

STUDIO DI INGEGNERIA

Dott. Ing. Renato Savarese, Ph.D.

Piazza degli Studi n. 28 – 97017 Santa Croce Camerina

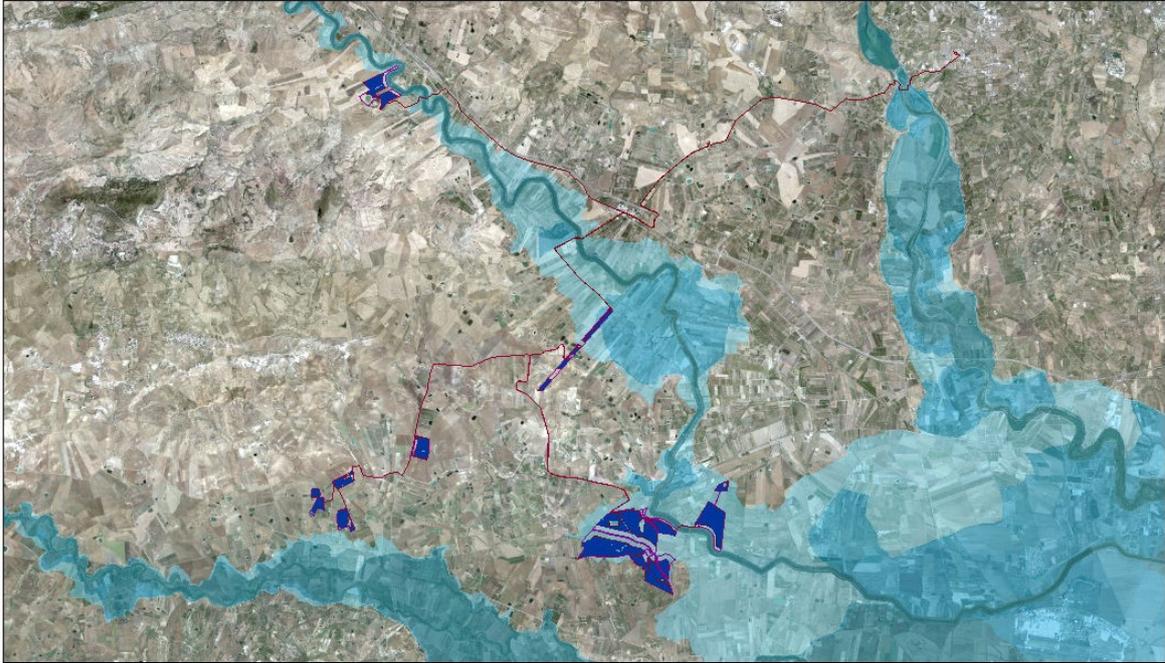
Via Francesco Cilea n. 31 – 97100 Ragusa

Mobile +39.333.6204461

pec: renato.savarese@ingpec.eu

e.mail: renato.savarese@tiscali.it

P.I. 0.1513240885; C.F. SVRRNT74R28H163L



OGGETTO

Studio di compatibilità al PAI e di invarianza idraulica nell'ambito del progetto definitivo per la realizzazione di un impianto fotovoltaico da circa 226,6 mwp denominato "Aliai" sito nel comune di Ramacca (Ct), Castel di Iudica (Ct), Paterno' (Ct), Centuripe (En) SS di Aidone n. 288 – ss 192

COMMITTENTI DEL LAVORO

CHERRY PICKING S.R.L. Corso Buenos Aires, 54, Milano (MI)

DOCUMENTO

MITEPUAREL02811: Relazione di invarianza idraulica ed idrologica

PROFESSIONISTA INCARICATO

Dott. Ing. Renato Savarese, Ph.D. – Via Francesco Cilea 31, 97100 Ragusa, mobile 333.6204461, pec: renato.savarese@ingpec.eu





INDICE

Premessa.....	3
1 SITO DI INSTALLAZIONE ED INQUADRAMENTI.....	3
2 DATI GENERALI E DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO	5
2.1 Schematizzazione campo fotovoltaico "Aliai 1".....	6
2.2 Schematizzazione campo fotovoltaico "Aliai 2".....	7
2.3 Schematizzazione campo fotovoltaico "Aliai 3".....	8
2.4 Schematizzazione campo fotovoltaico "Aliai 4".....	9
2.5 Schematizzazione campo fotovoltaico "Aliai 5".....	10
3 VALUTAZIONE GEOLOGICHE, TOPOGRAFICHE E TIPOLOGICHE AI FINI DELLE CARATTERISTICHE DI DEFLUSSO SUPERFICIALE DELLE AREE OGGETTO DI INTERVENTO.....	11
3.1 Premessa 11	
3.2 Valutazioni in merito ai metodi di smaltimento delle acque laminate ed esclusione del metodo dei pozzi disperdenti.....	11
3.3 Studio delle linee di deflusso e rilevazione del range di pendenze	11
4 VALUTAZIONE dell'invarianza idrologico-idraulica delle aree oggetto di intervento (in accordo AL D.D.G. 102/2021)	15
4.1 Premessa 15	
4.2 Analisi delle precipitazioni e determinazione delle Curve di Probabilità Pluviometrica per i vari tempi di ritorno 17	
4.2.1 Generalità 18	
4.2.2 Dati utilizzati	18
4.3 Distribuzioni di probabilità delle altezze di pioggia.....	18
4.3.1 Distribuzione di Gumbel.....	18
4.3.2 Curve di probabilità pluviometrica.....	19
4.4 Verifica di invarianza idraulica e idrologica	23
4.4.1 Stima del coefficiente di deflusso medio ponderato ante e post-operam.....	23
4.4.2 Metodologie di calcolo del volume di laminazione dei campi e sottocampi e simulazioni	23
4.4.3 Determinazione dei volumi di laminazione per i sottocampi mediante l'applicazione del metodo delle piogge	26
4.4.4 Definizione e progetto dei volumi di laminazione mediante trincee.....	77
4.4.5 Verifica idraulica delle trincee e delle opere in progetto	84
4.4.6 Verifica della capacità di trasporto del corpo idrico ricettore	87
5 CONCLUSIONI	111



PREMESSA

Il presente studio si inserisce nell'ambito del progetto di realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica dell'energia solare, avente una potenza di picco pari a circa 226.644,0 kWp. L'impianto sarà connesso alla rete elettrica in AT di Terna S.p.A. in ottemperanza a quanto prescritto dalla Deliberazione ARG/elt 99/08 "Testo Integrato delle Condizioni Tecniche ed Economiche per le Connessioni alle Reti con Obbligo di Connessioni di Terzi degli Impianti di Produzione di Energia Elettrica (T.I.C.A.)", ed al Codice di Rete di Terna. In particolare lo studio si compone nello specifico di una parte dedicata alla verifica di compatibilità al PAI dell'impianto, dall'altra alla verifica del rispetto delle norme che riguardano l'invarianza idraulica. **Il presente documento riguarda nel dettaglio la verifica di invarianza secondo le metodologie richieste dalle norme di riferimento che nella fattispecie, e soprattutto nel territorio della Regione Sicilia, è condotta attraverso i dettami del D.D.G. 102 del 23/6/2021.** In particolare, sarà proprio il dimensionamento delle opere necessarie per garantire l'invarianza idrologico e idraulica dell'area interessata dall'intervento, secondo i vincoli e le prescrizioni fornite nel D.D.G. 102/2021. In particolare, è stata applicata la procedura descritta all'Allegato 2 "Indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idraulica e idrologica" della norma sopra individuata.

1 SITO DI INSTALLAZIONE ED INQUADRAMENTI

L'impianto "ALIAI" verrà realizzato su terreni appartenenti al territorio dei Comuni di Ramacca, Castel di Iudica per quanto riguarda le aree di impianto e parte delle opere di connessione, e Paternò e Centuripe per quanto riguarda la rimanente parte delle opere di connessione.

Tabella 1: Dati relativi alle località di installazione

Denominazione	Località	Latitudine	Longitudine	Altitudine
ALIAI 1	Ramacca (CT)	37.427380° N	14.794474° E	45 m s.l.m.
ALIAI 2	Ramacca (CT)	37.431882° N	14.820385° E	40 m s.l.m.
ALIAI 3	Ramacca (CT)	37.441292° N	14.716869° E	100 m s.l.m.
ALIAI 4	Ramacca (CT)	37.470805° N	14.781421° E	75 m s.l.m.
ALIAI 5	Castel di Iudica (CT)	37.529381° N	14.725382° E	100 m s.l.m.

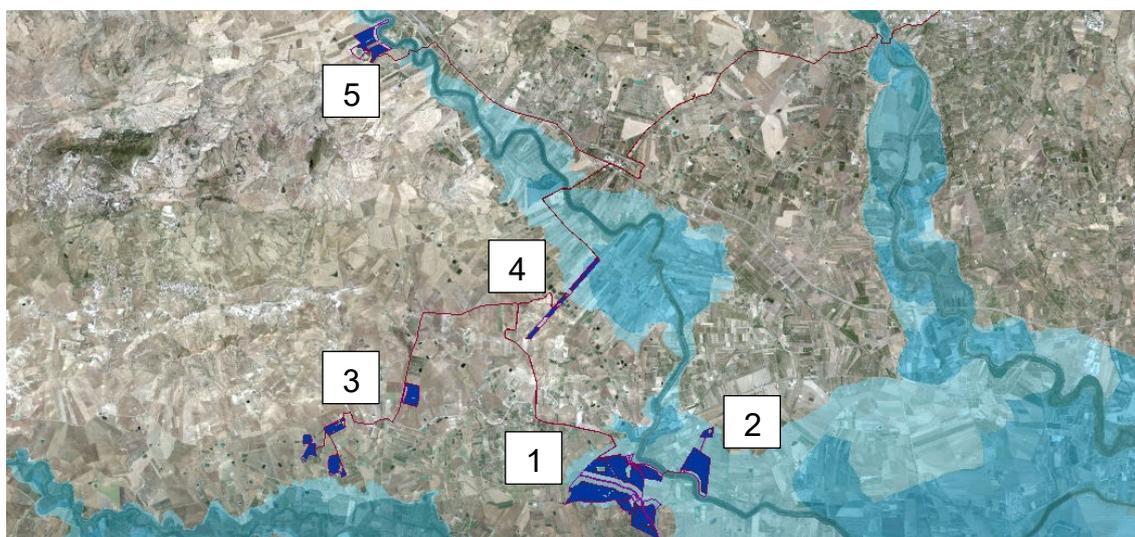


Figura 1. Inquadramento territoriale e PAI



I terreni ricadono in area agricola. I moduli fotovoltaici saranno fissati al suolo per mezzo di strutture di supporto intelaiate in acciaio zincato ad inseguimento mono-assiale (tracker) con asse di rotazione in direzione nord-sud. Ai fini di effettuare un inquadramento generale dei siti di intervento si riportano di seguito riferimenti relativi alle CTR (1.10.000) con i relativi quadranti di riferimento.

632040	633010	633020	633030	633040
632080	633050  5	633060	633070	633080
632120	633090 3	4  633100	633110	633120
632160	633130 	1 	2 633150	633160
639040	640010	640020	640030	640040

Figura 2. Inquadramento dei campi fotovoltaici nel sistema CTR 1.10.000



2 DATI GENERALI E DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO

La presente relazione si inserisce nell'ambito della realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica dell'energia solare, avente una potenza di picco pari a circa 226.644,0 kWp. L'impianto sarà connesso alla rete elettrica in AT di Terna S.p.A. in ottemperanza a quanto prescritto dalla Deliberazione ARG/elt 99/08 "Testo Integrato delle Condizioni Tecniche ed Economiche per le Connessioni alle Reti con Obbligo di Connessioni di Terzi degli Impianti di Produzione di Energia Elettrica (T.I.C.A.)", ed al Codice di Rete di Terna. L'intero impianto fotovoltaico è composto da circa 377.740 moduli fotovoltaici in silicio cristallino bifacciali da 600 Wp cadauno distribuiti su una superficie di circa 392 Ha e da circa 62 inverter centralizzati, di cui n. 33 da 2365 kW e n. 29 da 3550 kW 175 kVA. La potenza in immissione sarà pari a 180.180 kW. L'intero impianto fotovoltaico è suddiviso in 5 campi, e ciascun campo è così costituito. I vari campi sono collegati fra loro mediante cavidotti in MT che convogliano la potenza verso la sotto-stazione elettrica (SSE) di utenza ubicata in un'area limitrofa alla SE di Paternò, nel Comune di Paternò (CT). Per maggiori dettagli sullo sviluppo delle opere di connessione si rimanda ai relativi elaborati tecnici. Nel presente paragrafo si riportano le informazioni che dal punto di vista generale esprimono le caratteristiche tipologiche e geometriche che risultano strettamente di interesse ai fini del presente documento. Come accennato, il campo fotovoltaico denominato "Aliai" è composto da cinque sottocampi denominati "Aliai 1", "Aliai 2", "Aliai 3", "Aliai 4" e "Aliai 5".

Tabella 2: Caratteristiche tipologiche e geometriche ai fini delle verifiche di compatibilità

DESCRIZIONE VOCE	ALIAI 1	ALIAI 2	ALIAI 3	ALIAI 4	ALIAI 5	TOT
POTENZA [kWp]	126 358	34 945	36 516	11 077	17 422	226 318
N MODULI	210 596	58 242	60 860	18 462	29 036	377 196
TAGLIA MODULI [Wp]	600	600	600	600	600	600
SUPERFICIE MODULI [m2]	596 011	164 832	172 241	52 250	82 175	1 067 508
TRACKER DA 68 MODULI	2 830	816	796	250	349	5 041
TRACKER DA 34 MODULI	534	81	198	43	156	1 012
TOTALE MODULI	3 364	897	994	293	505	6 053
N. TRAFI	32	9	12	3	6	62
N. CABINE DI TRASFORMAZIONE	32	9	12	3	6	62
VOLUME CABINE DI TRASFORMAZIONE[m3]	1 022	287	383	96	192	1 981
SUP.CABINE DI TRASFORMAZIONE[m2]	465	131	174	44	87	900
N. CABINE SERVIZI	32	9	12	3	6	62
VOLUME CABINE SERVIZI [m3]	1 409	396	528	132	264	2 730
SUPERFICIE CABINE SERVIZI [m2]	472	133	177	44	88	914
N. CABINE RACCOLTA	1	1	4	1	1	8
VOLUME CABINE DI RACCOLTA [m3]	87	87	348	87	87	697
SUPERFICIE CABINE DI RACCOLTA [m2]	29	29	116	29	29	232
N. CABINE O&M	1	-	-	-	-	1
VOLUME CABINE O&M [m3]	43	-	-	-	-	43
SUPERFICIE CABINE O&M [m2]	15	-	-	-	-	15
N TOTALE CABINE	66	19	28	7	13	133
VOLUME TOTALE CABINE [m3]	2 561	771	1 260	315	543	5 450
SUPERFICIE TOTALE CABINE [m2]	980	292	467	117	205	2 062
SUPERFICIE CONTRATTUALE [ha]	251	42	61	18	42	414
SUPERFICIE VIABILITA' INTERNA [ha]	8	2	3	1	1	15
SUPERFICIE AREE A VERDE [ha]	67	13	15	10	15	120



Ai fini dello studio di invarianza si è ritenuto utile effettuare la suddivisione dei sottocampi in ulteriori porzioni di sottocampo, tanto al fine di poter sviluppare con maggiore dettaglio e con migliore dinamicità sia la valutazione dei volumi di laminazione che il calcolo degli stessi. Allo stesso tempo è risultato più comodo effettuare le opportune valutazioni in merito alle portate per i vari temi di ritorno generando un processo di verifica più accurato e dettagliato. Pertanto di seguito si riportano le suddivisioni sviluppate per ciascun sottocampo i cui dati geometrici, tipologici etc. riportati si riferiscono alle dimensioni idraulicamente valide ai fini delle argomentazioni prettamente idrauliche trattate.

2.1 Schematizzazione campo fotovoltaico “Aliai 1”

Il campo fotovoltaico “Aliai 1” è stato suddiviso, ai fini delle verifiche in argomento in **21** sotto aree denominate “a”, “b”, “c1”, “c2”, “c3” “d”, “e1”, “e2”, “f1”, “f2”, “g1”, “g2” “h”, “i”, “l”, “m1”, “m2”, “m3”, “m4”, “m5” e “m6”. La suddivisione si è resa necessaria in quanto ogni sotto area è caratterizzata da un comportamento “idraulico” ben definito e, come si vedrà nel resto della relazione, le sotto aree territoriali sono divenute, di fatto, delle sotto aree di laminazione, ovvero aree che ai fini della determinazione dei sistemi di laminazione, ognuna delle quali è stata trattata specificatamente sia nell’ambito della determinazione dei volumi di compensazione e laminazione, che delle trincee di laminazione e dei possibili punti di scarico in funzione dei sistemi di impluvio presenti in adiacenza.

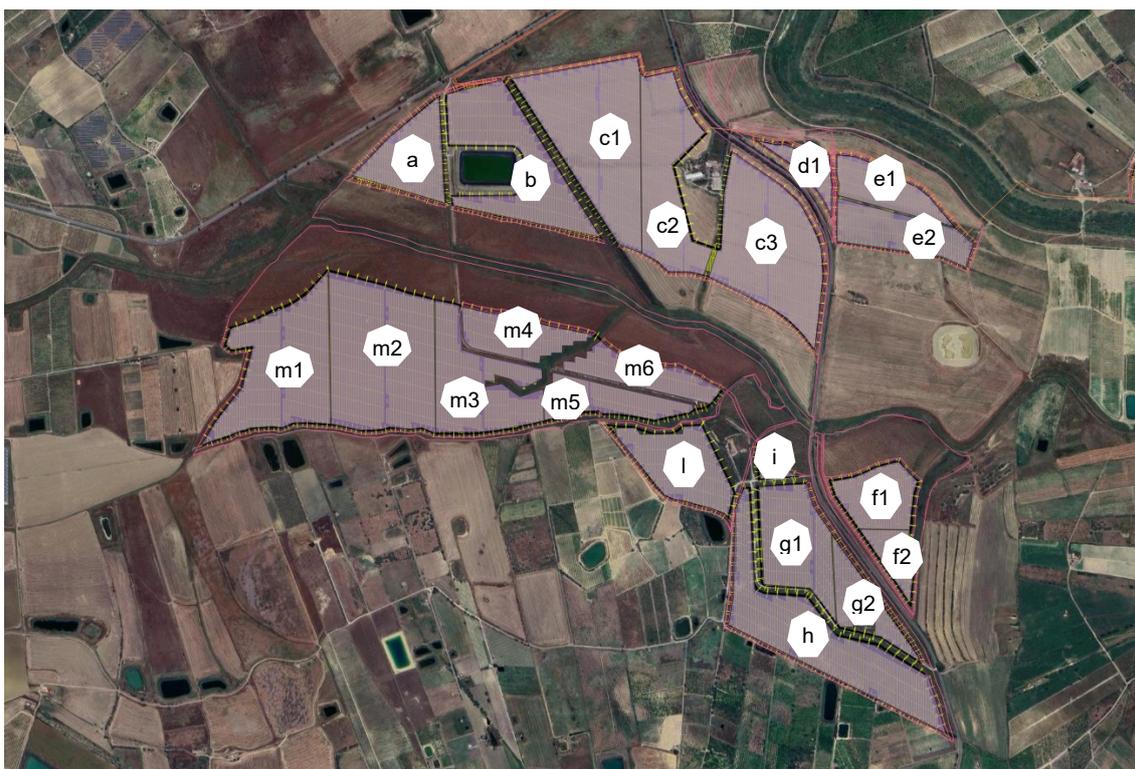


Figura 3. Individuazione e suddivisione del campo fotovoltaico “Aliai 1” in sottocampi (ai fini delle verifiche idrauliche e tipologiche)

Nella tabella di seguito riportata si indicano le principali caratteristiche delle aree e delle sotto aree che caratterizzano lo specifico campo.



Tabella 3: Dati significativi ai fini delle verifiche idrauliche delle sotto aree del campo “Aliai 1”

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	Superficie [Ha]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	1	a	53 277	5,33
	Aliaia		b	100 167	10,02
	Aliaia		c1	151 646	15,16
	Aliaia		c2	89 016	8,90
	Aliaia		c3	125 733	12,57
	Aliaia		d	17 669	1,77
	Aliaia		e1	40 195	4,02
	Aliaia		e2	48 100	4,81
	Aliaia		f1	44 782	4,48
	Aliaia		f2	19 391	1,94
	Aliaia		g1	79 633	7,96
	Aliaia		g2	30 704	3,07
	Aliaia		h	124 345	12,43
	Aliaia		i	6 418	0,64
	Aliaia		l	63 311	6,33
	Aliaia		m1	115 045	11,50
	Aliaia		m2	148 092	14,81
	Aliaia		m3	83 580	8,36
	Aliaia		m4	40 635	4,06
Aliaia	m5	39 395	3,94		
Aliaia	m6	79 187	7,92		
				1 500 321	150,03

2.2 Schematizzazione campo fotovoltaico “Aliai 2”

Il campo fotovoltaico “Aliai 2” è stato suddiviso, ai fini delle verifiche idrauliche in argomento in 4 sotto aree denominate “a1”, “a2_1”, “a2_2” e “b”.



Figura 4. Individuazione e suddivisione del campo fotovoltaico “Aliai 2” in sottocampi (ai fini delle verifiche idrauliche)

La suddivisione si è resa necessaria in quanto ogni sotto area è caratterizzata da un comportamento “idraulico” ben definito e, come si vedrà nel resto della relazione, le sotto aree territoriali sono divenute, di fatto, delle sotto aree di laminazione, ovvero aree che ai fini della determinazione dei sistemi di laminazione, ognuna delle quali è stata trattata



specificatamente sia nell'ambito della determinazione dei volumi di compensazione e laminazione, che delle trincee di laminazione e dei possibili punti di scarico in funzione dei sistemi di impluvio presenti in adiacenza. Nella tabella di seguito riportata si indicano le principali caratteristiche delle aree e delle sotto aree che caratterizzano lo specifico campo.

Tabella 4: Dati significativi ai fini delle verifiche idrauliche delle sotto aree del campo "Aliai 2"

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	Superficie [Ha]	Q u,lim [l/sec]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	2	a1	135 330	13,53	81,20
	Aliaia		a2_1	131 489	13,15	78,89
	Aliaia		a2_2	103 859	10,39	62,32
	Aliaia		b	33 303	3,33	19,98
				403 981	40,40	242,39

2.3 Schematizzazione campo fotovoltaico "Aliai 3"

Il campo fotovoltaico "Aliai 3" è stato suddiviso, ai fini delle verifiche idrauliche in argomento in 11 sotto aree denominate "a1", "a2", "b", "c", "d", "e", "f1", "f2", "g", "h1" e "h2"



Figura 5. Individuazione e suddivisione del campo fotovoltaico "Aliai 3" in sottocampi (ai fini delle verifiche idrauliche)

La suddivisione si è resa necessaria in quanto ogni sotto area è caratterizzata da un comportamento "idraulico" ben definito e, come si vedrà nel resto della relazione, le sotto aree territoriali sono divenute, di fatto, delle sotto aree di laminazione, ovvero aree che ai fini della determinazione dei sistemi di laminazione, ognuna delle quali è stata trattata specificatamente sia nell'ambito della determinazione dei volumi di compensazione e laminazione, che delle trincee di laminazione e dei possibili punti di scarico in funzione dei sistemi di impluvio presenti in adiacenza. Nella tabella di seguito riportata si indicano le principali caratteristiche delle aree e delle sotto aree che caratterizzano lo specifico campo.



Tabella 5: Dati significativi ai fini delle verifiche idrauliche delle sotto aree del campo “Aliai 3”

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	Superficie [Ha]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	3	a1	60 368	6,04
			a2	4 562	0,46
	Aliaia		b	35 629	3,56
	Aliaia		c	66 903	6,69
	Aliaia		d	15 692	1,57
	Aliaia		e	4 408	0,44
	Aliaia		f1	94 922	9,49
	Aliaia		f2	53 371	5,34
	Aliaia		g	9 974	1,00
			h1	49 920	4,99
	Aliaia		h2	53 342	5,33
					449 091

2.4 Schematizzazione campo fotovoltaico “Aliai 4”

Il campo fotovoltaico “Aliai 4” è stato suddiviso, ai fini delle verifiche idrauliche in argomento in 5 sotto aree denominate “a”, “b”, “c”, d1 e “d2”



Figura 6. Individuazione e suddivisione del campo fotovoltaico “Aliai 4” in sottocampi (ai fini delle verifiche idrauliche)

La suddivisione si è resa necessaria in quanto ogni sotto area è caratterizzata da un comportamento “idraulico” ben definito e, come si vedrà nel resto della relazione, le sotto aree territoriali sono divenute, di fatto, delle sotto aree di laminazione, ovvero aree che ai fini della determinazione dei sistemi di laminazione, ognuna delle quali è stata trattata specificatamente sia nell’ambito della determinazione dei volumi di compensazione e laminazione, che delle trincee di laminazione e dei possibili punti di scarico in funzione dei sistemi di impluvio presenti in adiacenza. Nella tabella di seguito riportata si indicano le principali caratteristiche delle aree e delle sotto aree che caratterizzano lo specifico campo.



Tabella 6: Dati significativi ai fini delle verifiche idrauliche delle sotto aree del campo "Aliai 4"

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	Superficie [Ha]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	4	a	28 317	2,83
	Aliaia		b	21 770	2,18
	Aliaia		c	22 511	2,25
	Aliaia		d1	43 283	4,33
	Aliaia		d2	36 258	3,63
				152 139	15,21

2.5 Schematizzazione campo fotovoltaico "Aliai 5"

Il campo fotovoltaico "Aliai 5" è stato suddiviso, ai fini delle verifiche idrauliche in argomento in **3 aree** denominate "a1", "a2" e "a3".



Figura 7. Individuazione e suddivisione del campo fotovoltaico "Aliai 5" in sottocampi (ai fini delle verifiche idrauliche)

Tabella 7: Dati significativi ai fini delle verifiche idrauliche delle sotto aree del campo "Aliai 5"

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	Superficie [Ha]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	5	a1	79 757	7,98
Campo Fotovoltaico	Aliaia		a2	66 874	6,69
Campo Fotovoltaico	Aliaia		a3	88 658	8,87
				235 289	8,87



3 VALUTAZIONE GEOLOGICHE, TOPOGRAFICHE E TIPOLOGICHE AI FINI DELLE CARATTERISTICHE DI DEFLUSSO SUPERFICIALE DELLE AREE OGGETTO DI INTERVENTO

3.1 Premessa

Preliminarmente ad ogni tipo di valutazione in merito ai fenomeni idraulici è stata condotta un'accurata indagine geologica sui luoghi al fine di definire il comportamento idraulico e dei deflussi delle aree oggetto di intervento e del territorio in generale. Tali attività, meglio descritte nei documenti tecnici specifici redatti da professionista geologo, hanno consentito di comprendere quale sia il miglior sistema di gestione delle portate e dei volumi di laminazione, quale siano le naturali linee di deflusso e acquisire informazioni in merito al range di pendenza presenti sulle aree ove dovranno sorgere gli impianti fotovoltaici. Le pendenze sia dei terreni che degli impluvi presenti sulle aree di interesse sono funzionali sia alle verifiche dei canali di laminazione che della capacità di trasporto del reticolo idrologico che sfocia, a valle, nel fiume Dittaino.

3.2 Valutazioni in merito ai metodi di smaltimento delle acque laminate ed esclusione del metodo dei pozzi disperdenti

I sistemi di laminazione hanno il compito prima di stoccare i quantitativi di acqua e successivamente di effettuare lo smaltimento delle stesse. Le metodologie di smaltimento comprendono anche i cosiddetti pozzi disperdenti. Gli studi geologici condotti sulle porzioni di territorio interessati al progetto, hanno evidenziato che la particolare struttura del sottosuolo impedisce la realizzazione di pozzi disperdenti. Tanto alla luce di stratigrafia impermeabile negli strati profondi dei terreni che impediscono di implementare sistemi di tale tipo. Si è dunque preferito adottare uno schema di drenaggio con dispositivo di invarianza idraulica costituito da un sovradimensionamento della rete di drenaggio. In alternativa, quando necessario, al percorso minimo si realizza un percorso più lungo attraverso il quale vengono laminate le portate di piena attraverso trincee di forma trapezoidale che avranno il compito di raccogliere le acque di drenaggio e stoccarle sfruttando i propri volumi sovradimensionati. Le acque così laminate verranno poi scaricate sugli impluvi e sulla rete di deflussi già esistente nei limiti imposti dalla norma. In alternativa, si effettuerà un riuso delle acque di compenso per effettuare il lavaggio degli impianti e/o l'irrigazione delle aree a verde.

3.3 Studio delle linee di deflusso e rilevazione del range di pendenze

Per ogni area oggetto di intervento si è proceduto alla acquisizione delle linee preferenziali di deflusso ed a rilevare le pendenze minime e massime caratterizzanti il territorio. I dati acquisiti hanno fornito le indicazioni per il tracciamento delle trincee costituenti il sistema di drenaggio. In particolare, rilevate le linee di deflusso principali, attraverso una rete secondaria di captazione delle acque di ruscellamento parallela a tali linee, la cui determinazione farà parte della progettazione esecutiva, le acque verranno inviate a dei sistemi primari di raccolta che saranno realizzati, appunto, mediante trincee trapezoidali sovradimensionate in posizione ortogonale alle linee di deflusso predominanti. Tale sistema permetterà di raccogliere le acque e di fornire la necessaria capacità di compenso e laminazione. Il dimensionamento delle trincee è stato condotto per tempi di ritorno pari a 50 anni. Successivamente le acque verranno estratte dalla trincea o attraverso dei sistemi di taratura delle portate direttamente nel reticolo idrografico e/o attraverso sistemi di pompaggio che permetteranno di impiegare le acque per la pulizia degli impianti e dei pannelli e/o per la irrigazione delle aree a verde. Di seguito si riportano gli stralci delle rilevazioni acquisite. Nella trattazione che segue si deve associare la seguente tabella esplicativa dei simboli.



Tabella 8: Tabella dei simboli di studio

 Depositi alluvionali attuali	 Corsi d'acqua principali e Canali	 Spartiacque locali
 Depositi alluvionali terrazzati (Olocene)	 Direzione deflusso falda superficiale	 Rilievi stradali o argini fluviali
 Sequenze argilose impemeabili	 Direzione della pendenza	 Campo fotovoltaico in progetto
 ERT5 Traccati della Tomografia elettrica	 Anticlinale attiva	

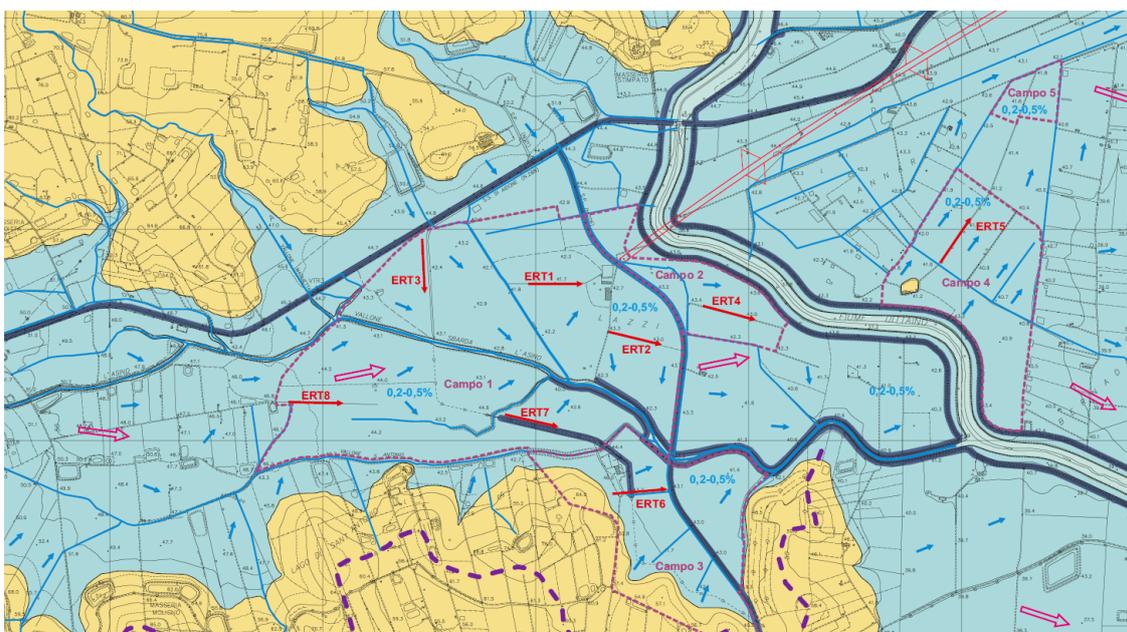


Figura 8. Individuazione delle linee predominanti di deflusso, del range di pendenze e del reticolo idrografico naturale – Campi Fotovoltaici “Aliai 1” e “Aliai 2”.

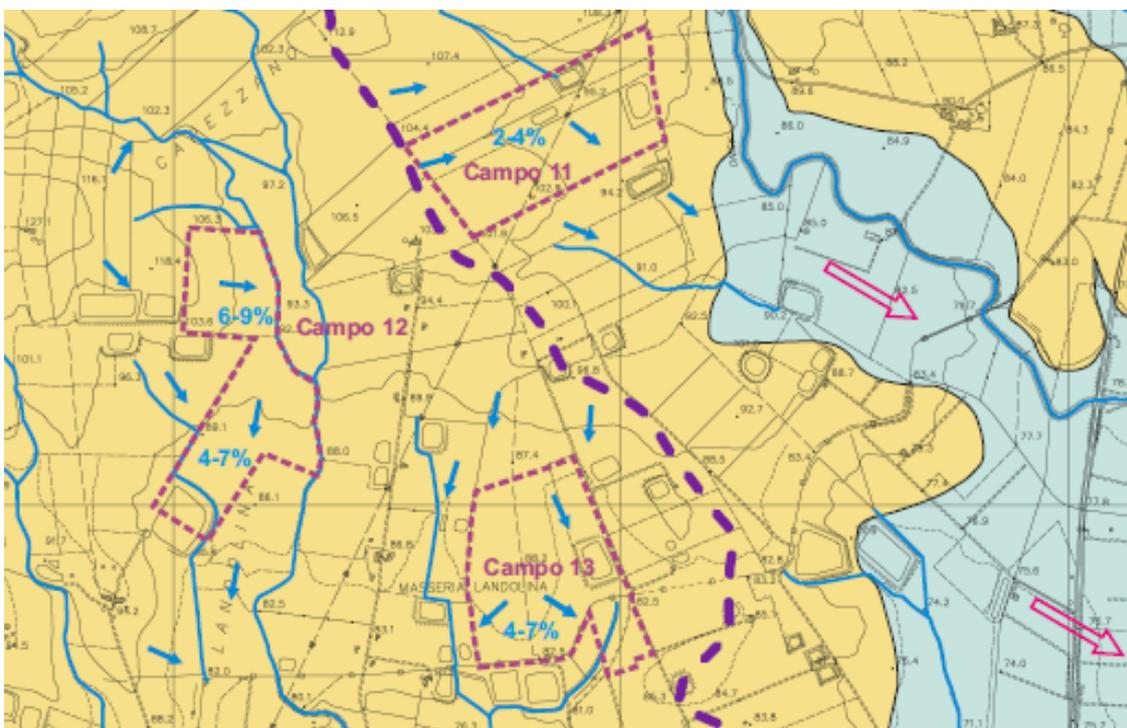


Figura 9. Individuazione delle linee predominanti di deflusso, del range di pendenze e del reticolo idrografico naturale – Campi Fotovoltaici “Aliai 3” – Sottocampi “a1”, “a2”, “b”, “c”, “d”, “e”, “g”, “h1” e “h2”.

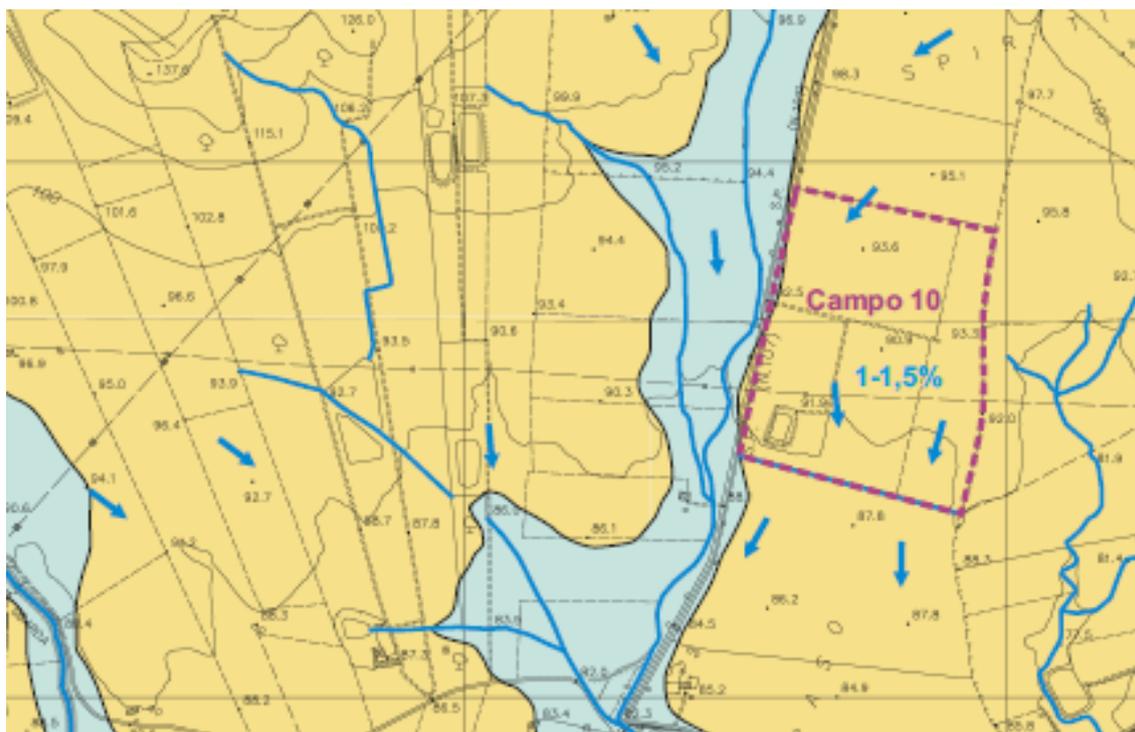


Figura 10. Individuazione delle linee predominanti di deflusso, del range di pendenze e del reticolo idrografico naturale – Campi Fotovoltaici “Aliai 3” – Sottocampi “f1” e “f2”.

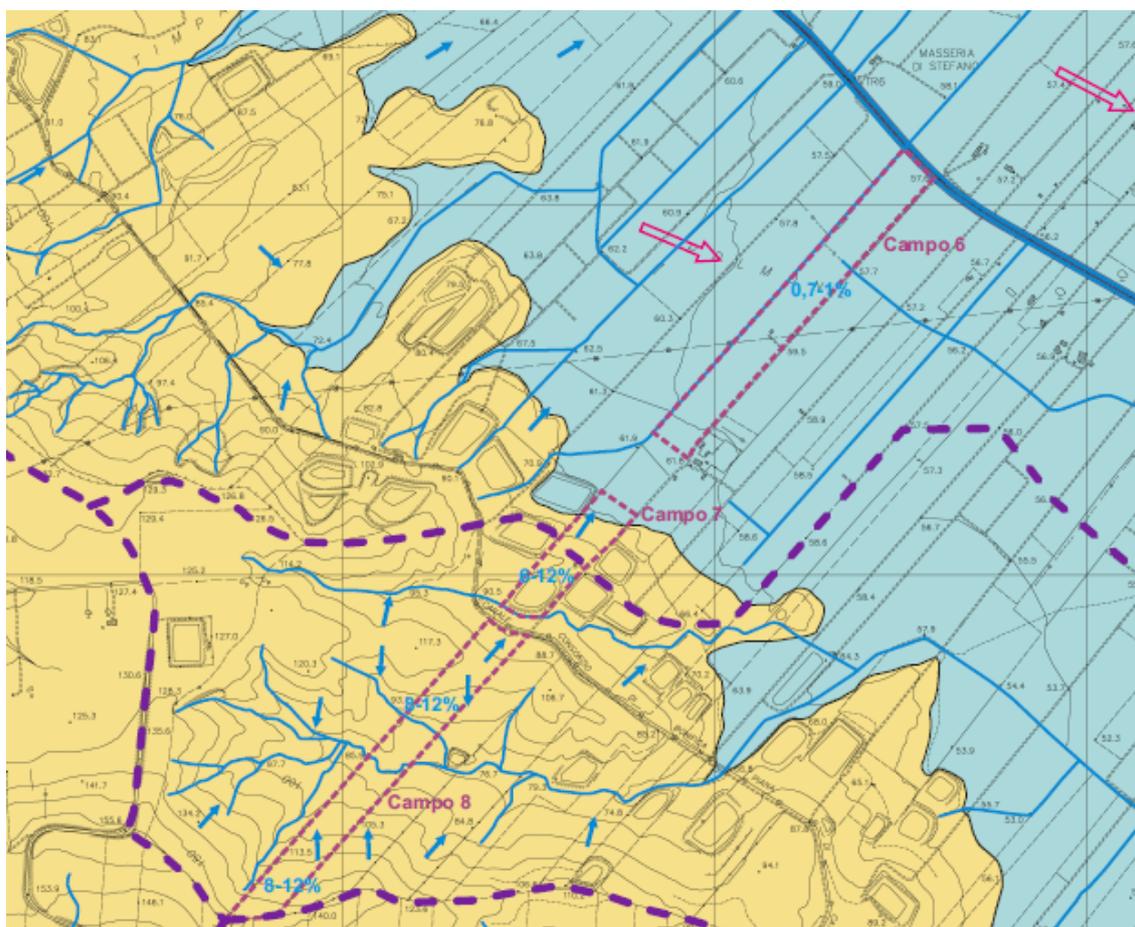


Figura 11. Individuazione delle linee predominanti di deflusso, del range di pendenze e del reticolo idrografico naturale – Campi Fotovoltaici “Aliai 4”

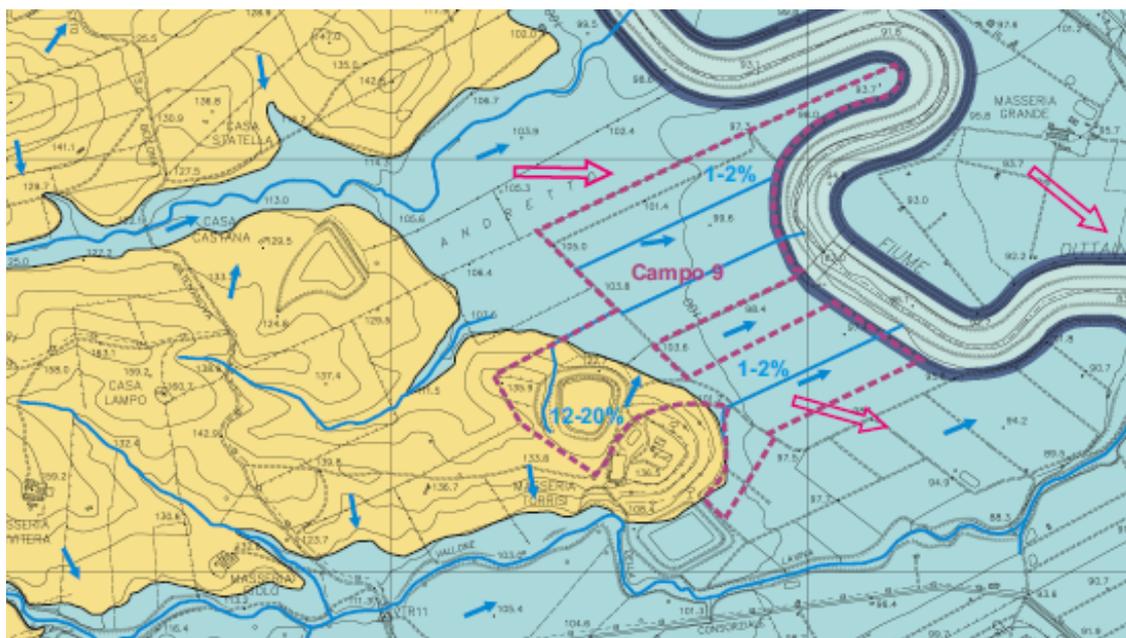


Figura 12. Individuazione delle linee predominanti di deflusso, del range di pendenze e del reticolo idrografico naturale – Campi Fotovoltaici “Aliai 5”

Come accennato, i dati acquisiti hanno fornito le indicazioni per il tracciamento delle trincee costituenti il sistema di drenaggio. In particolare, rilevate le linee di deflusso principali, attraverso una rete secondaria di captazione delle acque di ruscellamento parallela a tali linee, la cui determinazione di dettaglio farà parte della progettazione esecutiva, le acque verranno inviate a dei sistemi primari di raccolta che saranno realizzati, appunto, mediante trincee trapezoidali sovradimensionate in posizione ortogonale alle linee di deflusso predominanti. Le acque verranno estratte dalla trincea o attraverso dei sistemi di taratura delle portate direttamente nel reticolo idrografico e/o attraverso sistemi di pompaggio che permetteranno di impiegare le acque per la pulizia degli impianti e dei pannelli e/o per la irrigazione delle aree a verde



4 VALUTAZIONE DELL'INVARIANZA IDROLOGICO-IDRAULICA DELLE AREE OGGETTO DI INTERVENTO (IN ACCORDO AL D.D.G. 102/2021)

4.1 Premessa

Il D.D.G. 102/2021 prevede, per gli interventi con superficie maggiore di 10.000 m², la redazione di uno studio di invarianza idraulica e idrologica, con l'adozione dei metodi di trasformazione afflussi-deflussi per i casi di trasformazione del suolo con basso coefficiente di deflusso post-operam, come nel caso in esame essendo il valore del coefficiente post-operam pari a 0,3, per la valutazione delle portate idrologiche. **Il periodo di ritorno delle piogge da adoperare nel calcolo dei volumi di laminazione/infiltrazione, per garantire la necessaria invarianza, è pari a 30 anni, con l'adozione di un periodo di 50 anni per la verifica delle opere in condizioni limite.** Per i calcoli idraulici, invece, lo studio dei corpi idrici superficiali e il dimensionamento dei canali di drenaggio potrà essere sviluppato in via semplificata adottando il moto uniforme nei casi più elementari, ovvero in presenza di coefficiente di deflusso minore di 0,5. La stessa norma citata fornisce inoltre la seguente indicazione circa le soluzioni progettuali da perseguire: *“per l'applicazione del principio di invarianza idrologica e/o idraulica potranno essere progettate soluzioni di infiltrazione e/o laminazione dei deflussi meteorici e delle relative portate allo scarico”*. Nel caso in esame, fra i vari schemi progettuali consigliati dal D.D.G 102/2021 ai fini dell'invarianza idraulica (cfr., sezione C della norma) si è optato per l'adozione di un sistema di drenaggio con invarianza garantita dal sovradimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche.

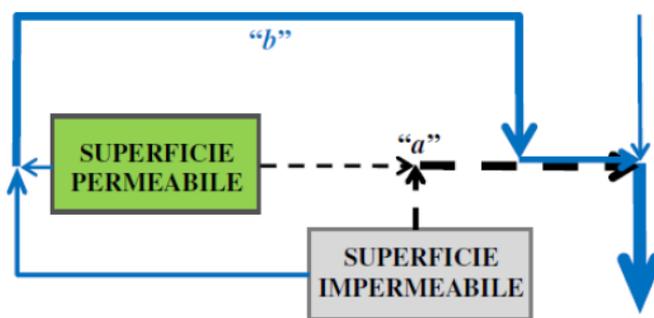


Figura 13. Schema di drenaggio con dispositivo di invarianza idraulica costituito da un sovradimensionamento della rete di drenaggio. In alternativa, quando necessario, al percorso minimo si realizza un percorso più lungo attraverso il quale vengono laminate le portate di piena

Un siffatto sistema, descritto più dettagliatamente nel seguito, è stato selezionato in luogo di un sistema di infiltrazione (quali fasce filtranti, pozzi perdenti, trincee di infiltrazione etc.), principalmente per garantire la migliore e più efficace manutenibilità delle opere stesse, in quanto appare evidente che in occasione anche di eventi di piena (con conseguente esondazione) di modesta importanza le eventuali opere destinate a garantire la suddetta invarianza mediante processi d'infiltrazione rischierebbero di vedere compromessa la relativa capacità filtrante, a causa dell'intasamento dei vuoti del materiale drenante con i limi trasportati, in grandi quantità, dagli eventi di piena. **Tale soluzione sarebbe comunque non percorribile perché le indagini geologiche condotte sui luoghi hanno dimostrato la scarsissima capacità infiltrante dei terreni sconsigliando la realizzazione di pozzi disperdenti.** Entrando maggiormente nel merito del sistema di drenaggio e di laminazione, si garantirà il deflusso delle acque meteoriche dalle singole sotto-aree dell'impianto Aliai verso il corpo idrico ricettore (CIR) più vicino, di volta in volta individuato, **qualora lo stesso**



sia chiaramente esistente, e limitrofo al sottocampo stesso, sfruttando:

- un sistema di canali interni alle singole sotto-aree, da dimensionarsi eventualmente, laddove ritenuti necessari, nella successiva fase progettuale, e da intendersi come elementi di drenaggio secondari delle aree stesse, al fine del convogliamento degli afflussi meteorici verso il canale di gronda con funzione di laminazione descritto nel seguito;
- un canale di gronda che, con funzione di laminazione, correrà in trincea, preferibilmente perimetralmente alle singole sotto-aree, nelle posizioni di volta in volta indicate, da intendersi come ricettore del sistema di drenaggio secondario di cui al punto precedente e come elemento di collettamento principale delle acque meteoriche all'interno del CIR individuato come recapito finale.

In base alle singole esigenze di ogni sotto-area, i canali che compongono il sistema di drenaggio suddetto saranno sovra-dimensionati per garantire la laminazione delle portate meteoriche in accordo a quanto richiesto all'Appendice C del D.D.G. 102/2021, in particolare sulla base dello schema riportato nella immagine, fornito dalla normativa medesima nell'Appendice sopra indicata. A tal riguardo, si sottolinea che, anche considerata la morfologia sostanzialmente pianeggiante della piana catanese, nel caso di specie sarebbe poco perseguibile l'utilizzo di vasche/bacini di laminazione come sistemi di mitigazione delle portate in afflusso nel CIR. Infatti, la realizzazione di bacini di laminazione comporterebbe la necessità di prevedere idonei sistemi di sollevamento per consentire la restituzione delle acque meteoriche al CIR in accordo ai limiti imposti del D.D.G. 102/2021 (**20 l/s/ha fuori dalle aree a pericolosità P3 e P4 e 10 l/s/ha all'interno delle stesse**), a meno di non voler realizzare un manufatto sopraelevato rispetto al piano campagna che, quindi, consentirebbe il deflusso verso il CIR anche a gravità (tuttavia, una siffatta soluzione è da considerarsi proibitiva per le peculiari caratteristiche delle aree interessate e degli schemi proposti). In fase di scelta della tipologia di canale di drenaggio/laminazione, si è optato per l'adozione di canali in terra, non rivestiti, in modo da ridurre al minimo anche l'impatto ambientale e paesaggistico dei sistemi di invarianza idraulica in progetto. In merito all'attuabilità di tale soluzione si è condotta un'analisi circa l'assetto idrogeologico dell'acquifero insistente nella vasta area di studio di progetto. **Va detto che le trincee, in questo documento valutate secondo un primo approccio ante "progetto esecutivo" saranno tali da rispettare le migliori condizioni di deflusso presenti nelle arre di interesse. In particolare, nell'area di studio, l'acquifero in esame, denominato "Piana di Catania" (R19CT), risulta soggiacere ad una profondità tale da poter escludere o ritenere trascurabili le interferenze con i canali in progetto.** Le scelte e le idee progettuali implementate nel presente studio prevedono due possibili soluzioni

- il convogliamento delle acque di laminazione nel corpo idrico superficiale attraverso un sistema di controllo delle portate che sarà tale da non far superare le portate ammesse nel corpo idrico ricettore (CIR). Il sistema potrà essere realizzato e nell'ipotesi qui contemplata, attraverso l'impiego di tubazioni o canali sui quali si prevede un sistema di controllo delle portate attraverso una combinazione della misurazione del livello o delle portate mediante sonde che, interagendo con un sistema di chiusura, siano in grado di regolare le portate. A tal proposito si riportano di seguito due proposte progettuali che potranno essere impiegate, previe le opportune verifiche proprie della fase esecutiva. Precisando che in fase esecutiva potranno essere utilizzate altre soluzioni o altre configurazioni tali da poter ottenere lo stesso controllo delle portate in uscita.

