



# STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Gaetano Rizzuto

Via San Vito, 28 - Cammarata (Ag)

Via San Vito, 28 - Cammarata (Ag)

Cell. 3478429314

Email: gaetano.rizzuto@gmail.com

Pec: gaetanorizzuto@pecgeologidiscilia.it



**TRAPANI SERVIZI SPA**  
GESTIONE INTEGRATA RIFIUTI

COMUNE DI TRAPANI  
PROVINCIA DI TRAPANI

## RELAZIONE IDRAULICA

**OGGETTO: PROGETTO DEFINITIVO DEI LAVORI DI  
COSTRUZIONE DI UN LOTTO DI DISCARICA PER RIFIUTI NON  
PERICOLOSI DENOMINATO "TPS1" DA REALIZZARSI NEL  
COMUNE DI TRAPANI C.DA MONTAGNOLA CUDDIA DELLA  
BORRANEA TRAPANI – CIG Z401DD1F75**

Cammarata, li 25/09/2017.....

IL GEOLOGO  
(Dott. Gaetano RIZZUTO)  
(Dott. Geol.  
RIZZUTO  
GAETANO  
N. 1840)



**COMUNE DI TRAPANI**  
PROVINCIA DI TRAPANI

## **RELAZIONE IDRAULICA**

**OGGETTO: PROGETTO DEFINITIVO DEI LAVORI DI COSTRUZIONE  
DI UN LOTTO DI DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI  
DENOMINATO "TPS1" DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI TRAPANI  
C.DA MONTAGNOLA CUDDIA DELLA BORRANEA TRAPANI –  
CIG Z401DD1F75**

### **1) PREMESSA**

Il sottoscritto Dott. Geol. Gaetano Rizzuto, regolarmente iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n.1640, è stato incaricato dalla Trapani Servizi SPA (Gestione integrata rifiuti), per la "Procedura negoziata, ai sensi dell'art.36 comma 2 lett. b) del D.Lgs 50/2016, per l'incarico di geologo ai fini della determinazione del modello geologico e geotecnico del sottosuolo, necessario alla redazione del progetto definitivo dei lavori di costruzione di un lotto di discarica per rifiuti non pericolosi denominato "TPS1" da realizzarsi nel comune di Trapani, C.da Montagnola Cuddia della Borranea" così come da verbale di gara del 29/06/2015, di redigere la presente relazione che illustra i risultati di uno studio geologico comprendente gli aspetti geomorfologici, idrogeologici e geotecnici dell'area interessata dai lavori di cui all'oggetto ricadente all'interno del territorio comunale di Trapani (Tp).

Il presente studio geologico mira all'ampliamento della discarica per rifiuti non pericolosi, così come definiti all'art. 4 del D.Lgs n.36/2003, sita in località C.da Montagnola Cuddia della Borranea nel Comune di Trapani (TP).

L'area proposta per la realizzazione della nuova vasca della discarica è di proprietà della Trapani Servizi SPA ed è ubicata a Sud-Est delle esistenti vasche.

Come fissato dal Nuovo Testo Unico – Norme Tecniche per le costruzioni, il modello geologico del sito deve essere orientato alla ricostruzione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, alla determinazione della pericolosità geologica del territorio. La Trapani Servizi SPA, con separata gara d'appalto, ha affidato alla Ditta I.M.G.A. s.a.s. del Dott. Pecoraro Calogero di Favara l'esecuzione di una specifica campagna di indagini; i risultati di tali indagini fanno parte integrante del presente studio e sono allegati in calce alla presente.

In rapporto a quanto previsto dal D.Lgs 36/2003, una particolare attenzione è stata posta nell'esame delle condizioni dei terreni di sottosuolo rispetto alla loro idoneità a funzionare come strato di



barriera naturale nei confronti dei rischi di diffusione degli inquinanti.

Per la stesura del presente studio sono stati utilizzati, oltre alle conoscenze personali ed alle informazioni bibliografiche sull'area, i dati derivanti dalla specifica campagna di indagine che è stata già eseguita nell'area di diretto intervento. Tali informazioni hanno permesso di ottenere precise indicazioni sulle problematiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche da affrontare.

Oggetto della presente relazione è la verifica ed il dimensionamento delle opere idrauliche da realizzare per l'esecuzione dell'ampliamento della discarica di RSU.

E' stata dimensionata la rete di regimazione delle acque meteoriche a protezione del sito di discarica.

## **2) RIFERIMENTI NORMATIVI**

Si riportano di seguito i principali riferimenti normativi utilizzati per redigere il presente studio:

### a) Normativa Comunitaria

- Direttiva 75/442/CEE e s.m. (Dir.91/156/CEE, Dir.91/692/CEE, Dec.96/350/CE, Dir.9)
- Direttiva 76/443/CEE
- Direttiva 78/319/CEE
- Direttiva 91/689/CEE
- Direttiva 94/3/CEE
- Direttiva 94/62/CEE
- Direttiva 94/904/CEE
- Direttiva 96/61/CEE
- Direttiva 99/31/CEE
- Direttiva 2000/76/CEE
- Direttiva 2000/532/CE e s.m. (Decisioni 2001/118/CE, 2001/119/CE)
- Direttiva 2000/738/CE Water Framework Directive 2000/60/EC Groundwater Directive 2006

### b) Normativa Nazionale

- D.P.R. 10.10.1982 n.915
- D.M. 5 febbraio 1998
- Decreto Legislativo 03 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.: "*Norme in materia ambientale*"
- Decreto Ministeriale 13 settembre 1999: "*Approvazione dei metodi ufficiali di analisi del suolo*";
  - *Nuovo Codice CER* (Catalogo Europeo Rifiuti) aggiornato al 1 gennaio 2002 (Decisione 200/532/CE, modificata dalle decisioni 2001/118/CE, 2001/119/CE e 2001/573/CE) e recepito con direttiva del Ministero dell'ambiente del 9 aprile 2002;
  - Legge 23 Marzo 2001, n. 93: "*Disposizioni in campo ambientale*" (G.U. n. 291 dicembre 1998);
  - Decreto Legislativo 13 gennaio 2003 n. 36: "*Attuazione della Direttiva 1999/31/CE discariche di rifiuti*";
  - Decreto Ministeriale 27 settembre 2010: "*Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005*".

## **3) INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL SITO**

Il sito in esame è ubicato in prossimità della S.P.8 (periferia Sud-Est del territorio comunale di Trapani) e precisamente in C.da Montagnola Cuddia della Borranea, ad una quota variabile tra 70 e 200 mt s.l.m.

Cartograficamente la discarica di cui all'oggetto è ubicata:

- nella carta IGM 1:100.000 d'Italia nel Foglio n°257 "Castelvetrano" (TAV.01);
- nella carta IGM 1:50.000 d'Italia tra i Fogli n°605 e 606 "Paceco" e "Alcamo"0;
- nella carta IGM 1:25.000 d'Italia nel Foglio n°257 IV N.E tavoletta "Dattilo" (TAV.)02;
- nella Carta Tecnica Regionale della Sicilia ricade alla Sezione n°605120 in scala 1:10.000;



- in Catasto al Fg. n. 284 P.lle n.51, 473 e 476 in scala 1:2.000 (TAV.04);  
- nello strumento urbanistico attualmente in vigore nel comune di Trapani il lotto in esame è individuato come Z.O.T. Ftec "Attrezzature Tecnologiche" (TAV.21).

#### **4) CARATTERISTICHE DELL'AREA SU CUI SARA' REALIZZATA LA NUOVA VASCA DELLA DISCARICA**

Il lotto in esame ricade all'interno di una zona spartiacque tra due incisioni naturali che confluiscono entrambe nel torrente a valle (TAV.08 - 15).

Il corpo ricettore consiste in un piccolo impluvio a carattere effimero e a prevalenza stagionale che scorre a nord dell'area in esame senza lambire lo stesso.

Tale impluvio presenta pertanto un deflusso idrico limitato esclusivamente agli eventi piovosi e per un periodo inferiore a 180 gg/l'anno; infatti il regime idrico di tale vallone non è continuo e stazionario e fa parte della rete idrografica del Vallone della Cuddia che a sua volta sfocia nel Fiume della Borranìa.

#### **5) ASPETTI CLIMATOLIGICI DELL'AREA DELLA DISCARICA C.DA MONTAGNOLA CUDDIA DELLA BORROMEA**

Uno dei fattori che senza dubbio influisce e sulle caratteristiche idrogeologiche di un'area è il clima, inteso come insieme delle condizioni metereologiche che caratterizzano un certo ambiente ovvero *precipitazioni, temperatura e stato igrometrico dell'aria*; altri fattori sono la copertura vegetale, l'esposizione dei versanti, la direzione prevalente dei venti e la distanza dal mare.

