

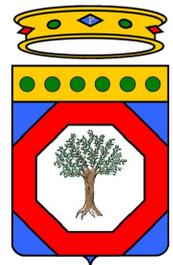


REGIONE PUGLIA

COMUNE DI GUAGNANO

PROVINCIA DI LECCE

Località "Li Poggi"



IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA PER CONVERSIONE FOTOVOLTAICA DELLA FONTE SOLARE "LI POGGI" - POTENZA DI PICCO 30,06 MW_p

OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI: GUAGNANO (LE), SAN PANCRAZIO SALENTINO (BR), ERCHIE (BR)

PROGETTO DEFINITIVO - CODICE AU V1YFCO5

PROGETTAZIONE:



Viale M. Chiatante n. 60 - 73100 LECCE
Tel. 0832-242193
e-mail: info@iaing.it

COMMITTENTE:



ACCIONA Energia Global Italia S.r.l.
Via Achille Campanile, n. 73 - 00144 ROMA
Tel. +39 06 5051 4225

Ing. Gianluca Perrone

Ing. Enrico Fedele



Titolo elaborato

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA

Questo elaborato è di proprietà della IA.ING s.r.l. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito	Data	Codice Pratica	Codice Ident. Elaborato	Scala	N. Elaborato
	24/06/2021	V1YFCO5_RelazioneIdrologica			ED.28.00
	Redatto	Controllato	Approvato	Descrizione	
E.T./C.B.	E.F./F.P.	E.F./G.P.	Elaborato Descrittivo		
N° revisione	Data Revisione	Oggetto revisione			
0	24/06/2021	Prima emissione			
1	16/05/2022	Variante tracciato cavidotto MT			

Sommario

1	PREMESSA	2
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE	5
3	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) E CARTA IDROGEOLOGICA.....	7
3.1	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	7
3.2	CARTA IDROGEOLOGICA	9
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	11
4.1	STATO DI FATTO	11
4.2	SOPRALLUOGHI	17
4.3	RILIEVO LIDAR	20
5	ANALISI PRELIMINARE DELL'AREA INTERESSATA DAGLI INTERVENTI	21
6	ANALISI IDROLOGICA	24
6.1	DATI DI PIOGGIA.....	25
6.2	ANALISI STATISTICA	26
6.3	IETOGRAMMI DI PROGETTO.....	30
6.4	PARAMETRI PER L'IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO IDROLOGICO	30
6.5	MODELLAZIONE HEC-HMS.....	34
7	MODELLO IDRAULICO.....	39
7.1	INTRODUZIONE	39
7.2	MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE IN HEC-RAS	40
7.3	IMPLEMENTAZIONE MODELLO IDRAULICO IN HEC-RAS	43
7.3.1	RISULTATI DELLA MODELLAZIONE	44
8	MITIGAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA	52
9	CONCLUSIONI.....	53

1 PREMESSA

All'interno del presente elaborato vengono descritte le modalità di analisi ed i risultati ottenuti nell'ambito di uno "Studio di compatibilità idrologica ed idraulica" redatto ai sensi delle N.T.A. del Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e riferito ad un progetto di realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica per conversione fotovoltaica della fonte solare, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio, avente potenza in immissione pari a 25,305 MW e potenza di picco installata di 30,06 MW_p.

L'impianto in parola sarà connesso attraverso un cavidotto interrato in regime di media tensione ad una Sottostazione Elettrica Utente di trasformazione 150/30 kV, la cui ubicazione è prevista in area agricola del territorio di Erchie (BR). Quest'ultima sarà collegata in antenna a 150 kV con il futuro ampliamento della Stazione Elettrica TERNA "Erchie" 380/150 kV, tramite una soluzione di connessione in regime di alta tensione condivisa con altri produttori di energia, titolari di iniziative analoghe alla presente.

Titolare dell'iniziativa proposta è la società **ACCIONA Energia Global Italia S.r.l.** (di seguito, in breve, "*la proponente*"), avente sede legale in Roma in Via Achille Campanile, n. 73 – C.F. e P.IVA. 12990031002.

Oltre all'impianto fotovoltaico ed alle opere di connessione anzi descritte, rientrano tra le opere da sottoporre a procedimento autorizzativo gli interventi finalizzati alla realizzazione del futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione TERNA "Erchie" 380/150 kV esistente e la soluzione di connessione in regime di alta tensione condivisa con altri produttori di energia.

Queste ultime sono descritte in specifica documentazione progettuale, redatta da altri studi di progettazione, acclusa ai documenti tecnici allegati all'istanza.

Con riferimento alla cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico PAI, redatta *dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia* (oggi *Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, Sede Puglia*), l'area destinata alla installazione dell'impianto di produzione non rientra tra le aree a pericolosità idraulica (AP, MP, BP) di cui agli *artt. 7, 8, 9* delle N.T.A. del P.A.I.

All'interno della stessa area è, tuttavia, presente un elemento del "reticolo idrografico", riportato con simbolo di linea azzurra sulla cartografia ufficiale dell'Istituto Geografico Militare (I.G.M.) in scala 1:25.000, le cui aree di pertinenza sono disciplinate dagli *artt. 6, 10* delle N.T.A. del richiamato P.A.I. In particolare, ai sensi dell'*art. 10 comma 2* recante la "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale", "*All'interno delle fasce di pertinenza fluviale sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, a condizione che venga preventivamente verificata la sussistenza delle*

Progettazione :



condizioni di sicurezza idraulica, come definita all'art. 36, sulla base di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica subordinato al parere favorevole dell'Autorità di Bacino". Sulla medesima area, inoltre, sono riportati due corsi d'acqua episodici facenti parte del reticolo idrografico di Carta Idrogeomorfologica, di cui uno in prossimità dell'elemento già riportato in I.G.M. e l'altro rappresentante elemento di novità.

Secondo l'art. 36, con il termine "sicurezza idraulica" si intende "la condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e generalmente legata alla non inondabilità per eventi di assegnata frequenza. Agli effetti del P.A.I. si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni."

Alla luce della vigente normativa è stato quindi effettuato lo studio di compatibilità idrologica e idraulica sull'area di installazione dei pannelli fotovoltaici, sebbene dai sopralluoghi in situ e dalle indagini effettuate si sia riscontrato che il reticolo riportato in cartografia non è oggi più presente, in quanto il territorio ha subito modifiche per effetto delle pratiche colturali condotte dagli agricoltori. Questo aspetto è stato riscontrato sulla base di un rilievo LiDAR di dettaglio 1x1m (per la cui trattazione si rimanda ai paragrafi successivi), i cui contenuti hanno trovato conferma per effetto di sopralluoghi sul campo.

Il cavidotto interrato, invece, lungo il suo percorso interseca aree a media e bassa pericolosità idraulica (Artt. 8 e 9 delle N.T.A. del P.A.I.) ed attraversa in alcuni punti il "reticolo idrografico" sopra richiamato, opportunamente canalizzato in prossimità degli attraversamenti della sede stradale asfaltata. **Inoltre, per effetto della variante di tracciato proposta, esso interseca due ulteriori elementi riportati in Carta Idrogeomorfologica con la denominazione di "corso d'acqua episodico" lungo la SP65, all'altezza di Masseria Campone, in corrispondenza di due tombinamenti al di sotto della sede stradale.** Si rileva, infine, l'attraversamento di un recapito finale di bacino endoreico (rif. Carta Idrogeomorfologica).

Nelle aree a media e bassa pericolosità idraulica del P.A.I. il cavidotto interrato sarà posato sotto la sede stradale asfaltata esistente con ripristino delle condizioni ex-ante (invariante).

In prossimità delle intersezioni con i canali di reticolo idrografico, **con i corsi d'acqua episodici** individuati e con il recapito finale di bacino endoreico, le interferenze saranno risolte ricorrendo a sottopasso con tecnica "no-dig" (invariante), è possibile asserire che le modalità di posa saranno tali da garantire la stabilità delle opere esistenti, al fine di evitare possibili danni causati da eventi meteorici eccezionali e danni alle persone. Pertanto la realizzazione della linea di connessione in parola non arrecherà disturbo al deflusso superficiale delle acque, ragione per cui l'analisi di compatibilità idrologica e idraulica risulta necessaria per l'area di impianto di produzione.

Progettazione :



Le metodologie utilizzate nelle varie fasi sono in pieno accordo con le indicazioni contenute nel P.A.I. Puglia. In particolare, per la modellazione idrologica è stato utilizzato un modello a parametri concentrati con il software HEC-HMS (<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>) e successivamente, con l'ausilio del software HEC-RAS (<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>), è stato creato un modello bidimensionale (Rain on Grid) al fine di determinare la propagazione del deflusso all'interno dell'area, le zone principali di accumulo d'acqua e quindi i battenti idrici massimi che si possono verificare in tali zone.

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'intervento proposto consiste nella realizzazione di una "centrale fotovoltaica" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (fonte solare), di potenza in immissione pari a 25,305 MW e potenza di picco installata pari a 30,06 MW_P, progettata per la cessione dell'energia alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN). Nel suo complesso, l'intervento può essere idealmente suddiviso in nelle seguenti "macroaree" di intervento:

- 1 l'impianto di produzione di energia elettrica;
- 2 la Sottostazione Elettrica Utente (SSE) di trasformazione 150/30 kV;
- 3 il cavidotto interrato in media tensione (30 kV) di connessione tra l'impianto di produzione e la sottostazione elettrica Utente 150/30 kV (SSE);
- 4 l'area condivisa con altri produttori di energia rinnovabile titolari di iniziative analoghe alla presente, in alta tensione a 150kV e adiacente alla Sottostazione Elettrica Utente (SSE) di trasformazione 150/30 kV;
- 5 l'ampliamento della SE Terna "Erchie" 380/150 kV, comprensivo di tutte le apparecchiature di competenza del produttore, da installare in corrispondenza dello stallo AT a 150 kV assegnato da Terna alla società proponente l'iniziativa;
- 6 la linea elettrica in cavo interrato a 150kV di collegamento tra l'area condivisa di cui al precedente punto 4 e lo stallo assegnato da Terna della SE RTN "Erchie" alla società proponente l'iniziativa;
- 7 Il recupero dell'edificio collabente presente nell'area di impianto.

L'impianto di produzione sarà ubicato in agro del Comune di Guagnano (LE), in prossimità di un edificio collabente identificato in Cartografia I.G.M. 1:25.000 con il toponimo "Masseria Poggi", da sottoporre a risanamento conservativo congiuntamente alla realizzazione di un nuovo deposito.

L'impianto di produzione sarà costituito da:

- n° 55.656 moduli fotovoltaici bifacciali in silicio monocristallino di potenza unitaria pari a 550 W_P montati in configurazione portrait su inseguitori monoassiali di rollio;
- n° 6 power station, da ubicare internamente al confine di proprietà, poggianti su platee di fondazione in cemento armato gettate in opera;
- un cavidotto interrato entro cui sono alloggiare tre terne di cavi in M.T. (sezione di 630 mm²) che, partendo da 3 delle 6 power station, sono dirette alla SSE Utente di trasformazione 150/30 kV (cavidotto "esterno");

Progettazione :



- viabilità interna all'impianto, realizzata impiegando materiale arido di cava o materiale rinveniente dagli scavi previsti per la realizzazione delle opere in progetto;
- cavidotti interrati in B.T. di collegamento o alimentazione delle componenti elettriche in regime di bassa tensione: linee di collegamento agli inverter, impianti di illuminazione elettrica e di videosorveglianza su palo, sistema di antintrusione, etc...;
- cavidotti interrati in M.T. di collegamento in entra-esce tra le power station di impianto;
- recinzione perimetrale con pannelli di rete metallica a maglie rettangolari, sostenuti da paletti direttamente infissi nel terreno e sollevata da terra di 20 cm, con cancello metallico di accesso carrabile all'impianto;
- rete generale di terra ed impianti di illuminazione, videosorveglianza ad antintrusione.

Il cavidotto in M.T. di collegamento dell'impianto di produzione alla SSE Utente 150/30 kV, costituito da 3 terne di cavi (sezione 630 mm²), sarà interrato prevalentemente lungo tratti di viabilità asfaltata esistente, di competenza statale, provinciale o comunale a seconda degli specifici tratti lungo il percorso di posa. Sono altresì previsti, seppur in misura minore, tratti con posa interrata lungo strade interpoderali non asfaltate o entro terreni agricoli privati. L'itinerario delle opere di connessione in argomento si svilupperà nei territori comunali di Guagnano (LE), San Pancrazio Salentino (BR) ed Erchie (BR).

La SSE Utente 150/30 kV sarà costruita in area agricola del comune di Erchie (BR). Essa sarà fornita di: recinzione perimetrale "a spadoni"; cancelli carrabile e pedonale di accesso; edificio di sottostazione contenente i locali tecnici; trasformatore A.T./M.T. ed apparecchiature elettromeccaniche in A.T. di misura, comando e controllo installate su basamenti di fondazione; palo TLC; cavidotti interrati e rete di terra; impianti antintrusione, videosorveglianza, illuminazione e di trattamento delle acque meteoriche di dilavamento superficiale; piazzale asfaltato carrabile e piazzale in brecciolo.

L'energia prodotta dall'impianto di produzione, veicolata lungo il cavidotto M.T. esterno di connessione ed elevata in regime di A.T. in Sottostazione Elettrica Utente, sarà quindi consegnata presso la vicina Stazione Elettrica Terna "Erchie" 380/150 kV. La connessione alla Stazione Elettrica Terna "Erchie" avverrà sul futuro ampliamento della stessa realizzando un collegamento in sbarra condiviso con altri produttori di energia rinnovabile, da raccordare alla SE tramite cavidotto interrato in A.T., con posa su viabilità provinciale asfaltata e strade interpoderali, sterrate e bianche, private. Tra le opere di connessione in regime di condivisione rientrano: la sbarra aerea di connessione condivisa, sostenuta da strutture metalliche munite di adeguata fondazione in c.a.; apparecchiature elettromeccaniche di interruzione e sezionamento; cabina elettrica alloggiante quadri elettrici e sistemi di protezione, comando e controllo; recinzione perimetrale "a spadoni" e cancello di accesso

Progettazione :



carrabile; piazzali interni; cavidotto interrato in AT (sezione del conduttore di 1600 mm²) diretto alla SE Terna Erchie 380/150 kV oggetto di futuro ampliamento.

3 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) E CARTA IDROGEOMORFOLOGICA

Il D. Lgs. 152/2006 sulla difesa del suolo all'art. 54, comma 1 lett. r) definisce il bacino idrografico come *“il territorio nel quale scorrono tutte le acque superficiali attraverso una serie di torrenti, fiumi ed eventualmente laghi per sfociare al mare in un'unica foce, a estuario o delta”*.

Strumento di gestione del bacino idrografico è il Piano di Bacino che si configura quale strumento di carattere “conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, difesa e valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato”.

3.1 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Puglia è stato adottato dal Consiglio Istituzionale dell'Autorità d'Ambito il 15 dicembre 2004, e sono tuttora in fase di istruttoria le numerosissime proposte di modifica formulate da comuni, province e privati.

Il Piano ha le seguenti finalità:

- la sistemazione, la conservazione ed il recupero del suolo nei bacini imbriferi, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico – forestali, idraulico – agrari compatibili con i criteri di recupero naturalistico;
- la difesa ed il consolidamento dei versanti e delle aree instabili, nonché la difesa degli abitati e delle infrastrutture contro i movimenti franosi ed altri fenomeni di dissesto;
- il riordino del vincolo idrogeologico;
- la difesa, la sistemazione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- lo svolgimento funzionale dei servizi di polizia idraulica, di piena, di pronto intervento idraulico, nonché di gestione degli impianti.

La determinazione più rilevante ai fini dell'uso del territorio è senza dubbio l'individuazione delle **Aree a Pericolosità Idraulica** ed a **Rischio Idrogeologico**.

In funzione del regime pluviometrico e delle caratteristiche morfologiche del territorio, il Piano individua differenti regimi di tutela per le seguenti aree:

Progettazione :



- *Aree a alta probabilità di inondazione (AP)* ovvero porzioni di territorio soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno (frequenza) inferiore a 30 anni;
- *Aree a media probabilità di inondazione (MP)* ovvero porzioni di territorio soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno (frequenza) compresa fra 30 anni e 200 anni;
- *Aree a bassa probabilità di inondazione (BP)* ovvero porzioni di territorio soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno (frequenza) compresa fra 200 anni e 500 anni.

Per quanto concerne le aree a **Rischio Idrogeologico R**, definito come l'entità del danno atteso in seguito al verificarsi di un particolare evento calamitoso in un intervallo di tempo definito e in una data area, il Piano individua quattro differenti classi di rischio ad entità crescente:

- *moderato R1*: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;
- *medio R2*: per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- *elevato R3*: per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture, con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
- *molto elevato R4*: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale e la distruzione di attività socioeconomiche.

Inoltre, il territorio è stato suddiviso in tre categorie a **Pericolosità Geomorfologica** crescente:

- *PG1*: aree a suscettibilità da frana bassa e media (pericolosità geomorfologia media e bassa);
- *PG2*: aree a suscettibilità da frana alta (pericolosità geomorfologia elevata);
- *PG3*: aree a suscettibilità da frana molto alta (pericolosità geomorfologia molto elevata).

Le aree PG1 si riscontrano in corrispondenza di depositi alluvionali (terrazzi, letti fluviali, pianure di esondazione) o di aree morfologicamente spianate (paleosuperfici). Versanti più o meno acclivi (a seconda della litologia affiorante), creste strette ed allungate, solchi di erosione ed in genere tutte

quelle situazioni in cui si riscontrano bruschi salti di acclività, sono aree PG2. Le PG3 comprendono tutte le aree già coinvolte da un fenomeno di dissesto franoso.

3.2 CARTA IDROGEOMORFOLOGICA

La Giunta Regionale, con delibera n. 1792 del 2007, ha affidato all'Autorità di Bacino della Puglia il compito di redigere una nuova *Carta Idrogeomorfologica del territorio pugliese*, quale parte integrante del quadro conoscitivo del nuovo Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR), adeguato al Decreto Legislativo 42/2004.

La nuova Carta Idrogeomorfologica della Puglia, in scala 1:25.000, ha come principale obiettivo quello di costituire un quadro di conoscenze, coerente e aggiornato, dei diversi elementi fisici che concorrono all'attuale configurazione del rilievo terrestre, con particolare riferimento a quelli relativi agli assetti morfologici ed idrografici dello stesso territorio, delineandone i caratteri morfografici e morfometrici ed interpretandone l'origine in funzione dei processi geomorfici, naturali o indotti dall'uomo.

La Carta è un riferimento per la redazione delle norme d'uso di trasformazione del territorio, uno strumento operativo concreto ed indispensabile di supporto nel campo di una corretta attività di pianificazione territoriale a diversa scala in Puglia. Tuttavia, affinché la stessa assuma valore formale in applicazione delle N.T.A. del P.A.I., è necessaria una approvazione ufficiale, al momento non ancora in essere per il caso specifico del Comune di Guagnano.

Quanto sopra riportato trova conferma nel riscontro, trasmesso in data 25/02/2020, dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale alla nota PEC inviata il 26/11/2019, circa l'effettivo reticolo idrografico da considerare per l'applicazione degli artt. 6 e 10 delle N.T.A. del P.A.I. nel caso specifico del Comune di Guagnano. Nel seguito si riporta uno stralcio del riscontro anzidetto:

“[...] Si sottolinea che i corsi d'acqua comprensivi di quelli classificati come “episodici”, “obliterati” e “tombati”, così come individuati col relativo simbolismo sulla Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia [...], sebbene non esercitino un valore formale in applicazione delle N.T.A. del P.A.I. in quanto non ancora approvate ufficialmente per il territorio comunale di Guagnano, costituiscono comunque un sostanziale e utile supporto conoscitivo affinché gli interventi a farsi in corrispondenza o in prossimità di detti corsi d'acqua vengano realizzati tenendo debitamente conto dell'esistenza di aree a deflusso concentrato delle acque, garantendo pertanto adeguate condizioni di sicurezza idraulica e lasciando al responsabile del procedimento autorizzativo degli

stessi interventi ogni verifica riconducibile alla corretta progettazione idraulica e, più in generale, a quella in ambito civile.”

