



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessoradu de sos traballos pùblicos
Assessorato dei lavori pubblici

Ente acque della Sardegna



Consorzio Industriale Provinciale • Nuoro

ACCORDO DI COLLABORAZIONE TRA L'ENAS E IL CONSORZIO INDUSTRIALE PROVINCIALE DI NUORO DEL 01/04/2010

**PROGETTO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI
ENERGIA RINNOVABILE SOLARE
NELL'AREA INDUSTRIALE DI OTTANA**
Stralcio del Progetto Definitivo Generale - II° Lotto

Parte A - PARTE GENERALE
Relazioni tecniche e specialistiche
Relazione tecnica opere civili e complementari

Tavola

A 4.4

scala:

Redatto dai Servizi: Studi - Progetti e Costruzioni

- **Progettisti:** Ing. Dina Cadoni
Ing. Bruno Loffredo
Ing. Francesco Serra
- **Geologo:** Dott. Maria Rita Lai
- **Collaborazione ingegneristica:** Ing. Nicoletta Sale - Ing. Francesco Caturano
- **Collaborazione specialistica:** Ing. Giancarlo Pusceddu
Per. Ind. Fabrizio Pedditzi
- **Collaborazioni tecniche:** Geom. Paolo Atzori, Geom. Corrado Balistreri,
Geom. Bruno Caredda, Geom. Osvaldo Carta, Geom. Pierpaolo Corona,
Per.Ind. Salvatore Melis, Geom. Luigi Usala

Il Direttore del Servizio Studi
Ing. Dina Cadoni

Il Direttore Generale
Ing. Franco Ollargiu

**Il Direttore del Servizio Progetti
e Costruzioni**
Ing. Bruno Loffredo

Aggiornamento ottobre 2012

INDICE

1. Premessa	2
2. Edifici	3
3. Strutture di sostegno dei pannelli	3
4. Recinzioni e viabilità interna	3
5. Opere per lo smaltimento delle acque pluviali	4
6. Dimensionamenti preliminari	4
6.1. Verifica della rete di smaltimento delle acque meteoriche	4
6.2. Predimensionamento della struttura di sostegno in acciaio dei moduli fotovoltaici	12
6.3. Strutture delle cabine elettriche	16

1. Premessa

La presente relazione, riguarda le cabine di trasformazione, la viabilità interna e le opere per lo smaltimento delle acque meteoriche relative all'impianto fotovoltaico fisso a terra II° lotto, della potenza di 3946,8 kWp da realizzarsi presso l'agglomerato industriale di Ottana nel territorio del Comune di Noragugume (NU).

L' impianto verrà realizzato in una parte dell'area industriale di Ottana, situata in sponda destra del fiume Tirso attualmente libera da insediamenti produttivi, ed occuperanno circa 6,86 ha.

Le opere civili previste nel II° lotto sono costituite da cabine, recinzioni, viabilità interna, opere per lo smaltimento delle acque meteoriche (vedi all. E.1.1, E.2.4, E.3, E.4)

Nella presente verranno brevemente descritte le opere summenzionate e nell'ultima parte verranno eseguite le verifiche preliminari per lo smaltimento delle acque meteoriche.

2. Edifici

Gli unici edifici previsti sono le cabine di connessione e trasformazione (vedi allegati E.4). Tutte le cabine potranno essere prefabbricate o realizzate in opera e saranno comunque conformi agli standard e normative vigenti in tema di locali che ospitano le apparecchiature elettriche previste in progetto e dovranno essere accompagnate dalla relativa certificazione se prevista.

Le cabine saranno dotate di adeguati cavedi in fondazione che servono per l'entrata e l'uscita dei cavi elettrici.

Le cabine prefabbricate rispetto a quelle realizzate in opera presentano il vantaggio di poter essere caricate e trasportate complete di infissi e apparecchiature elettriche, fatta esclusione per le apparecchiature più pesanti (trasformatori).

Le cabine saranno tutte raggiungibili mediante la realizzazione di una viabilità interna che oltre a coprire l'intero perimetro del lotto, garantisce l'accessibilità delle parti più interne attraverso delle dorsali che percorrono l'intero parco in direzione est-ovest.

3. Strutture di sostegno dei pannelli

Le strutture di sostegno degli impianti fotovoltaici saranno costituite da telai e arcarecci in ferro lavorato zincato a caldo, l'ancoraggio al suolo avverrà mediante viti (vedi all. E.1.2). nei paragrafi che seguono si riporta un predimensionamento secondo il metodo delle tensioni ammissibili, in sede di progetto esecutivo il dimensionamento deve essere rieseguito ai sensi delle vigenti normative (Norme Tecniche delle Costruzioni 2008).

4. Recinzioni e viabilità interna

Le recinzioni degli impianti sono previste in muretto in c.a. con pannelli in grigliato per i tratti fronte strada consortile, in rete e paletti per restante perimetro (vedi allegato E.3), tutte sono munite di fibra ottica per il sistema antintrusione, la recinzione ha altezza 2,5 m. La recinzione prevista nel presente progetto completa quella già eseguita nell'ambito del 1°Lotto 1° comparto ed ha uno sviluppo di circa 1400 m., per una parte è da posare su muro di sostegno.

Il muretto in c.a. previsto sul fronte della strada consortile, conformemente a quanto richiesto dal PRG dell'area industriale, ha un'altezza massima di 70 cm sul piano di campagna prospiciente. La recinzione fronte strada consortile risulta più arretrata rispetto alle altre per tenere una distanza di circa 10 m da due linee elettriche aeree esistenti.

Nel campo fotovoltaico è prevista una viabilità in macadam avente larghezza 3,5 m, sviluppo complessivo circa 1400 m che corre lungo il perimetro delle recinzioni e collega le cabine di trasformazione e connessione.

5. Opere per lo smaltimento delle acque pluviali

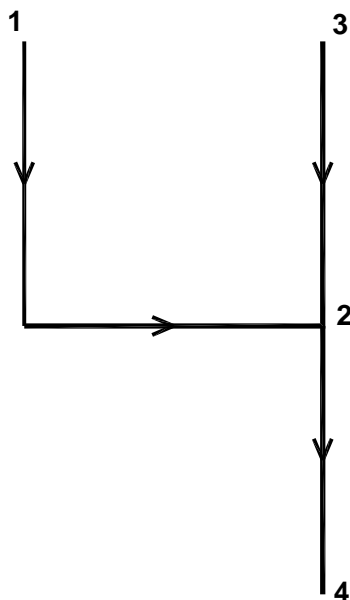
Per quanto riguarda la rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche del II° Lotto al fine di conservare il regime di deflusso naturale esistente nell'area, è prevista la realizzazione di un canale rivestito in materassi reno ricadente nell'esistente compluvio che ha come recapito finale il fiume Tirso (vedi all. E.4).

È previsto che anche le acque provenienti dalle superfici scolanti del I° Lotto 1° comparto e del III° lotto vengano allontanate dal citato canale rivestito, di questo se ne terrà conto nel dimensionamento riportato nei paragrafi che seguono.

6. Dimensionamenti preliminari

6.1. Verifica della rete di smaltimento delle acque meteoriche

Si dimensiona la rete di smaltimento delle acque meteoriche nelle aree dei lotti I°÷III°. La rete nel suo insieme si può schematizzare come segue:



Dove le tratte 1-2 e 3-2 sono le canalette prefabbricate a sezione trapezia con larghezza al fondo 0,5 m, altezza 0,5 m del I° Lotto I° comparto e la tratta 2-4 è il canale rivestito in materassi tipo Reno che attraversa il II°e III° lotto. Per il dimensionamento si utilizza il metodo dell'invaso con le formule:

$$u = \frac{2168 n (\varphi a)^{1/n}}{w^{\left(\frac{1}{n}-1\right)}}$$

dove:

u= coefficiente udometrico [l/(s*ha)]

w= volume dei piccoli invasi [m³/m²]

n = esponente della curva di possibilità pluviometrica

a = coefficiente della curva di possibilità pluviometrica.

Il volume invasato a monte della sezione di calcolo si seprime conl la:

$$W_M = w_0 S + W_I + \Sigma W_i$$

dove

w₀ = volume dei piccoli invasi

W_I = invaso proprio del collettore I

W_i = volume invasato a monte del tratto I di calcolo

Si rimanda alla letteratura specializzata per l'impiego della formula. Per quanto attiene la curva di possibilità pluviometrica si utilizza il modello basato sulla distribuzione lognormale (vedi "Rapporto Regionale Sardegna - Valutazione delle piene in Sardegna" dei prof. C.Cao, E.Piga, M.Salis, G.M.Sechi, dell' Istituto di Idraulica dell' Università di Cagliari, pubblicato nel 1991). Sul territorio regionale sono stati individuati 4 gruppi di stazioni omogenee per ciascuno dei quali vale un'unica curva di possibilità pluviometrica:

$$h_{tc} = h_1 * t_c^{(a+b*u)} \quad [\text{mm}]$$

dove

$$\log(h_1) = c + d * u$$

h₁ pioggia critica di durata oraria, espressa in mm/ora

htc pioggia critica di durata tc (ore), espressa in mm

u frattile della distribuzione normale standardizzata; u è funzione della probabilità o, che è lo stesso, del periodo di ritorno attraverso la relazione P=1-1/T.

