DI DEFLUSSO CARATTERISTICI NELLA CONDIZIONE ANTE E POST OPERAM

Il lotto in oggetto ha estensione pari a **2'100 mq.**

USO DEL SUOLO	CARATTERISTICHE DEGLI STRATI	COEFFICIENTE DEFLUSSO
Tetti e coperture impermeabili inclinate e piane	- coperture con manto impermeabile e/o tetti verdi	0.90
Pavimentazioni stradali, cortilizie e parcheggi non drenanti	- asfalto o calcestruzzo	0.90
	- massiciata stradale a diversi strati portanti in materiali aridi (ghiaie, sabbie, stabilizzato)	
	- sottosuolo	
	- cubetti o pietre con fughe sigillate	
Pavimentazioni stradali, cortilizie e parcheggi drenanti	- pietrisco	0.60
	- strato portante con ghiaia	
	- sottosuolo	
	- verde con solette sottostanti	
	- terreno organico	
	- strato drenante in ghiaia, sabbia, stabilizzato	
	- soletta in calcestruzzo	
	- asfalto o calcestruzzo drenate macroporoso	
Pavimentazioni stradali, cortilizie e parcheggi drenanti	- massiciata stradale a diversi strati portanti	0.60
	- sottosuolo	
	- cubetti con fughe rinverdite	
	- pietrisco	
	- strato portante con ghiaia	
	- sottosuolo	
	- stabilizzato o misto di inerti	
	- strato portante con ghiaia	
Prati, parchi, giardini ed aree verdi urbane	- sottosuolo	0.25
	- autobloccanti alveolari (cls o plastici) intasati di terreno vegetale e prato	
	- pietrisco	
	- strato portante in ghiaia	
Terreni coltivati e incolti	- sottosuolo	0.25
	- terreno incolto	
	- sottosuolo	
Boschi	- alberature e sottobosco	0.15
	- terreno naturale	
	- sottosuolo	

Fig. 2.1 – Coefficienti di deflusso caratteristici

Con riferimento alla tabella dei coefficienti di deflusso sopra riportata, la situazione idraulica dello **STATO DI FATTO** risulta (**figura 2.2**):

STATO DI FATTO	mq	Cd
Area agricola	2045,31	0,2
Pavimentazione a fuga non sigillata	54,69	0,7
TOTALE SUPERFICIE	2100	0,213021

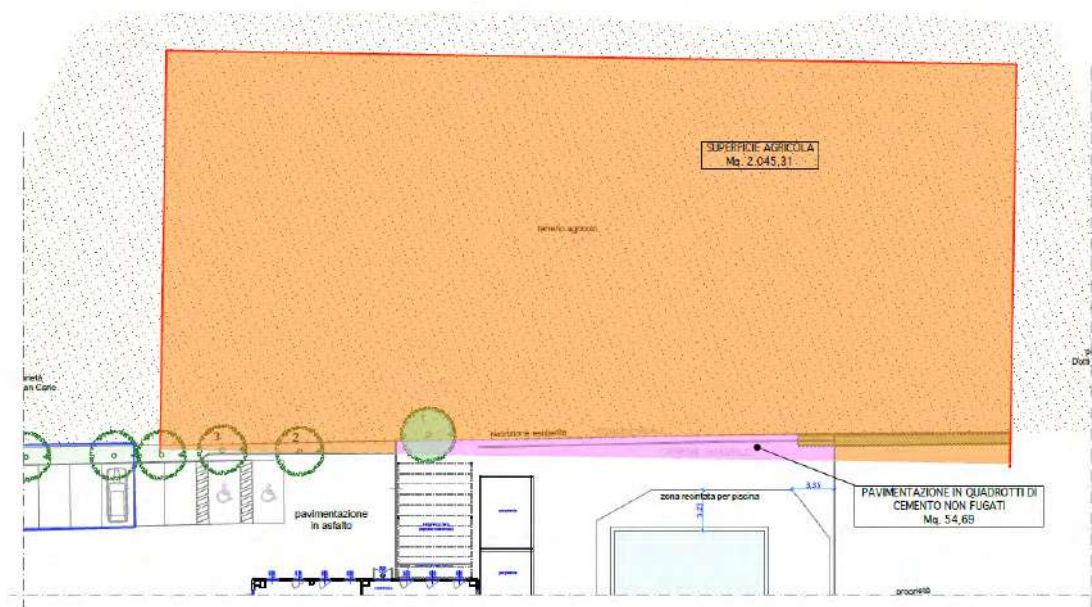


Fig. 2.2 – Planimetria dello STATO DI FATTO (in rosso il perimetro del lotto in esame)

La situazione idraulica dello **STATO DI PROGETTO** risulta (**figura 2.3**):

STATO DI PROGETTO	mq	Cd
Aree Verdi	664,00	0,2
Campi da Padel ed eventuale copertura	989,04	0,9
Pavimentazione in asfalto drenante	435,38	0,5
Cubetti o pietre a fuga non sigillata	11,58	0,8
TOTALE SUPERFICIE	2100	0,594611

3. DEFINIZIONE DEL REGIME PLUVIOMETRICO DELL'AREA

Le curve di possibilità pluviometrica riportate rappresentano il riferimento da adottare per le analisi idrologiche sul territorio.

L'equazione di riferimento per il calcolo dell'altezza di pioggia è la seguente:

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

dove

- h = altezza della pioggia [mm];
- t = durata di pioggia [h];
- a (mm/h);
- n (adimensionale).

Per la determinazione delle leggi di pioggia sono state confrontate:

- le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate e fornite dall'Autorità di Bacino del Fiume Po nell'Allegato 3 "*Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense*" delle Norme di attuazione del PAI;
- le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate e fornite dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (CPP Media Pianura);
- le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate e fornite da AIMAG Spa
- le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica fornite dal PTCP di Modena e valide per i Comuni della Provincia di Modena.

Dal confronto tra le varie metodologie si è poi scelto di utilizzare le curve più cautelative fornite dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (CPP Media Pianura):

Tempo di ritorno T	Alta pianura		Media pianura		Bassa pianura	
	a	n	a	n	a	n
25	51.44	0.21	58.93	0.23	69.09	0.17
50	57.50	0.21	66.21	0.23	78.16	0.16
100	63.50	0.21	73.44	0.23	87.16	0.16

Fig. 3.1: Parametri della curva di possibilità climatica tratte da uno studio del Prof Marinelli eseguito per i canali consortili.

Per i bacini di piccole e medie dimensioni le piogge critiche sono rappresentate da scrosci molto intensi e di breve durata e la valutazione dell'intensità di pioggia fa quindi riferimento ad eventi di questo tipo. Per il caso in oggetto si considerano eventi con ricorrenza statistica **TR=50 anni** che corrispondono alla curva di possibilità pluviometrica (secondo la legge probabilistica di Gumbel):

$$\text{TR= 50 anni: } h = 66,21 t^{0,23}$$

dove:

h = altezza in mm

t = tempo di pioggia in ore.

La valutazione del livello di incremento di criticità idraulica del territorio viene solitamente condotta in base all'analisi *afflussi – deflussi* prima e dopo la realizzazione delle opere in progetto.

La differenza dei deflussi antecedenti e conseguenti gli interventi rappresenta l'incremento di portata determinato dagli effetti delle modifiche previste dal progetto.

Il calcolo della portata eseguito applicando il metodo razionale, parte dall'analisi della curva di possibilità pluviometrica per durate di precipitazione corrispondenti al **tempo di corrivazione critico** per calcolare il quale si è fatto riferimento alla formula di *Ventura*, valida per piccoli bacini:

$$\tau_c(\text{ore}) = 0,1272 \sqrt{A_b / i_m}$$

dove:

- A_b area del bacino in $\text{km}^2 = 0,0021$
- i_m pendenza media del bacino (considerata in questo caso pari a 0,001).

Alla luce dell'assetto morfologico dell'area di studio, il tempo di corrivazione risulta:

$$\tau_c = 0,18 \text{ ore } (\approx 11 \text{ minuti}).$$

che, in corrispondenza dell'evento critico, fornisce un'altezza di pioggia ed un'intensità di pioggia:

$$h = 44,63 \text{ mm}; i = 248 \text{ mm/ora}.$$

4. STIMA DELLA PORTATA DI DEFLUSSO E DEL COEFFICIENTE UDOMETRICO NELLO STATO DI FATTO E NELLO STATO DI PROGETTO

La **portata massima** al colmo alla sezione di chiusura del bacino vale:

$$Q_{crit} = \frac{\varphi \cdot i \cdot S}{360}$$

Dove:

Q_{crit} : portata al colmo di piena in m³/s;

φ : coefficiente di afflusso medio del bacino adimensionale;

i : intensità media della pioggia per $t_p=t_c$, in mm/h;

S : superficie del bacino in ha

La **portata massima** al colmo alla sezione di chiusura del bacino vale, nello STATO DI FATTO:

$$Q_{crit} = 0,031 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{31 \text{ l/sec}}$$

STATO DI FATTO						
	Sup. Reale	φ	t_c	I	Q_{max}	u
	ha	-	ore	mm/ha	m ³ /sec	l/sec · ha
TR=50	0,21	0,213	0,18	248	0,031	148

Tabella 4.I – Calcolo della portata critica - TR50 nello STATO DI FATTO

La **portata massima** al colmo alla sezione di chiusura del bacino vale, nello STATO DI PROGETTO:

$$Q_{crit} = 0,086 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{86 \text{ l/sec}}$$

STATO DI PROGETTO						
	Sup. Reale	φ	t_c	I	Q_{max}	u
	ha	-	ore	mm/ha	m ³ /sec	l/sec · ha
TR=50	0,21	0,595	0,18	248	0,086	410

Tabella 4.II – Calcolo della portata critica - TR50 nello STATO DI PROGETTO

A parità di intensità, il contributo idrico dell'area allo stato attuale è pari a 31 l/s mentre a seguito degli interventi progettuali la portata di deflusso è di 86 l/s.

