

Interventi di protezione e bonifica di versante per la realizzazione di un sistema solare fotovoltaico su un terreno sito in località Ferriano di Fano (PU)

AUTORI:

Massimo Sergenti | Geologo - Libero Professionista, Via Brodolini 15 - 61037 Marotta (PU)
e-mail: m.sergenti@teletu.it

Massimo Salmi | Geologo - Responsabile Ufficio Tecnico, Ricerca e Sviluppo presso Borghi Azio SRL,
San Polo D'Enza (RE) - e-mail: massimo.salmi@borghiazio.com - www.borghiazio.com

Premessa

Il presente articolo illustra e descrive gli interventi di bonifica realizzati sulle coltri superficiali rimaneggiate di un versante collinare destinato a impianto solare fotovoltaico (potenza 993,60 kwp) installato in opera tra luglio e settembre 2010 in località Ferriano di Fano (PU), Appennino settentrionale.

La zona d'intervento (3,3 ha) ricade su area agricola, a mezza-costa di un versante collinare che declina a E-SE in direzione del Fosso dell'Acqua Saturata, tributario di destra del Fiume Metauro. Il sito è inserito in un tipico contesto di paesaggio collinare, tra le quote altimetriche di 80÷105 m s.l.m., con versanti debolmente acclivi ($6\div 10^\circ$), contraddistinti da blande ondulazioni della superficie e riferibili a reiterati adattamenti della copertura rispetto al substrato compatto.

L'analisi dei dati storici del sito inizia con l'esame della Carta inventario delle frane nelle Marche (CNR-IRPI, 1993) nella quale, sebbene non siano segnalati episodi importanti, se non in sponda destra del Fosso dell'Acqua Saturata, si evidenziano nell'intorno progettuale episodi di dimensioni ridotte, non cartografabili.

Nel P.A.I. delle Marche (2004) l'area è inserita in area franosa a basso rischio e pericolosità geologica moderata (R1-P1). Si rivelano morfologie di "richiamo" che si attuano con cambi di pendenza propri di un "solco di scarico" e apparenti scivolamenti allo stato quiescente, potenzialmente riattivabili alle mutate condizioni al contorno. A valle del sito progettuale, in corrispondenza di un impluvio ben impostato e fortemente inciso, è segnalato un fenomeno gravitativo a media pericolosità (P2).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

Dal punto di vista dei caratteri tettonici, litotecnici e stratigrafici i terreni presenti nell'area di studio e nell'intorno significativo appartengono alla serie geologica del Pleistocene

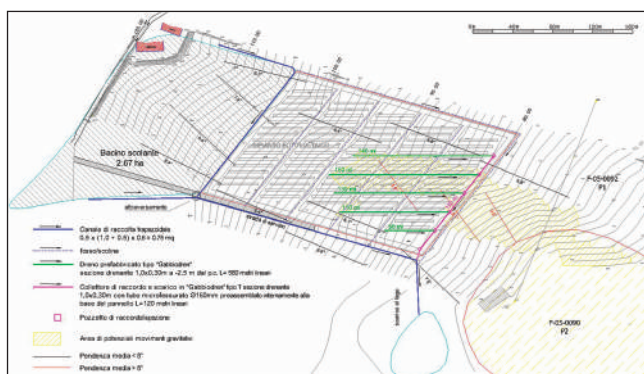


IMMAGINE 1 - Il disegno illustra il sito di intervento indicando le zone più sensibili e soggette a potenziale dissesto e gli interventi di consolidamento idrogeologico effettuati

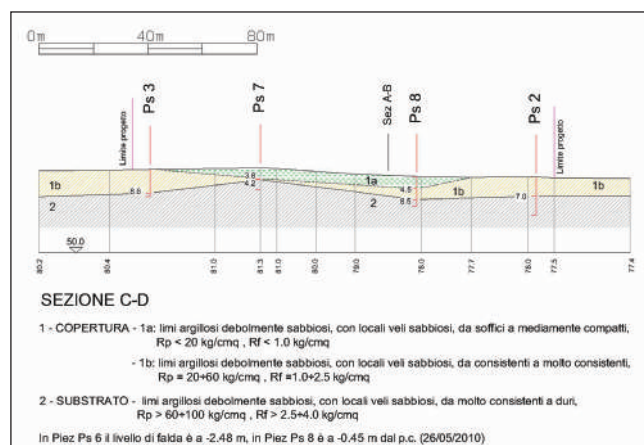


IMMAGINE 2 - Il disegno illustra la sezione geologica in corrispondenza del collettore drenante di raccordo