Nonostante le premesse di cui sopra, la modellazione idraulica pertinente all'area di installazione dell'impianto di produzione ha incluso anche le evidenze di reticolo idrografico riportate in *Carta Idrogeomorfologica*.

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

4.1 STATO DI FATTO

Si riportano di seguito gli inquadramenti territoriali su cartografia del P.A.I. della Regione Puglia, su Carta Idrogeomorfologica e su Ortofoto, dove sono evidenziati i reticoli idrografici dell'I.G.M. oggetto di studio e le opere in progetto.

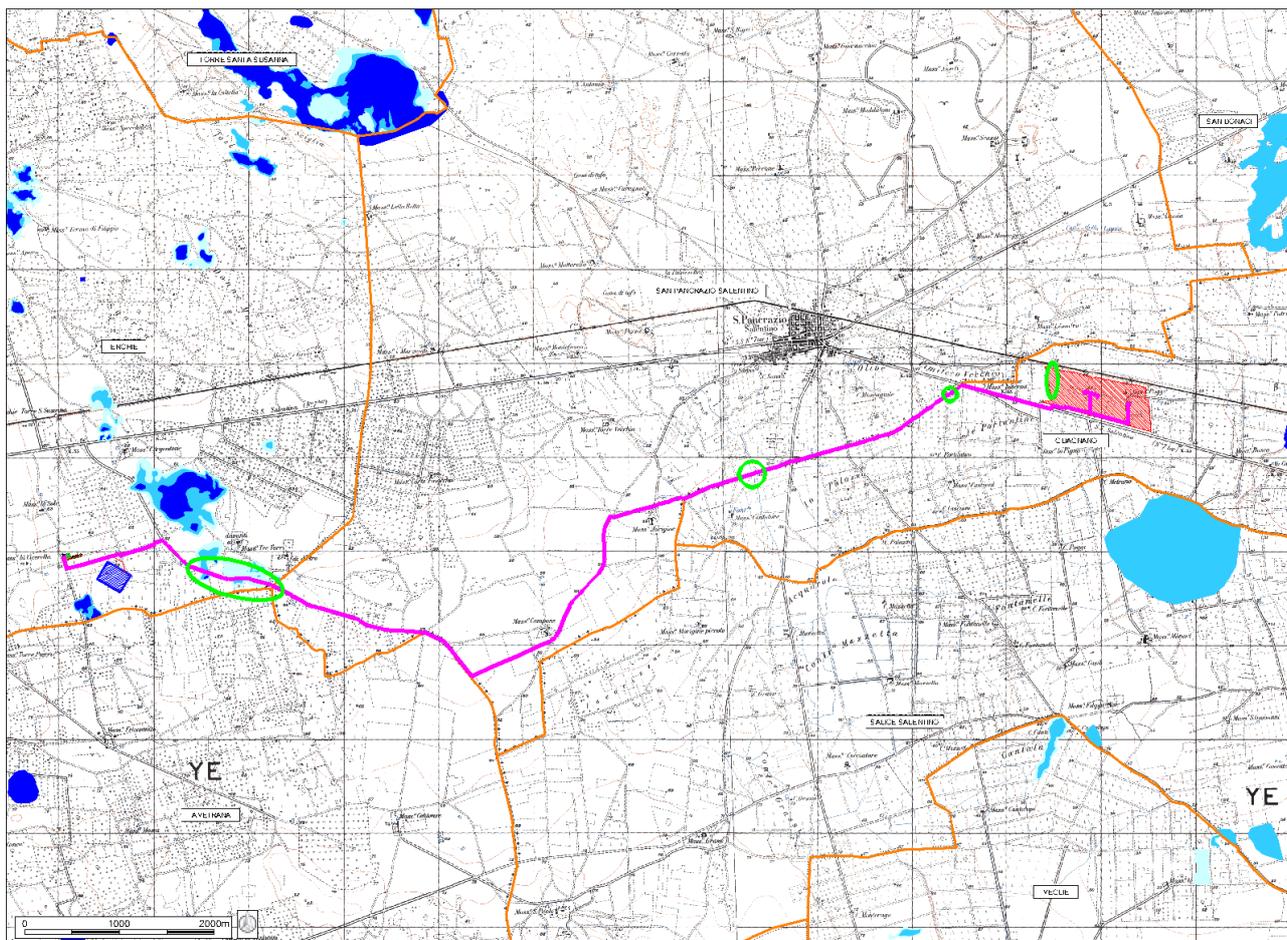


Figura 1 - Stralcio della Carta di pericolosità Idraulica del P.A.I. della Puglia (base I.G.M.)

Dalla **Figura 1** risulta che una parte del cavidotto interrato attraversa due aree a media e bassa pericolosità idraulica mentre l'area di impianto (contorno rosso) non ricade in tali aree. Dal momento che presso le aree indicate il cavidotto sarà interrato sotto strade asfaltate esistenti, con ripristino delle condizioni ex-ante (invariante), la sua realizzazione non arrecherà disturbo al deflusso superficiale delle acque.

Nella stessa **Figura 1**, riportante le aree a pericolosità idraulica su base cartografica I.G.M. 1:25.000, in linea azzurra sono riportati gli elementi appartenenti al reticolo idrografico, rispetto ai quali si

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

riscontrano intersezioni da parte del cavidotto interrato nella parte del suo percorso compresa tra i comuni di Guagnano e San Pancrazio Salentino. Un particolare è riportato in **Figura 2**.

Pur non essendoci aree classificate a pericolosità idraulica, anche per l'area di impianto si riscontra la presenza di un reticolo idrografico riportato sulla cartografia ufficiale dell'I.G.M.I. in scala 1:25000, come riportato nel seguito in **Figura 3**.

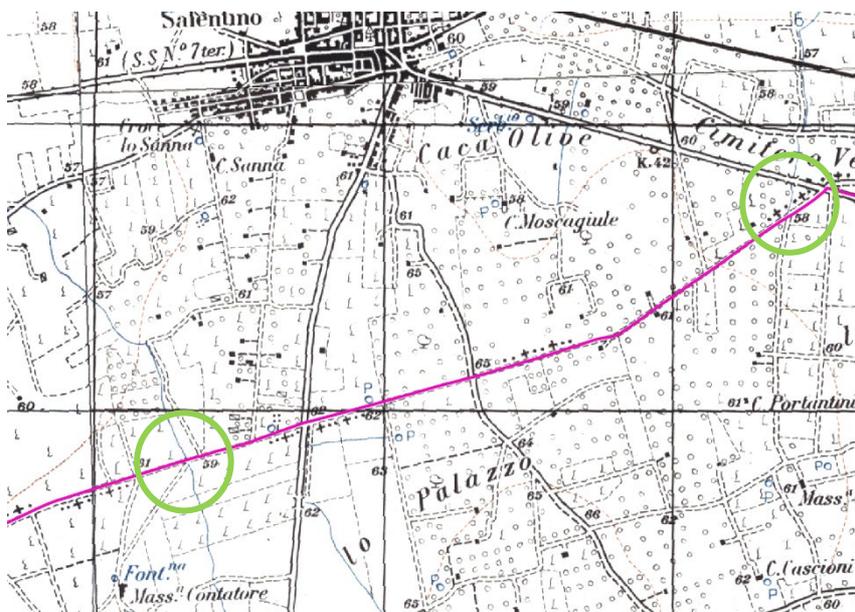


Figura 2 – Reticolo idrografico lungo il cavidotto interrato, riportato in cartografia I.G.M.

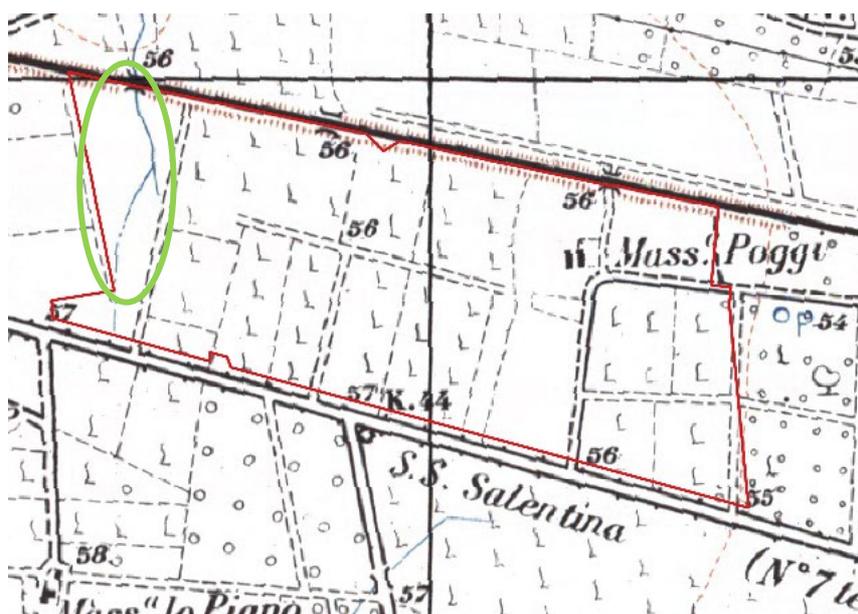


Figura 3 - Reticolo idrografico in area di impianto di produzione, riportato in cartografia I.G.M.

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

Con riferimento alla Carta Idrogeomorfologica, invece, si riporta in **Figura 4** uno stralcio che evidenzia gli elementi di reticolo, classificati come “corsi d’acqua episodici”, intersecati dalle opere di progetto sia presso il tratto iniziale del cavidotto (**Figura 5**), in prossimità della porzione di tracciato tra i comuni di Guagnano e San Pancrazio Salentino (intersezioni già descritte in precedenza), sia internamente all’area di impianto (**Figura 6**), per la quale si aggiunge un’ulteriore ramificazione di reticolo rispetto a quanto riportato in cartografia I.G.M.I.

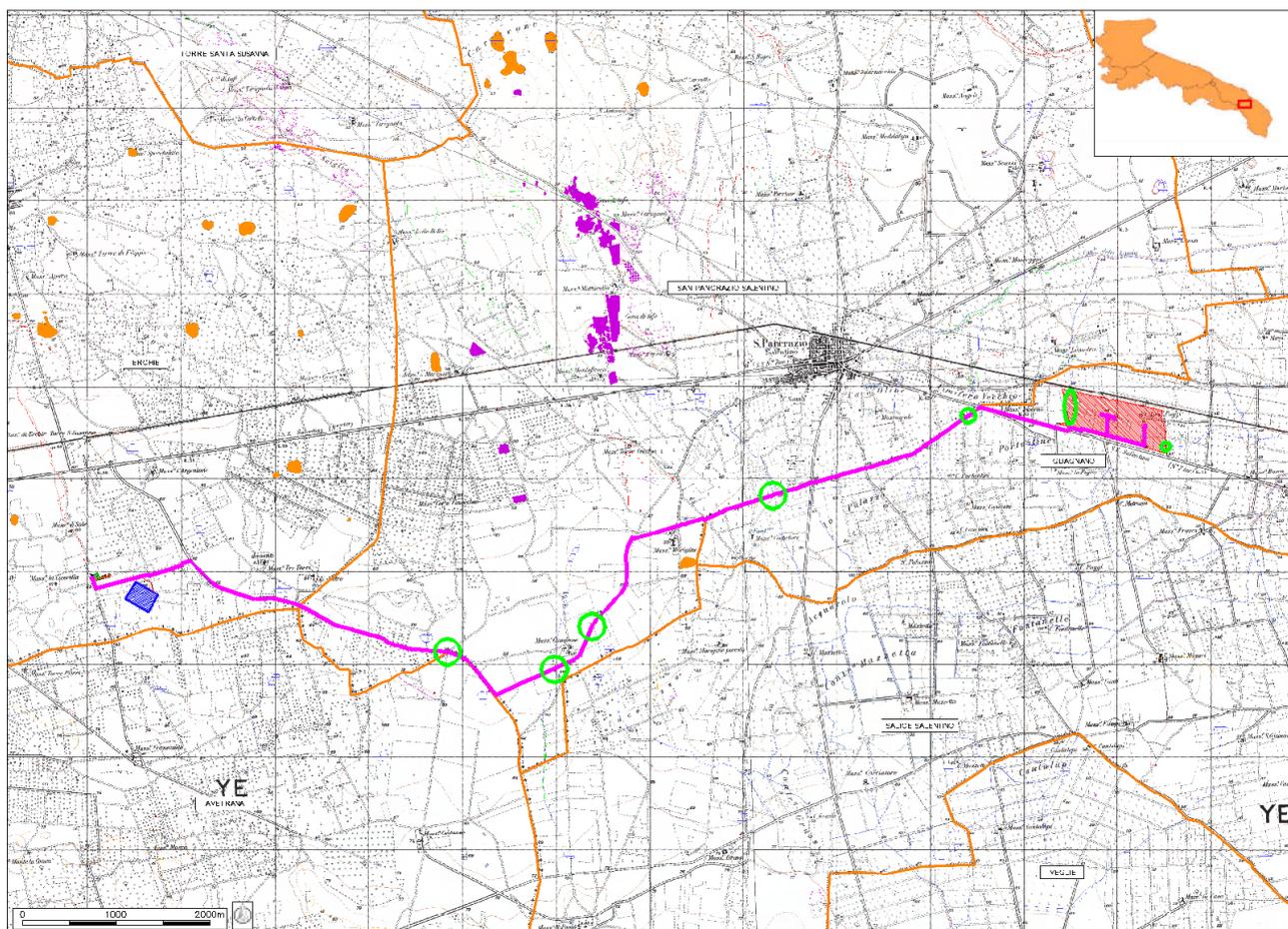


Figura 4 - Stralcio della Carta Idrogeomorfologica della Puglia, su base cartografica IGM 1:25000

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

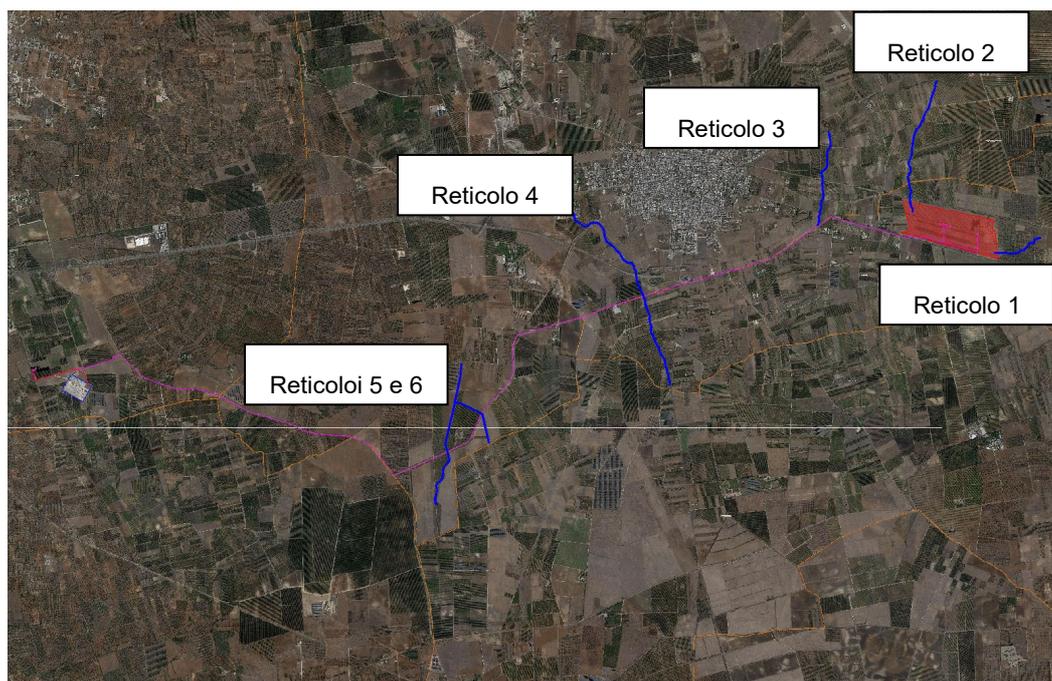


Figura 7 - rappresentazione dei reticoli individuati in rapporto agli elementi di progetto

In particolare, l'area in cui sarà ubicato l'impianto di produzione è interessata dalla presenza dei reticoli n. 1 e n.2. Per tale area è stato condotto lo studio di compatibilità idrologica idraulica, descritto in premessa ed approfondito nel seguito.

Per quanto riguarda il cavidotto, invece, la posa dello stesso avverrà al di sotto del corpo stradale esistente (in materiale bituminoso) con ripristino dello stato dei luoghi, senza costituire un ostacolo al deflusso naturale delle acque e senza peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica e stabilità geomorfologica. In particolare, l'intersezione con i reticoli in questione, opportunamente canalizzati in prossimità degli attraversamenti stradali (**ad es. si riportano le intersezioni 3 e 4 nelle Figure 8 e 9**), avverrà in sottopasso con tecnica "no-dig" (invariante). Le modalità di posa saranno pertanto tali da non costituire un ostacolo al deflusso delle acque all'interno dei canali.

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it



Figura 8 - Reticolo 3: canalizzazione al di sotto di sede stradale esistente



Figura 9 - Reticolo 4: canalizzazione al di sotto di sede stradale esistente

L'analisi della Carta Idrogeomorfologica evidenzia, inoltre, la presenza di un elemento denominato "recapito finale di bacino endoreico" cartografato in prossimità del confine amministrativo tra il comune di San Pancrazio Salentino e il comune di Avetrana, presso il quale si rileva una condizione di interferenza con il percorso del cavidotto in M.T. di collegamento alla SSE (**Figura 10**).

In prossimità del tratto di interferenza, tuttavia, il progetto già prevede il ricorso ad una trivellazione orizzontale controllata finalizzata a sottopassare una condotta consortile interrata esistente (anch'essa ricadente nel recapito finale di bacino endoreico) ed un muretto a secco costruito in superficie a ridosso della sede stradale (realizzata sul recapito medesimo). La tecnologia di scavo prevista ("no-dig") consentirà, pertanto, di superare l'interferenza rilevata senza costituire un ostacolo al deflusso naturale delle acque e senza peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica e stabilità geomorfologica dell'elemento sopra richiamato (invariante).