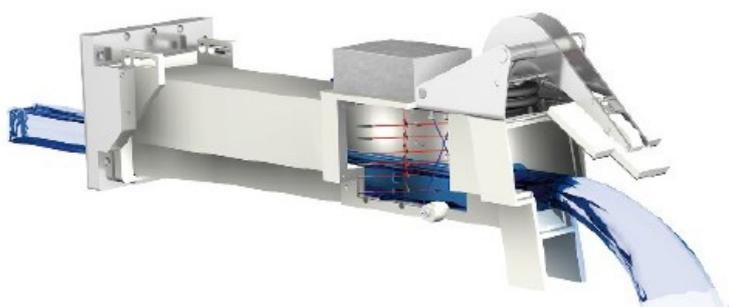


Figura 14. Sistema di controllo delle portate attraverso canale a pelo libero



Figura 15. Sistema di controllo delle portate attraverso tubazione in pressione

- l'utilizzo delle acque di laminazione per la pulizia delle parti impiantistiche e l'irrigazione delle aree a verde, ferme restando le garanzie di svuotamento entro le successive 48 ore dall'evento di pioggia

La scelta di utilizzare l'una o l'altra soluzione sarà influenzata dalle esigenze gestionali e dal particolare evento di pioggia e, soprattutto in funzione dei periodi di siccità e/o di andamento delle precipitazioni. Ad ogni modo è stata verificata con estrema attenzione l'opzione di convogliare le acque di laminazione nella rete e nel reticolo idrografico presente in corrispondenza dei vari campi. Inoltre, tutte le verifiche che sono state condotte sono state eseguite secondo la portata massima consentita ovvero 20 l/s Ha, ferma restando l'opzione sempre perseguibile si ridurre la portata immessa anche a valori significativamente più bassi. Verranno comunque garantiti i tempi di svuotamento massimi consentiti. In particolare, come si vedrà nell'ambito della relazione, la portata massima consentita determinerà tempi di svuotamento dell'ordine di **6 ore, motivo per il quale si potrà procedere alla riduzione delle portate indicate sino ad 1/8 di quella massima. In tal caso verrebbero sempre e comunque ed a maggior ragione garantiti i tempi di svuotamento e le capacità di trasporto dei CIR (corpi idrici superficiali)**

4.2 Analisi delle precipitazioni e determinazione delle Curve di Probabilità Pluviometrica per i vari tempi di ritorno

Nella presente sezione viene sviluppata l'analisi strettamente idrologica delle precipitazioni di massima intensità registrate presso la stazione pluviometrica denominata "Paternò". La stazione considerata presenta un significativo periodo di osservazione e, trovandosi in posizione rappresentativa, esprime certamente un riferimento descrittivo e scientificamente valido dei fenomeni di piovosità del territorio di studio.



4.2.1 Generalità

Il presente capitolo riporta l'analisi delle piogge intense per il bacino imbrifero considerato. Più in dettaglio, le analisi sono state condotte utilizzando i dati pluviometrici della stazione di "Paternò" della rete ufficiale regionale. I dati delle piogge intense per tale stazione sono disponibili ed aggiornati al 2023 e pertanto estremamente descrittivi anche dei cambiamenti climatici che hanno caratterizzato il territorio negli ultimi anni. Per tale stazione sono stati calcolati i parametri delle curve di probabilità pluviometria per fissati tempi di ritorno sulla base della distribuzione di probabilità di Gumbel, stimandone i parametri con il metodo dei momenti.

4.2.2 Dati utilizzati

La seguente tabella riporta i dati disponibili di massima precipitazione annua per durate 1, 3, 6, 12 e 24 ore per la stazione pluviometrica di Paternò, unitamente ai parametri statistici, media x_m e scarto quadratico medio s_x , necessari per la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica.

Tabella 9: Massime precipitazione annue per durate 1, 3, 6, 12 e 24 ore registrate dalla stazione pluviografica di Paternò

Anno	1 ora [mm]	3 ore [mm]	6 ore [mm]	12 ore [mm]	24 ore [mm]	Anno	1 ora [mm]	3 ore [mm]	6 ore [mm]	12 ore [mm]	24 ore [mm]
2002	17,6	25,8	26,8	26,8	28,8	2013	29,2	33,0	41,0	42,0	44,4
2003	44,2	69,2	79,8	98,2	109,4	2014	22,0	26,2	37,8	58,4	71,8
2004	20,0	27,0	31,6	37,6	44,4	2015	26,6	39,2	61,8	73,2	135,4
2005	46,8	97,4	130,6	165,0	208,0	2016	16,6	21,0	22,6	25,8	44,4
2006	21,4	34,0	43,4	59,6	93,2	2017	25,6	42,4	63,4	85,2	88,4
2007	10,6	16,4	17,2	28,2	29,6	2018	32,8	46,4	47,8	55,2	55,4
2008	18,4	33,2	50,2	76,4	92,0	2019	47,6	54,2	71,4	83,0	84,0
2009	24,0	39,8	67,8	76,8	84,4	2020	30,8	55,0	56,6	56,8	56,8
2010	39,4	41,8	59,6	87,6	93,6	2021	69,0	121,0	130,6	130,6	133,2
2011	59,4	59,4	73,0	76,0	87,8	2022	26,2	26,6	26,6	26,8	35,8
2012	25,0	40,6	63,2	109,6	176,2	2023	24,6	27,8	28,0	33,0	56,4

4.3 Distribuzioni di probabilità delle altezze di pioggia

Al fine di stimare le altezze di pioggia per i vari tempi di ritorno nella stazione indicata nell'ambito del presente studio si è utilizzata la distribuzione di Gumbel stimando i parametri con il metodo dei momenti.

4.3.1 Distribuzione di Gumbel

La maggior parte delle distribuzioni di probabilità utilizzate in campo idrologico appartiene alla famiglia a cui corrisponde la distribuzione asintotica del I tipo. Questa famiglia di distribuzioni è caratterizzata da una funzione di probabilità $P(x)$ che si può approssimare, per valori elevati di x , con una curva che tende esponenzialmente a uno per x che tende all'infinito. Per tale famiglia, dunque, qualunque sia la distribuzione di probabilità originaria, la distribuzione del massimo valore $PN(x>X)$ tende asintoticamente alla funzione esponenziale:

$$P(x>X) = e^{-e^{-y}}$$



dove: $y = \frac{x-u}{\alpha}$

Tale distribuzione è detta *distribuzione asintotica del I ordine o distribuzione di Gumbel*. Adottando il metodo dei momenti i parametri u e α della distribuzione di Gumbel sono ricavati dalle seguenti relazioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{s_x}$$

$$u = x_m - 0.45s_x$$

Per le 5 durate considerate i parametri delle distribuzioni di Gumbel sono riportati nella seguente tabella. Si aggiunge inoltre, che ai fini dello studio per durate di pioggia inferiori ad un'ora, si sono sviluppate le opportune valutazioni applicando le formule correttive di Ferreri-Ferro - Regione Sicilia Piogge <1h [mm]

Tabella 10. Parametri a ed u della distribuzione di Gumbel adottata stimati mediante il metodo dei momenti per le diverse durate considerate

Parametro Statistico	1 ora [mm]	3 ore [mm]	6 ore [mm]	12 ore [mm]	24 ore [mm]
Media	30,8	44,4	55,9	68,7	84,2
Varianza	213,3	622,4	907,1	1292,4	2160,0
Dev.Standard	14,6	24,9	30,1	35,9	46,5
Alfa (a)	11,4	19,5	23,5	28,0	36,3
$\mu =$	24,2	33,2	42,4	52,5	63,3

4.3.2 Curve di probabilità pluviometrica

Le curve di probabilità pluviometrica forniscono il legame tra le altezze h e la durata t di piogge di forte intensità relative ad uno specifico tempo di ritorno T . Generalmente, tali curve vengono rappresentate con equazioni del tipo:

$$h = \frac{a \cdot t}{(b+t)^m} \quad (4.1)$$

in cui usualmente ponendo $b=0$ ed $m=1-n$, si perviene all'espressione:

$$h = a \cdot t^n \quad (4.2)$$

La determinazione dei parametri a ed n può essere condotta a partire dai valori dei massimi annuali di precipitazione per fissata durata e tempo di ritorno. Tali valori possono essere stimati sulla base delle osservazioni registrate, previo adattamento di una opportuna distribuzione di probabilità ai dati relativi a ciascuna durata. Al fine di determinare le curve di probabilità pluviometrica per le stazioni pluviometriche di interesse al variare del tempo di ritorno, cioè dell'intervallo medio di tempo durante il quale un dato evento viene eguagliato o superato almeno una volta, vengono analizzate le serie delle precipitazioni di breve durata e massima intensità per un numero di anni sufficiente a potere effettuare l'adattamento di distribuzioni di probabilità. Per la stazione pluviometrica di Modica sono stati determinati i parametri a e n utilizzando le distribuzioni di probabilità degli eventi estremi, descritte al paragrafo precedente, per tempi di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni **e specificatamente pari a 30 e 50 anni per le valutazioni strettamente legate al presente studio.**



Tabella 11. Parametri delle curve di probabilità pluviometrica determinati sulla base della distribuzione di Gumbel, valutando i parametri con il metodo dei momenti, Stazione pluviometrica di Paternò

Tempo di ritorno [anni]	Var. Ridotta Wt [mm]	Valore Altezza Pioggia [1 ora]	Valore Altezza Pioggia [3 ore]	Valore Altezza Pioggia [6 ore]	Valore Altezza Pioggia [12 ore]	Valore Altezza Pioggia [24 ore]	Valore di "a"	Valore di "n"
2	0,37	28,41	40,33	51,00	62,81	76,61	n.r.	n.r.
5	1,50	41,32	62,38	77,63	94,60	117,70	n.r.	n.r.
10	2,25	49,87	76,99	95,26	115,64	144,91	51.514	0.331
20	2,97	58,07	91,00	112,17	135,83	171,01	n.r.	n.r.
30	3,38	62,79	99,06	121,90	147,44	186,02	65.286	0.335
50	3,90	68,69	109,13	134,06	161,96	204,79	71.572	0.336
100	4,60	76,65	122,72	150,46	181,54	230,10	80.049	0.338
200	5,30	84,57	136,26	166,81	201,05	255,32	88.495	0.339
300	5,70	89,20	144,16	176,35	212,44	270,05	93.427	0.340
500	6,21	95,03	154,12	188,37	226,79	288,60	n.r.	n.r.

In particolare, la tabella riporta per la stazione considerata i valori dei parametri delle curve di probabilità pluviometriche rispettivamente ottenuti utilizzando la distribuzione di Gumbel, valutando i parametri con il metodo dei momenti sulla base dell'intero gruppo di dati oggi disponibili. di probabilità e il diagramma delle piogge regolarizzate con interpolazione logaritmica

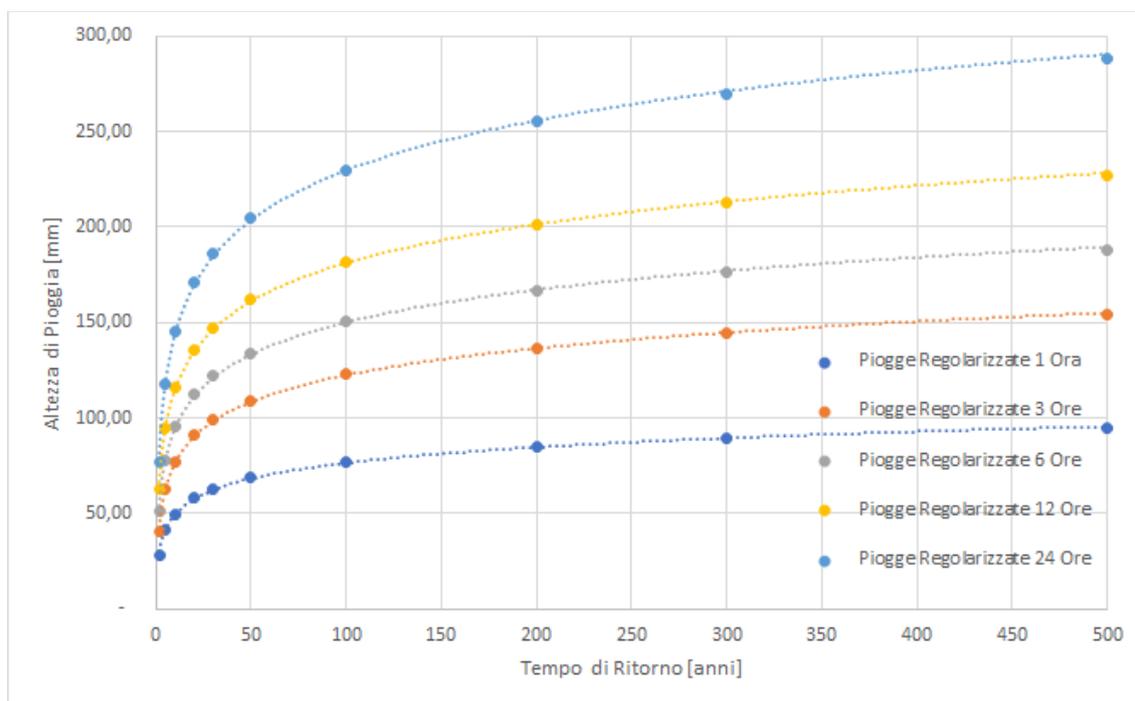


Figura 16. Diagramma delle piogge regolarizzate ed interpolazione logaritmica

Ai fini della massima attenzione nella interpolazione delle curve di probabilità pluviometrica si sono considerati anche i valori corretti di interpolazione per le piogge di durata inferiore ad 1 ora, tanto attraverso la formula di Ferreri-Ferro per il territorio della Regione Sicilia.



Tabella 12. Altezze di pioggia inferiori ad un'ora per i vari tempi di ritorno

Formula Ferreri-Ferro - Regione Sicilia Piogge <1h [mm]						
Minuti	Anni					
Piogge < 1 h	10	30	50	100	200	300
5	19,741	25,018	27,427	30,676	33,912	35,802
10	25,796	32,693	35,841	40,086	44,315	46,785
15	30,167	38,232	41,913	46,877	51,823	54,711
20	33,710	42,722	46,835	52,383	57,909	61,137
25	36,742	46,565	51,048	57,095	63,118	66,636
30	39,421	49,960	54,770	61,257	67,720	71,495
35	41,838	53,023	58,128	65,013	71,872	75,878
40	44,051	55,828	61,203	68,452	75,674	79,892
45	46,100	58,424	64,049	71,636	79,194	83,608
50	48,013	60,850	66,708	74,609	82,481	87,078
55	49,813	63,130	69,208	77,405	85,572	90,341
60	51,514	65,286	71,572	80,049	88,495	93,427

La figura successiva illustra le curve di probabilità pluviometrica ottenute con la sopracitata distribuzione valida per durate di pioggia > 1 ora

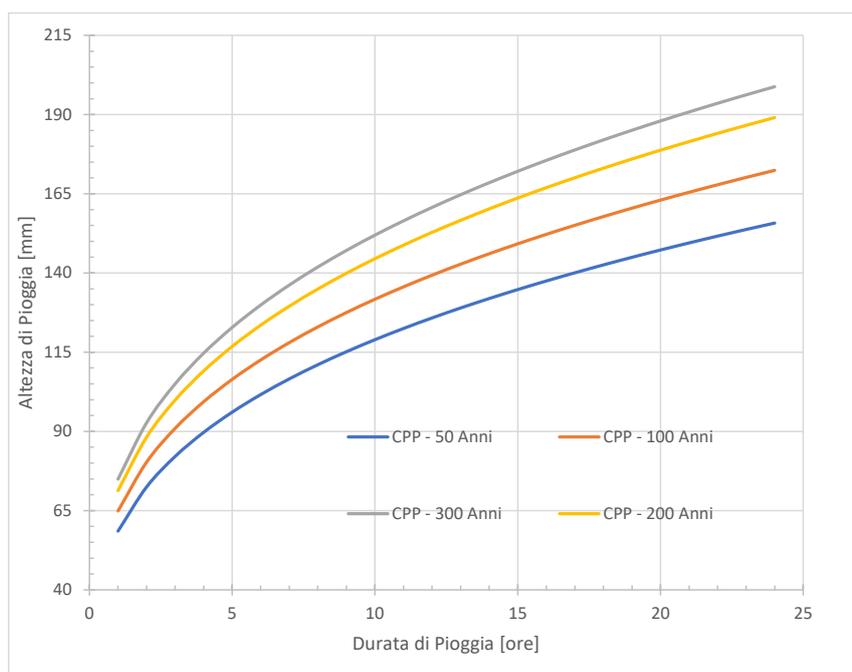


Figura 17. Curve di probabilità pluviometrica determinate utilizzando la distribuzione di Gumbel e stimando i parametri con il metodo dei momenti – Stazione pluviometrica di Paternò per piogge > 1 Ora

Mentre per quanto riguarda le curve per piogge intense di durata inferiore ad un'ora si sono effettuate le interpolazioni attraverso tutte le curve appresso riportate per tutti i tempi di ritorno

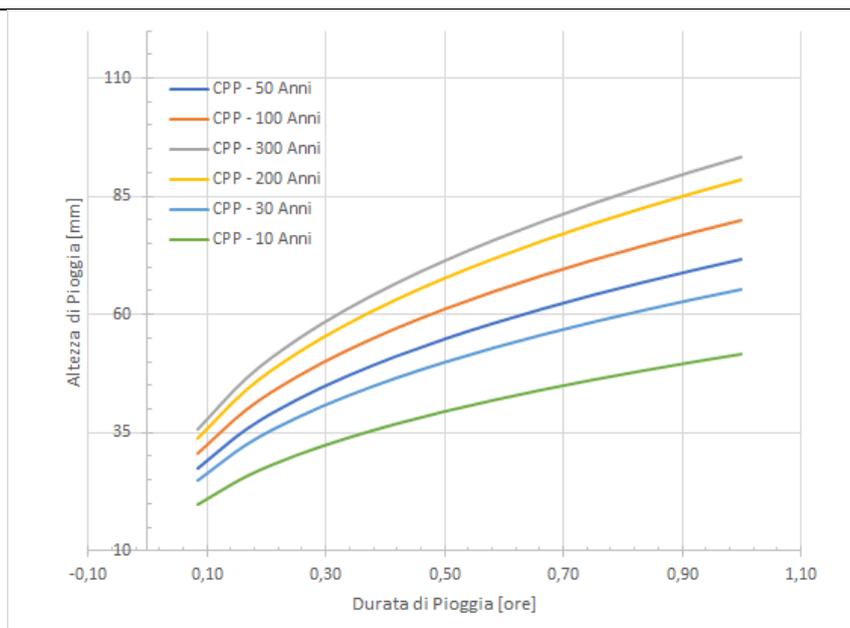


Figura 18. Curve di probabilità pluviometrica determinate utilizzando la distribuzione di Gumbel e stimando i parametri con il metodo dei momenti – Stazione pluviometrica di Paternò per piogge > 1 Ora

Al fine di verificare la bontà di adattamento delle leggi di pioggia individuate si è proceduto ad effettuare il confronto grafico delle altezze di pioggia e le curve di probabilità pluviometrica ottenute attraverso i parametri “a” ed “n” individuati a conclusione delle elaborazioni.

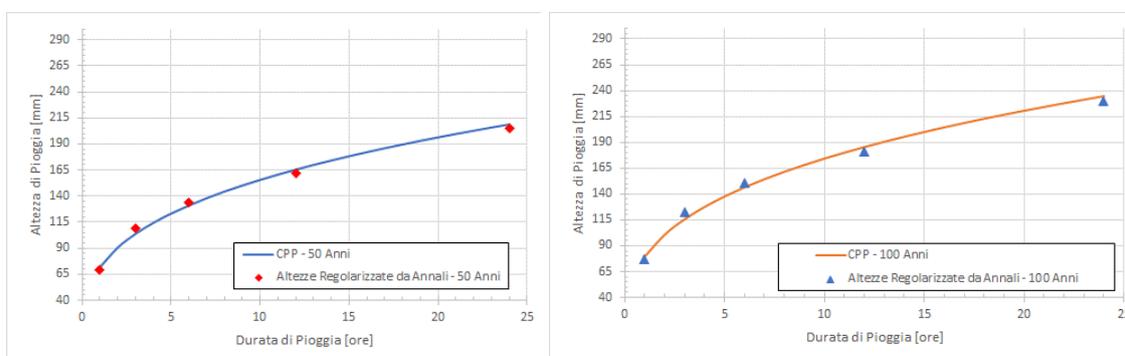


Figura 19. Verifica della bontà di adattamento delle curve [Tr = 50 anni; Tr = 100 anni] – Stazione pluviometrica di Modica

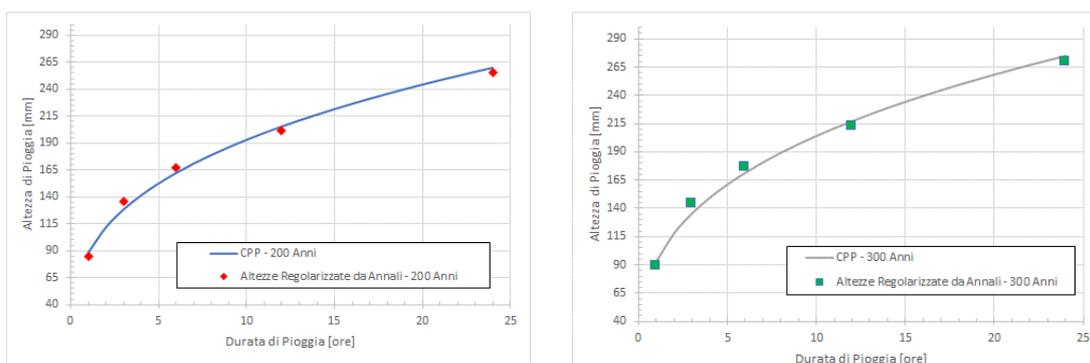


Figura 20. Verifica della bontà di adattamento delle curve [Tr = 200 anni; Tr = 300 anni] – Stazione pluviometrica di Modica



Le verifiche grafiche mostrano che le leggi ottenute che legano le durate di pioggia con le relative altezze di pioggia risultano perfettamente allineate alle osservazioni effettuate e con i dati rilevati e sono descrittive dei fenomeni delle piogge intense per i tempi di ritorno considerati e significativamente adattabili. Le relazioni così ottenute risultano dunque perfettamente utilizzabili per le successive attività di valutazione e verifica dei fenomeni idraulici.

4.4 Verifica di invarianza idraulica e idrologica

Il D.D.G. 102/2021 prevede, per gli interventi con superficie maggiore di 10.000 m², la redazione di uno studio di invarianza idraulica e idrologica, con l'adozione dei metodi di trasformazione afflussi-deflussi per i casi di trasformazione del suolo con basso coefficiente di deflusso post-operam. Nel presente paragrafo si descrivono le modalità con cui si garantirà l'invarianza idrologico-idraulica dell'area oggetto d'intervento, in accordo alle disposizioni e agli approcci specificati nella D.D.G. 102 del 23/6/2021.

4.4.1 Stima del coefficiente di deflusso medio ponderato ante e post-operam

Per lo studio di invarianza idrologico-idraulica, secondo il D.D.G. 102 del 23/06/2021, è necessario definire il coefficiente di deflusso (ϕ), definito come il rapporto tra il volume defluito attraverso una assegnata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico totale precipitato nell'intervallo stesso o, più semplicemente, come rapporto tra la porzione impermeabile dell'area d'interesse e la superficie complessiva. Ad assoluto vantaggio di sicurezza, è stato assunto che fra le condizioni ante e post-operam, intendendo come post-operam l'avvenuta realizzazione delle aree pannellate e delle relative connessioni impiantistiche, si passi, per l'intera area interessata dall'intervento, da un coefficiente di deflusso ante-operam pari a 0 (assoluta permeabilità del suolo) al valore di 0,3 nelle condizioni post-operam. Tale assunzione risulta assolutamente avallata anche dai valori del coefficiente di deflusso forniti dalla Direttiva più volte citata, che si propongono nel seguito per pronta visione (rif., Allegato 2, paragrafo A.4 del DDG 102/2021).

Tabella 13. Tabella coefficiente di deflusso (ϕ) – DDG 102/2021

• <i>Superfici Impermeabili</i>	1,0
• <i>Pavimentazioni Drenanti o Semipermeabili</i>	0,7
• <i>Aree permeabili</i>	0,3
• <i>Incolto e Uso Agricolo</i>	0,0

4.4.2 Metodologie di calcolo del volume di laminazione dei campi e sottocampi e simulazioni

Relativamente al calcolo del volume di laminazione, secondo il par. A.4 del D.D.G. 102/2021, il calcolo del volume di invaso per la laminazione delle acque meteoriche può essere sviluppato in via semplificata per aree impermeabilizzate a basso coefficiente di deflusso medio ponderale (<50%) adottando il **metodo semplificato delle piogge**, secondo cui il volume di laminazione è espresso dalla relazione proposta nel seguito, in cui V_{max} è il volume di invaso necessario per non superare la portata limite allo scarico (espresso in m³), S la superficie (in m²) scolante a monte della vasca/invaso di laminazione, ϕ il coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area drenante (nel caso in esame pari a 0,30), a ed n parametri delle curve di possibilità pluviometrica e Q_{IMP} portata limite ammessa allo scarico (in m³/s) corrispondente ad un coefficiente idrometrico pari a 10-20 l/s per ettaro di superficie



impermeabilizzata dall'intervento di urbanizzazione (in funzione delle caratteristiche di pericolosità idraulica dell'area dello scarico nel CIR).

$$V_{\max} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

La suddetta formula viene indicata nel D.D.G. 102/2021 e tiene conto di valutazioni generali che determinano i volumi di laminazione/compenso. Essi devono comunque essere verificati attraverso una simulazione mirata che tenga conto degli afflussi, dei deflussi, dei volumi di accumulo e compensazione e della massima portata allo scarico. Infatti nel presente studio non ci si è limitati ad applicare la suddetta formula, ma è stata fatta una effettiva simulazione al fine di ottenere il volume massimo in laminazione che poi sarà il minimo volume di laminazione richiesto ottenuto attraverso l'individuazione del tempo critico. Alla luce di quanto premesso, si determinerà, dunque, il volume del sistema di laminazione in progetto sopra descritto (**canale di gronda perimetrale o di valle**). Il *Metodo delle sole piogge* si basa sulle seguenti assunzioni:

l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_e(t)$ nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata D e portata costante Q_e pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. Si considera una legge di probabilità pluviometrica monomia ad un tratto:

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

in cui h è l'altezza di pioggia, D è la durata, a , in [mm/h], è il prodotto del coefficiente pluviometrico orario per il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T , n è l'esponente della curva (parametro di scala). La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1}$$

e il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

in cui S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso, φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo (quindi $S \cdot \varphi$ è la superficie scolante impermeabile dell'intervento), D è la durata di pioggia, a e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica. L'onda uscente $Q_u(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante $Q_{u,lim}$ (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato. La portata costante uscente è quindi pari a:

$$Q_{u,lim} = S \cdot \varphi \cdot u_{lim}$$

e il volume complessivamente uscito nel corso della durata D dell'evento è pari a:



$$W_u = S \cdot \varphi \cdot u_{lim} \cdot D$$

in cui u_{lim} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico, di cui all'articolo 8 comma 1 del regolamento. Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione. Quindi, il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento di durata generica D (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{lim} \cdot D$$

La figura seguente mostra graficamente la curva $W_e(D)$, concava verso l'asse delle ascisse, in aderenza alla curva di possibilità pluviometrica, e la retta $W_u(D)$ e indica come la distanza verticale ΔW tra tali due curve ammetta una condizione di massimo che individua così l'evento di durata D_w critica per la laminazione. In sostanza si identifica quel momento, critico, in corrispondenza del quale risulta massimo il volume invasato.

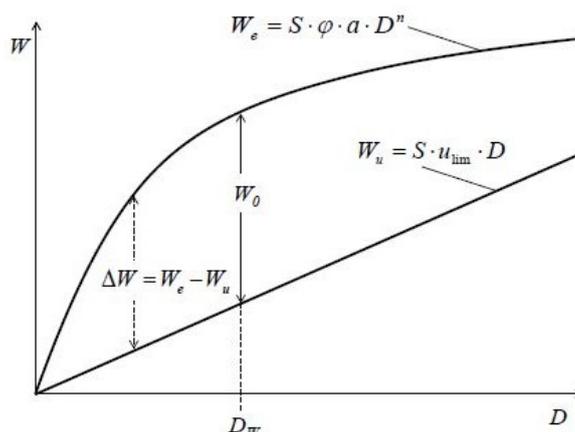


Figura 21. Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico D_w e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_w per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume di laminazione W_0 :

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - Q_{u,max} \cdot D_w$$

Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica: W_0 in [m³], S in [ha], a in [mm/ora], θ in [ore], D_w in [ore] e $Q_{u,lim}$ in [l/s], le equazioni diventano:



$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w$$

Introducendo in esse la portata specifica di scarico $u_{lim} = Q_{u,lim}/S$ (in l/s per ettaro) e il volume specifico di invaso $w_0 = W_0/S$ (in m³/ha) si ha:

$$D_w = \left(\frac{u_{lim}}{2.78 \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$w_0 = 10 \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot u_{lim} \cdot D_w$$

L'espressione fornisce il volume specifico di laminazione per unità di superficie, pertanto moltiplicando per la superficie interessata ed in progetto, si ottiene il volume di laminazione complessivamente necessario a servizio di quella determinata area. La verifica finale prevede di realizzare canali di gronda tali che nel loro sviluppo, con un minimo di franco disponibile, abbiano una volumetria di compenso almeno pari al minimo richiesto. Nel contempo dovrà essere verificato che il volume accumulato **sia smaltibile in meno di 48 ore** attraverso le portate ammesse nel corpo idrico ricettore.

4.4.3 Determinazione dei volumi di laminazione per i sottocampi mediante l'applicazione del metodo delle piogge

Per ogni sottocampo di ogni campo fotovoltaico sono stati valutati i volumi di laminazione applicando il metodo delle piogge richiesto dalla normativa. La valutazione dei volumi di laminazione sono stati effettuati mediante l'applicazione della formula indicata dal D.D.G. 102/2021. I volumi calcolati sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 14. Calcolo dei volumi di laminazione mediante la formula D.D.G. 102/2021 – Metodo delle Piogge [Aliaia 1]

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	Superficie [Ha]	Q _{u,lim} [l/sec]	φ	CPP "a" [30 anni] mm/h	CPP "n" [30 anni]	Dw T _{critica} [ore]	w ₀ V _{specif} [m ³ /ha]	Volume di Laminazione [mc]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	1	a	53 277	5,33	31,97	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	662
	Aliaia		b	100 167	10,02	60,10	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	1 245
	Aliaia		c1	151 646	15,16	90,99	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	1 885
	Aliaia		c2	89 016	8,90	53,41	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	1 106
	Aliaia		c3	125 733	12,57	75,44	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	1 563
	Aliaia		d	17 669	1,77	10,60	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	220
	Aliaia		e1	40 195	4,02	24,12	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	500
	Aliaia		e2	48 100	4,81	28,86	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	598
	Aliaia		f1	44 782	4,48	26,87	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	557
	Aliaia		f2	19 391	1,94	11,63	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	241
	Aliaia		g1	79 633	7,96	47,78	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	990
	Aliaia		g2	30 704	3,07	18,42	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	382
	Aliaia		h	124 345	12,43	74,61	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	1 546
	Aliaia		i	6 418	0,64	3,85	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	80
	Aliaia		l	63 311	6,33	37,99	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	787
	Aliaia		m1	115 045	11,50	69,03	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	1 430
	Aliaia		m2	148 092	14,81	88,86	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	1 841
	Aliaia		m3	83 580	8,36	50,15	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	1 039
	Aliaia		m4	40 635	4,06	24,38	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	505
	Aliaia		m5	39 395	3,94	23,64	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	490
Aliaia	m6	79 187	7,92	47,51	0,30	65,286	0,3348	0,870	124,29	984		
				1 500 321	150,03	900,19						18 648



Tabella 15. Calcolo dei volumi di laminazione mediante la formula D.D.G. 102/2021 – Metodo delle Piogge [Aliaia 2]

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	Superficie [Ha]	Q u,lim [l/sec]	φ	CPP "a" [30 anni] mm/h	CPP "n" [30 anni]	Dw T,critica [ore]	wo Vspecif. [mc/ha]	Volume di Laminazione [mc]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	2	a1	135 330	13,53	81,20	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,2950	1 682
	Aliaia		a2_1	131 489	13,15	78,89	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,2950	1 634
	Aliaia		a2_2	103 859	10,39	62,32	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,2950	1 291
	Aliaia		b	33 303	3,33	19,98	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,2950	414
				403 981	40,40	242,39						5 021

Tabella 16. Calcolo dei volumi di laminazione mediante la formula D.D.G. 102/2021 – Metodo delle Piogge [Aliaia 3]

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	Superficie [Ha]	Q u,lim [l/sec]	φ	CPP "a" [30 anni] mm/h	CPP "n" [30 anni]	Dw T,critica [ore]	wo Vspecif. [mc/ha]	Volume di Laminazione [mc]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	3	a1	60 368	6,04	36,22	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,29	750
			a2	4 562	0,46	2,74	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,29	57
			b	35 629	3,56	21,38	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,29	443
			c	66 903	6,69	40,14	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,29	832
			d	15 692	1,57	9,42	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,29	195
			e	4 408	0,44	2,64	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,29	55
			f1	94 922	9,49	56,95	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,29	1 180
			f2	53 371	5,34	32,02	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,29	663
			g	9 974	1,00	5,98	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,29	124
			h1	49 920	4,99	29,95	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,29	620
			h2	53 342	5,33	32,01	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,29	663
							449 091	44,91	269,45			

Tabella 17. Calcolo dei volumi di laminazione mediante la formula D.D.G. 102/2021 – Metodo delle Piogge [Aliaia 4]

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	Superficie [Ha]	Q u,lim [l/sec]	φ	CPP "a" [30 anni] mm/h	CPP "n" [30 anni]	Dw T,critica [ore]	wo Vspecif. [mc/ha]	Volume di Laminazione [mc]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	4	a	28 317	2,83	16,99	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,2950	352
			b	21 770	2,18	13,06	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,2950	271
			c	22 511	2,25	13,51	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,2950	280
			d1	43 283	4,33	25,97	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,2950	538
			d2	36 258	3,63	21,75	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,2950	451
				152 139	15,21	91,28						1 891

Tabella 18. Calcolo dei volumi di laminazione mediante la formula D.D.G. 102/2021 – Metodo delle Piogge [Aliaia 5]

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	Superficie [Ha]	Q u,lim [l/sec]	φ	CPP "a" [30 anni] mm/h	CPP "n" [30 anni]	Dw T,critica [ore]	wo Vspecif. [mc/ha]	Volume di Laminazione [mc]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	5	a1	79 757	7,98	47,85	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,2950	991
			a2	66 874	6,69	40,12	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,2950	831
			a3	88 658	8,87	53,19	0,30	65,286	0,3348	0,8701	124,2950	1 102
				235 289	23,53	141,16						2 925

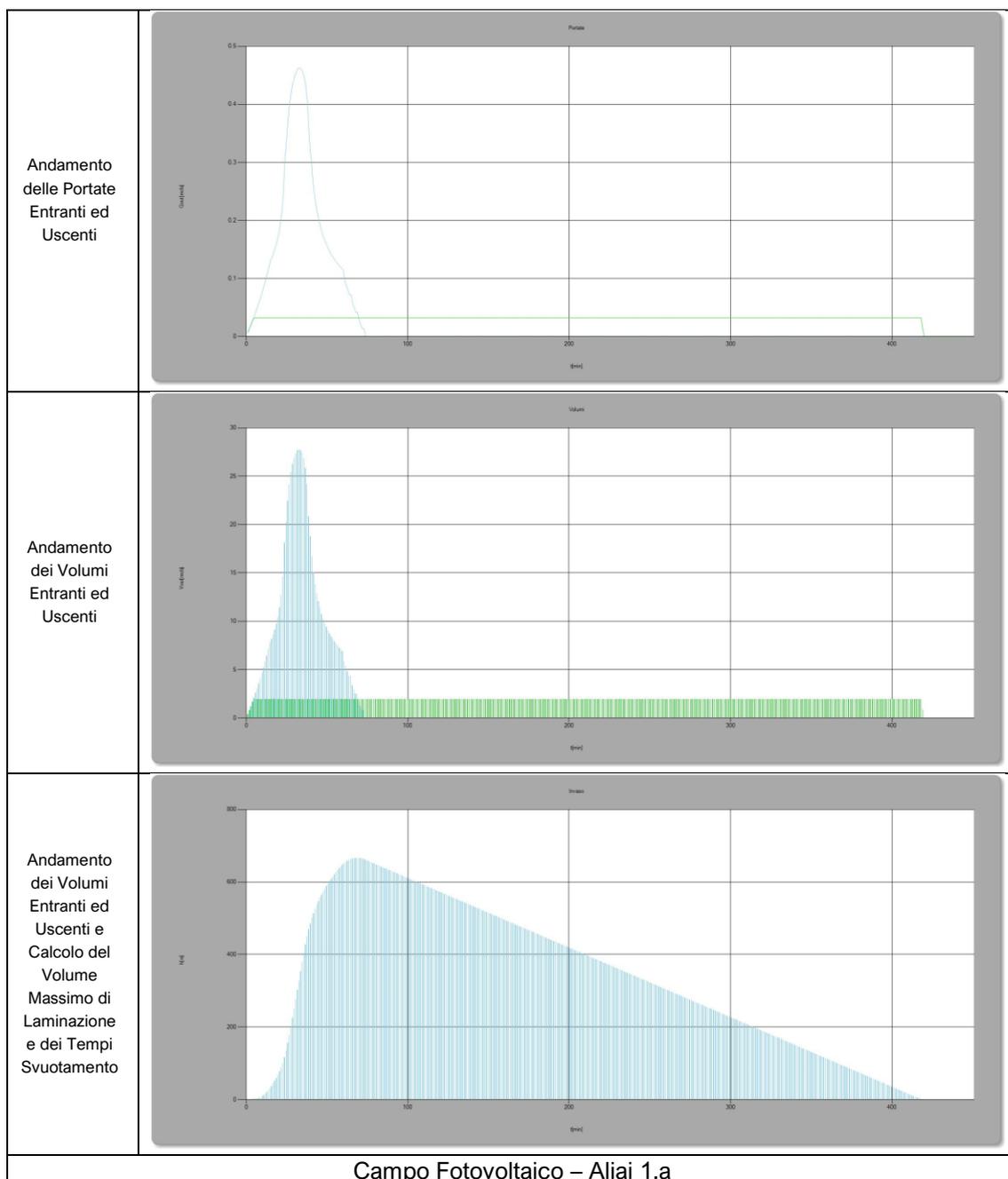
Si riporta di seguito la tabella riassuntiva delle volumetrie di laminazione strettamente necessarie per ogni campo fotovoltaico in progetto

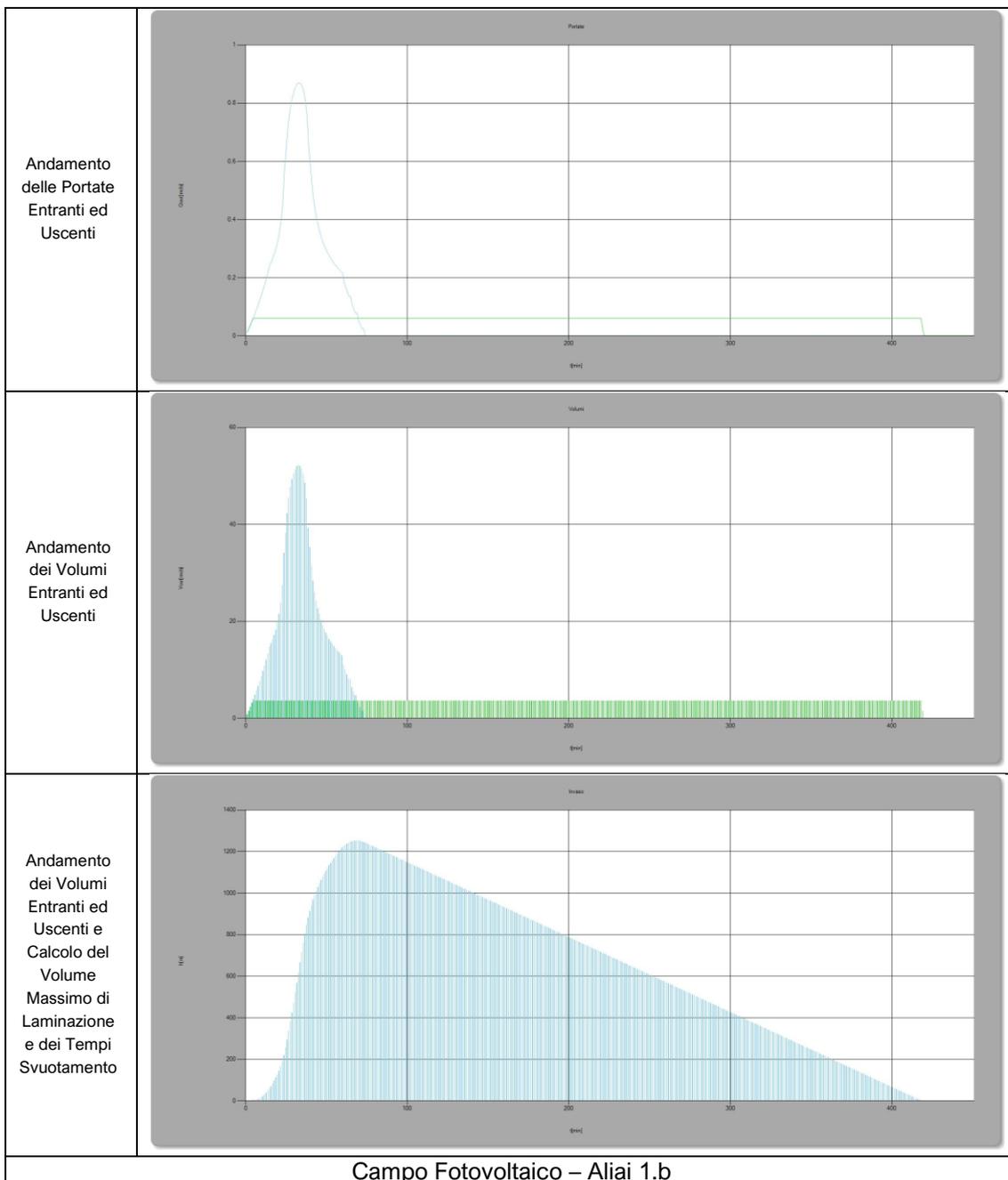
Tabella 19. Calcolo dei volumi di laminazione sintesi

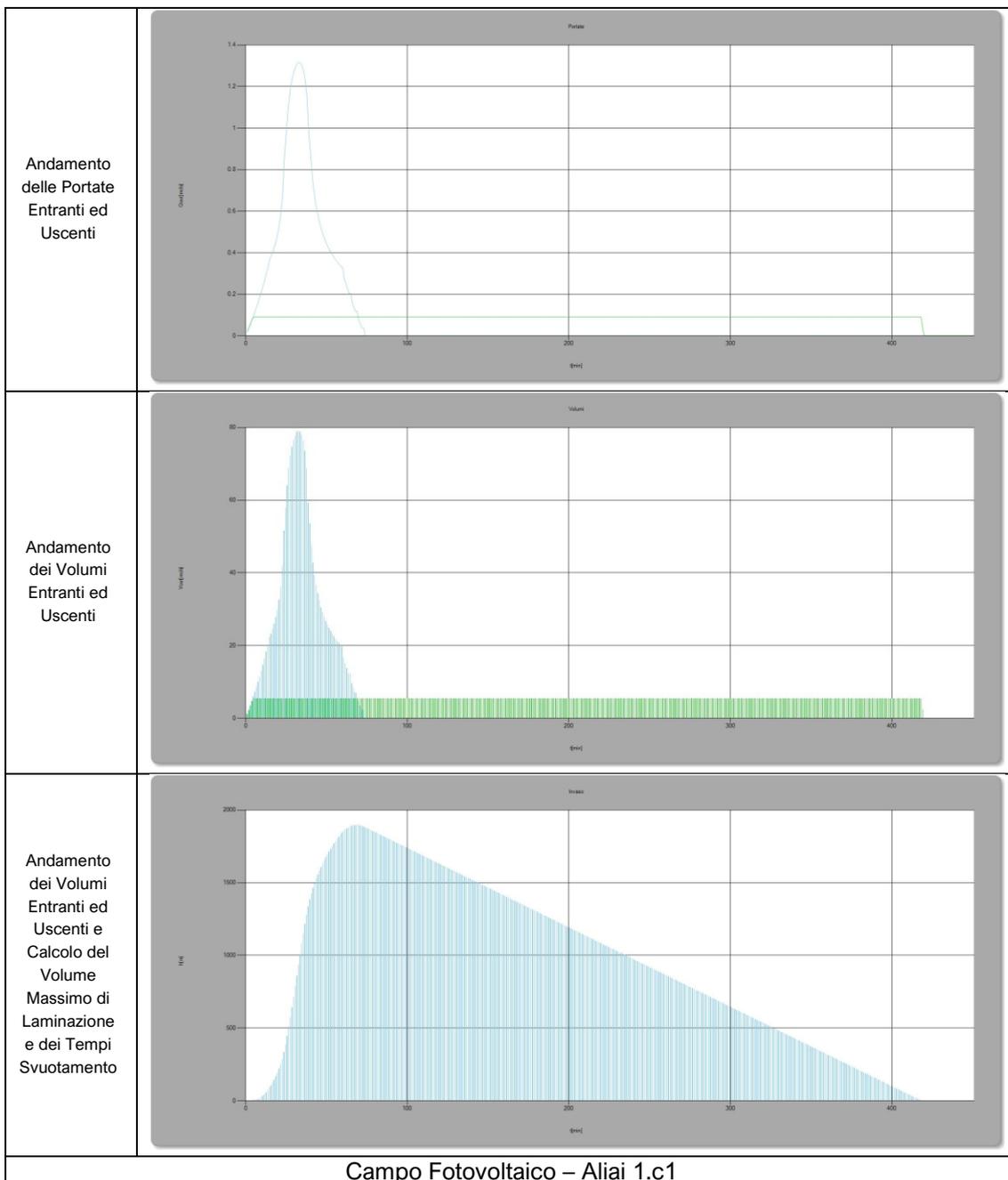
Campo Fotovoltaico	Superficie Area [mq]	Superficie [Ha]	Q u,lim [l/sec]	Volume di Laminazione Minimo [mc]	Volume di Laminazione in Progetto [mc]
Alaia 1	1 500 321	150,03	900,19	18 648	18 690
Alaia 2	403 981	40,40	242,39	5 021	5 025
Alaia 3	449 091	44,91	269,45	5 582	5 593
Alaia 4	152 139	15,21	91,28	1 891	1 897
Alaia 5	235 289	23,53	141,16	2 925	2 927
	2 740 821	274	1 557	34 067	34 132

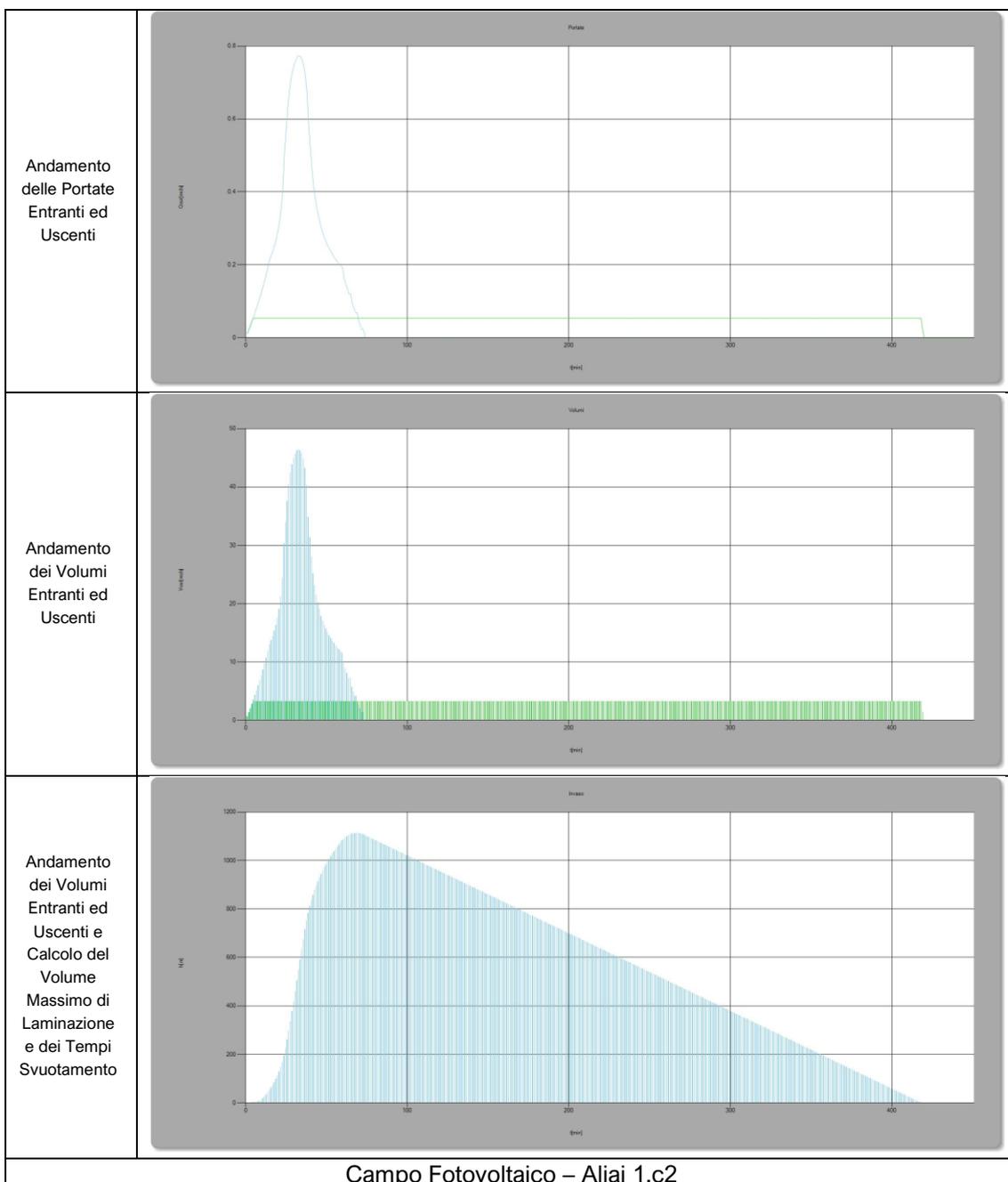


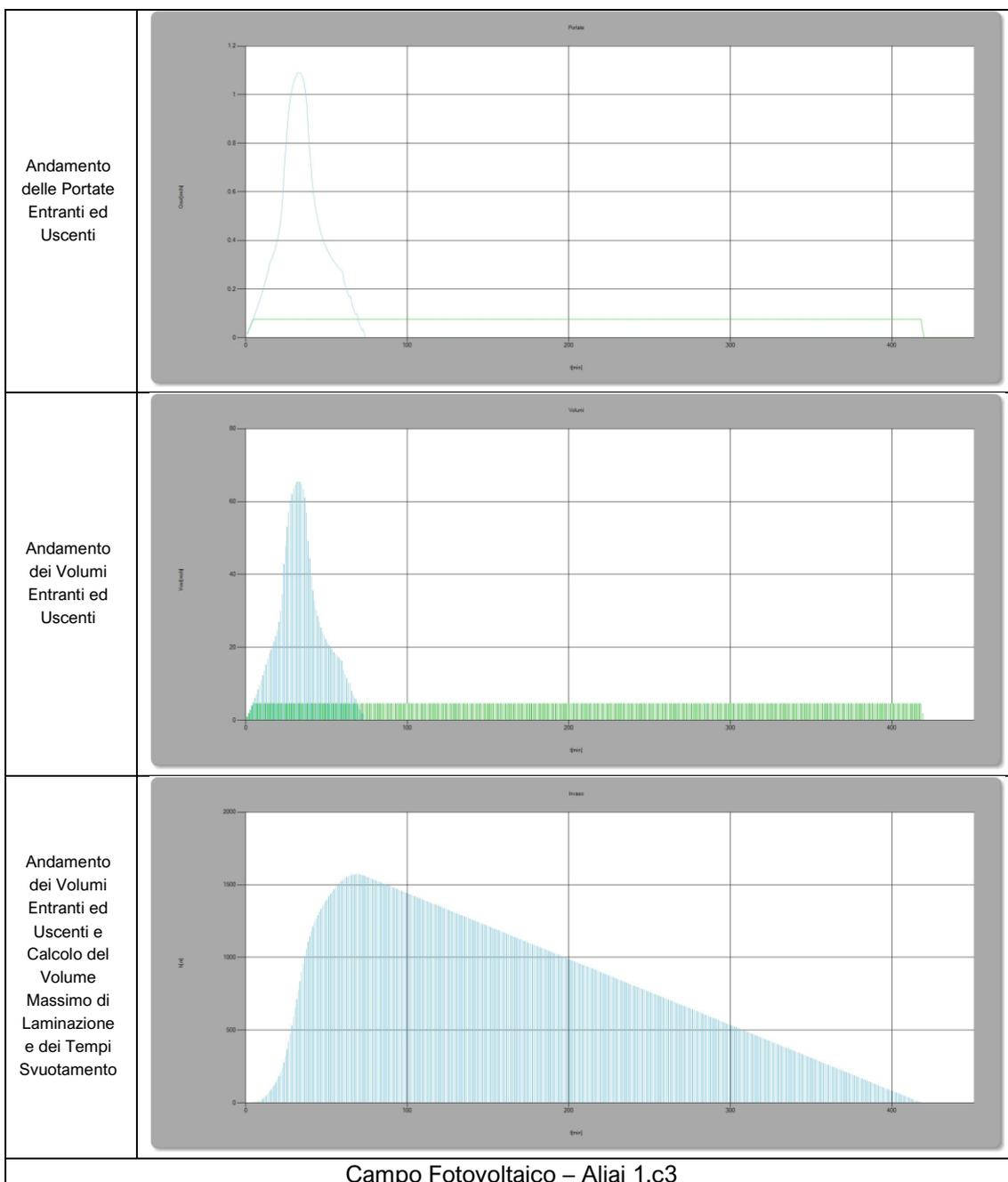
Si riportano di seguito le elaborazioni di verifica effettuate mediante software specifico che simula le fasi di riempimento e svuotamento dei volumi di laminazione individuando il volume massimo di laminazione e compenso. Il software elabora e simula le fasi di riempimento e svuotamento applicando le formule che esprimono l'evento di pioggia, le portate in ingresso ed in uscita imponendo che la portata in uscita sia proprio quella massima ammessa dalla normativa (20 l/s Ha). Si anticipa che le elaborazioni sviluppate coincidono, a meno di qualche metro cubo (differenza < 0.01%), con l'applicazione della formula semplificata indicata in normativa. Infine, il software calcola il tempo di svuotamento dei volumi laminati, verificando che lo stesso sia inferiore a 48 ore.