L'incremento dell'apporto idrico dovuto alle modifiche previste è quindi pari a **+55 l/s** e richiede pertanto l'adozione di misure compensative necessarie per non alterare l'attuale equilibrio idraulico.

5. CALCOLO DEL VOLUME MINIMO DI LAMINAZIONE

Per rispettare il principio dell'invarianza idraulica, nell'area di intervento si rendono necessarie idonee misure compensative per l'attenuazione del rischio idraulico.

Tali misure, in linea generale, vengono indicate dalla normativa nella predisposizione di volumi di invaso e devono garantire che la portata di deflusso rimanga costante fra lo stato antecedente e quello successivo alla realizzazione delle opere di progetto.

Considerando le trasformazioni urbanistiche previste, per garantire l'invarianza idraulica si propone una valutazione del volume compensativo calcolato sulle effettive caratteristiche idrologiche di impermeabilizzazione e di geometria del sito oggetto di intervento.

In tal senso, calcolando per il tempo di precipitazione, il valore del volume affluito, il volume scaricato nella rete ricettrice e, per differenza tra i due, il volume che è necessario invasare, è possibile determinare il volume necessario alla laminazione dell'evento considerato, ricercando il massimo della curva dei volumi di invaso al variare del tempo di precipitazione.

Il valore così ottenuto rappresenta quindi il massimo per l'evento meteorico col periodo di ritorno valutato.

I volumi di accumulo sono stati stimati con il **metodo delle sole piogge** per la curva di possibilità pluviometrica fornita dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale per interventi compresi tra il Torrente Crostolo e il Fiume Secchia (Marinelli, 2009), con riferimento ad un tempo di ritorno di 50 anni.

Tale metodo non effettua il confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e uscenti dall'invaso, considerando trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante.

In tali condizioni, applicando uno ietogramma netto di pioggia a intensità costante, il VOLUME ENTRANTE (causato dall'alterazione dell'uso del suolo) risulta essere pari a:

$$W_e = \varphi_{equ} * A_{tot} * a * \theta^n$$

con:

A_{tot} = Superficie totale del bacino;

θ = durata dell'evento critico per la vasca di laminazione. È bene ricordare che tale durata non è necessariamente coincidente con quello a cui corrisponde il valore massimo della portata in arrivo (evento che si utilizza per il dimensionamento del reticolo idraulico a monte).

φ_{equ} = coefficiente di deflusso equivalente. È un coefficiente che varia da 0÷1 in funzione della tipologia di superficie considerata. È ottenuto come media pesata tra il coefficiente deflusso della tipologia di area considerata (φ) e la relativa estensione della superficie.

Il VOLUME USCENTE dall'invaso ipotizzando una laminazione ottimale a portata costante pari a Qu_{max} sarà:

$$W_u = Qu_{max} * \theta$$

Il volume da accumulare nell'invaso sarà quello corrispondente alla durata critica per l'invaso di laminazione che si pone pari a:

$$\theta_w = \left(\frac{Qu_{max}}{A_{tot} * \varphi * a * n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Nota la durata critica, il volume dell'invaso (W_{max}) dovrà essere pari a:

$$W_{max} = A_{tot} * \varphi * a * \left(\frac{Qu_{max}}{A_{tot} * \varphi * a * n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Qu_{max} * \left(\frac{Qu_{max}}{A_{tot} * \varphi * a * n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica, ossia:

W in $[m^3]$: volume

A in $[ha]$: area

a in $[mm/h]$: coefficiente della curva di possibilità pluviometrica

θ in $[h]$: durata critica

Q in $[l/s]$: portate

Le equazioni precedenti possono essere riscritte come:

$$\theta_w = \left(\frac{Qu_{max}}{2.78 * A_{tot} * \varphi * a * n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_{max} = 10 * A_{tot} * \varphi * a * \theta_w^n - 3.6 * Qu_{max} * \theta_w$$

Nel caso in esame, la gestione delle acque meteoriche verrà gestita in due aree distinte:

- Area Parcheggio, di estensione totale pari a 720,37 mq,
- Area Campi da Padel, di estensione totale pari a 1'379,63 mq.

Ogni area avrà una propria laminazione delle piogge, autonoma e indipendente.

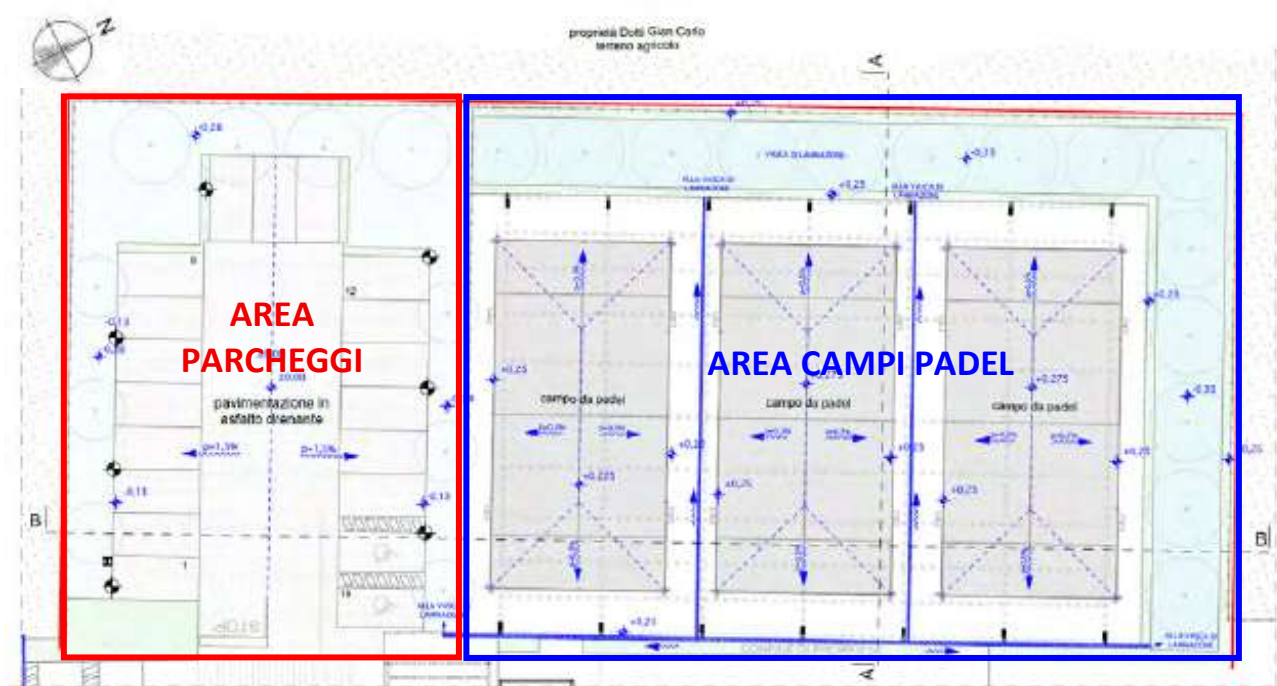


Fig. 5.1 – Suddivisione delle aree per la gestione delle acque meteoriche

Le due aree sono caratterizzate dai seguenti coefficienti di deflusso:

AREA PARCHEGGI	mq	Cd
Aree Verdi	280,20	0,2
Campi da Padel ed eventuale copertura	0	0,9
Pavimentazione in asfalto drenante	435,38	0,5
Cubetti o pietre a fuga non sigillata	5,79	0,8
TOTALE SUPERFICIE	721,37	0,3853

AREA CAMPI PADEL	mq	Cd
Aree Verdi	383,80	0,2
Campi da Padel ed eventuale copertura	989,04	0,9
Pavimentazione in asfalto drenante	0	0,5
Cubetti o pietre a fuga non sigillata	5,79	0,8
TOTALE SUPERFICIE	1378,63	0,7039

Adottando la curva pluviometrica indicata in precedenza, dall'analisi dei dati e dei grafici risultanti dall'elaborazione, si evince che i **VOLUMI MINIMI DI INVASO** necessari risultano, per le due aree:

- Volume di minimo Invaso per l'area Parcheggio: **$W_{\text{PARCHEGGI}} = 16 \text{ m}^3$** : tale valore corrisponde nello specifico al picco della curva del volume di invaso raggiunto per un evento meteorico critico di durata 4,12 ore, come risulta dal tabulato sottostante;
- Volume di minimo Invaso per l'area Campi da Padel: **$W_{\text{CAMPI PADEL}} = 69 \text{ m}^3$** : tale valore corrisponde nello specifico al picco della curva del volume di invaso raggiunto per un evento meteorico critico di durata 1,89 ore, come risulta dal tabulato sottostante.

Per rispettare il principio di invarianza idraulica, relativamente alle acque meteoriche, le norme richiedono, in linea generale e in ordine decrescente di priorità, di:

- **recuperarle** ai fini del riutilizzo;
- **infiltrarle** al suolo e negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche idrogeologiche locali dei terreni;
- **scaricarle in corpo idrico superficiale** naturale o artificiale con limiti di portata prestabiliti (10-20 l/s·ha di superficie scolante impermeabile);
- **scaricarle in fognatura** naturale o artificiale con limiti di portata prestabiliti (10-20 l/s·ha di superficie scolante impermeabile oppure secondo le indicazioni del gestore del recettore).