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

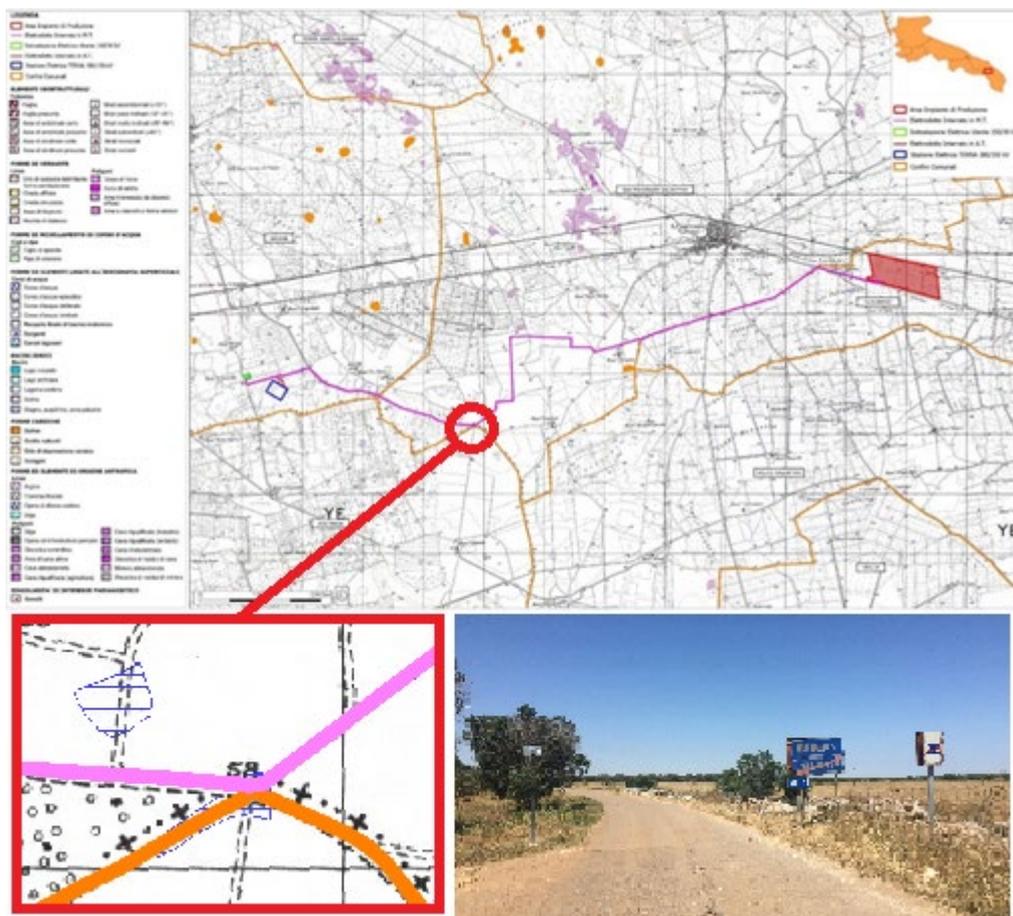


Figura 10 – Recapito finale di bacino endoreico lungo il percorso del cavidotto M.T.

4.2 SOPRALLUOGHI

Si riportano di seguito le foto dello stato di fatto dell'area interessata dalla realizzazione dell'impianto di produzione e i reticoli idrografici interferenti con essa (Reticolo 1 e Reticolo 2).

Il primo reticolo (Reticolo 1 nella **Figura 11**) presente a sud dell'area d'interesse è un canale inciso dagli agricoltori appena leggibile.

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it



Figura 11 - Area Impianto: Reticolo 1

Per quanto riguarda il reticolo 2, emerge che questo attraversa la ferrovia, come dalla seguente **Figura 12**. A sud della ferrovia, inoltre, lungo il perimetro dell'area, esistono 4 attraversamenti che hanno lo scopo di smaltire le acque della pioggia con evento meteorico con tempo di ritorno TR 200 anni, così come riportato nella modellazione idraulica.

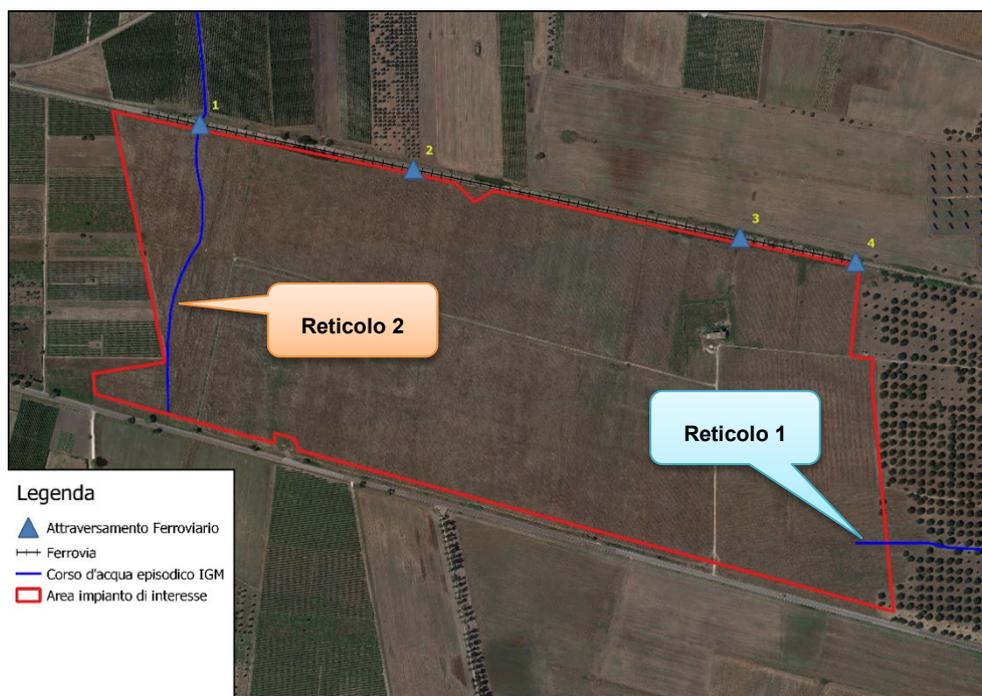


Figura 12 - Attraversamenti ferroviari e Reticoli n.1 e 2

Allo stato attuale il reticolo 2 non risulta visibile, come confermato dalle foto in corrispondenza degli attraversamenti sotto riportate.

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it



Figura 13 - Reticolo 2: Attraversamento ferroviario 1



Figura 14 - Attraversamento ferroviario 2



Figura 15 - Attraversamento ferroviario 3

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it



Figura 16 - Attraversamento ferroviario 4

4.3 RILIEVO LIDAR

Come base cartografica è stato utilizzato il rilievo Lidar dell'area con dimensione delle celle pari a 1 x 1 m, riportato nella figura seguente.

Si nota che il reticolo 1 risulta appena visibile sul terreno, mentre il reticolo 2 non risulta visibile all'interno dell'area oggetto di studio.

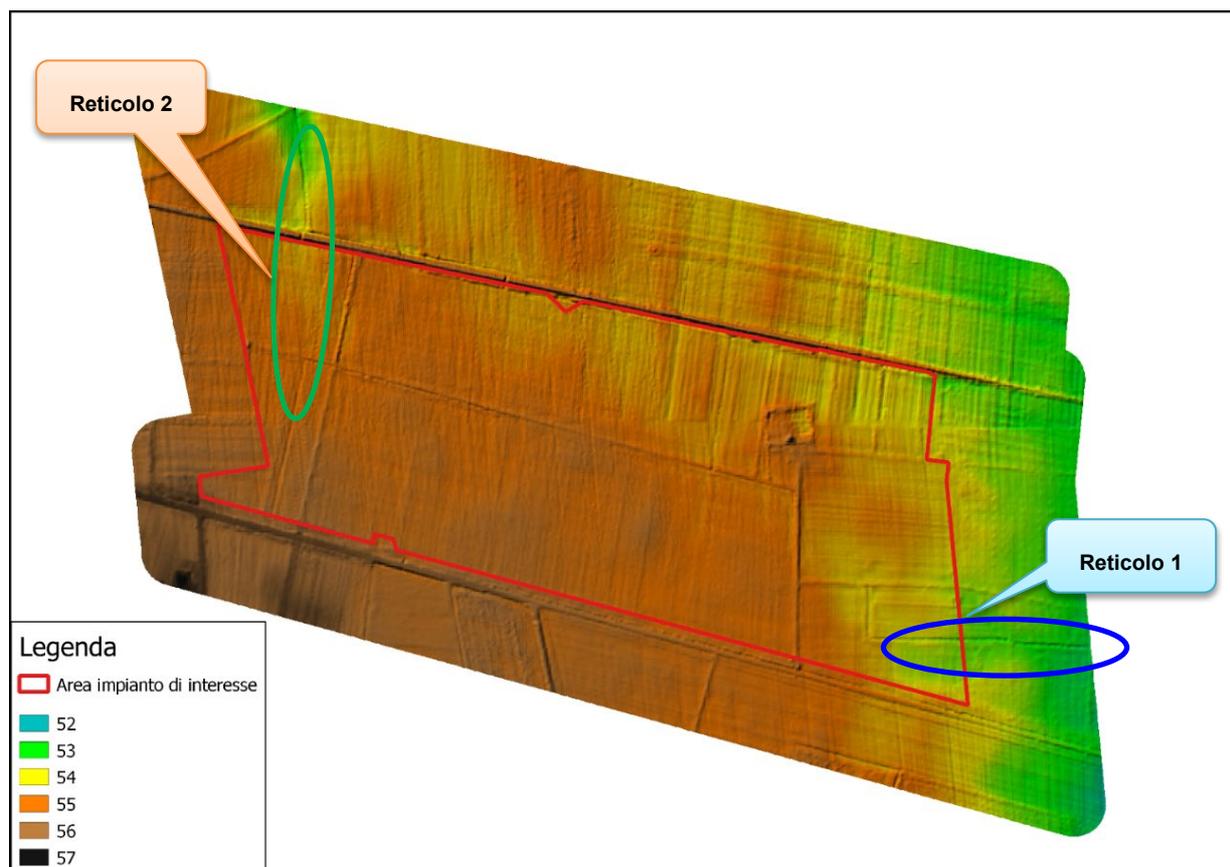


Figura 17 - Rilievo Lidar

Dai sopralluoghi effettuati, ma anche dalle evidenze del rilievo LIDAR si può affermare quindi che:

- il reticolo 1 è a carattere episodico e non costituisce una direzione preferenziale per il deflusso delle acque;
- il reticolo 2 non è visibile a causa di pregressi interventi di modifica del terreno.

5 ANALISI PRELIMINARE DELL'AREA INTERESSATA DAGLI INTERVENTI

Al fine di analizzare l'area d'interesse e valutare l'effettivo rischio idraulico si è proceduto con l'individuazione dei flussi, dei bacini idrografici e delle caratteristiche morfometriche ed idrologiche, mediante l'utilizzo del rilievo LIDAR con dettaglio 1x1 m. Le elaborazioni della matrice del DEM ottenuto, contenente le informazioni altimetriche delle singole celle, sono state eseguite in ambiente GIS utilizzando opportune procedure di interpolazione.

Il processo approssimativo che si esegue per generare le linee di compluvio naturale prevede le seguenti operazioni:

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

1. Innanzitutto, si genera un raster di direzione del flusso, che ha pixel che indicano la direzione in cui l'acqua fluirà fuori dalla superficie (Flow Direction).
2. Quindi, si utilizza il raster del primo passaggio per generare un raster di accumulo di flusso, i cui valori rappresentano quante celle scorrono in ciascuna cella (Flow Accumulation).
3. Si eseguono una serie di strumenti che estraggono le aree più elevate di accumulo di flusso, che sono effettivamente i flussi, e si trasformano prima in una rete di flusso raster, e poi in una serie di linee di flusso (Set Null, Stream Link, Stream to Feature).
4. Alla fine della procedura si indicano i bacini idrografici sul punto di chiusura nella nostra area di interesse (Watershed).

Nel caso specifico si sono individuati due bacini, come si può notare dalla seguente figura.

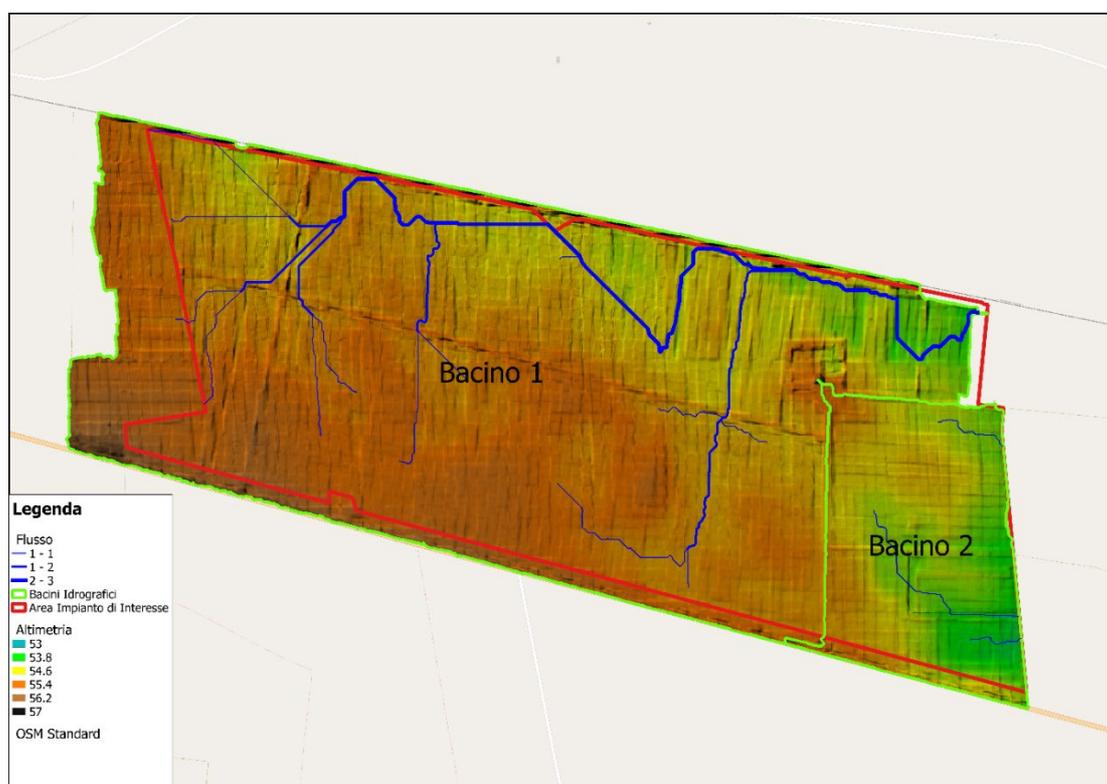


Figura 18 - Linee di compluvio naturale e bacini

Grazie ai processi di analisi statistica delle cartografie appena esposte è stato possibile determinare i bacini idrografici e definire, per gli stessi, le principali caratteristiche morfometriche, in particolare il Curve Number (CN), necessarie per le determinazioni degli idrogrammi di piena.

Di seguito la tabella riassuntiva delle caratteristiche morfometriche ed idrologiche dei bacini individuati.

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE ED IDROLOGICHE															
Bacino	Superficie		Quote				Pendenze				CN	Percorso idraulico principale			
			min	max	range	media	min	max	range	media	media	Lunghezza	Quota Monte	Quota Valle	Pendenza Media
	m ²	km ²	m.s.l.m.	m.s.l.m.	m	m.s.l.m.	%	%	%	%		m	m.s.l.m.	m.s.l.m.	m/m
Bacino 1	510854.2	0.51	53.52	56.73	3.21	55.21	0.00	8.61	8.61	0.83	76.00	1216	56.65	53.82	0.0023
Bacino 2	94336.53	0.09	53.39	55.94	2.54	54.50	0.00	17.13	17.13	0.76	77.00	442	55.45	53.76	0.0038

Tab. 1. Riepilogo delle caratteristiche morfometriche ed idrologiche dei bacini individuati

6 ANALISI IDROLOGICA

La prima fase dello studio è stata dedicata alla raccolta dei dati disponibili per la zona di interesse, in particolare, dati pluviometrici e dati relativi agli eventi alluvionali occorsi negli ultimi anni. Per caratterizzare il regime pluviometrico della zona sono stati utilizzati i dati di pioggia forniti dal sito del Sistema Regionale di Protezione Civile e dati provenienti dal Rapporto del VaPi.

L'elaborazione dei dati pluviometrici forniti da una stazione di misura delle piogge si svolge ricercando la relazione esistente tra l'altezza (h) delle precipitazioni e le loro durate (τ). Detta relazione è generalmente data nella forma $h=a\tau^n$ e le curve che si deducono sono dette "curve segnalatrici di possibilità pluviometrica o climatica". Affinché le deduzioni siano attendibili, è necessario che il periodo di osservazione sia sufficientemente esteso nel tempo. A tal proposito, in generale, si ritiene ammissibile che una serie storica con un periodo di osservazione non inferiore a 30-35 anni possa dare discreto fondamento all'elaborazione, anche se, in qualche caso, si sia costretti a utilizzare serie più limitate, però estese per non meno di 10 anni.

Nello studio idrologico, più precisamente nelle analisi idrologiche di eventi di precipitazione, la frequenza di accadimento è spesso descritta tramite il concetto di "tempo o periodo di ritorno" T_r . In particolare, considerando l'altezza (h) o l'intensità (i) della precipitazione come una variabile aleatoria, essa dovrà essere stimata in relazione ad un livello di probabilità di non superamento ($P(x)$) o, ancora, in relazione al "tempo di ritorno" (T_r), definito come "il periodo di anni nel quale il valore della variabile è, mediamente, eguagliato o superato".

Quindi la relazione che intercorre tra il tempo di ritorno e la probabilità di non superamento è così espressa:

$$T_r = \frac{1}{1 - P(x)}$$

Dove:

- T_r : tempo di ritorno;
- $P(x)$: probabilità di non superamento della variabile aleatoria.

Il tempo di ritorno T_r di un evento è quindi pari all'inverso della sua probabilità di accadimento. Si evidenzia inoltre che nella definizione di "tempo di ritorno" riveste un ruolo fondamentale il termine "mediamente". A volte, infatti, il T_r è erroneamente interpretato come il tempo che supera due eventi di intensità pari o superiore a quella assegnata, cioè come se l'evento con T_r anni di tempo di ritorno dovesse verificarsi una sola volta ogni T_r anni. Si ribadisce che tale interpretazione non è corretta in quanto la probabilità di accadimento di un evento con un tempo di ritorno T_r rimane sempre pari a

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

$1/T_r$ in ciascun anno, indipendentemente dal verificarsi di un evento simile nell'anno precedente o anni successivi.

Un passo fondamentale dell'analisi idrologica è rappresentato, come anzidetto, dalla realizzazione delle curve di possibilità pluviometrica, ognuna delle quali viene definita in funzione del tempo di ritorno. Determinare il tempo di ritorno di un evento rappresenta quindi un'operazione di notevole importanza nello studio degli eventi di precipitazione; nella fattispecie si fa riferimento al tempo di ritorno di 200 anni indicato nell'articolo 36 delle NTA del PAI ai fini dell'ottenimento della condizione di sicurezza idraulica, così definita:

“Sicurezza idraulica: condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e generalmente legata alla non inondabilità per eventi di assegnata frequenza. Agli effetti del PAI si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni”.

Partendo da tale riferimento è possibile definire un evento meteorico come “eccezionale” se risulta caratterizzato da un tempo di ritorno, e quindi da una probabilità di non superamento, superiore a quello assegnato, cioè superiore a 200 anni.

Nei paragrafi seguenti si procederà quindi all'analisi dei dati di pioggia relativi all'area in esame, andando a costruire una curva di possibilità pluviometrica con un tempo di ritorno pari a duecento anni.

6.1 DATI DI PIOGGIA

I dati necessari per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica sono i valori delle altezze massime annuali di precipitazione h per un insieme di durate τ di interesse (5min, 10min, 15min, 1h, 3h, 6h, 12h, 24h).

Per l'analisi sono stati utilizzati i dati di pioggia forniti dal sito del Sistema Regionale di Protezione Civile¹ relativamente alla stazione di misura di San Pancrazio Salentino, che risulta essere quella più prossima all'area di studio (COORDINATE 40.416667, 17.83361; QUOTA: 69 m s.l.m.).