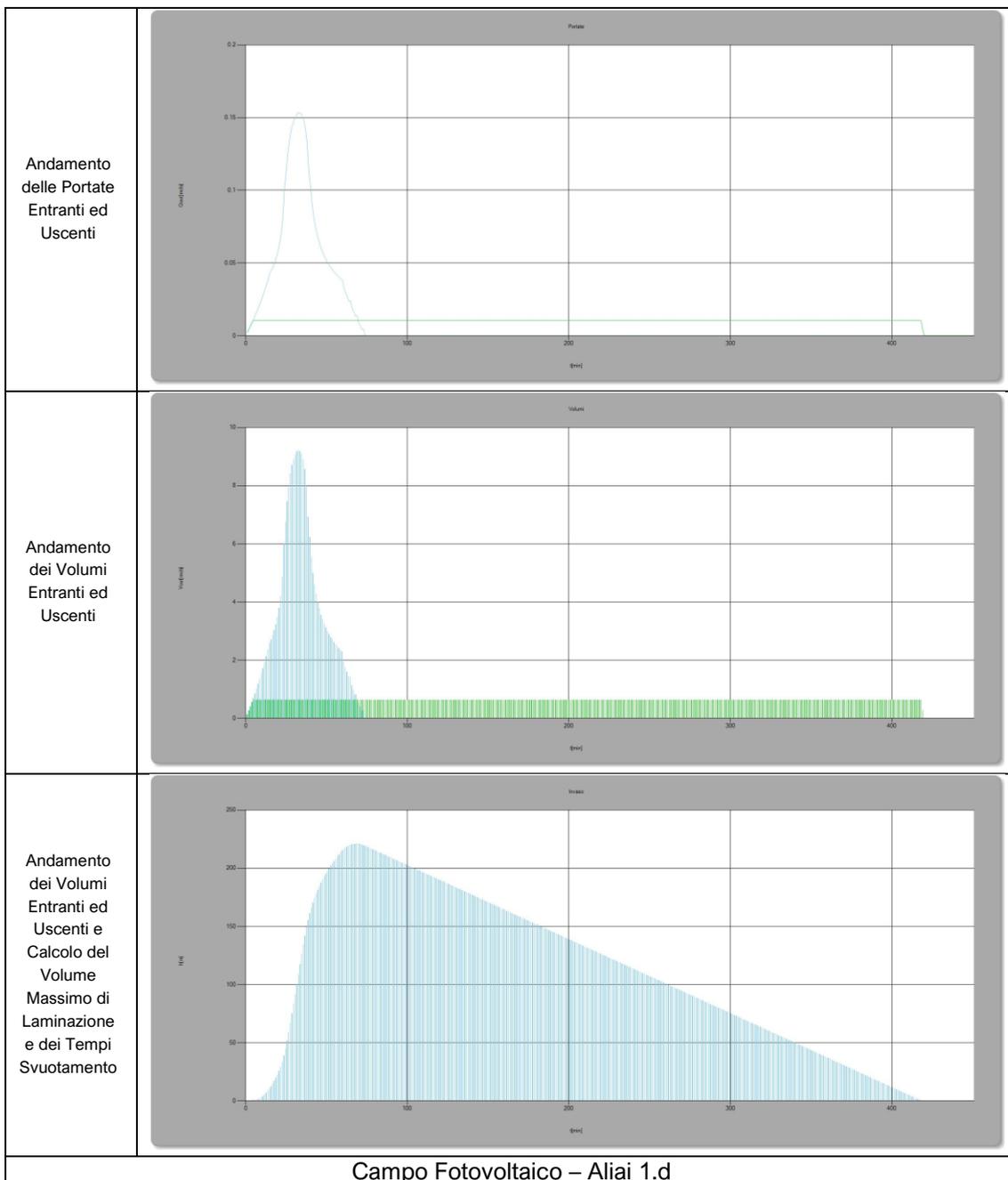




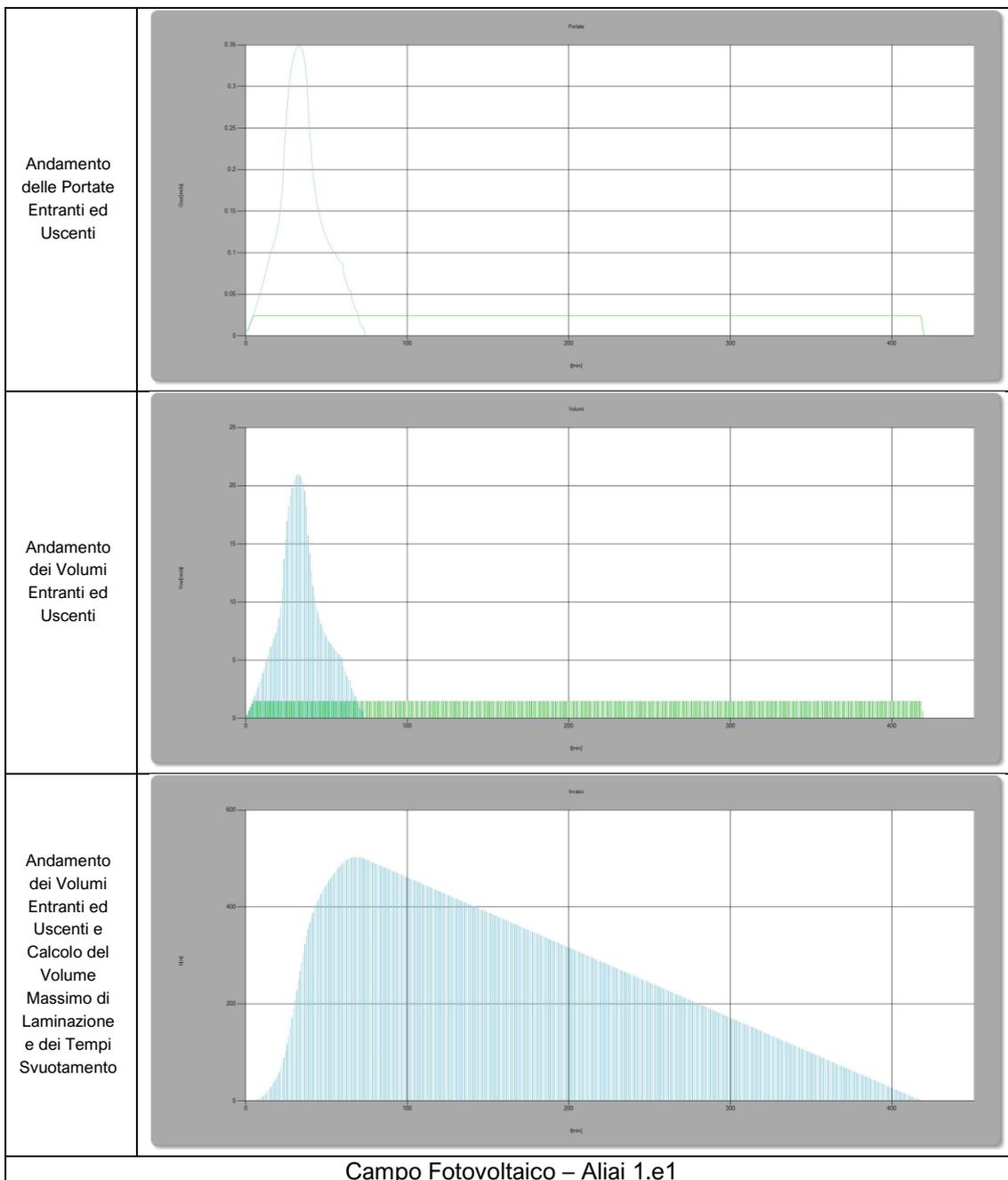


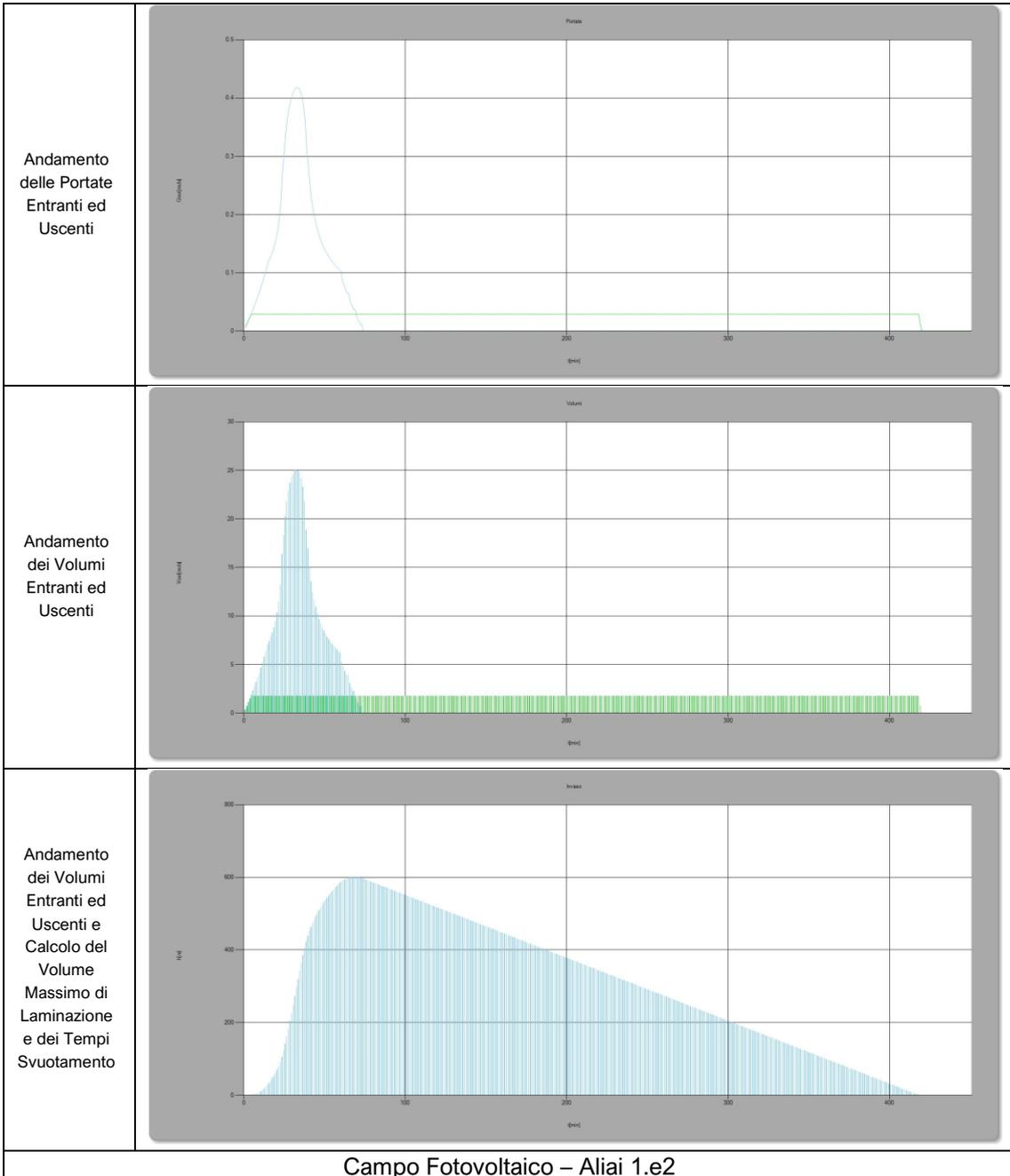


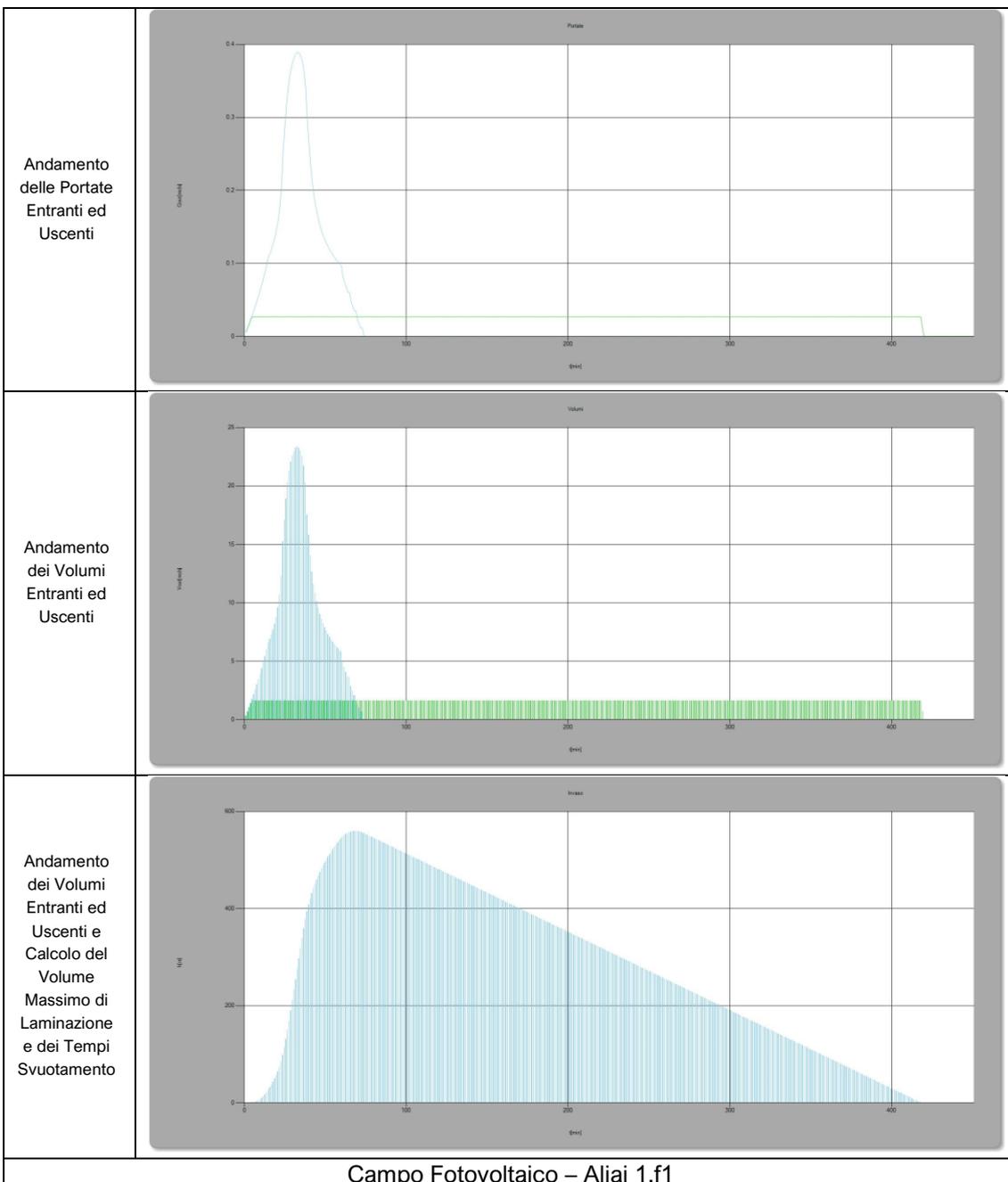


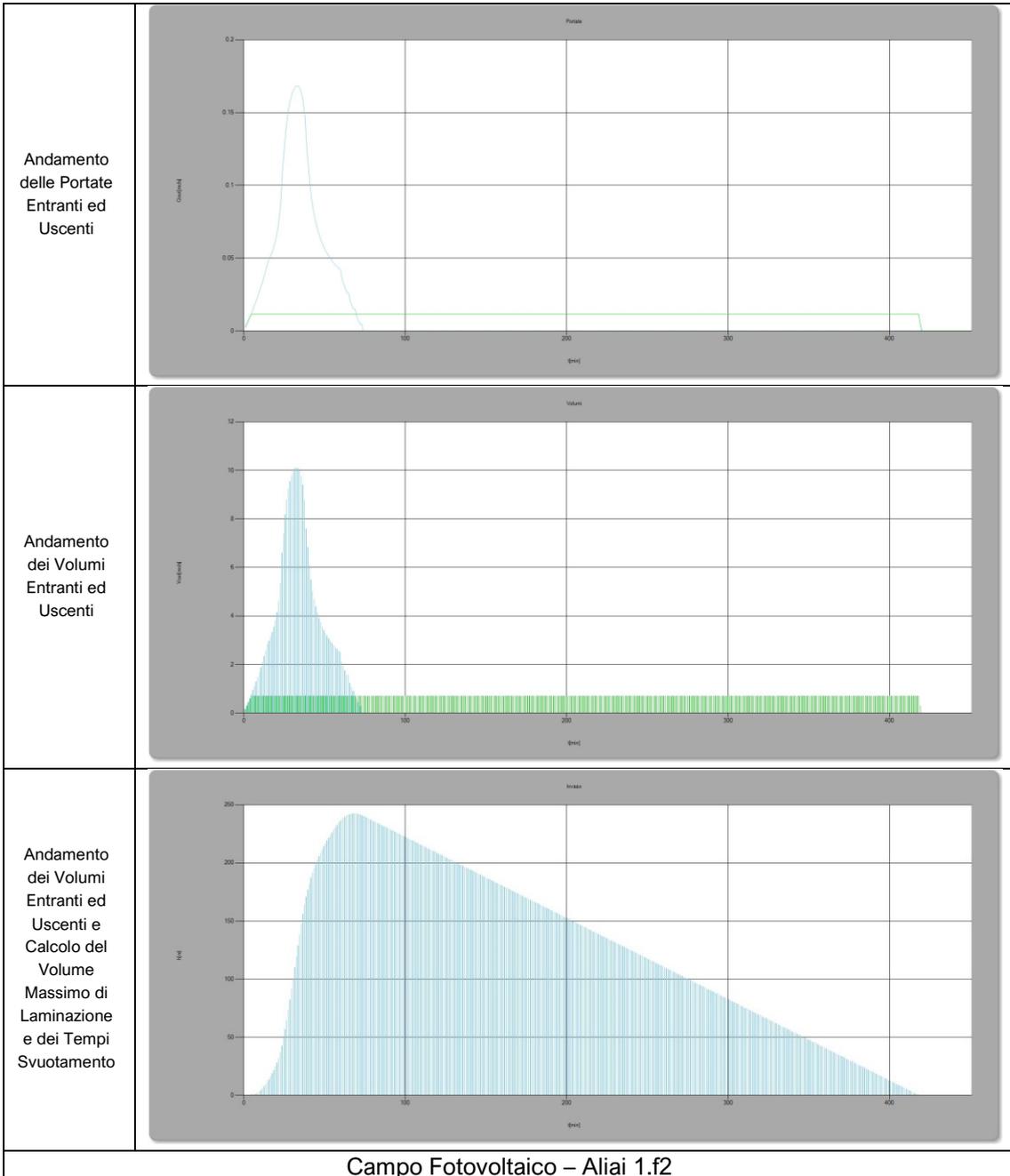


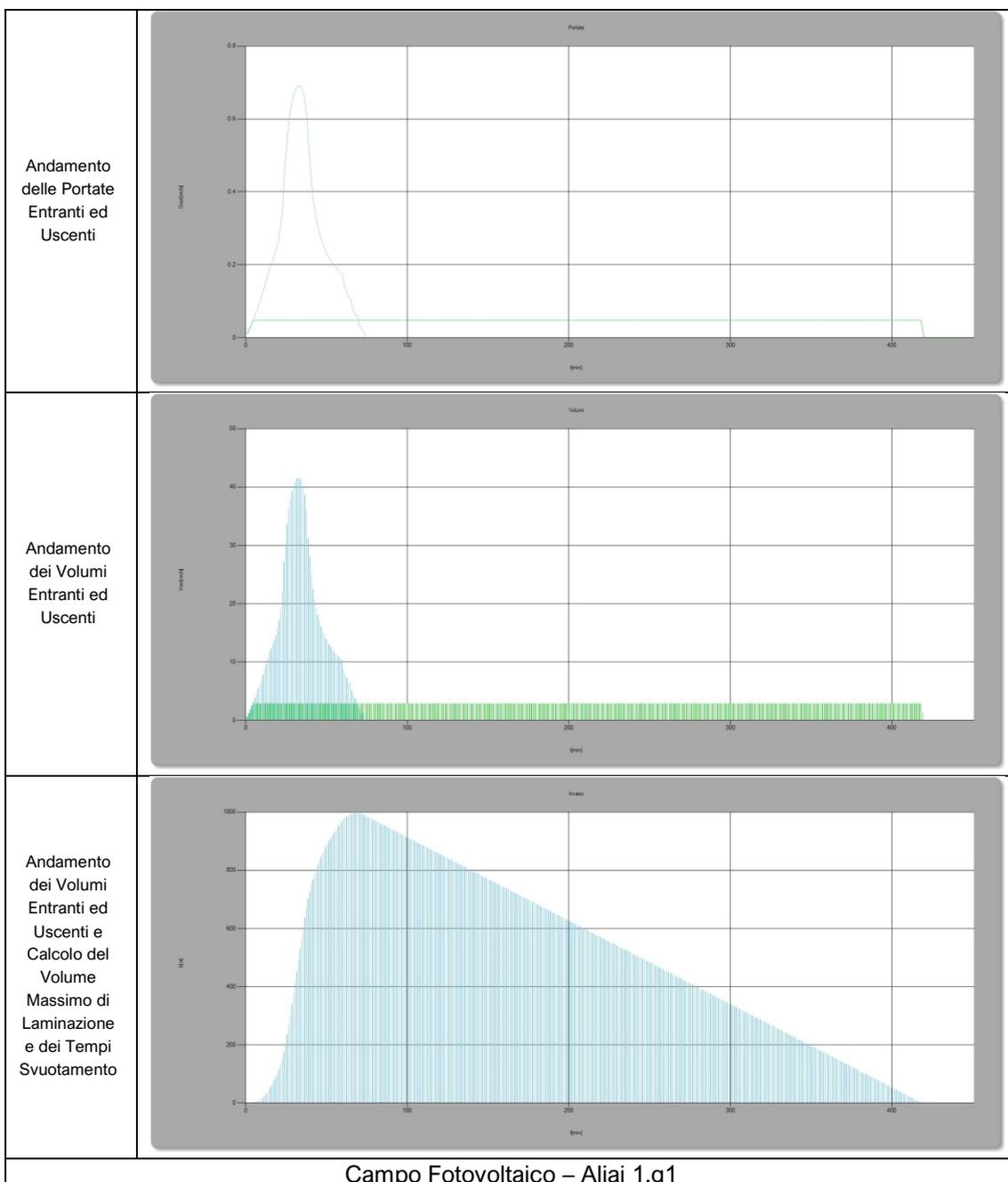
Campo Fotovoltaico – Aliai 1.d

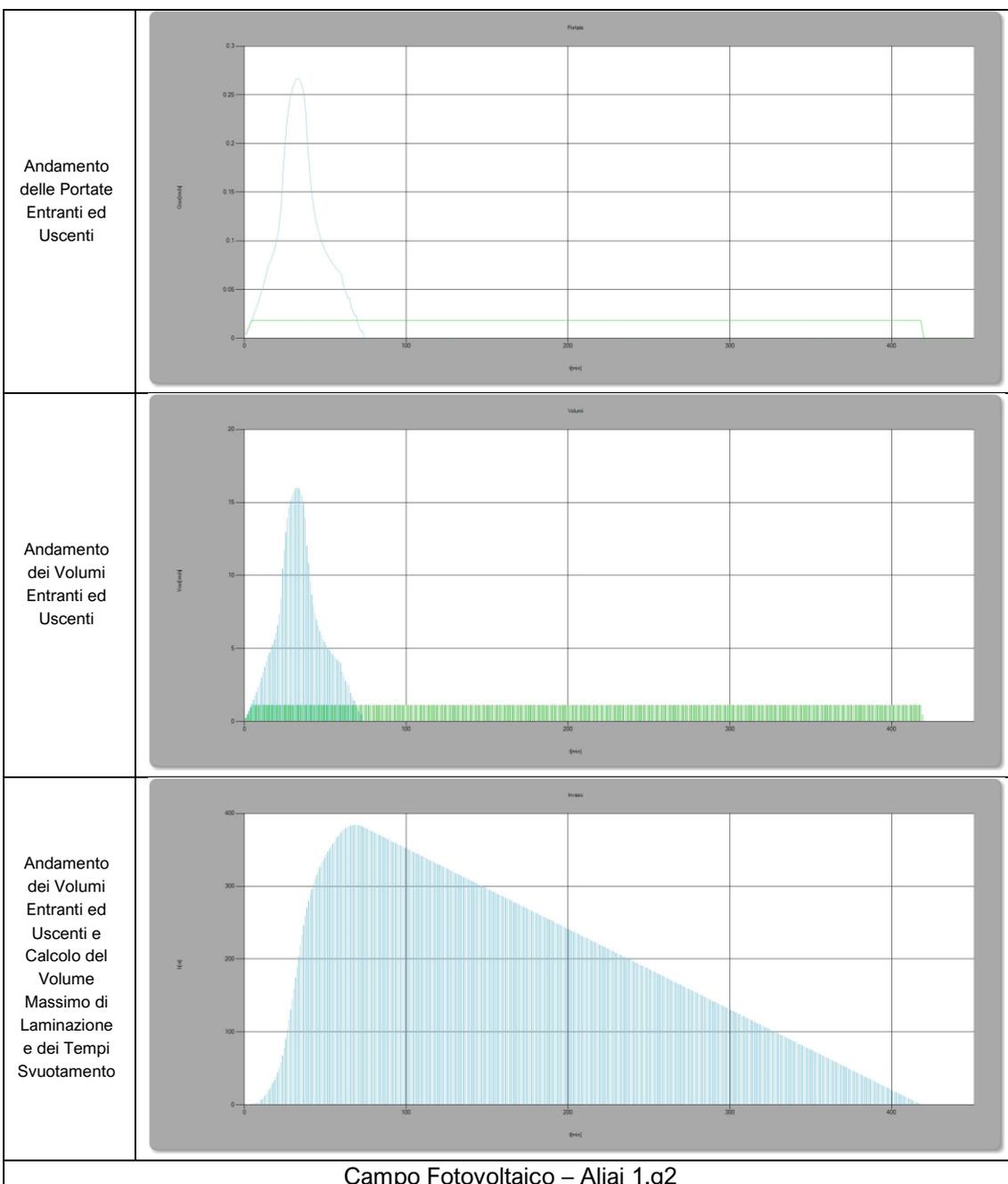


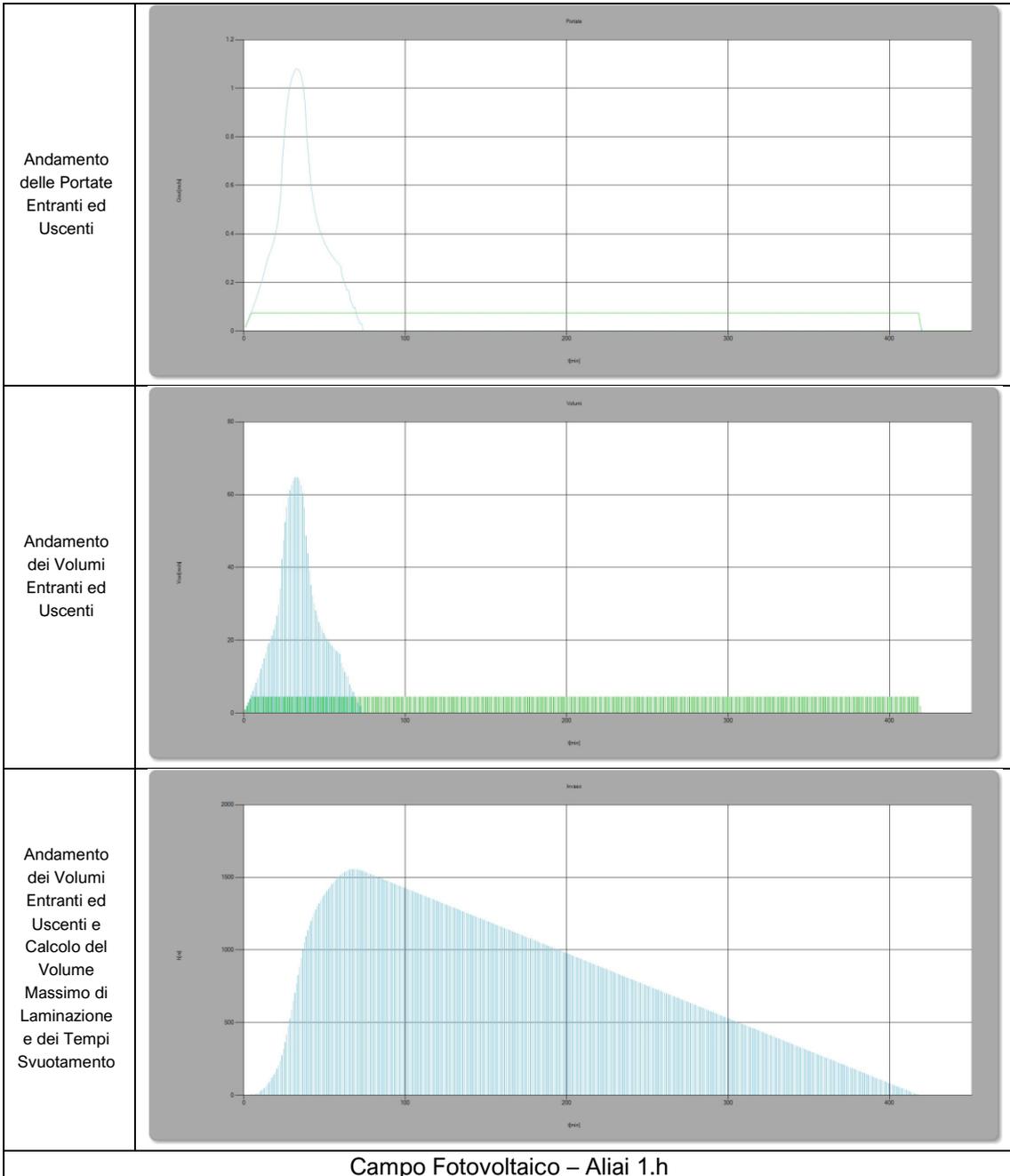


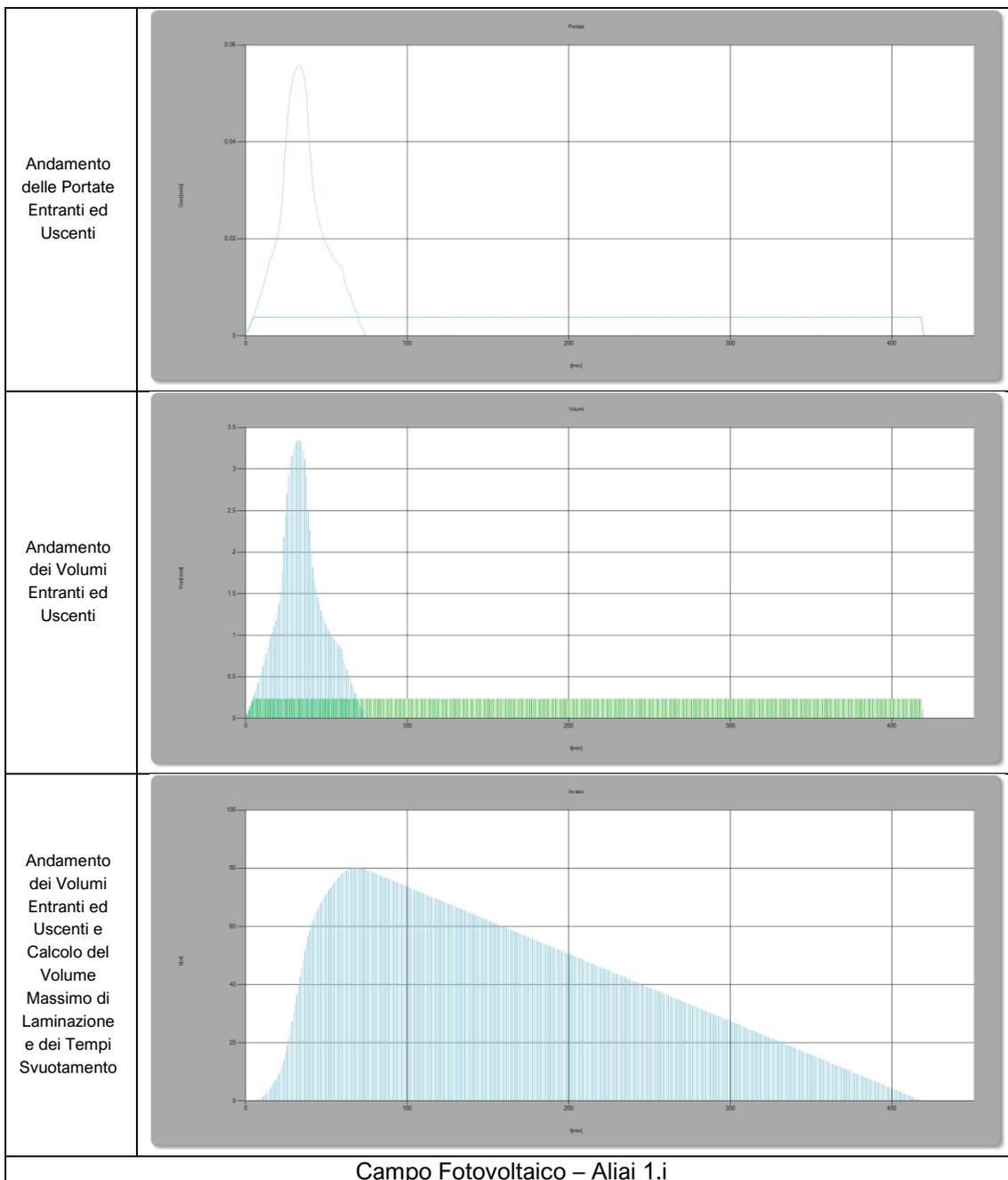


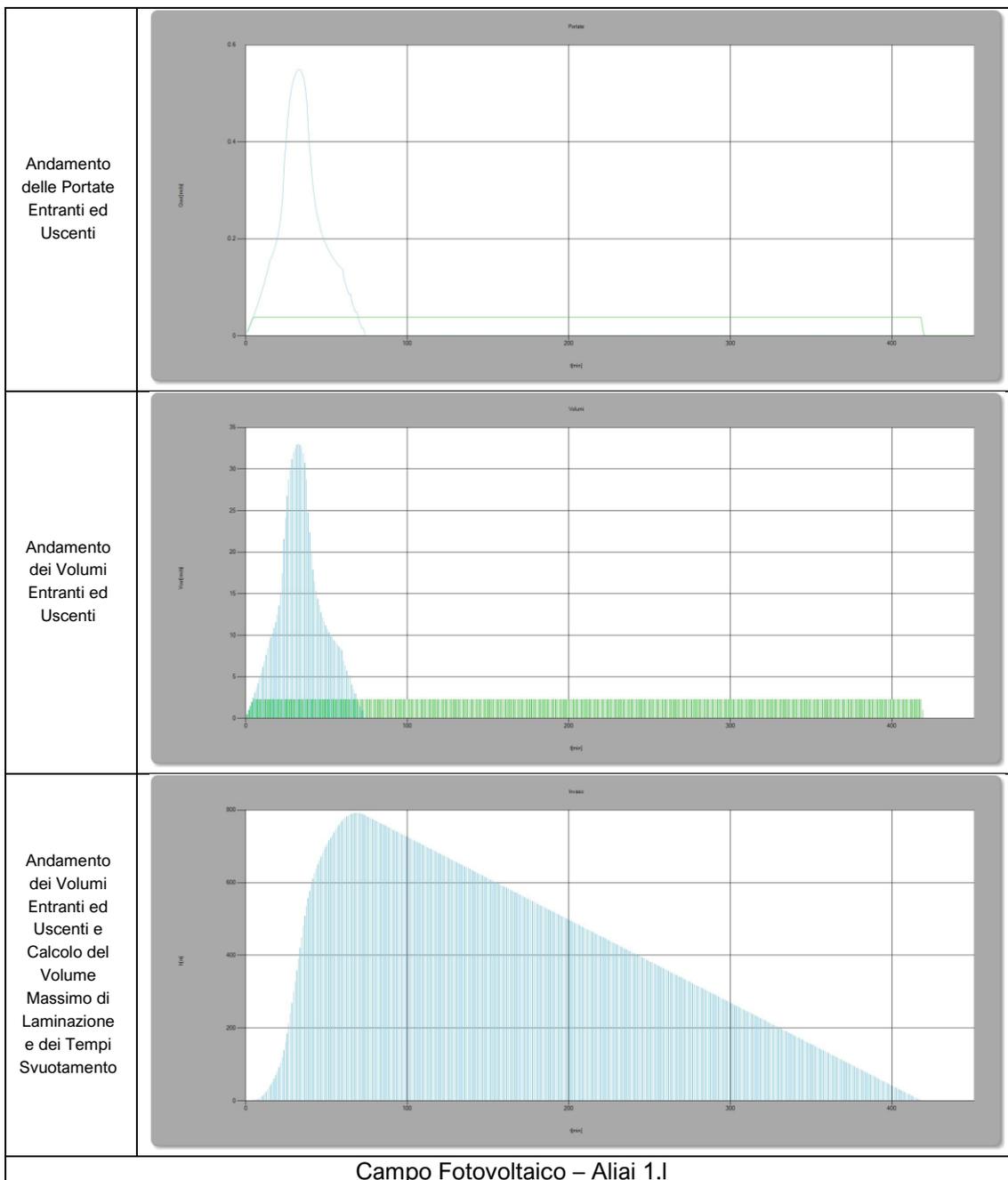


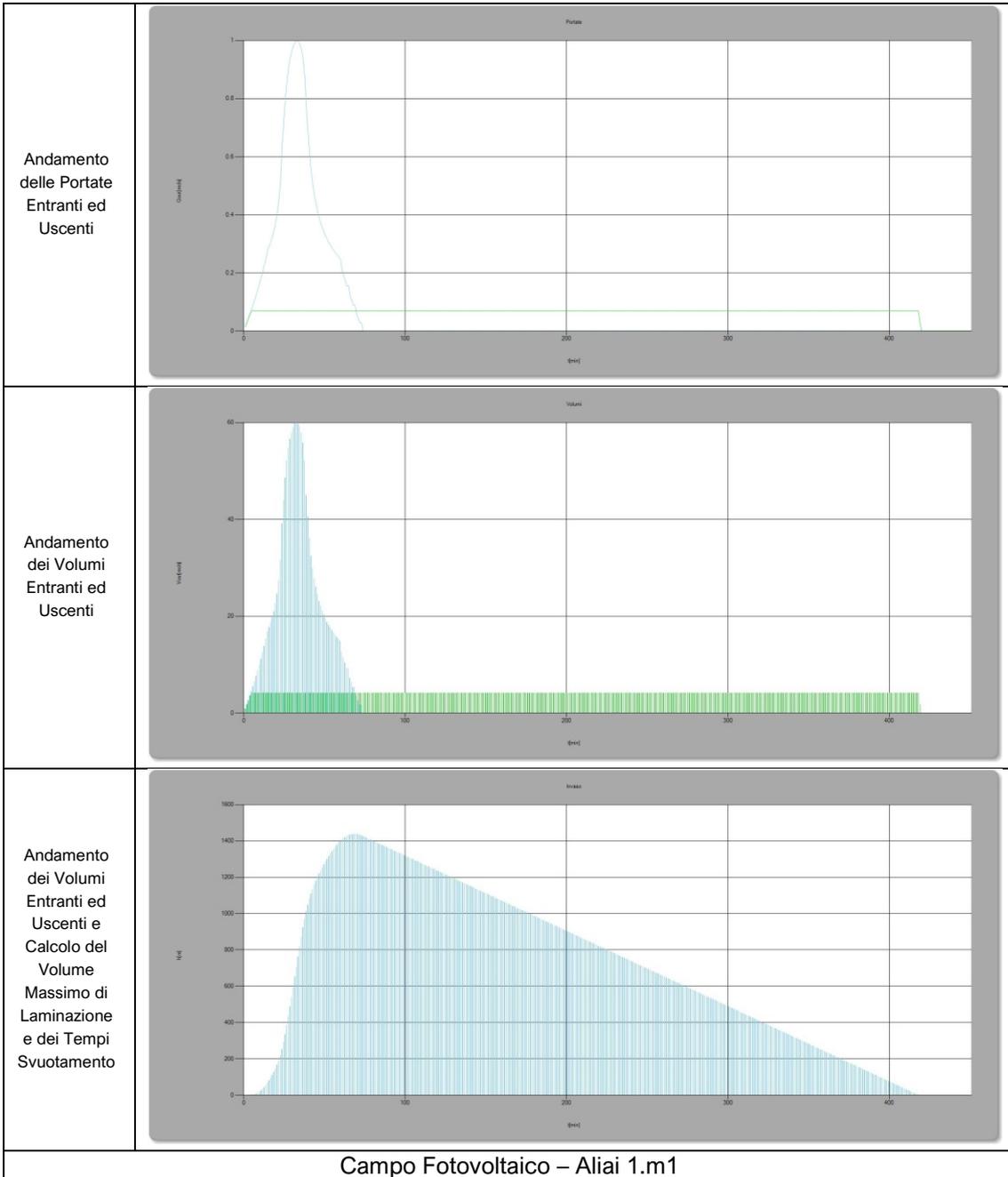


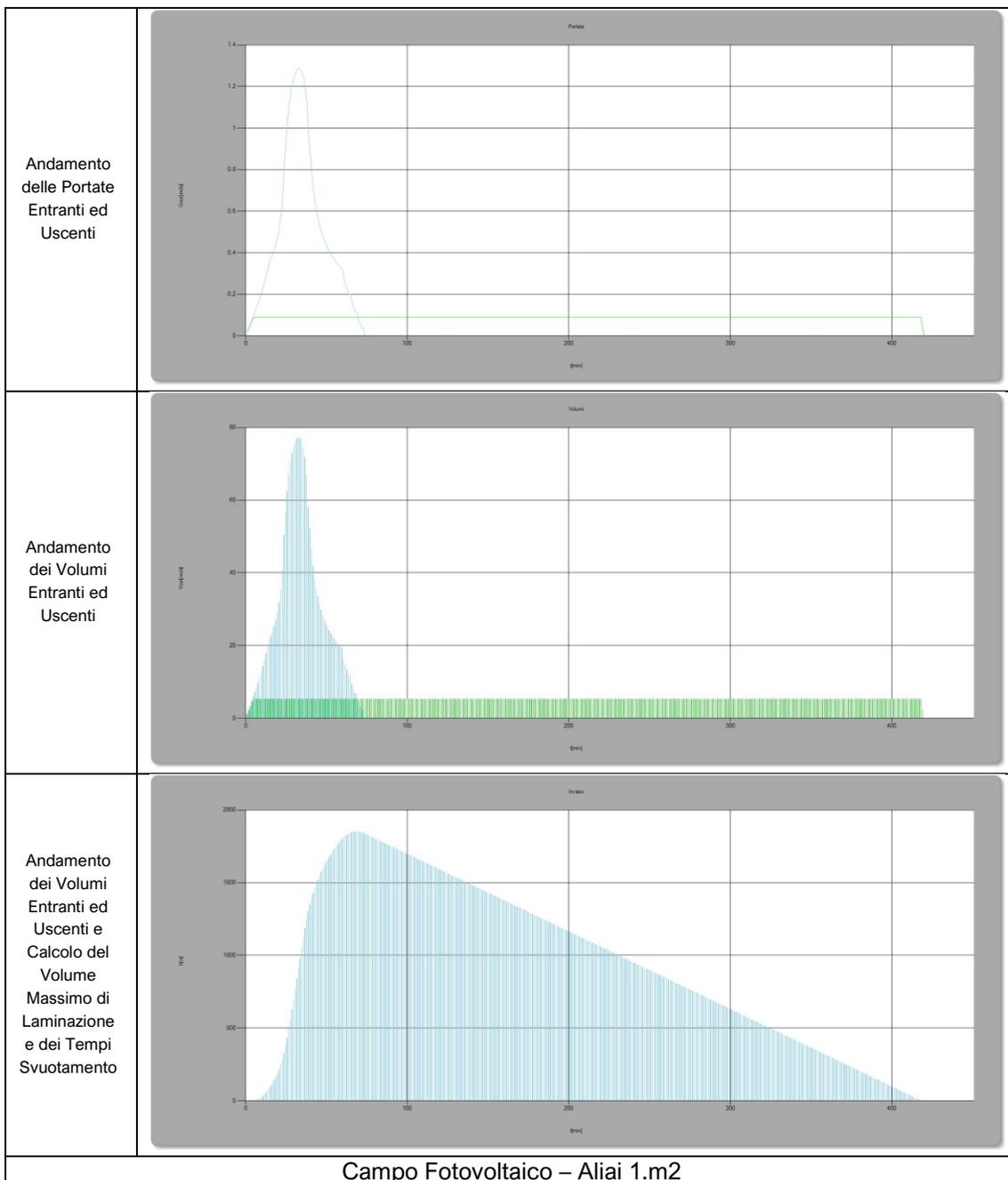


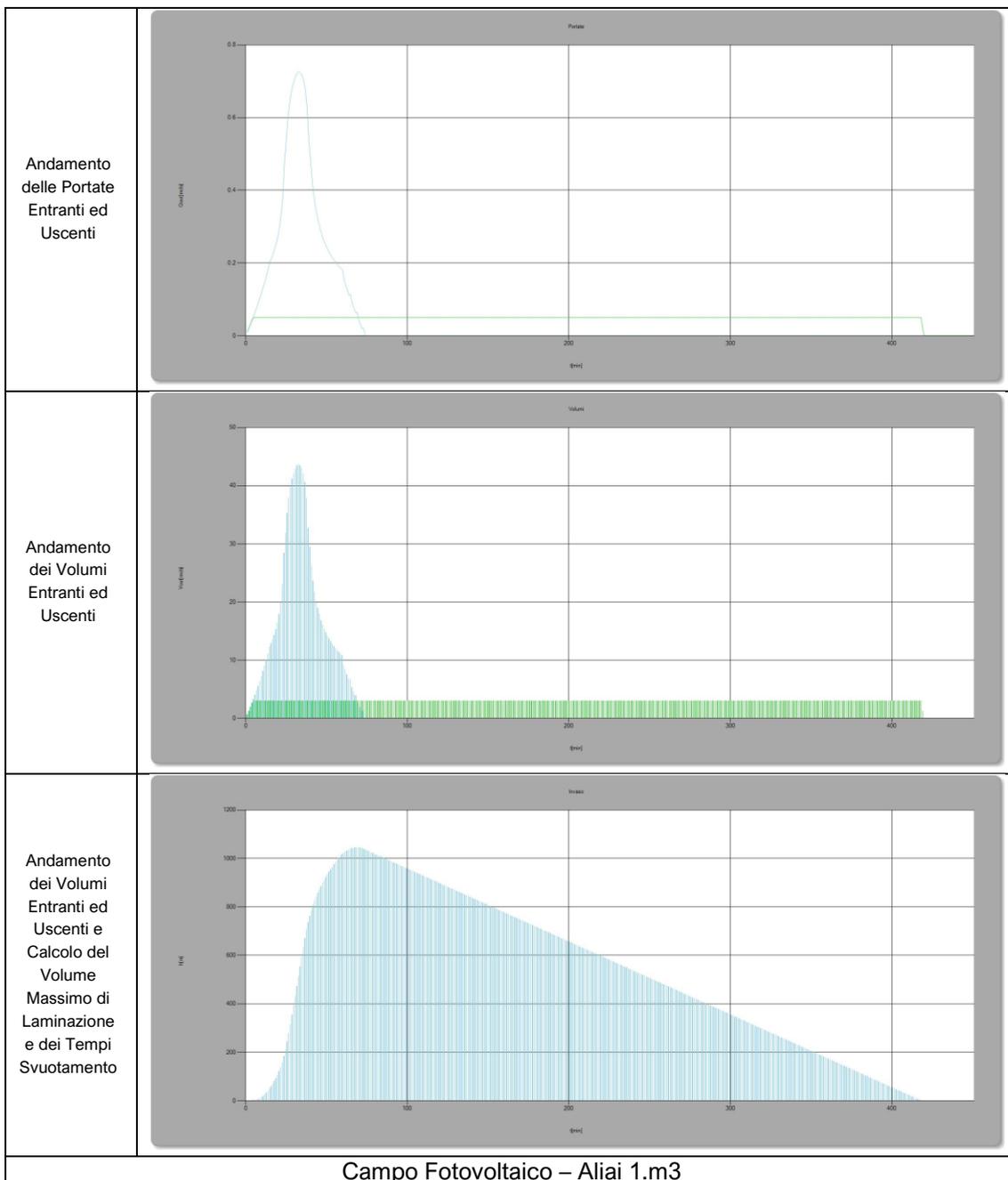


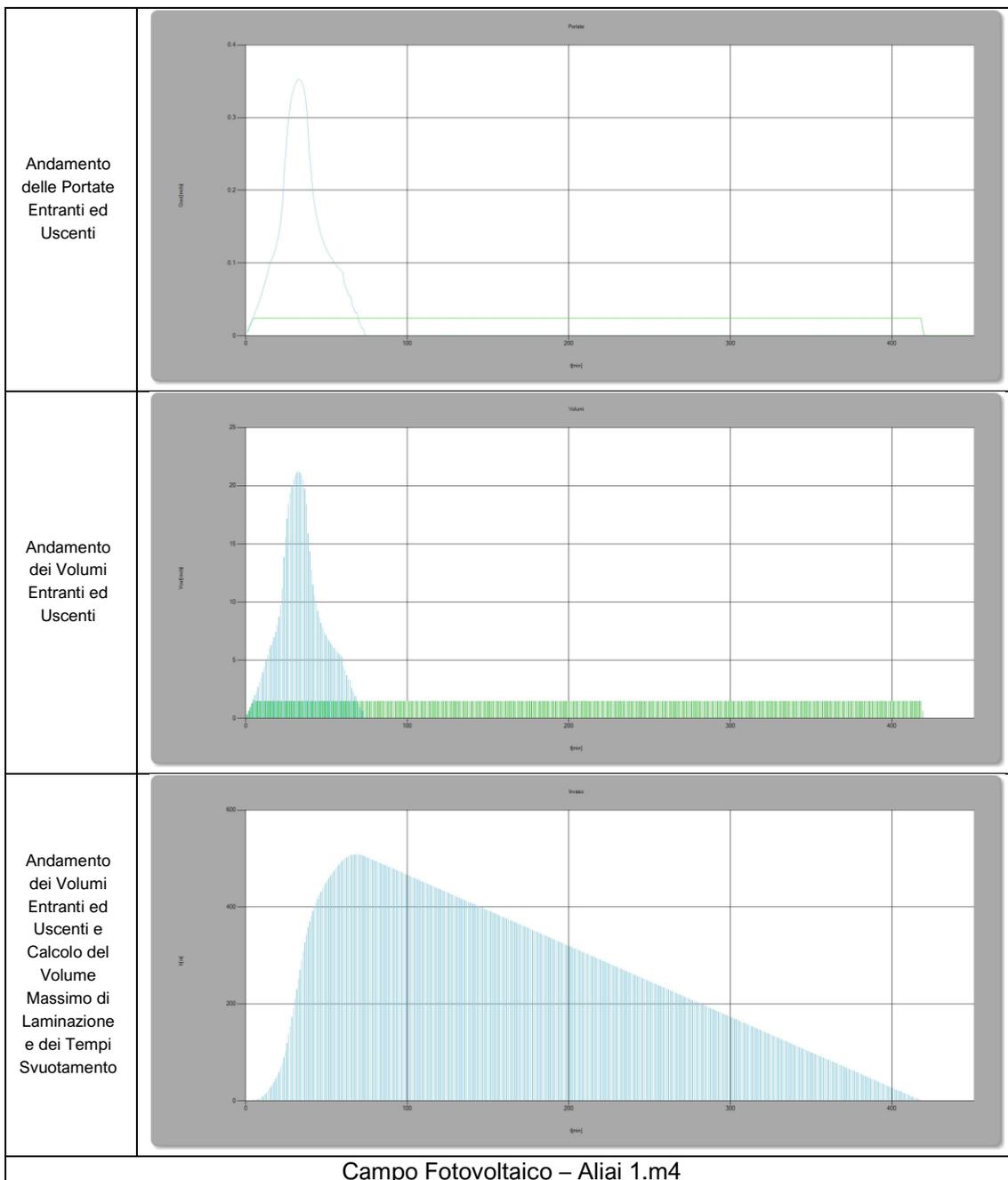


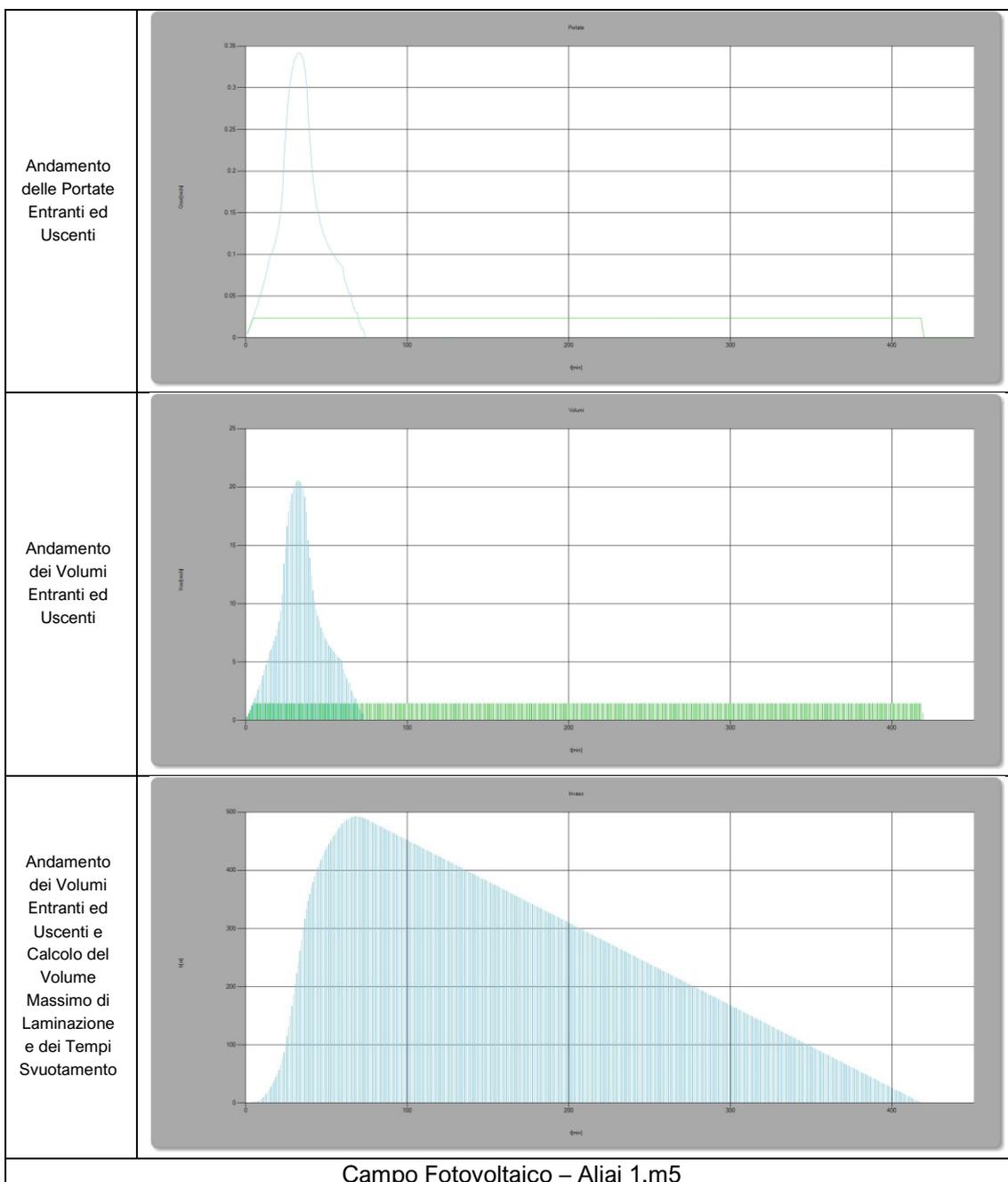


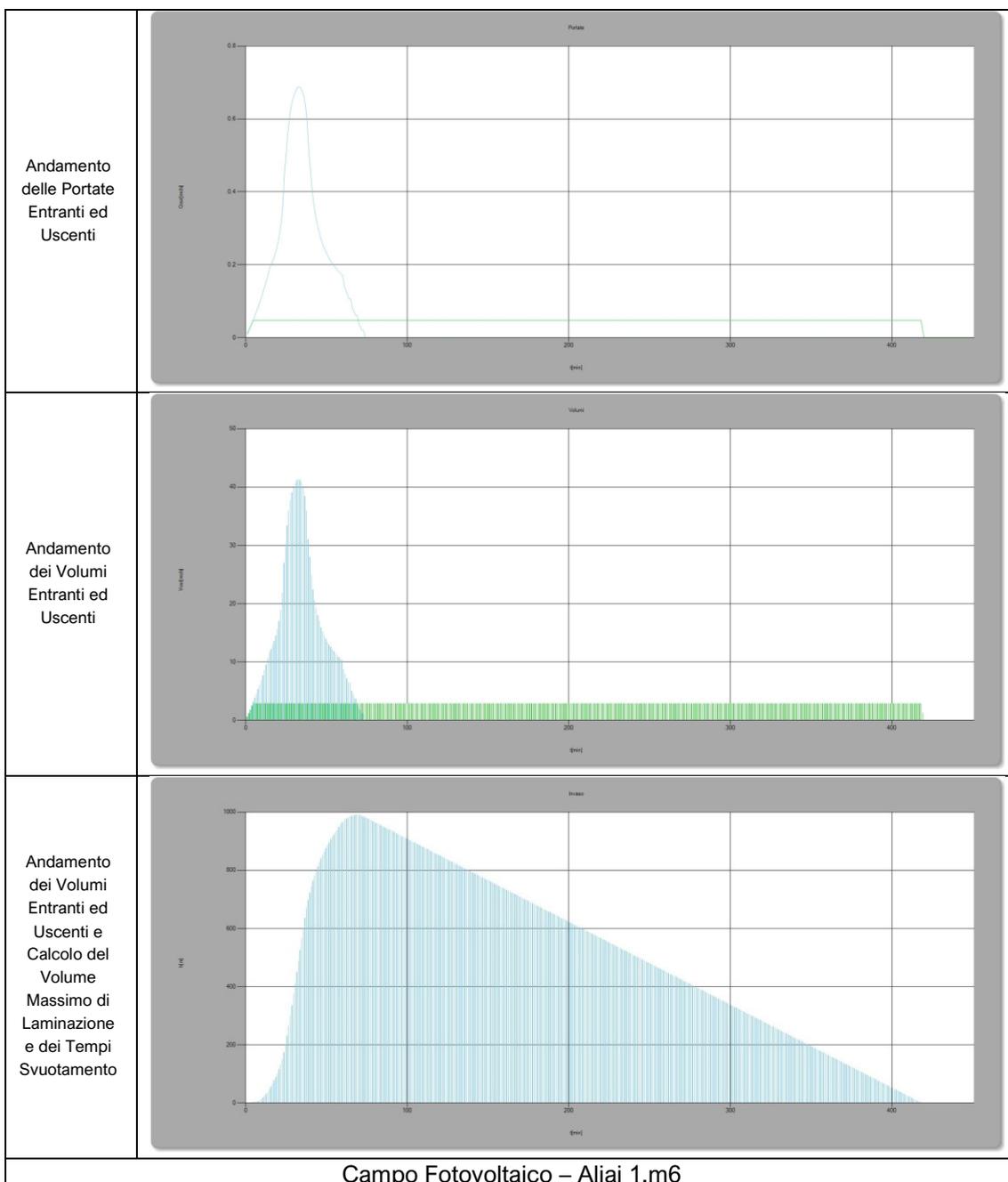


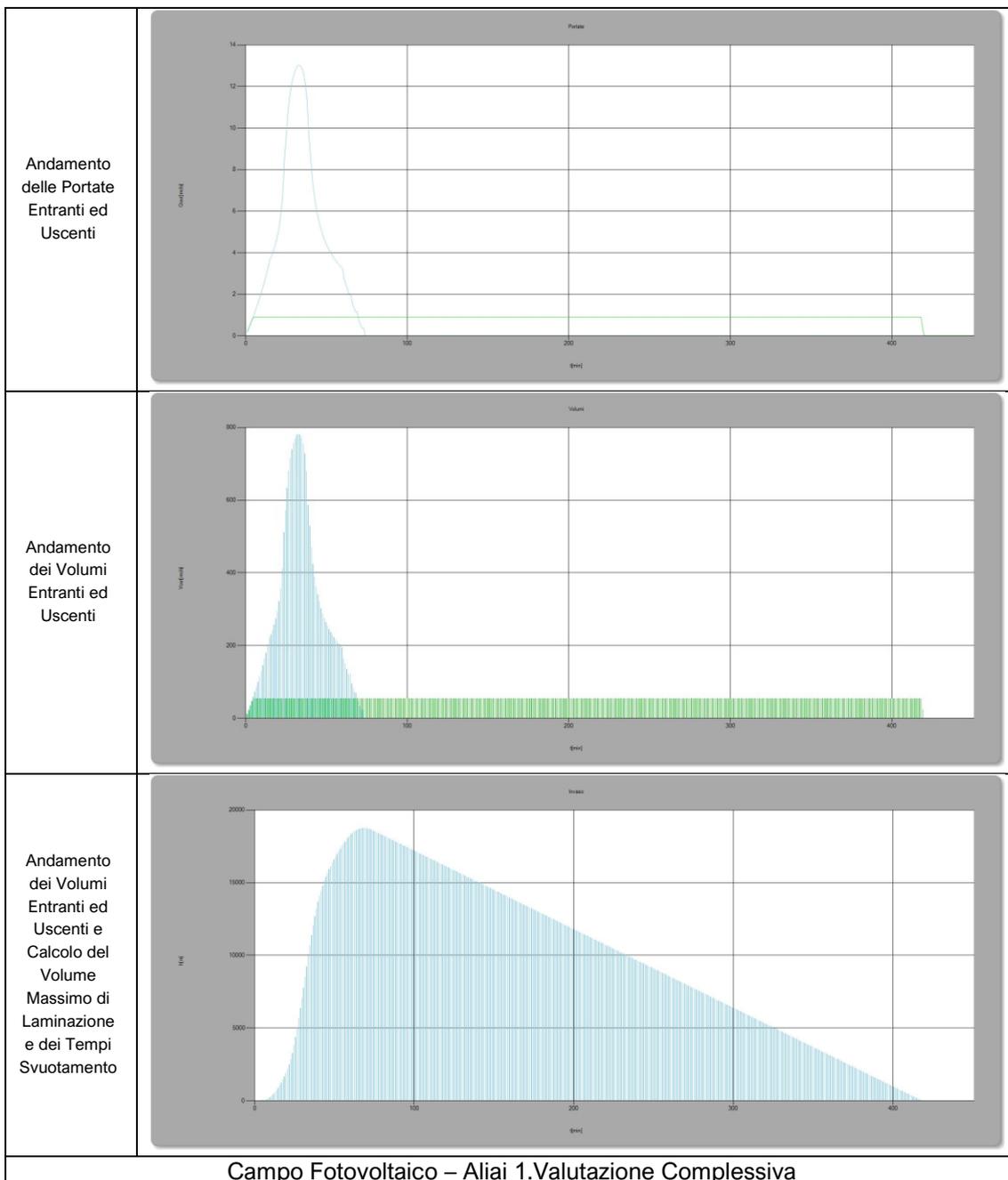