DIMENSIONAMENTO DI UNA CASSA CON IL METODO DELLE SOLE PIOGGE

dati in INPUT da inserire nelle caselle bordate

LOCALITA' **SOLIERA** **REBEL PADEL S.R.L.**

ALGORITMI utilizzati:

Ventrante= psixSxaxt^n ; **Vuscente=** uxSxt ; **Vcassa=** $\text{Ventrante}-\text{Vuscente}$;
variando "t" il Vcassa varia: quello massimo si ha per $t=((\text{uxS})/(\text{nxpsixSxa}))^{1/(n-1)}$

coeff. idrometrico max ammissibile in scarico

10

l/ha s

u

superficie territoriale da urbanizzare

0,137963

ha

S

coefficiente di deflusso medio

0,7039

psi

psi

CASO A) EVENTI INFERIORI AD 1 ORA: inserire i dati della curva di possibilità pluviometrica

CPP **Media Pianura** periodo di ritorno T

50

Area

CAMPI PADEL

a coefficiente per il tempo

66,21

n esponente del tempo

0,23

h profondità media cassa

1

(questo dato serve solo per la superficie cassa)

Sviluppo dei calcoli in modo analitico al variare del tempo di durata della pioggia t, validità < un'ora:

t(ore)	A (ha)	pioggia(mm)	coeff.defl.	V (mc)	scarico(mc/s)	Vuscente	Vcassa	SUPER(mq)
0,10	0,138	39	0,7039	37,86144479	0,00137963	0,4966668	37	37
0,20	0,138	46	0,7039	44,40522568	0,00137963	0,9933336	43	43
0,30	0,138	50	0,7039	48,7455608	0,00137963	1,4900004	47	47
0,40	0,138	54	0,7039	52,0800006	0,00137963	1,9866672	50	50
0,50	0,138	56	0,7039	54,82268271	0,00137963	2,483334	52	52
0,60	0,138	59	0,7039	57,17049733	0,00137963	2,9800008	54	54
0,70	0,138	61	0,7039	59,23381871	0,00137963	3,4766676	56	56
0,80	0,138	63	0,7039	61,08124487	0,00137963	3,9733344	57	57
0,90	0,138	65	0,7039	62,75855851	0,00137963	4,4700012	58	58
1,00	0,138	66	0,7039	64,29795829	0,00137963	4,966668	59	59

Durata della precipitazione critica

Altezza della precipitazione nel tempo critico

Volume cassa di progetto

fuori curva	ore	tc
fuori curva	mm	h
fuori curva	mc	Vcassa

CASO B) EVENTI SUPERIORI AD 1 ORA: inserire i dati della curva di possibilità pluviometrica

CPP **Media Pianura** periodo di ritorno T

50

Area

CAMPI PADEL

a coefficiente per il tempo

66,21

n esponente del tempo

0,23

h profondità media cassa

1

(questo dato serve solo per la superficie cassa)

Sviluppo dei calcoli in modo analitico al variare del tempo di durata della pioggia t, validità > un'ora:

t(ore)	A (ha)	pioggia(mm)	coeff.defl.	V (mc)	scarico(mc/s)	Vuscente	Vcassa	SUPER(mq)
1,00	0,138	66	0,7039	64,29795829	0,00137963	4,966668	59	59
1,25	0,138	70	0,7039	67,68407306	0,00137963	6,208335	61	61
1,50	0,138	73	0,7039	70,58268452	0,00137963	7,450002	63	63
1,75	0,138	75	0,7039	73,13006068	0,00137963	8,691669	64	64
2,00	0,138	78	0,7039	75,41089265	0,00137963	9,933336	65	65
2,25	0,138	80	0,7039	77,48170373	0,00137963	11,175003	66	66
2,50	0,138	82	0,7039	79,38224639	0,00137963	12,41667	67	67
2,75	0,138	84	0,7039	81,14162523	0,00137963	13,658337	67	67
3,00	0,138	85	0,7039	82,78183922	0,00137963	14,900004	68	68
3,25	0,138	87	0,7039	84,31995297	0,00137963	16,141671	68	68
3,50	0,138	88	0,7039	85,76949101	0,00137963	17,383338	68	68

Durata della precipitazione critica

Altezza della precipitazione nel tempo critico

Volume cassa di progetto

4,12	ore	tc
91,72	mm	h
69	mc	Vcassa

Nota Bene: in alcuni casi il massimo della funzione Vcassa (t) si ottiene al di fuori dei campi di validità delle CPP; ciò significa che analiticamente il massimo esiste ma idrologicamente non si manifesta; allora occorre assumere il V cassa max fra i due calcolati analiticamente con t=1 ora

DIMENSIONAMENTO DI UNA CASSA CON IL METODO DELLE SOLE PIOGGE

dati in INPUT da inserire nelle caselle bordate

LOCALITA' **SOLIERA** **REBEL PADEL S.R.L.**

ALGORITMI utilizzati:
 $Ventrante = \psi \cdot S \cdot x \cdot t^n$; $Vuscente = u \cdot S \cdot x \cdot t$; $Vcassa = Ventrante - Vuscente$;
 variando "t" il Vcassa varia: quello massimo si ha per $t = ((u \cdot S) / (n \cdot \psi \cdot S \cdot x))^{\frac{1}{n-1}}$

coeff. uditometrico max ammissibile in scarico
 superficie territoriale da urbanizzare
 coefficiente di deflusso medio

10
0,072037
0,3853

l/ha s
 ha
 psi

u
 S
 psi

CASO A) EVENTI INFERIORI AD 1 ORA: inserire i dati della curva di possibilità pluviometrica

CPP **Media Pianura** periodo di ritorno T

50

Area **PARCHEGGI**

a coefficiente per il tempo
 n esponente del tempo
 h profondità media cassa

66,21
0,23
1

(questo dato serve solo per la superficie cassa)

Sviluppo dei calcoli in modo analitico al variare del tempo di durata della pioggia t, validità < un'ora:

t(ore)	A (ha)	pioggia(mm)	coeff.defl.	V (mc)	scarico(mc/s)	Vuscente	Vcassa	SUPER(mq)
0,10	0,072	39	0,3853	10,82126955	0,00072037	0,2593332	11	11
0,20	0,072	46	0,3853	12,69156312	0,00072037	0,5186664	12	12
0,30	0,072	50	0,3853	13,93208462	0,00072037	0,7779996	13	13
0,40	0,072	54	0,3853	14,88510879	0,00072037	1,0373328	14	14
0,50	0,072	56	0,3853	15,66900128	0,00072037	1,296666	14	14
0,60	0,072	59	0,3853	16,34003576	0,00072037	1,5559992	15	15
0,70	0,072	61	0,3853	16,92975855	0,00072037	1,8153324	15	15
0,80	0,072	63	0,3853	17,45777581	0,00072037	2,0746656	15	15
0,90	0,072	65	0,3853	17,93717281	0,00072037	2,3339988	16	16
1,00	0,072	66	0,3853	18,37715232	0,00072037	2,593332	16	16

Durata della precipitazione critica

Altezza della precipitazione nel tempo critico

Volume cassa di progetto

fuori curva	ore	tc
fuori curva	mm	h
fuori curva	mc	Vcassa

CASO B) EVENTI SUPERIORI AD 1 ORA: inserire i dati della curva di possibilità pluviometrica

CPP **Media Pianura** periodo di ritorno T

50

Area **PARCHEGGI**

a coefficiente per il tempo
 n esponente del tempo
 h profondità media cassa

66,21
0,23
1

(questo dato serve solo per la superficie cassa)

Sviluppo dei calcoli in modo analitico al variare del tempo di durata della pioggia t, validità > un'ora:

t(ore)	A (ha)	pioggia(mm)	coeff.defl.	V (mc)	scarico(mc/s)	Vuscente	Vcassa	SUPER(mq)
1,00	0,072	66	0,3853	18,37715232	0,00072037	2,593332	16	16
1,25	0,072	70	0,3853	19,34494584	0,00072037	3,241665	16	16
1,50	0,072	73	0,3853	20,17340487	0,00072037	3,889998	16	16
1,75	0,072	75	0,3853	20,90147651	0,00072037	4,538331	16	16
2,00	0,072	78	0,3853	21,55336651	0,00072037	5,186664	16	16
2,25	0,072	80	0,3853	22,14522995	0,00072037	5,834997	16	16
2,50	0,072	82	0,3853	22,68842857	0,00072037	6,48333	16	16
2,75	0,072	84	0,3853	23,19128082	0,00072037	7,131663	16	16
3,00	0,072	85	0,3853	23,66007428	0,00072037	7,779996	16	16
3,25	0,072	87	0,3853	24,09968622	0,00072037	8,428329	16	16
3,50	0,072	88	0,3853	24,51398214	0,00072037	9,076662	15	15