¹ <https://protezionecivile.puglia.it/centro-funzionale-decentrato/rete-di-monitoraggio/annali-e-dati-idrologici-elaborati/annali-idrologici-parte-i-dati-storici/>

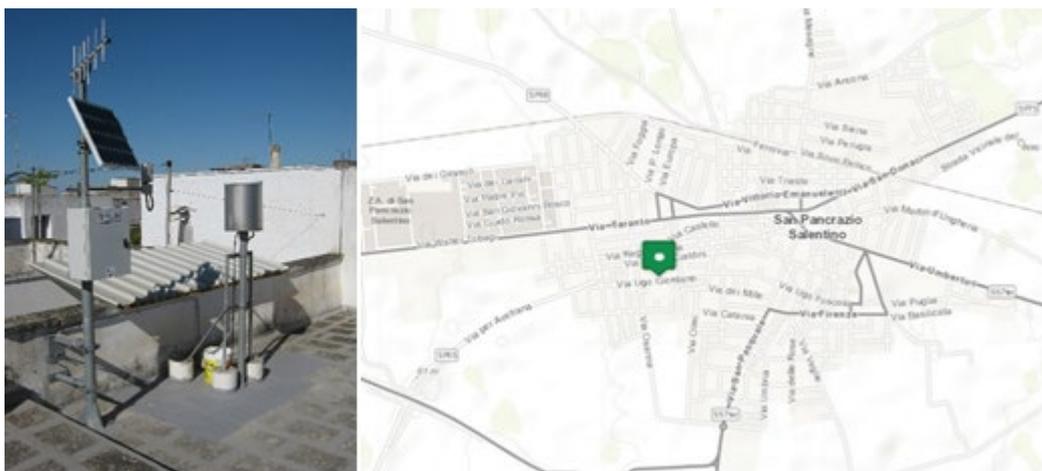


Figura 19 - Stazione di misura San Pancrazio Salentino

Dopo aver definito la stazione di misura più significativa in senso climatico si estrae la serie storica degli eventi estremi osservati, utilizzando gli Annali Idrologici.

Nel caso esaminato, i dati di pioggia considerati sono quelli compresi tra il 1957 e il 2018 (53 anni), (**ALLEGATO 1**). Poiché i bacini in esame risultano di piccola estensione, si sono utilizzate le altezze di pioggia con durate inferiori all'ora (5, 15, 30 min) e quella con durata pari a 1 ora. Per tali durate i periodi di osservazione sono pari a:

- 5 minuti: 21 anni di osservazione;
- 15 minuti: 27 anni di osservazione;
- 30 minuti: 29 anni di osservazione;
- 1 ora: 49 anni di osservazione.

Alla luce delle precedenti considerazioni si ritiene che il numero di anni di osservazione indicato per ciascuna durata sia sufficiente per l'analisi da svolgere.

6.2 ANALISI STATISTICA

Per la costruzione del modello idrologico e idraulico si è proceduto con la costruzione dello *ietogramma di progetto*.

Per determinare la durata della pioggia da prendere in considerazione si calcola il tempo di corrivazione del bacino. Poiché l'area dei due bacini in studio è compresa tra 9 e 50 ha per il calcolo si è utilizzata la formula di Kirpich [1940]:

$$T_c = 0.000325 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

$T_c[ore]$ → tempo di corrivazione

$L[m]$ → larghezza del percorso idraulico principale

$S[m/m]$ → pendenza del bacino

I risultati sono:

	T_c	
	ore	min
Bacino 1	0.49	29
Bacino 2	0.23	18

Tab. 2 Tempo di corrivazione dei bacini oggetto di studio

Partendo da questi risultati, per costruire il pluviogramma di progetto, si sono utilizzate le durate di pioggia £ 1 ora per calcolare la curva di possibilità pluviometrica sia con la distribuzione di Gumbel e sia con l'analisi regionale (Rapporto VAPI).

I. Distribuzione di Gumbel

La distribuzione di Gumbel (o distribuzione asintotica del massimo valore del I tipo) è illimitata inferiormente e superiormente. La funzione di probabilità è rappresentata dall'espressione

$$P(x) = \exp\{- \exp[- a(x- u)]\}$$

I parametri α e μ sono legati alla media $\mu(x)$ e allo scarto quadratico medio $\sigma(x)$ dalle relazioni

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \frac{1.286}{\sigma(x)} \\ \varepsilon &= \mu(x) - 0.450\sigma(x) \end{aligned} \right\} \Rightarrow x_T = \varepsilon - \frac{1}{\alpha} \left[\ln \ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

Considerando l'uso del modello probabilistico di Gumbel, con parametri stimati con i momenti ordinari, si calcolano i coefficienti di variazione dei massimi annui di precipitazione registrati nelle 4 durate considerate.

	5 min	15 min	30 min	1 ora
Media	9.14	20.51	29.36	36.18
Standard Deviation	2.13	5.70	8.38	13.89
C_v	0.2	0.3	0.3	0.4
Numero di dati	21	27	29	49

Tab. 3 Coefficienti di distribuzione Gumbel

Le altezze di pioggia (mm) per un periodo di ritorno di 200 anni sono:

Progettazione :



	5 min	15 min	30 min	1 ora
h₂₀₀	17.01	41.53	60.27	87.59

Tab. 4 Altezza di pioggia (mm) per diverse durate con distribuzione di Gumbel

La curva di possibilità pluviometrica che si ottiene è la seguente:

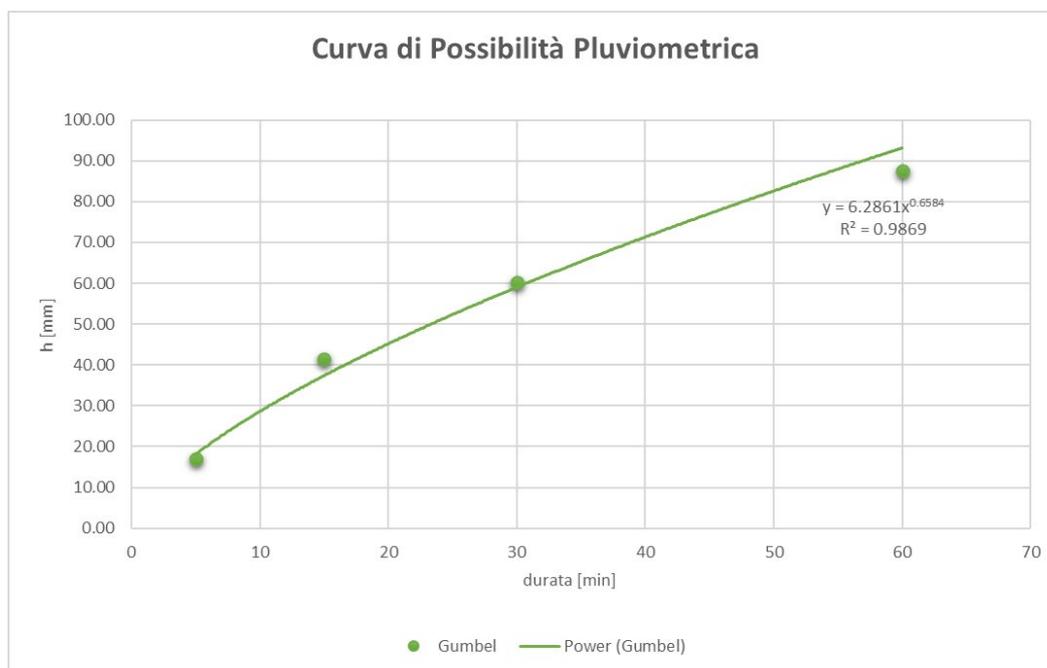


Figura 20 - Curva di Possibilità Pluviometrica

II. Analisi Regionale (Rapporto VAPI)

Il territorio di competenza della regione Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base di opportune equazioni. Per le aree di interesse, essendo situate all'interno della zona omogenea 6, si è fatto uso della seguente espressione:

$$\text{Zona 6: } X(t,z) = 33.7t^{(0.488+0.0022z)/3.178}$$

dove:

t = durata della precipitazione;

z = quota media del sito.

Noto il valore di X(t) è possibile ricavare il valore della pioggia per prefissato tempo di ritorno a partire dalla conoscenza del fattore probabilistico di crescita Kt.

Per la valutazione del fattore di crescita si è utilizzata la seguente relazione:

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

$$Kt = a + b \ln T$$

Dove a e b sono due parametri che variano in funzione della zona considerata e per la Puglia centro-meridionale (zone 5 e 6) assumono i valori riportati nella seguente tabella e T rappresenta il Tempo di Ritorno considerato.

Zona omogenea	a	b
Puglia centro-meridionale	0.1599	0.5166

Tab. 5 – Parametri a e b per la Puglia centro-meridionale

Essendo la quota media dei bacini pari a 54.88 m.s.l.m. si è ottenuta la seguente relazione della Curva di Possibilità Pluviometrica per $T_r=200$ anni:

$$h = 97.63t^{0.192}$$

Siccome il Rapporto VAPI fa riferimento a durate ≥ 1 ora, per le durate considerate e inferiori all'ora è stata utilizzata la formula di Bell:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0.54t^{0.25} - 0.50$$

Le altezze di pioggia (mm) per un periodo di ritorno 200 anni ottenute con tale formula sono quindi:

	5 min	15 min	30 min	1 ora
h_{200}	30.01	54.92	74.55	97.60

Tab. 6 Altezza di pioggia (mm) per diverse durate calcolate con il Rapporto VAPI

6.3 IETOGRAMMI DI PROGETTO

Per la simulazione degli eventi di progetto si è utilizzata una distribuzione temporale della pioggia ottenuta con il metodo Alternate Blocking Method (Chow 1988). Questa è stata costruita a partire dalle altezze totali di pioggia calcolate attraverso la CPP (Curva di Possibilità Pluviometrica) con il metodo di Gumbel e attraverso le altezze di pioggia calcolate con il Rapporto VAPI, con picco in posizione centrale per la durata di pioggia di 1 ora e per il tempo di ritorno di 200 anni.

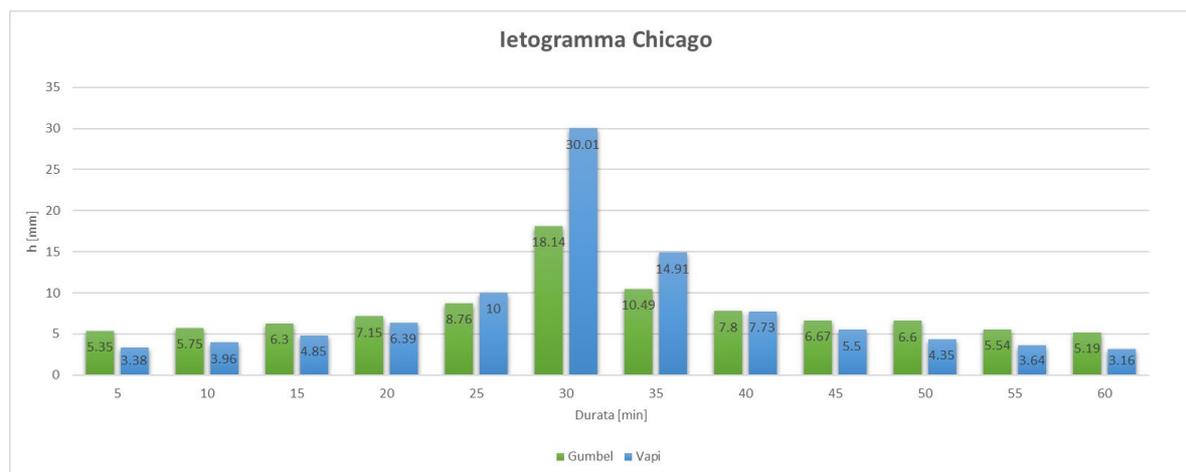


Figura 21 - Ietogrammi di progetto

6.4 PARAMETRI PER L'IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO IDROLOGICO

Il modello idrologico interpreta la maniera in cui la precipitazione si trasforma in volume idrico che si infiltra nel terreno attraverso l'intera superficie del bacino e volume idrico che ruscella al suolo dando luogo a deflussi e accumuli superficiali, quindi rappresenta la risposta del bacino con le sue caratteristiche ad una certa pioggia netta, che si manifesta con determinate caratteristiche di intensità e durata (Pioggia Efficace).

Il modello idrologico utilizzato si basa su una parametrizzazione di tipo distribuito, che tiene conto della permeabilità dei suoli secondo la classificazione riportata in letteratura, nella fattispecie la valutazione del parametro CN (Curve Number).

I. Valutazione del Curve Number

Il massimo volume specifico di saturazione (S) (o capacità idrica massima del suolo) deriva dalla seguente relazione:

Progettazione :

$$S = 254 * \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

dall'analisi del risultato di molte osservazioni sperimentali ne deriva che la perdita iniziale (I_a) è legata alla capacità di ritenzione del suolo (S) dalla relazione:

$$I_a = 0.2 * S$$

che è quindi il valore da utilizzare in mancanza di altri dati disponibili.

Il calcolo della pioggia netta cumulata (ovvero la parte di pioggia non assorbita dal suolo) viene effettuato con le seguenti formule:

Se:

$$P_{tot,cumulata} \leq I_a \Rightarrow P_{netta,cumulata} = 0$$

$$P_{tot,cumulata} > I_a \Rightarrow P_{netta,cumulata} = \frac{(P_{tot,cumulata} - I_a)^2}{S + P_{tot,cumulata} - I_a}$$

Il valore del Curve Number (CN) va, invece, rilevato in funzione dei dati contenuti nelle tabelle sotto riportate in funzione delle classi di permeabilità dei suoli e del tipo di copertura e uso del suolo.

CLASSI DI SUOLI PERMEABILITA'
GRUPPO A - Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
GRUPPO B - Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
GRUPPO C - Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
GRUPPO D - Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

Tab. 7 Classi di permeabilità dei suoli

TIPO DI COPERTURA E USO DEL SUOLO	TIPO DI SUOLO			
	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
senza trattamento di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
TERRENO DA PASCOLO				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
PRATERIE				
buone condizioni	30	58	71	78
TERRENI BOSCOSE O FORESTATI				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
SPAZI APERTI, PRATI RASATI, PARCHI				
buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
AREE COMMERCIALI (Impermeabilità 85%)	89	92	94	95
DISTRETTI INDUSTRIALI (Imp. 72%)	81	88	91	93
AREE RESIDENZIALI				
Impermeabilità media	%	77	85	90
	65	61	75	83
	38	57	72	81
	30	54	70	80
	25	51	68	79
PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI, TETTI	98	98	98	98
STRADE				
Pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tab. 8 Curve Number

In generale il valore del CN del bacino risulterà da una media pesata dei CN delle singole unità fisiografiche omogenee in cui il bacino può essere scomposto.

Ogni metodo di separazione delle piogge è influenzato dal grado di saturazione del suolo al momento del verificarsi dell'evento di pioggia. Il valore del CN del Soil Conservation Service come sopra descritto è associabile a condizioni medie di saturazione che corrispondono al valore II di Antecedent Moisture Condition (AMC) che, come indicato nella tabella seguente, è ricavabile in funzione dell'altezza di pioggia registrata nei cinque giorni che precedono l'evento e dello stato vegetativo.

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	<13	<36
II	13-28	36-54
III	>28	>54

Tab. 9 Antecedent Moisture Condition (AMC)

Per ottenere il valore di CN relativo alle altre due condizioni di saturazione si usano le relazioni seguenti:

Progettazione :



$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

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

Si riporta di seguito la valutazione del CN per il caso in esame a partire dalla valutazione dell'uso del suolo fornita dalla cartografia disponibile.



Figura 22 – Uso del Suolo nei bacini considerati

È stato inizialmente calcolato il valore di CN(II) secondo i valori riportati in tabella. Successivamente si è scelto di utilizzare il valore CN(III) in quanto le superfici dei bacini sono inferiori a 10 kmq, pertanto risulta maggiormente probabile che un bacino di tali estensioni risulti completamente e uniformemente imbibito dalla pioggia registrata nei 5 giorni antecedenti l'evento considerato.

	CN	
	CN(II)	CN(III)
Bacino 1	76.00	88
Bacino 2	77.00	89

Tab. 10 Valore di Curve Number

II. Formazione della piena (idrogramma unitario del Soil Conservation Service)

Per definire l'idrogramma unitario del Soil Conservation Service come metodo per la formazione della piena occorre stimare il seguente parametro:

T_{lag} = tempo di ritardo

con T_{lag} che può essere ricavato dalla formulazione estesa proposta dal Soil Conservation Service o con la formula semplificata:

$$T_{lag} = 0.6 \cdot 0.7T_c$$

Con T_c = tempo di corrivazione (Time of Concentration hr);

Per il tempo di ritardo si è ottenuto:

	T_c	T_{lag}
Bacino 1	29	17.4
Bacino 2	18	10.8

Tab. 11 Tempo di ritardo

6.5 MODELLAZIONE HEC-HMS

Una volta determinati i parametri per l'implementazione del modello, si è quindi passati alla simulazione degli eventi di progetto utilizzando gli ietogrammi calcolati come specificato nel paragrafo 3.3 relativi alle durate massime di pioggia di 1 ora ed al tempo di ritorno di 200 anni. Sono stati inoltre utilizzati i valori precedentemente calcolati di CN e tempo di ritardo.

Infine, è stata scelta una sola sezione di chiusura arbitraria per ogni bacino ai fini della simulazione. Tale scelta è l'unica possibile nel software ed è dovuta alla necessità di dividere la pioggia infiltrata da quella netta per ricavare la pioggia effettiva da inserire successivamente nel software Hec-RAS. Questo comporta una sovrastima delle portate ma, come si vedrà dalla modellazione idraulica, i punti di uscita sono diversi e sono localizzati in corrispondenza dei lati nord ed est dell'area. Pertanto il valore della portata stimata sarà ridotto.

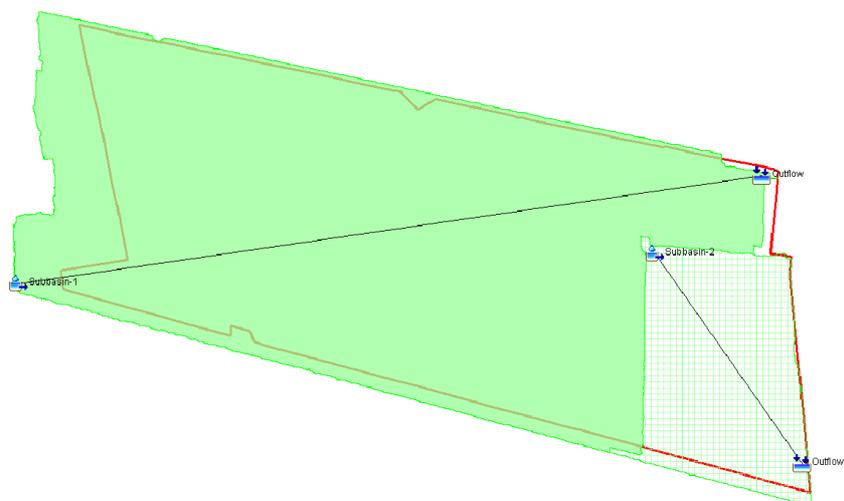


Figura 23 - Impostazione dei bacini nel modello Hec-Hms

Di seguito si riepilogano i principali risultati ottenuti dalla modellazione idrologica effettuata, ossia pioggia effettiva, portata massima e volume totale di deflusso sia per la distribuzione di Gumbel, sia per il Rapporto VAPI.