Le *precipitazioni* incidono innanzi tutto con la loro quantità. Infatti, ad un maggiore volume d'acqua caduta in tempi relativamente lunghi (per esempio un anno), corrispondono maggiori quantitativi d'acqua d'infiltrazione e ruscellamento.

La prevalenza dell'infiltrazione sul ruscellamento o viceversa è generalmente legata ad altri fattori quali quelli morfologici, geologici e biologici (vegetazione).

L'apporto d'acqua di pioggia al sottosuolo è legato ad altri fattori quali la durata e l'intensità degli eventi piovosi. Infatti, a parità di millimetri d'acqua caduti, l'infiltrazione è più agevole se la distribuzione nel tempo è lunga.

Al contrario, nel caso di piogge intense e brevi, può crearsi uno strato superficiale saturo del suolo dovuto ad una velocità d'assorbimento del terreno inferiore a quella d'afflusso delle acque; ciò comporta un aumento delle aliquote d'acqua di ruscellamento.

La *temperature* dell'aria e del suolo influenzano anch'esse l'infiltramento ed il ruscellamento in modo marcato. Un'elevata temperatura dell'aria, infatti, può determinare alti valori d'evapotraspirazione, mentre il suolo gelato costituisce un elemento impermeabile che agevola il deflusso superficiale.

Infine, anche lo *stato igrometrico dell'aria* incide indirettamente sull'infiltrazione poiché, ad una maggiore umidità relativa, corrispondono minori quantitativi d'acqua di evapotraspirazione.

In particolare, per la caratterizzazione generale del clima nel settore nord-occidentale della Sicilia, nel quale ricade il **Bacino idrografico del fiume Birgi – Area territoriale tra il Bacino idrografico del Fiume Birgi ed il Bacino idrografico del Fiume Lenzi Baiata**, vengono presi in esame gli elementi climatici *Temperatura e Precipitazione di BIRGI NUOVO*.

##### **5.1) Analisi del regime pluviometrico e termometrico**

I dati acquisiti, per lo studio delle caratteristiche sia pluviometriche che termometriche della zona, sono stati attinti dagli *Annali Idrologici*, editi a cura del Ministero dei LL.PP.. Essi riguardano la sola stazione pluviometrica e termometrica di "*Birgi Nuovo*" (*poste ad una quota rispettivamente di 187m e 20m. s.l.m.*). Questa, per la sua posizione geografica e per la sua ubicazione altimetrica, fornisce certamente dati climatici più indicativi rispetto alle altre stazioni vicine.



Come è noto l'altezza pluviometrica mensile e annua (intese come somma delle altezze giornaliere osservate rispettivamente nel corso del mese o dell'anno) variano, anche notevolmente, nel corso del tempo; vi sono quindi annate molto piovose ed annate tendenzialmente asciutte.

Al fine di avere un quadro del regime pluviometrico più attendibile, si è ritenuta ragionevole l'acquisizione e l'analisi di dati relative ad al periodo *che va dal 1986 al 2012*.

La TAB.01 riassume i dati pluviometrici della stazione considerata.

**TAB.01 - Dati della stazione pluviometrica di "Birgi Nuovo" (187 metri s.l.m.).  
Periodo di osservazione: 1986-2012.**

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOT/A	MEDIA/A
1986	95,4	95,8	100,8	45,2	3,2	1,8	16,8	0	9,6	74,4	70,6	90,6	604,20	50,35
1987	62,2	47,4	43,6	9	32,6	2,4	0	0	2,6	16,2	70,6	90,6	377,20	31,43
1988	43,6	43,6	53,4	38,8	0,6	10,4	0	0	92,4	35,8	52,2	53	423,80	35,32
1989	26,8	16,4	7,2	78,2	13,2	2,8	0	0	69,8	33	36,2	42,4	326,00	27,17
1990	66,6	12,2	33,2	78,4	14,2	0,4	3,2	12	148,8	74,6	29	111,2	583,80	48,65
1991	38,2	77	21,2	56,8	12,8	7,2	0	0	62,2	105,6	39,4	22,6	443,00	36,92
1992	103	2	10,4	33	16,8	2,8	6,8	0	24,2	38,8	73,4	33,6	344,80	28,73
1993	18,4	33,6	26,6	15	24,2	0	0	1	46,6	100,4	87,4	12	365,20	30,43
1994	40	17,6	0	7,8	2	2,6	5,4	0,2	4,8	97	35,6	144	357,00	29,75
1995	59,2	0,4	25,6	38,4	15,6	0,2	0	12,4	43,6	2,4	94,4	25,2	317,40	26,45
1996	56	60,8	102,4	24	54,6	6	0,2	31,6	65,6	88,6	38,2	105	633,00	52,75
1997	64	22	4	31,2	6,6	1	1	19	57,4	81,4	105,2	142	534,80	44,57
1998	62,8	43	30,8	22,4	6,6	0	0	6	68,8	95,8	50	61,4	447,60	37,30
1999	42,8	28,4	24,2	11,4	3	0	6,4	3,4	19,8	10,6	124,6	34	308,60	25,72
2000	25,4	10,6	2,4	22,6	13,8	1,6	0	0	47,6	36,4	46,4	63	269,80	22,48
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
2002	15,2	2	5,4	28,2	31	6,4	2,6	15	19,8	85,8	91,2	123,6	426,20	35,52
2003	98,2	55,6	23,8	47,6	8,2	0	0	7	124,2	87,2	151,6	142,4	745,80	62,15
2004	38,8	57,2	106,8	72,6	29,2	27,6	3,8	0,2	59,6	58,8	155,6	211,6	821,80	68,48
2005	110,2	84,6	51,2	98,4	6,4	12,4	21,8	15,8	8,2	45	93	100,8	647,80	53,98
2006	69,6	46,6	28,2	11	7	11,4	0,4	3,2	80,4	52	14,8	116	440,60	36,72
2007	14,4	115,6	134,4	53,8	2,6	0	0	3,4	67,6	97	107,2	77	673,00	56,08
2008	16,8	32,6	88,6	33	11	0,6	1,2	0	42,4	66	86,4	117,6	496,20	41,35
2009	104	117,8	56,6	85,6	0,4	6,4	0	0	117,8	138	37,6	110,6	774,80	64,57
2010	114,6	74,8	48,6	65,2	5,6	6	0	0	97,8	116,6	61,4	63,8	654,40	54,53
2011	74,6	61	54,6	28,2	14,2	2,2	2,2	0,2	11	91,8	25,8	54	419,80	34,98
2012	31,2	81,8	23,8	32,6	16,2	1	10,8	0	41,8	77	59,4	62,4	438,00	36,50
<b>TOT/M</b>	1492,00	1240,40	1107,80	1068,40	351,60	113,20	82,60	130,40	1434,40	1806,20	1837,20	2210,40		
<b>MEDIA/M</b>	€ 55,26	€ 45,94	€ 41,03	€ 39,57	€ 13,02	€ 4,19	€ 3,06	€ 4,83	€ 53,13	€ 66,90	€ 68,04	€ 81,87		

Esaminando i dati relativi alle precipitazioni medie mensili del periodo 1986-2012, si è potuto costruire l'istogramma di Fig.02

**FIG.02 – Precipitazione medie mensili e media annua della stazione pluviometrica di "Birgi Nuovo" (187 metri s.l.m.). Periodo di osservazione: 1986-2012.**



Dal grafico di fig.02 emerge che nel territorio in esame predomina un "regime marittimo", caratterizzato da un periodo di piena compreso tra Settembre e Aprile. In questo periodo dell'anno,