Durata della precipitazione critica

Altezza della precipitazione nel tempo critico

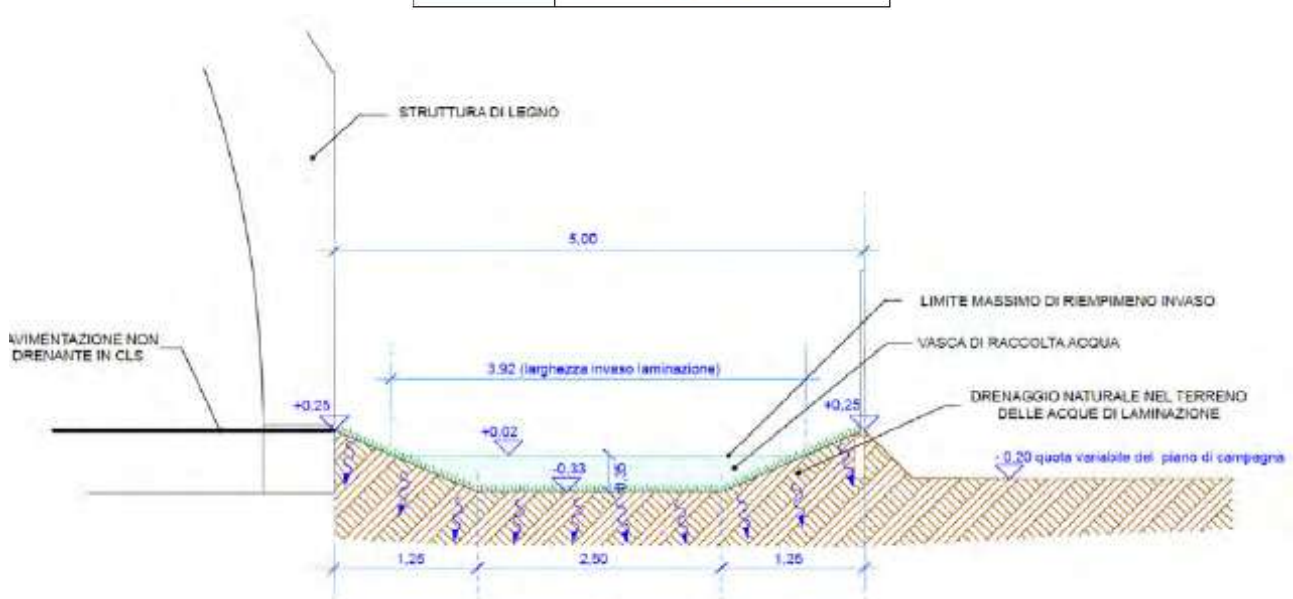
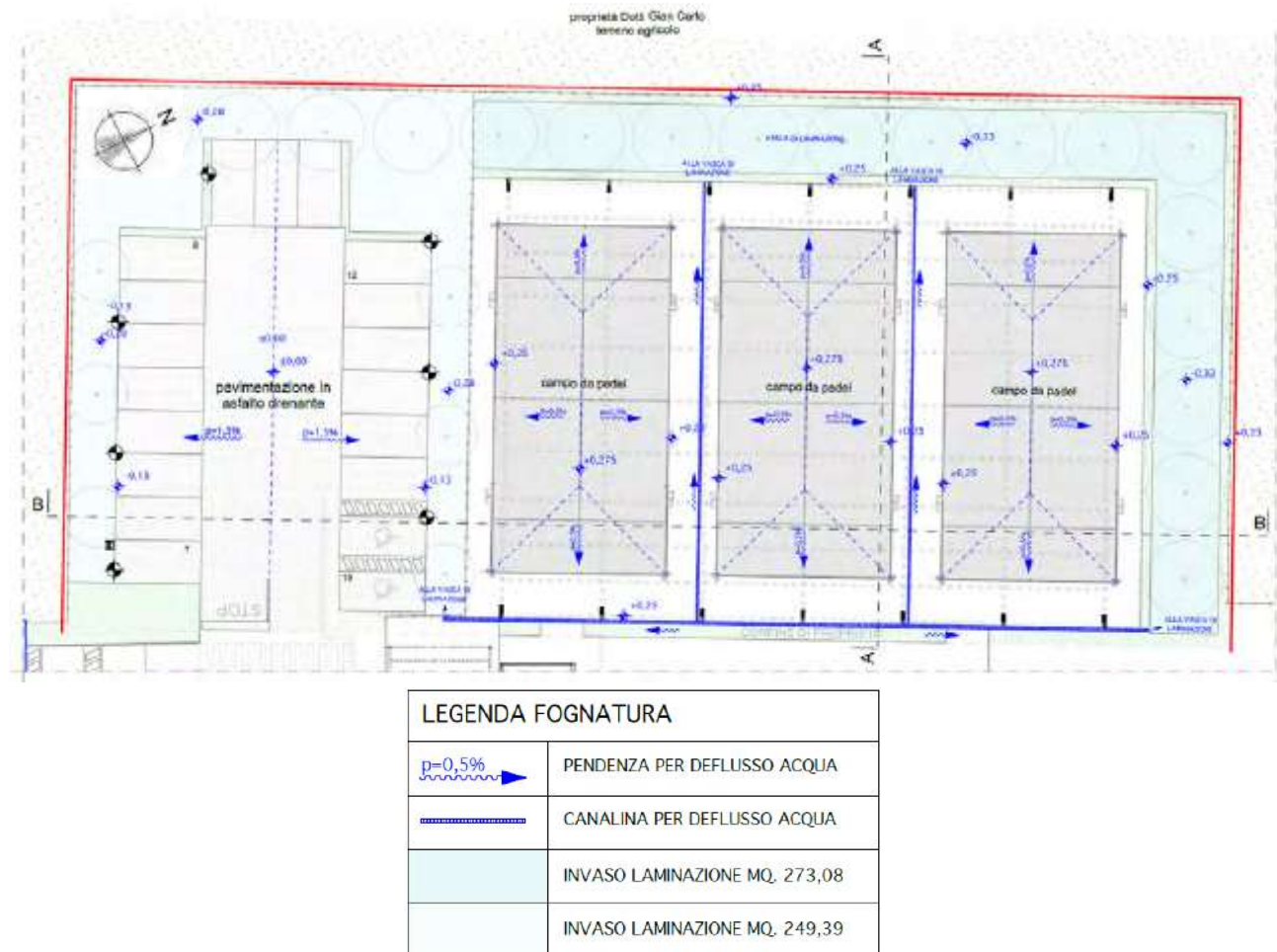
Volume cassa di progetto

1,89	ore	tc
76,61	mm	h
16	mc	Vcassa

Nota Bene: in alcuni casi il massimo della funzione Vcassa (t) si ottiene al di fuori dei campi di validità delle CPP; ciò significa che analiticamente il massimo esiste ma idrologicamente non si manifesta; allora occorre assumere il V cassa max fra i due calcolati analiticamente con t=1 ora

Per quanto riguarda le acque meteoriche provenienti dai **CAMPI DA PADEL**, il volume di laminazione sarà compensato realizzando un invaso, o meglio, di una leggera depressione sfruttando l'area verde a prato in progetto al margine settentrionale e occidentale del lotto, per un'estensione **S = 273,08 mq.**

Nel caso in esame si prevede una profondità **H_{PROGETTO} = 0.35 m** ed un volume di laminazione **V₁ ≈ 79,20 mc** dunque il volume di minimo invaso è da considerarsi ampiamente compensato.



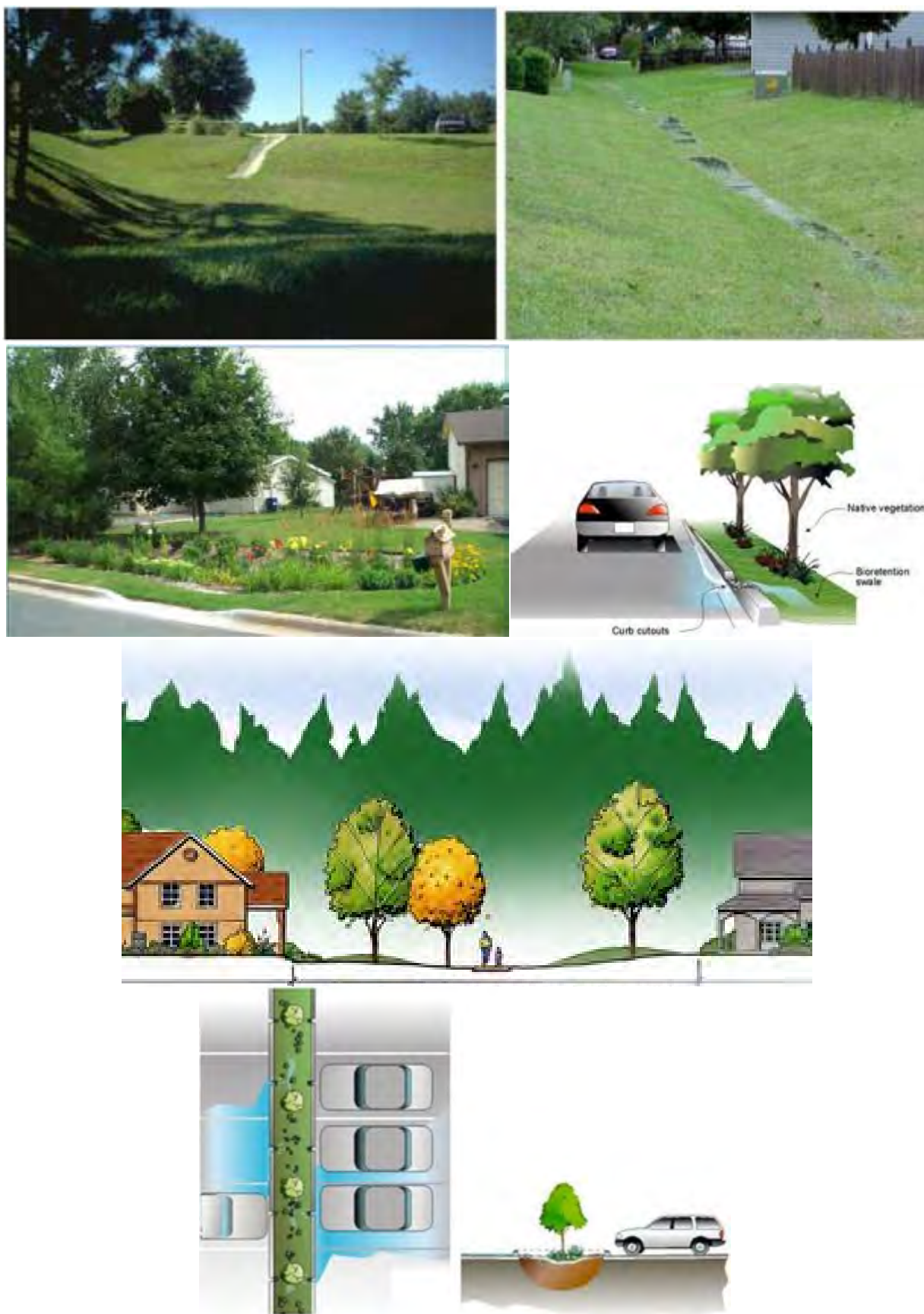


Fig. 5.3 – Esempio di depressione con la funzione di "ammortizzatore idraulico"

Tale leggera depressione svolgerà la funzione di "ammortizzatore idraulico" durante i piovaski di particolare intensità e durata, trattenendo temporaneamente la portata intercettata. Le acque meteoriche vengono così raccolte e restituite poi con calma al loro ciclo attraverso l'infiltrazione naturale nel terreno, andando ad alimentare le falde sotterranee.