FOTO 1 - Fasi di montaggio di uno dei bracci della linea drenante. Si noti la guaina impermeabile al fondo del pannelli



FOTO 2 - Operazioni di posa in trincea del sistema drenante. Si noti come parte della trincea si già alloggiata in scavo mentre in fondo si prosegue con il montaggio della linea in sicurezza fuori dallo scavo

Le caratteristiche tessiturali dei terreni, in prevalenza limoso-argillosa, non dovrebbero consentire significative proprietà di drenaggio. La conducibilità idrica della matrice è da considerare da bassa a molto bassa, esprimibile da un coefficiente di permeabilità primaria K prossima a 1×10^{-8} m/sec. Sono tuttavia presenti abbondanti quantitativi idrici, con livello di saturazione prossimo al piano campagna, per infiltrazione e ritenzione, a causa dello stato di alterazione e decompressione delle coltri superficiali (permeabilità secondaria).

CAMPAGNA GEOGNOSTICA

La campagna geognostica si è avvalsa di:

- N° 5 test penetrometrici statici CPT Ps 1, Ps 2, Ps 3, Ps 4, Ps 5 - (fase A);
- N° 4 test penetrometrici statici CPT Ps 6, Ps 7, Ps 8, Ps 9 - (fase B);

eseguiti con sonda oleodinamica da 20 ton di spinta, approfonditi fino a $13 \div 14$ m dall'attuale p.c., al rinvenimento di strati di terreno molto resistenti (substrato);

- N° 2 piezometri in PVC, microfessurati per il rilievo dei livelli statici di falda idrica e delle possibili oscillazioni nel tempo;
- Analisi geomeccaniche di laboratorio necessarie a definire le proprietà fisico-meccaniche e comportamentali delle porzioni più significative di terreno.

I piezometri hanno messo in evidenza i seguenti livelli di falda idrica:

Inferiore in facies pelitica con locali intercalazioni sabbiose. Si tratta di argille e argille marnose bioturbate, talora laminare, a frattura coincide con sottili strati, veli millimetrici e spalmature sabbioso-siltose che possono rendere evidente la stratificazione. Lo spessore dei livelli varia generalmente fra $0,2 \div 0,5$ m. Il colore proprio, allo stato integro, sfuma fra il grigio-giallastro e il grigio-azzurro.

In copertura sono presenti coltri di alterazione argilloso-limose, rimaneggiate e decomprese, di spessore variabile da luogo a luogo, prodotte dai processi esogeni, dalle azioni della gravità e da precedenti attività agricole. Al di sotto della copertura alterata è presente il substrato compatto, sovra-consolidato. Il comportamento è tipico delle "stiff fissured clays", in altre parole di un ammasso litoide discontinuo, le cui proprietà meccaniche sono condizionate dalle strutture.

Dal punto di vista geotecnico-classificativo i terreni in esame rientrano nella classe CH e subordinatamente CL (U.S.C.S.), è preponderante la classe A 7-6 (CNR UNI 10016). L'umidità naturale W_n è compresa tra il $20 \div 26\%$, l'indice plastico I_p è sempre $> 20\%$. Normalmente la frazione limosa è confrontabile con quella argillosa ($40 \div 45\%$), mentre la frazione sabbiosa è quasi sempre $< 10\%$, ma localmente può raggiungere il $25 \div 30\%$. I terreni risultano inattivi con $A < 0,75$.

Strutturalmente l'area è inserita nel fianco orientale della sinclinale Piagge – Monterado – Morro D'Alba, una struttura molto ampia e regolare con fianchi pressoché simmetrici. Gli strati a medio-bassa inclinazione, immergono a SO ovvero a traverso-banco rispetto al pendio in causa. Dal punto di vista tettonico non si rilevano anomalie o elementi di disturbo certi; tantomeno sono riconoscibili lineazioni da ricondurre a presunte attività sismiche.