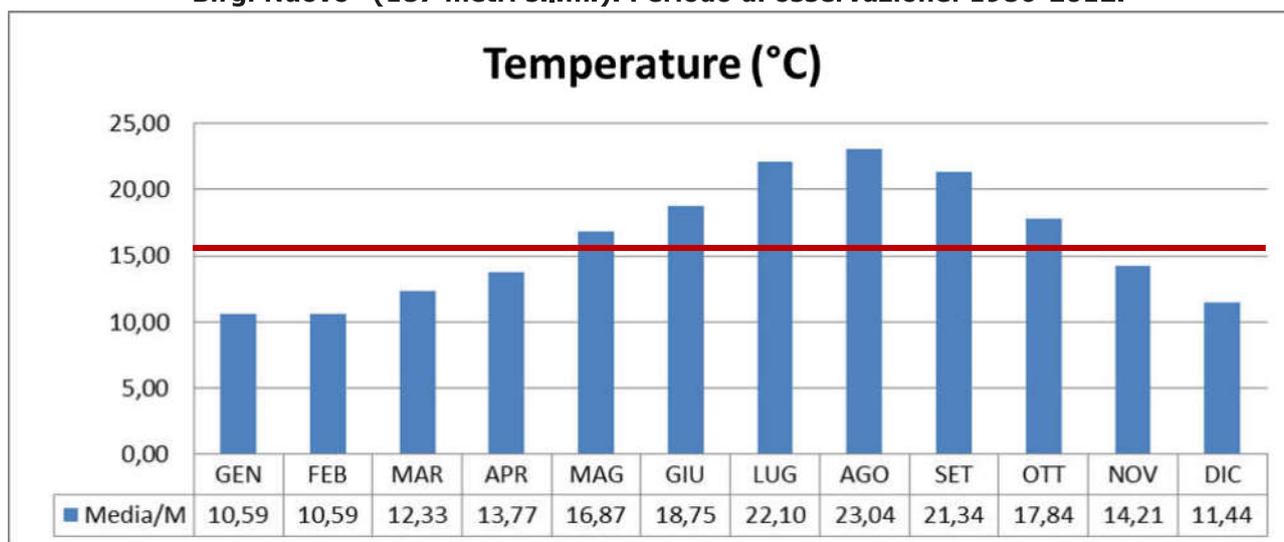
infatti, le precipitazioni medie salgono al di sopra della linea rossa che rappresenta il totale medio annuo delle precipitazioni ripartito nei dodici mesi che è di 39.74 mm/a.

La TAB.02 riassume i dati termometrici della stazione considerata.

**TAB.02 - Dati della stazione termometrica di "Birgi Nuovo" (20 m. s.l.m.)  
Periodo di osservazione: 1986-2012.**

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOT/A	MEDIA/A
1986	12,2	12,2	13,2	15,3	17,6	20	22,8	26	23,2	21,6	16,2	11,5	211,80	17,65
1987	10,5	12,3	11,1	14,4	16,6	21,7	26,5	25,7	24,9	21,8	15,2	12,7	213,40	17,78
1988	12,6	10,7	11,6	15,4	18,9	20,5	26,5	26,1	22,3	19,6	14,1	10,3	208,60	17,38
1989	8,5	9,4	13,1	15,7	17,5	20,7	24,4	25	21,8	17,2	13,2	11,3	197,80	16,48
1990	10,2	11,7	12,1	13	18,5	22,2	24,7	24,6	23,4	21,9	14,4	9,3	205,00	17,17
1991	9,6	9,3	13,4	13,4	14,2	20,2	23,8	25	23,3	19,3	13,3	10,5	195,30	16,28
1992	11,7	10,8	13,4	16	21,1	23	25,5	29,2	24,2	21,8	19,7	14,9	231,30	19,28
1993	13,4	13,3	14,9	18,1	23,5	26,8	27,3	30	24,8	22,7	17,9	14	246,70	20,56
1994	12,9	13,6	17,3	17,3	0	0	25,3	27,9	25,3	21,1	17	13,3	191,00	15,92
1995	11,1	13	12,5	14,6	19,3	22,9	26,4	26,9	23,7	19,8	15,8	15,9	221,90	18,49
1996	14,6	13,3	14,2	16,7	20,5	23,9	27,2	30,6	24,2	21,7	19,5	17,7	244,10	20,34
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
1999	11,3	10,6	13,5	16,3	21,8	25,4	26,2	28,7	25,8	22,3	16,6	13,4	231,90	19,33
2000	10,2	11,4	13,6	17	21,9	23,5	26,3	27,5	24	20,3	18	14,9	228,60	19,05
2001	14,3	12,9	16,9	16,5	21,3	24	27,2	27,7	24,1	23	17,3	11,8	237,00	19,75
2002	10,5	13,9	15,7	17,2	20,7	24,4	27,3	27,2	24	20,7	17,5	13,8	232,90	19,41
2003	12,8	10,1	12,5	0	20	24,5	27	27,4	23,9	20,2	16,6	12,3	207,30	17,28
2004	10,5	11,4	12,1	14,9	17	21	24,7	26,5	24,3	23	18	16,4	219,80	18,32
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
2006	12,4	14,2	16,3	20,5	25,9	0	0	0	24,2	22,2	17,7	15,3	168,70	14,06
2007	11,7	11	12,1	15,9	19	24,8	26	26,9	22,7	0	0	0	170,10	14,18
2008	14,4	13,6	15,7	15,5	19,9	22	25,2	25,2	23,3	19,7	16,3	12,9	223,70	18,64
2009	12,9	10,3	13,4	15,8	19,7	22,7	25,4	27	23,7	19,3	15,8	13,5	219,50	18,29
2010	11,8	13,1	13,6	16,1	19,1	22,3	26	26,2	23,2	20,5	17,3	13,8	223,00	18,58
2011	12,4	12	14,4	17,2	20,2	24,1	28,2	28	27,2	20,6	18,3	16,1	238,70	19,89
2012	13,3	11,9	16,3	18,9	21,2	25,6	26,9	26,9	24,6	21,3	18,1	13,4	238,40	19,87
TOT/M	285,80	286,00	332,90	371,70	455,40	506,20	596,80	622,20	576,10	481,60	383,80	309,00		
MEDIA/M	€ 10,59	€ 10,59	€ 12,33	€ 13,77	€ 16,87	€ 18,75	€ 22,10	€ 23,04	€ 21,34	€ 17,84	€ 14,21	€ 11,44		

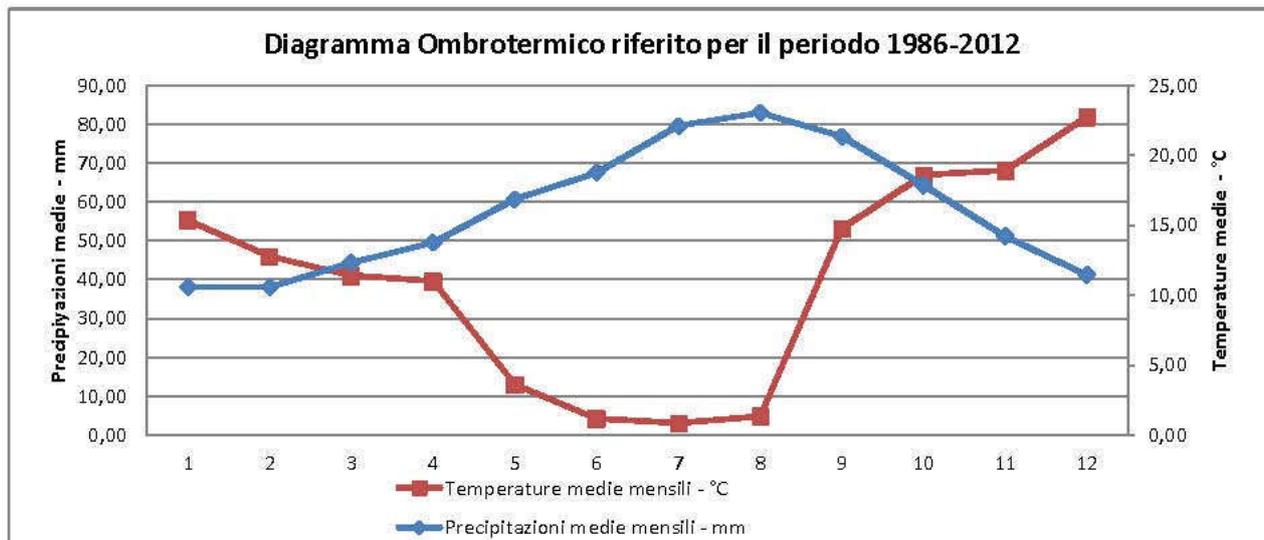
**FIG.03 – Temperature medie mensili e media annua della stazione termometrica di "Birgi Nuovo" (187 metri s.l.m.). Periodo di osservazione: 1986-2012.**



Dall'analisi del grafico di fig.03 emerge che nel territorio in esame predomina un "regime marittimo", caratterizzato da un periodo arido, grossomodo compreso tra Maggio e Ottobre. In questo periodo dell'anno, infatti, le precipitazioni medie salgono al di sopra della linea rossa che rappresenta il totale medio annuo delle precipitazioni ripartito nei dodici mesi che è di 16.07 °C.