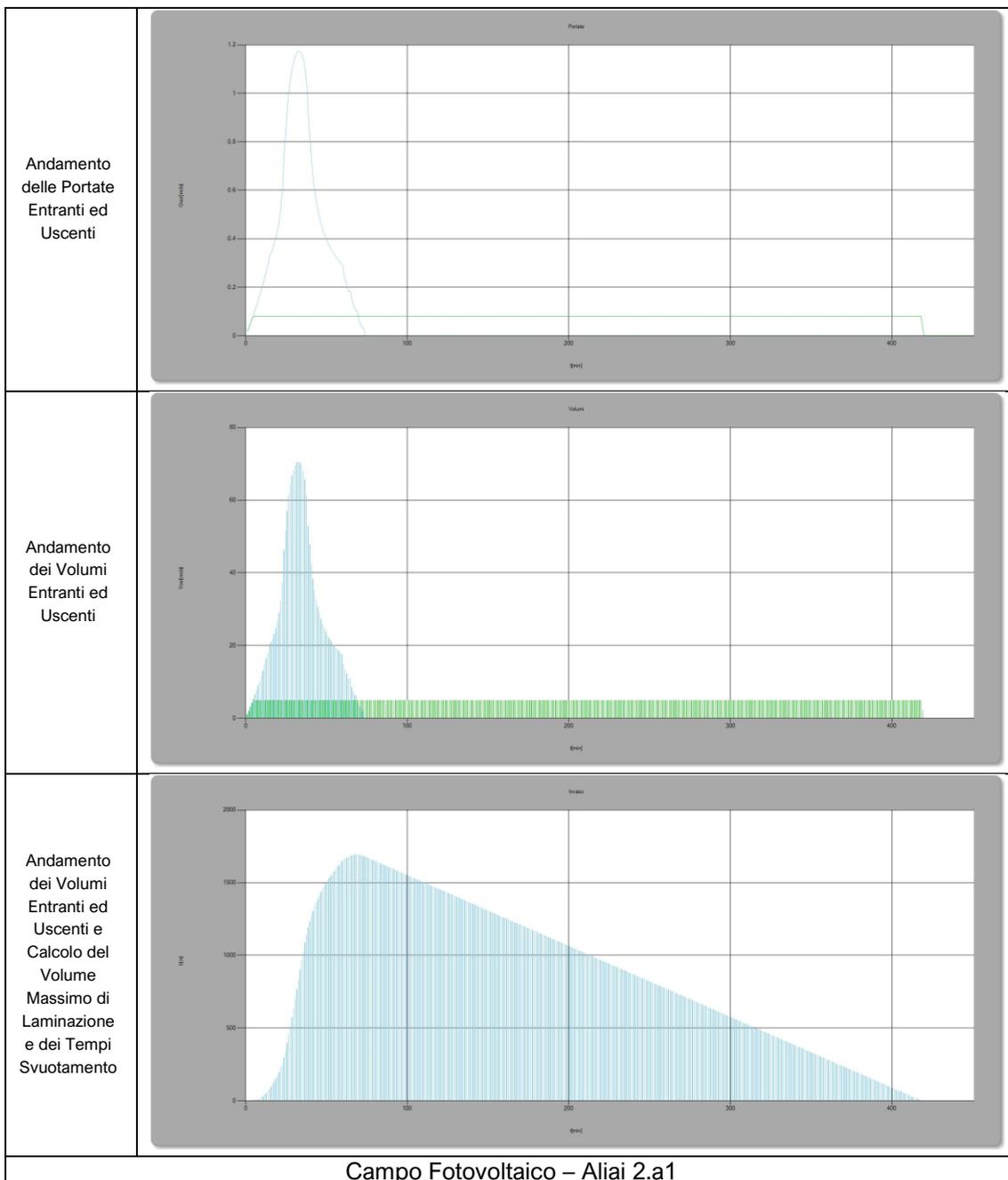


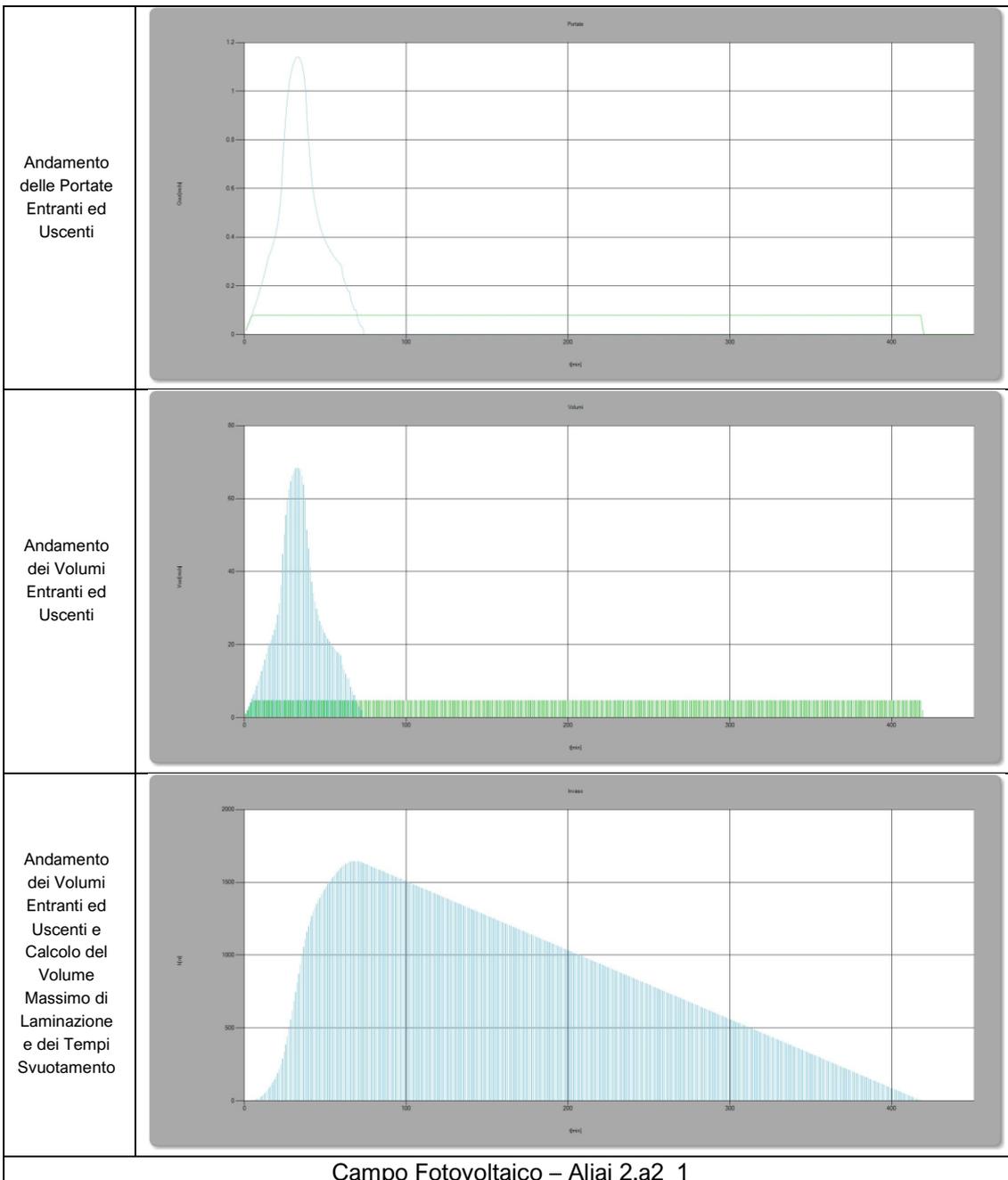


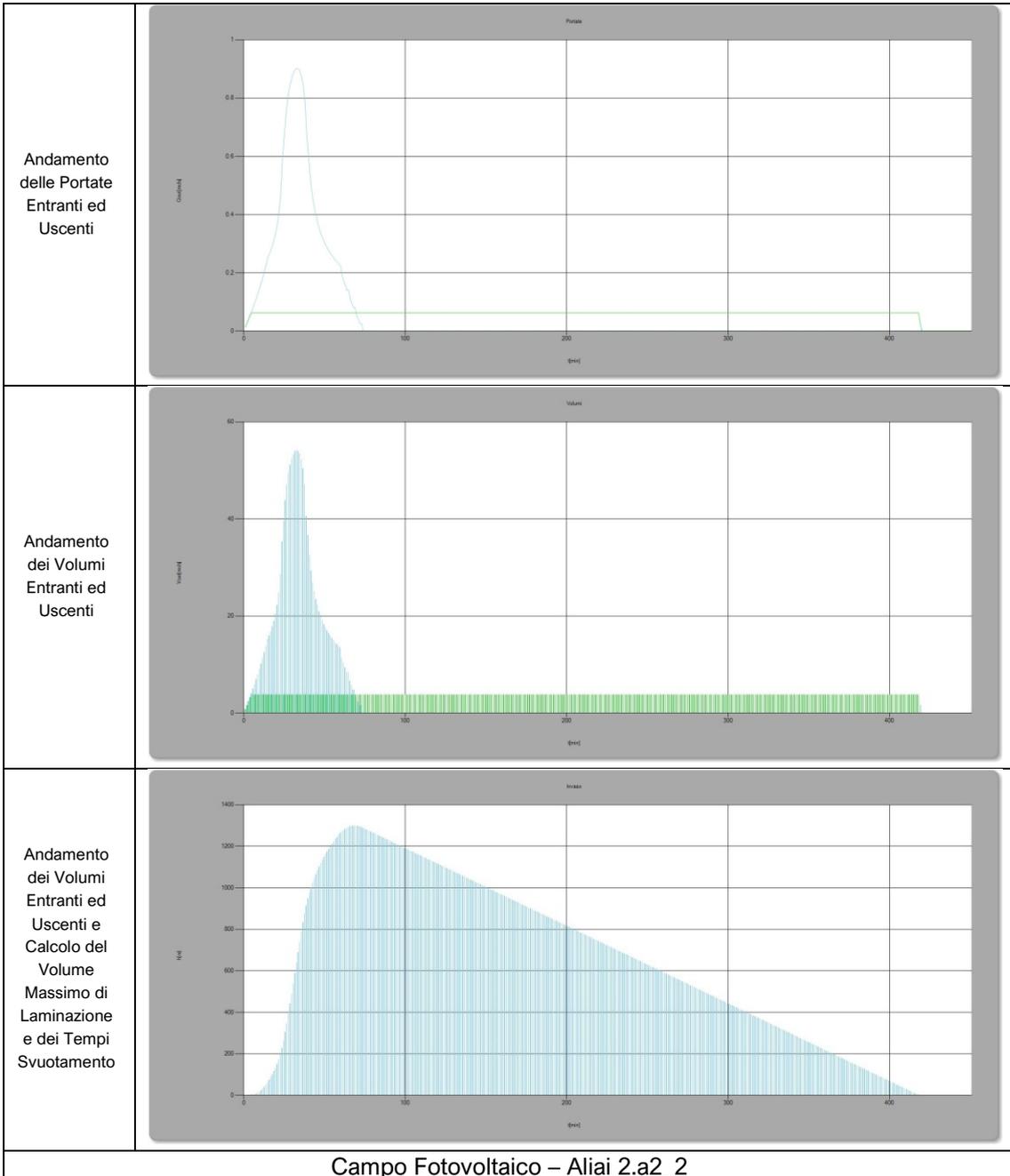


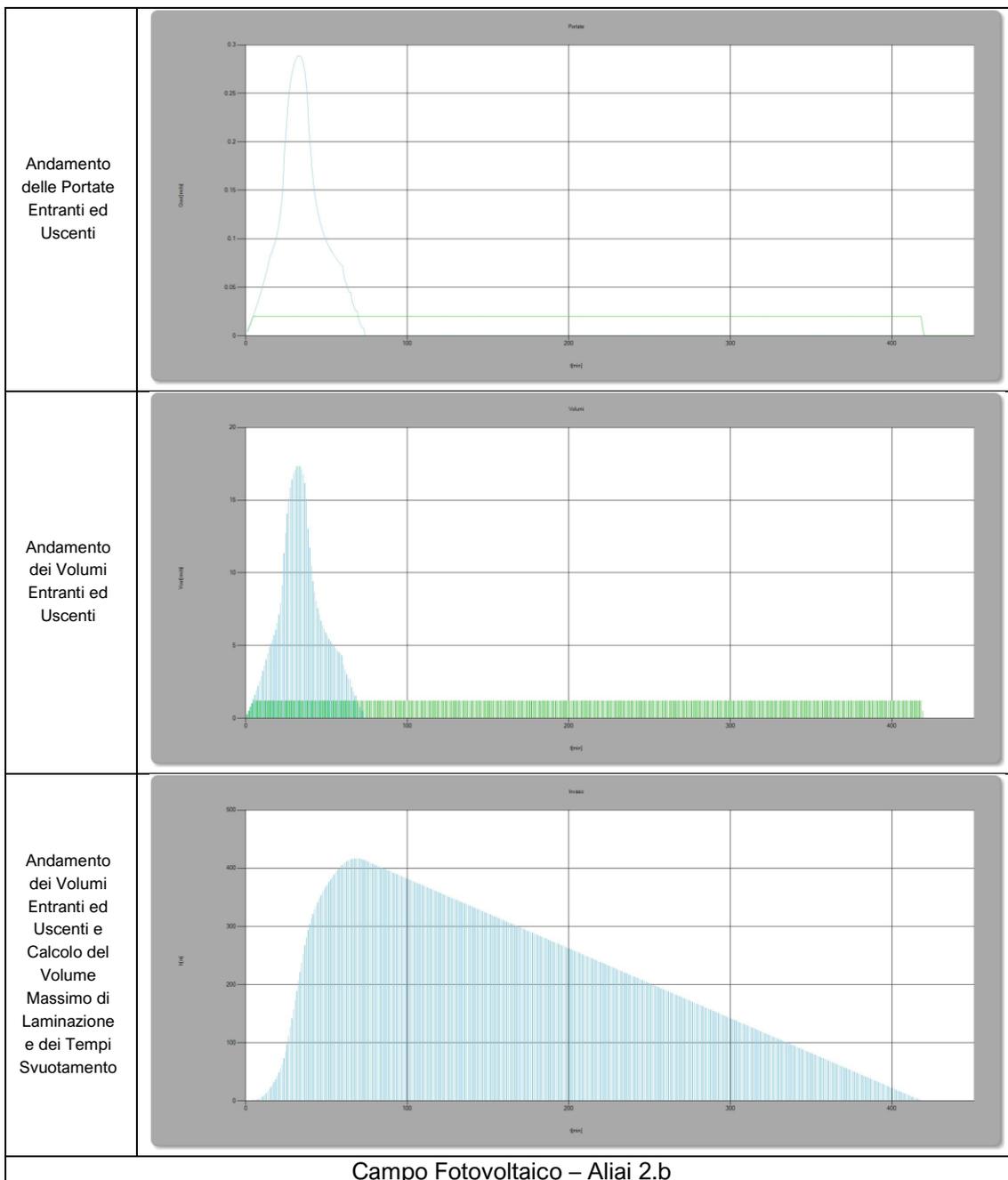


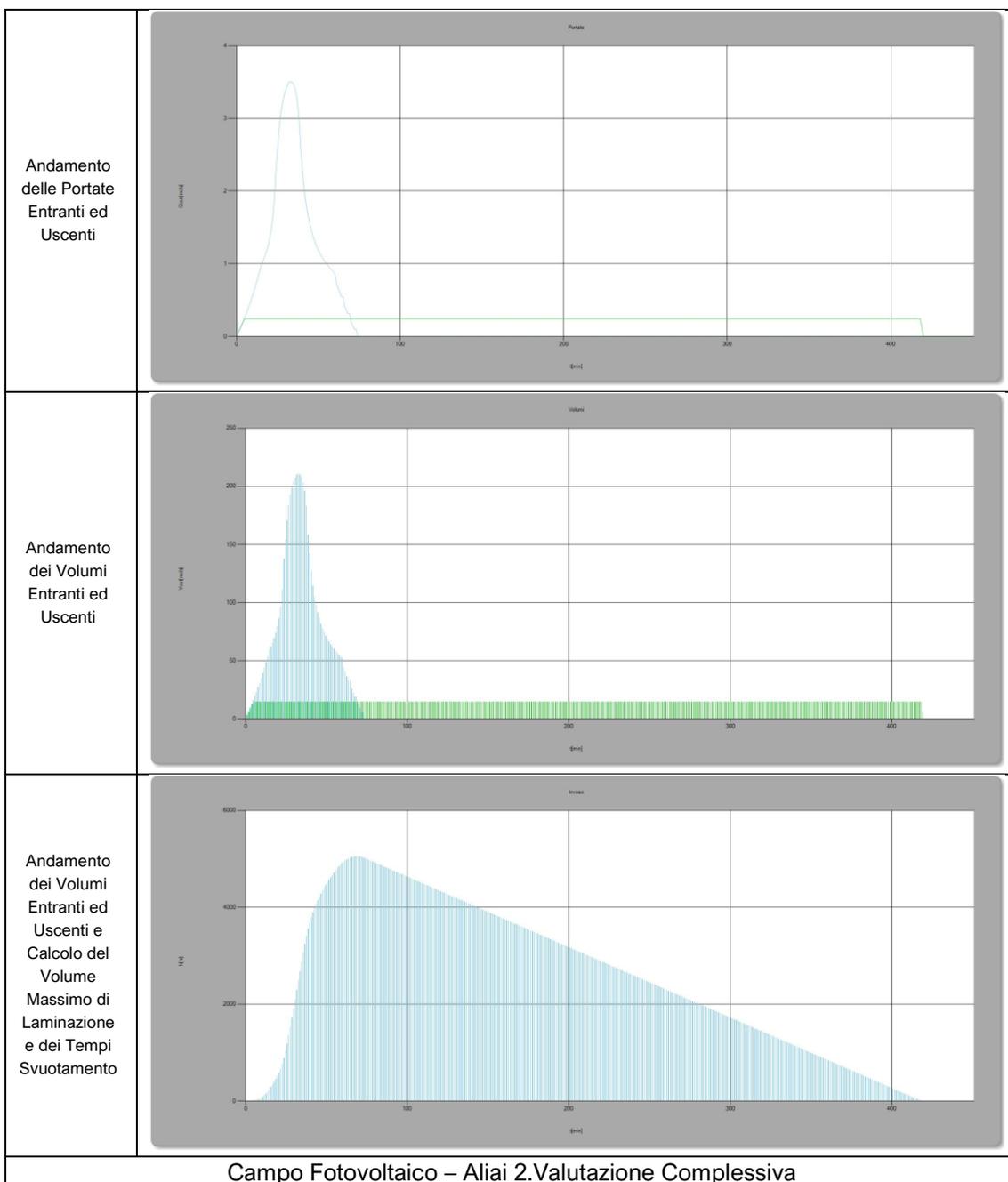


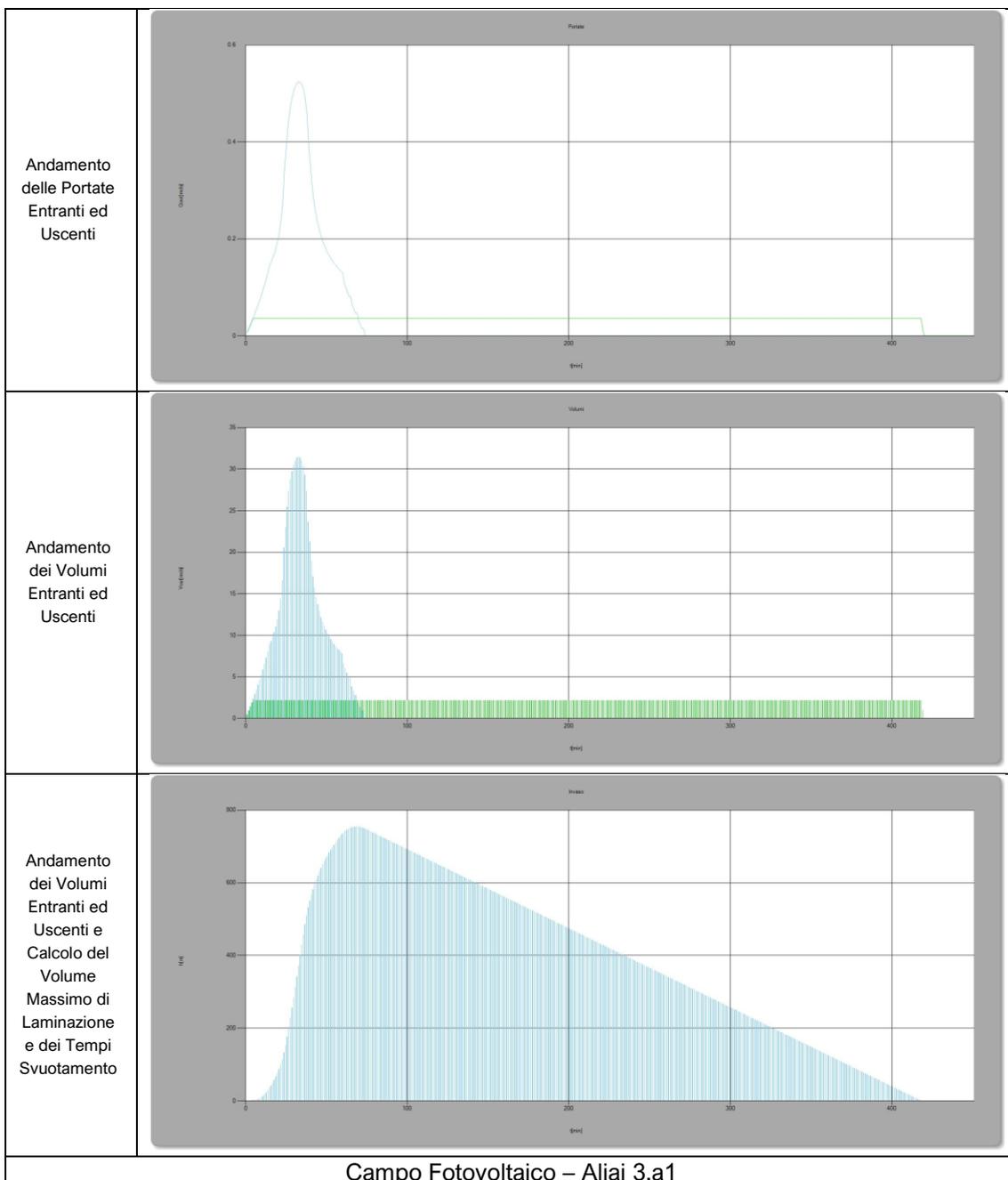


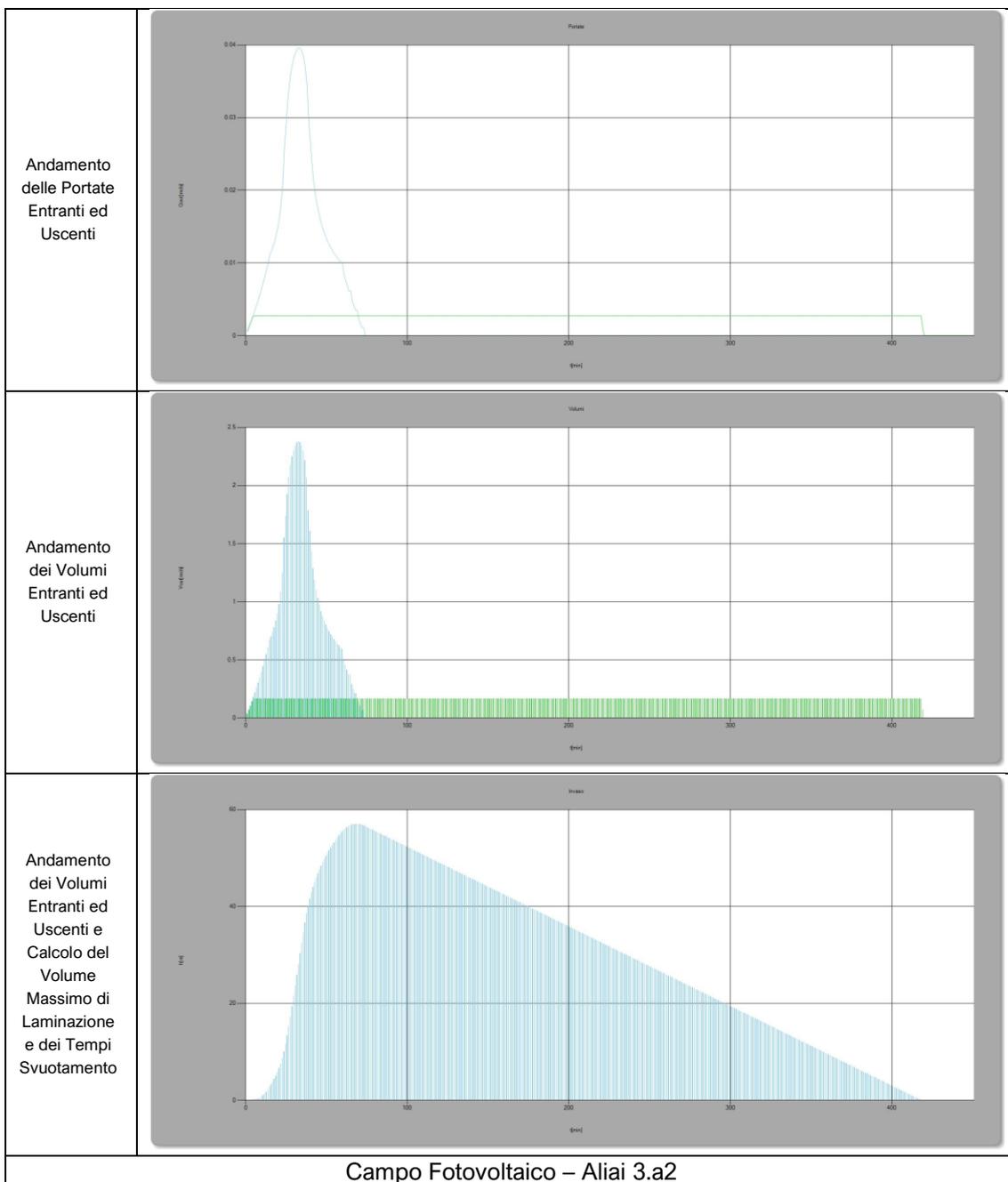


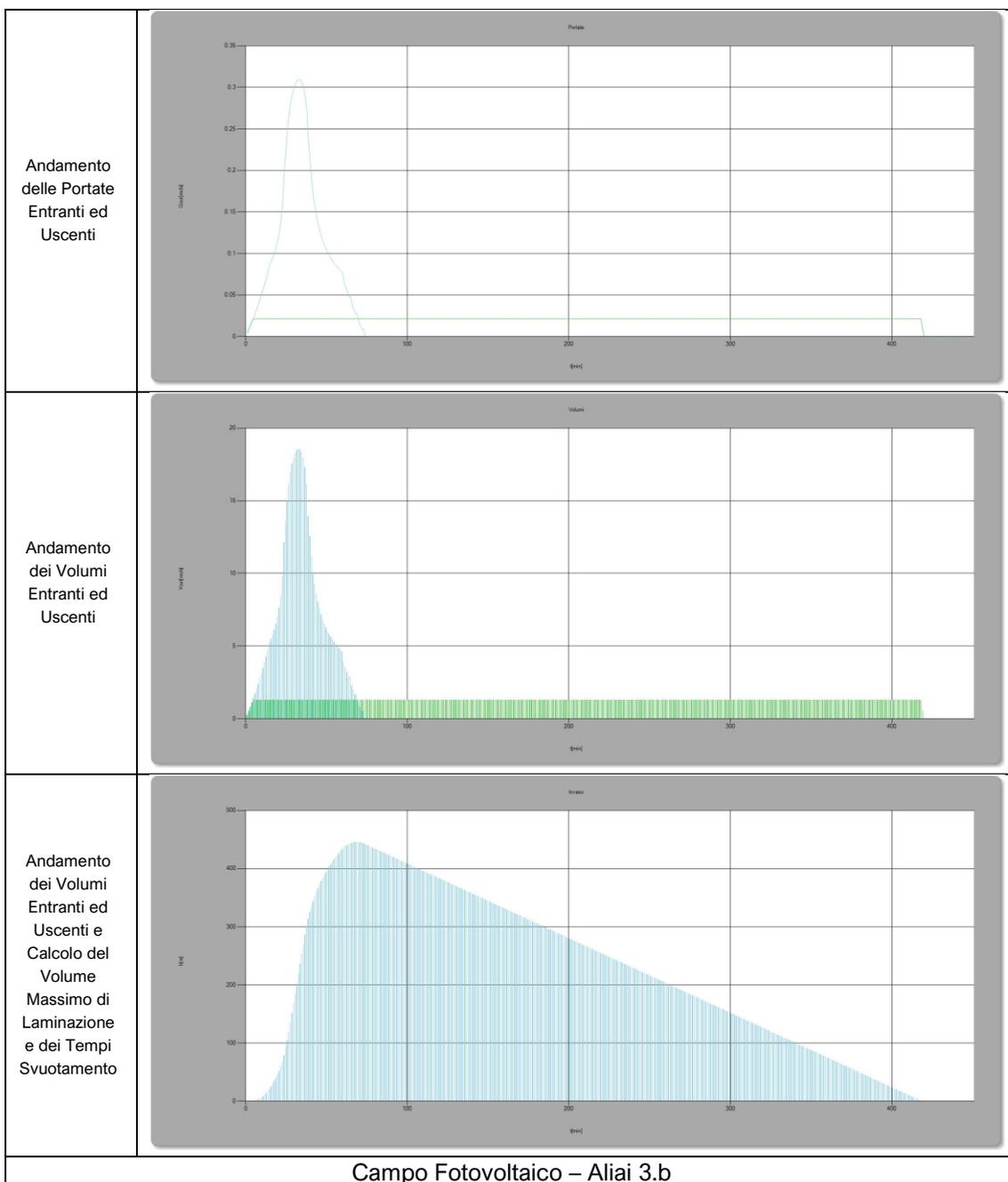


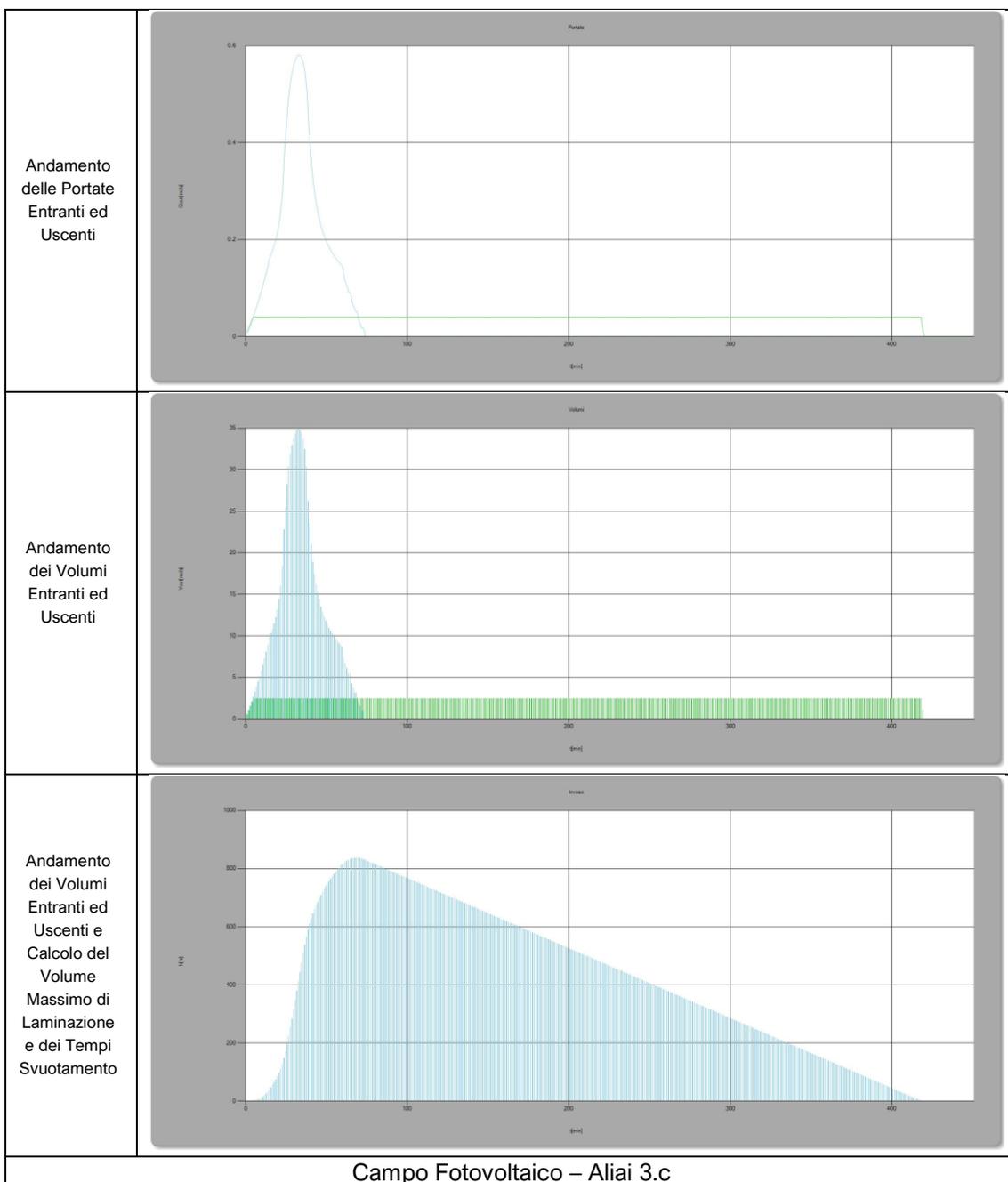


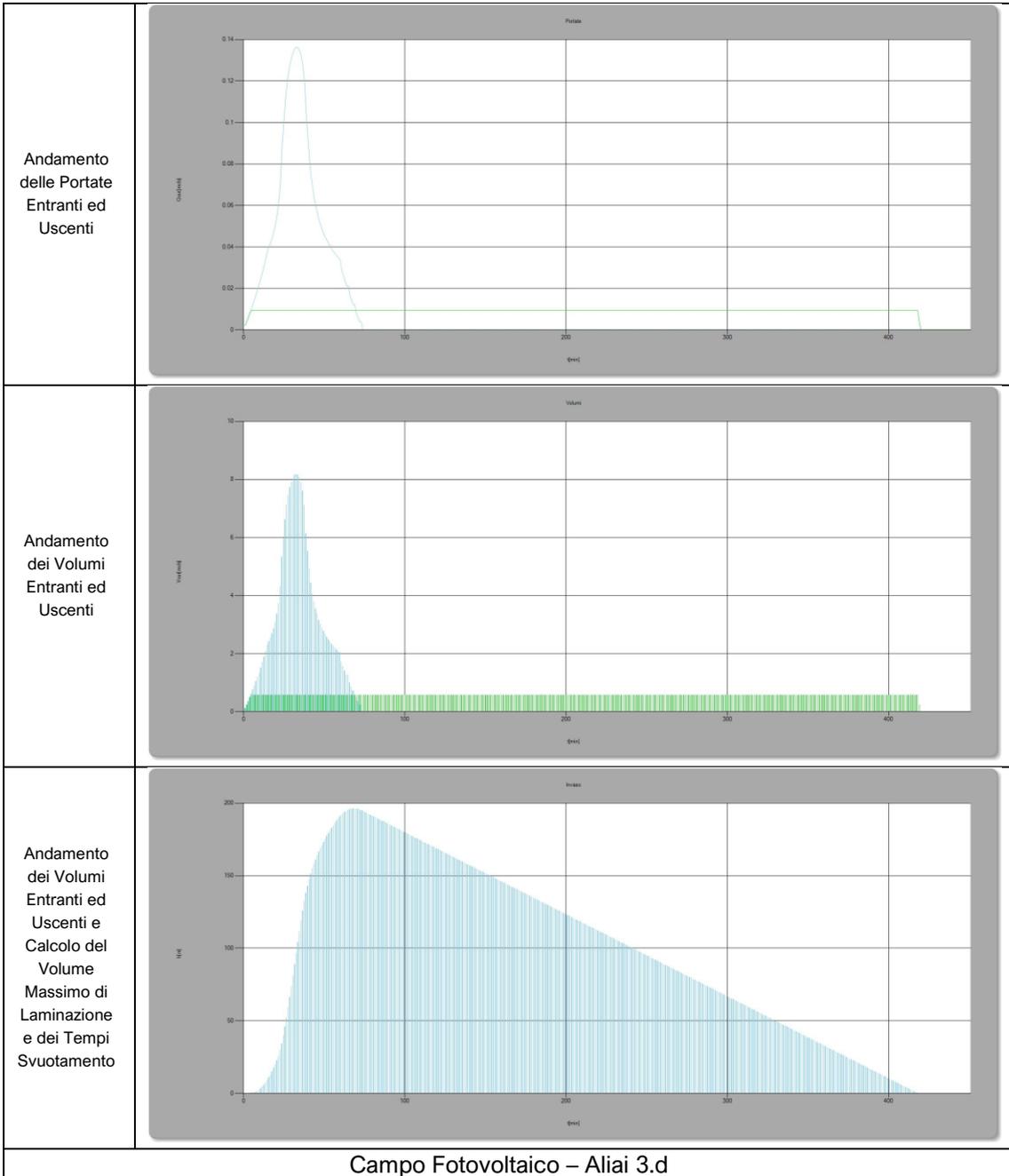




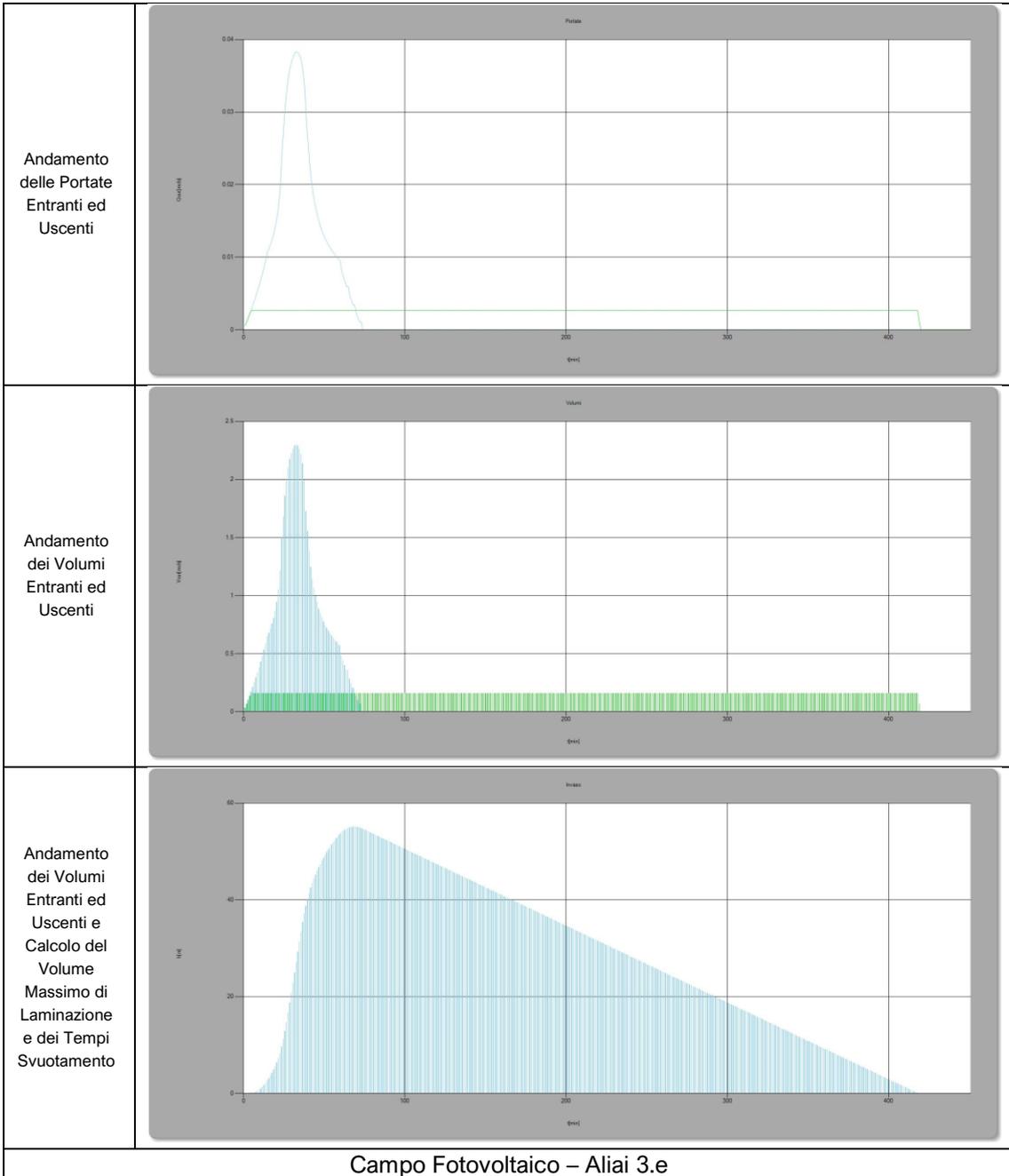


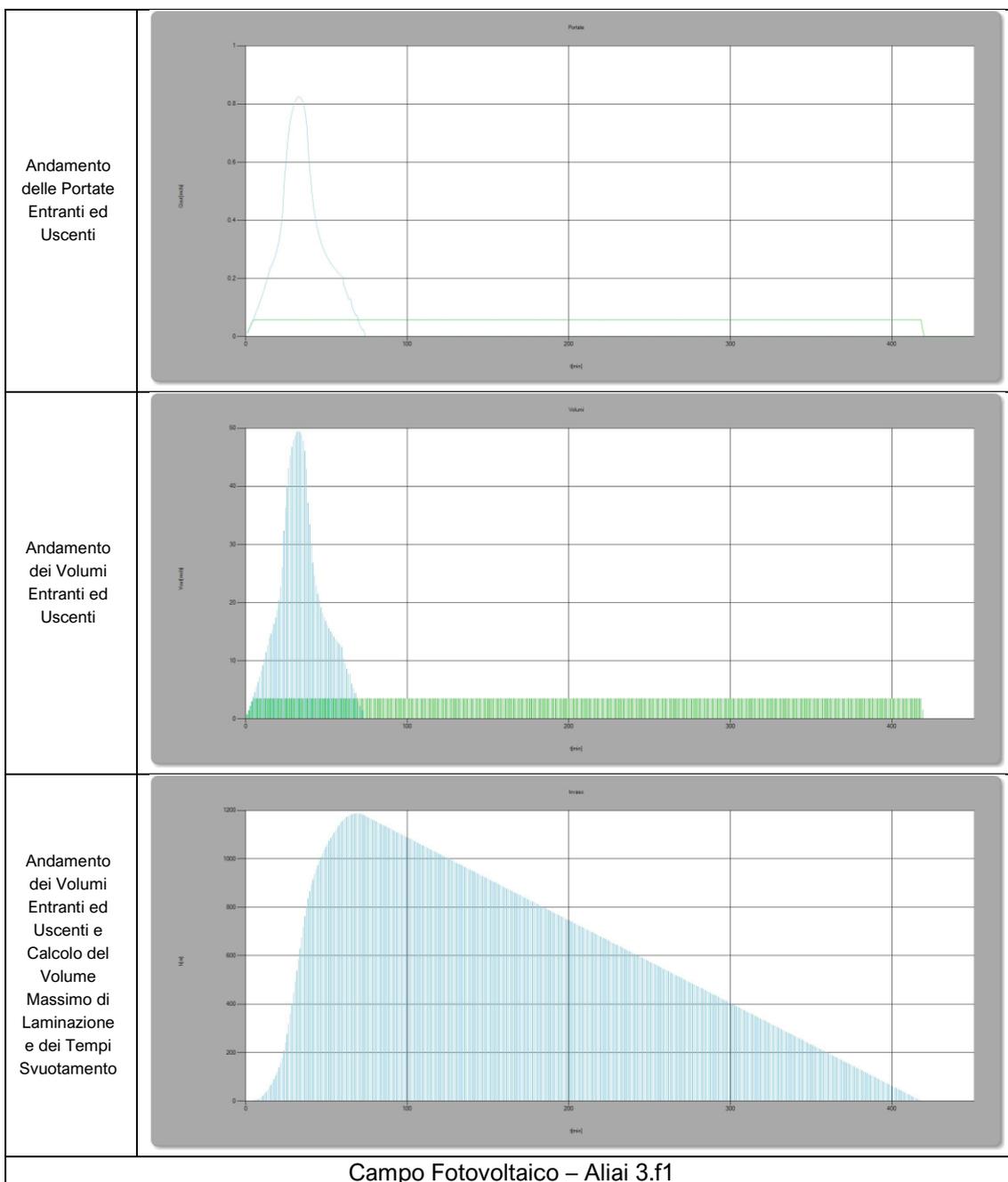


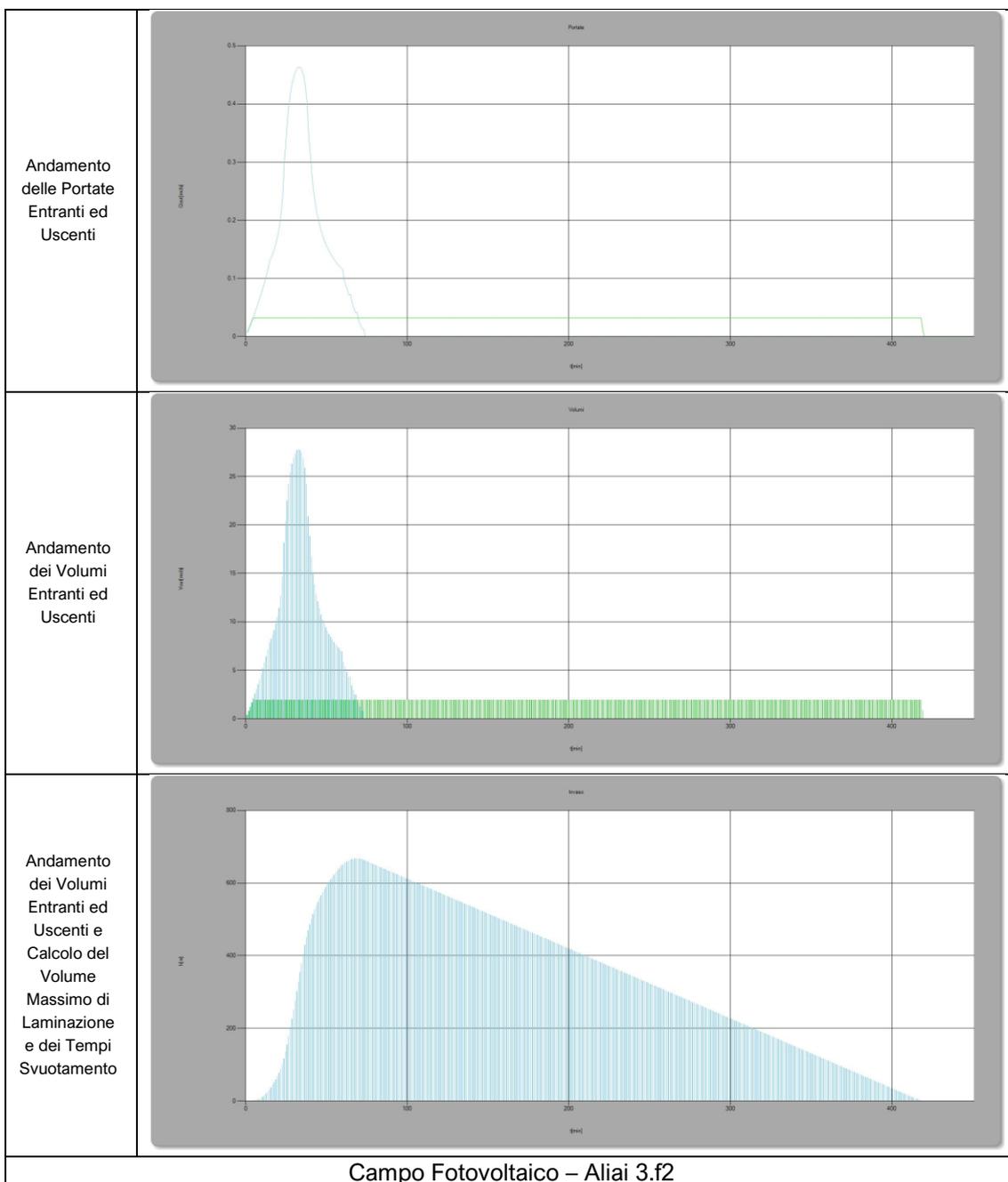


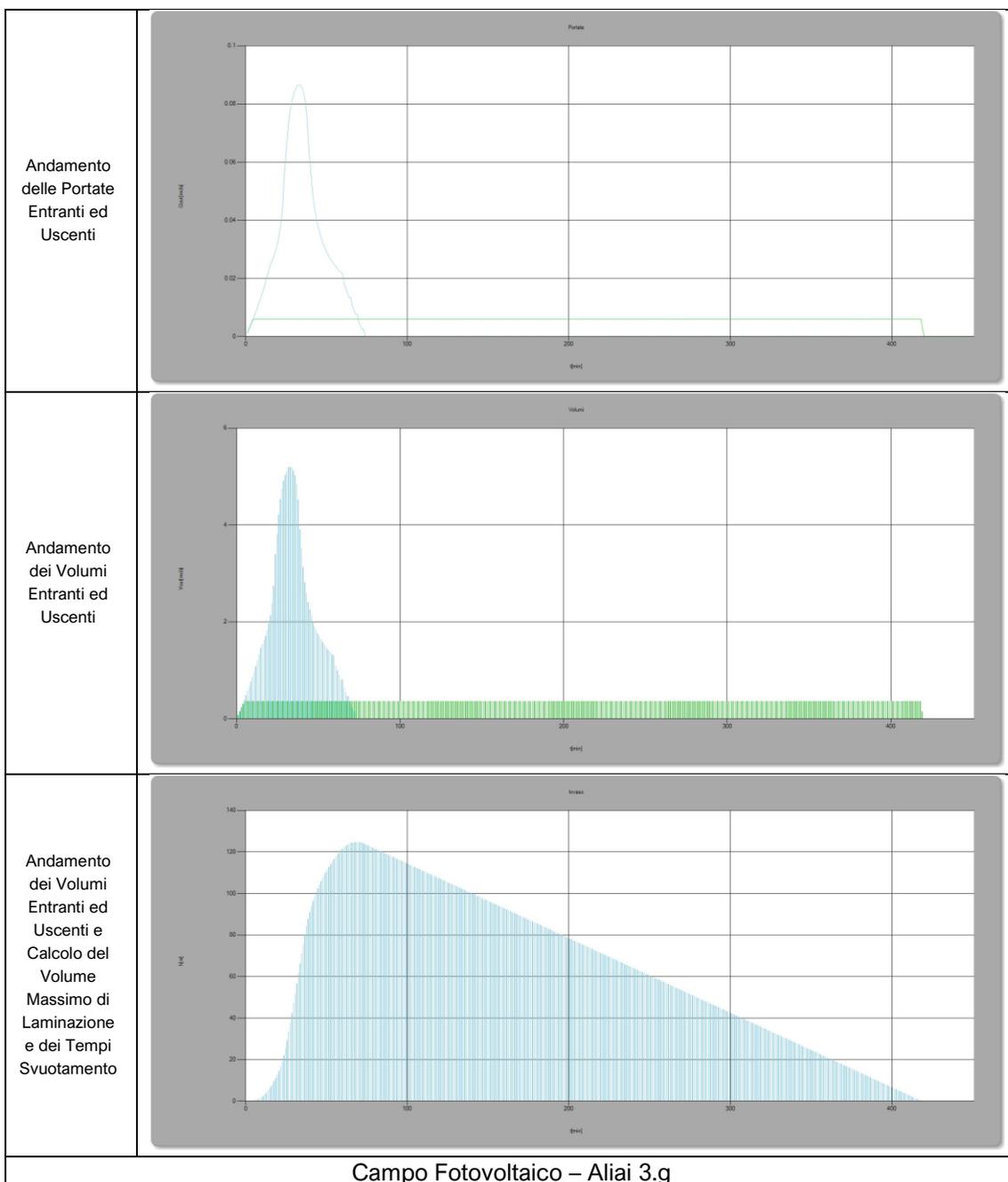


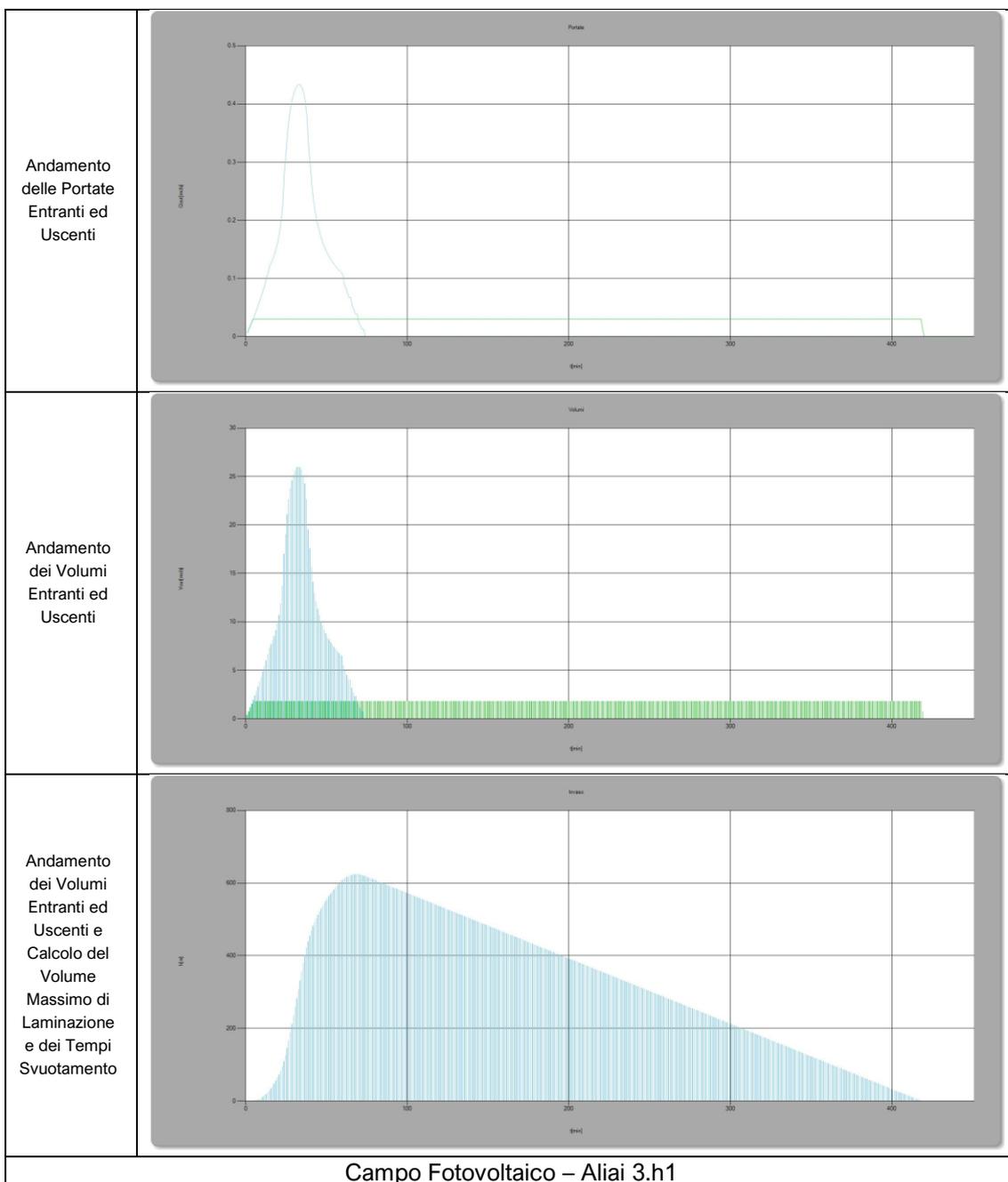
Campo Fotovoltaico – Aliai 3.d

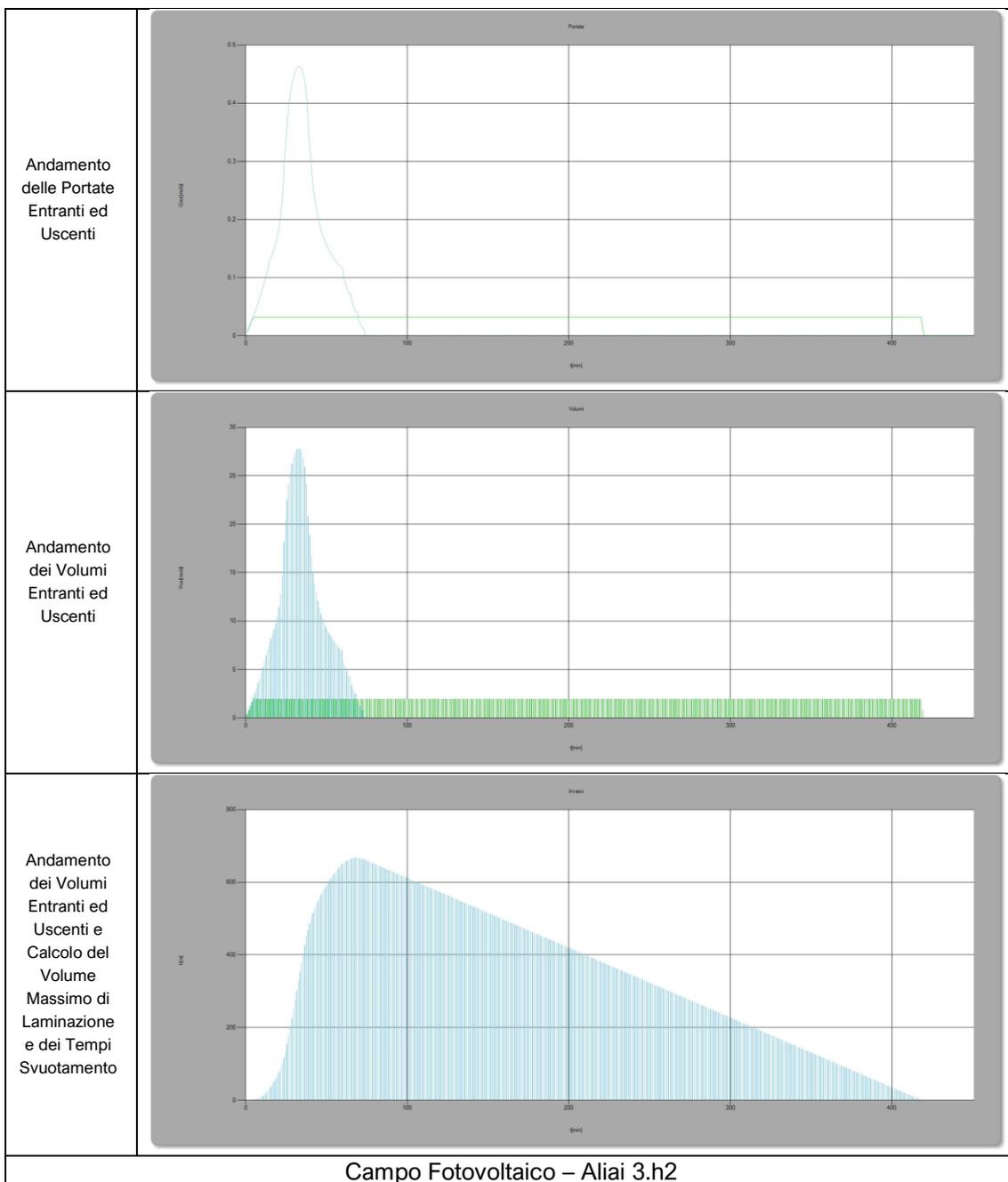


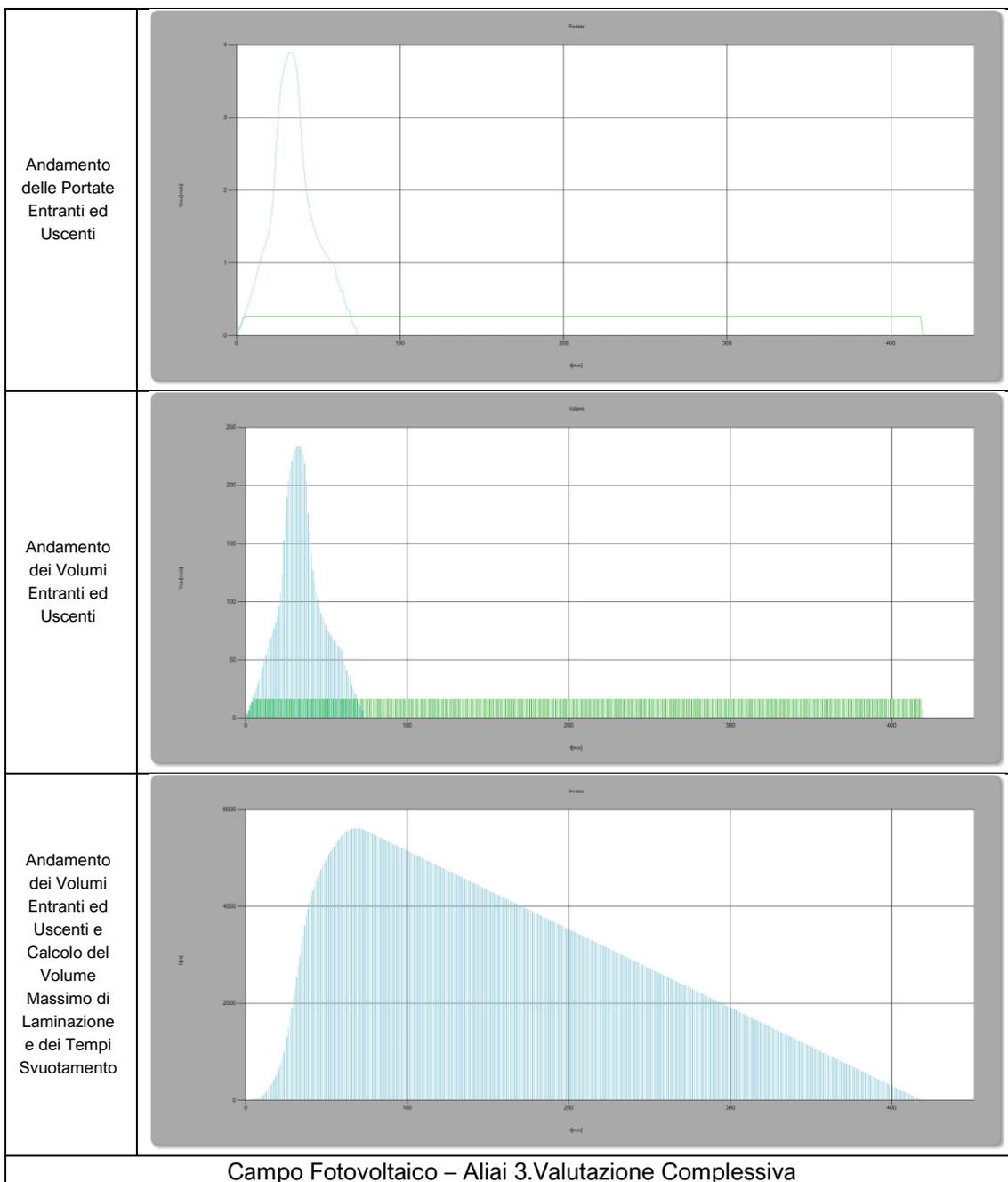


