SEDE LEGALE
Corso Genova 49/11
16043 - CHIAVARI (GE)

SEDE OPERATIVA
Piazza San Giovanni, 9/3
16043 - CHIAVARI (GE)

STIL
CIVIL ENGINEERING

C.F. / P.IVA: 02619720994
CCIA: GE 499456
CODICE INARCASSA: SI009778
EMAIL: stilgenova@gmail.com
ing.cantarella@gmail.com
PEC: stilsrl2019@legalmail.it
CODICE SDI: M5UXCR1

PROGETTO

SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA EX-DISCARICA IN LOCALITA' CASTAGNELLO BRUMA' – GENOVA PROCEDIMENTO – S1080

TITOLO

VALUTAZIONE GENERALE DELLA STABILITÀ DEL VERSANTE, DEL COMPLESSO DEL RIEMPIMENTO E DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE PROPOSTA PROCEDIMENTO DI VERIFICA DI ASSOGGETTABILITÀ ALLA VIA EX ART. 19 D.LGS. 152/2006

COMMITTENTE

SVILUPPO BRUMA' S.R.L. – C.F. 02756950065
VIA FIUME 2/5 – OVADA (AL)

REV.	MODIFICHE/REVISIONI	DATA	APPROVATO
A	PRIMA EMISSIONE	29/04/2026	SC

ELABORATO N.

RELAZIONE TECNICA INTEGRATIVA DI CARATTERE GEOLOGICO-TECNICO

DATA:	FILE	CODICE PROGETTO:
29/04/2026	STIL-P0147-26-RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA-2026 04 29.docx	STIL-P0147-26

Per STIL Srl
IL DIRETTORE TECNICO
ing. Salvatore CANTARELLA
n.8157 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova
ingegnere esperto in strutture
Certificato GEA-4348-IT20

Firmato digitalmente da **salvatore cantarella**
Data e ora della firma: 27/04/2026 07:17:57

INDICE

1 PREMESSA E FINALITÀ DELL'ELABORATO 1

1.1 OGGETTO DELLA RELAZIONE INTEGRATIVA 1
1.2 RICHIESTA DI INTEGRAZIONE REGIONALE 1
1.3 INQUADRAMENTO PROCEDIMENTALE E RACCORDO CON IL PRECEDENTE PROCEDIMENTO S1065 2
1.4 LIVELLO PROCEDIMENTALE: SCREENING VIA 3
1.5 LIMITI DELLA PRESENTE VALUTAZIONE E RINVIO ALLA FASE ESECUTIVA 4
1.6 FINALITÀ IDROGEOLOGICA DELL'INTERVENTO 5

2 DOCUMENTAZIONE ASSUNTA A RIFERIMENTO 6

2.1 ELABORATI PROGETTUALI E SPECIALISTICI DISPONIBILI 6
2.2 STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE 6
2.3 RELAZIONE IDRAULICA 7
2.4 RELAZIONE GEOLOGICA 7
2.5 ELABORATI GRAFICI 8
2.6 RICHIESTA DI INTEGRAZIONE 8
2.7 INDAGINI GEOLOGICHE PREGRESSE E VERIFICHE DI STABILITÀ A SCALA DI VERSANTE 8

3 QUADRO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO DI SINTESI 10

3.1 ASSETTO GENERALE DEL VERSANTE 10
3.2 PRESENZA DELL'EX DISCARICA E MODIFICAZIONI ANTROPICHE 10
3.3 COLTRI ELUVIO-COLLUVIALI, SUBSTRATO E TERRENI DI RIPORTO 11
3.4 ACQUE SUPERFICIALI, INFILTRAZIONI E CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE 12
3.5 FATTORI PREDISPONENTI E CAUSE INNESCANTI 13
3.6 SINTESI DEL QUADRO DI RIFERIMENTO 13
3.7 RICHIAMO ALLE VERIFICHE DI STABILITÀ PREGRESSE A SCALA DI VERSANTE 14