FIG.04 – Diagramma Ombrotermico riferito al periodo di osservazione: 1986-2012.



### 5.2) Calcolo massime precipitazioni

Per dimensionare le opere di regimazione delle acque superficiali e dei drenaggi nell’area di progetto, si è proceduto con l’elaborazione statistica delle serie storiche delle piogge secondo il metodo di Gumbel.

Dai dati pluviometrici, tale metodologia permette di individuare il rischio di insufficienza delle opere da progettare. Tale rischio è rappresentato dal tempo di ritorno ovvero dal numero di anni in cui l’evento di intensità assegnata viene eguagliato o superato almeno una volta.

Il metodo di Gumbel permette, una volta stabilito il tempo di ritorno e noti i dati di precipitazione per un numero sufficiente di anni, di determinare la curva di possibilità pluviometrica. Questa mette in relazione la precipitazione (espressa in mm) con la durata della stessa e permette, una volta definito il modello matematico più idoneo, di determinare le portate di colmo.

Il Decreto Legislativo 13 gennaio 2003 n. 36 indica, per il dimensionamento delle opere idrauliche, un tempo di ritorno di 10 anni.

Il dimensionamento della rete di raccolta delle acque meteoriche è stato realizzato calcolando le curve di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno di 50 anni, tempo ampiamente cautelativo.

Per quanto riguarda la rete di raccolta del percolato si è invece considerato un Tr di 30 anni che tiene conto del fatto che la durata di abbancamento del lotto in esame si aggira sui 10-20 anni circa.

### 5.3) Determinazione della curve di possibilità climatica

L’espressione analitica della curva di possibilità climatica in funzione di un determinato tempo di ritorno T è:

$$h = a * t^n$$

h = altezza della precipitazione in mm

t = durata della precipitazione in ore

a, n parametri della curva di possibilità pluviometrica

note le serie storiche di pioggia si ricavano i parametri a, ed n con il metodo dei minimi quadrati

$$h = a * t^n$$

$$\ln h = \ln a + n * \ln t$$



$$y = A + B * x$$

$$A = \frac{\sum_i x_i^2 * \sum_i y_i - \sum_i x_i * \sum_i x_i * y_i}{N * \sum_i x_i^2 - (\sum_i x_i)^2}$$

$$B = \frac{-\sum_i x_i * \sum_i y_i + N * \sum_i x_i * y_i}{N * \sum_i x_i^2 - (\sum_i x_i)^2}$$

per l'analisi delle altezze di pioggia si adotta la legge di Gumbel secondo la quale

$$P(h \leq \bar{h}) = e^{-e^{-\alpha * (\bar{h} - u)}}$$

Funzione di distribuzione

A sua volta la probabilità può essere espressa in funzione del tempo di ritorno

$$P(h \leq h_t) = 1 - \frac{1}{T}$$

i parametri che compaiono nella funzione di distribuzione,  $\alpha$ ,  $u$  sono legati alla media e allo scarto quadratico medio come di seguito e delle variabili  $h$  dalla relazione:

$$\alpha = \frac{1.28}{s}$$

$$u = \bar{H} - 0.45 * S$$

dove

$$\bar{H} = \sum_i \frac{h_i}{N} \quad \text{media}$$

$$s = \sqrt{\sum_i \frac{(h_i - H)^2}{N-1}} \quad \text{scarto quadratico medio.}$$

$h_i$  valore individuato delle serie storiche

$N$  dati delle serie storiche

Di conseguenza possiamo ottenere l'altezza di pioggia in funzione del tempo di ritorno assegnato:



$$h_t = u - \frac{1}{\alpha} * \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{P(h \leq h_t)} \right) \right]$$

**TAB.03 – Tabella riassuntiva dei valori appena elencati**

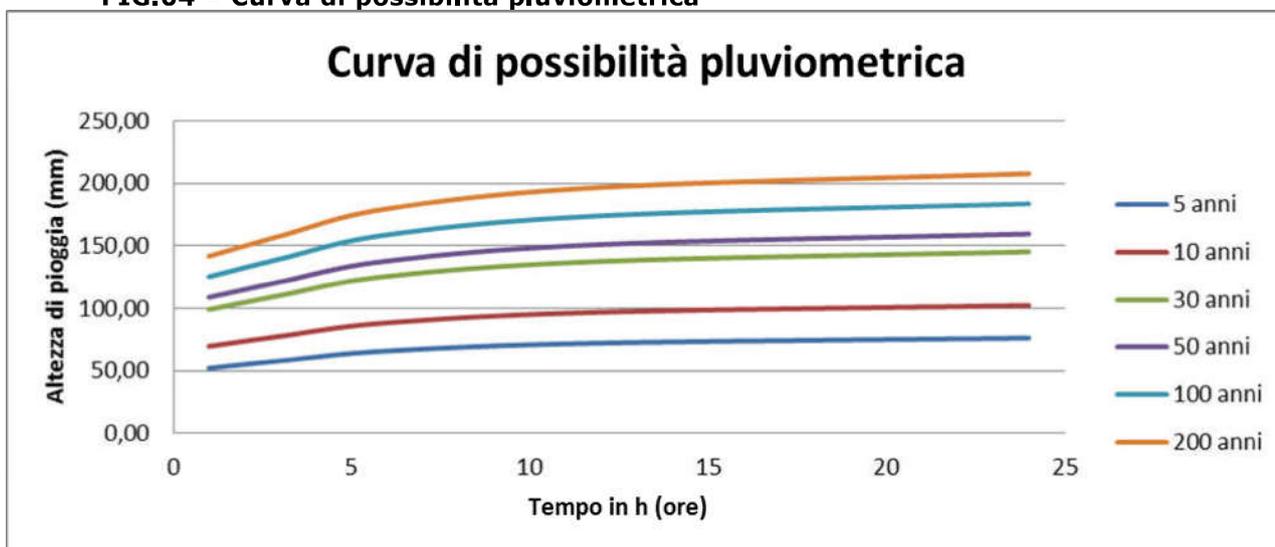
		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
Totale precipitazioni	Q (mm)	819,60	912,60	1038,60	1137,60	1200,80
Media delle precipitazioni	μ (mm)	30,36	33,80	38,47	42,13	44,47
Scarto quadratico medio	σ	34,73	35,39	37,31	39,27	40,13
Parametro della legge di Gumbel	α	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
Parametro della legge di Gumbel	u	14,73	17,87	21,68	24,46	26,42

Nella tabella che segue sono riportati i calcoli svolti, nel caso di un tempo di ritorno di 5 - 10 - 30 - 50 - 100 e 200 anni, al fine del dimensionamento della rete di raccolta delle acque meteoriche.

**TAB.04 – Tr per i vari anni e per le varie ore considerate**

Tr	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
5	52,16	58,08	66,10	72,40	76,42
10	69,90	77,83	88,58	97,02	102,41
30	99,23	110,49	125,75	137,73	145,39
50	108,94	121,30	138,04	151,20	159,60
100	125,44	139,67	158,96	174,11	183,78
200	141,88	157,98	179,79	196,93	207,87

**FIG.04 – Curva di possibilità pluviometrica**



A questo punto si calcolano i parametri a e n per le curve di possibilità pluviometriche relativi ai diversi periodi di ritorno (Tr = 5 - 10 - 30 - 50 - 100 e 200 anni) per precipitazioni di massima intensità da 1 a 24 ore.

**TAB.05 – Calcolo dei valori a e n per i diversi tempi di ritorno Tr**

Tr	a (mm/ora)	n
5	51,856	0,1267



10	69,489	0,1267
30	98,65	0,1267
50	108,3	0,1267
100	124,7	0,1267
200	141,05	0,1267

**6) DETERMINAZIONE DELLE PORTATE METEORICHE AI FINI DEL DIMENSIONAMENTO DEI CANALI E DI SCARICO DELLE ACQUE**

La regimazione delle acque meteoriche a protezione dell'ampliamento della discarica verrà realizzato in modo completo e definitivo per il lotto di discarica.

Tale rete sarà realizzata esternamente alla discarica a protezione di essa. Si evidenzia l'importanza di costanti opere di manutenzione dei canali di scolo.

**6.1) Regimazione esterna**

La determinazione della portata di massima piena per tali aree, è stata condotta con metodo cinematico basato sul tempo di corrivazione "tc" del bacino, in questo caso riferita all'area sottesa al bacino1 considerato.

**6.2) Dimensionamento del tratto sinistro del canale di scolo**

Per il dimensionamento dell'opera relativo al tratto destro.