Le pareti e il fondo del bacino saranno ricoperte da un tappeto erboso, da arbusti e da alberature, al fine sia di stabilizzare queste aree sia di esercitare un'azione filtrante per rimuovere le sostanze inquinanti presenti nelle acque di pioggia, come nutrienti e metalli disciolti. Inoltre, le radici vegetali possono aumentare la capacità di infiltrazione di un terreno poiché creano nello stesso dei condotti preferenziali in cui l'acqua si infila.

Perimetralmente ai campi da padel verranno realizzate delle canaline di raccolta con le opportune pendenze al fine di convogliare le acque meteoriche nel volume di laminazione anche nella condizione di campi provvisti di cupola di copertura.

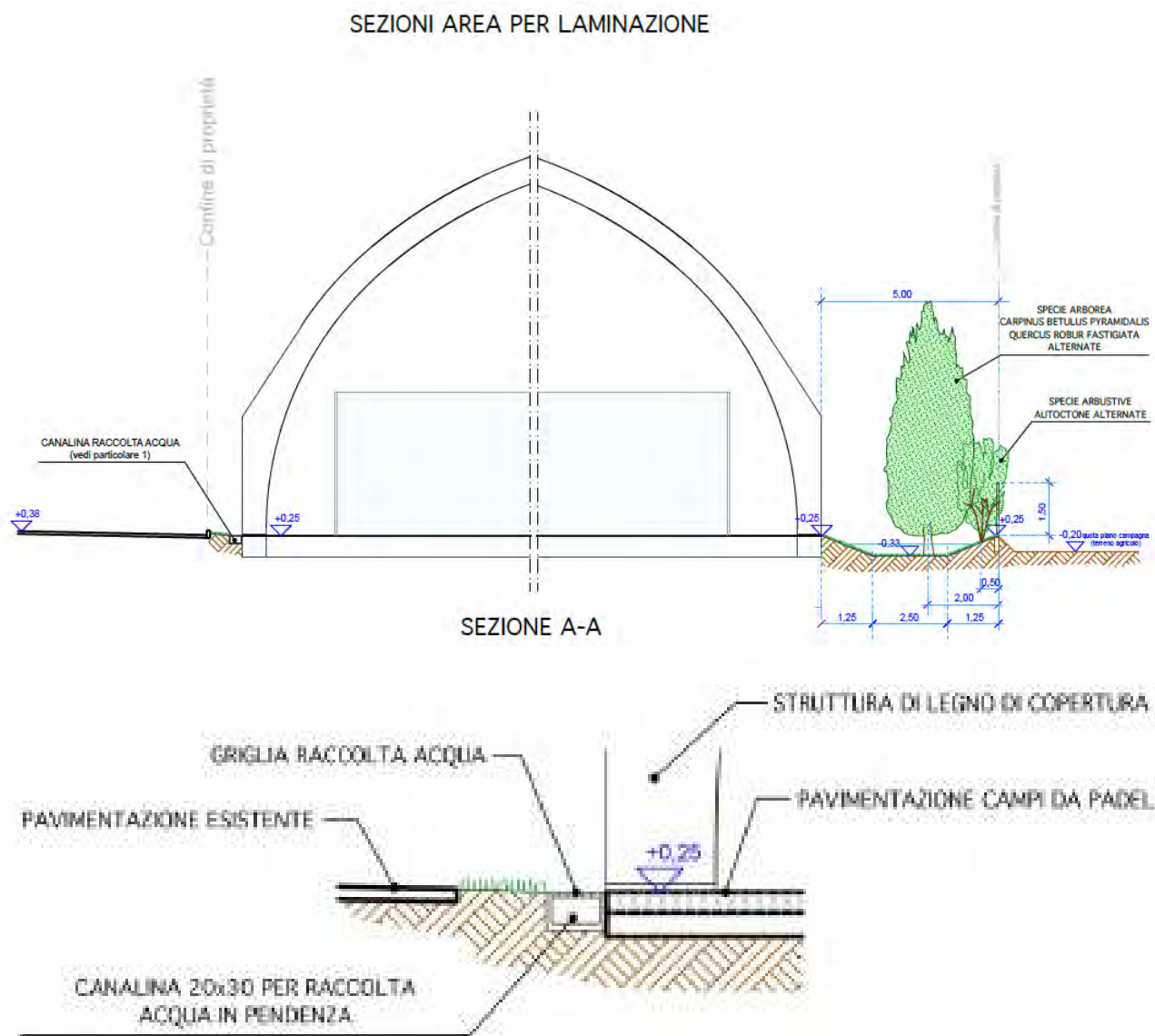


Fig. 5.4 – Sezione tipo in caso di cupola di copertura

Per quanto riguarda invece le acque meteoriche che insisteranno sul **PARCHEGGIO DRENANTE**, queste verranno immagazzinate realizzando uno strato di sottofondo drenante di almeno 50 cm con una porosità efficace media di circa 25%. Tale sottofondo, di estensione 435,38 mq e spessore totale 0,50 mq, permetterà di immagazzinare un volume di invaso **$V_2 \approx 54$ mc.**

Sedimento	Porosità	Porosità efficace
Ghiaia grossa	28	23
Ghiaia media	32	24
Ghiaia fine	34	25
Sabbia grossa	39	27
Sabbia media	39	28
Sabbia fine	43	23
Silt	46	8
Arenaria a grana fine	33	21
Argilla	42	3
Arenaria a grana media	37	27
Calcare	30	14
Dolomia	26	-
Sabbia di duna	45	38
Loess	49	18
Torba	92	44
Scisti	38	26
Siltite	35	12
Argillite	43	-
Shale	6	-
Till sabbioso	31	16
Till siltoso	34	6
Tufo	41	21
Basalto	17	-
Gabbro alterato	43	-
Granito alterato	45	-

Tab. 5.1 – Porosità e porosità efficace caratteristiche dei terreni

Le di acque meteoriche così raccolte saranno restituite con calma al loro ciclo attraverso l'infiltrazione naturale nel terreno, andando ad alimentare le falde sotterranee.

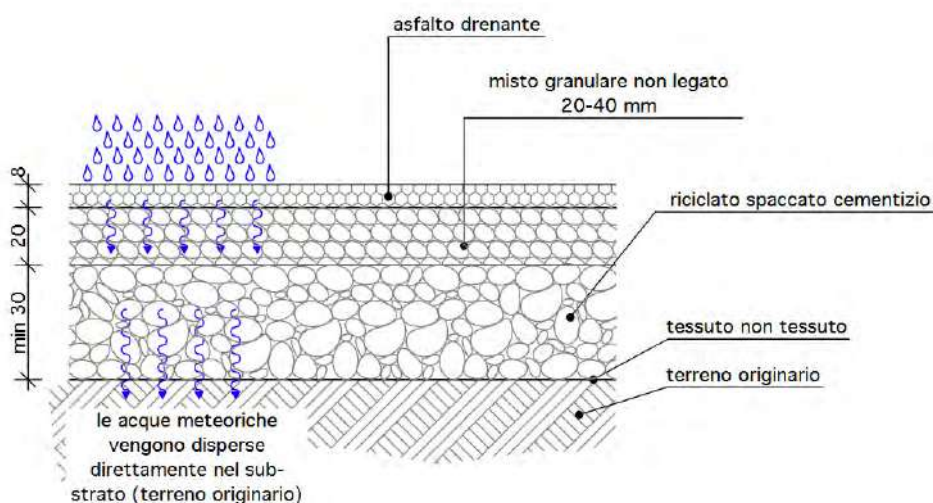


Fig. 5.5 – Particolare del pacchetto drenante

Risulta chiaro che, qualora il sottosuolo possieda già buone caratteristiche drenanti, gli strati del pacchetto hanno solo la funzione di vettori delle portate infiltrate e di eventuale filtro nei confronti degli inquinanti da queste veicolate; invece, qualora non sussistano le garanzie di permeabilità del sottosuolo, o comunque nei casi di deflusso lento come nel caso in esame, l'intera pavimentazione assume un ruolo di accumulo, anche se temporaneo, delle acque infiltrate, che vengono gradualmente restituite al sottosuolo.

Anche nell'area verde circostante ai parcheggi verrà realizzata una leggera depressione, che fungerà da eventuale soccorso alle acque dei parcheggi, in caso di necessità.