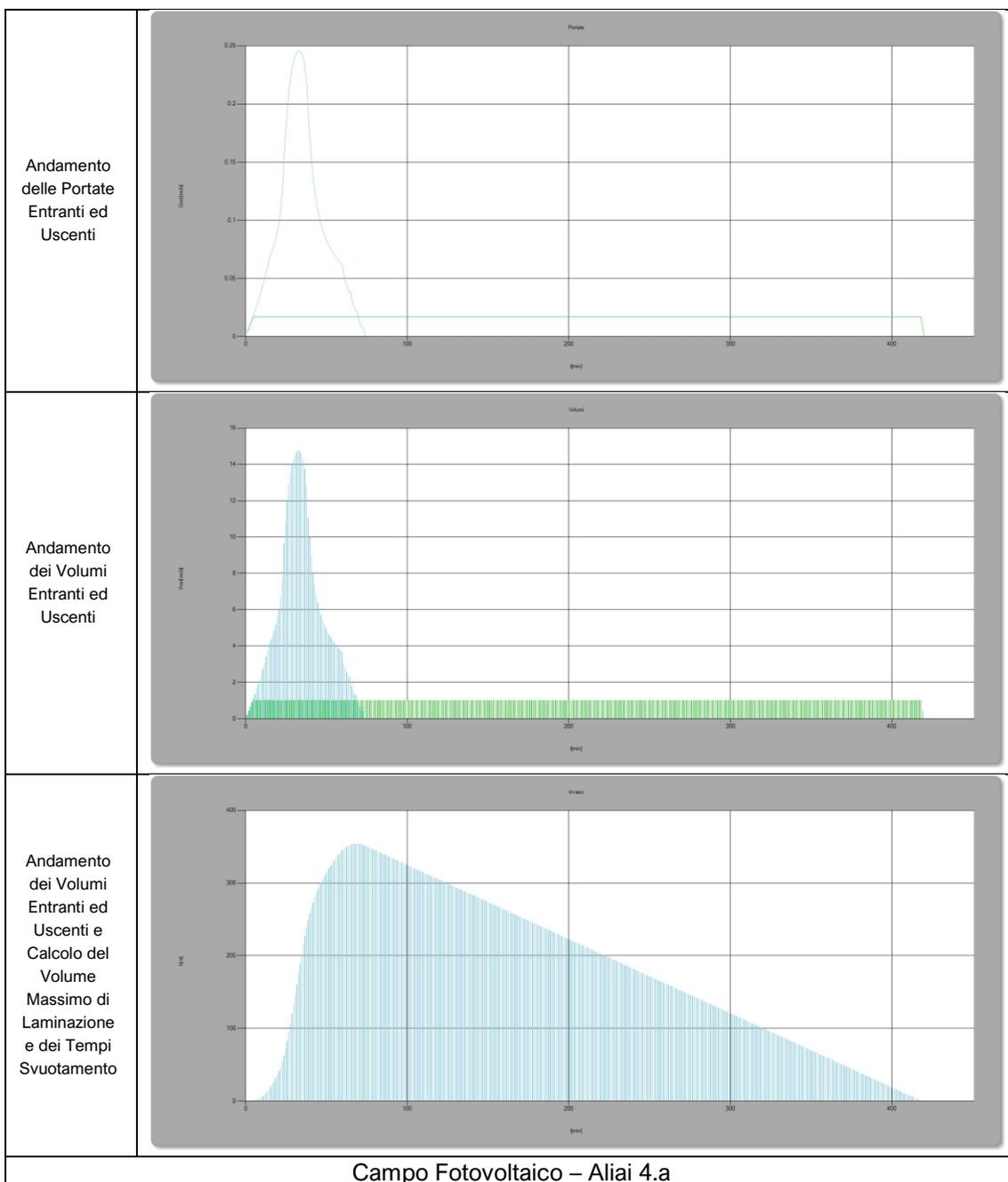


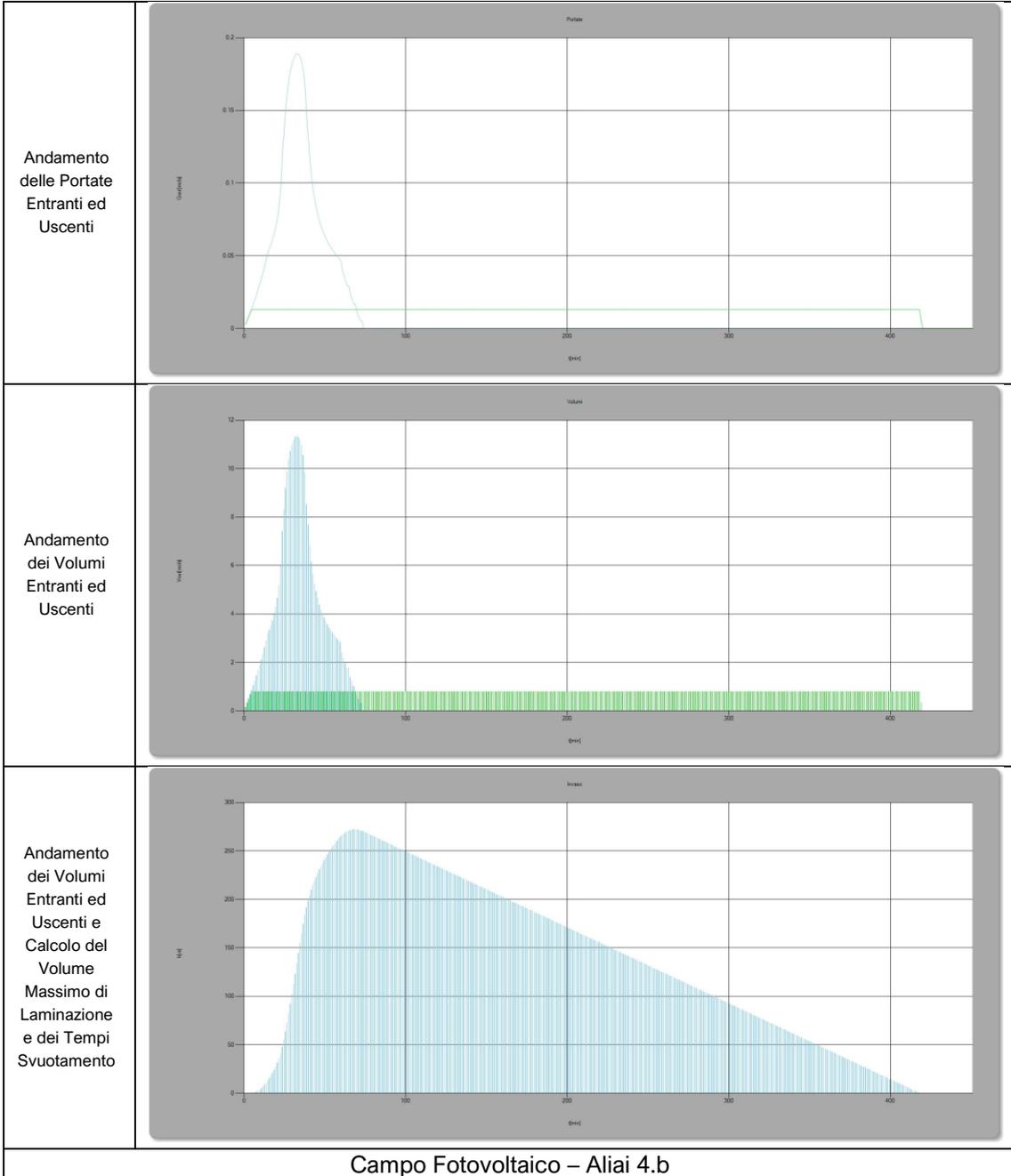


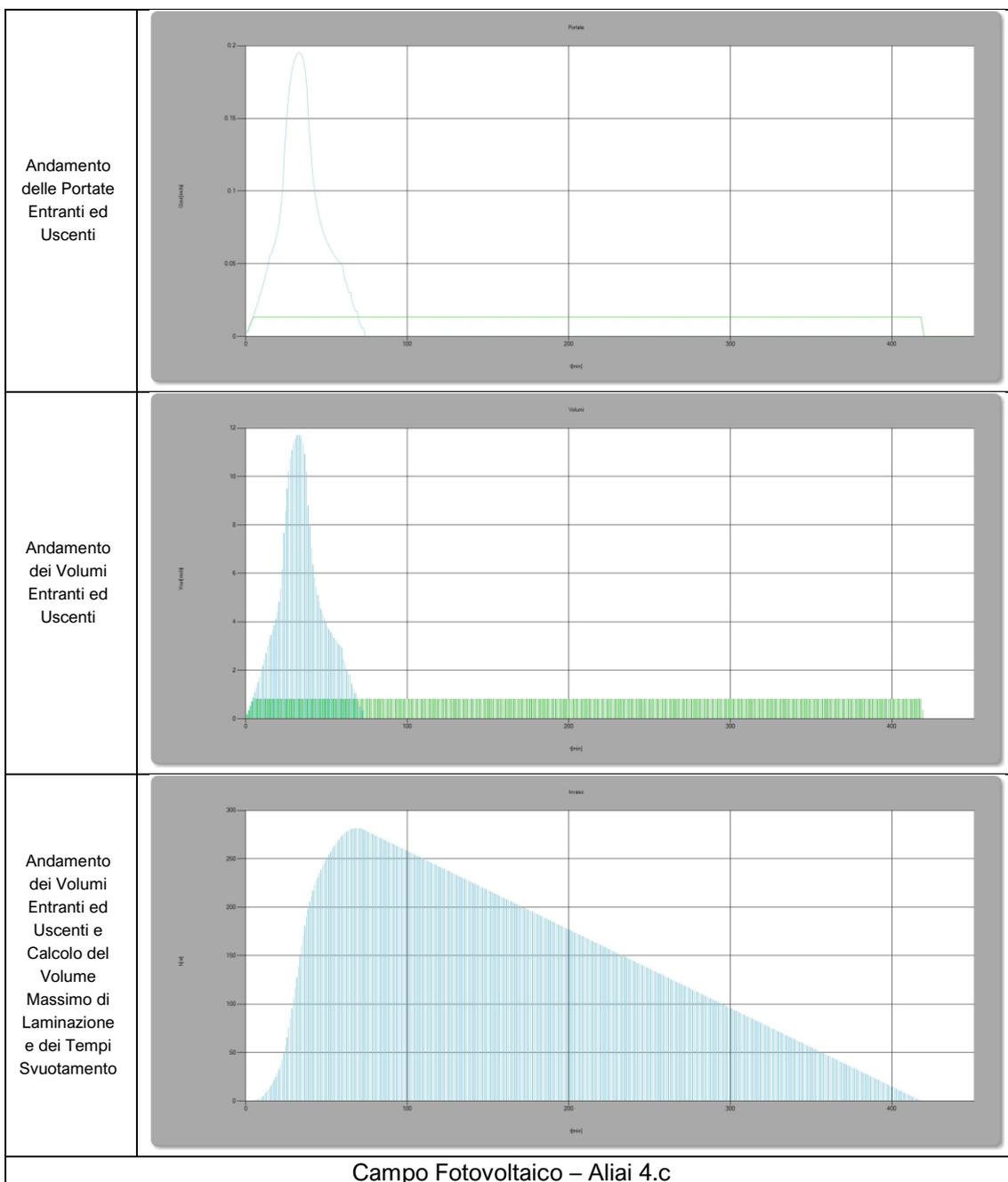


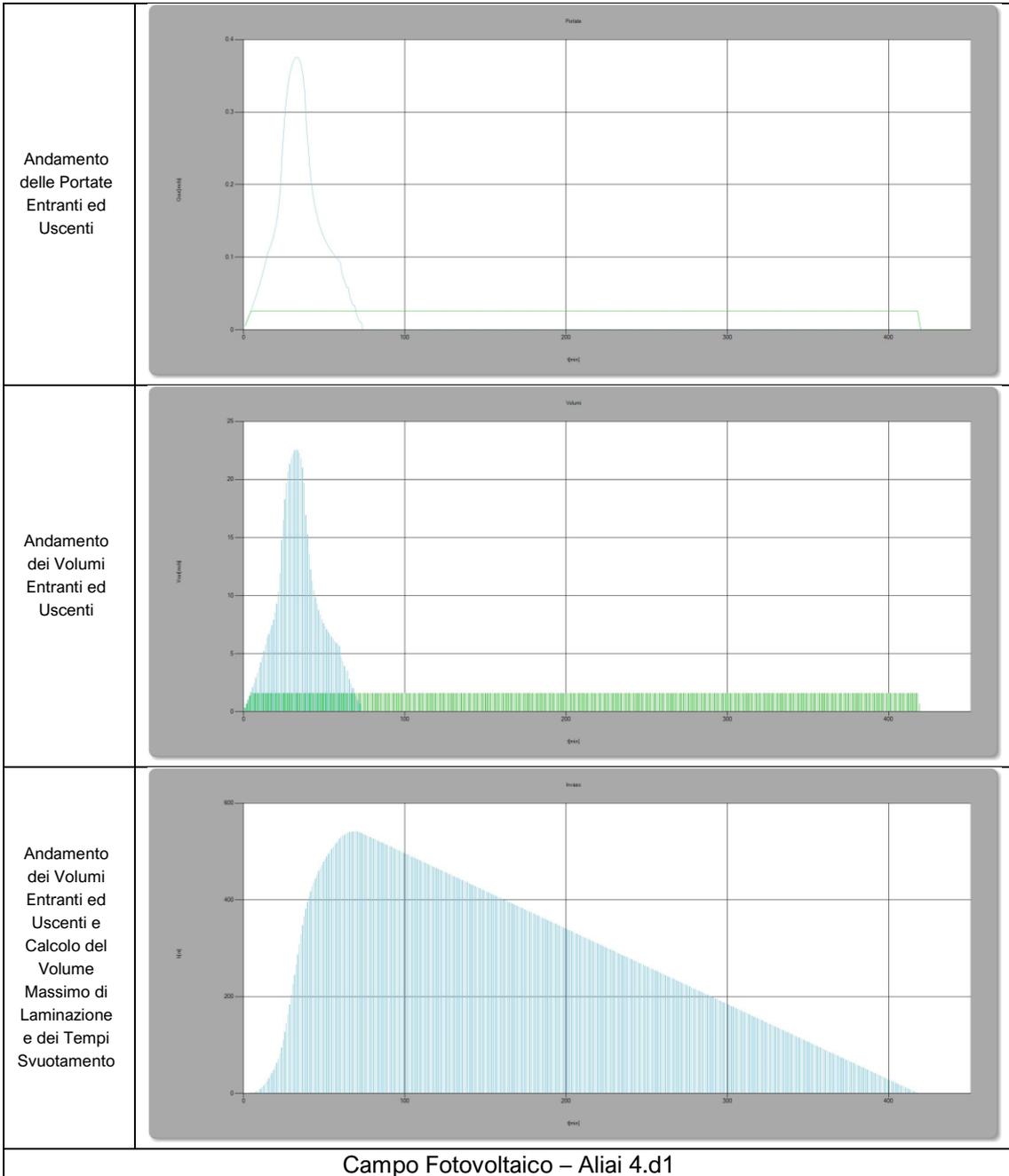


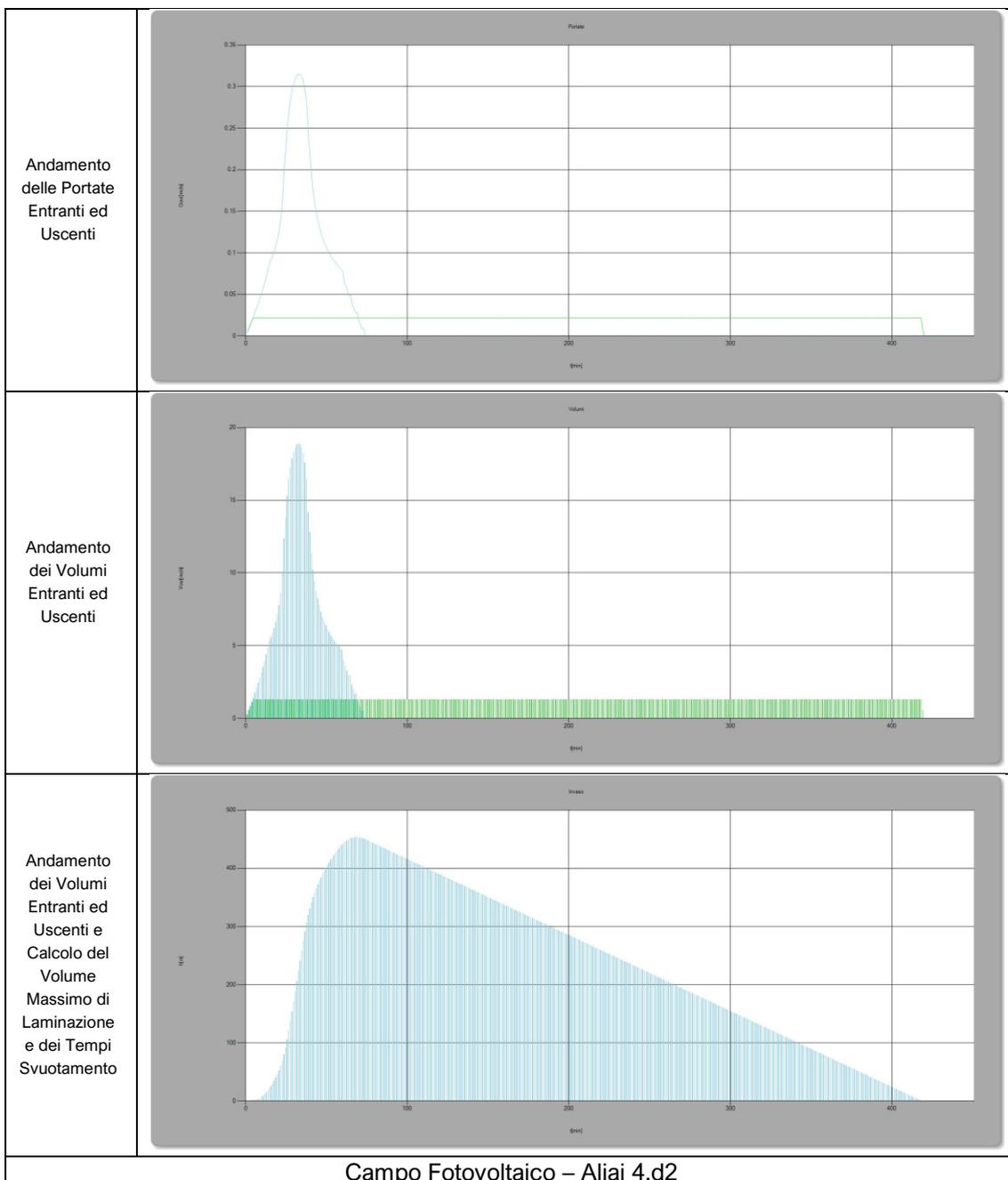


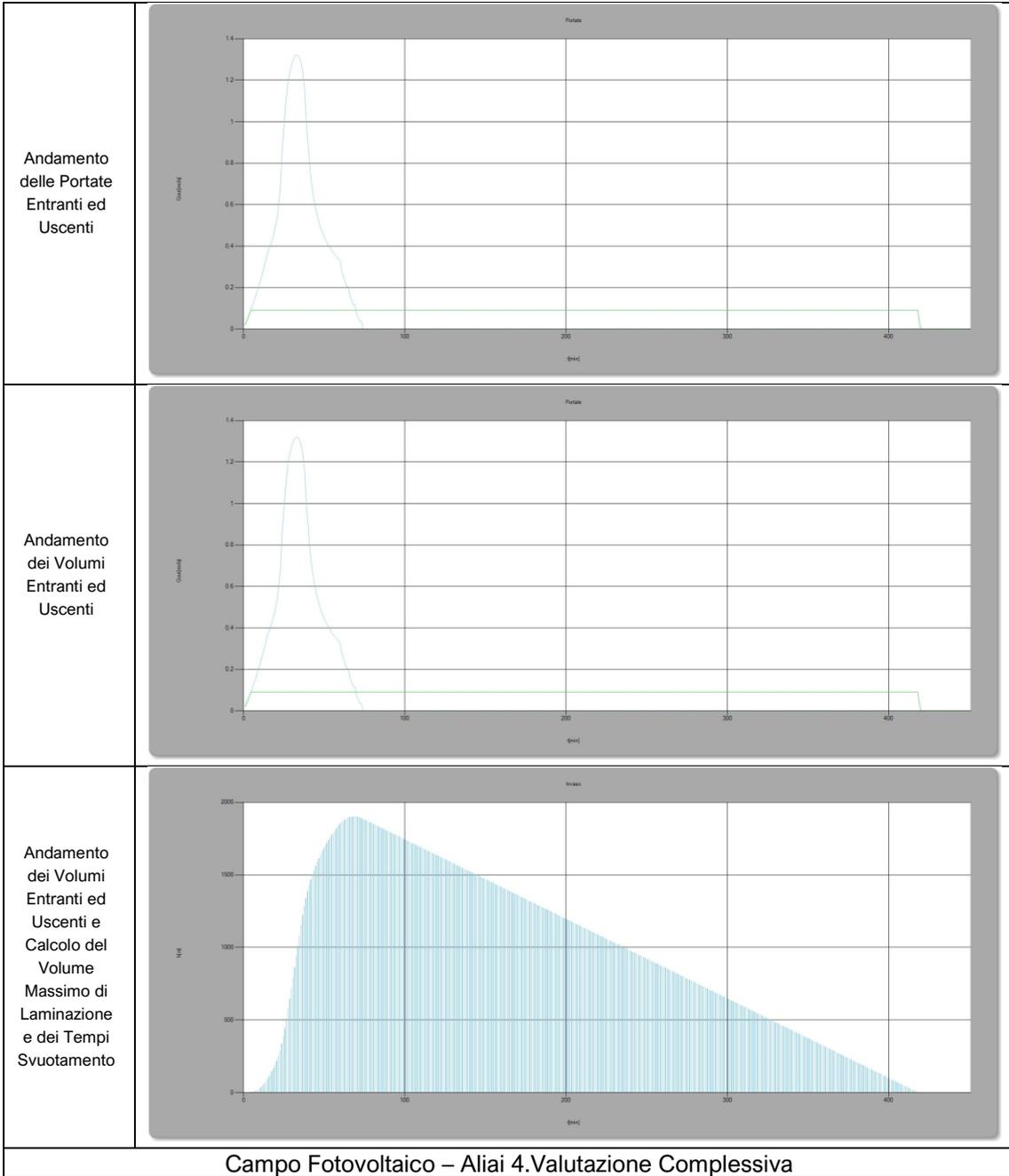


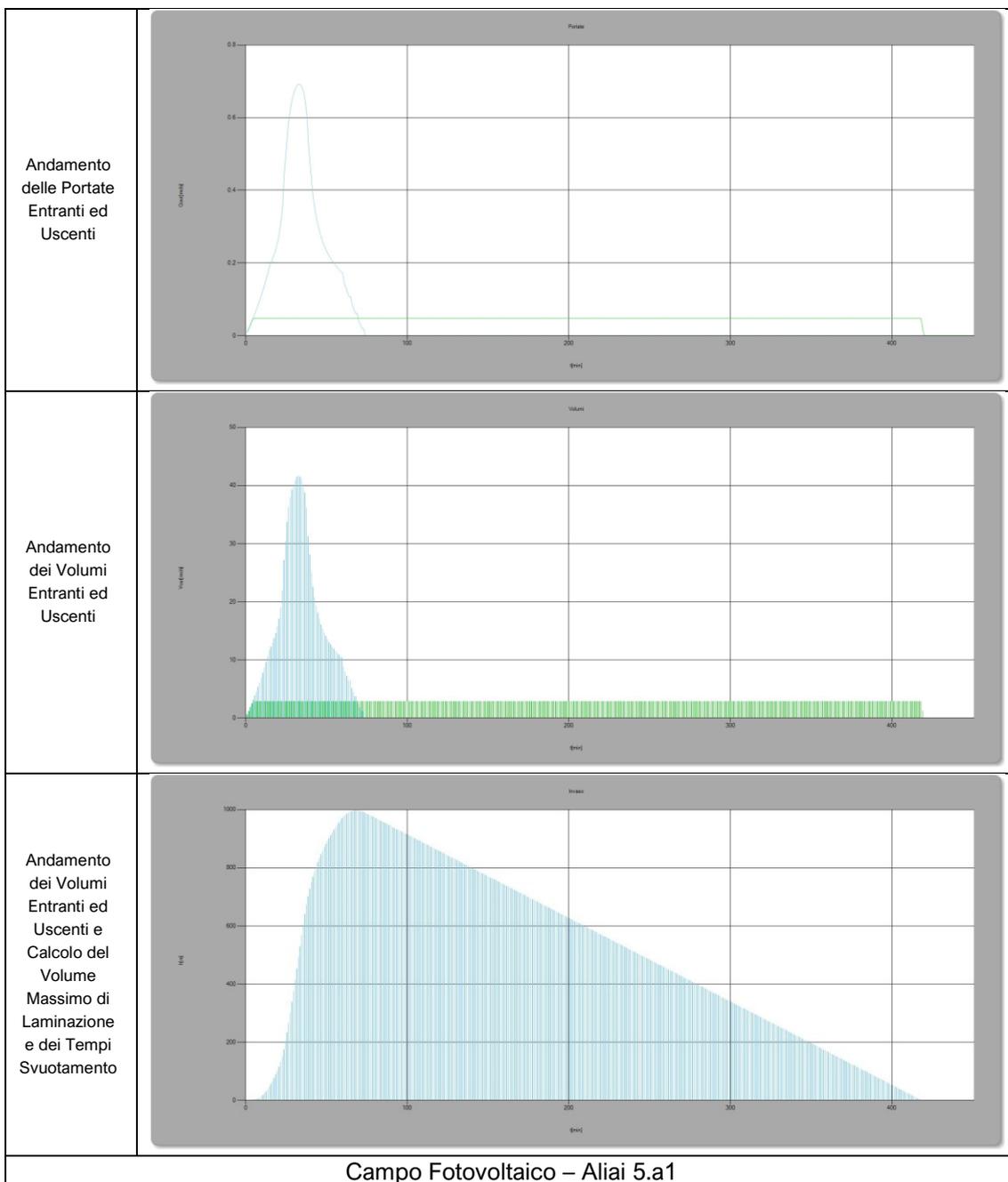


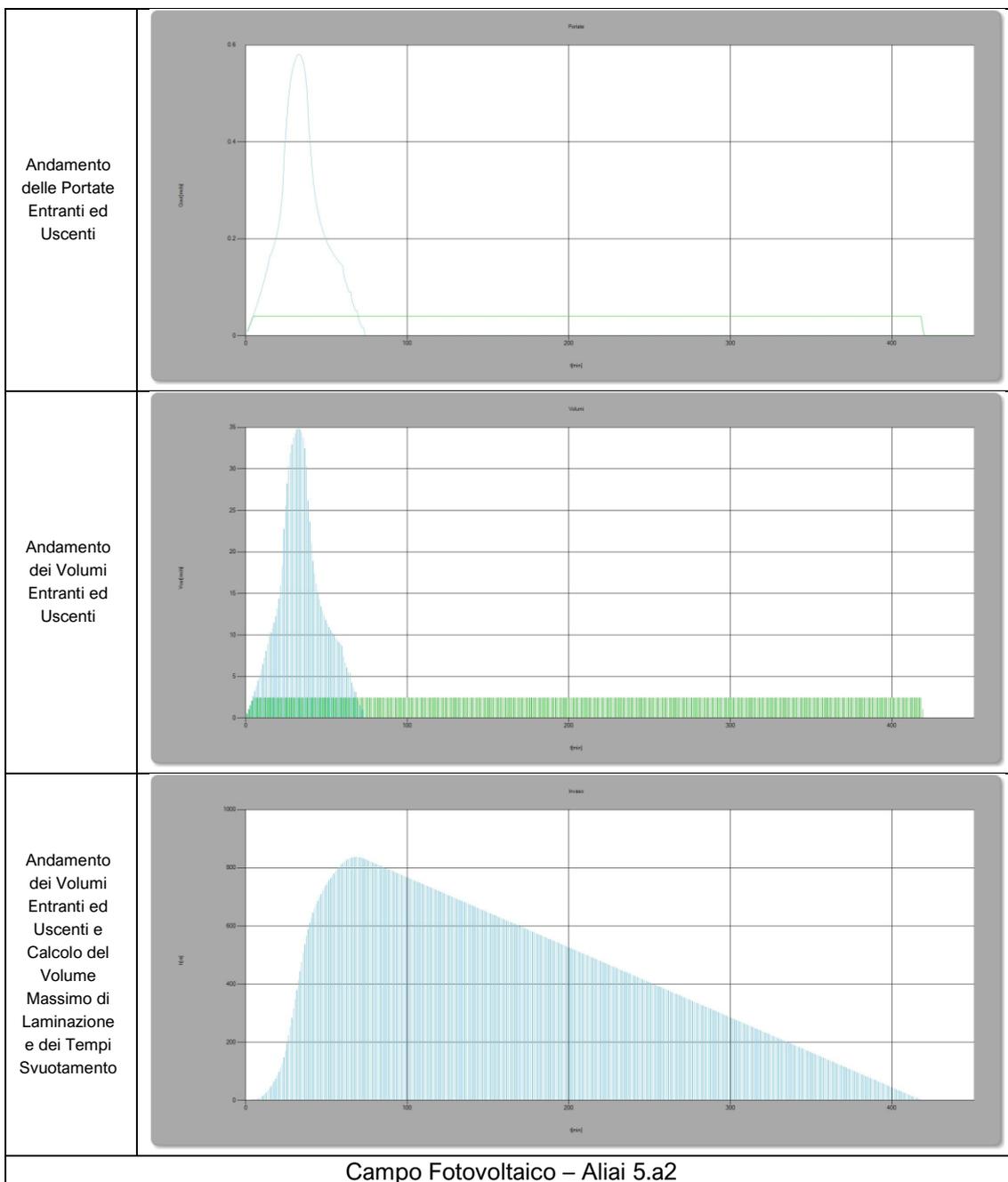


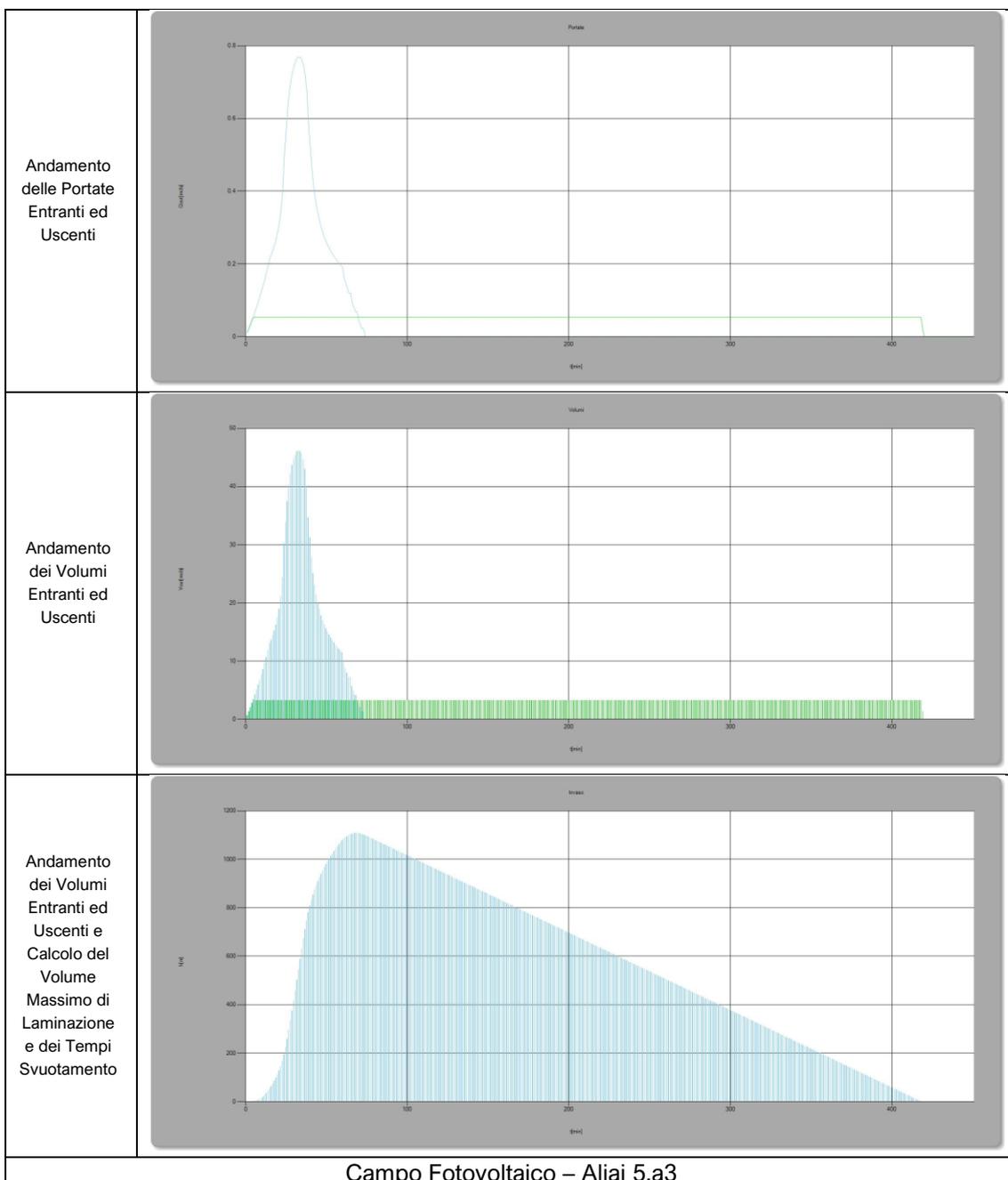




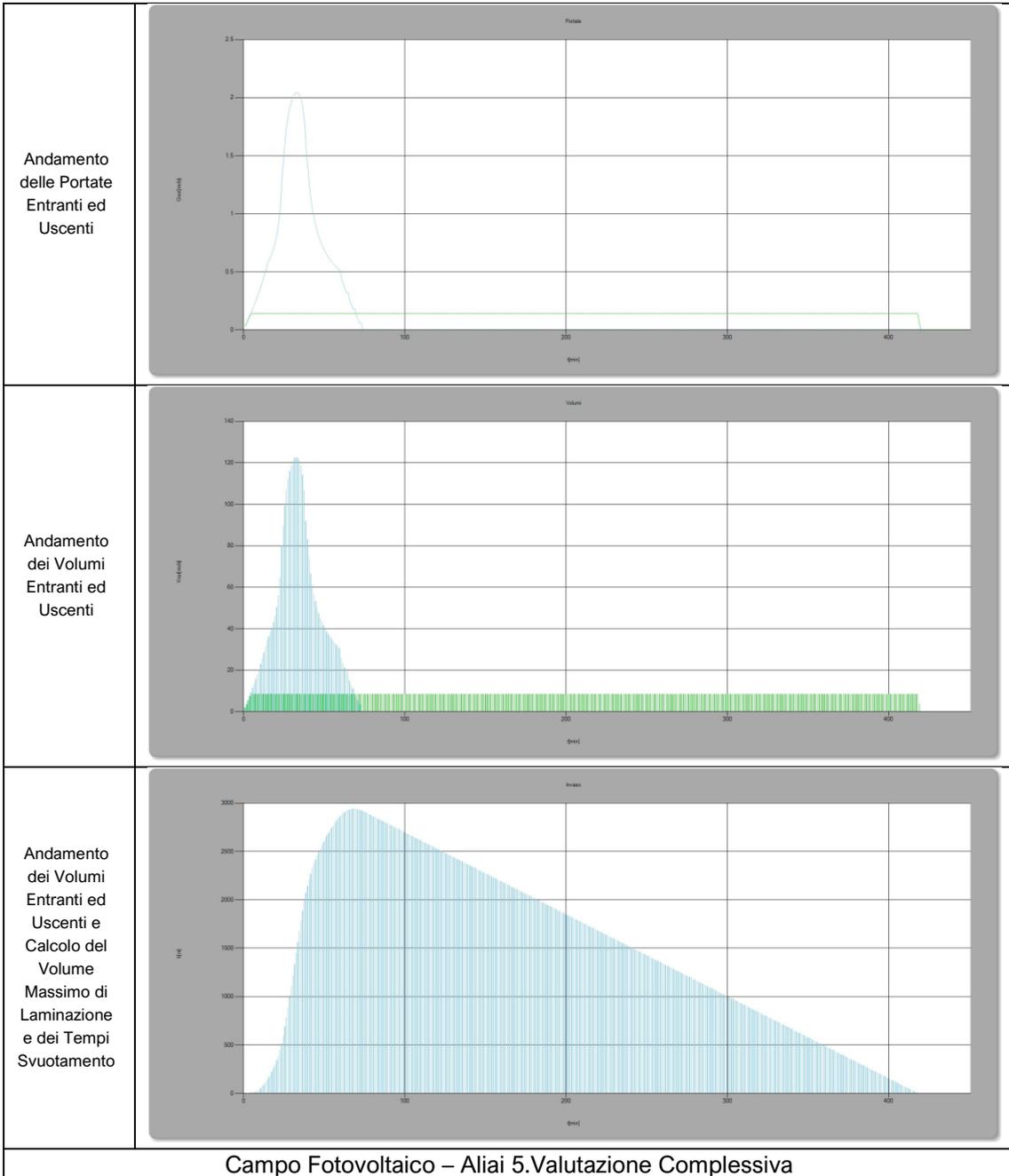








Campo Fotovoltaico – Aliai 5.a3





Si riporta di seguito la tabella riassuntiva delle volumetrie di laminazione strettamente necessarie per ogni campo fotovoltaico in progetto avendo verificato che i metodi applicati conducono esattamente agli stessi risultati nel pieno rispetto di quanto indicato dalla norma di riferimento