I. Risultati per la distribuzione Gumbel

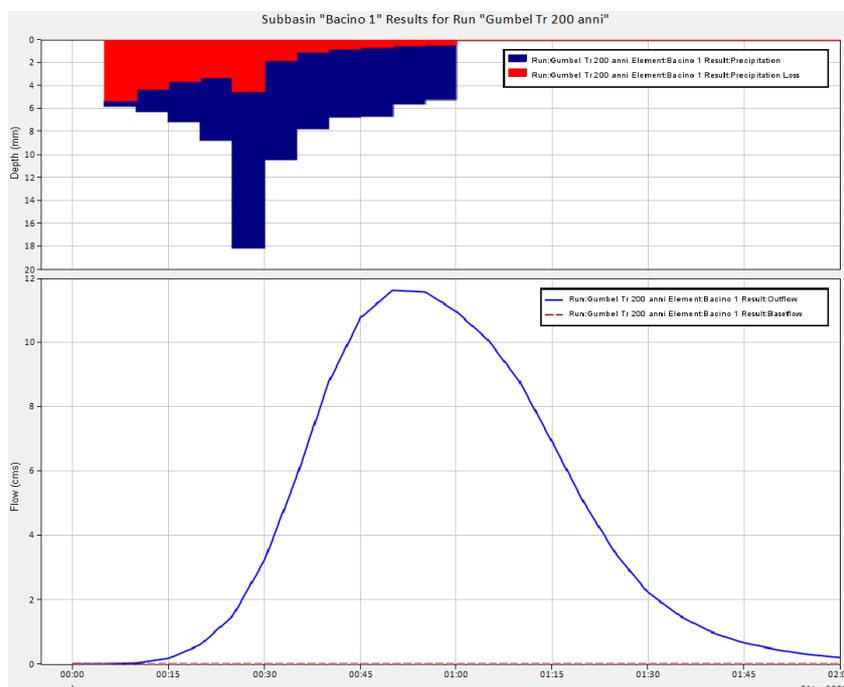


Figura 20 - Ietogramma e Idrogramma per il bacino 1, distribuzione di Gumbel

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

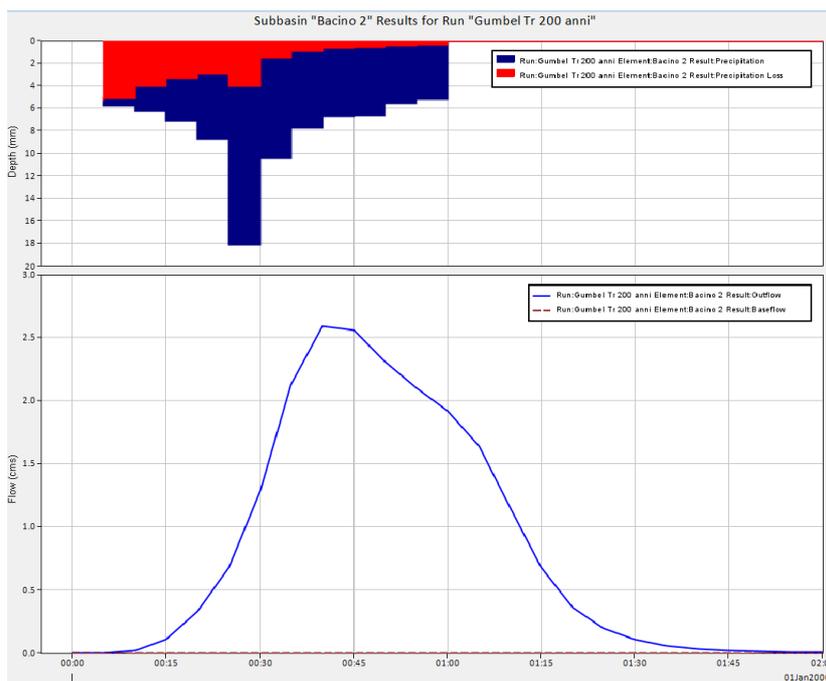


Figura 21 - Ietogramma e Idrogramma per il bacino 2, distribuzione di Gumbel

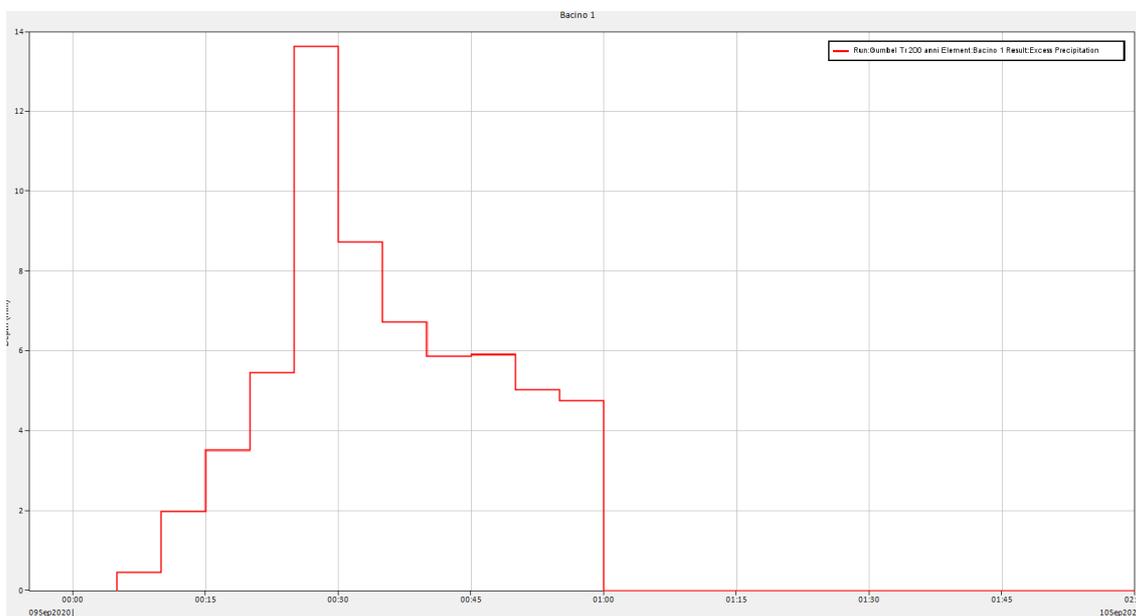


Figura 22 - Ietogramma pioggia effettiva per il bacino 1, distribuzione di Gumbel

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

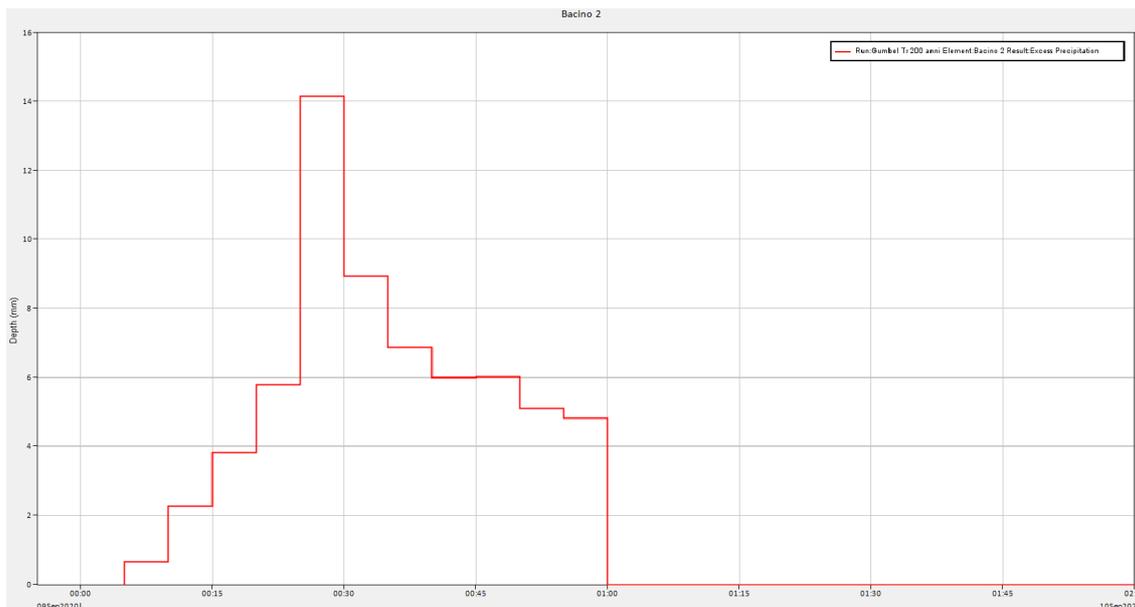


Figura 23 - Ietogramma pioggia effettiva per il bacino 2, distribuzione di Gumbel

	Area [km ²]	Portata [m ³ /s]	Volume *1000 [m ³]	P _e [mm]
Bacino 1	0.51	11.6	31.7	62
Bacino 2	0.09	2.6	6.1	64

Tab. 12 Riepilogo dei risultati principali della modellazione idrologica, distribuzione di Gumbel

II. Risultati secondo il Rapporto VAPI

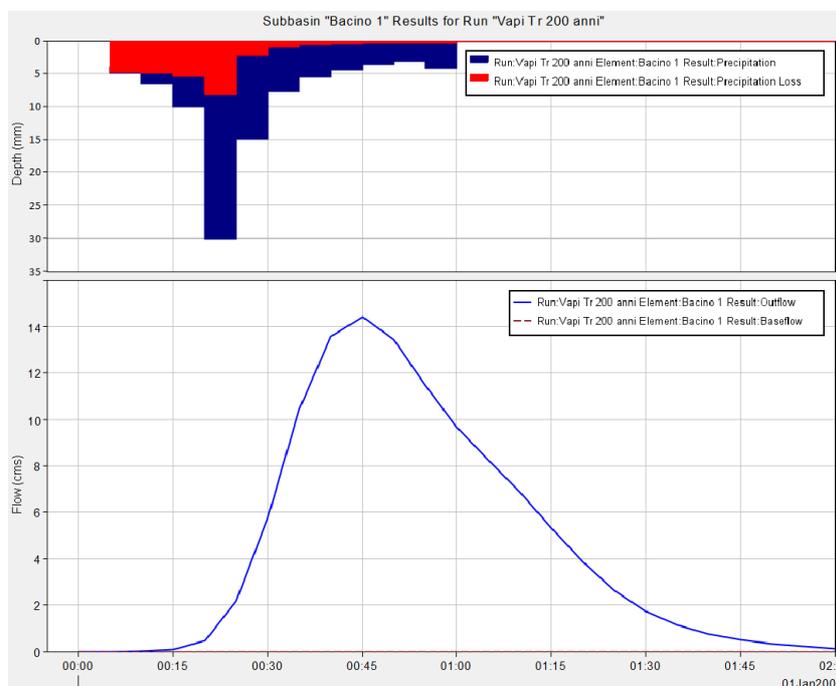


Figura 24 - Ietogramma e Idrogramma per il bacino 1, rapporto VAPI

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

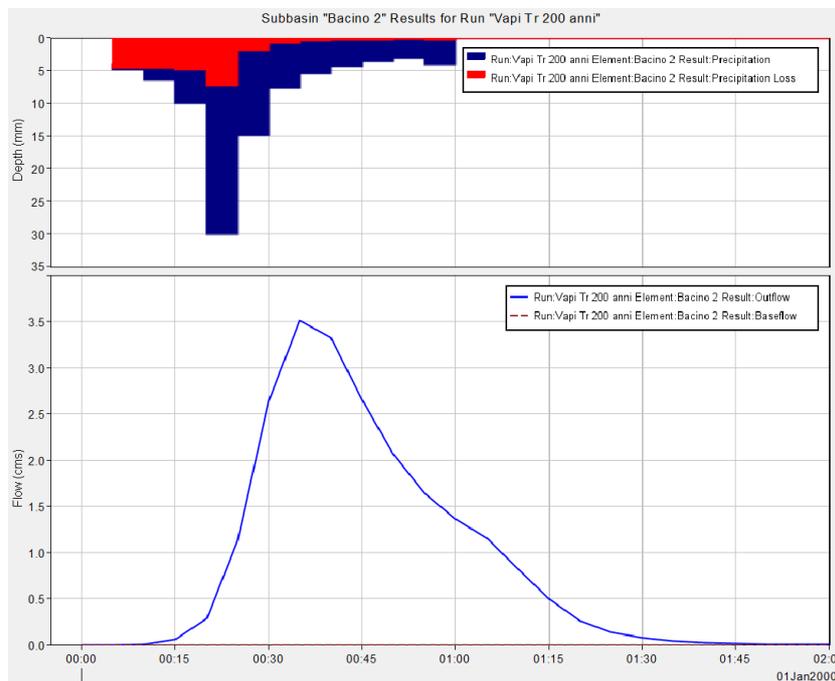


Figura 25 - Ietogramma e Idrogramma per il bacino 2, rapporto VAPI

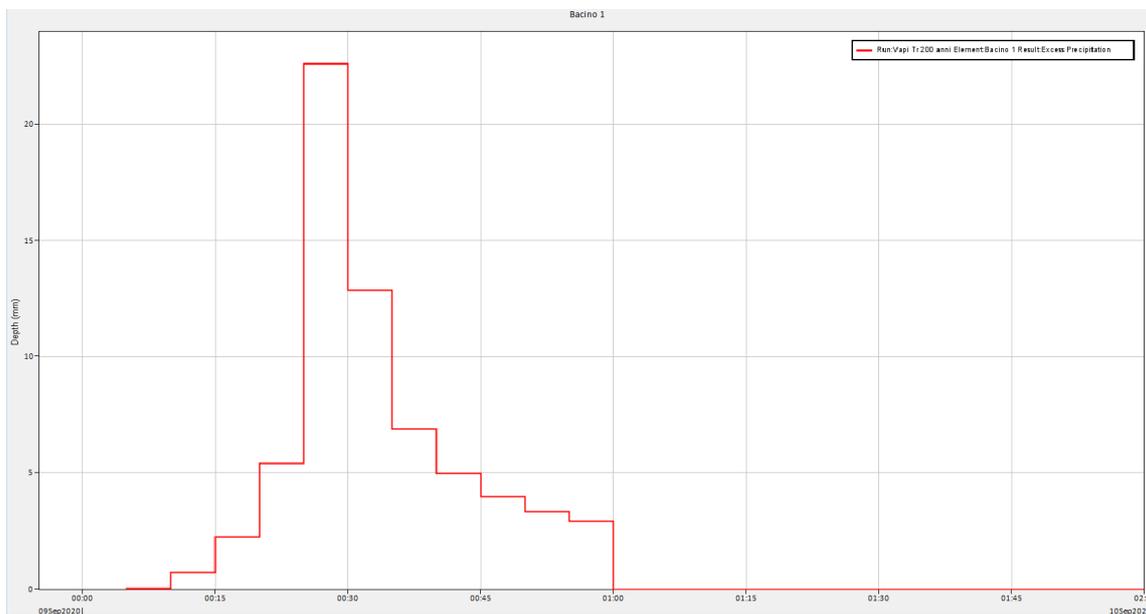


Figura 30 - Ietogramma pioggia effettiva per il bacino 1, Rapporto VAPI

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

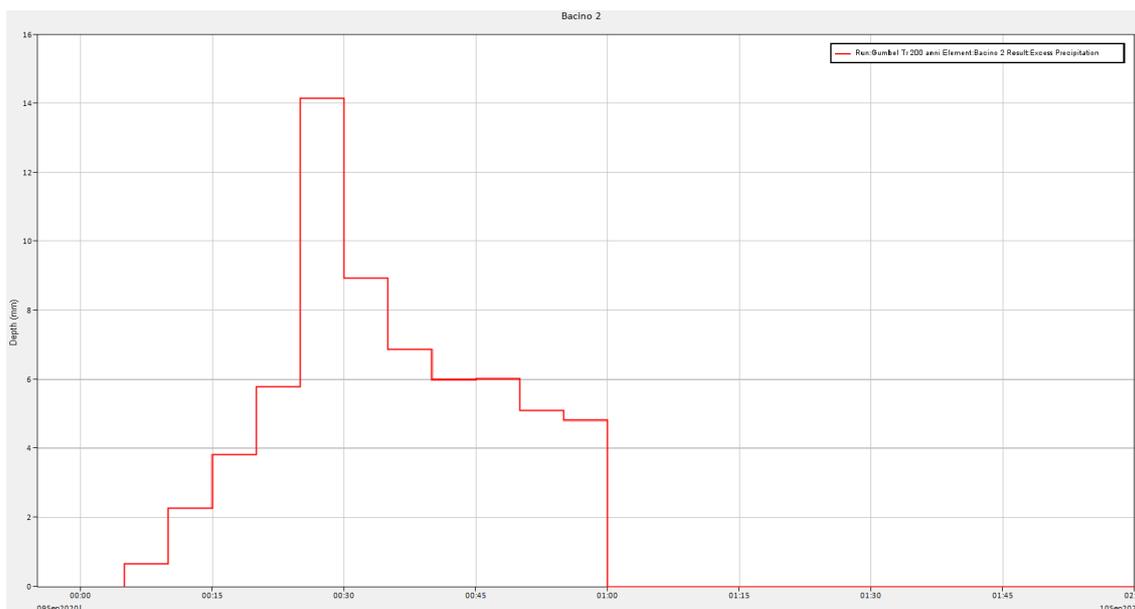


Figura 31 - Ietogramma pioggia effettiva per il bacino 2, Rapporto VAPI

	Area [km ²]	Portata [m ³ /s]	Volume *1000 [m ³]	P _e [mm]
Bacino 1	0.51	14.4	33.9	66
Bacino 2	0.09	3.5	6.5	69

Tab. 13 Riepilogo dei risultati principali della modellazione idrologica, rapporto VAPI

7 MODELLO IDRAULICO

7.1 INTRODUZIONE

Come già in precedenza specificato, a ovest della zona di studio non è presente alcun canale inciso sul terreno (Reticolo 2) mentre per il Reticolo 1 non si può definire una direzione preferenziale di deflusso. Pertanto per la modellazione idraulica si è scelto di fare una modellazione con la pioggia distribuita uniformemente sui due bacini.

In questo modo è possibile valutare: la propagazione del deflusso in tutto il terreno, le zone di allagamento, i battenti idrici e il tempo di permanenza dell'acqua nella zona al termine dell'evento di pioggia.

Per questo tipo di modellazione idraulica si è scelto di usare il software Hec-Ras.

7.2 MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE IN HEC-RAS

Il modello di simulazione implementato da HEC-RAS (River Analysis System) presso l'Hydrologic Engineering Center dell'United States Army Corps of Engineers, con le funzionalità di simulazione della propagazione dei deflussi permette di eseguire la modellazione 2D e 1D/2D combinata. L'algoritmo di modellazione del moto bidimensionale in HEC-RAS ha le seguenti caratteristiche:

1. **Modellazione combinata 1D e 2D:** La possibilità di eseguire una modellazione combinata 1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario permette all'utente di lavorare su schemi fluviali più complessi, utilizzando la modellazione 1D per l'asta fluviale principale e la modellazione 2D nelle zone esterne che lo richiedono per modellare in modo fedele la propagazione dei deflussi.
2. **Equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D:** Il programma risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda che quelle complete di Saint Venant. Questa opzione è selezionabile dall'utente, offrendo quindi una maggiore flessibilità. In generale, le equazioni di diffusione dell'onda in 2D consentono al software di funzionare più velocemente garantendo inoltre una maggiore stabilità. Le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant sono applicabili a una gamma più ampia di problemi, ma la grande maggioranza delle situazioni può essere modellata con sufficiente precisione con le equazioni di diffusione dell'onda 2D. Dal momento che l'utente può facilmente cambiare il set di equazioni, ognuna di esse può essere provata per un dato problema per verificare il metodo più adatto.
3. **Algoritmo implicito di soluzione ai volumi finiti:** Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale utilizza un algoritmo implicito ai volumi finiti. L'algoritmo implicito di soluzione consente di utilizzare passi temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti fornisce una misura dei miglioramenti in termini di stabilità e robustezza rispetto alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi a elementi finiti. Il processo di allagamento di aree secche e di completo svuotamento di aree allagate viene simulato in maniera molto robusta con l'algoritmo di soluzione ai volumi finiti in HEC-RAS. Le aree a deflusso 2D possono iniziare completamente asciutte e gestire un improvviso afflusso di acqua nella zona. Inoltre, l'algoritmo può gestire regimi di corrente lenti, veloci e misti (la corrente passa attraverso l'altezza critica, come per esempio in un risalto idraulico).