In conclusione, ai fini dell'invarianza idraulica si riportano i seguenti dati riassuntivi:

- Il volume di minimo Invaso per l'area Campi da Padel: **$W_{\text{CAMPI PADEL}} = 69 \text{ m}^3$** . Tale volume sarà compensato realizzando una leggera depressione (profonda 0,35 m) sfruttando l'area verde a prato in progetto al margine settentrionale e occidentale del lotto, di estensione $S = 273,08 \text{ mq}$: il volume di invaso previsto dal progetto nell'area Campi da Padel è pari a: **$V_1 \approx 79,20 \text{ m}^3$** .
- Il volume di minimo Invaso per l'area Parcheggi: **$W_{\text{PARCHEGGI}} = 16 \text{ m}^3$** . Tale volume sarà compensato realizzando uno strato di sottofondo drenante di almeno 0,50 m con una porosità efficace media di circa 25, in corrispondenza dei parcheggi, per un'estensione di 435,38 mq: il volume di invaso previsto dal progetto nell'Area Parcheggi è pari a: **$V_2 \approx 54 \text{ m}^3$** .

A tali volumi si aggiunge inoltre il volume ottenuto realizzando un'ulteriore leggera depressione anche nell'area verde circostante ai parcheggi; questa fungerà da eventuale volume di soccorso, in caso di necessità.

Essendo i volumi di invaso previsti ($V_{\text{TOT}} = 133,2 \text{ m}^3$) superiori al volume di minimo invaso necessario ($W_{\text{TOT}} = 85 \text{ m}^3$), si ritiene rispettato il principio di invarianza idraulica.

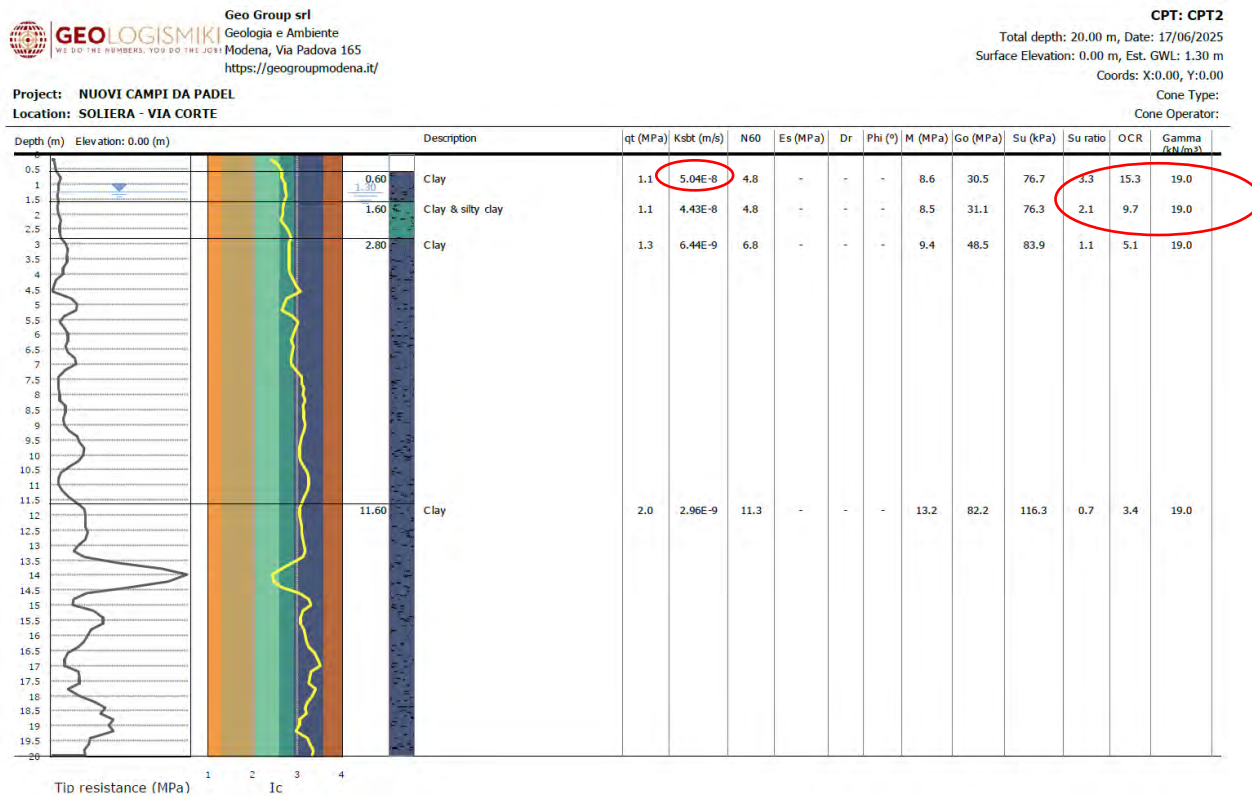


Fig. 5.6 – Sezione B (NNE-SSW) della laminazione

6. CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DELL'INVASO VERDE DI LAMINAZIONE

Sulla base delle prove penetrometriche effettuate in sito, il valore del coefficiente di permeabilità ottenuto per i litotipi interessati è:

$$K = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ cm/s}$$



Project: NUOVI CAMPI DA PADEL

Location: SOLIERA - VIA CORTE

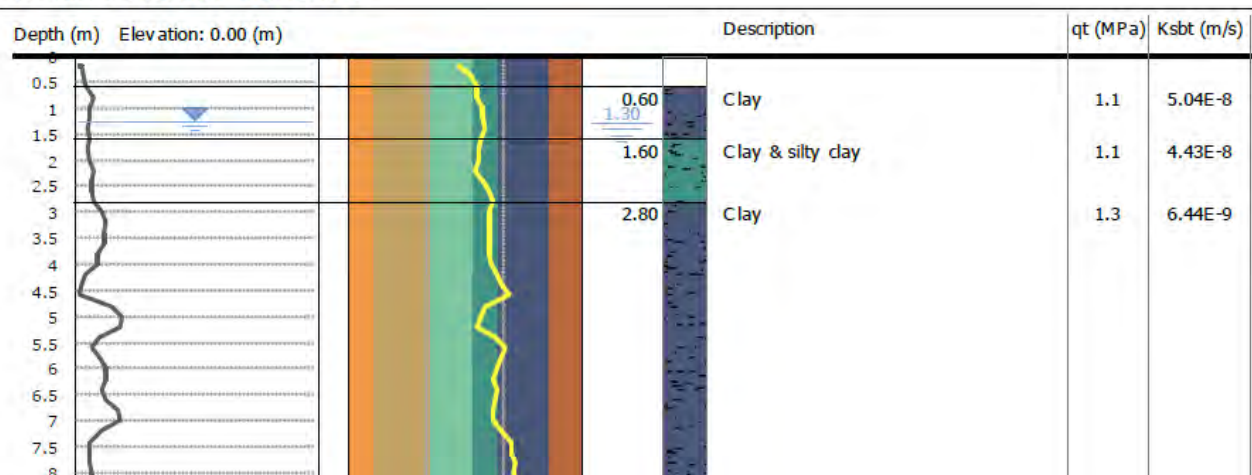


Fig. 6.1 – Parametri geotecnici del sottosuolo, presso l'area d'interesse

k (cm/s)	10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸
k (m/s)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile				
Tipi di terreno	Ghiaie pulite	Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie			Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee compatte	

Fig. 6.2 – Tabella che illustra il coefficiente di permeabilità K per vari terreni

Conducibilità idraulica (m/s)	10 ¹	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Granulometria omogenea	ghiaia pura			sabbia		sabbia fine			limo		argilla		
Granulometria eterogenea	ghiaia	ghiaia e sabbia			sabbia con limo e argilla						argilla		
Grado di permeabilità assoluta	molto buono			buono		scarso					nullo		
Complessi idrogeologici	altamente permeabile			mediamente permeabile			scarsamente permeabile				impermeabile		

Fig. 6.3 – Tabella che illustra diversi parametri in base alla conducibilità idraulica K

K [m/s]	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
PERMEABILITÀ	alta			media			bassa	molto bassa		impermeabile		
DRENAGGIO	buono						povero		praticamente nullo			
TERRENO	ghiaie pulite		sabbie pulite e miscele di ghiaie e sabbie pulite			sabbie fini, limi, miscele di sabbie, limi e argille, depositi di argille stratificati			Argille omogenee non alterate			
						Argille alterate						

Fig. 6.4 - Coefficiente di permeabilità k per i terreni e classificazione del terreno secondo il valore k.

L'infiltrazione $f(t)$ è definita come la portata per unità di superficie che all'istante t si infila nel sottosuolo ed è misurata, generalmente, in mm/ora in analogia all'intensità di pioggia.

Ferma restando la possibilità di adottare i metodi di calcolo indicati nella letteratura tecnica che si ritengono adeguati, una classe di modelli di infiltrazione particolarmente importante è quella dei cosiddetti **Modelli di Horton** che, in base a numerose risultanze sperimentali, individua una legge decrescente di tipo esponenziale per rappresentare l'andamento nel tempo dell'infiltrazione $f(t)$ (Figura 6.5).