Tabella 20. Calcolo dei volumi minimi di laminazione sintesi

Campo Fotovoltaico	Superficie Area [mq]	Superficie [Ha]	Q u,lim [l/sec]	Volume di Laminazione Minimo [mc]	Volume di Laminazione in Progetto [mc]
Alaia 1	1 500 321	150,03	900,19	18 648	18 690
Alaia 2	403 981	40,40	242,39	5 021	5 025
Alaia 3	449 091	44,91	269,45	5 582	5 593
Alaia 4	152 139	15,21	91,28	1 891	1 897
Alaia 5	235 289	23,53	53,19	2 925	2 927
	2 740 821	274	1 557	34 067	34 132

4.4.4 Definizione e progetto dei volumi di laminazione mediante trincee

Per ogni sottocampo di ogni campo fotovoltaico sono stati dunque individuati i volumi minimi di laminazione che sono stati riportati sinteticamente nelle tabelle dei precedenti paragrafi. Si è proceduto dunque al tracciamento delle linee di trincea lungo le direttrici ortogonali alle principali linee di deflusso superficiali che sono state utilizzate e sfruttate per addurre alle trincee di laminazione le acque di ruscellamento superficiale. La metodologia utilizzata parte dalla definizione delle tipologie di trincee da utilizzare che poi sono state adattate ai vari campi fotovoltaici. Le sezioni utilizzate sono di tipo trapezoidale secondo cinque tipologie differenti riportate nella seguente tabella.

Tabella 21. Tipi di sezione delle trincee di laminazione

	Canale Base Min. [m]	Canale Base Mag. [m]	Altezza Max "H" Nel Canale [m]
Tipo 1	1,50	2,00	1,50
Tipo 2	1,75	2,25	1,65
Tipo 3	2,00	2,5	1,80
Tipo 4	2,25	2,75	1,95
Tipo 5	2,50	3,00	2,10

La dimensione della sezione da utilizzare di volta in volta è stata dettata dalla entità dei volumi di laminazione da dover soddisfare, dalle portate convogliate e dallo sviluppo dello spazio disponibile lungo le linee di intercettazione delle acque provenienti dalle linee di deflusso principali. Va detto che la verifica che è stata effettuata ha coinvolto prima il rispetto dei volumi richiesti di laminazione e successivamente la verifica idraulica delle opere per tempi di ritorno pari a 50 anni. Inoltre, ai fini del rispetto della sicurezza, ed al fine di compensare le variazioni di livello, si è aggiunto, alla effettiva altezza di laminazione, un ulteriore franco di circa 20 cm che ha espresso il soddisfacimento di tutte le condizioni. Si precisa che il dimensionamento è di carattere preliminare ed esprime la metodologia generale che deve rimanere valida comunque anche in fase di progettazione esecutiva. Si rimanda ad essa per lo sviluppo più dettagliato e funzionale della presente proposta progettuale. L'esatto dimensionamento, nel



rispetto dei principi generali esposti e in accordo alla norma, troverà completo compimento nella fase di progettazione esecutiva delle trincee come anche i dettagli ed i particolari esecutivi. Si riportano di seguito le elaborazioni e il progetto preliminare delle trincee per ogni campo fotovoltaico evidenziando che per ogni tratto si riporta il tipo di sezione trapezoidale prescelto ("tipo canale"). Nella figura successiva sono riportate (blu) le trincee di laminazione ed il punto di immissione (in giallo) nel CIR delle acque secondo la portata ammessa. L'estensione esatta è riportata nella colonna di riferimento della seguente tabella. Si fa presente che si riportano anche i bacini di deflusso che interessano ogni trincea (verde)

Tabella 22. Progettazione delle trincee di laminazione, tipo ed estensione, e verifiche volumetriche – Aliai 1

Den	Sotto Campo	Sotto Area	Tipo Canale [1...5]	Canale Base Min. [m]	Canale Base Mag. [m]	Altezza Max "H" Nel Canale [m]	Franco [m]	Altezza Canale [m]	Canale Lunghezza Effettiva [m]	Volume di Laminazione Minimo [mc]	Volume di Laminazione di Progetto [mc]	Verifica	Disponibile Su linee di Deflusso [m]	Canale Lunghezza Effettiva [m]
Aliaia		a	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	253	662	663	Verificato	287	253
Aliaia		b	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	475	1 245	1 246	Verificato	476	475
Aliaia		c1	3	2,00	2,50	1,80	0,20	2,00	471	1 885	1 908	Verificato	471	471
Aliaia		c2	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	422	1 106	1 107	Verificato	472	422
Aliaia		c3	2	1,75	2,25	1,65	0,20	1,85	474	1 563	1 564	Verificato	590	474
Aliaia		d	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	84	220	220	Verificato	226	84
Aliaia		e1	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	190	500	500	Verificato	255	190
Aliaia		e2	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	228	598	598	Verificato	300	228
Aliaia		f1	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	212	557	557	Verificato	236	212
Aliaia		f2	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	92	241	242	Verificato	162	92
Aliaia	1	g1	3	2,00	2,50	1,80	0,20	2,00	245	990	991	Verificato	262	245
Aliaia		g2	2	1,75	2,25	1,65	0,20	1,85	116	382	383	Verificato	142	116
Aliaia		h	2	1,75	2,25	1,65	0,20	1,85	469	1 546	1 547	Verificato	489	469
Aliaia		i	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	31	80	81	Verificato	57	31
Aliaia		l	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	300	787	788	Verificato	302	300
Aliaia		m1	3	2,00	2,50	1,80	0,20	2,00	353	1 430	1 431	Verificato	374	353
Aliaia		m2	4	2,25	2,75	1,95	0,20	2,15	378	1 841	1 842	Verificato	433	378
Aliaia		m3	4	2,25	2,75	1,95	0,20	2,15	213	1 039	1 040	Verificato	238	213
Aliaia		m4	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	193	505	506	Verificato	300	193
Aliaia		m5	5	2,50	3,00	2,10	0,20	2,30	85	490	491	Verificato	90	85
Aliaia		m6	3	2,00	2,50	1,80	0,20	2,00	243	984	985	Verificato	261	243
										18 648	18 690	Verificato	6423	5526



Figura 22. Individuazione e tracciamento trincee di laminazione e indicazione dei punti di immissione nei CIR, Aliai1

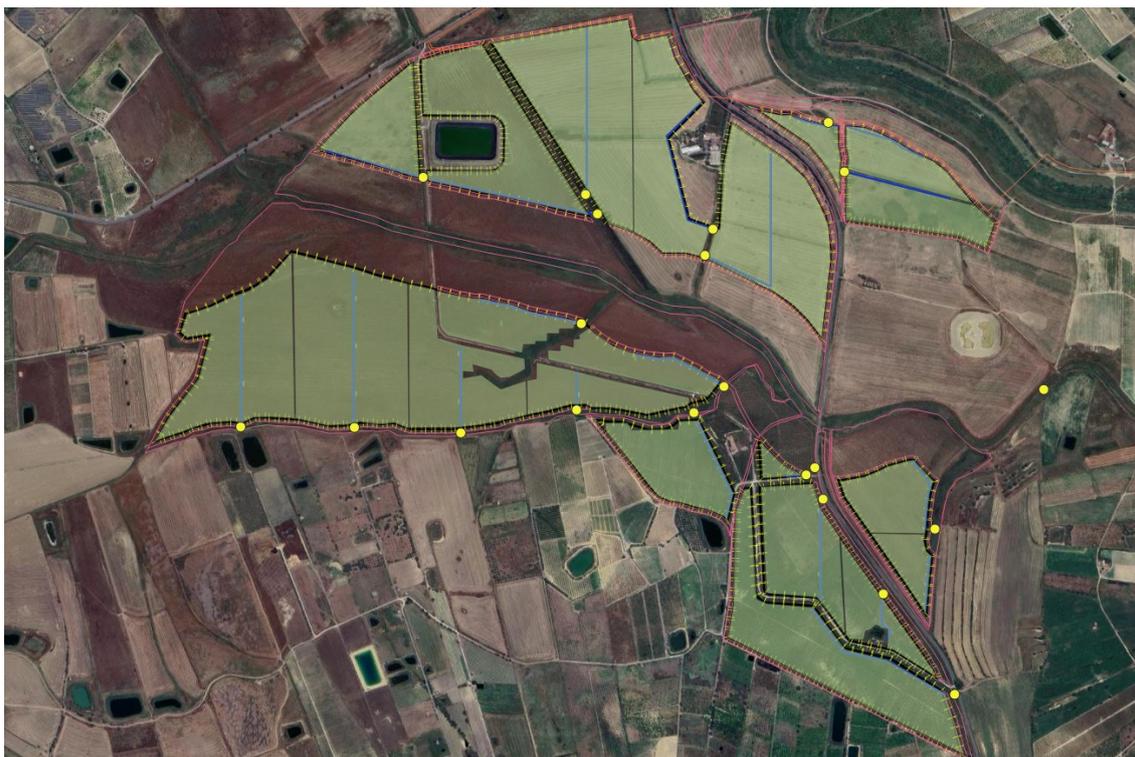


Figura 23. Trincee di laminazione e individuazione dei bacini di influenza – Aliai 1

Tabella 23. Progettazione delle trincee di laminazione, tipo ed estensione, e verifiche volumetriche – Aliai 2

Den	Sotto Campo	Sotto Area	Tipo Canale [1...5]	Canale Base Min. [m]	Canale Base Mag. [m]	Altezza Max "H" Nel Canale [m]	Franco [m]	Altezza Canale [m]	Canale Lunghezza [m]	Volume di Laminazione Minimo [mc]	Volume di Laminazione di Progetto [mc]	Verifica	Disponibile Su linee di Deflusso [m]	Canale Lunghezza Effettiva [m]
Aliaia	2	a1	3	2,00	2,50	1,80	0,20	2,00	416	1 682	1 683	Verificato	441	416
Aliaia		a2_1	3	2,00	2,50	1,80	0,20	2,00	404	1 634	1 635	Verificato	440	404
Aliaia		a2_2	2	1,75	2,25	1,65	1,20	2,85	392	1 291	1 292	Verificato	480	392
Aliaia		b	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	158	414	415	Verificato	158	158
										5 021	5 025	Verificato	1519	1369



Figura 24. Individuazione e tracciamento trincee di laminazione (in blu) e punti di immissione nei CIR (giallo), Aliai 2



Figura 25. Trincee di laminazione (in blu) e individuazione dei bacini di influenza (in verde) – Aliai 2

Tabella 24. Progettazione delle trincee di laminazione, tipo ed estensione, e verifiche volumetriche – Aliai 3

Den	Sotto Campo	Sotto Area	Tipo Canale [1...5]	Canale Base Min. [m]	Canale Base Mag. [m]	Altezza Max "H" Nel Canale [m]	Franco [m]	Altezza Canale [m]	Canale Lunghezza [m]	Volume di Laminazione Minimo [mc]	Volume di Laminazione di Progetto [mc]	Verifica	Disponibile Su linee di Deflusso [m]	Canale Lunghezza Effettiva [m]
Aliaia		a1	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	286	750	751	Verificato	331	286
Aliaia		a2	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	22	57	58	Verificato	66	22
Aliaia		b	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	169	443	444	Verificato	226	169
Aliaia		c	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	317	832	833	Verificato	445	317
Aliaia		d	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	75	195	196	Verificato	76	75
Aliaia		e	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	21	55	56	Verificato	93	21
Aliaia	3	f1	3	2,00	2,50	1,80	0,20	2,00	292	1 180	1 181	Verificato	309	292
Aliaia		f2	2	1,75	2,25	1,65	0,20	1,85	201	663	664	Verificato	254	201
Aliaia		g	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	48	124	125	Verificato	80	48
Aliaia		h1	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	237	620	621	Verificato	291	237
Aliaia		h2	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	253	663	664	Verificato	325	253
										5 582	5 593	Verificato	2496	1921





Figura 26. Trincee di laminazione (in blu) e individuazione dei bacini di influenza (in verde) – Aliai 3

Tabella 25. Progettazione delle trincee di laminazione, tipo ed estensione, e verifiche volumetriche – Aliai 4

Den	Sotto Campo	Sotto Are	Tipo Canale [1...5]	Canale Base Min. [m]	Canale Base Mag. [m]	Altezza Max "H" Nel Canale [m]	Franco [m]	Altezza Canale [m]	Canale Lunghezza [m]	Volume di Laminazione Minimo [mc]	Volume di Laminazione di Progetto [mc]	Verifica	Disponibile Su linee di Deflusso [m]	Canale Lunghezza Effettiva [m]
Aliaia	4	a	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	134	352	353	Verificato	191	134
Aliaia		b	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	104	271	272	Verificato	130	104
Aliaia		c	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	107	280	281	Verificato	355	107
Aliaia		d1	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	205	538	539	Verificato	569	205
Aliaia		d2	1	1,50	2,00	1,50	0,20	1,70	172	451	452	Verificato	405	172
										1 891	1 897	Verificato	1650	723



Figura 27. Individuazione e tracciamento trincee di laminazione (in blu) e punti di immissione nei CIR (giallo), Aliai 4



Figura 28. Trincee di laminazione (in blu) e individuazione dei bacini di influenza (in verde) – Aliai 4

Tabella 26. Progettazione delle trincee di laminazione, tipo ed estensione, e verifiche volumetriche – Aliai 5

Den	Sotto Campo	Sotto Area	Tipo Canale [1...5]	Canale Base Min. [m]	Canale Base Mag. [m]	Altezza Max "H" Nel Canale [m]	Franco [m]	Altezza Canale [m]	Canale Lunghezza [m]	Volume di Laminazione Minimo [mc]	Volume di Laminazione di Progetto [mc]	Verifica	Disponibile Su linee di Deflusso [m]	Canale Lunghezza Effettiva [m]
Aliaia	5	a1	4	2,25	2,75	1,95	0,20	2,15	203	991	992	Verificato	220	203
Aliaia		a2	5	2,50	3,00	2,10	0,20	2,30	144	831	832	Verificato	151	144
Aliaia		a3	4	2,25	2,75	1,95	0,20	2,15	226	1 102	1 103	Verificato	232	226
										2 925	2 927	Verificato	603	574



Figura 29. Individuazione e tracciamento trincee di laminazione (in blu) e punti di immissione nei CIR (giallo), Aliai 5



Figura 30. Trincee di laminazione (in blu) e individuazione dei bacini di influenza (in verde) – Aliai 5

Come rappresentato nelle figure sopra esposte e nelle relative tabelle è stato effettuato il dimensionamento delle trincee nel rispetto dei limiti di legge. Le trincee svolgono la funzione di laminazione. Il volume rappresenta dunque l'acqua che deve essere smaltita entro le successive 48 ore. Ad ogni modo schematicamente si verifica quanto appresso riportato, ovvero il volume viene rilasciato lentamente nel corpo idrico recettore presente in prossimità dell'area. Altra alternativa è il riutilizzo per fini irrigui o per il lavaggio dei pannelli fotovoltaici e gli impianti in genere.

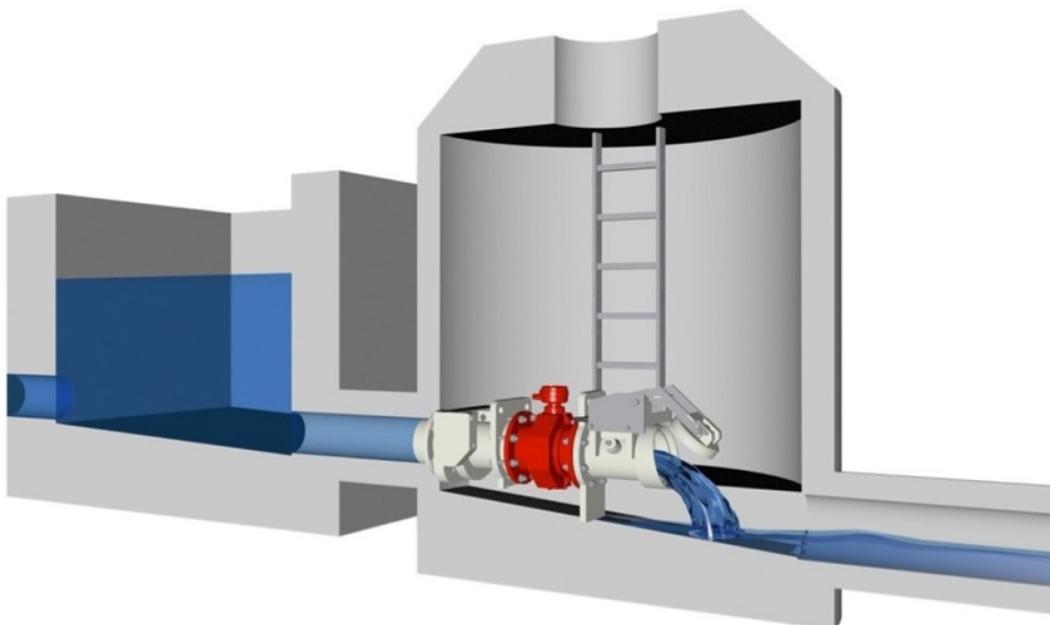


Figura 31. Volume di laminazione a monte e rilascio controllato a valle



4.4.5 Verifica idraulica delle trincee e delle opere in progetto

La successiva verifica viene condotta per appurare che le trincee siano in grado di convogliare le acque provenienti dalle rispettive arre di influenza. In accordo al DDG 102/2021, le verifiche idrauliche delle opere in progetto sono state eseguite valutando la relativa capacità di convogliare la portata relativa ad un periodo di ritorno di 50 anni (par. A.2 dell'Allegato 2 della norma indicata). Nella seguente tabella si forniscono i valori per il calcolo della portata massima affluente così calcolata e adottata per la verifica idraulica dei canali con periodo di ritorno sopra indicato e durata critica dell'evento meteorico assunto pari, a vantaggio di sicurezza, a 15 minuti, tanto al fine di esasperare l'intensità di pioggia.

Tabella 27. Determinazione delle portate afferenti alle singole trincee per le verifiche idrauliche a 50 anni – Aliaia 1

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	φ	CPP "a" [50 anni] mm/h	CPP "h" [50 anni]	Tempo Corriv. Medio [min.]	Tempo Corriv. Medio [ore]	"h" pioggia da CPP [mm]	"h" pioggia corretta per <1 ora [mm]	i [intensità] [mm/h]	Q [mc/s]	Q [l/s]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	1	a	53 277	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,744	744
			b	100 167	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,399	1 399
			c1	151 646	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	2,119	2 119
			c2	89 016	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,244	1 244
			c3	125 733	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,757	1 757
			d	17 669	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,247	247
			e1	40 195	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,562	562
			e2	48 100	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,672	672
			f1	44 782	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,626	626
			f2	19 391	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,271	271
			g1	79 633	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,113	1 113
			g2	30 704	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,429	429
			h	124 345	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,737	1 737
			i	6 418	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,090	90
			l	63 311	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,885	885
			m1	115 045	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,607	1 607
			m2	148 092	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	2,069	2 069
			m3	83 580	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,168	1 168
m4	40 635	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,568	568			
m5	39 395	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,550	550			
m6	79 187	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,106	1 106			
1 500 321													20,961	20 961

Tabella 28. Determinazione delle portate afferenti alle singole trincee per le verifiche idrauliche a 50 anni – Aliaia 2

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	φ	CPP "a" [50 anni] mm/h	CPP "h" [50 anni]	Tempo Corriv. Medio [min.]	Tempo Corriv. Medio [ore]	"h" pioggia da CPP [mm]	"h" pioggia corretta per <1 ora [mm]	i [intensità] [mm/h]	Q [mc/s]	Q [l/s]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	2	a1	135 330	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,891	1 891
			a2_1	131 489	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,837	1 837
			a2_2	103 859	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,451	1 451
			b	33 303	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,465	465
403 981													5,644	5 644

Tabella 29. Determinazione delle portate afferenti alle singole trincee per le verifiche idrauliche a 50 anni – Aliaia 3

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	φ	CPP "a" [50 anni] mm/h	CPP "h" [50 anni]	Tempo Corriv. Medio [min.]	Tempo Corriv. Medio [ore]	"h" pioggia da CPP [mm]	"h" pioggia corretta per <1 ora [mm]	i [intensità] [mm/h]	Q [mc/s]	Q [l/s]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	3	a1	60 368	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,843	843
			a2	4 562	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,064	64
			b	35 629	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,498	498
			c	66 903	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,935	935
			d	15 692	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,219	219
			e	4 408	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,062	62
			f1	94 922	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,326	1 326
			f2	53 371	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,746	746
			g	9 974	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,139	139
			h1	49 920	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,697	697
			h2	53 342	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,745	745
			449 091											



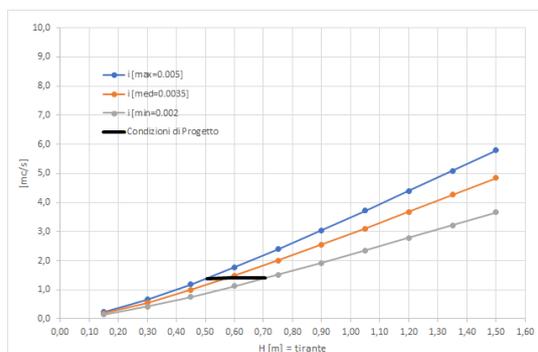
Tabella 30. Determinazione delle portate afferenti alle singole trincee per le verifiche idrauliche a 50 anni – Aliai 4

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	ψ	CPP "a" [50 anni] mm/h	CPP "h" [50 anni]	Tempo Corriv. Medio [min.]	Tempo Corriv. Medio [ore]	"h" pioggia da CPP [mm]	"h" pioggia corretta per t<1 ora [mm]	i [intensità] [mm/h]	Q [mc/s]	Q [l/s]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	4	a	28 317	0,30	71,57	0,34	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,396	396
			b	21 770	0,30	71,57	0,34	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,304	304
			c	22 511	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,314	314
			d1	43 283	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,605	605
			d2	36 258	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,507	507
				152 139									2,126	2 126

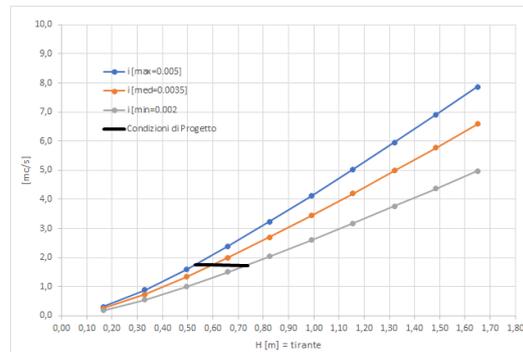
Tabella 31. Determinazione delle portate afferenti alle singole trincee per le verifiche idrauliche a 50 anni – Aliai 5

Descrizione	Den	Sotto Campo	Sotto Area	Superficie Area [mq]	ψ	CPP "a" [50 anni] mm/h	CPP "h" [50 anni]	Tempo Corriv. Medio [min.]	Tempo Corriv. Medio [ore]	"h" pioggia da CPP [mm]	"h" pioggia corretta per t<1 ora [mm]	i [intensità] [mm/h]	Q [mc/s]	Q [l/s]
Campo Fotovoltaico	Aliaia	5	a1	79 757	0,30	71,57	0,34	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,114	1 114
			a2	66 874	0,30	71,57	0,34	15	0,25	44,90	41,91	167,65	0,934	934
			a3	88 658	0,30	71,57	0,336	15	0,25	44,90	41,91	167,65	1,239	1 239
												3,287	3 287	

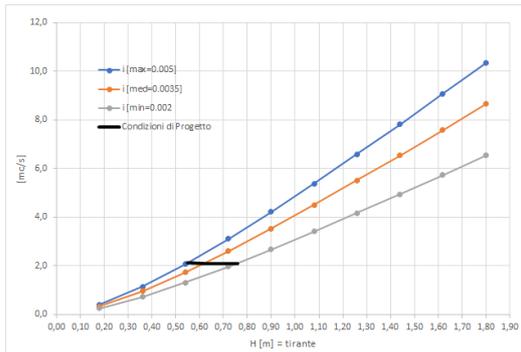
Si sottolinea, altresì, che è stata adottato la formulazione del metodo razionale per la stima delle portate cinquantennali che sono state riportate nelle precedenti tabelle. A tal riguardo, si sottolinea che il D.D.G. 102/2021 richiede che *“il tempo di ritorno di 50 anni dovrà essere utilizzato per la verifica delle opere in condizioni limite”*, condizioni in cui non si richiede un valore minimo di franco idraulico ma soltanto la verifica di capacità idraulica dei collettori. Per ogni campo fotovoltaico è stata, dunque, individuata per ogni tipologia di sezione la portata massima convogliata dalla trincea. In sostanza si è individuata, per ogni tipo di sezione [1...5] e per ogni campo fotovoltaico la sezione e la relativa trincea coinvolta dalla maggior portata e le possibili pendenze nel range da minime medie e massimi riscontrate. Si è costruita la curva delle portate e si è individuato il punto di funzionamento verificando la piena capacità di trasporto. Le verifiche idrauliche sono state condotte per ogni canale costruendo la relativa scala di deflusso (si veda la serie di immagini seguente), adottando la ben nota formula di Chezy valida per canali a pelo libero in moto uniforme, considerando un valore del coefficiente di Chezy-Bazin adottato in genere per canali in terra in discrete condizioni manutentive e una **pendenza minima, media e massima del canale valutata nelle condizioni riscontrate per ciascuna area**. E' possibile immediatamente verificare, dalle scale di deflusso fornite nel seguito, che, nelle suddette condizioni, i canali dimensionati sono assolutamente in grado di convogliare le portate cinquantennali individuate, anche con adeguati franchi di sicurezza.



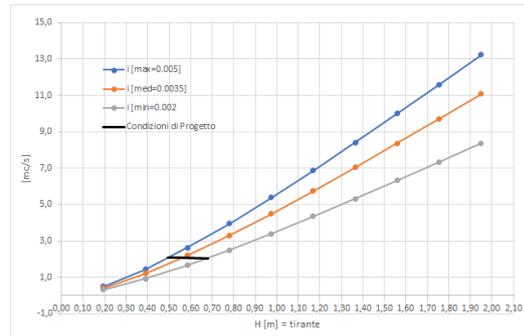
Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 1 – [Aliai 1]**
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose



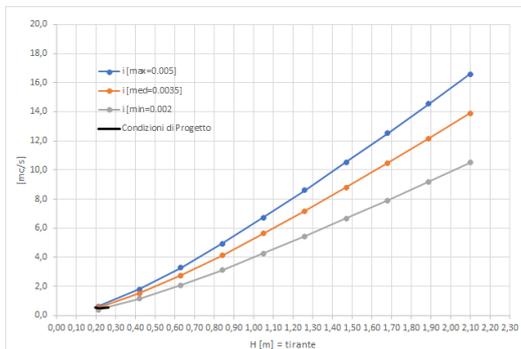
Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 2 – [Aliai 1]**
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose



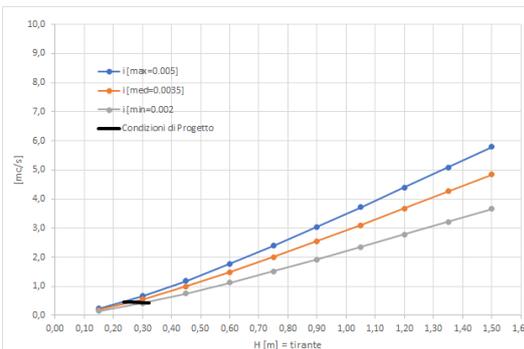
Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 3** – [Aliai 1]
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose



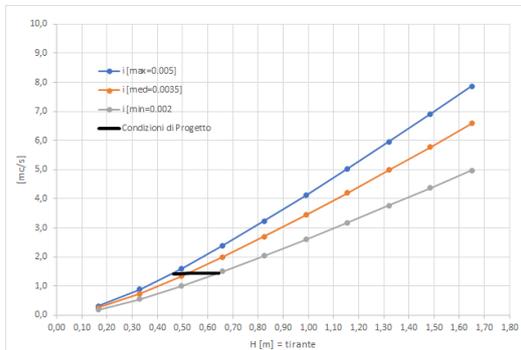
Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 4** – [Aliai 1]
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose



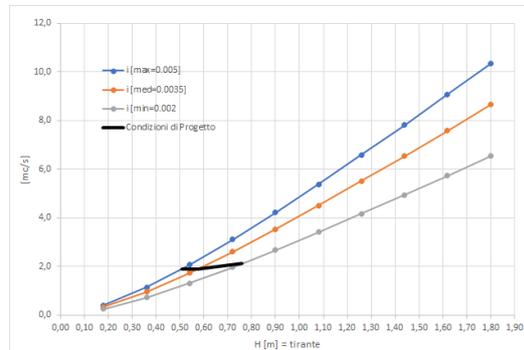
Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 5** – [Aliai 1]
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose



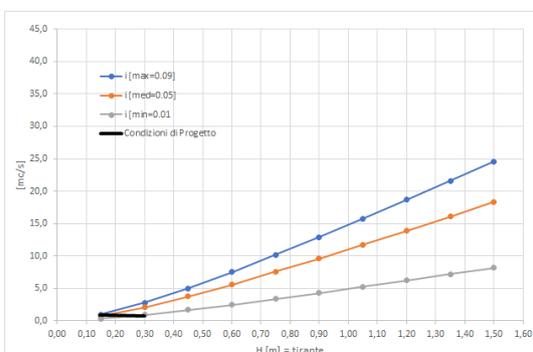
Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 1** – [Aliai 2]
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose



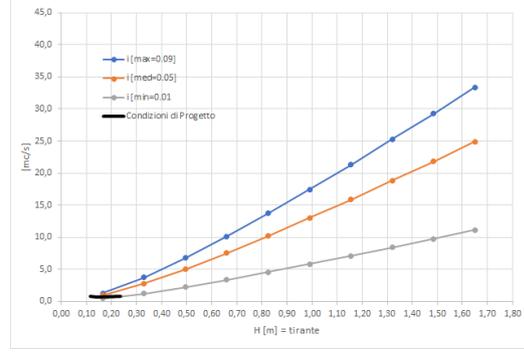
Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 2** – [Aliai 2]
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose



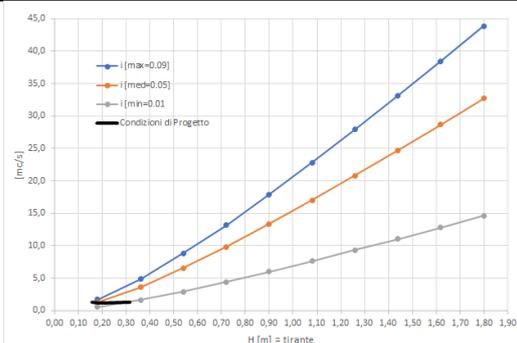
Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 3** – [Aliai 2]
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose



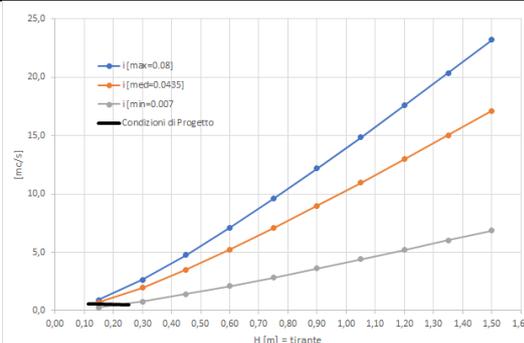
Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 1** – [Aliai 3]
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose



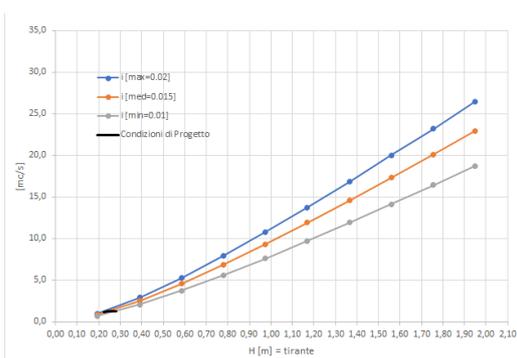
Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 2** – [Aliai 3]
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose



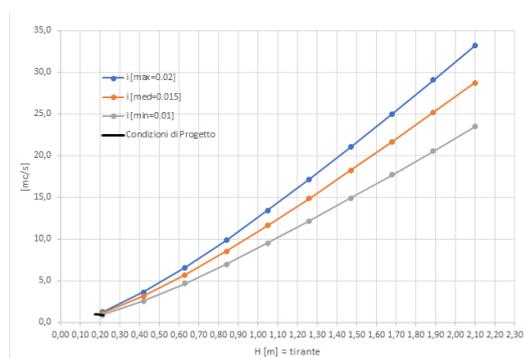
Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 3 – [Aliai 3]**
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose



Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 1 – [Aliai 4]**
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose



Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 4 – [Aliai 5]**
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose



Canali di laminazione: Scala di deflusso canale **Tipo 5 – [Aliai 5]**
Ed indicazione del funzionamento nelle condizioni più gravose

Come è evidente dalla disamina dei grafici sopra riportati, proprio perché la laminazione avviene comunque su reti di drenaggio abbondantemente sovradimensionate, i canali di laminazioni sono in grado di convogliare le portate generate all'interno di ciascun campo. La presente valutazione rimane frutto del rispetto delle metodologie imposte, pertanto in sede esecutiva, nel rispetto dei medesimi principi, sarà possibile variare le dimensioni delle trincee possibilmente imponendo uno sviluppo maggiore della trincea e diminuendo la sezione o viceversa. Solo ai fini esplicativi, alcuni campi fotovoltaici non riportano i grafici di alcuni tipi di sezione proprio perché non è stato necessario impiegare tutte le tipologie di sezioni. Per la rapida comprensione dei grafici basti osservare il posizionamento della linea orizzontale nera e contestualizzarla all'interno della scala dei deflussi. Ciò basta a indicare che la capacità di convogliamento delle trincee è abbondantemente al di sopra del funzionamento atteso.

4.4.6 Verifica della capacità di trasporto del corpo idrico ricettore

Si fornisce l'esito dell'ultima verifica idraulica richiesta al par. A.4 del D.D.G. 102/2021, che cita testualmente: "... per qualsiasi valore del coefficiente di deflusso medio dell'area trasformata, dovrà essere altresì verificato che la portata scaricata dalla vasca o sistema di laminazione nel corpo idrico ricettore o nel collettore fognario, non ne pregiudichi la capacità di trasporto idraulico causandone l'esonazione...". Il valore di portata con cui eseguire le valutazioni per ogni CIR è proprio il valore atteso in uscita dal sistema di laminazione che, in accordo alla formulazione del metodo semplificato delle piogge, è stato fornito nelle precedenti tabelle. A tal uopo, vale la pena sottolineare che, per garantire l'immissione all'interno dei CIR dei valori di portata Q_{IMP} , ottenuti nei precedenti paragrafi per ogni singolo sistema di drenaggio/laminazione, sarà necessario provvedere, nell'ambito della successiva fase progettuale, allo specifico dimensionamento del sistema di regolazione dei deflussi e raccordo idraulico in corrispondenza della confluenza dei tratti terminali dei canali di drenaggio nei corpi idrici ricettori, anche a seguito della disponibilità di idonei rilievi di



dettaglio. In particolare, tali elementi di raccordo dovranno essere opportunamente dimensionati in modo da garantire la limitazione della portata di efflusso dal sistema di drenaggio al valore massimo pari proprio alla corrispondente portata QIMP. In tal modo, infatti, sarà possibile sfruttare l'intero volume di laminazione offerto dai canali in progetto a servizio dei singoli campi fotovoltaici, consentendo l'invaso dei volumi ai fini dell'invarianza idrologica-idraulica. Si riportano i sistemi di controllo delle portate che attualmente trovano il maggior impiego nell'ambito dei progetti come quello trattato. Si tratta di sistemi che misurando in continuo la portata effettuano degli aggiustamenti sugli organi di controllo. Il sistema proposto in questa fase rimane comunque suscettibile di implementazione di altri sistemi che andranno realizzati per le medesime finalità. Per fini puramente esemplificativi, ma assolutamente non esaustivi né vincolanti rispetto alla successiva fase progettuale

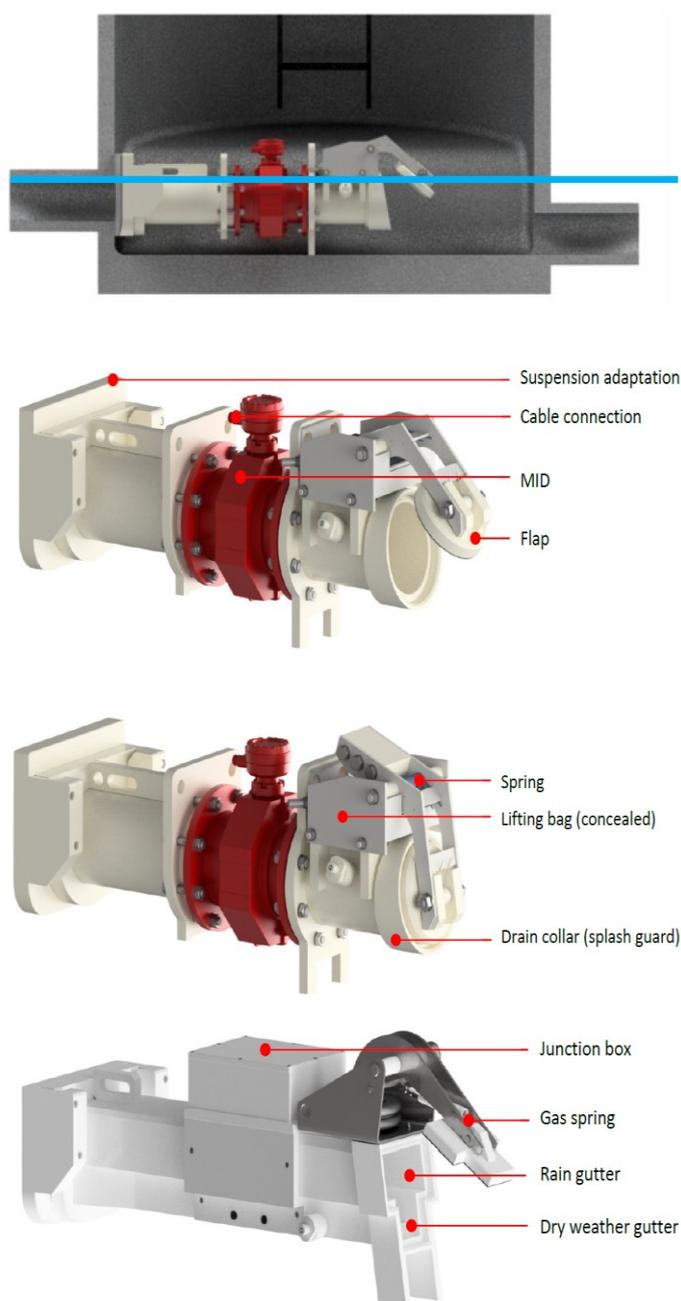


Figura 32. Sistemi di regolazione delle portate laminate a monte del CIR

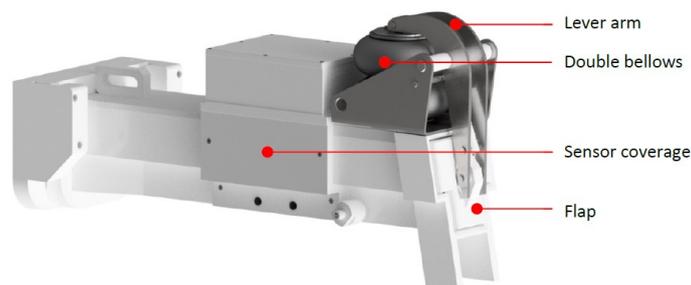


Figura 33. Sistemi di regolazione delle portate laminare a monte del CIR

Si anticipa, come appresso evidenziato, la portata in uscita dai sistemi di laminazione di ogni singola sotto-area non possa in alcun modo alterare, significativamente, la capacità di trasporto dei corpi idrici ricettori individuati caso per caso. A tal proposito si sono individuate tutte le sezioni della rete idrografica a valle dei punti di immissione che vengono schematizzati nella seguente figura.