4. **Algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D:** Gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente accoppiati nello stesso passo temporale di calcolo con un'opzione per iterare i trasferimenti di massa 1D e 2D in un passo temporale. Questa permette una perfetta coerenza a ogni passo temporale tra i modelli 1D e 2D. Ad esempio, se un fiume è modellato in 1D, ma l'area dietro un argine è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine o eventualmente attraverso una breccia nell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'equazione dello stramazzo è utilizzata per calcolare il deflusso al di sopra dell'argine o attraverso la breccia. In ogni passo temporale l'equazione di moto utilizza i risultati 1D e 2D per calcolare il flusso consentendo il calcolo preciso della sommersione delle aperture, in ogni passo temporale considerando la variazione di livelli che si ha nei due elementi. Inoltre il deflusso si può invertire (dall'area 2D al tronco 1D) una volta che la piena è passata e i tiranti nel fiume si riducono.
5. **Maglie computazionali strutturate o non strutturate:** Il software è stato progettato per utilizzare maglie computazionali non strutturate, ma può anche gestire maglie strutturate. Una maglia strutturata è trattata allo stesso modo di una maglia non strutturata, con la differenza che il software sfrutta le celle che sono ortogonali tra di loro (questo semplifica alcuni dei calcoli richiesti). Ciò significa che le celle calcolate possono essere triangoli, quadrati, rettangoli, o addirittura elementi a cinque e a sei facce (il modello è limitato agli elementi con più di otto lati). La maglia può essere un misto di celle di diverse forme e dimensioni. Il contorno esterno della maglia di calcolo è definito con un poligono. Le celle di calcolo che formano il limite esterno della maglia possono avere linee multi-point molto dettagliate che rappresentano le facce esterne di ciascuna cella. La maglia di calcolo non deve essere ortogonale ma se la maglia è ortogonale la discretizzazione numerica è semplificata e più efficiente.
6. **Tabella dettagliata delle proprietà idrauliche per le celle di calcolo:** Ogni cella e ogni faccia della cella per tutta la maglia di calcolo è pre-elaborata al fine di sviluppare dettagliate tabelle di proprietà idrauliche basate sul DTM utilizzato nel processo di modellazione.

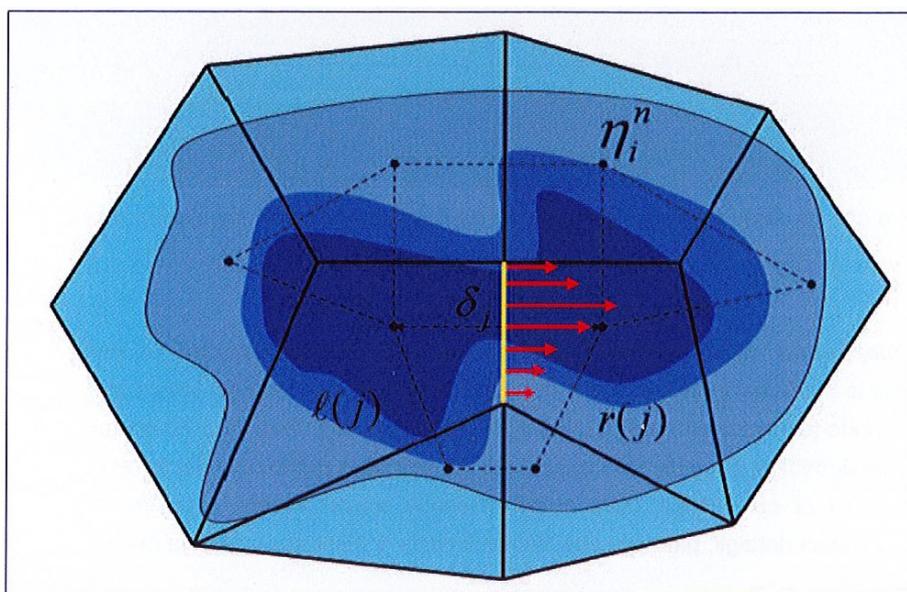


Figura 26 - Rete di calcolo non strutturata con i dati dettagliati del modello digitale del terreno

7. In **Figura 32** è illustrato un esempio di maglia di calcolo sovrapposta ai dati del terreno. Le celle computazionali sono rappresentate dalle linee nere spesse. I centri di calcolo delle celle sono rappresentati dai nodi neri e sono i punti in cui viene calcolata per ogni cella il livello idrico e la portata. La curva altezza/volume per ogni cella si basa sui dati del terreno sottostante (DTM). Ogni faccia della cella è una sezione trasversale dettagliata basata anch'essa sul terreno sottostante. Questo metodo di rappresentazione delle celle permette all'acqua di spostarsi tra le celle in base ai dati del terreno. Pertanto un piccolo canale che attraversa le celle e le cui dimensioni sono molto più piccole della dimensione delle celle viene comunque rappresentato tramite la curva altezza/volume delle celle oltre che dalle proprietà idrauliche delle facce tra le celle. Ciò significa che l'acqua scorre tra le celle più grandi ma comunque il deflusso è condizionato dalle caratteristiche del canale. L'esempio illustrato in **Figura 33** presenta canali che sono più piccoli della dimensione media della cella utilizzata per modellare la zona. Tuttavia, come illustrato, il deflusso avviene attraverso i piccoli canali in funzione delle proprietà idrauliche del canale. Il deflusso rimane nei canali fino a quando la portata non è tale da causare la tracimazione delle sponde e quindi il deflusso si riversa nelle aree adiacenti.

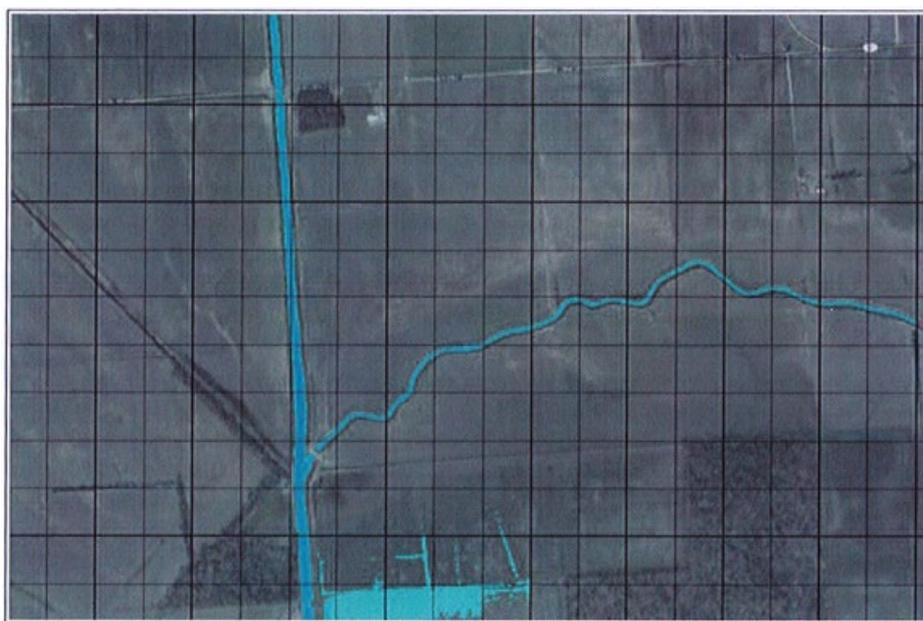


Figura 27 - Esempio che mostra i vantaggi di utilizzare un approccio basato sulla variabilità del DTM all'interno della cella

- 8. Dettagliata mappatura dello scenario degli allagamenti con animazioni:** La perimetrazione delle aree allagabili così come le animazioni dello scenario degli allagamenti in funzione del tempo può essere fatta all'interno di HEC-RAS utilizzando le funzionalità di RAS - Mapper. La mappatura delle aree 2D allagate si basa sul DTM, ciò significa che la reale superficie bagnata sarà basata sui dettagli della morfologia del terreno sottostante e non sulla dimensione della cella di calcolo. Le celle quindi possono anche essere parzialmente bagnate/asciutte. La mappatura rifletterà questi dettagli, piuttosto che essere limitata a mostrare una cella di calcolo come tutta bagnata o tutta asciutta.

7.3 IMPLEMENTAZIONE MODELLO IDRAULICO IN HEC-RAS

Per il modello idraulico si è presa in considerazione la condizione più sfavorevole delle piogge, e quindi la pioggia netta che è risultata dall'analisi regionale (VAPI).

Per la modellazione si è inoltre utilizzato un modello digitale del terreno con il dettaglio 1x1 m e quindi con un'accuratezza tale da consentire una modellazione bidimensionale estremamente corretta. Per quanto riguarda gli attraversamenti sotto la ferrovia si è modificato il modello digitale del terreno con le dimensioni reali ricavate durante il sopralluogo e il rilevamento topografico.

Per le condizioni al contorno dell'area a deflusso bidimensionale si è utilizzato lo ietogramma di pioggia netta ottenuto dal modello idrologico Hec-Hms (**Figura 31**), distribuito in maniera uniforme sull'intera area e in uscita la pendenza del fondo del canale.

La modellazione è stata effettuata per una durata di 48 ore dall'inizio della pioggia.

7.3.1 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

Sulla base dei modelli realizzati, come descritti e mostrati in precedenza, sono state eseguite le simulazioni idrauliche, per eventi di pioggia aventi tempo di ritorno pari a 200 anni. Si riportano di seguito le immagini delle simulazioni idrauliche eseguite, sia in termini di altezza del tirante idrico che di velocità della corrente.

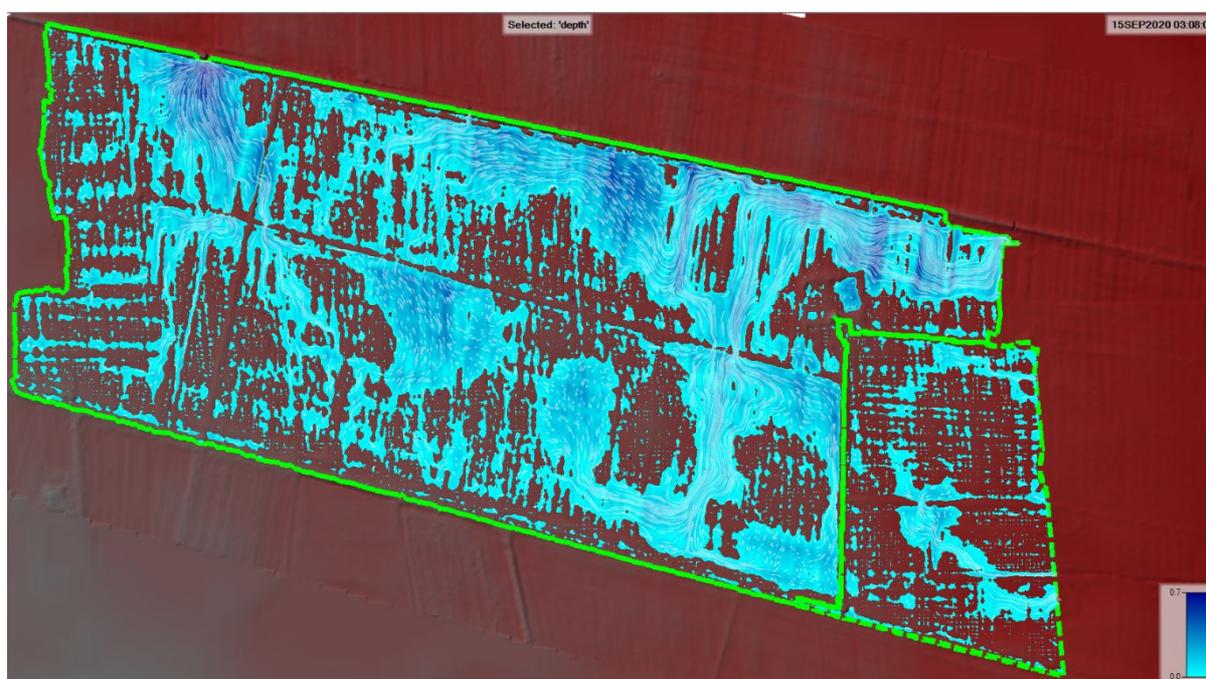


Figura 34 - Direzione del flusso superficiale nell'area di impianto

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

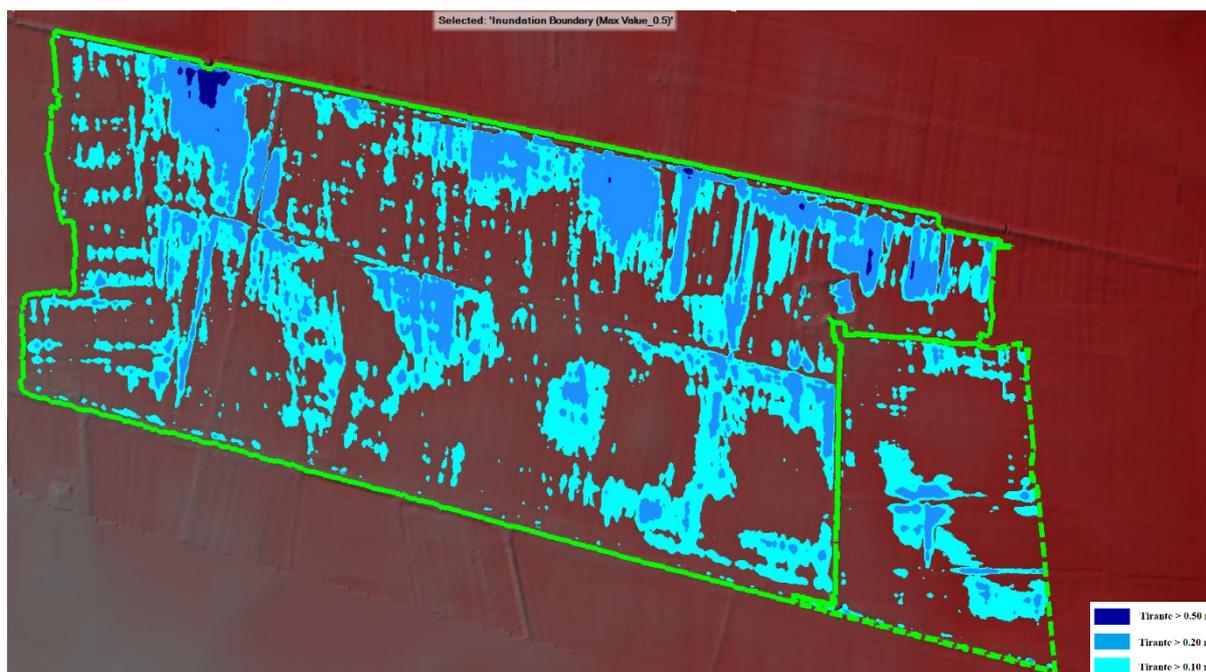


Figura 35 - Massimo tirante idrico nei bacini: per un maggiore dettaglio fare riferimento all'elaborato grafico EG.28.02

Il massimo tirante idrico che si riscontra nell'area è di 0,7 m, in particolare in corrispondenza degli attraversamenti 1 e 3 (colore blu scuro). I valori più elevati del tirante, tuttavia, sono limitati a poche aree: infatti, come si può notare dalla **Figura 35**, le zone con tirante idrico maggiore di 0,2 m (evidenziate in colore blu) sono ridotte rispetto all'intera estensione dell'area. La maggior parte delle aree hanno un tirante compreso tra 0,1 m e 0,2 m (in ciano).

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

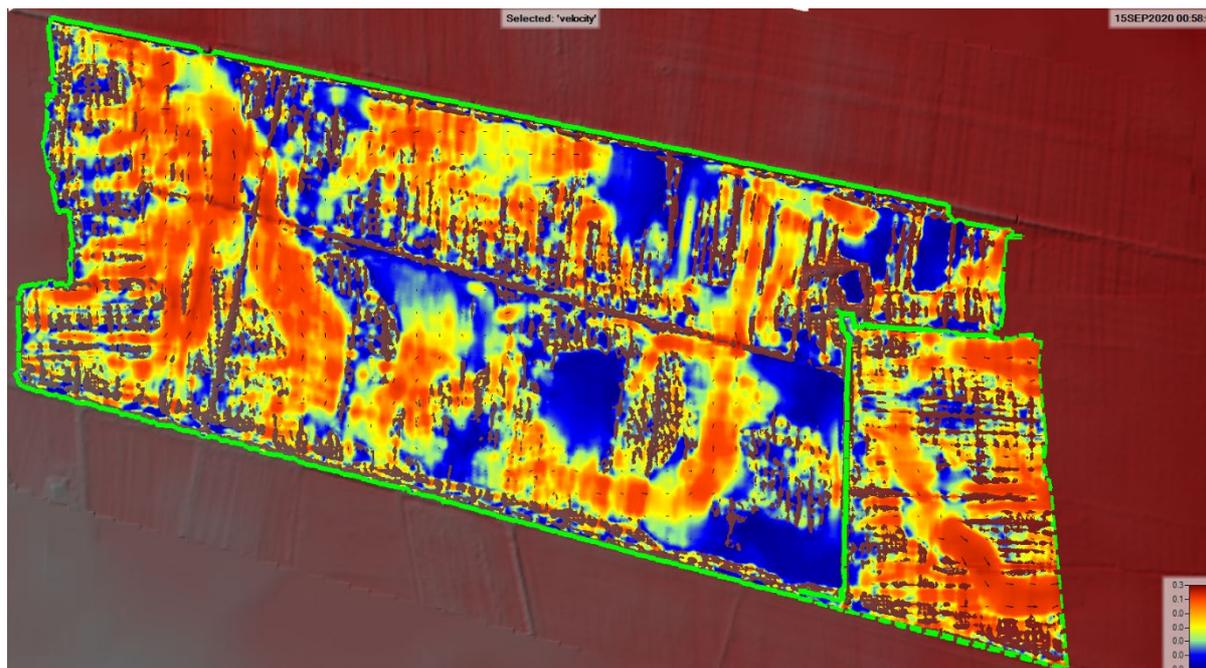


Figura 36 - Velocità massima raggiunta nell'area di interesse

Il valore massimo di velocità del flusso rilevato è di 0,3 m/s.