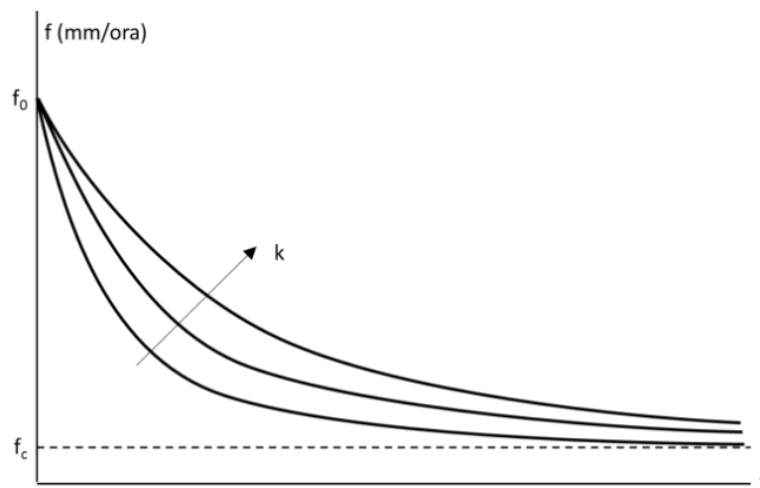


Fig. 6.5 - Legge di Horton. Andamenti della capacità di infiltrazione in presenza di sovrabbondanza di acqua sulla superficie disperdente

Tale legge esponenziale indica che l'infiltrazione decresce da un valore massimo iniziale f_0 , che è legato al tipo di suolo ed al suo stato di imbibizione all'inizio dell'evento, ad un valore minimo asintotico f_c , che eguaglia la conduttività idraulica a saturazione K_s , la quale è legata alle caratteristiche di porosità del terreno, alla stratigrafia del sottosuolo, alla presenza e distanza dalla falda.

La rapidità dell'esponenziale, misurata dal parametro k , con cui l'infiltrazione tende al valore asintotico è anch'essa legata al tipo di suolo.

L'andamento esponenziale risponde bene all'osservazione sperimentale che mostra come durante il processo di infiltrazione il suolo sia soggetto ad un progressivo fenomeno di saturazione che limita progressivamente il valore dell'infiltrazione.

È da sottolineare che l'infiltrazione segue tale andamento esponenziale quando la superficie di infiltrazione è alimentata da acqua in misura sovrabbondante rispetto all'infiltrazione stessa; in tal caso essa rappresenta propriamente la "capacità di infiltrazione" essendo commisurata al valore massimo a cui può arrivare l'infiltrazione istante per istante.

Se, invece, l'adacquamento è minore della capacità di infiltrazione, cioè il suolo presenta nell'istante considerato una capacità di infiltrazione maggiore della portata idrica in arrivo sulla superficie, l'infiltrazione non può che assorbire la portata d'acqua disponibile mantenendosi quindi ad un valore minore della capacità di infiltrazione.

Prudenzialmente, quindi, nei calcoli di dimensionamento delle opere di infiltrazione è opportuno riferirsi al valore minimo asintotico f_c che residua dopo che sia sostanzialmente terminato il processo di saturazione del suolo. Tanto più che l'evento meteorico intenso può avvenire dopo piogge che hanno già contribuito a saturare il suolo.

Per quanto riguarda i valori da attribuire ai parametri della legge di Horton, lo statunitense Soil Conservation Service (SCS) [1956], ora Natural Resources Conservation Service, propone le seguenti quattro classi (A, B, C e D) di suoli con copertura erbosa:

- **Classe A** Scarsa potenzialità di deflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
- **Classe B** Potenzialità di deflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.

- **Classe C** Potenzialità di deflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
- **Classe D** Potenzialità di deflusso molto alta: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Classe suolo	f_o [mm/ora]	f_c [mm/ora]	k [ore ⁻¹]
A	250	25.4	2
B	200	12.7	2
C	125	6.3	2
D	76	2.5	2

Tabella 6.1 - Parametri delle curve di Horton proposti dal SCS [1956]

Come si vede la capacità di infiltrazione a lungo termine f_c varia per i diversi tipi di suolo tra circa $20 \div 2$ mm/ora, valori che, cambiando unità di misura ($1,0$ mm/ora = $2,778$ l/(s·ha)), corrispondono rispettivamente a portate di infiltrazione di circa $55 \div 5,5$ l/(s·ha).

Se quindi, sulla base dei dati sopra riportati, si considera che una pioggia intensa di elevato tempo di ritorno può raggiungere durante la fase di picco intensità anche maggiori di 200 mm/ora, si può subito comprendere come l'infiltrazione, a parità di superficie investita dalla pioggia e di infiltrazione, sia atta ad disperdere al più $1/10$ della punta di portata di pioggia in arrivo, per i suoli più permeabili di classe A, e al più $1/100$ della punta di portata di pioggia in arrivo, per i suoli meno permeabili di classe D.

Pertanto, come ordine di grandezza, data una determinata superficie impermeabile S_{imp} , per disperdere con l'infiltrazione l'intera portata di pioggia di arrivo, occorre convogliare la pioggia raccolta su una superficie disperdente pari al minimo a 10 volte la superficie S_{imp} , per i suoli più permeabili di classe A, e al minimo 100 volte la superficie S_{imp} , per i suoli meno permeabili di classe D.

Da ciò emerge come le prestazioni dei terreni di origine naturale siano, generalmente, inadeguate in termini di capacità di infiltrazione delle punte massime di pioggia. Pertanto, tutti i sistemi di infiltrazione (cunette, aree di laminazione/infiltrazione, pozzi perdenti, ecc.) devono essere adeguatamente e attentamente progettati, in funzione delle caratteristiche proprie dei suoli esistenti (alle diverse profondità di progetto) e secondo le indicazioni di letteratura, in termini di progettazione degli opportuni strati filtranti.

Tutto ciò implica che l'infiltrazione (che, come più volte affermato, è comunque sempre auspicabile in relazione alle finalità di riequilibrio idrologico dei bacini urbanizzati) debba essere accompagnata, come nel caso in esame, da opere di laminazione che consentano di accumulare temporaneamente le portate pluviali degli eventi intensi che non riescono ad essere scaricate per infiltrazione.

È necessario tener conto che, oltre alla natura del suolo, ulteriori aspetti possono limitare anche notevolmente, o addirittura azzerare nel tempo, la capacità limite di infiltrazione f_c :

- presenza di una falda o di strati impermeabili a debole profondità;

- progressiva riduzione della capacità di infiltrazione causata dall'occlusione indotta dalle sostanze solide trasportate dalle acque meteoriche e dallo sviluppo di biomasse adese alle particelle del terreno.

Il Piano di manutenzione ordinaria e straordinaria costituisce lo strumento operativo fondamentale per consentire al titolare di programmare l'esercizio e gestione delle strutture di infiltrazione e della loro durabilità ed efficacia nel tempo.

Il tempo di svuotamento della laminazione non dovrebbe superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile.

Configurando l'invaso all'interno delle aree verdi con un'area verde ribassata di profondità 0,35 m e di superficie 273,08 mq, considerando la capacità di infiltrazione del suolo di classe C (classificazione SCS) pari cautelativamente al suo valore asintotico di 6,3 mm/h e quindi pari a 17,5 l/s per ettaro, l'infiltrazione dell'area verde di invaso verso il sottosuolo è pari a:

$$17,5 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \times 0,0273 \text{ ha} = \mathbf{0,48 \text{ l/s} = 0,00048 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Il **tempo di svuotamento** dei **69 m³** prima calcolati (che confluiscono nella depressione a verde) risulta:

$$t = 69 \text{ m}^3 / 0,00048 \text{ m}^3/\text{s} = 143'750 \text{ sec} \approx \mathbf{40 \text{ ore}}$$

dunque inferiore rispetto al limite di **48 ore** raccomandato.

Una possibile alternativa per implementare l'efficienza dell'infiltrazione potrebbe consistere nel configurare il fondo dell'invaso con un letto abbondante di ghiaia grossolana in modo da garantire una capacità di infiltrazione almeno dell'ordine di 70-100 mm/h (in media 200 l/s per ettaro), dunque di:

$$200 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \times 0,027 \text{ ha} = 5,4 \text{ l/s} = 0,0054 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ne deriverebbe un tempo di svuotamento di 12'778 sec $\approx$ **3,55 ore** quindi pienamente accettabile.

Lo scarico della laminazione per infiltrazione è quindi compatibile e non sussiste necessità di dotare tale depressione di un condotto di scarico di troppo pieno verso un recettore (fognaria pubblica o canale consortile).

7. PIANO DI MANUTENZIONE DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE

Le acque meteoriche derivanti dalle aree dei campi da gioco vengono immesse nella depressione rinverdata e poco profonda, circostante agli stessi campi, in moto tale da raggiungere un livello d'acqua massimo pari a 30-35 cm. Le acque meteoriche vengono accumulate per breve tempo e s'infiltrano nel sottosuolo. Tale depressione rinverdata è generalmente asciutta; dopo la pioggia si svuota generalmente entro poche ore o al massimo entro due giorni.