Le caratteristiche della porzione di bacino1 di interesse sono le seguenti:  
Area del bacino1

Superficie Bacino1	1.604,8605 mq
Lunghezza totale	76,44 m
Quota della sezione di chiusura del bacino	203,00 m s.l.m.
Quota media	214,87 m s.l.m.
Coefficiente di afflusso (φ) per aree impermeabili e Tr > 10	0.5

**6.3) Tempo di corrivazione tc**

Il tempo di corrivazione tc espresso in ore è un parametro che varia in funzione della morfologia, delle litologie e della vegetazione affiorante nel bacino.

Per la sua determinazione si è fatto riferimento alla formula di Giandotti.

<b>TEMPO DI CORRIVAZIONE (Giandotti)</b>	
DATI MORFOMETRICI BACINO IDROGRAFICO	DATI RISULTANTI
<b>S</b> ⇒ <b>0,0016</b> [Km <sup>2</sup> ] Superficie Bacino	Tempo di Corrivazione $Tc = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{(Hm - Ho)}} \Rightarrow 0,10$ [ore]
<b>L</b> ⇒ <b>0,07644</b> [Km] Lunghezza asta principale	
<b>Hm</b> ⇒ <b>214,87</b> [m] Altezza media del Bacino s.l.m.	
<b>Ho</b> ⇒ <b>203</b> [m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.	

I risultati ottenuti sul tempo di corrivazione "tc" del bacino di interesse sono i seguenti:

Formula	Tc (ore)	Tc (min)
Giandotti	0.10	6.00



Dato un tempo di corrivazione tc 1 ora, si farà riferimento alle elaborazioni numeriche relative alle precipitazioni relative Curve di Probabilità Pluviometriche nell'intervallo di tempo 1 ora.

6.4) Pioggia di progetto

La pioggia di progetto Pp è la precipitazione massima che cade in un arco di tempo pari al tempo di corrivazione tc e per un determinato tempo di ritorno Tr.

La pioggia di durata uguale al tempo di corrivazione "tc" rappresenta la situazione limite per cui tutto il bacino contribuisce al deflusso costituendo la condizione di massima criticità in termini di portata di piena.

I risultati numerici delle Piogge di progetto Pp relativamente ai vari tempi di ritorno Tr sono di seguito sintetizzate:

Sul lotto in esame si ha

Tempo di ritorno Tr (anni)	Durata della precipitazione T = Tc (minuti)	Pioggia di progetto Pp (mm)
10	6.00	51.91

6.5) Trasformazione afflussi-deflussi e determinazione della portata di massima piena

Per la determinazione delle portate di massima piena Qmax si è fatto riferimento al modello della corrivazione considerando una precipitazione uniformemente distribuita nell'areale di interesse per un tempo pari al tempo di corrivazione tc.

Modello della corrivazione:

<b>PORTATE DI MASSIMA PIENA</b>		
FORMULA del METODO RAZIONALE		
$Q_c = 0.278 \frac{ch_{(t)}S}{T_c}$	dove	$Q_c$ portata al colmo $c$ $\Rightarrow$ <b>0,5</b> coefficiente di deflusso $h_{(t)}$ massima precipitazione in mm al tempo t (vedi punto prec.) $S$ $\Rightarrow$ <b>0,0016</b> [Km <sup>2</sup> ] Superficie Bacino $T_c$ $\Rightarrow$ <b>0,10</b> [ore] Tempo di corrivazione

Considerando i vari tempi di ritorno (Tr - 5 - 10 - 30 - 50 - 100 e 200 anni) si ha una portata massima Qc che è:

Tr	Qc (l/s)	Qc (mc/s)
5	38,73459	0,038735
10	51,90582	0,051906
30	73,68805	0,073688
50	80,89626	0,080896
100	93,14648	0,093146
200	105,3594	0,105359

Nel lotto si ha

Formula		Tr 30(anni)
Metodo razionale	Qmax (mc/s)	73,68805

6.6) Dimensionamento del canale di scolo tratto sinistro sotteso al Bacibo1

Considerando un franco del 25% e per una pendenza media del 7.31% e per le varie pendenza riferite ai vari tratti, si ricava:

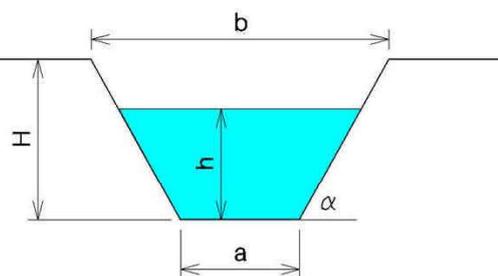


### CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE

#### CARATTERISTICHE SEZIONE

##### DATI NOTI (da inserire)

<b>H</b>	⇒ <b>0,50</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	⇒ <b>0,80</b>	[m]
<b>b</b>	⇒ <b>1,50</b>	[m]
<b>h</b>	⇒ <b>0,38</b>	[m]
<b>p</b>	⇒ <b>7%</b>	Pendenza
<b>m</b>	⇒ <b>0,75</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



##### DATI RISULTANTI

Inclinazione scarpata	$\alpha$	⇒	<b>55,0</b>
Contorno bagnato	$Pb = a + 2h / \sin \alpha$	⇒	<b>1,715 [m]</b>
Area di deflusso	$A = h[a + h \cdot \operatorname{tg}(90 - \alpha)]$	⇒	<b>0,3984 [m<sup>2</sup>]</b>
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	<b>0,232 [m]</b>

#### CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0,38 \text{ m}$

##### FORMULE (moto uniforme)

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c\sqrt{Ri \cdot p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

##### RISULTATI

<b>c</b>	⇒	<b>39,12</b>
<b>V</b>	⇒	<b>5,10 [m/sec]</b>
<b>Q</b>	⇒	<b>2,031 [m<sup>3</sup>/sec]</b>



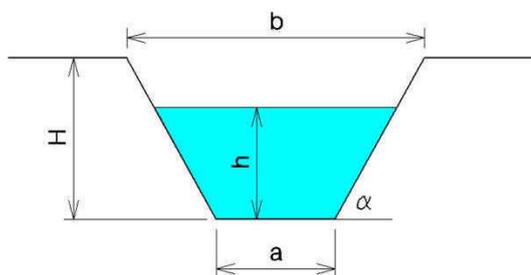
**CAPACITA' DI SMALTIMENTO  
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE  
per varie altezze d'acqua**

CARATTERISTICHE SEZIONE

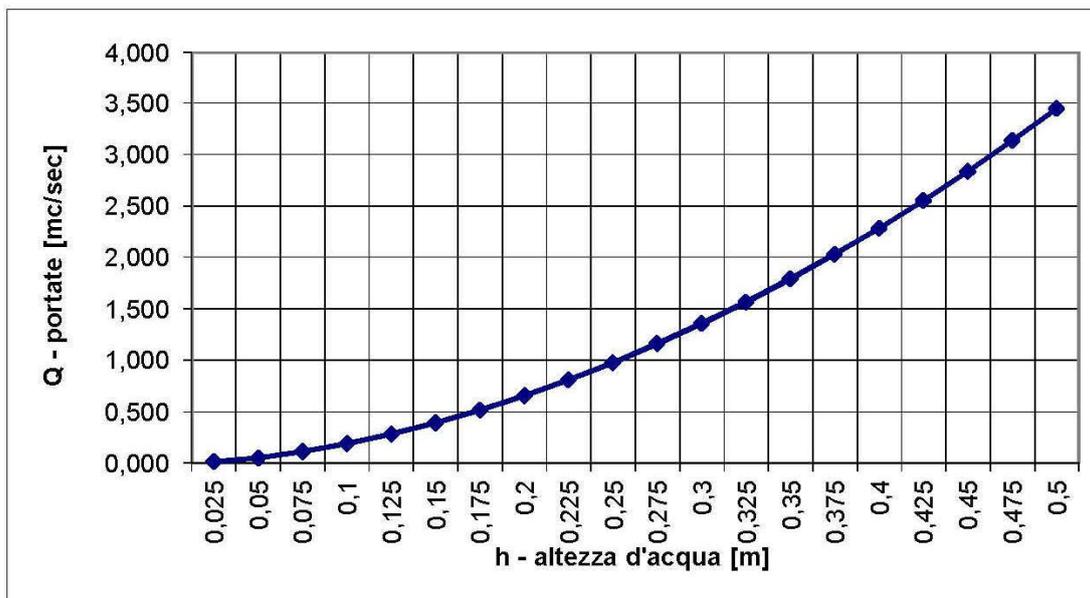
<b>H</b>	<b>0,50</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	<b>0,80</b>	[m]
<b>b</b>	<b>1,50</b>	[m]