Si riportano di seguito delle immagini di dettaglio in corrispondenza degli attraversamenti:

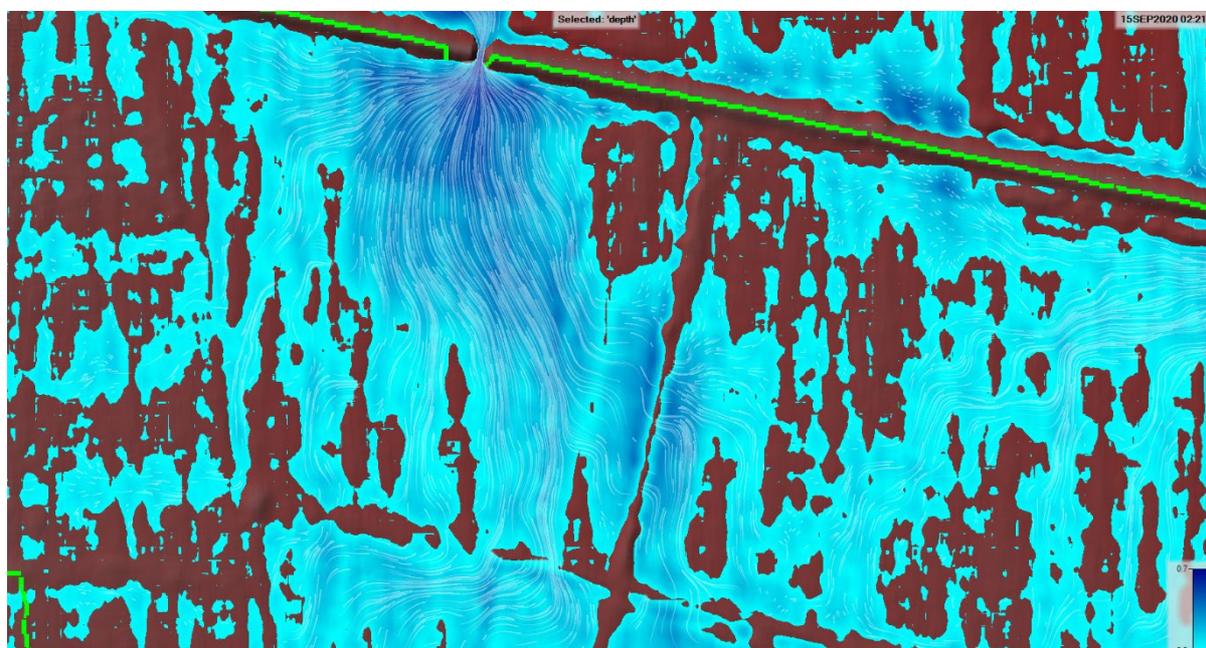


Figura 28 - Tirante idrico massimo sotto l'Attraversamento 1

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

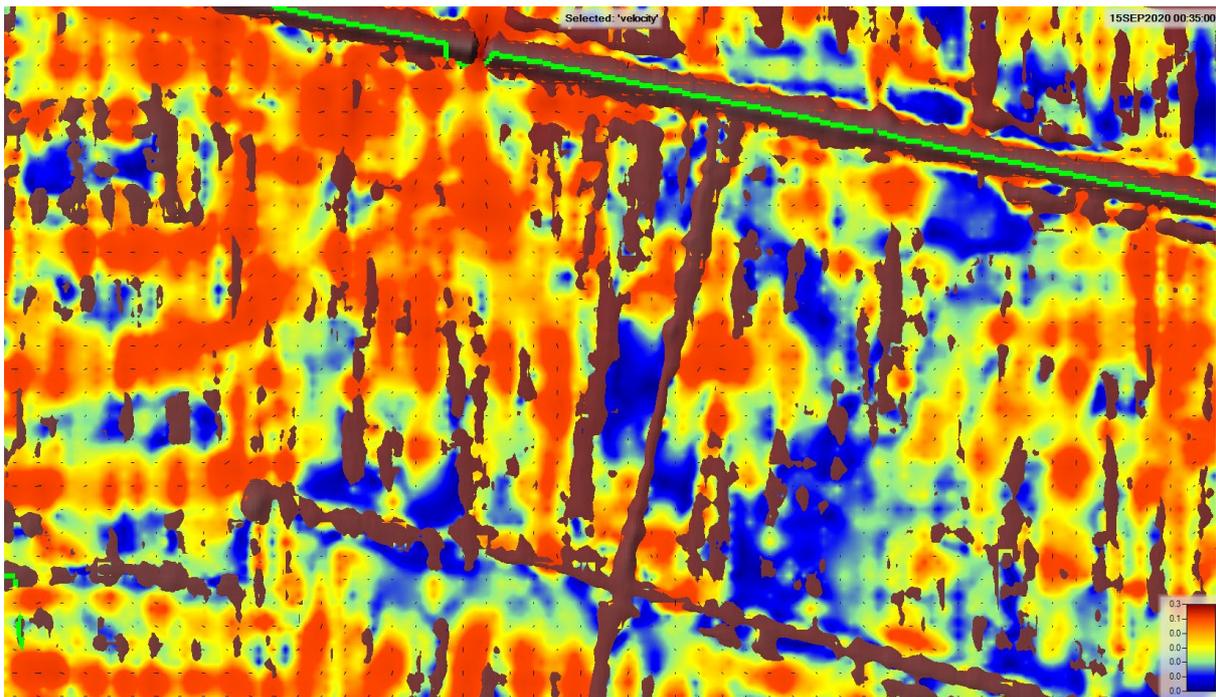


Figura 29 - Velocità massima di deflusso sotto l'Attraversamento 1

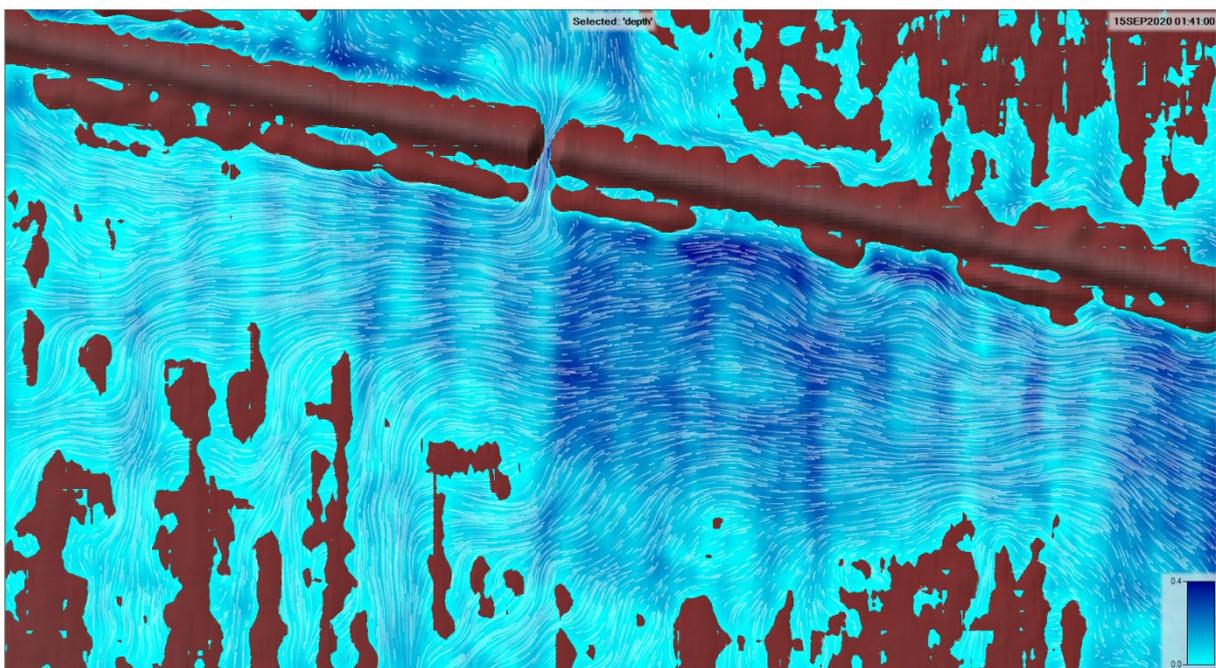


Figura 30 - Tirante idrico massimo sotto l'Attraversamento 2

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

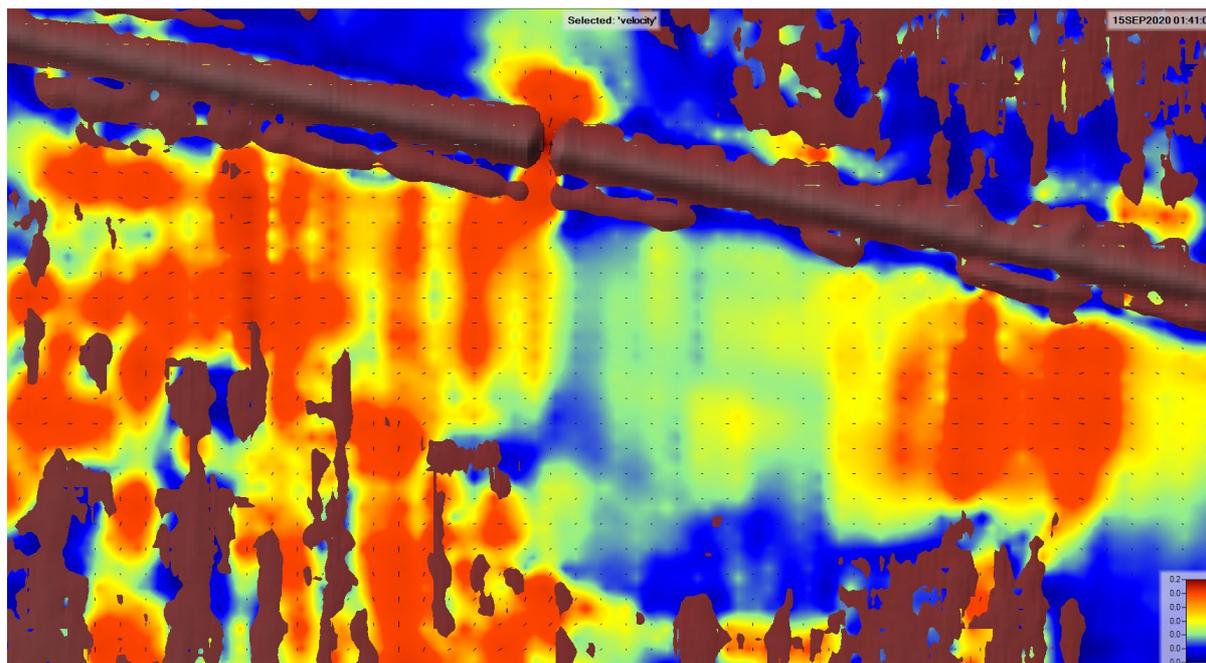


Figura 40 - Velocità massima di deflusso sotto l'Attraversamento 2

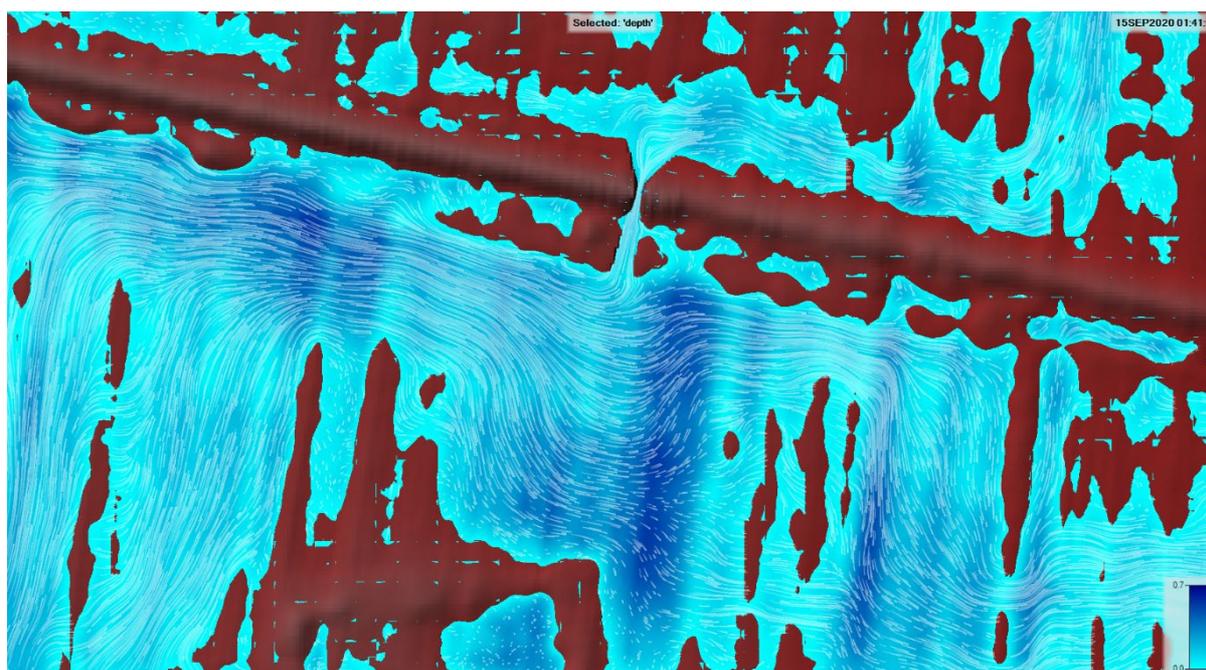


Figura 31 - Tirante idrico massimo sotto l'Attraversamento 3

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

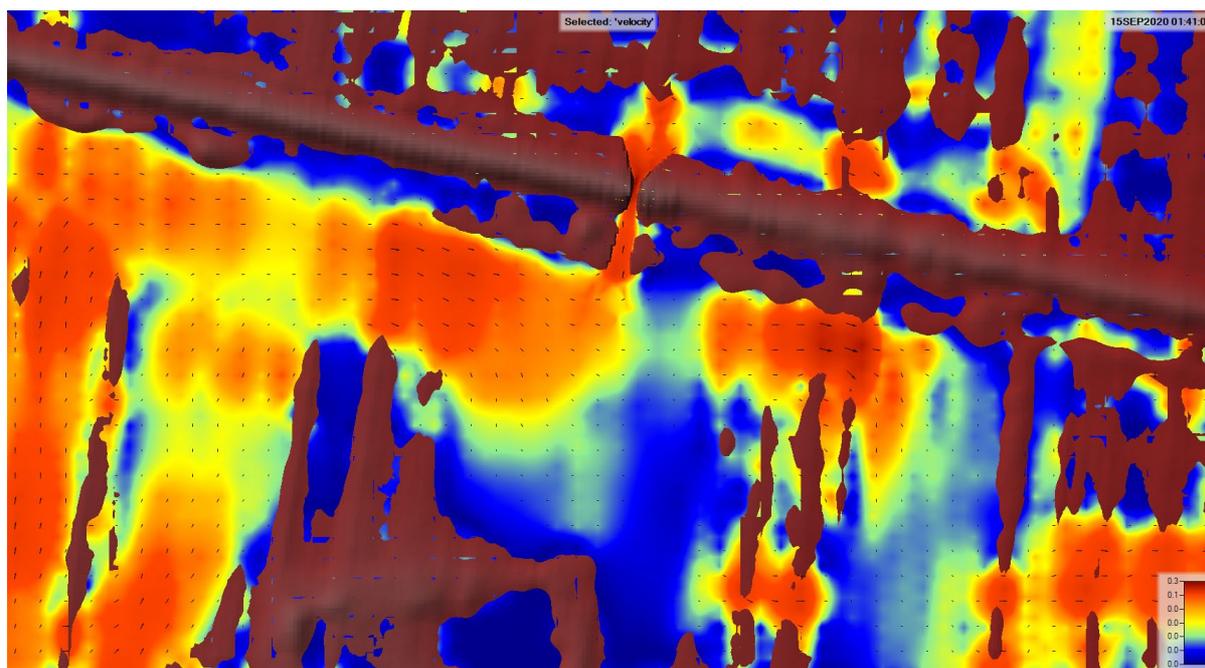


Figura 32 - Velocità massima di deflusso sotto l'Attraversamento 3

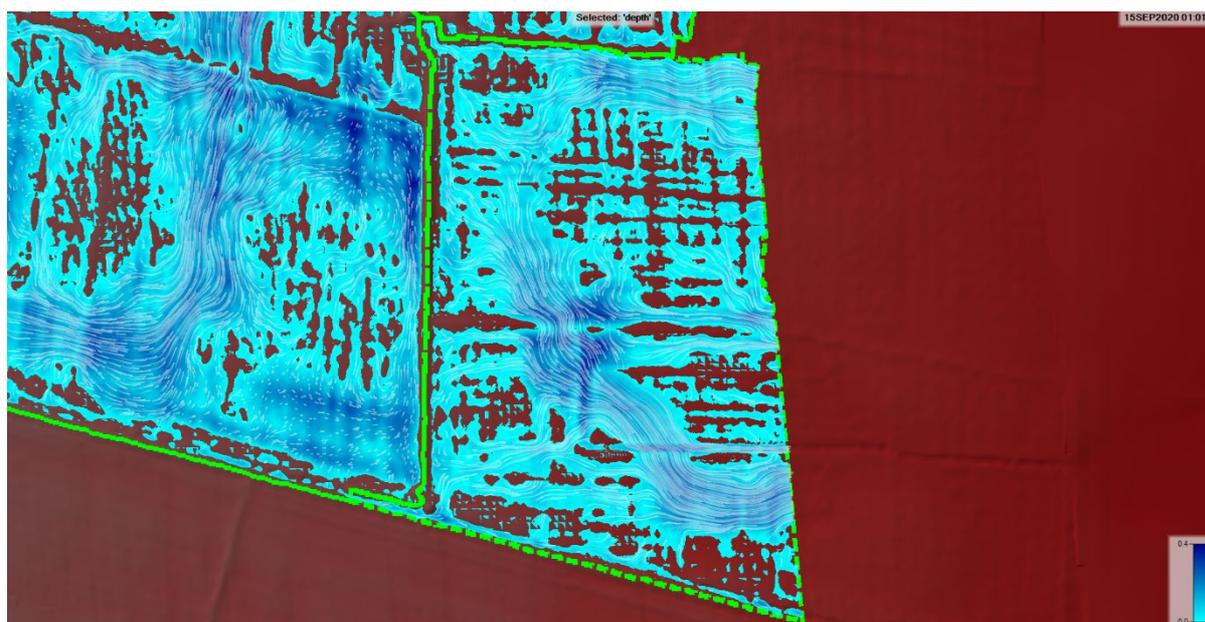


Figura 33 - Particolare direzione del deflusso superficiale nel bacino 2

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

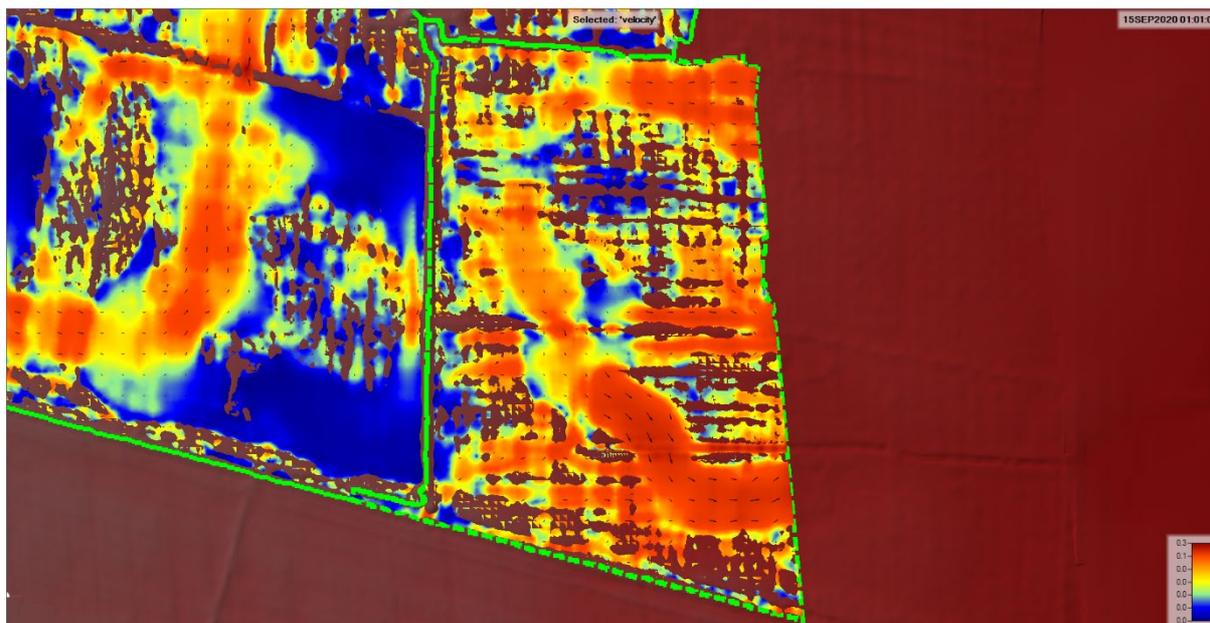


Figura 34 - Particolare velocità massima raggiunta nel bacino 2

Si riporta di seguito il risultato della simulazione dopo 48 ore dall'evento di pioggia:

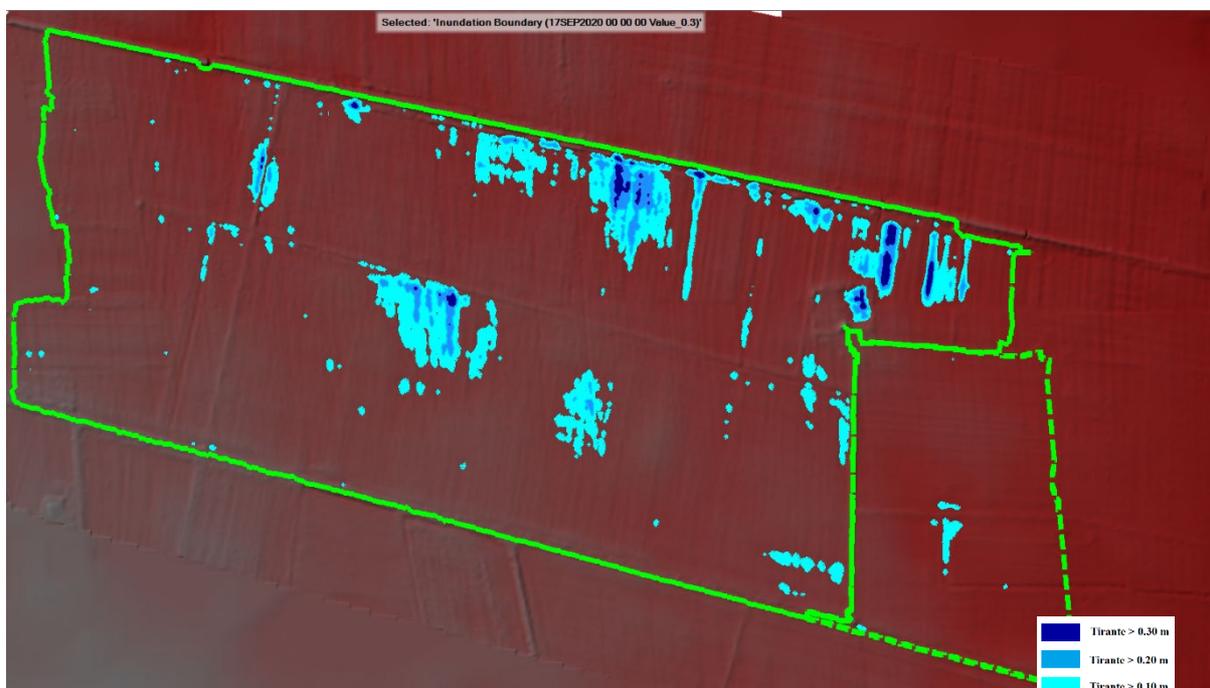


Figura 35 - Tirante idrico 48 ore dopo l'evento di pioggia

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

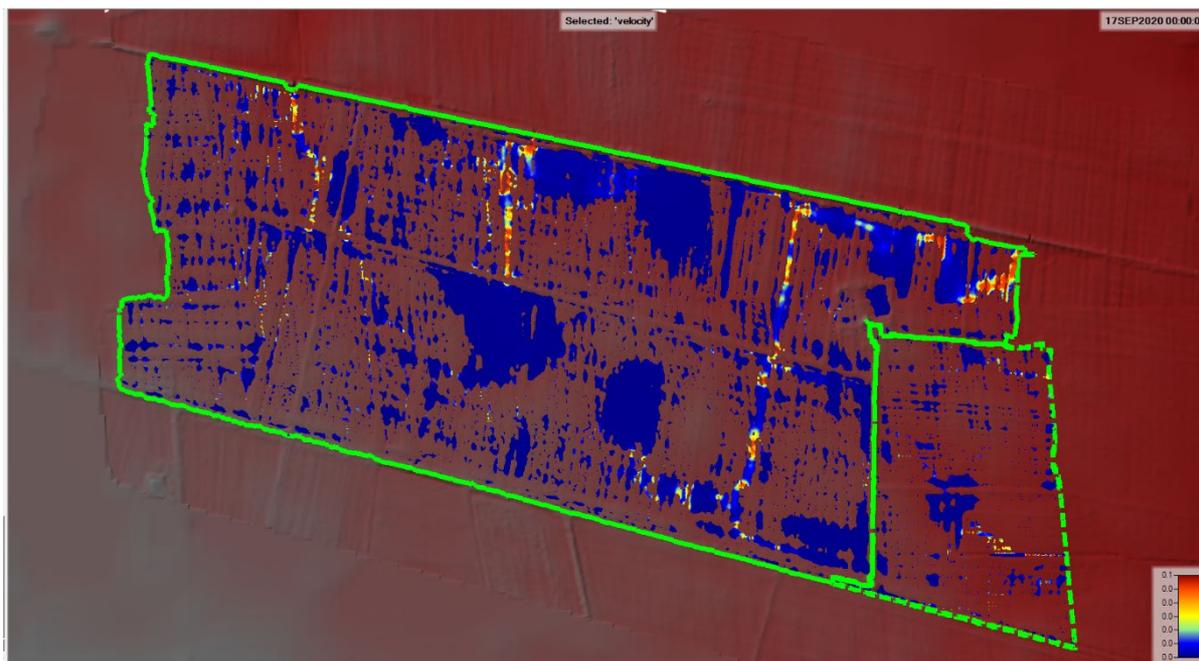


Figura 36 - Velocità di deflusso 48 ore dopo l'evento di pioggia

Il tirante idrico massimo dopo 48 ore dall'evento di pioggia è pari a 0,3 m concentrati in particolare nei pressi dei punti di uscita (attraversamenti). Il valore massimo di velocità è invece pari a 0,1 m/s, anche in questo caso in corrispondenza degli attraversamenti. Dalle due precedenti immagini si possono notare anche zone con velocità nulle e tirante pari a 0,10 m. Si tratta di zone di avvallamento in cui l'acqua non defluisce superficialmente ma viene smaltita per infiltrazione nel terreno, contributo quest'ultimo non considerato nella modellazione (approccio conservativo). Pertanto, nel caso reale si assume che in queste zone i tiranti possano essere ancora più bassi dei valori indicati.

Progettazione :

8 MITIGAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

Premesso che il terreno dell'area di impianto è soggetto a modifiche e movimentazione da parte degli agricoltori (aratura), tali da aver reso nel tempo non più leggibile il reticolo in area nord ed appena leggibile il reticolo in area sud-est, lo studio condotto ha permesso di evidenziare l'esistenza di fenomeni di allagamento con scarsa propensione al trasporto liquido per eventi di pioggia estremi con tempo di ritorno pari a 200 anni e la totale compatibilità delle opere in progetto con il P.A.I..

Le opere in progetto non ostacolano il libero deflusso delle acque: i moduli fotovoltaici saranno sostenuti da strutture su pali infissi nel terreno e la quota del lembo inferiore dei moduli, valutata nella massima condizione di inclinazione rispetto all'orizzontale, sarà in ogni caso superiore al massimo tirante idrico che si instaura localmente per l'evento estremo considerato (pioggia duecentennale), sulla base delle risultanze del presente studio.

La tipologia di opere in progetto non limita l'infiltrazione del terreno: le opere non determinano una sottrazione di superficie permeabile e l'acqua piovana intercettata dai moduli ricade subito sul suolo posto al di sotto dei moduli stessi. Le caratteristiche del suolo al di sotto dei pannelli non vengono in alcun modo alterate per cui permane la permeabilità originaria della zona.

La recinzione perimetrale sarà realizzata ricorrendo a reti e grigliati completamente permeabili e la base di tali recinzioni sarà posta ad almeno 20 cm al di sopra del piano campagna;

Sempre nell'ottica di mitigare il rischio, il posizionamento delle powerstation (inverter) è stato definito in funzione delle risultanze della modellazione idraulica, individuando aree nelle quali non vi è alcun allagamento determinato dall'evento estremo considerato. Allo stesso modo le apparecchiature saranno posizionate al di sopra della quota di massimo tirante idrico della pioggia duecentennale.

Durante la fase di realizzazione delle opere verranno messe in atto tutte le precauzioni per ridurre il rischio idraulico a persone e cose. In particolare le lavorazioni in cantiere dovranno essere precauzionalmente sospese ad ogni evento di pioggia. A tal proposito, sarà compito del CSP e del CSE inserire specifiche direttive e/o prescrizioni nel PSC a corredo del progetto esecutivo e in fase di cantiere.

Durante la fase di gestione operativa dell'impianto, la presenza di personale per manutenzione programmata/programmabile sarà sporadica e, con il fine di mitigare il rischio, l'accesso all'area di impianto sarà inibito agli operatori in occasione di eventi piovosi.

Con riferimento, invece, al cavidotto in M.T. interrato, in corrispondenza delle interferenze con aree a media e bassa pericolosità idraulica del P.A.I. esso sarà posato al di sotto della sede stradale esistente, con ripristino delle condizioni ex-ante (invariante).

In corrispondenza dell'intersezione con i canali di reticolo idrografico individuati nello studio, la posa avverrà mediante sottopasso con tecnica "no-dig" (invariante). Le modalità di posa saranno tali da garantire la stabilità delle opere esistenti, al fine di evitare possibili danni causati da eventi meteorici eccezionali e danni alle persone.

Allo stesso modo (sottopasso con tecnica "no-dig") **saranno risolte le intersezioni con i corsi d'acqua episodici e con un** recapito finale di bacino endoreico individuato in Carta Idrogeomorfologica.

9 CONCLUSIONI

In base a quanto sopra sintetizzato, si può affermare che:

1. gli interventi non modificano le condizioni di funzionalità idraulica e le condizioni di stabilità geomorfologica delle aree interessate né compromettono eventuali futuri interventi di sistemazione idraulica e/o mitigazione del rischio;
2. per la realizzazione delle opere saranno adottati tutti gli idonei accorgimenti tecnici atti ad assicurare che le stesse opere, anche se esposte alla eventuale presenza d'acqua a seguito di eventi alluvionali e/o allagamento, non subiscano danni e non costituiscano un fattore di rischio per le persone.

In virtù di tali considerazioni si può affermare che la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto **non altera le condizioni di rischio idraulico della zona**. Si può pertanto concludere che la realizzazione dell'intervento in progetto **è compatibile con le N.T.A. del P.A.I. della Regione Puglia**.

ALLEGATO

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

REGIONE PUGLIA														
SEZIONE PROTEZIONE CIVILE														
Centro Funzionale Decentrato														
SAN PANCRAZIO SALENTINO														
latitudine 40° 25' 6,74" N							longitudine 17° 50' 23,39" E							
ANNO	Max intensità			1 ORA		3 ORE		6 ORE		12 ORE		24 ORE		
	mm	data	minuti	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	
1957	61.8	6-ott	2	40.2	6-ott	69.0	6-ott	77.2	6-ott	96.0	6-ott	103.0	6-ott	
1958	19.6	23-mag	15	26.4	7-nov	32.8	14-giu	41.2	26-nov	53.8	7-nov	61.0	11-nov	
1960	13.6	23-nov	10	57.0	9-feb	82.0	9-feb	110.4	9-feb	143.0	9-feb	175.0	9-feb	
1962	8.4	8-ott	5	30.4	18-ott	32.0	18-ott	37.0	11-mar	38.0	11-mar	58.6	14-mar	
1963	>>	>>	>>	36.4	4-ott	39.4	4-ott	39.6	4-ott	49.6	4-ott	53.2	4-ott	
1964	27.6	5-ott	20	34.2	5-ott	45.4	1-nov	46.0	1-nov	63.4	1-nov	80.4	11-nov	
1965	>>	>>	>>	11.0	23-set	17.2	23-set	19.2	11-dic	32.6	11-dic	44.2	11-dic	
1967	31.6	8-lug	40	32.4	8-lug	32.4	8-lug	32.4	8-lug	32.4	8-lug	37.4	30-nov	
1968	35.0	9-dic	30	47.8	9-dic	98.2	9-dic	104.0	9-dic	105.0	8-dic	105.0	8-dic	
1969	30.0	11-set	30	45.2	11-set	51.2	11-set	55.2	11-set	58.8	11-set	76.0	11-set	
1970	30.4	28-mag	30	45.0	17-set	52.8	17-set	56.4	17-set	56.4	17-set	74.2	17-ott	
1972	30.0	20-lug	45	31.4	25-ago	50.0	3-ott	80.0	2-ott	97.6	2-ott	120.8	2-ott	
1973	10.2	8-ott	10	23.0	1-dic	29.4	1-dic	41.0	30-mar	52.4	30-mar	59.2	30-mar	
1974	56.6	13-ott	45	60.0	13-ott	62.2	13-ott	65.0	13-ott	65.4	13-ott	75.6	13-ott	
1975	26.8	13-ott	30	53.4	13-ott	82.0	13-ott	82.0	13-ott	82.0	13-ott	82.0	13-ott	
1976	17.0	31-ago	30	17.2	31-ago	36.6	19-nov	61.0	19-nov	86.0	18-nov	110.4	18-nov	
1977	41.4	3-set	30	41.6	3-set	43.6	3-set	45.4	3-set	46.6	3-set	47.4	1-apr	
1978	30.0	21-ott	50	30.6	21-ott	31.2	21-ott	31.2	21-ott	40.6	20-ott	42.2	20-ott	
1979	18.4	20-giu	15	20.0	20-giu	20.4	20-giu	22.2	4-nov	41.6	3-nov	79.0	3-nov	
1980	40.0	9-nov	30	52.0	9-nov	113.0	9-nov	123.0	9-nov	124.2	9-nov	124.8	9-nov	
1981	45.0	14-ago	20	57.0	14-ago	65.6	14-ago	65.6	14-ago	73.8	13-ago	99.0	14-ago	
1982	18.4	7-ott	15	23.6	7-ott	27.0	22-mar	38.8	28-nov	51.6	28-nov	66.2	28-nov	
1983	18.0	14-ago	15	23.0	14-ago	25.0	8-dic	36.8	8-dic	51.4	8-dic	66.2	8-dic	
1985	13.0	22-ott	10	33.8	22-ott	38.0	22-ott	50.0	21-ott	58.6	21-ott	73.4	21-ott	
1987	18.0	11-ott	12	28.6	15-nov	48.6	15-nov	57.4	15-nov	94.0	15-nov	94.8	15-nov	
1989	30.0	12-set	12	48.8	12-set	48.8	12-set	48.8	12-set	48.8	12-set	49.0	12-set	
1990	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	41.8	14-nov	68.8	14-nov	
1991	26.0	23-set	15	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	
1992	12.4	20-giu	10	21.6	20-giu	33.8	3-lug	43.2	3-lug	58.4	3-lug	61.2	3-lug	
1993	>>	>>	>>	>>	>>	61.2	14-mag	72.2	14-mag	72.4	14-mag	85.2	14-mag	
1994	>>	>>	>>	>>	>>	25.6	20-gen	32.6	20-gen	40.0	20-gen	48.2	20-gen	
1996	40.0	3-set	15	45.8	3-set	63.2	8-ott	104.4	8-ott	139.4	8-ott	139.8	8-ott	
1997	45.0	3-set	30	6.8	24-set	5	36.0	24-set	64.4	23-nov	88.0	23-nov	89.8	23-nov
1997	19.0	24-set	15	26.0	24-set	30								
1998	7.2	20-ago	5	37.4	20-ago	41.2	15-lug	41.8	15-lug	48.2	22-nov	74.6	22-nov	
1998	18.0	20-ago	15											
1998	29.0	15-lug	30											
1999	10.2	21-ott	5	72.8	21-ott	105.4	21-ott	105.6	21-ott	105.6	21-ott	105.6	21-ott	
1999	23.8	21-ott	15											
1999	39.2	21-ott	30											
2000	10.4	2-ott	5	26.8	2-ott	40.2	2-ott	69.8	2-ott	81.6	2-ott	92.6	2-ott	
2000	18.6	2-ott	15											
2000	23.8	2-ott	30											
2001	8.2	25-ott	5	27.2	25-ott	28.2	25-ott	28.2	25-ott	28.6	25-ott	47.0	25-ott	
2001	21.4	25-ott	15											
2001	25.6	25-ott	30											
2002	11.4	30-lug	5	39.2	29-ago	39.2	29-ago	41.0	29-ago	41.2	29-ago	41.2	10-mar	
2002	20.0	30-lug	15									41.2	28-ago	
2002	30.2	30-lug	30											
2003	7.2	2-ago	5	22.4	2-ago	33.8	26-nov	56.0	26-nov	86.6	26-nov	91.0	26-nov	
2003	14.6	2-ago	15											
2003	21.0	2-ago	30											
2004	9.0	26-lug	5	32.6	26-lug	43.8	26-lug	49.2	7-mar	73.8	7-mar	80.6	7-mar	
2004	21.8	26-lug	15											
2004	28.8	26-lug	30											
2005	9.6	5-set	5	62.2	5-set	68.8	5-set	71.2	5-set	71.4	5-set	71.8	5-set	
2005	24.4	5-set	15											

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it

<p style="text-align: center;">REGIONE PUGLIA SEZIONE PROTEZIONE CIVILE <i>Centro Funzionale Decentrato</i> SAN PANCRAZIO SALENTINO</p>													
latitudine 40° 25' 6,74" N				longitudine 17° 50' 23,39" E									
ANNO	Max intensità			1 ORA		3 ORE		6 ORE		12 ORE		24 ORE	
	mm	data	minuti	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data
2006	39.8	5-set	30										
	11.6	5-ago	5	54.2	26-set	67.2	26-set	68.4	26-set	72.6	26-set	85.4	26-set
	23.0	26-set	15										
2007	41.4	26-set	30										
	4.8	9-ott	5	13.8	27-mar	28.2	27-mar	45.8	27-mar	76.0	27-mar	76.6	27-mar
	8.8	8-ott	15										
2008		12-ott	30										
	11.8	12-ott	30										
	10.4	22-lug	5	28.2	17-dic	53.6	17-dic	65.8	17-dic	74.0	17-dic	91.4	17-dic
2009	16.0	22-lug	15										
	21.4	17-dic	30										
	12.4	20-set	5	33.2	2-ott	51.0	2-ott	52.0	2-ott	79.8	2-ott	84.0	2-ott
2010	21.6	20-set	15										
	24.0	20-set	30										
	7.8	20-mag	5	25.4	1-ott	39.6	2-nov	64.8	2-nov	65.0	2-nov	74.6	3-set
2011	18.4	22-nov	15										
	21.0	22-nov	30										
	8.6	5-lug	5	23.0	1-mar	30.2	1-mar	48.8	23-nov	69.0	23-nov	73.2	22-nov
2012	14.2	1-mar	15										
	20.4	1-mar	30										
	11.0	11-set	5	41.4	11-set	43.0	24-lug	54.4	24-lug	62.0	23-lug	62.0	23-lug
2013	28.6	11-set	15										
	39.0	11-set	30										
	7.2	7-ott	5	44	7-ott	101	7-ott	121.4	7-ott	147.4	7-ott	149.6	6-ott
2015	19.6	7-ott	15										
	31.8	7-ott	30										
	7.2	11-ago	5	24.2	24-lug	28.8	22-ott	54.4	21-ott	61.2	21-ott	62.2	21-ott
2016	13.4	24-lug	15										
	20.8	24-lug	30										
	11.2	18-ott	5	39.4	10-set	50.8	10-set	56.8	10-set	61.8	9-set	72.8	9-set
2017	22.0	18-ott	15										
	29.4	10-set	30										
	8.8	10-nov	5	24.0	10-nov	27.2	27-set	30.6	27-set	30.6	27-set	55.6	17-gen
2018	19.0	10-nov	15										
	22.4	10-nov	30										
	14.0	25-nov	5	48.2	24-ago	49.8	24-ago	49.8	24-ago	49.8	24-ago	61.2	28-ott
	27.2	25-nov	15										
	39.0	24-ago	30										

Progettazione :



IA.ING S.r.l.
 Viale Marcello Chiatante, n.60 - 73100 Lecce (LE)
 Tel./Fax. +39 0832 242193 e-mail: info@iaing.it