Le espressioni precedenti consentono di ricavare l'altezza di precipitazione critica relativa ad un evento avente un prefissato periodo di ritorno.

I valori dei parametri per i quattro gruppi sono stati di recente aggiornati e sono riportati in Tab. I.

Tab. I

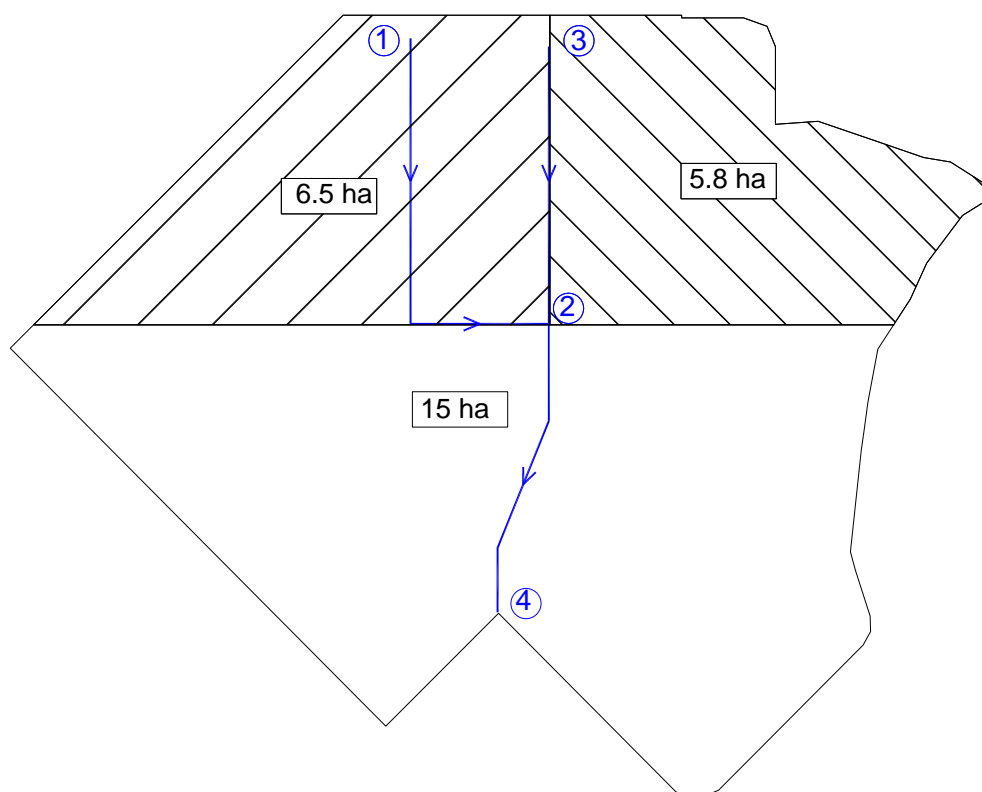
	a	B	c	d
I° gruppo	0,305043	-0,0171463	1,273175	0,179731
II° gruppo	0,359699	-0,0179413	1,296258	0,167487
III° gruppo	0,418225	0,0090927	1,379027	0,164598
IV° gruppo	0,497194	0,0412504	1,460799	0,191831

Per quanto attiene l'area in esame si fa riferimento alle stazioni di Noragugume e Ottana che appartengono al I° gruppo. Si dimensiona la rete di smaltimento delle acque meteoriche per il tempo di ritorno $T = 5$ anni. Risulta la seguente curva di possibilità pluviometrica

$$h = 26,577 \times \tau^{0,290606} \text{ mm/h}$$

Dove il coefficiente e l'esponente sono i parametri a e n che compaiono nella formula del metodo dell'invaso.

Si riportano nello schema seguente le aree drenate da ciascuna delle tre tratte:



Per ciascuna delle tre aree sono stati calcolati i coefficienti d'afflusso ϕ con la seguente:

$$\phi = \phi_{perm} (1 - I_m) + \phi_{imp} I_m$$

Dove con I_m si indica l'aliquota di superfici impermeabili. Per le aree non fabbricate e prive di impianti si è adottato $\varphi = 0,2$, per le aree fabbricate o con impianti si è adottato $\varphi = 0,9$. Si riepilogano in Tab II i coefficienti di afflusso calcolati per le tre tratte.

TAB II

Tratto	Φ_{perm}	Φ_{imper}	I_m	φ	$\bar{\omega}$
				[-]	[ha]
1 2	0.20	0.90	0.30	0.41	6.500
3 2	0.20	0.90	0.10	0.27	5.800
2 4	0.20	0.90	0.40	0.48	15.000

Si assume il volume dei piccoli invasi w_0 pari a 30 m³/ha, la scabrezza Ks (Strickler) è stata assunta pari a 65 per le canalette prefabbricate e 30 per il canale rivestito in materassi tipo RENO. Nella Tab III sono riportati i risultati.

TAB III

Tratti confluenti			Elementi del tratto				Elementi progr.			Risultati dell'iterazione di calcolo														
Tratto	Tratti confluenti	Volume totale invasato a monte	Area effettiva	Area ridotta ϕS	Lunghezza del tratto	Volume dei piccoli invasi	Area effettiva	ϕ medio	Area ridotta ϕS	Volume proprio invasato	Volume totale invasato	$\sum W_j$ (a monte del tratto in esame)	Invaso specifico	Coefficiente udometrico	Portata	Sezione adottata	Larghezza/diametro	Pendenza sponde/rad	Scabrezza K_s	Pendenza del fondo i	Tirante h	Velocità	Sezione idrica	
			[m ²]	[m ²]	[m]	[m ³]	[m ²]		[m ²]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m]	[l/s/ha]	[m ³ /s]		[m]	[-]		[-]	[m]	[m/s]	[m ²]	
1 2	-	-	65000	26650	330	195.0	65000	0.410	26650	89.8	284.75	0.00	0.0044	63.43	0.412	trap50X50	0.5	1	65	0.005	0.328	1.52	0.27	
3 2	-	-	58000	15660	230	174.0	58000	0.270	15660	29.9	203.90	0.00	0.0035	25.78	0.150	trap50X50	0.5	1	65	0.005	0.189	1.15	0.13	
2 4	1 2	284.75	150000	72000	220	450.0	273000	0.419	114310															
	3 2	203.90								290.9	1229.60	488.65	0.0045	63.73	1.740	D=4.8m	4.8	1.45	30	0.007	0.605	1.32	1.32	

Le portate nelle sezioni terminali dei tratti 1-2, 3-2, 2-4 risultano rispettivamente pari a 0.412, 0.150, 1.740 m³/s, i tiranti sono pari a 0.33, 0.19 e 0.61 cm, tutti inferiori all'80% dell'altezza della sezione.

In corrispondenza dei nodi 2 e 4, al fine di evitare rigurgiti, sono previsti dei pozzetti di salto ed il tombino per l'attraversamento stradale. Il tombino presso il nodo 2 è costituito da 2 tubazioni in cls vibrocompresso DN 700, mentre presso il nodo 4 è costituito da 3 tubazioni DN 700.

Per la verifica dei tombini si è utilizzato il software HEC RAS, dove si sono assunti i parametri di scabrezza n (Manning) per il calcestruzzo e per i materassi tipo RENO rispettivamente pari 0.015 e 0.033. i coefficienti di perdita all'imbocco ed allo sbocco sono stati assunti pari a 0.5 e 1.

Nelle figure 1 e 2 sono riportate le verifiche che hanno dato esito positivo.