FOTO 3 - Linea drenante in trincea con evidenza delle litologie di copertura e delle loro caratteristiche litologiche e tessiturali

PIEZOMETRI		Data d'installazione	Livello acqua sotterranea (-m dal p.c.)		
	Prof. dal p.c.		26.05.2010	28.06.2010	05.07.2010
Piez. Ps 6	9,20 m	20.05.2010	- 2,48 m	-1,75	-1,80
Piez. Ps 8	7,80 m	20.05.2010	- 0,45 m	-0,53	-0,61

Di fatto è stata riscontrata presenza di acqua nel terreno con livello piezometrico tra -0.45÷2.48 m dal p.c. (Maggio/Luglio 2010) ed esistono, quindi, le condizioni perché possa essere costantemente presente nel tempo. I terreni superficiali, a composizione prevalentemente fine, hanno evidenziato il raggiungimento della saturazione per imbibizione e ritenuta capillare e conseguentemente fenomeni di rigonfiamento e riduzione delle proprietà geotecniche. Tali fenomeni possono accentuarsi e aggravarsi nel tempo a seguito di stagioni particolarmente siccitose, per fenomeni di riduzione di volume nei terreni per disseccamento. Tale dinamica può produrre lo sviluppo della permeabilità secondaria e aumento della circolazione idrica nelle coltri superficiali alterate.

VERIFICHE DI STABILITÀ

A seguito della verifica della stabilità del pendio, sulla base delle pendenze ottenute con un rilievo plano-altimetrico di dettaglio e del modello geotecnico ricavato, si sono evidenziate situazioni di possibile instabilità delle coltri rimaneggiate.

Nell'ipotesi semplificata di falda variabile tra 0,0÷2,5 m dalla superficie del terreno, spessore della coltre potenzialmente instabile $Z = 4,0 \div 11,0$ m, fattore di resistenza coesivo nullo e angolo d'attrito ridotto fino a $\phi = 18^\circ$ (tra il picco e il residuo $14 \div 23^\circ$), la simulazione delle condizioni di stabilità globale propone:



FOTO 4 - Fasi di lavoro con i mezzi di scavo e di movimento terra. L'organizzazione del lavoro e velocità di posa hanno permesso la realizzazione dell'intero sistema drenante in meno di dieci giorni

1 - Per terreni con pendenza della superficie contenuta in $\beta = 7.0 \div 8.0^\circ$

	STATICO				
	<i>falda al p.c.</i>	<i>falda -1.0 m</i>	<i>falda -1.5 m</i>	<i>falda -2.0 m</i>	<i>falda -2.5 m</i>
F.s.	1,10÷1,15	1,23÷1,38	1,30÷1,49	1,37÷1,56	1,43÷1,64

2 - Per terreni con pendenza della superficie contenuta in $\beta = 9.0 \div 10.0^\circ$

	STATICO				
	<i>falda al p.c.</i>	<i>falda -1.0 m</i>	<i>falda -1.5 m</i>	<i>falda -2.0 m</i>	<i>falda -2.5 m</i>
F.s.	0,89÷0,87	1,00÷0,98	1,06÷1,03	1,11÷1,09	1,17÷1,14

Da quanto sopra si ricavano situazioni di stabilità accettabili solo per il caso 1. Per il caso 2 è richiesto un intervento di drenaggio tale da abbattere costantemente il livello d'acqua (pressioni interstiziali) fino a -2.0 m dal p.c. In tal modo si è in grado di incrementare le condizioni di sicurezza, in valore assoluto, di ca. il 25 % tra lo stato ante e post-operam.

INTERVENTI DI BONIFICA

In fase progettuale si è ritenuto indispensabile prevedere ed eseguire idonei presidi geotecnici per la bonifica delle coltri rimaneggiate mediante il controllo dell'acqua presente nel sottosuolo, capace di appesantire i terreni e procurare nel tempo lo scadimento delle loro proprietà geotecniche.

Per il raggiungimento degli scopi progettuali è stata realizzata la gestione e l'allontanamento delle acque superficiali per mezzo di idonee reti di raccolta, e la sottrazione delle acque sotterranee mediante l'adozione di sistemi di drenaggio a gravità, potendo altresì limitare e controllare gli effetti legati alla variazione di umidità nel terreno.