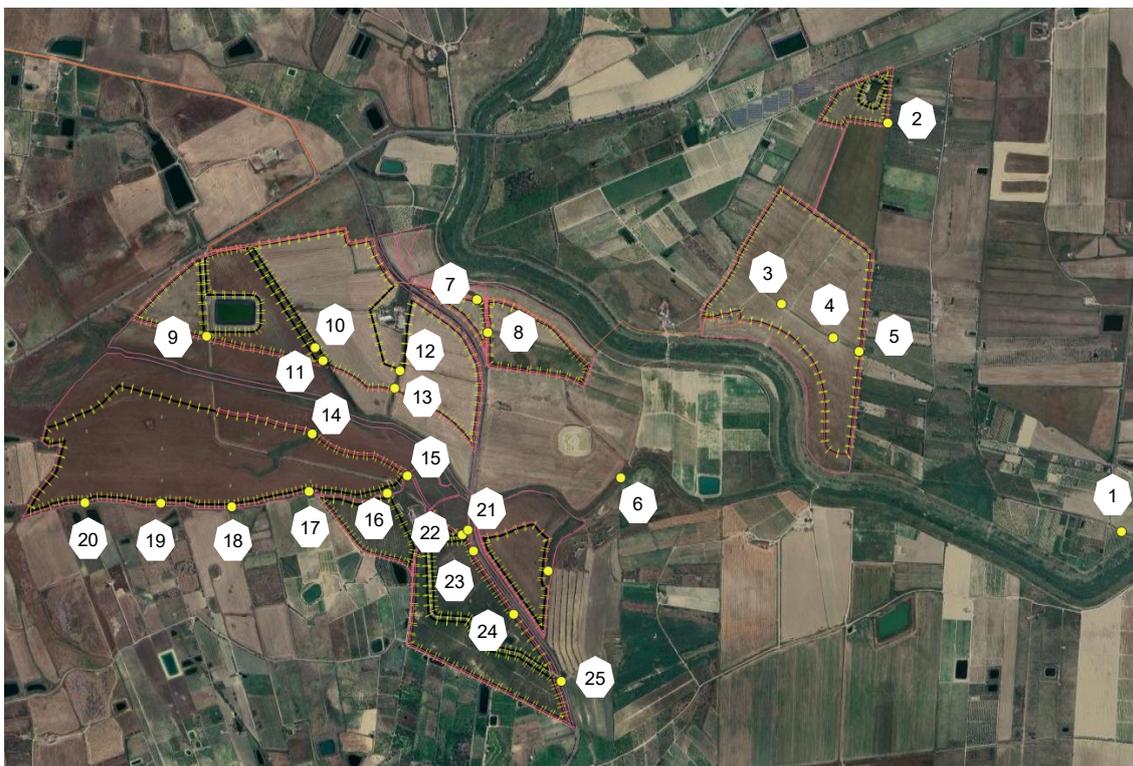


Figura 34. Individuazione delle sezioni della rete idrografica interessata – Aliai 1 e Aliai 2

Si sono individuate tutte le sotto aree che influenzano ciascuna sezione, ognuna delle quali è stata oggetto di acquisizione delle geometrie delle pendenze. Preliminarmente si evidenzia che trattasi di impluvi chiaramente marcati sul territorio che si esprimono con sezioni estremamente importanti spesso molto larghe. Per ognuna di essa è stata elaborata la relativa scala delle portate e si è valutata l'incidenza della portata di laminazione immessa nel CIR. Si è dunque valutata l'incidenza percentuale di ciascuna portata immessa nella sezione rispetto alla capacità globale di trasporto pervenendo alla conclusione che non vi può essere alcuna significativa riduzione della capacità generale di trasporto della sezione e del corpo idrico. Di



seguito si riportano le tabelle relative ai campi Aliaia 1 e Aliaia 2 ove si riportano le portate immesse in ciascuna sezione indicata. In particolare nell'ultima colonna si riportano i campi fotovoltaici che "alimentano" da monte la sezione di studio. Ogni sottocampo genera una portata, regimentata per i limiti imposti, che alimenta una o più sezioni di CIR. Si è dunque valutata la capacità massima di trasporto e si è calcolata l'incidenza sulla globale capacità di trasporto della sezione specifica. Nel caso di Aliaia 1 l'incidenza media della portata immessa sull'intera capacità di trasporto è risultata **minore dell'1% ed esattamente pari allo 0,842%**. Nel caso di Aliaia 2 l'incidenza media della portata immessa sull'intera capacità di trasporto è risultata **minore dell'3,5% ed esattamente pari allo 3,401%**

Tabella 32. Determinazione delle portate afferenti alle sezioni del reticolo e determinazione delle capacità massima di trasporto della sezione stessa – Campo Fotovoltaico Aliaia 1 e relative sotto aree

Descrizione	Sotto Campo	Sotto Area	Sezione di Scarico	Portata Regimentata Scaricata dalla Sottoarea [mc/s]	Portata di Progetto Sulla Sezione [CIR] [mc/s]	Capacità Massima della Sezione [CIR] [mc/s]	Incidenza delle Portate di Progetto Regimentate [%]	Note sulle Portate e delle Aree a monte
Aliaia	1	a	9	0,032	0,032	7,60	0,421%	a
Aliaia	1	b	11	0,060	0,151	17,77	0,850%	b + c1
Aliaia	1	c1	10	0,091	0,091	67,53	0,135%	c1
Aliaia	1	c2	12	0,053	0,053	5,38	0,993%	c2
Aliaia	1	c3	13	0,075	0,129	29,23	0,441%	c2 + c3
Aliaia	1	d	7	0,011	0,064	54,04	0,118%	d + e1 + e2
Aliaia	1	e1	7	0,024	0,053	54,04	0,098%	e1 + e2
Aliaia	1	e2	8	0,029	0,029	13,77	0,210%	e2
Aliaia	1	f1	26	0,027	0,039	32,66	0,118%	f1 + f2
Aliaia	1	f2	26	0,012	0,039	32,66	0,118%	f1 + f2
Aliaia	1	g1	23	0,048	0,141	4,06	3,468%	g1 + g2 + h
Aliaia	1	g2	24	0,018	0,093	2,17	4,287%	g2 + h
Aliaia	1	h	25	0,075	0,075	9,79	0,762%	h
Aliaia	1	i	22	0,004	0,004	1,38	0,279%	i
Aliaia	1	l	16	0,038	0,270	59,04	0,457%	l + m5 + m3 + m2 + m1
Aliaia	1	m1	20	0,069	0,069	32,59	0,212%	m1
Aliaia	1	m2	19	0,089	0,158	24,39	0,647%	m2 + m1
Aliaia	1	m3	18	0,050	0,208	99,22	0,210%	m3 + m2 + m1
Aliaia	1	m4	14	0,024	0,024	41,11	0,059%	m4
Aliaia	1	m5	17	0,024	0,232	133,47	0,174%	m5 + m3 + m2 + m1
Aliaia	1	m6	15	0,048	0,342	9,39	3,637%	m6 + l + m5 + m3 + m2 + m1 + m4
				0,900		Media =	0,842%	

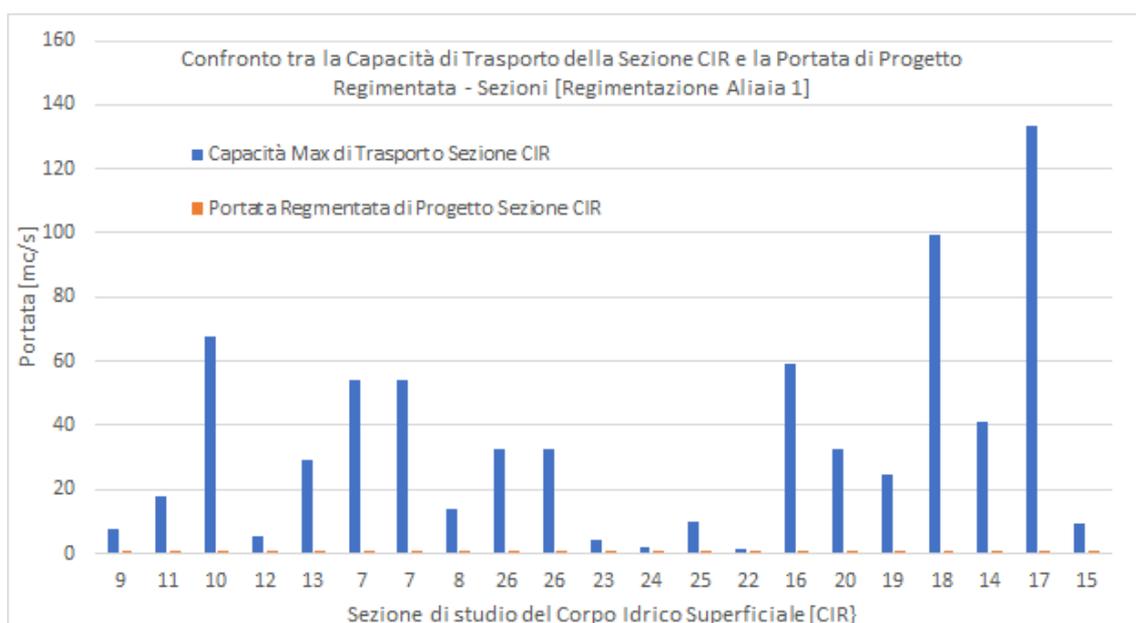


Figura 35. Capacità di trasporto della sezione del CIR e portata immessa dai campi – Aliaia 1



Tabella 33. Determinazione delle portate afferenti alle sezioni del reticolo e determinazione delle capacità massima di trasporto della sezione stessa – Campo Fotovoltaico Aliai 2 e relative sotto aree

Descrizione	Sotto Campo	Sotto Area	Sezione di Scarico	Portata Regimentata Scaricata dalla Sottoarea [mc/s]	Portata di Progetto Sulla Sezione [CIR] [mc/s]	Capacità Massima della Sezione [CIR] [mc/s]	Incidenza delle Portate di Progetto Regimentate [%]	Note sulle Portate e delle Aree a monte
Aliaia	2	a1	5	0,081	0,222	6,660	3,339%	a1 + a2_1 + a2_2
Aliaia	2	a2_1	3	0,079	0,079	2,240	3,522%	a2_1
Aliaia	2	a2_2	4	0,062	0,141	4,280	3,299%	a2_1 + a2_2
Aliaia	2	b	2	0,020	0,020	0,580	3,445%	b
				0,242		Media =	3,401%	

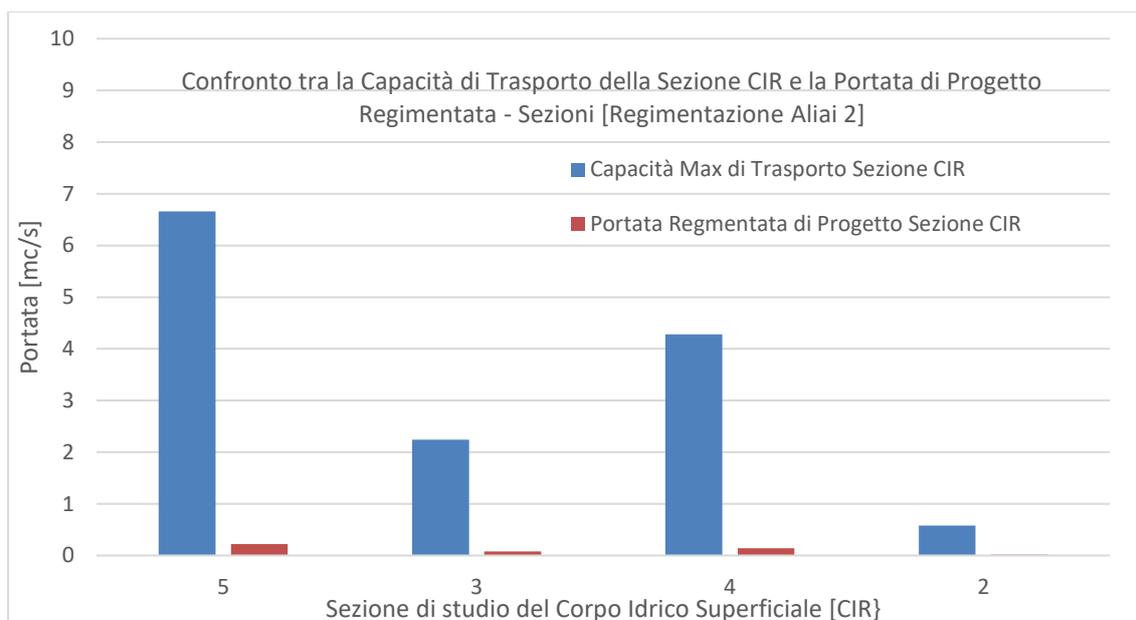


Figura 36. Capacità di trasporto della sezione del CIR e portata immessa dai campi – Aliai 2

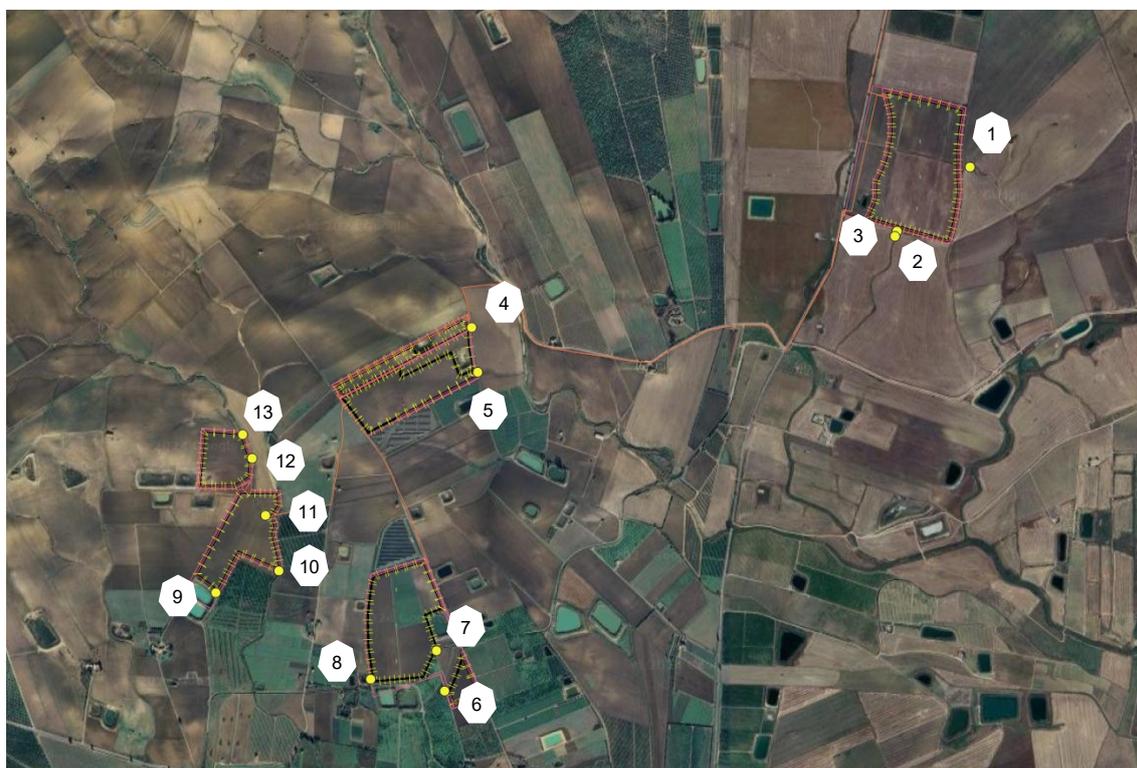


Figura 37. Individuazione delle sezioni della rete idrografica interessata – Aliai 3



Tabella 34. Determinazione delle portate afferenti alle sezioni del reticolo e determinazione delle capacità massima di trasporto della sezione stessa – Campo Fotovoltaico Aliai 3 e relative sotto aree

Descrizione	Sotto Campo	Sotto Area	Sezione di Scarico	Portata Regimentata Scaricata dalla Sottoarea [mc/s]	Portata di Progetto Sulla Sezione [CIR] [mc/s]	Capacità Massima della Sezione [CIR] [mc/s]	Incidenza delle Portate di Progetto Regimentate [%]	Note sulle Portate e delle Aree a monte
Aliaia	3	a1	9	0,036	0,036	1,29	2,808%	a1
Aliaia	3	a2	11	0,003	0,024	6,10	0,395%	a2 + b
Aliaia	3	b	12	0,021	0,021	24,21	0,088%	b
Aliaia	3	c	5	0,040	0,040	30,19	0,133%	c
Aliaia	3	d	4	0,009	0,012	15,00	0,080%	d + e
Aliaia	3	e	4	0,003	0,012	15,00	0,080%	d + e
Aliaia	3	f1	3	0,057	0,057	5,00	1,139%	f1
Aliaia	3	f2	1	0,032	0,032	30,21	0,106%	f2
Aliaia	3	g	6	0,006	0,006	9,63	0,062%	g
Aliaia	3	h1	8	0,030	0,030	2,35	1,275%	h1
Aliaia	3	h2	7	0,032	0,032	21,95	0,146%	h2
				0,269		Media =	0,574%	

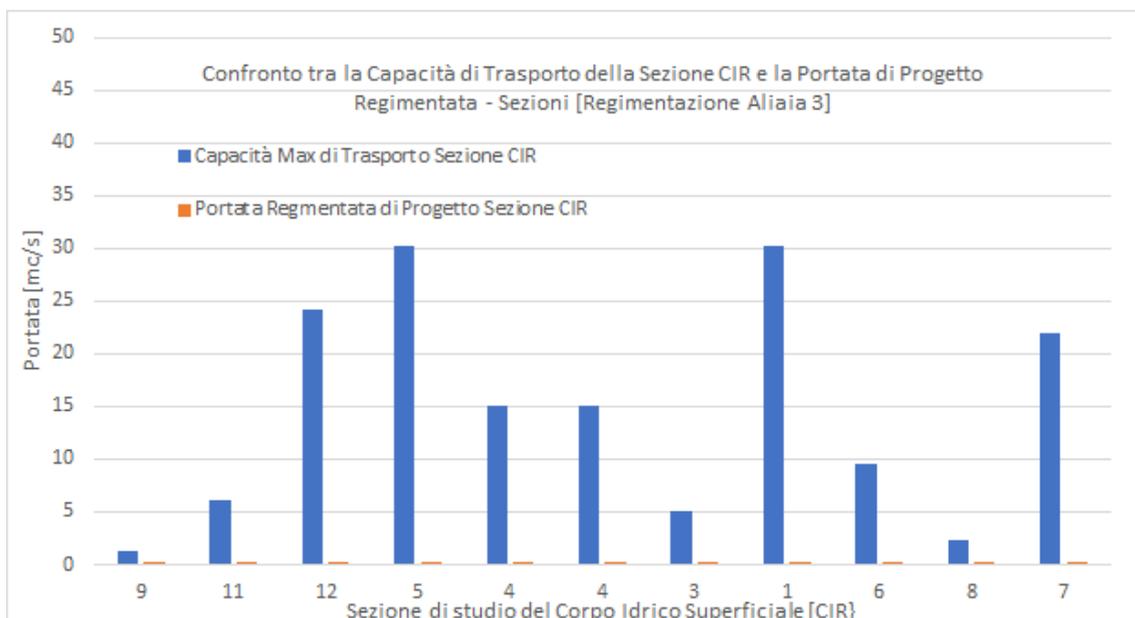


Figura 38. Capacità di trasporto della sezione del CIR e portata immessa dai campi – Aliai 3



Figura 39. Individuazione delle sezioni della rete idrografica interessata – Aliai 4



Tabella 35. Determinazione delle portate afferenti alle sezioni del reticolo e determinazione delle capacità massima di trasporto della sezione stessa – Campo Fotovoltaico Aliai 4 e relative sotto aree

Descrizione	Sotto Campo	Sotto Area	Sezione di Scarico	Portata Regimentata Scaricata dalla Sottoarea [mc/s]	Portata di Progetto Sulla Sezione [CIR] [mc/s]	Capacità Massima della Sezione [CIR] [mc/s]	Incidenza delle Portate di Progetto Regimentate [%]	Note sulle Portate e delle Aree a monte
Aliaia	4	a	4	0,017	0,017	129,47	0,013%	a
Aliaia	4	b	5	0,013	0,013	21,03	0,062%	b
Aliaia	4	c	2	0,014	0,014	6,33	0,213%	c
Aliaia	4	d1	1	0,026	0,026	5,74	0,452%	d1
Aliaia	4	d2	6	0,022	0,022	2,35	0,926%	d2
				0,091				

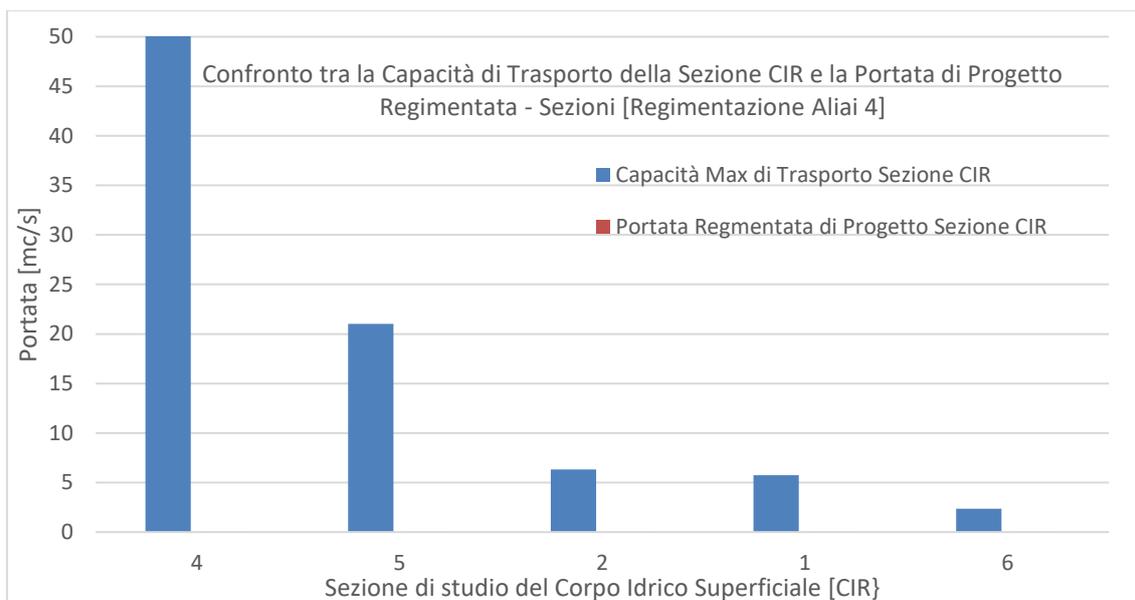


Figura 40. Capacità di trasporto della sezione del CIR e portata immessa dai campi – Aliai 4



Figura 41. Individuazione delle sezioni della rete idrografica interessata – Aliai 5



Tabella 36. Determinazione delle portate afferenti alle sezioni del reticolo e determinazione delle capacità massima di trasporto della sezione stessa – Campo Fotovoltaico Aliai 5 e relative sotto aree

Descrizione	Sotto Campo	Sotto Area	Sezione di Scarico	Portata Regimentata Scaricata dalla Sottoarea [mc/s]	Portata di Verifica Sulla Sezione [mc/s]	Capacità Massima della Sezione [CIR] [mc/s]	Incidenza delle Portate di Progetto Regimentate [%]	Note sulle Portate e delle Aree a monte
Aliaia	5	a1	1	0,048	0,048	3,340	1,433%	a1
Aliaia	5	a2	2	0,040	0,040	6,940	0,578%	a2
Aliaia	5	a3	3	0,053	0,053	7,940	0,670%	a3
				0,141				

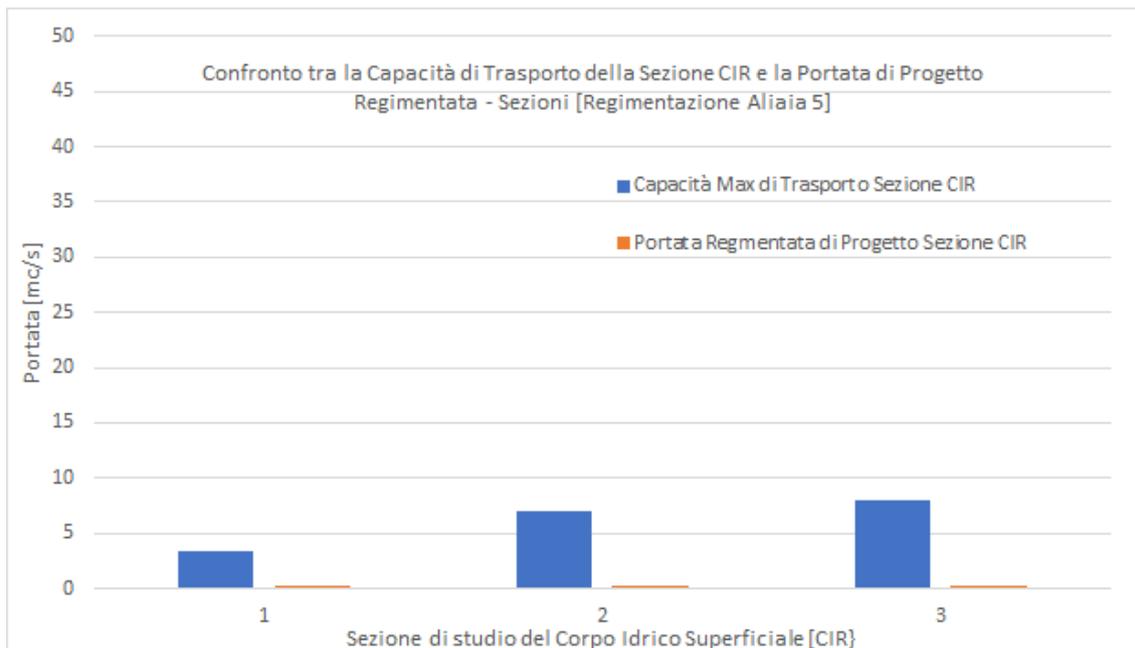
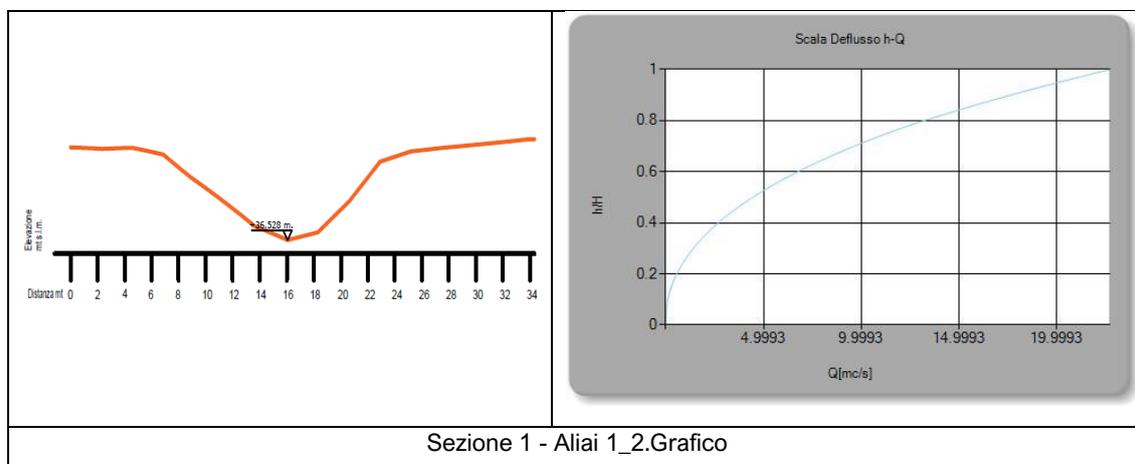
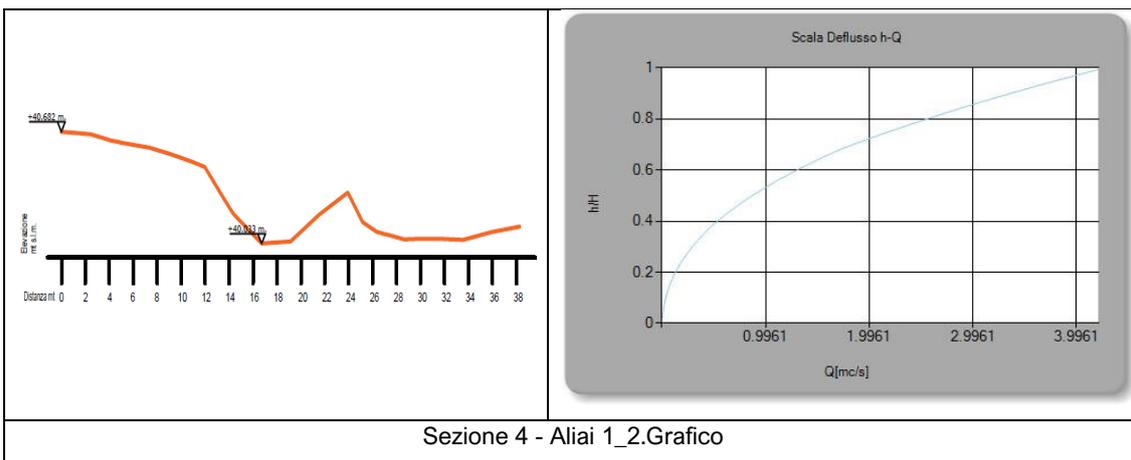
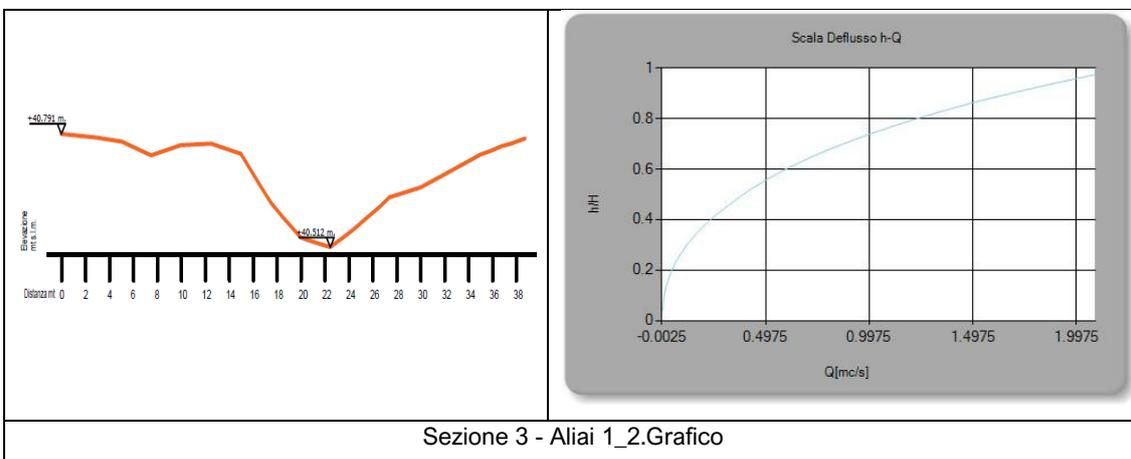
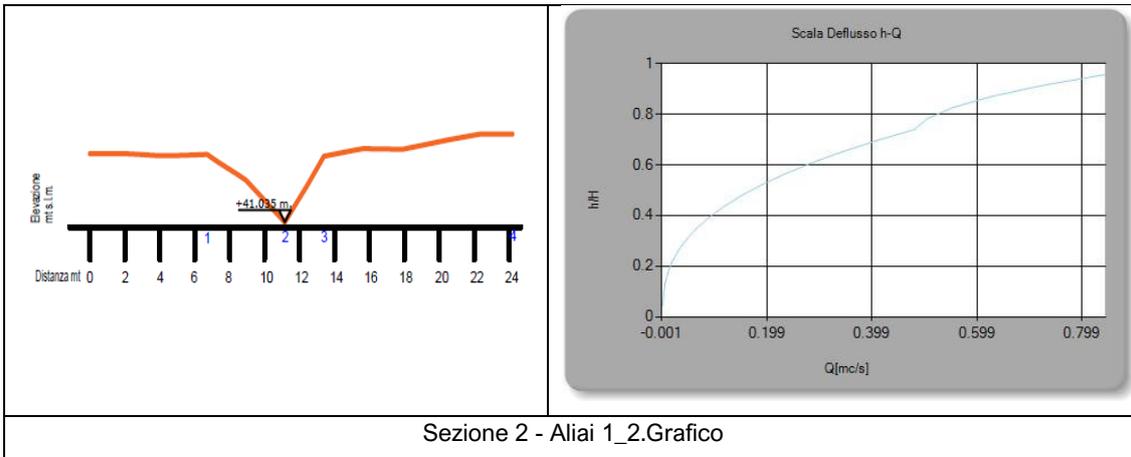


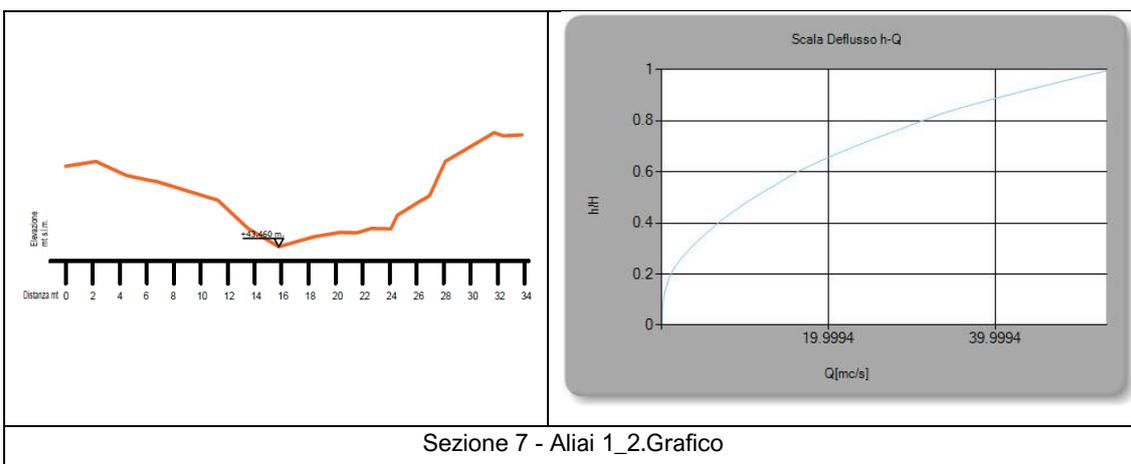
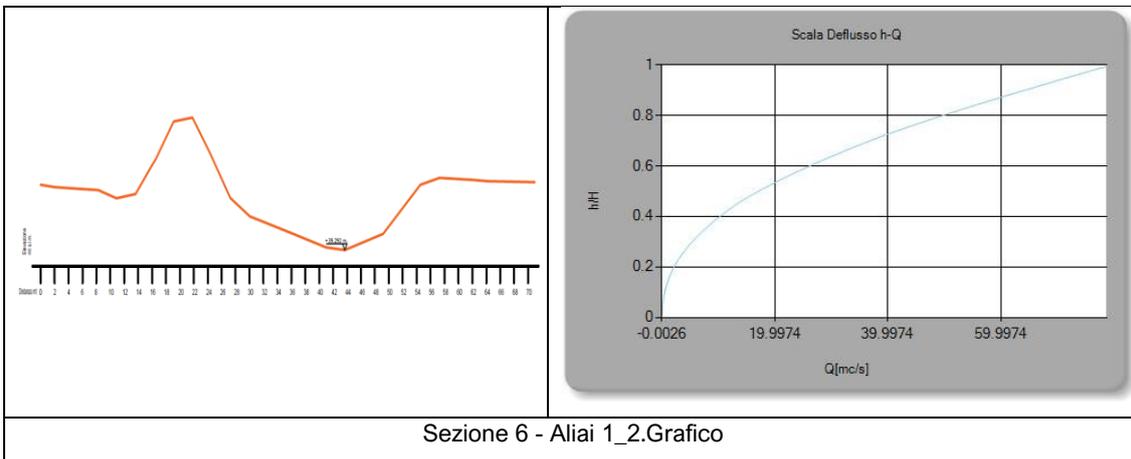
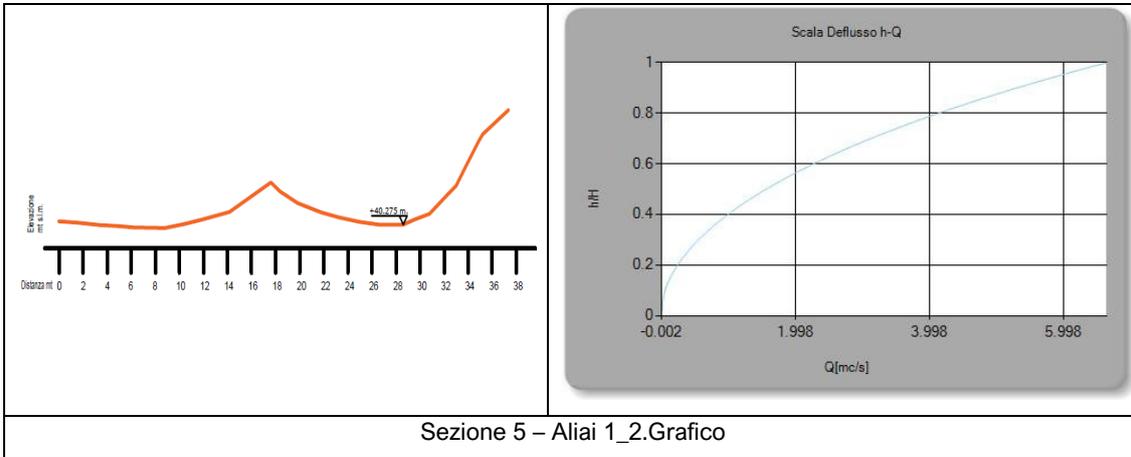
Figura 42. Capacità di trasporto della sezione del CIR e portata immessa dai campi – Aliai 5

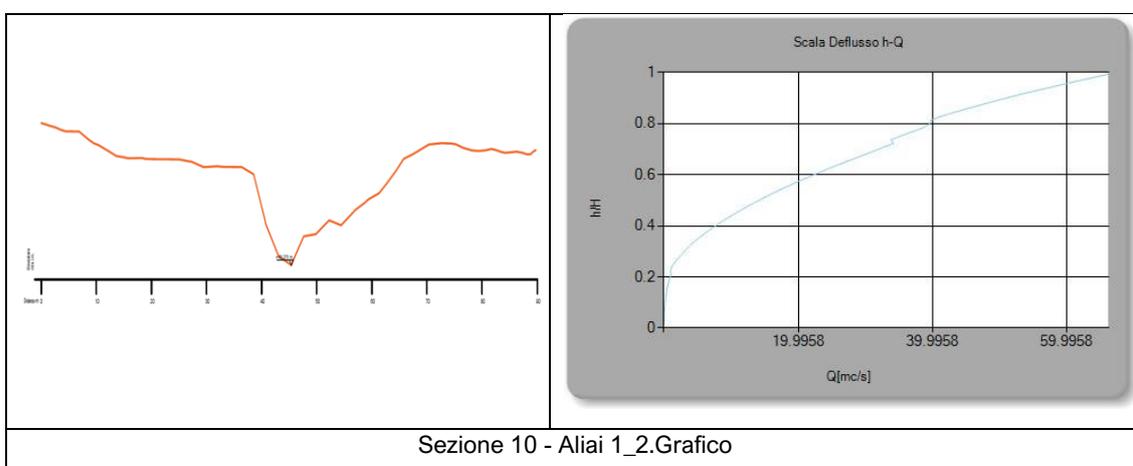
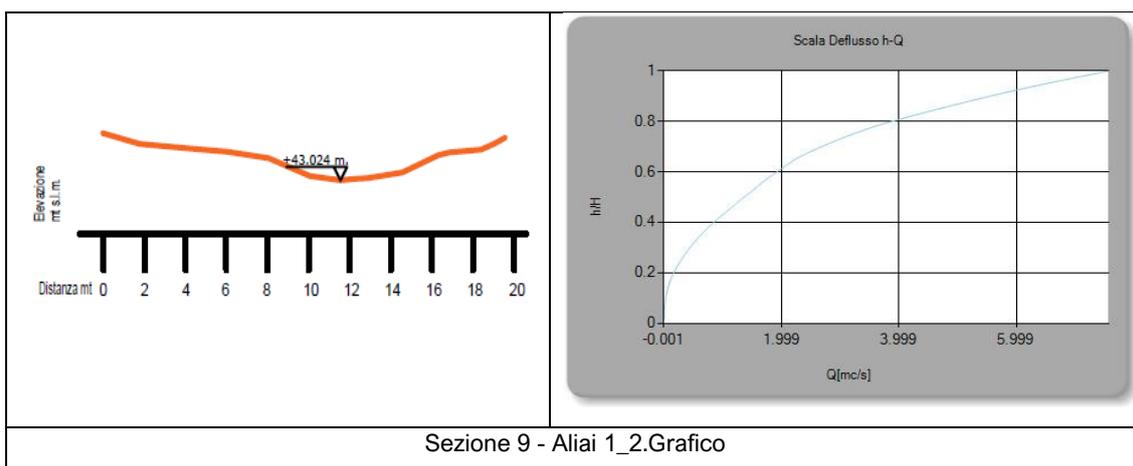
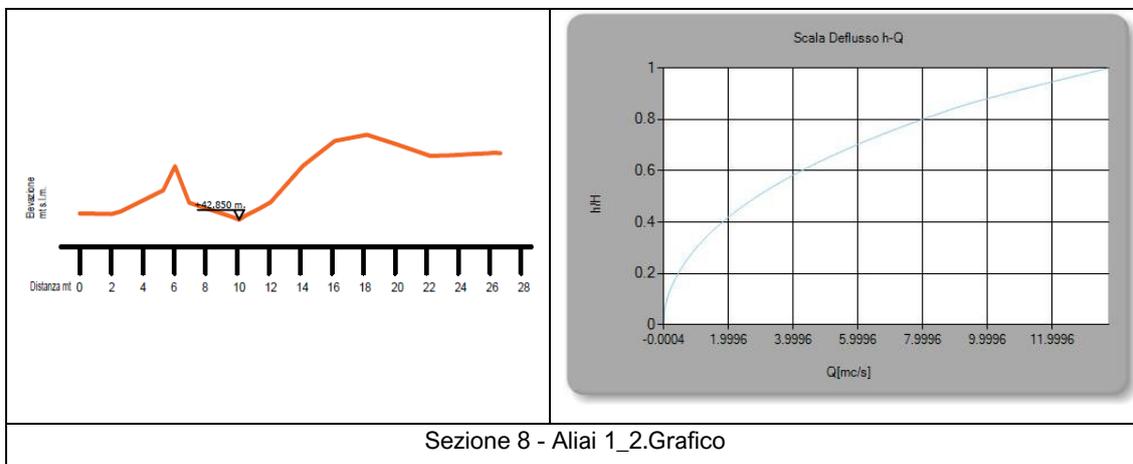
I grafici sopra riportati indicano chiaramente che le portate immesse e provenienti dai vari campi fotovoltaici non influenza significativamente la capacità di trasporto delle sezioni dei corpi idrici recettori che accolgono le acque. A tal proposito e per completezza si riporta lo studio delle varie sezioni del reticolo coinvolto dall'immissione delle acque di laminazione.

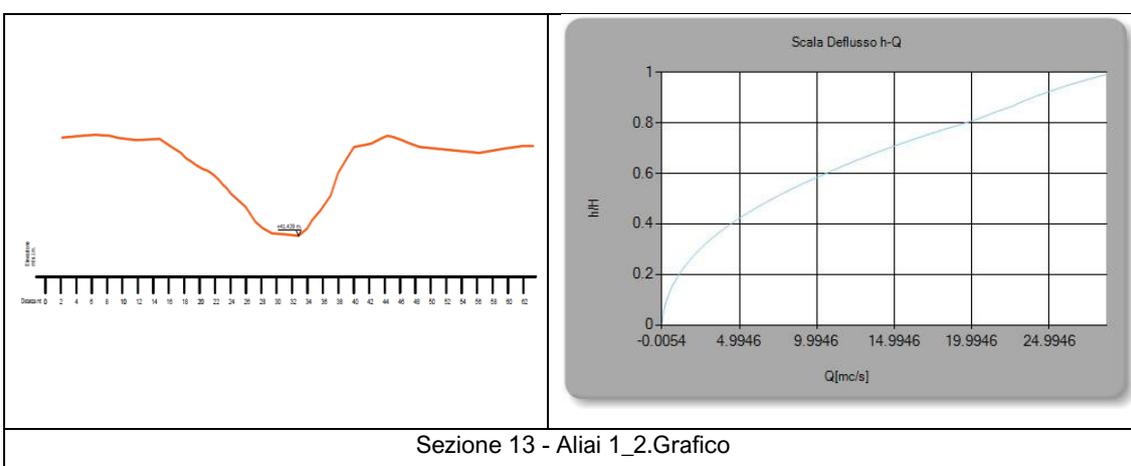
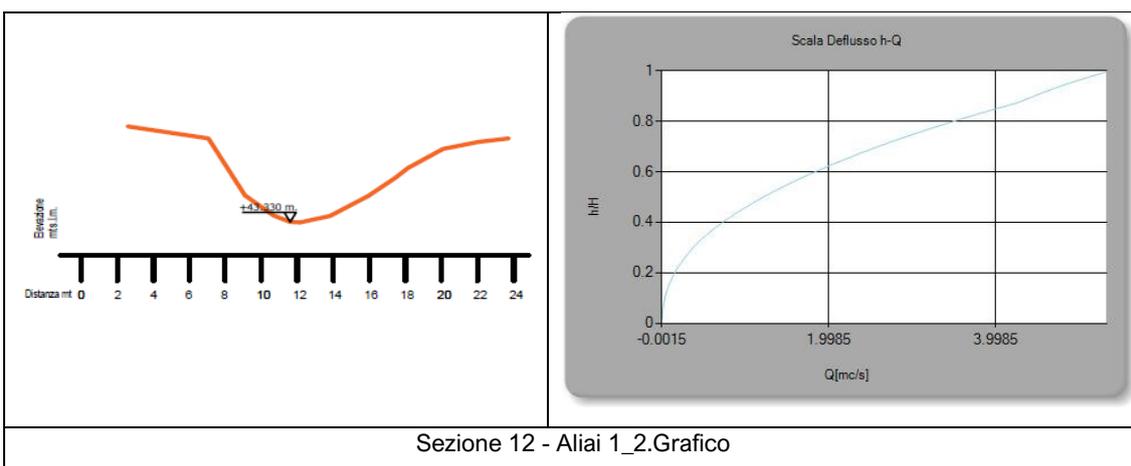
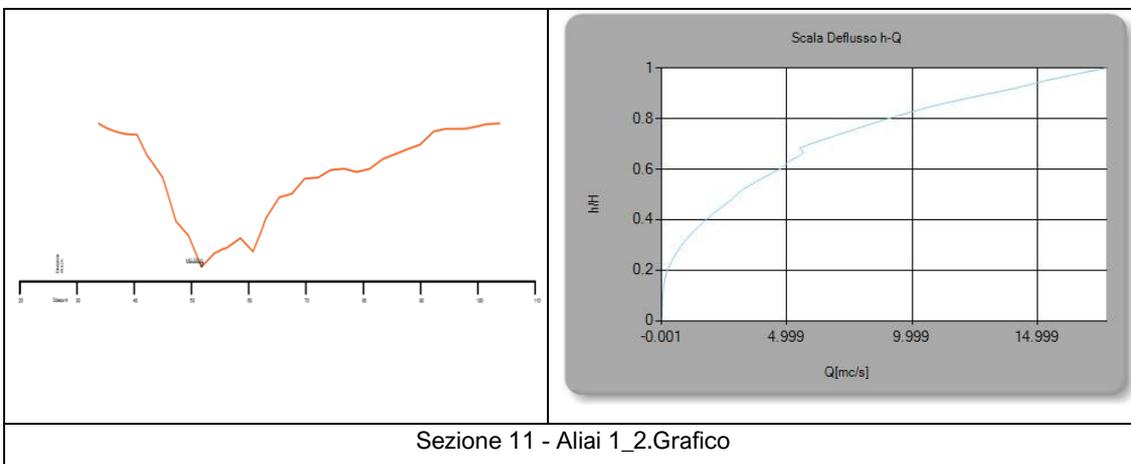


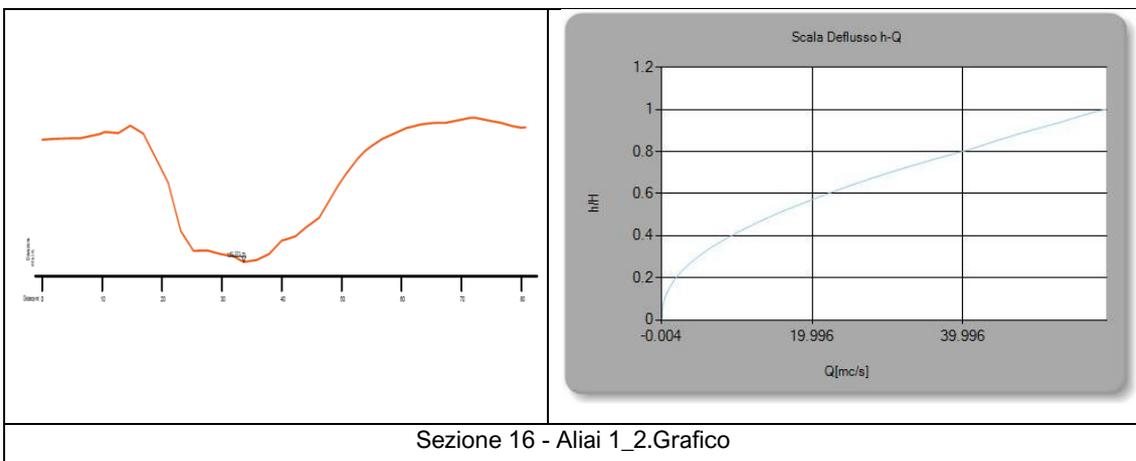
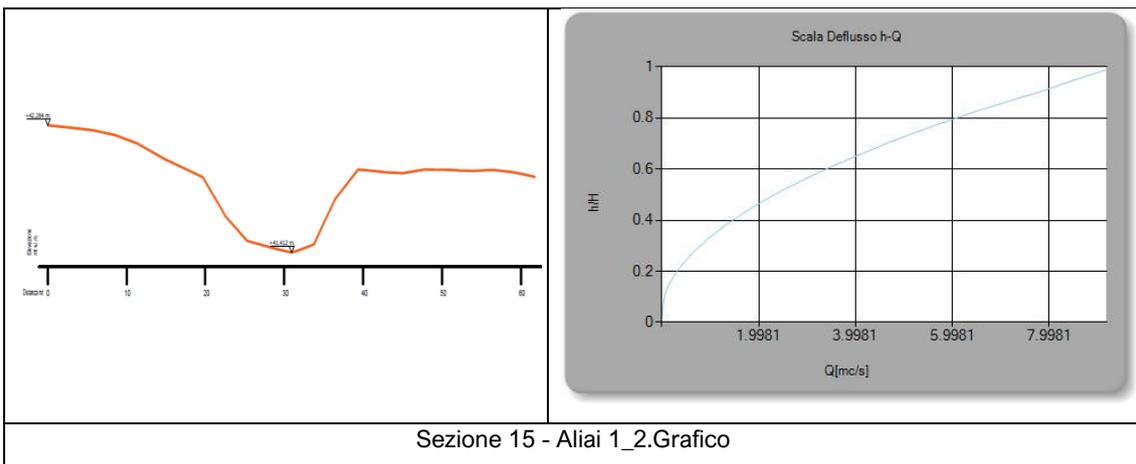
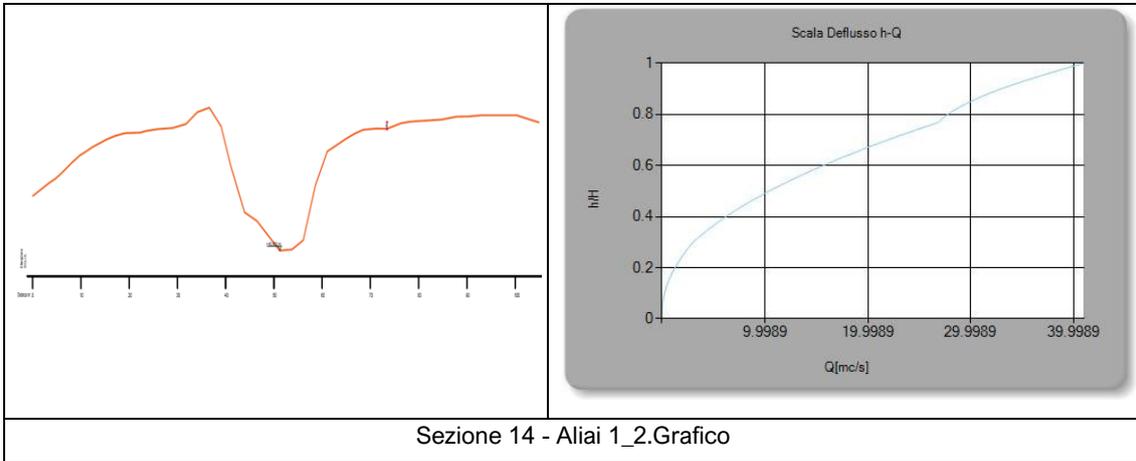
Sezione 1 - Aliai 1_2.Grafico

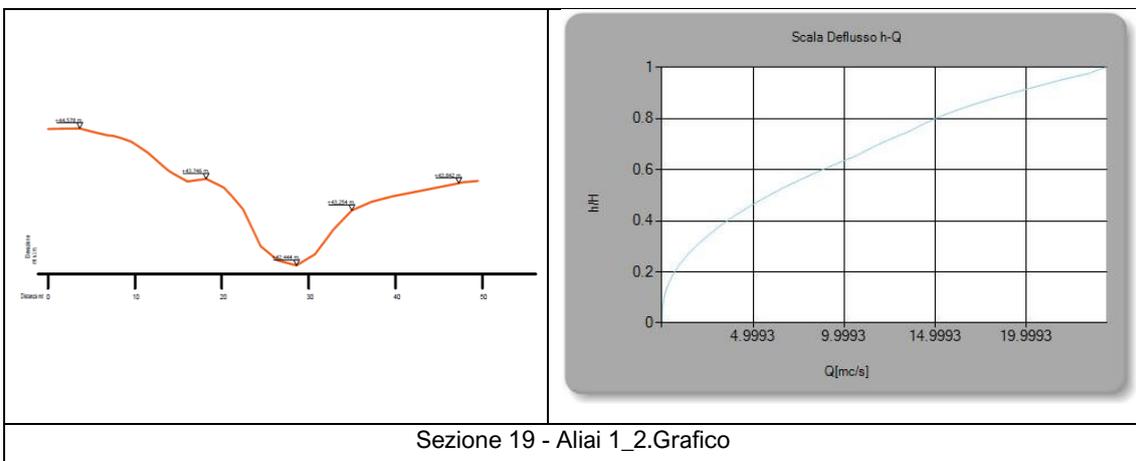
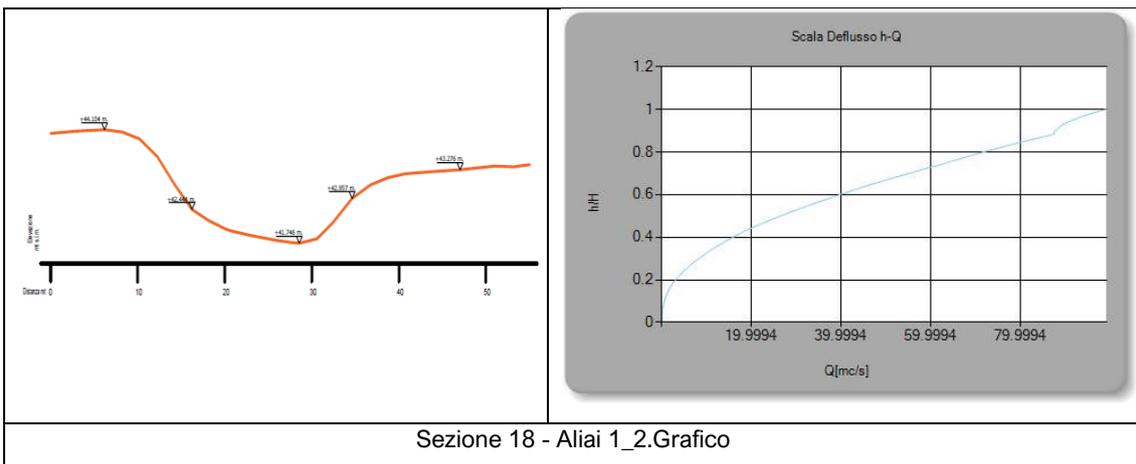
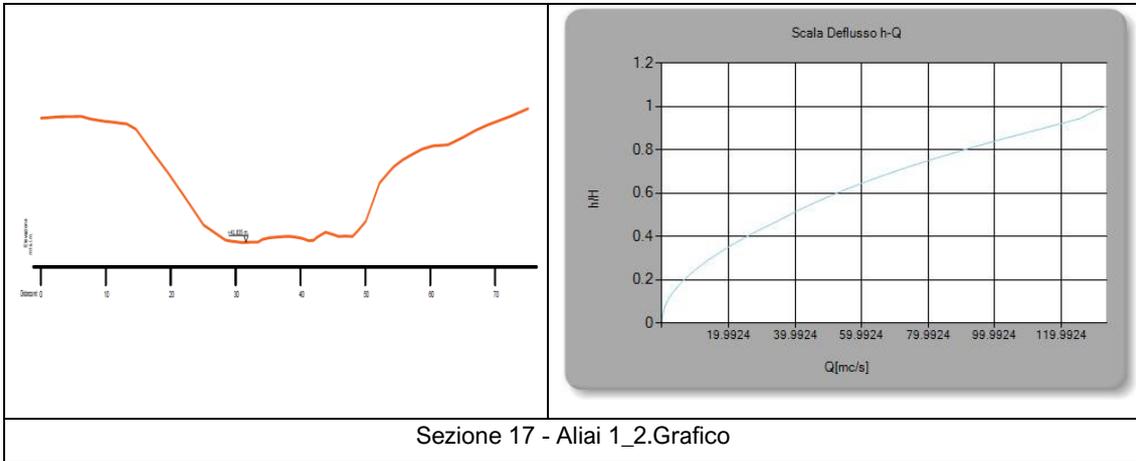