Figura 1

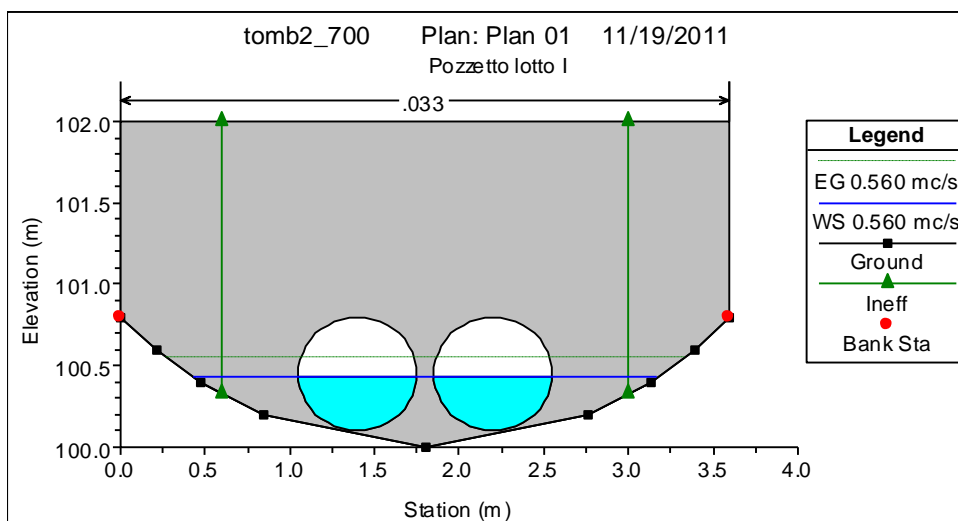
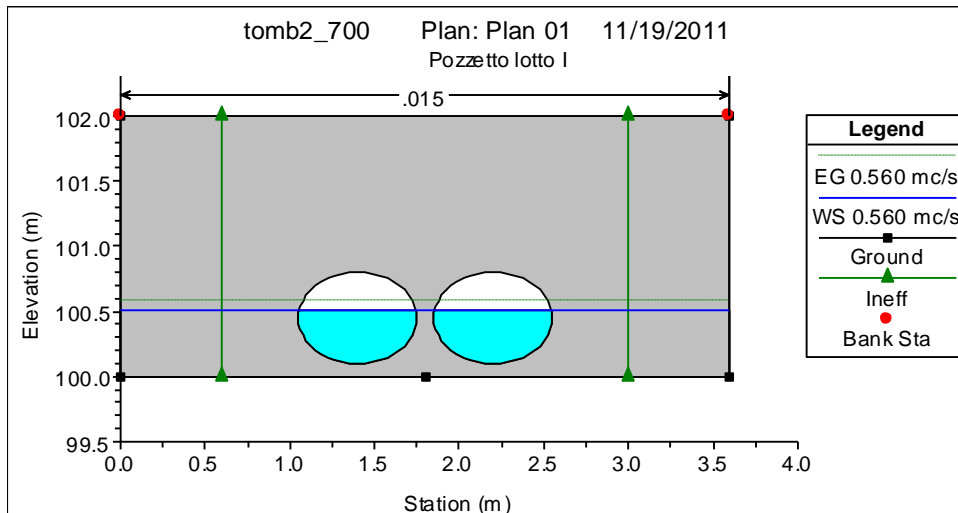
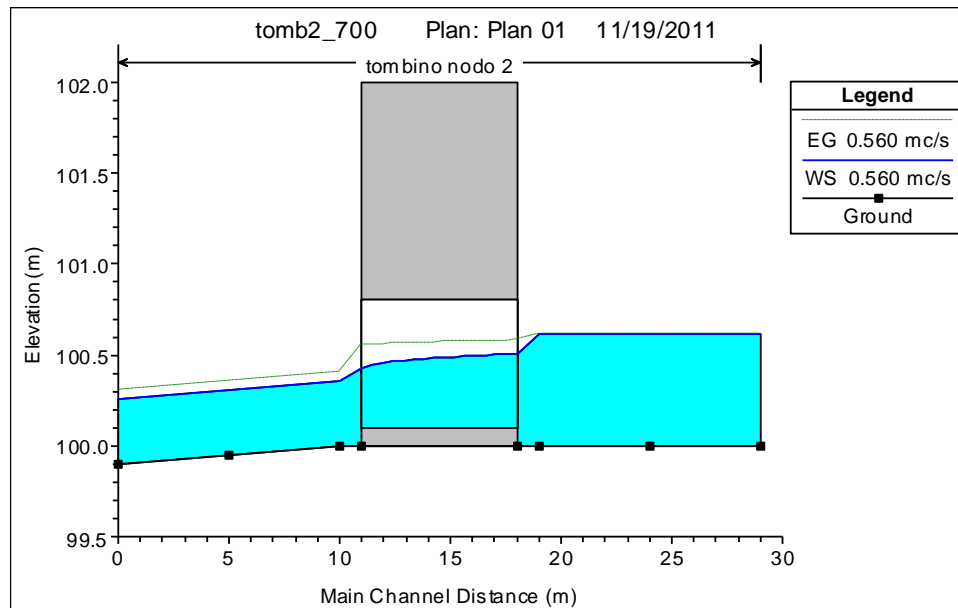
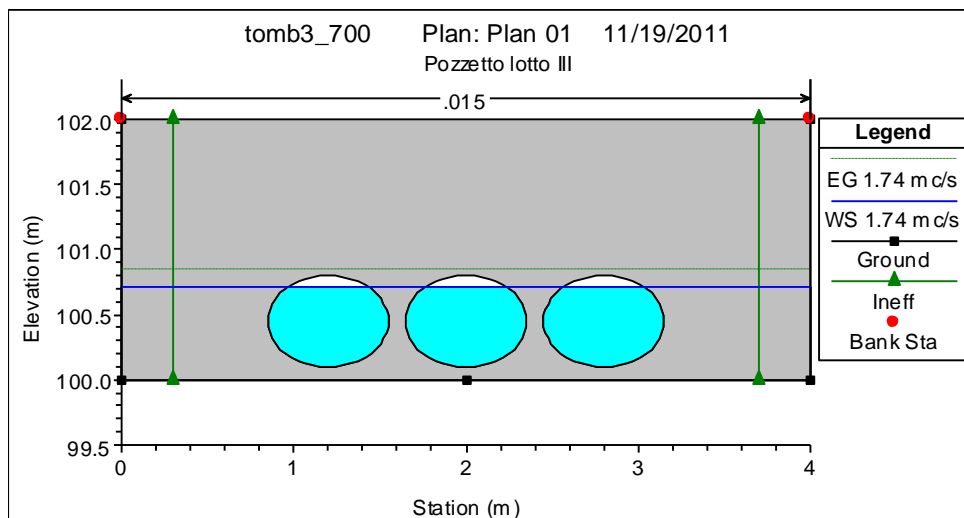
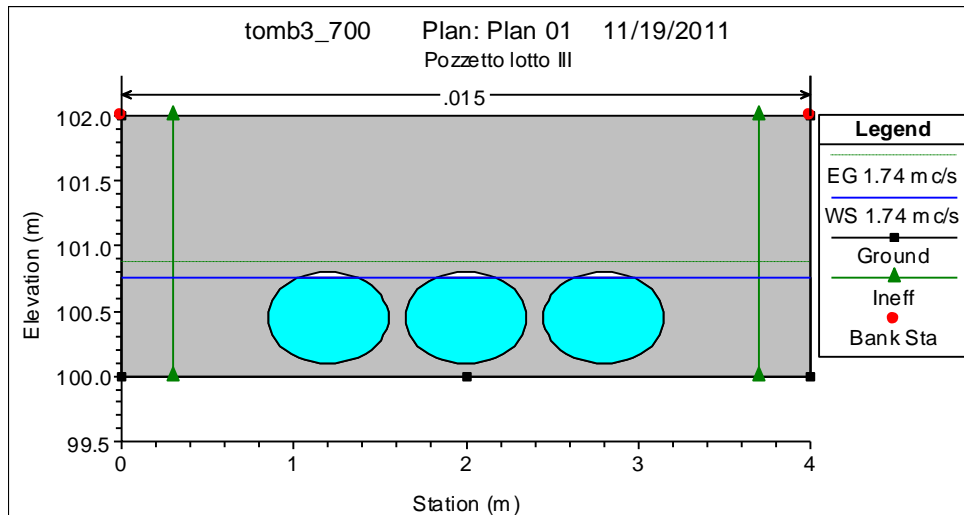
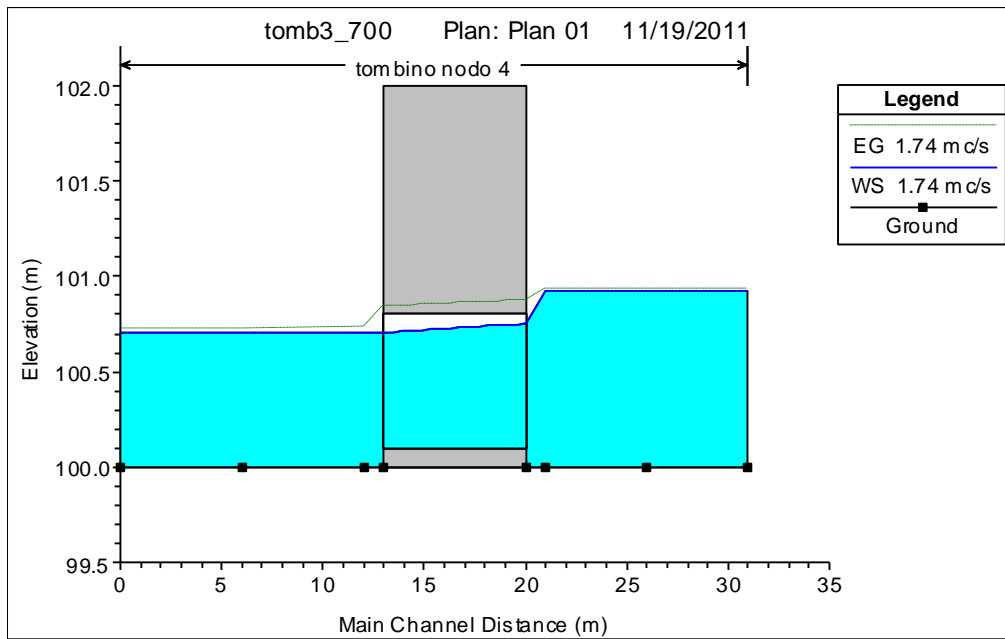