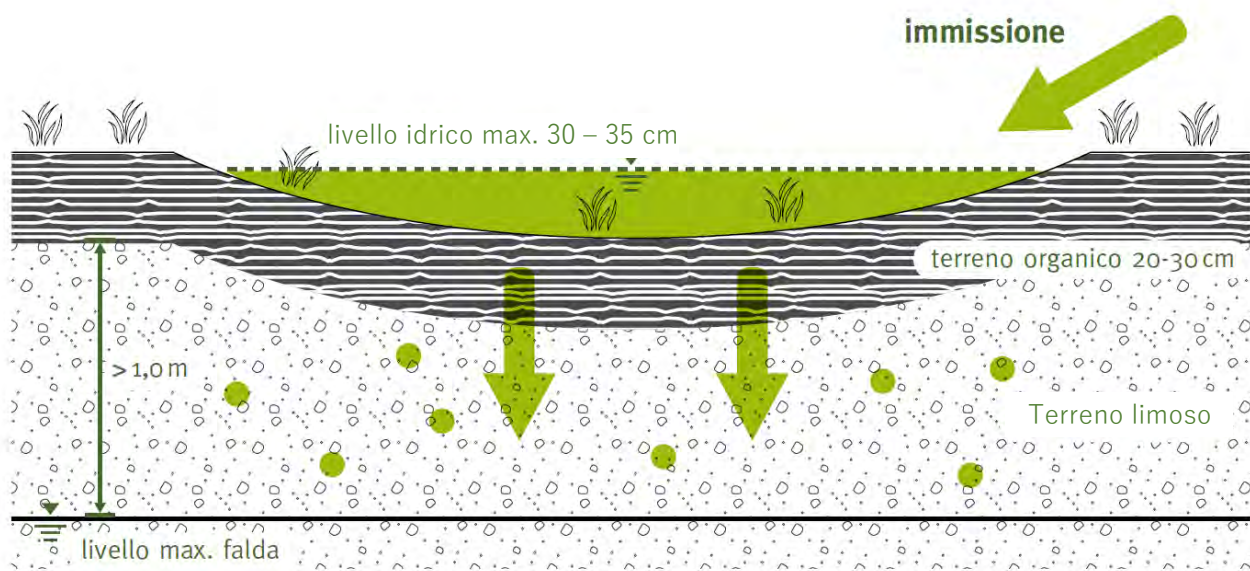


Fig. 7.1 – Schema della laminazione a verde

I bacini di infiltrazione sono invasi artificiali di profondità pari a circa 0,3-0,6 m (in questo caso 0,35 m) che immagazzinano temporaneamente le acque meteoriche e nei quali viene piantumata vegetazione idonea a favorire il decadimento delle sostanze inquinanti.

Le piante aiutano il sistema a trattenere gli inquinanti mentre le radici favoriscono la permeabilità del suolo, per cui contribuiscono ad aumentare l'efficienza del bacino stesso.

I bacini di infiltrazione sono progettati per contenere acqua per un periodo di tempo che di solito non eccede le 48-72 ore successive all'evento meteorico per prevenire lo sviluppo di zanzare e di odori molesti e nel contempo per preparare il bacino ad accogliere un eventuale nuovo volume di acqua prodotto da un evento meteorico successivo.

Il loro scopo principale è quello di trasformare un flusso d'acqua da superficiale a sotterraneo e di rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione, l'assorbimento e la conversione biologica mentre l'acqua percola attraverso il suolo e la vegetazione.

Oltre ad essere soluzioni di facile realizzazione, comportano una agevole cura e manutenzione (oltre ad essere di facile ispezionabilità).

Un accorgimento importante per la funzionalità di queste opere è quello di evitare la costipazione delle superfici: per quanto riguarda il caso in esame, questo viene garantito prevedendo la piantagione di arbusti e alberature.

Per quanto riguarda la manutenzione, come meglio dettagliato di seguito, le superfici devono essere sfalciate almeno annualmente asportando poi il materiale sfalciato.

La manutenzione della vegetazione richiede periodiche ispezioni, rasature dell'erba, applicazione di fertilizzanti e ripristino delle aree dilavate e delle macchie scoperte. In particolare i sedimenti depositati possono distruggere il manto erboso e alterare l'altezza del fondo rischiando di compromettere la capacità. Pertanto possono essere necessari periodici livellamenti e semine.

PIANO DI MANUTENZIONE DEL BACINO DI LAMINAZIONE

Per quanto riguarda la manutenzione dell'opera di compensazione, si devono prevedere le seguenti misure:

1. ispezioni regolari per valutare le prestazioni, la presenza di intasamenti o altri tipi di ostruzioni
2. rimozione dei rifiuti
3. pulizia degli elementi per l'ingresso (canalina di scolo 20x30 adiacente ai campi)
4. gestione della vegetazione
5. rimozione regolare dei sedimenti (foglie, sfalci e detriti)

Occorre dunque principalmente provvedere alla rimozione regolare di foglie e detriti e nel prevedere una frequente rasatura dell'erba e potatura delle piante, degli arbusti e della vegetazione in genere.

Occorre inoltre prevedere ogni 5÷10 anni di dissodare il terreno, in modo da rinnovarne lo strato superficiale.

In **Tabella 7.I** si riportano i principali interventi di manutenzione da eseguire e le relative frequenze.

Opera oggetto di manutenzione	Tipo di intervento	Cadenza consigliata	Rischi potenziali	Attrezzatura e dispositivi ausiliari
Collettori acque bianche di raccolta pluviali, Pozzetti e caditoie	Pulizia con impiego di canal-jet, disostruzione e Verifica dei canali di gronda	12 mesi 6 mesi	Contatti attrezzature, urti, gas vapori	Canal-jet, attrezzi comuni (pala, secchio, cazzuola), usare DPI
Invaso drenante di laminazione	Sfalcio erba	1-3 mesi	Contatti attrezzature, urti, gas vapori	Autocarro, attrezzi comuni (pala, secchio, cazzuola), tagliaerba e decespugliatore, motozappa, usare DPI
	Potature arbusti	12 mesi		
	Potatura alberature e rimozione rami bassi, a meno di 1 m da terra	12 mesi		
	Rimozione di foglie e detriti	6 mesi o comunque dopo ogni evento meteorico		
	Dissodamento terreno - suolo	5-10 anni		

Tabella 7.I. Principali tipologie di manutenzione richiesta e relative frequenze

Si consiglia inoltre il controllo del livello in vasca a seguito di ogni evento meteorico, che rappresenta un segnale del corretto funzionamento della vasca.

8. MISURE PER LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ IDRAULICA

Il PTCP individua l'area in esame all'interno del "Limite delle aree soggette a criticità idrauliche". Dalla cartografia del PGRA il sito di interesse viene individuato all'interno della zona "**P2**: *Alluvioni poco frequenti: tempi di ritorno tra i 100 e i 100 anni – media probabilità*" in riferimento al Reticolo Secondario di Pianura RSP e "**P1**: *Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi*" in riferimento al Reticolo Principale RP.

Dalla consultazione della "Carta di pericolosità di allagamento Fiume Secchia", in relazione ad uno scenario con in presenza di brecce e con tempi di ritorno pari a 200 anni, l'area in esame ricade all'interno della classe "*Allagamento con spessori acqua **<0.5 m**: Aree con tiranti bassi, basse velocità e con deflusso naturale possibile; pericolosità bassa*".

Per quanto riguarda le misure di riduzione della vulnerabilità idraulica, il progetto prevede la realizzazione dei campi da gioco ad una quota di imposta di **+0.25 m** dal piano campagna attuale.

9. CONCLUSIONI

Considerando le trasformazioni urbanistiche previste, per garantire l'invarianza idraulica sono stati stimati i volumi di accumulo con il **metodo delle sole piogge** per la curva di possibilità pluviometrica fornita dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia e con riferimento ad un tempo di ritorno di 50 anni.

Il volume di minimo invaso necessario è risultato: **$W_{MAX} = 85 \text{ m}^3$** , di cui:

- **69 m^3** sono da imputarsi ai campi da gioco,
- I restanti **16 m^3** ai parcheggi.

Il progetto prevede di immagazzinare un Volume totale, **$V_{TOT} = 133,2 \text{ m}^3$** , di cui:

- **$V_1 \approx 79,2$** saranno previsti realizzando una leggera depressione (profonda 0,35 m) sfruttando l'area verde a prato in progetto al margine settentrionale e occidentale del lotto, di estensione $S = 273,08 \text{ mq}$;
- **$V_2 \approx 54 \text{ mc}$** saranno previsti realizzando uno strato di sottofondo drenante di almeno 0,50 m con una porosità efficace media di circa 25, in corrispondenza dei parcheggi, per un'estensione di $435,38 \text{ mq}$.

Essendo i volumi di invaso previsti (**$V_{TOT} = 133,2 \text{ m}^3$**) superiori al volume di minimo invaso necessario (**$W_{TOT} = 85 \text{ m}^3$**), si ritiene rispettato il principio di invarianza idraulica.

A tali volumi si aggiunge inoltre il volume ottenuto realizzando un'ulteriore leggera depressione anche nell'area verde circostante ai parcheggi; questa fungerà da eventuale volume di soccorso, in caso di necessità.

Configurando l'invaso all'interno delle aree verdi con un'area verde ribassata di profondità 0,35 m e di superficie $273,08 \text{ mq}$, considerando la capacità di infiltrazione del **suolo di classe C** (classificazione SCS) pari cautelativamente al suo valore asintotico di $6,3 \text{ mm/h}$ e quindi pari a $17,5 \text{ l/s}$ per ettaro, l'infiltrazione dell'area verde di invaso verso il sottosuolo, determinata con i *Modelli di Horton*, risulta pari a: **$0,48 \text{ l/s}$** .

Il **tempo di svuotamento** della laminazione, risulta $\approx 40 \text{ ore}$, dunque inferiore rispetto al limite di **48 ore** raccomandato.

Una possibile alternativa per implementare l'efficienza dell'infiltrazione potrebbe consistere nel configurare il fondo dell'invaso con un letto abbondante di ghiaia grossolana in modo da garantire una capacità di infiltrazione almeno dell'ordine di $70\text{-}100 \text{ mm/h}$ (in media 200 l/s per ettaro), dunque di $7,2 \text{ l/s}$, da cui ne deriverebbe un tempo di svuotamento di $\approx 3,55 \text{ ore}$ quindi pienamente accettabile.

Lo scarico della laminazione per infiltrazione è quindi compatibile e non sussiste necessità di dotare tale depressione di un condotto di scarico di troppo pieno verso un recettore (fognaria pubblica o canale consortile).

Il Piano di manutenzione costituisce lo strumento operativo fondamentale per consentire al titolare di programmare l'esercizio e gestione delle strutture di infiltrazione e della loro durabilità ed efficacia nel tempo. Per approfondimenti si veda il Capitolo 7.

Modena, 23.06.2025

GEO GROUP SRL
Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