In particolare la realizzazione del sistema di trincee drenanti a gravità ha visto l'impiego di materiali modulari preassemblati. Questa tipologia di drenaggio è costituita da pannelli scatolari realizzati in rete metallica a doppia torsione rivestiti internamente con filtro geotessile separatore e di filtrazione scelto in base alle caratteristiche granulometriche dei terreni. Il nucleo drenante altamente poroso e filtrante è costituito da "ciottoli" di polistirolo stabile e impuntrescibile. Tali elementi modulari a pannelli si sostituiscono ai drenaggi classici realizzati in ghiaia, tubo dreno fessurato e geotessile non tessuto; forniscono notevoli vantaggi di ordine applicativo, logistico, geotecnico e soprattutto economico, se considerati nella gestione complessiva del cantiere.



FOTO 5 - Vista del pendio da valle. Sono evidenti le linee drenanti parallele già montate e pronte alla posa in scavo

L'instabilità dei terreni limoso-argillosi, plastici, appesantivi per ritenzione idrica e soprattutto l'inaffidabile tenuta dei fronti di scavo hanno privilegiato la soluzione di drenaggio preassemblato preparato e verificato in stabilimento, infine confezionato linearmente dalla superficie del terreno, all'esterno delle trincee e pronto da calare in sede, man mano che lo sterro stava avanzando.

La rete drenante posta in opera è costituita da 5 bracci drenanti di varie lunghezze compresa tra 50 e 160 metri lineari, per un totale di 580 metri. Tali bracci sono costituiti da pannelli drenanti preassemblati di dimensioni elementari di 2x1x0,30 metri posati ad una profondità media di circa 2,50 metri dal P.C. I bracci drenanti sono posizionati perpendicolarmente alle linee di livello secondo la direttrice di massima pendenza e confluiscono verso valle in un collettore di raccordo realizzato con una ulteriore linea drenante costituita da pannelli drenanti preassemblati simili ai precedenti ma dotati di un tubo dreno microfessurato preassemblato internamente alla base dei pannelli. Il tubo dreno in PEAD è a doppia camera: corrugata esterna di diametro 160mm, liscia interna di diametro 147mm.

Alla base dei dreni sono state impiegate guaine impermeabili al fine di evitare dispersioni idriche laterali o al di sotto delle linee drenanti. L'utilizzo del tubo all'interno del collettore permette l'efficace allontanamento delle acque raccolte dalle trincee lungo il pendio, evitando il sovraccarico idrico dovuto ai contributi delle singole trincee. Il sistema è monitorato attraverso una serie di pozzetti di ispezione posizionati alla confluenza tra ogni braccio di trincea e la trincea di raccordo alla base.

CONCLUSIONI

Dal punto di vista della funzionalità idraulica e geotecnica si osserva che il sistema drenante ha permesso, così come osservato dalle letture piezometriche autunnali, il controllo efficace della risalita di falda mantenendola costantemente depressa ai livelli di imposta dei drenaggi a -2,50 m dal p.c.

Dal punto di vista esecutivo si sottolinea come sia stato possibile realizzare una rete di drenaggio di oltre 700 metri di sviluppo complessivo in tempi molto brevi, risparmiando l'utilizzo ed il trasporto sulla viabilità principale e secondaria (le strade di accesso al cantiere impongono un percorso su strade rurali di alcuni chilometri) di oltre 250 metri cubi di materiali inerti. L'azione di due squadre di lavoro composte ognuna da un escavatore, un bobcat e due operai montatori ha permesso la realizzazione dell'intera rete di drenaggio in meno di dieci giorni lavorativi.



FOTO 6 - Il dettaglio di uno dei pozzetti di raccordo tra trincee e collettore di base mette in evidenza la funzionalità del sistema drenante già attivo durante le fasi di posa

Durante i lavori sono stati raggiunti elevati criteri di sicurezza per il fatto che i pannelli, collegati preventivamente l'un l'altro dall'esterno, sono stati collocati manualmente in sede senza che alcuna maestranza dovesse accedere all'interno delle trincee di scavo.

L'intervento di bonifica sarà oggetto di monitoraggio dei livelli di falda, al fine di valutarne l'efficienza a regime, verificando nel tempo e a seguito delle stagioni piovose, le prestazioni e i tempi di risposta del sistema di drenaggio nei confronti del controllo dei livelli di falda.