Figura 2



6.2. Predimensionamento della struttura di sostegno in acciaio dei moduli fotovoltaici

La struttura metallica sarà qui predimensionata col metodo delle tensioni ammissibili ai sensi del pto 2.7 delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2008, sarà da riverificare in sede di progetto esecutivo. La struttura (all. E.1.2) sarà realizzata in acciaio S275JR (ex Fe 430) e porta n. 6 moduli fotovoltaici del peso variabile, a seconda del costruttore, da 18 a 26 kg ciascuno, qui si adotta il peso massimo dell'intervallo pari a circa 0,26 kN. Si riportano di seguito le verifiche preliminari.

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

6) Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
6	28	500	0.02
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			165
T_R (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
v_b ($T_R = 50$ [m/s])			28.000
α_R (T_R)			1.00073
v_b (T_R) = $v_b \cdot \alpha_R$ [m/s]			28.021

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
c_e (coefficiente di esposizione)
c_p (coefficiente di forma)
c_d (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_b [N/mq]	490.72
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autolativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5					
	costa	mare	500m	750m	
	2 km	10 km	30 km		
A	--	IV	IV	V	V
B	--	III	III	IV	IV
C	--	*	III	III	IV
D	I	II	II	III	**

* Categoria II in zona 1,2,3,4
Categoria III in zona 5

** Categoria III in zona 2,3,4,5
Categoria IV in zona 1

ZONA 6					
	costa	mare	500m		
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
	mare	costa	
	1,5 km	0,5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*

* Categoria II in zona 8
Categoria III in zona 7

ZONA 9		
	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
6	D	165

$c_e(z) = k_f \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$
$c_e(z) = c_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

Cat. Esposiz.	k_f	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t
V	0.23	0.7	12	1

Calcolo dell'azione del vento

z [m]	C _e
z ≤ 12	1.479
z = 4	1.479
z = 4.5	1.479

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

○	Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
●	Zona III Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

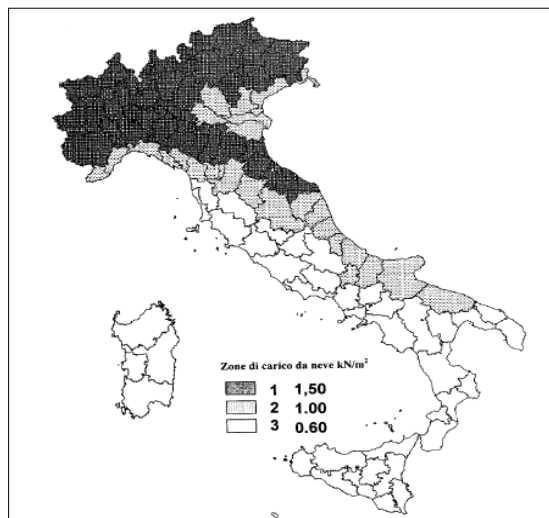
q_s (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i q_{sk} C_E C_t$
μ_i (coefficiente di forma)
q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])
C_E (coefficiente di esposizione)
C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	165
q_{sk} (val. caract. della neve al suolo [kN/mq])	0.60

Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.



Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	C _E
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

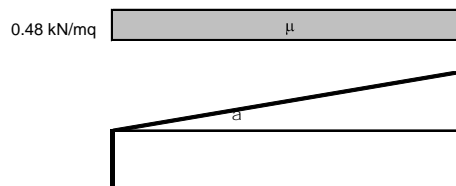
Valore del carico della neve al suolo

q_s (carico della neve al suolo [kN/mq])	0.60
--	------

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

α (inclinazione falda [°])	30
-----------------------------------	----

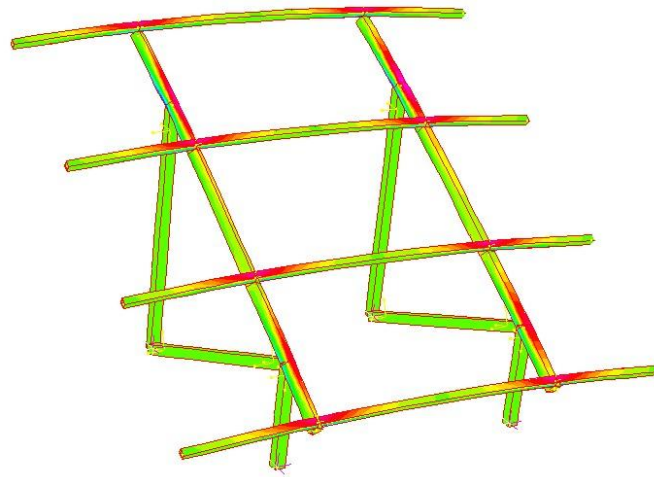
μ	0.8
-------	-----



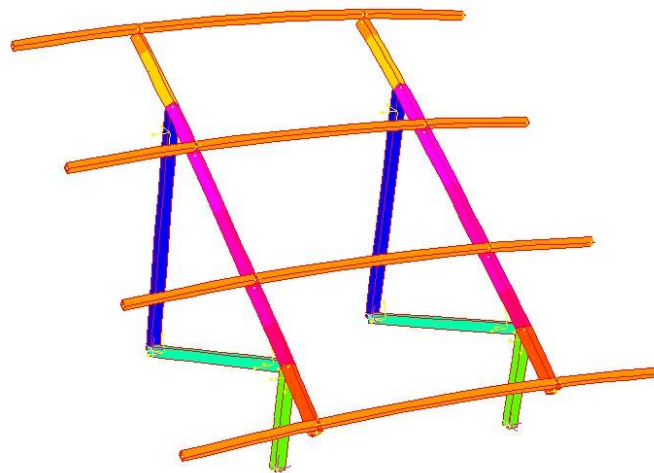
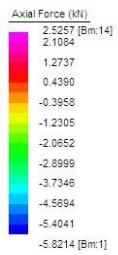
<u>AZIONI</u>			
<u>PESO PANNELLI</u>			
Peso n. 6 pannelli	kN	1.560	
Lunghezza arcarecci	m	12.000	
Carico distribuito arcarecci	kN/m	0.130	
<u>VENTO</u>			
q_b	kN/mq	0.49	
c_e	-	1.48	
c_d	-	1.00	
Una falda inclinata			
α	°	30	
c_p	-	1.80	
$p = q_b \times c_e \times c_d \times c_p$	kN/mq	1.31	
Superficie pannelli	mq	9.6	
Risultante sulla superficie	kN	12.54	
Lunghezza arcarecci	m	12.000	
Carico distribuito arcarecci	kN/m	1.045	
<u>NEVE</u>			
Carico neve	kN/mq	0.48	
Superficie pannelli	mq	9.6	
Superficie in proiezione	mq	8.31	
Risultante neve	kN	3.99	
Lunghezza arcarecci	m	12.000	
Carico distribuito arcarecci	kN/m	0.333	

Per il telaio si impiegano degli scatolari 60 x 60 x 4 mm, per gli arcarecci scatolari 40 x 40 x 4 mm. si riportano di seguito le verifiche degli elementi eseguite col codice di calcolo Straus. In particolare si controllano le tensioni e la forza massima di compressione sugli elementi per la combinazione di carico più sfavorevole comprendente carichi permanenti, vento e neve. Le verifiche hanno dato esito positivo come illustrato nella tabella che segue dove i valori delle tensioni risultano inferiori a quelli ammissibili.

In sede di progetto esecutivo la struttura è da verificare anche per le azioni simiche come previsto dalla vigente normativa.



. Massima tensione nelle membrature.