<b>p</b>	<b>7%</b>	Pendenza
<b>m</b>	<b>0,75</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

h [m]	Q[m <sup>3</sup> /sec]
0,03	0,015
0,05	0,053
0,08	0,112
0,10	0,189
0,13	0,282
0,15	0,392
0,18	0,516
0,20	0,655
0,23	0,809
0,25	0,977
0,28	1,159
0,30	1,356
0,33	1,567
0,35	1,792
0,38	2,031
0,40	2,285
0,43	2,553
0,45	2,836
0,48	3,134
0,50	3,447



**h** = altezza d'acqua  
**Q** = portata all'altezza d'acqua corrispondente



Tratti	Pendenza %	Q (mc/s)
A	2.11	1,091
B	0.93	0,724
C	16.56	3,057
D	12.35	2,640



E	2.02	1,068
F	9.88	2,361

Si è considerata una canaletta trapezoidale in terra battuta.  
E' stat utilizzata la formula di Chezy per il calcolo delle portate nei collettori.  
E' quindi viene ampiamente verificata la condizione

$$Q > Q_c$$

### 6.7) Dimensionamento del tratto destro del canale di scolo

Per il dimensionamento delle opere relative al tratto sinistro.

Le caratteristiche della porzione di bacino di interesse sono le seguenti:  
Area del bacino2

Superficie Bacino1	5.117,4563 mq
Lunghezza totale	92.13 m
Quota della sezione di chiusura del bacino	176,00 m s.l.m.
Quota media	203,00 m s.l.m.
Coefficiente di afflusso ( $\phi$ ) per aree impermeabili e $Tr > 10$	0.5

### 6.8) Tempo di corrivazione $t_c$

Il tempo di corrivazione  $t_c$  espresso in ore è un parametro che varia in funzione della morfologia, delle litologie e della vegetazione affiorante nel bacino.

Per la sua determinazione si è fatto riferimento alla formula di Giandotti.

TEMPO DI CORRIVAZIONE (Giandotti)	
DATI MORFOMETRICI BACINO IDROGRAFICO	DATI RISULTANTI
<b>S</b> $\Rightarrow$ <b>0,005117</b> [Km <sup>2</sup> ] Superficie Bacino	Tempo di Corrivazione $T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{(H_m - H_o)}} \Rightarrow 0,12$ [ore]
<b>L</b> $\Rightarrow$ <b>0,14891</b> [Km] Lunghezza asta principale	
<b>H<sub>m</sub></b> $\Rightarrow$ <b>203</b> [m] Altezza media del Bacino s.l.m.m.	
<b>H<sub>o</sub></b> $\Rightarrow$ <b>176</b> [m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m.	

I risultati ottenuti sul tempo di corrivazione "tc" del bacino di interesse sono i seguenti:

Formula	Tc (ore)	Tc (min)
Giandotti	0.120	7.20

Dato un tempo di corrivazione  $t_c$  1 ora, si farà riferimento alle elaborazioni numeriche relative alle precipitazioni relative Curve di Probabilità Pluviometriche nell'intervallo di tempo 1 ora.

### 6.9) Pioggia di progetto

La pioggia di progetto  $P_p$  è la precipitazione massima che cade in un arco di tempo pari al tempo di corrivazione  $t_c$  e per un determinato tempo di ritorno  $Tr$ .

La pioggia di durata uguale al tempo di corrivazione "tc" rappresenta la situazione limite per cui tutto il bacino contribuisce al deflusso costituendo la condizione di massima criticità in termini di portata di piena.

I risultati numerici delle Piogge di progetto  $P_p$  relativamente ai vari tempi di ritorno  $Tr$  sono di seguito sintetizzate:



Sul lotto in esame si ha

Tempo di ritorno Tr (anni)	Durata della precipitazione T = Tc (minuti)	Pioggia di progetto Pp (mm)
10	7.20	53.12

**6.10) Trasformazione afflussi-deflussi e determinazione della portata di massima piena**

Per la determinazione delle portate di massima piena Qmax si è fatto riferimento al modello della corrivazione considerando una precipitazione uniformemente distribuita nell'areale di interesse per un tempo pari al tempo di corrivazione tc.

Modello della corrivazione:

<b>PORTATE DI MASSIMA PIENA</b>	
FORMULA del METODO RAZIONALE	
$Q_c = 0.278 \frac{c h_{(t)} S}{T_c}$	dove
	$Q_c$ portata al colmo $c$ $\Rightarrow$ 0,5      coefficiente di deflusso $h_{(t)}$ massima precipitazione in mm al tempo t (vedi punto prec.) $S$ $\Rightarrow$ 0,005117 [Km <sup>2</sup> ] Superficie Bacino $T_c$ $\Rightarrow$ 0,12      [ore] Tempo di corrivazione

Considerando i vari tempi di ritorno (Tr - 5 - 10 - 30 - 50 - 100 e 200 anni) si ha una portata massima Qc che è:

Tr	Qc (l/s)	Qc (mc/s)
5	39,63978	0,03964
10	53,11881	0,053119
30	75,41007	0,07541
50	82,78673	0,082787
100	95,32322	0,095323
200	107,8215	0,107821

Nel lotto si ha

Formula		Tr 30(anni)
Metodo razionale	Qmax (mc/s)	75.41007

**6.11) Dimensionamento del canale di scolo tratto destro sotteso al Bacino2**

Considerando un franco del 25% e per una pendenza media del 10.40% e per le varie pendenza riferite ai vari tratti, si ricava:



**CALCOLO CAPACITA' DI SMALITIMENTO  
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE**

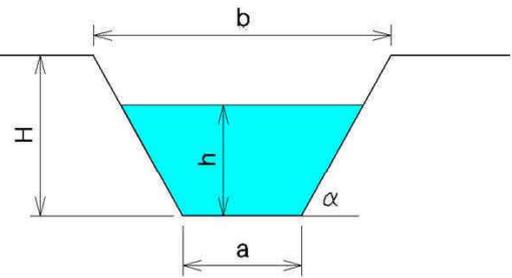
Descrizione:

Punto di sezione:

**CARATTERISTICHE SEZIONE**

DATI NOTI (da inserire)

H	⇒	<b>0,50</b>	ALTEZZA [m]
a	⇒	<b>0,80</b>	[m]
b	⇒	<b>1,50</b>	[m]
h	⇒	<b>0,38</b>	[m]
p	⇒	<b>7%</b>	Pendenza
m	⇒	<b>0,75</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



DATI RISULTANTI

Inclinazione scarpata	$\alpha$	⇒	<b>55,0</b>
Contorno bagnato	$Pb = a + 2h / \text{sen } \alpha$	⇒	<b>1,728 [m]</b>
Area di deflusso	$A = h[a + h \text{ tg}(90 - \alpha)]$	⇒	<b>0,4051 [m<sup>2</sup>]</b>
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	<b>0,234 [m]</b>

**CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua h = 0,38 m**

FORMULE (moto uniforme)

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c\sqrt{Ri p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

RISULTATI

<b>c</b>	⇒	<b>39,23</b>
<b>V</b>	⇒	<b>5,03 [m/sec]</b>
<b>Q</b>	⇒	<b>2,036 [m<sup>3</sup>/sec]</b>

Software Freeware  
distribuito da geologi.it



**CAPACITA' DI SMALTIMENTO  
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE  
per varie altezze d'acqua**

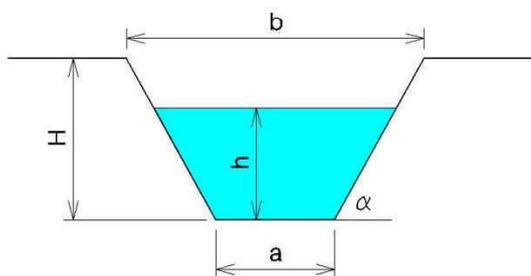
CARATTERISTICHE SEZIONE

H	<b>0,50</b>	ALTEZZA [m]
a	<b>0,80</b>	[m]
b	<b>1,50</b>	[m]