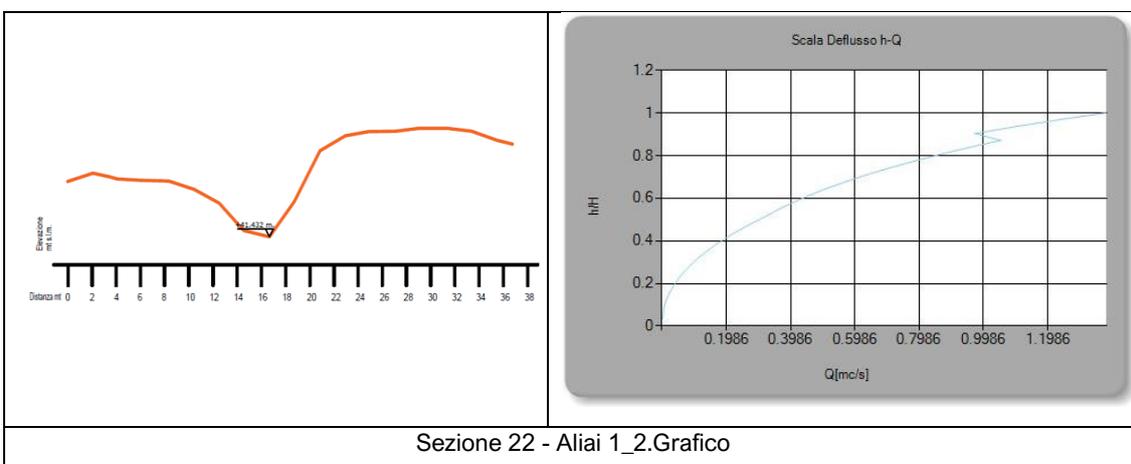
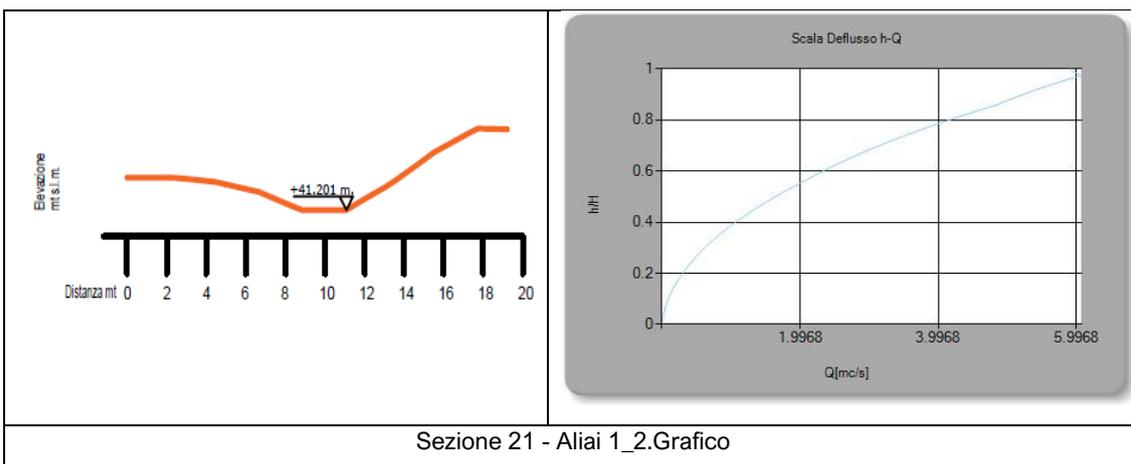
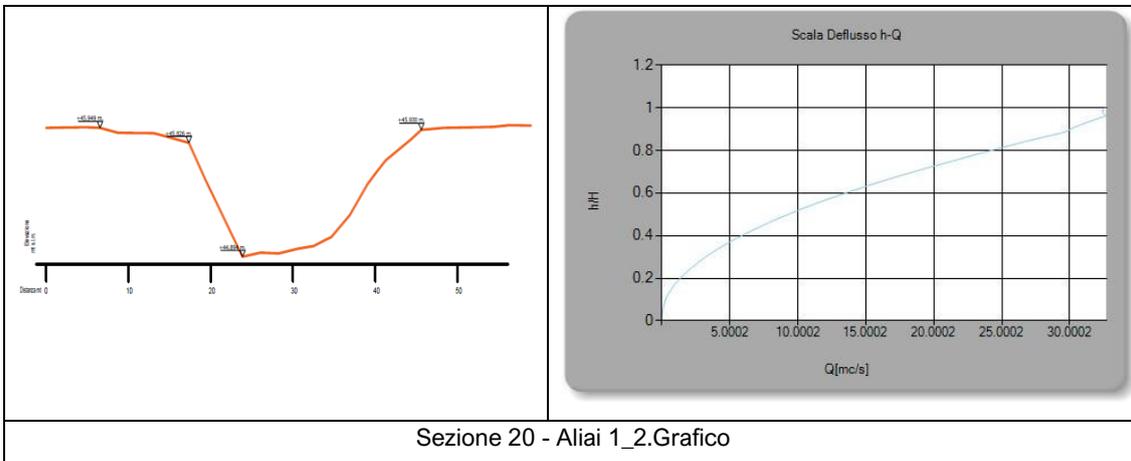


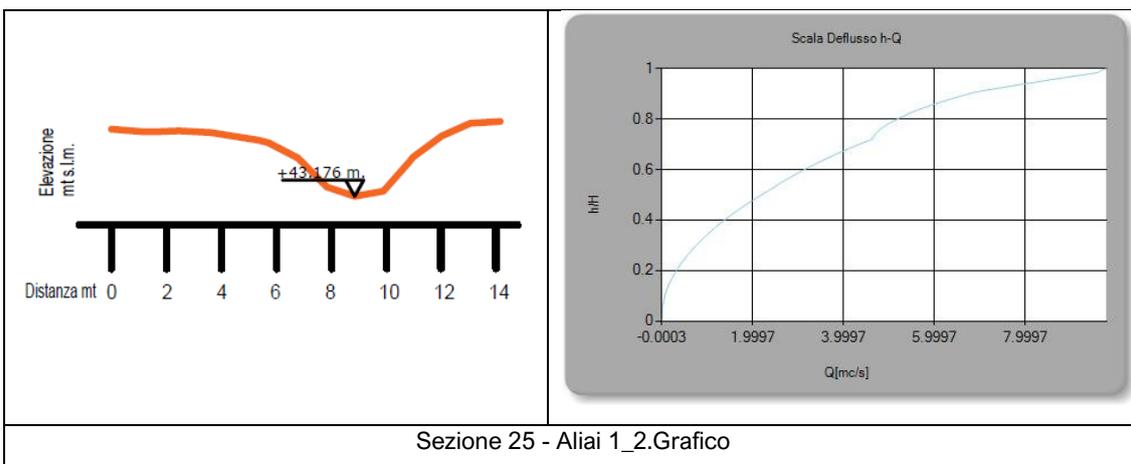
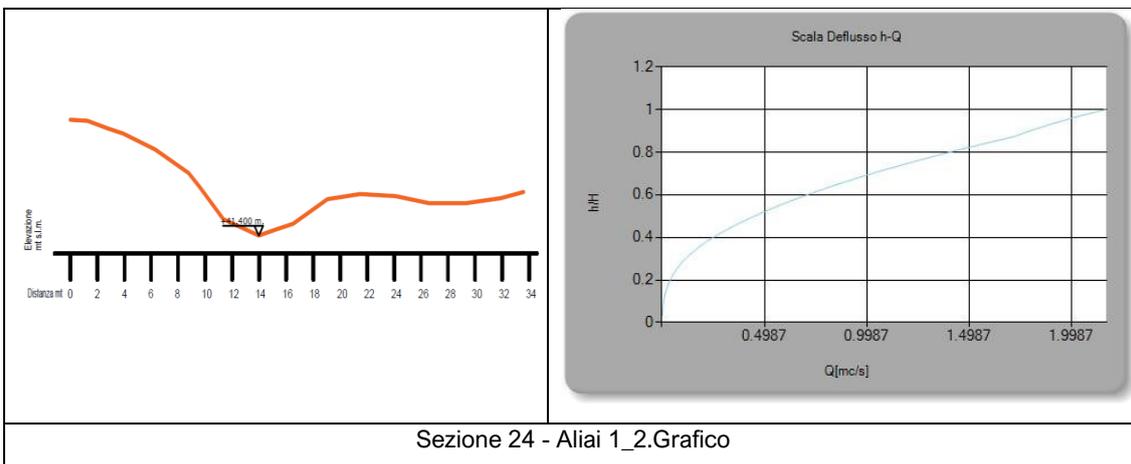
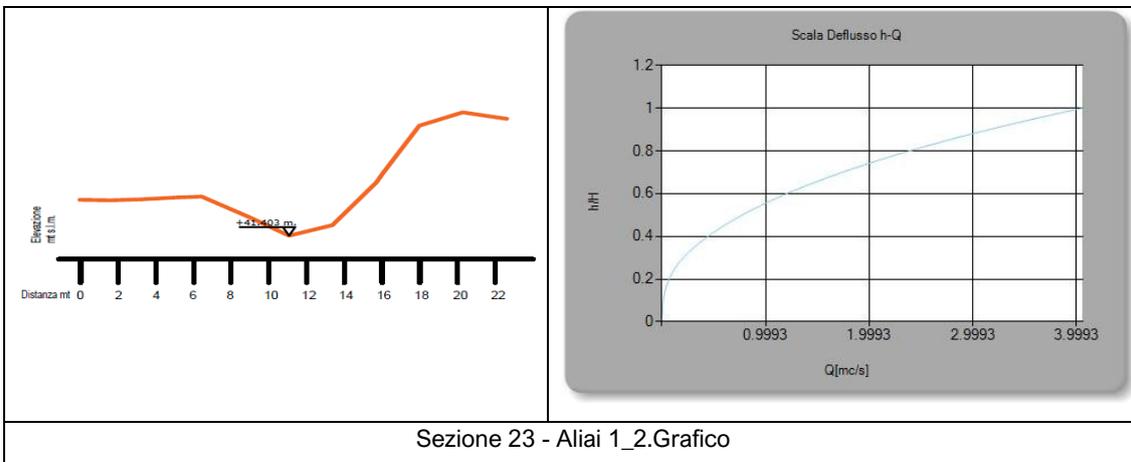


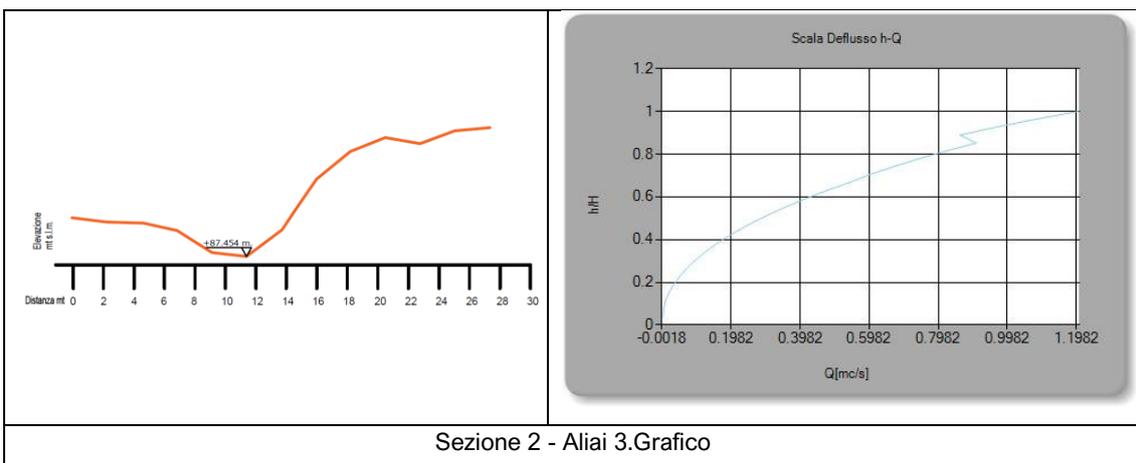
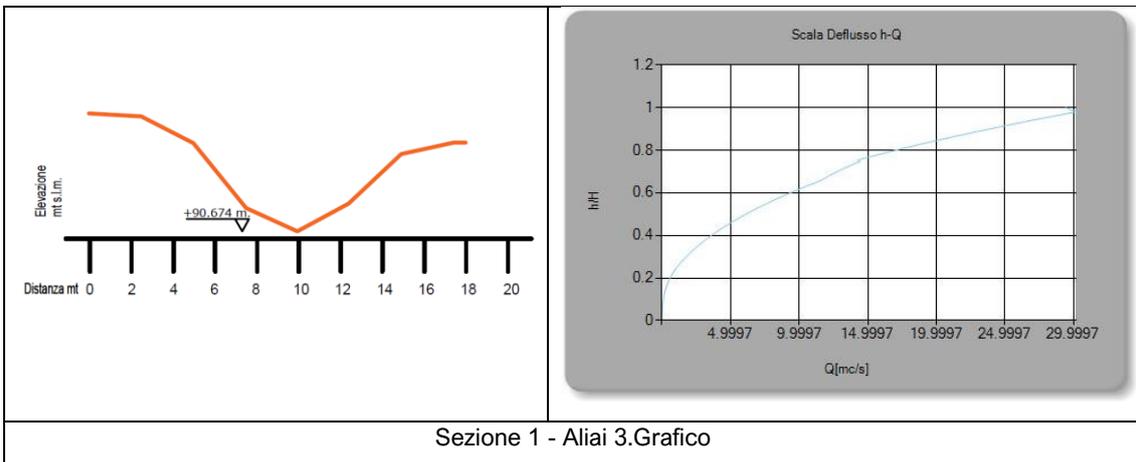
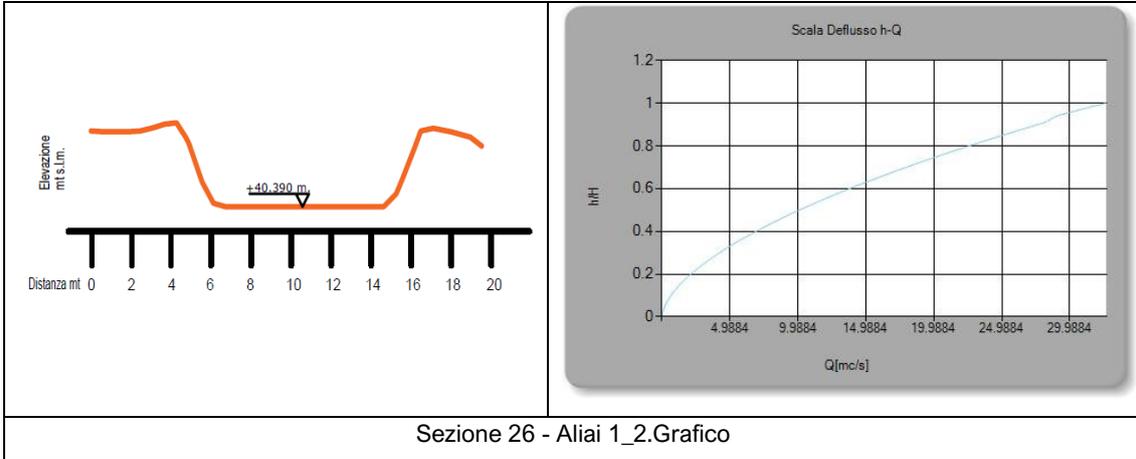


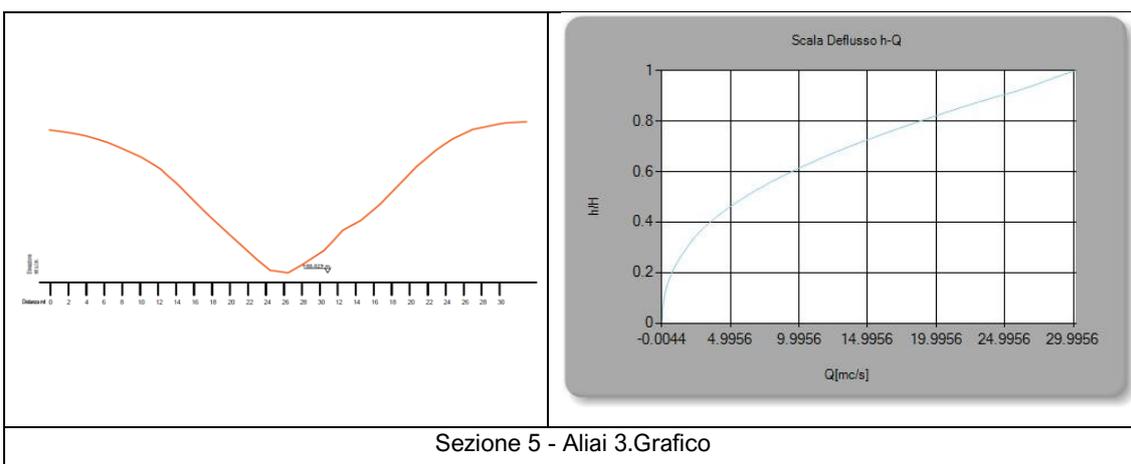
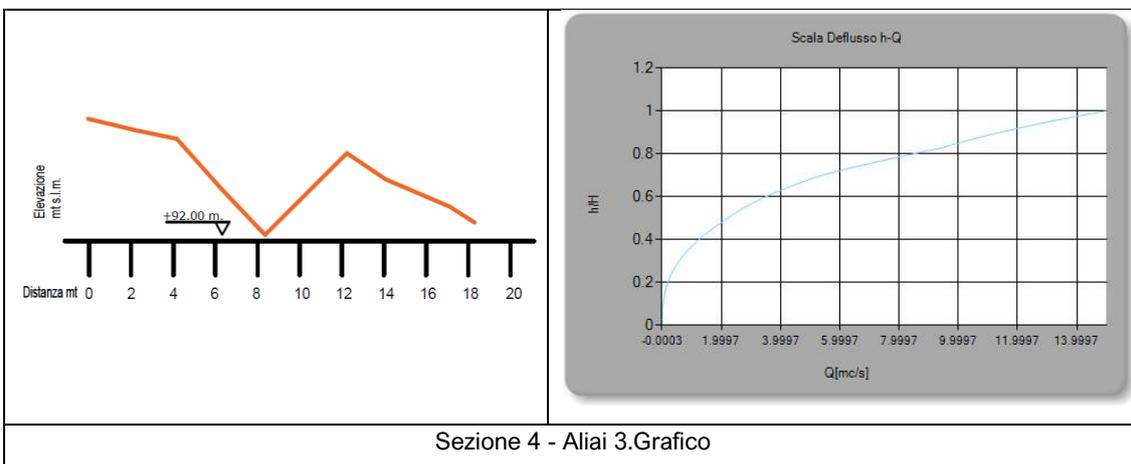
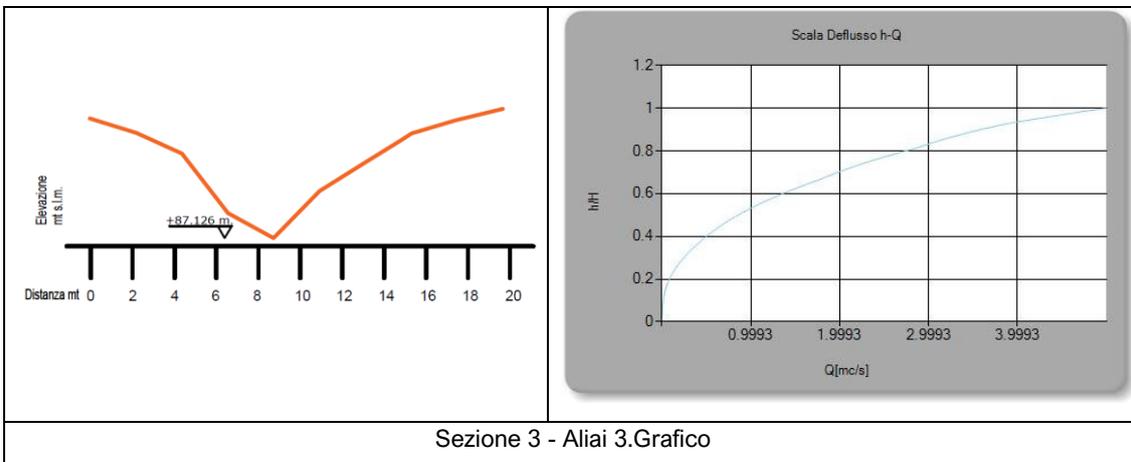


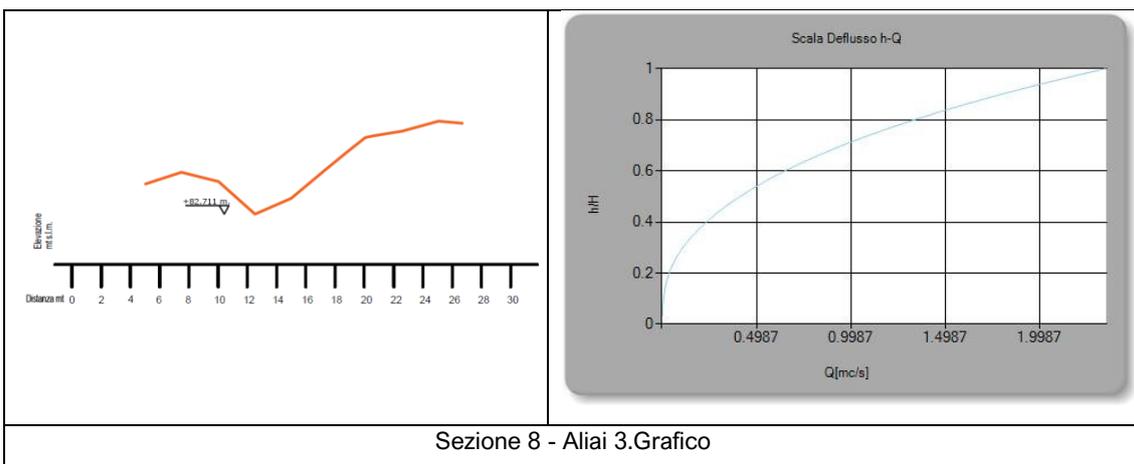
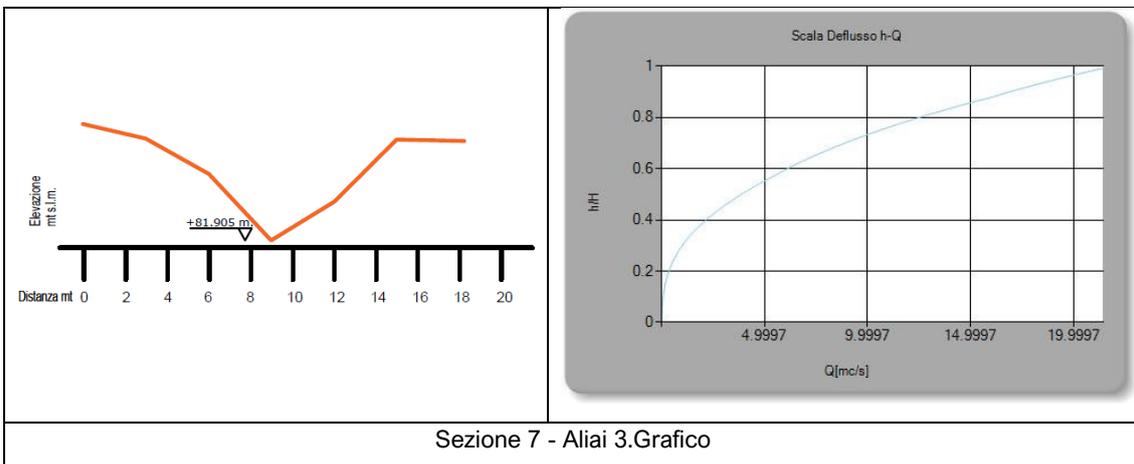
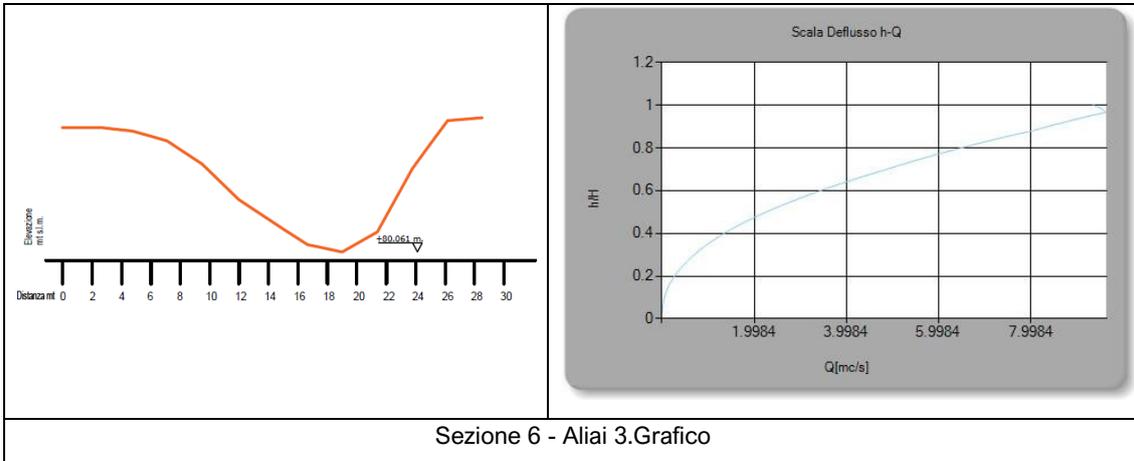


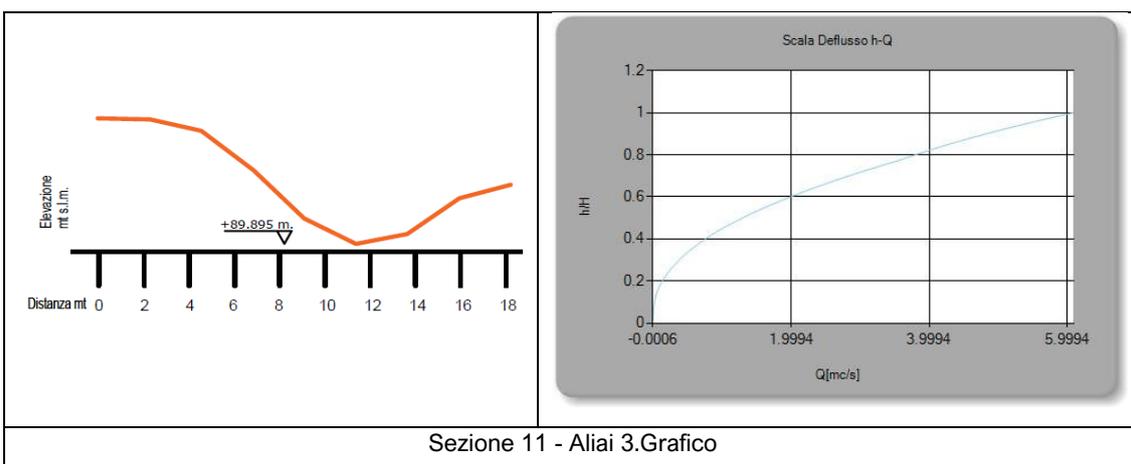
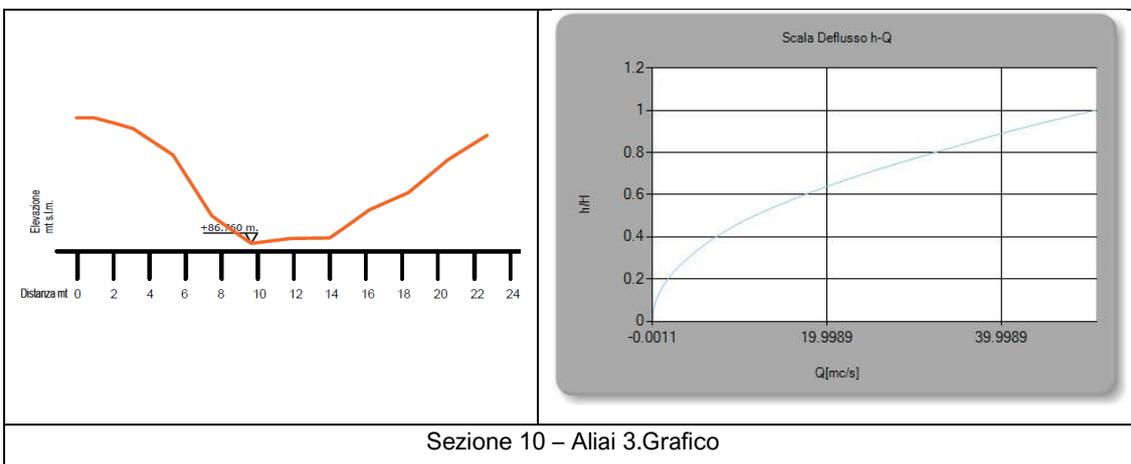
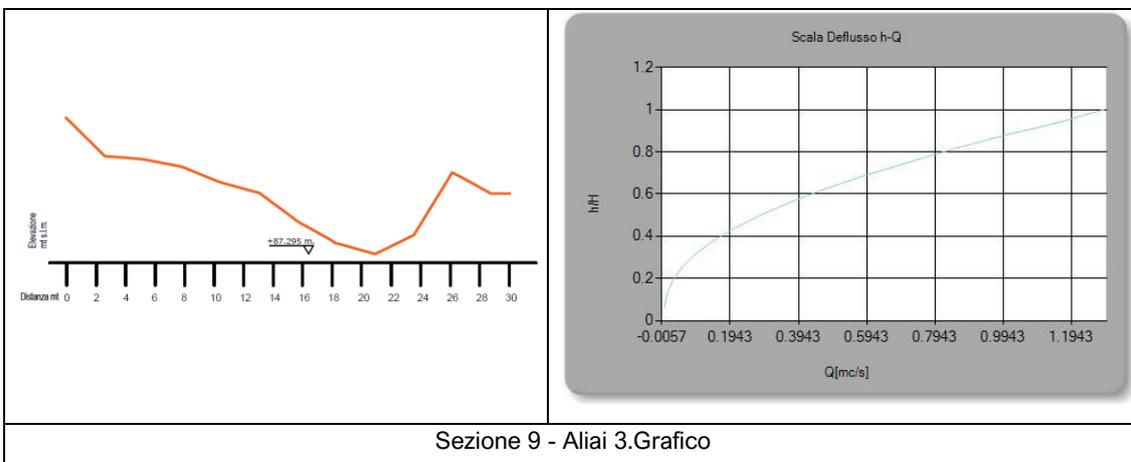


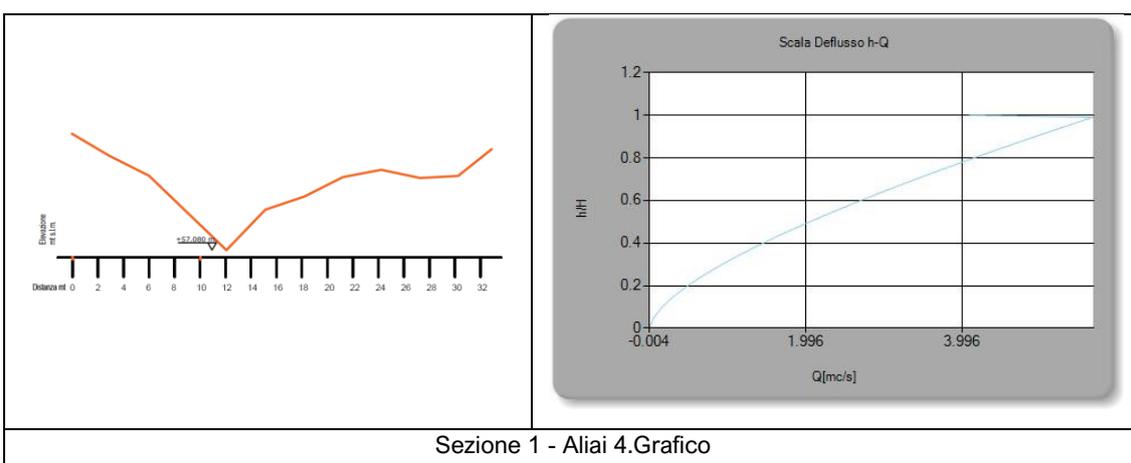
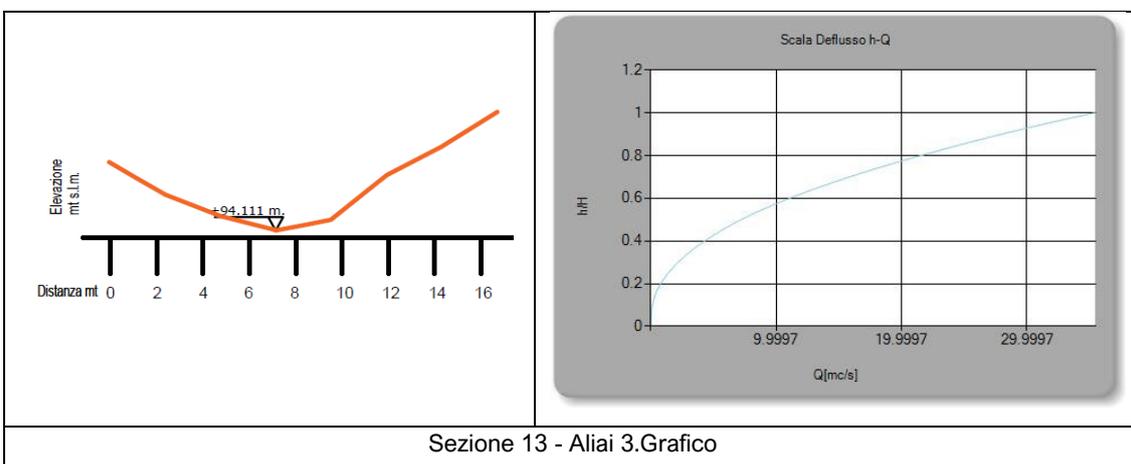
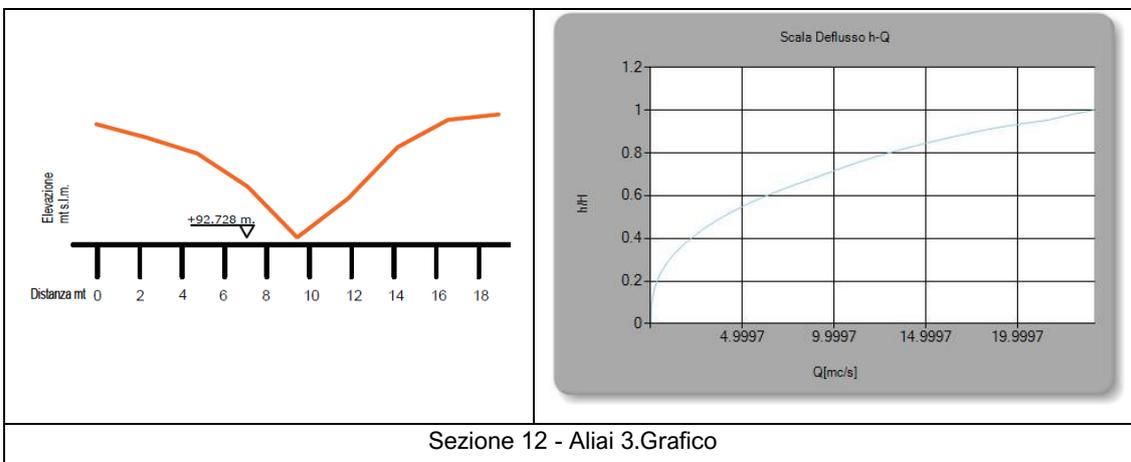


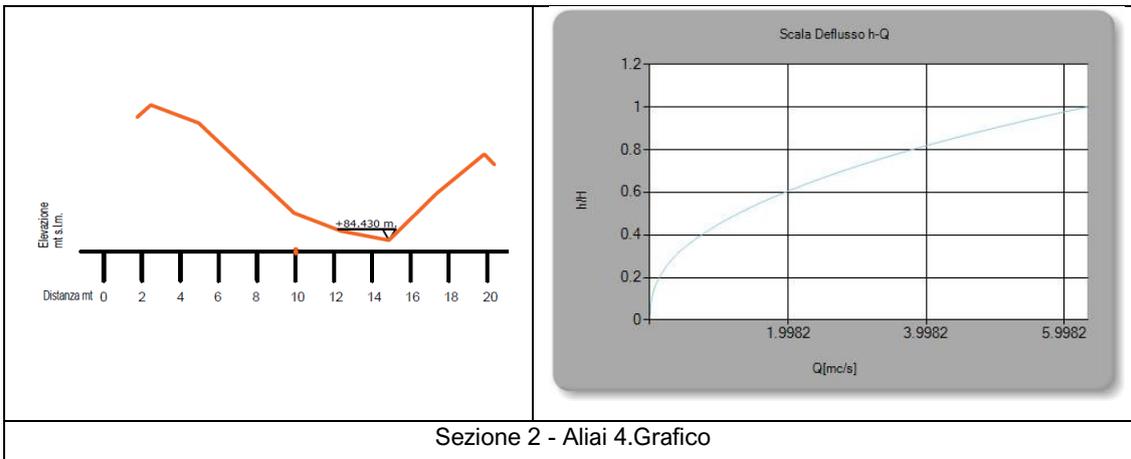




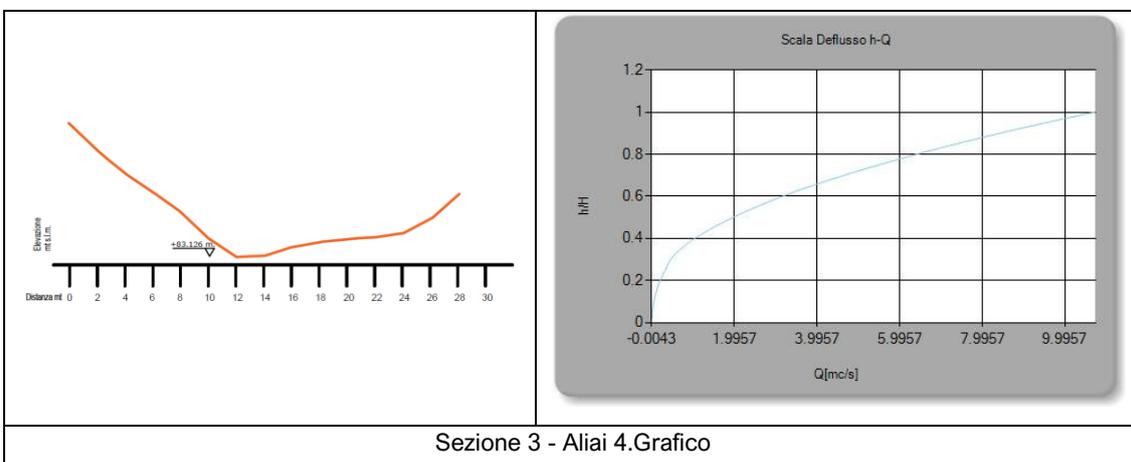




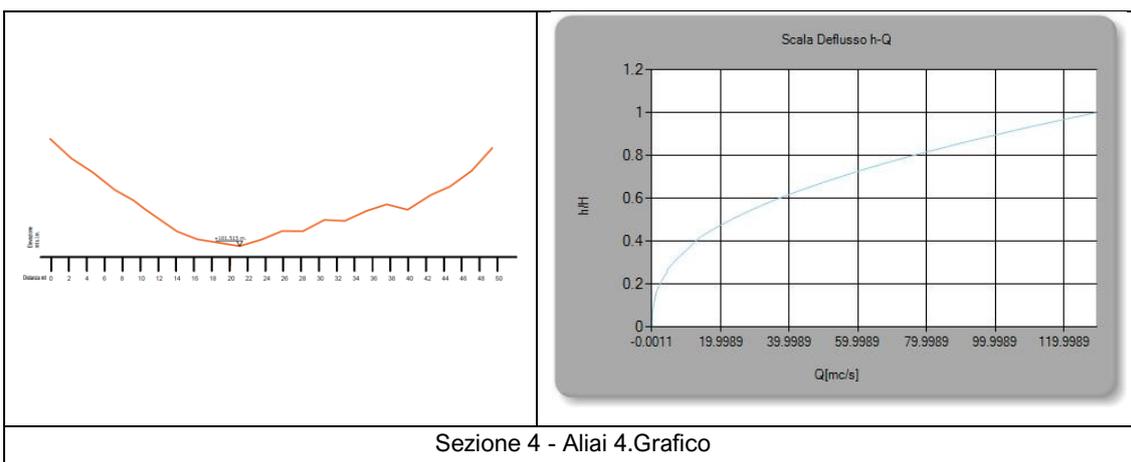




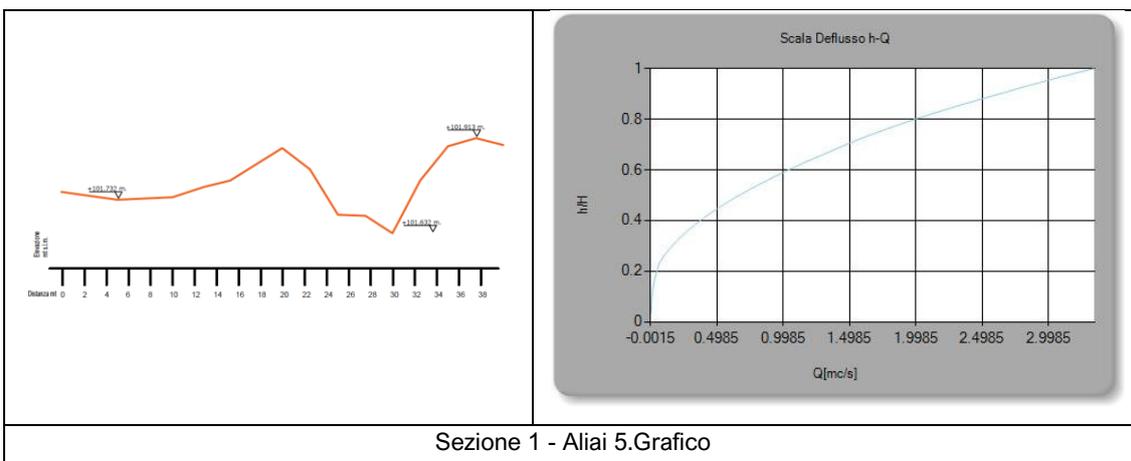
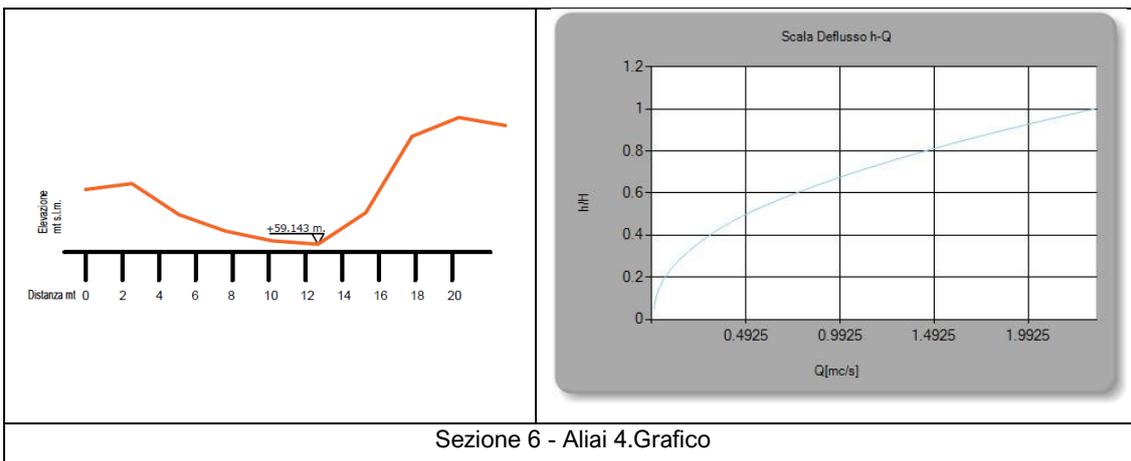
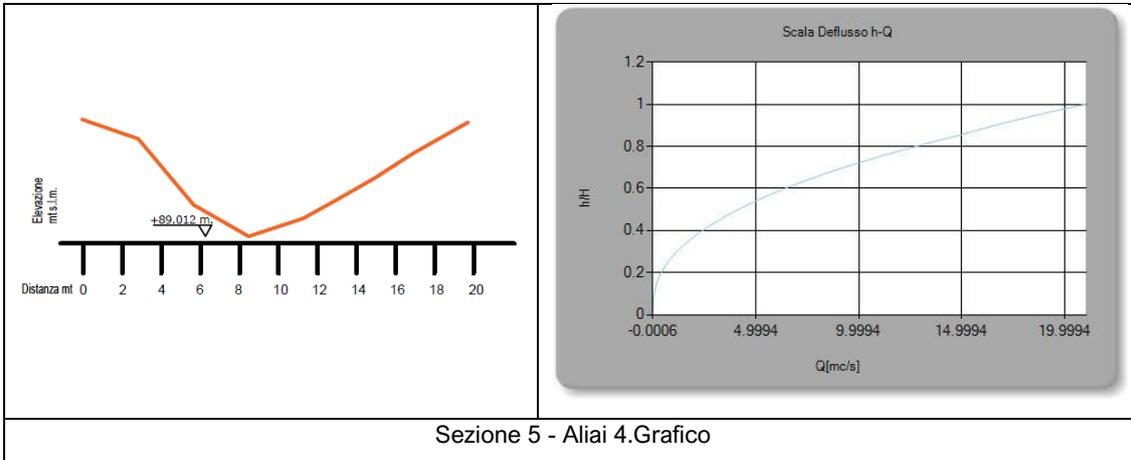
Sezione 2 - Aliai 4.Grafico

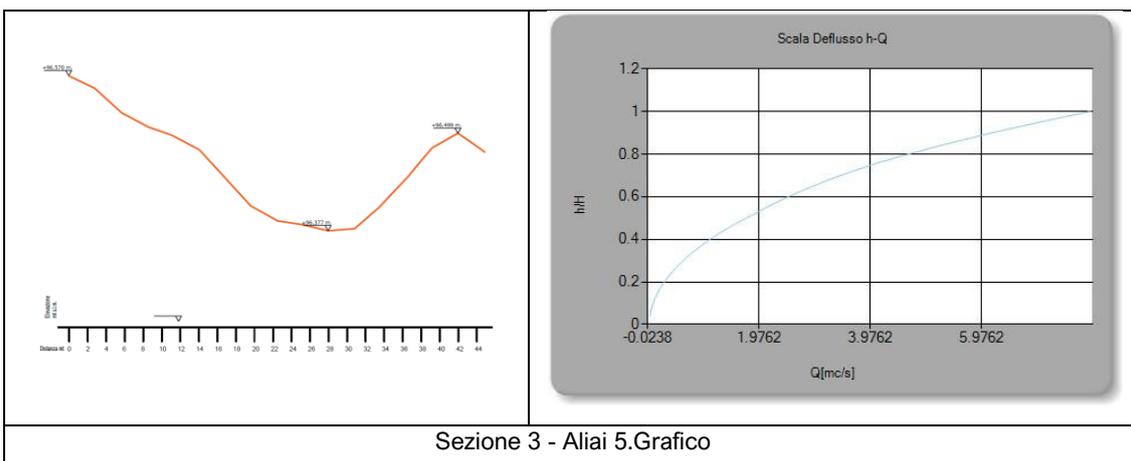
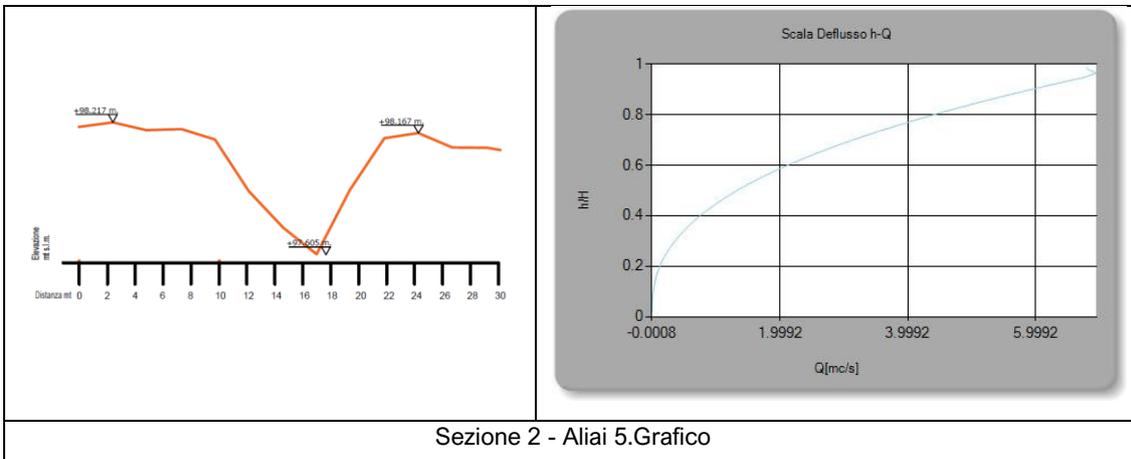


Sezione 3 - Aliai 4.Grafico



Sezione 4 - Aliai 4.Grafico







5 CONCLUSIONI

La presente relazione è stata redatta per fornire evidenza dell'invarianza idrologico-idraulica garantita dalle opere di mitigazione in progetto rispetto alla realizzazione del parco agrofotovoltaico denominato "Alaia". Nel dettaglio, il presente studio ha riguardato

- L'individuazione delle più appropriate leggi di pioggia per il territorio di interesse;
- L'individuazione delle principali linee di deflusso delle aree di interesse comprese le pendenze caratteristiche e la natura dei terreni;
- L'individuazione del più appropriato sistema atto alla laminazione delle portate nel rispetto dei principi della invarianza idraulica e idrologica;
- La determinazione del volume di laminazione necessario per garantire l'invarianza idraulica dei singoli campi fotovoltaici. Di seguito si riporta la tabella di sintesi di riferimento che esprimono l'assoluta verifica delle condizioni richieste in merito ai volumi di laminazione.

Campo Fotovoltaico	Superficie Area [mq]	Superficie [Ha]	Q u,lim [l/sec]	Volume di Laminazione Minimo [mc]	Volume di Laminazione in Progetto [mc]	Tempo Svuotamento [ore]
Alaia 1	1 500 321	150,03	900,19	18 648	18 690	5,754
Alaia 2	403 981	40,40	242,39	5 021	5 025	
Alaia 3	449 091	44,91	269,45	5 582	5 593	
Alaia 4	152 139	15,21	91,28	1 891	1 897	
Alaia 5	235 289	23,53	53,19	2 925	2 927	
	2 740 821	274	1 557	34 067	34 132	

I volumi di laminazione determinati sono stati ottenuti mediante il sovradimensionamento del sistema di drenaggio in progetto, composto dai canali perimetrali e interni all'area dei pannelli. È stata esclusa, per ragioni di manutenibilità, la realizzazione sia di vasche di laminazione sia di trincee di infiltrazione ed opere ad esse similari, preferendo invece un sistema di laminazione composto dai canali in progetto, per le ragioni ampiamente e dettagliatamente fornite nel testo della presente relazione. E' comunque previsto l'utilizzo delle acque di laminazione, e quindi lo svuotamento delle vasche, per la pulizia delle parti impiantistiche e l'irrigazione delle aree a verde, ferme restando le garanzie di svuotamento entro le successive 48 ore dall'evento di pioggia. Tale procedura deve intendersi comunque di carattere ordinario.

- La progettazione preliminare dei canali di laminazione secondo le metodologie indicate effettuando la verifica idraulica delle opere in progetto sino a tempi di ritorno pari a 50 anni verificandone la piena funzionalità degli stessi e la sicurezza delle opere;
- La verifica, come richiesto al par. A.4 del D.D.G. 102/2021, ovvero che *"... per qualsiasi valore del coefficiente di deflusso medio dell'area trasformata, è stato verificato che la portata scaricata dalla vasca o sistema di laminazione nel corpo idrico ricettore o nel collettore fognario, non ha pregiudicato la capacità di trasporto idraulico causandone l'esonazione..."*. Il valore di portata con cui sono state eseguite le valutazioni per ogni CIR è stato il valore atteso in uscita dal sistema di laminazione in accordo alla formulazione del metodo semplificato delle piogge;

La presente relazione esprime il livello di verifica preliminare delle opere e si è sviluppata nel rispetto dei principi generali dell'idraulica e della invarianza idraulica e idrologica, pertanto



solo in sede di progettazioni esecutiva le argomentazioni trattate saranno affrontate nel dettaglio e potranno essere apportate modifiche alle valutazioni sviluppate, purché sempre nel rispetto delle medesime norme e dei medesimi principi. Solo in fase di progettazione esecutiva avranno luogo le più approfondite verifiche puntuali e l'elaborazione della documentazione e dei dettagli richiesti dalla successiva fase progettuale. Tutti i dimensionamenti e le verifiche sono stati eseguiti in accordo ai principi e ai limiti definiti nei paragrafi A.2 e A.4 dell'Allegato 2 del D.D.G. 102/2021, più volte richiamato nel testo. In ordine a quanto previsto e descritto nella presente relazione, è quindi possibile affermare che:

- l'intervento in oggetto rispetta il principio dell'invarianza idrologica e idraulica, secondo i dettami della norma citata;
- tale intervento, vista la natura delle opere in progetto e l'entità delle lavorazioni connesse alla loro realizzazione, si inserisce adeguatamente nel contesto geomorfologico e idrogeologico del settore interessato, non modificando l'equilibrio idraulico del territorio in esame e consentendo il corretto smaltimento delle acque meteoriche.

Dott. Ing. Renato Savarese, Ph.D.