Massima forza assiale di compressione

VERIFICHE

Max Fibre Stress	kN/mq	81219
	kg/cmq	812.19
Max spostamento	mm	9
Max spostamento relativo (nodo 5)	mm	5.6
Luce sbalzo Ls	mm	750
L = 2 x Ls	mm	1500
L/200	mm	7.5
Carico di punta (60 x 60 x 4)		
Nmax	kN	5.82
Area	cmq	8.96
Sigma max	kN/mq	6497
	Kg/cmq	64.97
Carico di punta		
	beta	0.8
	li m	1.5
	r m	0.02292
	Lambda	52.36
	omega -	1.13
	Axial stress kN/mq	7341.61

6.3. *Strutture delle cabine elettriche*

Tutti i manufatti prefabbricati dovranno essere accompagnati dalla relativa relazione di calcolo del costruttore come previsto nelle norme tecniche delle costruzioni attualmente vigenti.

In caso esecuzione in opera in sede di progetto esecutivo dovrà essere redatta apposita relazione di calcolo.

INDICE

1. Premessa	2
2. Edifici	3
3. Strutture di sostegno dei pannelli	3
4. Recinzioni e viabilità interna	3
5. Opere per lo smaltimento delle acque pluviali	4
6. Dimensionamenti preliminari	4
6.1. Verifica della rete di smaltimento delle acque meteoriche	4
6.2. Predimensionamento della struttura di sostegno in acciaio dei moduli fotovoltaici	12
6.3. Strutture delle cabine elettriche	16

1. Premessa

La presente relazione, riguarda le cabine di trasformazione, la viabilità interna e le opere per lo smaltimento delle acque meteoriche relative all'impianto fotovoltaico fisso a terra II° lotto, della potenza di 3946,8 kWp da realizzarsi presso l'agglomerato industriale di Ottana nel territorio del Comune di Noragugume (NU).

L' impianto verrà realizzato in una parte dell'area industriale di Ottana, situata in sponda destra del fiume Tirso attualmente libera da insediamenti produttivi, ed occuperanno circa 6,86 ha.

Le opere civili previste nel II° lotto sono costituite da cabine, recinzioni, viabilità interna, opere per lo smaltimento delle acque meteoriche (vedi all. E.1.1, E.2.4, E.3, E.4)

Nella presente verranno brevemente descritte le opere summenzionate e nell'ultima parte verranno eseguite le verifiche preliminari per lo smaltimento delle acque meteoriche.

2. Edifici

Gli unici edifici previsti sono le cabine di connessione e trasformazione (vedi allegati E.4). Tutte le cabine potranno essere prefabbricate o realizzate in opera e saranno comunque conformi agli standard e normative vigenti in tema di locali che ospitano le apparecchiature elettriche previste in progetto e dovranno essere accompagnate dalla relativa certificazione se prevista.

Le cabine saranno dotate di adeguati cavedi in fondazione che servono per l'entrata e l'uscita dei cavi elettrici.

Le cabine prefabbricate rispetto a quelle realizzate in opera presentano il vantaggio di poter essere caricate e trasportate complete di infissi e apparecchiature elettriche, fatta esclusione per le apparecchiature più pesanti (trasformatori).

Le cabine saranno tutte raggiungibili mediante la realizzazione di una viabilità interna che oltre a coprire l'intero perimetro del lotto, garantisce l'accessibilità delle parti più interne attraverso delle dorsali che percorrono l'intero parco in direzione est-ovest.

3. Strutture di sostegno dei pannelli

Le strutture di sostegno degli impianti fotovoltaici saranno costituite da telai e arcarecci in ferro lavorato zincato a caldo, l'ancoraggio al suolo avverrà mediante viti (vedi all. E.1.2). nei paragrafi che seguono si riporta un predimensionamento secondo il metodo delle tensioni ammissibili, in sede di progetto esecutivo il dimensionamento deve essere rieseguito ai sensi delle vigenti normative (Norme Tecniche delle Costruzioni 2008).

4. Recinzioni e viabilità interna

Le recinzioni degli impianti sono previste in muretto in c.a. con pannelli in grigliato per i tratti fronte strada consortile, in rete e paletti per restante perimetro (vedi allegato E.3), tutte sono munite di fibra ottica per il sistema antintrusione, la recinzione ha altezza 2,5 m. La recinzione prevista nel presente progetto completa quella già eseguita nell'ambito del 1°Lotto 1° comparto ed ha uno sviluppo di circa 1400 m., per una parte è da posare su muro di sostegno.

Il muretto in c.a. previsto sul fronte della strada consortile, conformemente a quanto richiesto dal PRG dell'area industriale, ha un'altezza massima di 70 cm sul piano di campagna prospiciente. La recinzione fronte strada consortile risulta più arretrata rispetto alle altre per tenere una distanza di circa 10 m da due linee elettriche aeree esistenti.

Nel campo fotovoltaico è prevista una viabilità in macadam avente larghezza 3,5 m, sviluppo complessivo circa 1400 m che corre lungo il perimetro delle recinzioni e collega le cabine di trasformazione e connessione.

5. Opere per lo smaltimento delle acque pluviali

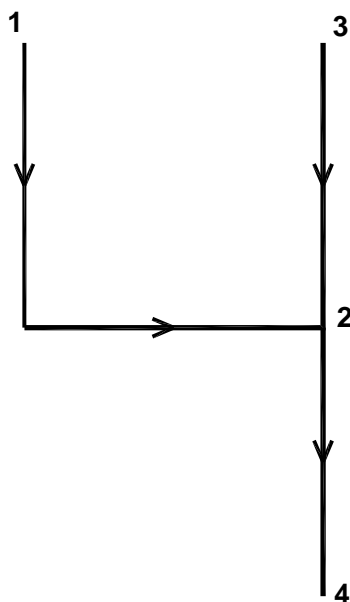
Per quanto riguarda la rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche del II° Lotto al fine di conservare il regime di deflusso naturale esistente nell'area, è prevista la realizzazione di un canale rivestito in materassi reno ricadente nell'esistente compluvio che ha come recapito finale il fiume Tirso (vedi all. E.4).

È previsto che anche le acque provenienti dalle superfici scolanti del I° Lotto 1° comparto e del III° lotto vengano allontanate dal citato canale rivestito, di questo se ne terrà conto nel dimensionamento riportato nei paragrafi che seguono.

6. Dimensionamenti preliminari

6.1. Verifica della rete di smaltimento delle acque meteoriche

Si dimensiona la rete di smaltimento delle acque meteoriche nelle aree dei lotti I°÷III°. La rete nel suo insieme si può schematizzare come segue:



Dove le tratte 1-2 e 3-2 sono le canalette prefabbricate a sezione trapezia con larghezza al fondo 0,5 m, altezza 0,5 m del I° Lotto 1° comparto e la tratta 2-4 è il canale rivestito in materassi tipo Reno che attraversa il II° e III° lotto. Per il dimensionamento si utilizza il metodo dell'invaso con le formule:

$$u = \frac{2168n(\varphi a)^{1/n}}{w^{\left(\frac{1}{n}-1\right)}}$$

dove:

u= coefficiente udometrico [l/(s*ha)]

w= volume dei piccoli invasi [m³/m²]

n = esponente della curva di possibilità pluviometrica

a = coefficiente della curva di possibilità pluviometrica.

Il volume invasato a monte della sezione di calcolo si seprime conl la:

$$W_M = w_0 S + W_I + \Sigma W_i$$

dove

w₀ = volume dei piccoli invasi

W_I = invaso proprio del collettore I

W_i = volume invasato a monte del tratto I di calcolo

Si rimanda alla letteratura specializzata per l'impiego della formula. Per quanto attiene la curva di possibilità pluviometrica si utilizza il modello basato sulla distribuzione lognormale (vedi "Rapporto Regionale Sardegna - Valutazione delle piene in Sardegna" dei prof. C.Cao, E.Piga, M.Salis, G.M.Sechi, dell' Istituto di Idraulica dell' Università di Cagliari, pubblicato nel 1991). Sul territorio regionale sono stati individuati 4 gruppi di stazioni omogenee per ciascuno dei quali vale un'unica curva di possibilità pluviometrica:

$$h_{tc} = h_1 * t_c^{(a+b*u)} \quad [\text{mm}]$$

dove

$$\log(h_1) = c + d * u$$

h₁ pioggia critica di durata oraria, espressa in mm/ora

htc pioggia critica di durata tc (ore), espressa in mm

u frattile della distribuzione normale standardizzata; u è funzione della probabilità o, che è lo stesso, del periodo di ritorno attraverso la relazione P=1-1/T.

Le espressioni precedenti consentono di ricavare l'altezza di precipitazione critica relativa ad un evento avente un prefissato periodo di ritorno.

I valori dei parametri per i quattro gruppi sono stati di recente aggiornati e sono riportati in Tab. I.