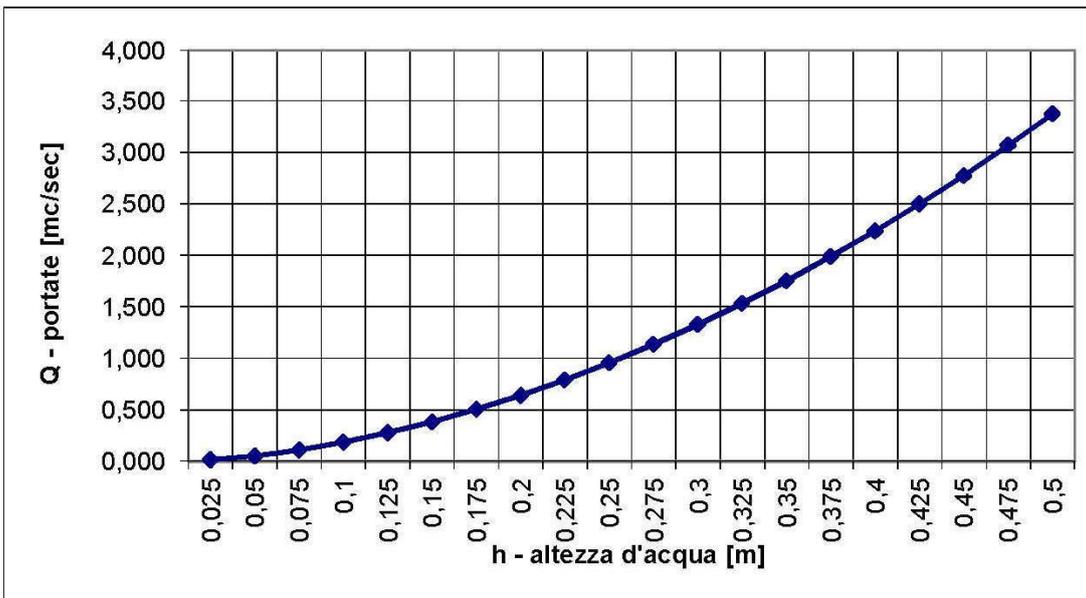
p	<b>7%</b>	Pendenza
m	<b>0,75</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

h [m]	Q[m <sup>3</sup> /sec]
0,03	0,014
0,05	0,052
0,08	0,109
0,10	0,185
0,13	0,276
0,15	0,383
0,18	0,505
0,20	0,641
0,23	0,792
0,25	0,956
0,28	1,135
0,30	1,327
0,33	1,533
0,35	1,753
0,38	1,987
0,40	2,236
0,43	2,498
0,45	2,775
0,48	3,067
0,50	3,373

*Software Freeware distribuito da geologi.it*



**h = altezza d'acqua**  
**Q = portata all'altezza d'acqua corrispondente**



Tratti	Pendenza %	Q (mc/s)
A	1,68	0,997
B	8,41	2,232
C	6,10	1,901
D	25,87	3,914



**Dott. Gaetano Rizzuto**

**geologo**

---

E	19.75	3.420
F	0.6	0.596

Si è considerata una canaletta trapezoidale in terra battuta.  
E' stat utilizzata la formula di Chezy per il calcolo delle portate nei collettori.  
E' quindi viene ampiamente verificata la condizione

$$Q > Q_c$$

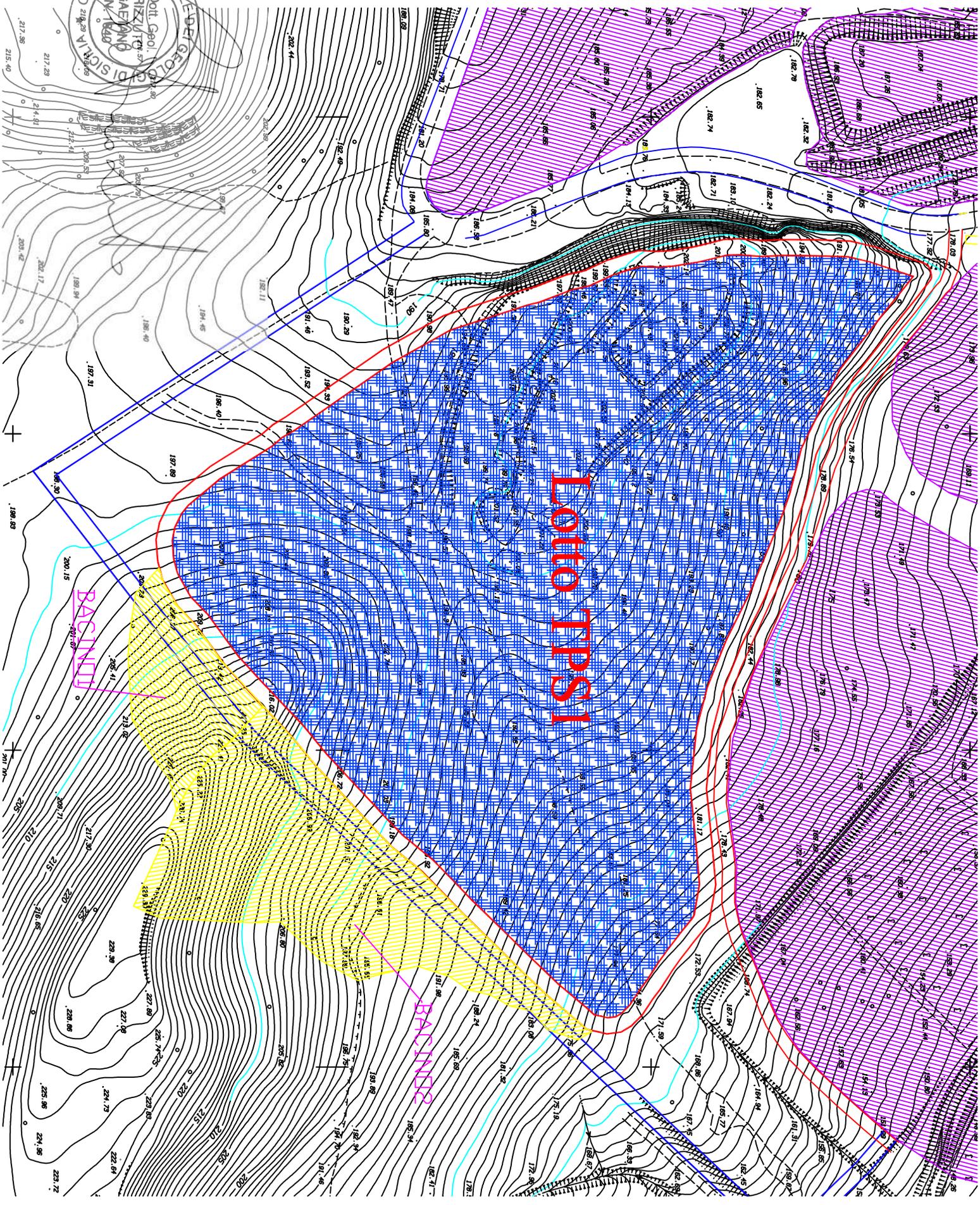
## **7) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

L'opera di progetto può scaricare la portata di piena al picco marcata da un tempo di ritorno pari a 30 anni impegnando un tirante di 0.38 m.

Si sottolinea che questa portata corrisponde unicamente alla portata liquida.