Tab. I

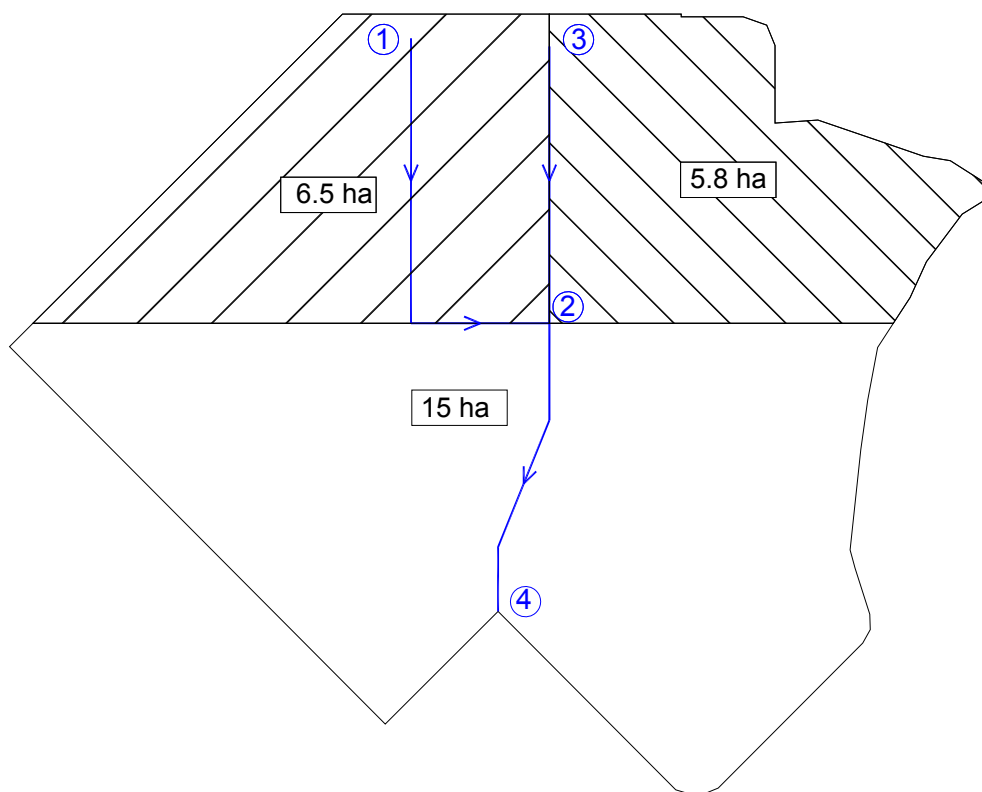
	a	B	c	d
I° gruppo	0,305043	-0,0171463	1,273175	0,179731
II° gruppo	0,359699	-0,0179413	1,296258	0,167487
III° gruppo	0,418225	0,0090927	1,379027	0,164598
IV° gruppo	0,497194	0,0412504	1,460799	0,191831

Per quanto attiene l'area in esame si fa riferimento alle stazioni di Noragugume e Ottana che appartengono al I° gruppo. Si dimensiona la rete di smaltimento delle acque meteoriche per il tempo di ritorno $T = 5$ anni. Risulta la seguente curva di possibilità pluviometrica

$$h = 26,577 \times \tau^{0,290606} \text{ mm/h}$$

Dove il coefficiente e l'esponente sono i parametri a e n che compaiono nella formula del metodo dell'invaso.

Si riportano nello schema seguente le aree drenate da ciascuna delle tre tratte:



Per ciascuna delle tre aree sono stati calcolati i coefficienti d'afflusso ϕ con la seguente:

$$\phi = \phi_{perm}(1 - I_m) + \phi_{imp} I_m$$

Dove con I_m si indica l'aliquota di superfici impermeabili. Per le aree non fabbricate e prive di impianti si è adottato $\varphi = 0,2$, per le aree fabbricate o con impianti si è adottato $\varphi = 0,9$. Si riepilogano in Tab II i coefficienti di afflusso calcolati per le tre tratte.

TAB II

Tratto	ϕ_{perm}	ϕ_{imper}	I_m	θ	$\bar{\omega}$
				[-]	[ha]
1 2	0.20	0.90	0.30	0.41	6.500
3 2	0.20	0.90	0.10	0.27	5.800
2 4	0.20	0.90	0.40	0.48	15.000

Si assume il volume dei piccoli invasi w_0 pari a 30 m³/ha, la scabrezza Ks (Strickler) è stata assunta pari a 65 per le canalette prefabbricate e 30 per il canale rivestito in materassi tipo RENO. Nella Tab III sono riportati i risultati.

TAB III

Tratti confluenti			Elementi del tratto				Elementi progr.			Risultati dell'iterazione di calcolo													
Tratto	Tratti confluenti	Volume totale invasato a monte	Area effettiva	Area ridotta ϕS	Lunghezza del tratto	Volume dei piccoli invasi	Area effettiva	ϕ medio	Area ridotta ϕS	Volume proprio invasato	Volume totale invasato	$\sum W_j$ (a monte del tratto in esame)	Invaso specifico	Coefficiente udometrico	Portata	Sezione adottata	Larghezza/diametro	Pendenza sponde/rad	Scabrezza K_s	Pendenza del fondo i	Tirante h	Velocità	Sezione idrica
			[m ²]	[m ²]	[m]	[m ³]	[m ²]		[m ²]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m]	[l/s/ha]	[m ³ /s]		[m]	[–]		[–]	[m]	[m/s]	[m ²]
1 2	-	-	65000	26650	330	195.0	65000	0.410	26650	89.8	284.75	0.00	0.0044	63.43	0.412	trap50X50	0.5	1	65	0.005	0.328	1.52	0.27
3 2	-	-	58000	15660	230	174.0	58000	0.270	15660	29.9	203.90	0.00	0.0035	25.78	0.150	trap50X50	0.5	1	65	0.005	0.189	1.15	0.13
2 4	1 2	284.75	150000	72000	220	450.0	273000	0.419	114310														
	3 2	203.90								290.9	1229.60	488.65	0.0045	63.73	1.740	D=4.8m	4.8	1.45	30	0.007	0.605	1.32	1.32

Le portate nelle sezioni terminali dei tratti 1-2, 3-2, 2-4 risultano rispettivamente pari a 0.412, 0.150, 1.740 m³/s, i tiranti sono pari a 0.33, 0.19 e 0.61 cm, tutti inferiori all'80% dell'altezza della sezione.

In corrispondenza dei nodi 2 e 4, al fine di evitare rigurgiti, sono previsti dei pozzetti di salto ed il tombino per l'attraversamento stradale. Il tombino presso il nodo 2 è costituito da 2 tubazioni in cls vibrocompresso DN 700, mentre presso il nodo 4 è costituito da 3 tubazioni DN 700.

Per la verifica dei tombini si è utilizzato il software HEC RAS, dove si sono assunti i parametri di scabrezza n (Manning) per il calcestruzzo e per i materassi tipo RENO rispettivamente pari 0.015 e 0.033. i coefficienti di perdita all'imbocco ed allo sbocco sono stati assunti pari a 0.5 e 1.

Nelle figure 1 e 2 sono riportate le verifiche che hanno dato esito positivo.

Figura 1

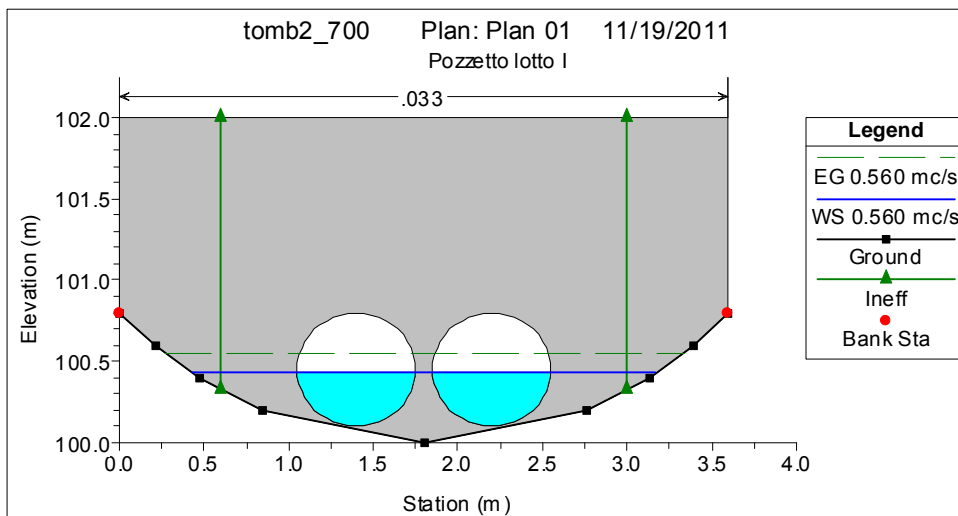
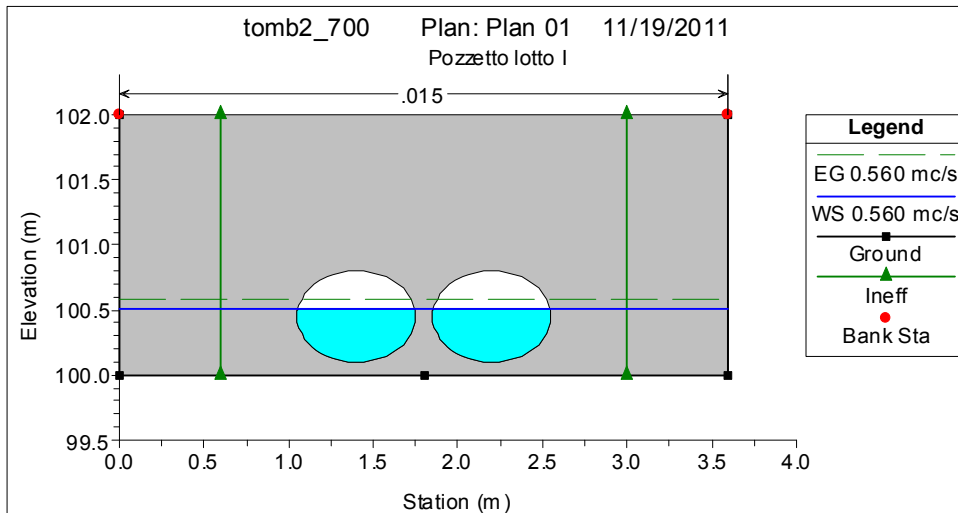
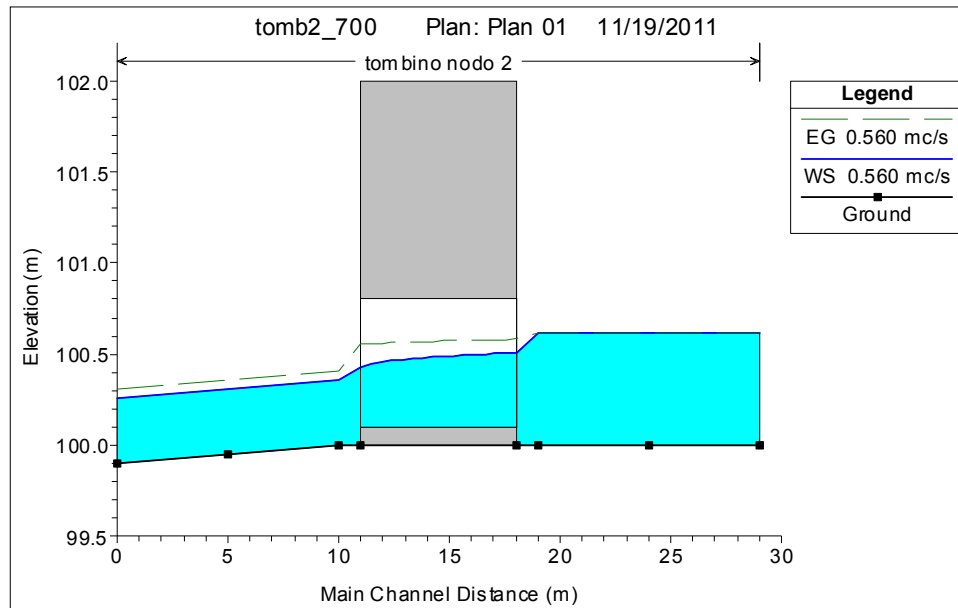
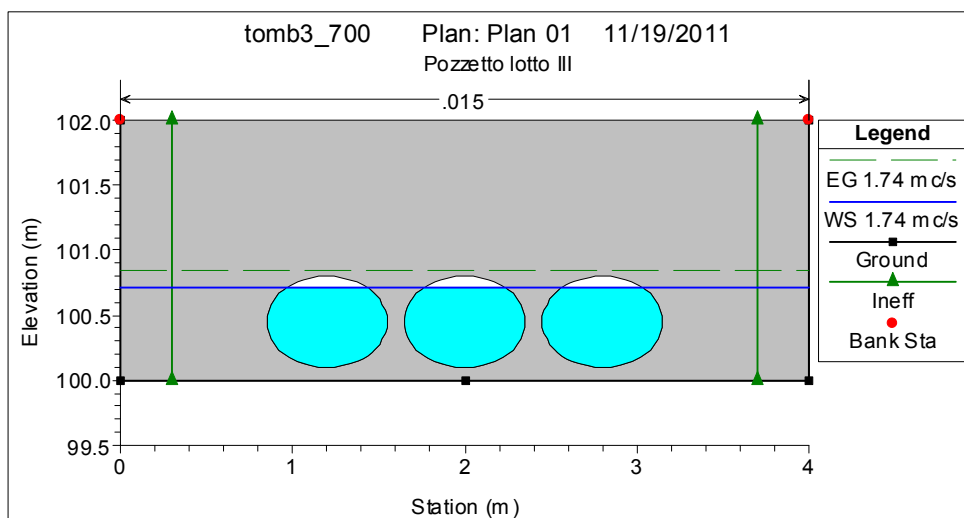
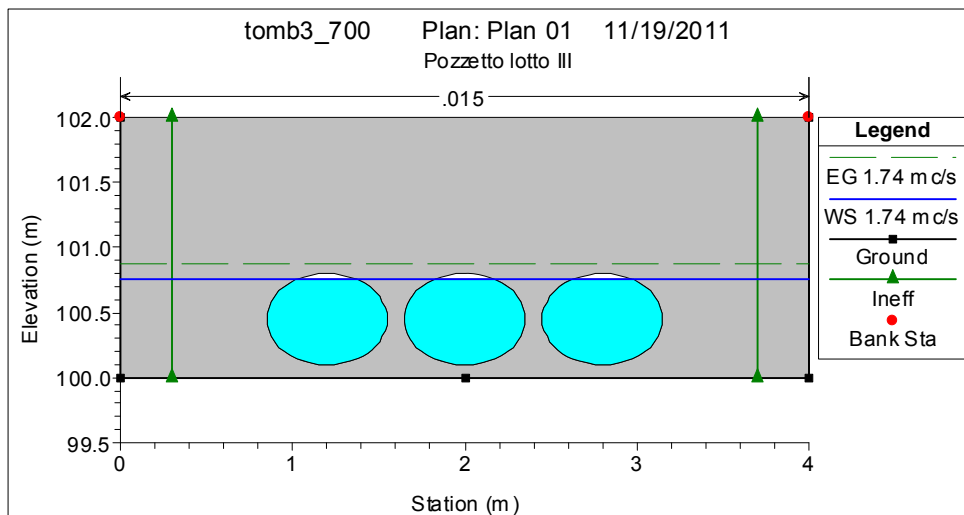
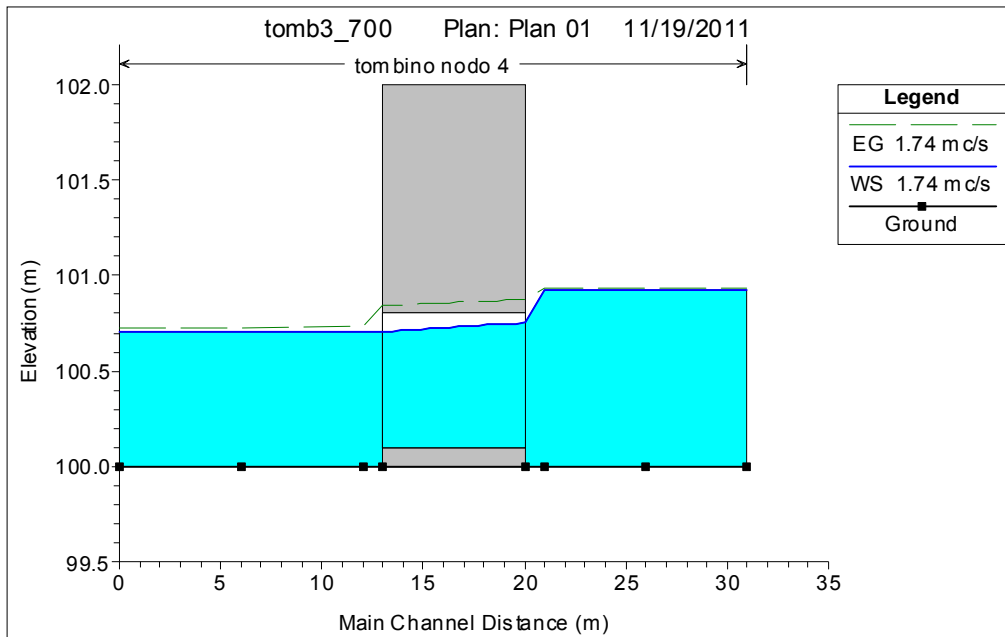


Figura 2



6.2. Predimensionamento della struttura di sostegno in acciaio dei moduli fotovoltaici

La struttura metallica sarà qui predimensionata col metodo delle tensioni ammissibili ai sensi del pto 2.7 delle Norme Tecniche delle Costruzioni D.M. 14.01.2008 e s.m.i., sarà da riverificare in sede di progetto esecutivo. La struttura (all. E.1.2) sarà realizzata in acciaio S275JR (ex Fe 430) e porta n. 6 moduli fotovoltaici del peso variabile, a seconda del costruttore, da 18 a 26 kg ciascuno, qui si adotta il peso massimo dell'intervallo pari a circa 0,26 kN. Si riportano di seguito le verifiche preliminari.