Cammarata, li 25/09/2017

**IL GEOLOGO**  
(Dott. Gaetano Rizzuto)

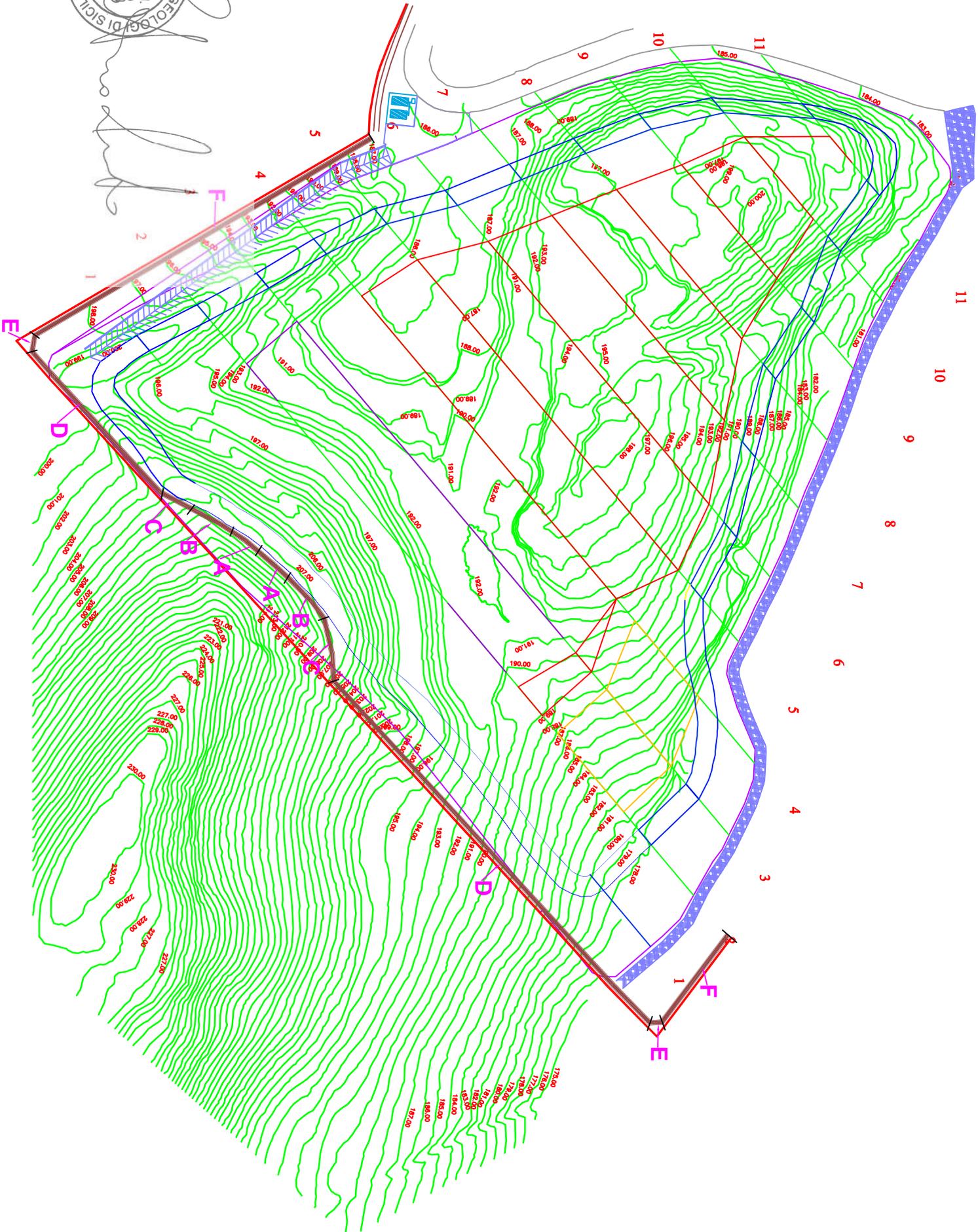


**LOTO TİPSİ**



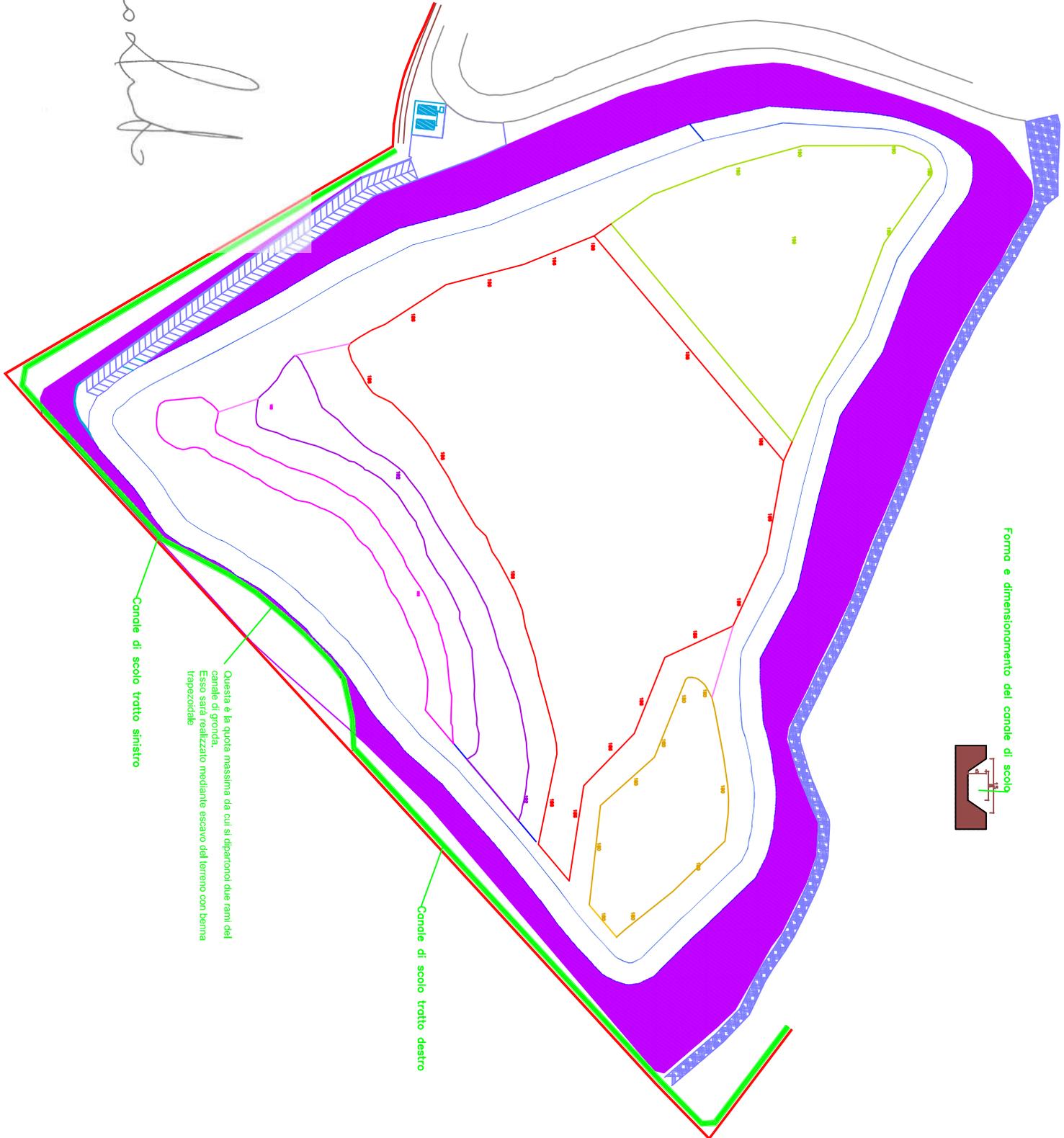
Dot. Gaio  
RIZZO  
GAZZINO  
N. 1849

*[Handwritten signature]*





*[Handwritten signature]*

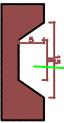


Canale di scolo tratto sinistro

Questa è la quota massima da cui si dipartono i due rami del canale di fondo. Esso sarà realizzato mediante escavo del terreno con benna trapezoidale

Canale di scolo tratto destro

Forma e dimensionamento del canale di scolo



## **INDICE RELAZIONE IDRAULICA**

- 1) PREMESSA**
- 2) RIFERIMENTI NORMATIVI**
- 3) INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL SITO**
- 4) CARATTERISTICHE DELL'AREA SU CUI SARA' REALIZZATA LA NUOVA VASCA DELLA DISCARICA**
- 5) ASPETTI CLIMATOLIGICI DELL'AREA DELLA DISCARICA C.DA MONTAGNOLA CUDDIA DELLA BORROMEA**
  - 5.1) ANALISI DEL REGIME PLUVIOMETRICO E TERMOMETRICO**
  - 5.2) CALCOLO MASSIME PRECIPITAZIONI**
  - 5.3) DETERMINAZIONE DELLA CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA**
- 6) DETERMINAZIONE DELLE PORTATE METEORICHE AI FINI DEL DIMENSIONAMENTO DEI CANALI DI SCARICO DELLE ACQUE**
  - 6.1) REGIMAZIONE ESTERNA**
  - 6.2) DIMENSIONAMENTO DEL TRATTO SINISTRO DEL CANALE DI SCOLO**
  - 6.3) TEMPO DI CORRIVAZIONE TC**
  - 6.4) PIOGGIA DI PROGETTO**
  - 6.5) TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI E DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA**
  - 6.6) DIMENSIONAMENTO DEL CANALE DI SCOLO TRATTO SINISTRO SOTTESO AL BACINO1**
  - 6.7) DIMENSIONAMENTO DEL TRATTO DESTRO DEL CANALE DI SCOLO**
  - 6.8) TEMPO DI CORRIVAZIONE TC**
  - 6.9) PIOGGIA DI PROGETTO**
  - 6.10) TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI E DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA**
  - 6.11) DIMENSIONAMENTO DEL CANALE DI SCOLO TRATTO DESTRO SOTTESO AL BACINO2**
- 7) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**