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

6) Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
6	28	500	0.02
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			165
T_R (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
v_b ($T_R = 50$ [m/s])			28.000
α_R (T_R)			1.00073
v_b (T_R) = $v_b \cdot \alpha_R$ [m/s]			28.021

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
c_e (coefficiente di esposizione)
c_p (coefficiente di forma)
c_d (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_b [N/mq]	490.72
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autolelivellamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa	mare	500m	750m		
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	III	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
	costa	mare	500m		
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
	mare	costa	
	1,5 km	0,5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
6	D	165

$c_e(z) = k_f \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0)$ [7+ $c_t \cdot \ln(z/z_0)$] per $z \geq z_{min}$
$c_e(z) = c_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

Cat. Esposiz.	k_f	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t
V	0.23	0.7	12	1

Calcolo dell'azione del vento

z [m]	C _e
z ≤ 12	1.479
z = 4	1.479
z = 4.5	1.479

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

○	Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
●	Zona III Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

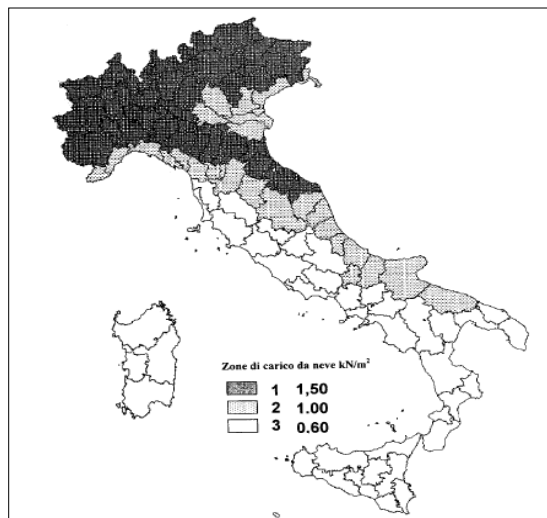
q_s (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i q_{sk} C_E C_t$
μ_i (coefficiente di forma)
q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])
C_E (coefficiente di esposizione)
C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	165
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	0.60

Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato **C_t = 1**.



Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	C _E
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

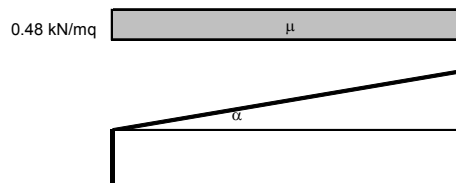
Valore del carico della neve al suolo

q_s (carico della neve al suolo [kN/mq])	0.60
--	------

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

α (inclinazione falda [°])	30
-----------------------------------	----

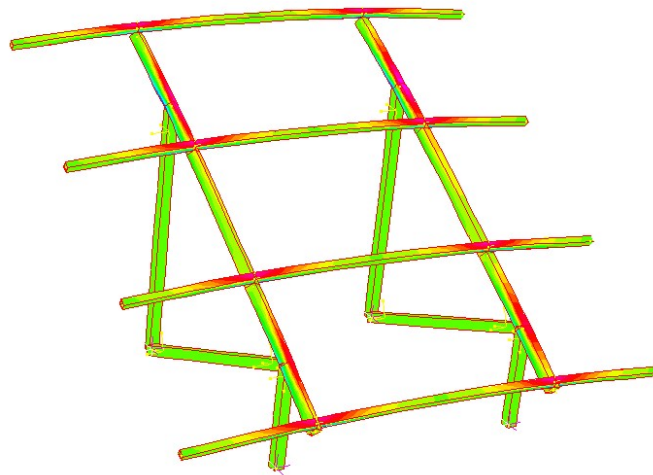
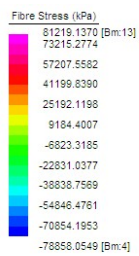
μ	0.8
-------	-----



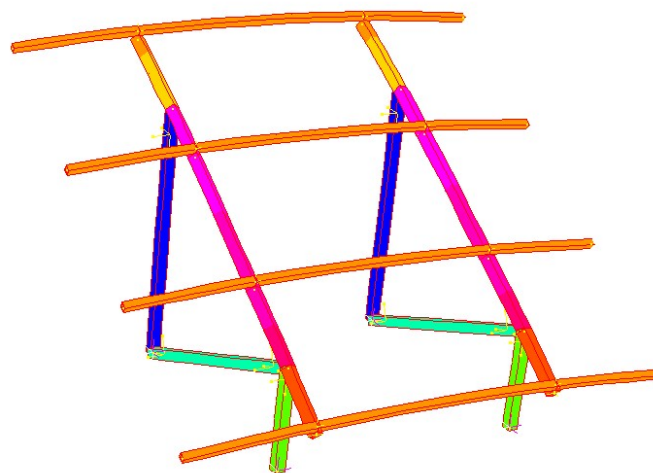
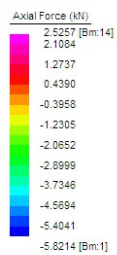
<u>AZIONI</u>			
<u>PESO PANNELLI</u>			
Peso n. 6 pannelli	kN		1.560
Lunghezza arcarecci	m		12.000
Carico distribuito arcarecci	kN/m		0.130
<u>VENTO</u>			
q_b	kN/mq		0.49
c_e	-		1.48
c_d	-		1.00
Una falda inclinata			
α	°		30
c_p	-		1.80
$p = q_b \times c_e \times c_d \times c_p$	kN/mq		1.31
Superficie pannelli	mq		9.6
Risultante sulla superficie	kN		12.54
Lunghezza arcarecci	m		12.000
Carico distribuito arcarecci	kN/m		1.045
<u>NEVE</u>			
Carico neve	kN/mq		0.48
Superficie pannelli	mq		9.6
Superficie in proiezione	mq		8.31
Risultante neve	kN		3.99
Lunghezza arcarecci	m		12.000
Carico distribuito arcarecci	kN/m		0.333

Per il telaio si impiegano degli scatolari 60 x 60 x 4 mm, per gli arcarecci scatolari 40 x 40 x 4 mm. si riportano di seguito le verifiche degli elementi eseguite col codice di calcolo Straus7. In particolare si controllano le tensioni e la forza massima di compressione sugli elementi per la combinazione di carico più sfavorevole comprendente carichi permanenti, vento e neve. Le verifiche hanno dato esito positivo come illustrato nella tabella che segue dove i valori delle tensioni risultano inferiori a quelli ammissibili.

In sede di progetto esecutivo la struttura è da verificare anche per le azioni simiche in zona 4 come previsto dalla vigente normativa, dovranno essere verificate le viti di ancoraggio al terreno a seguito delle indagini geognostiche da effettuarsi prima dei lavori.



. Massima tensione nelle membrature.



Massima forza assiale di compressione

VERIFICHE

Max Fibre Stress	kN/mq	81219
	kg/cmq	812.19
Max spostamento	mm	9
Max spostamento relativo (nodo 5)	mm	5.6
Luce sbalzo Ls	mm	750
L = 2 x Ls	mm	1500
L/200	mm	7.5
Carico di punta (60 x 60 x 4)		
Nmax	kN	5.82
Area	cmq	8.96
Sigma max	kN/mq	6497
	Kg/cmq	64.97
Carico di punta		
	beta	0.8
	li m	1.5
	r m	0.02292
	Lambda	52.36
	omega -	1.13
	Axial stress kN/mq	7341.61

6.3. *Strutture delle cabine elettriche*

Tutti i manufatti prefabbricati dovranno essere accompagnati dalla relativa relazione di calcolo del costruttore come previsto nelle norme tecniche delle costruzioni attualmente vigenti.

In caso esecuzione in opera in sede di progetto esecutivo dovrà essere redatta apposita relazione di calcolo.