4 SINTESI DELL'INTERVENTO E FINALITÀ DI MITIGAZIONE 16

4.1 NUOVO CANALE DI GRONDA E OPERE PRINCIPALI 16
4.2 CARATTERISTICHE GENERALI DEL CANALE 16
4.3 TRATTI IN TRINCEA E TRATTI IN RILEVATO/FUORI TERRA 17
4.4 REGIMAZIONE DELLE ACQUE E RIDUZIONE DELLE INFILTRAZIONI 18
4.5 MITIGAZIONE DEI FATTORI PREDISPONENTI E DELLE CAUSE INNESCANTI 19
4.6 CRITERI PREFERENZIALI PER LA SUCCESSIVA FASE ESECUTIVA 20
4.7 SINTESI 20

5 VALUTAZIONE GENERALE DELLA STABILITÀ DELLA SOLUZIONE PROPOSTA 21

5.1 STATO ATTUALE E CRITICITÀ ESISTENTI 21
5.2 EFFETTI FAVOREVOLI DELLA NUOVA REGIMAZIONE IDRAULICA 22
5.3 VALUTAZIONE DEI TRATTI IN TRINCEA 23
5.4 VALUTAZIONE DEI TRATTI IN RILEVATO/FUORI TERRA 23
5.5 VALUTAZIONE DEI SETTORI INTERFERENTI CON L'EX DISCARICA 25
5.6 INTERFERENZA CON AREE P4 E SETTORI IN DISSESTO 25
5.7 COMPATIBILITÀ GENERALE DEL COMPLESSO OPERA-TERRENO 27

5.8 RACCORDO CON LE VERIFICHE DI STABILITÀ PREGRESSE A SCALA DI VERSANTE 27
5.9 SINTESI DELLA VALUTAZIONE GENERALE 29
6 VERIFICHE SPEDITIVE E CONTROLLI PRELIMINARI EFFETTUATI NELLA PRESENTE FASE 31
6.1 FINALITÀ E LIMITI DELLE VERIFICHE EFFETTUATE 31
6.2 PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI ASSUNTI 32
6.3 RICHIAMO ALLE VERIFICHE DI STABILITÀ A SCALA DI VERSANTE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE PREGRESSE 34
6.4 VERIFICA 1 – EFFETTO DELLA SATURAZIONE SUI TERRENI DI RIPORTO 36
6.5 VERIFICA 2 – INCREMENTO DI CARICO VERTICALE EQUIVALENTE NEL COMPLESSO DEL RIEMPIMENTO RICADENTE NELL'AREA SPECIALE B2 37
6.6 VERIFICA 3 – SOVRACCARICO INDOTTO DAI TRATTI IN RILEVATO/FUORI TERRA 39
6.7 VERIFICA 4 – CONFRONTO TRA SATURAZIONE DEL RIEMPIMENTO E SOVRACCARICO DEI RILEVATI 41
6.8 VERIFICA 5 – CONTROLLO GEOMETRICO PRELIMINARE DEI FRONTI DI SCAVO NEI TRATTI IN TRINCEA 42
6.9 CONSIDERAZIONE SULLO SCHEMA DI PENDIO INDEFINITO 44
6.10 VERIFICA 6 – CONFRONTO PRESTAZIONALE ANTE OPERAM / POST OPERAM 46
6.11 RISCONTRO SINTETICO AI RILIEVI DEL SETTORE DIFESA DEL SUOLO GENOVA 48
6.12 PRESCRIZIONI PRELIMINARI PER TRINCEE, RILEVATI E OPERE DI RACCORDO 50
6.13 APPROFONDIMENTI DEMANDATI ALLA FASE ESECUTIVA 53
6.14 SINTESI DELLE VERIFICHE SPEDITIVE 56
7 CRITERI PER LA FASE ESECUTIVA E MANUTENZIONE 58
7.1 INDAGINI INTEGRATIVE E VERIFICHE SECONDO NTC 2018 58
7.2 VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE E GLOBALE 60
7.3 PROGETTAZIONE DEI RILEVATI COME OPERE GEOTECNICHE 61
7.4 SISTEMI DI CONSOLIDAMENTO E STABILIZZAZIONE DA VALUTARE IN FASE ESECUTIVA 62
7.5 SOLUZIONI DI INGEGNERIA NATURALISTICA, TERRE ARMATE E RINVERDIMENTI 64
7.6 GESTIONE DELLE ACQUE IN FASE DI CANTIERE 65
7.7 ASPETTI IDRAULICI, DEMANIALI E COMPETENZA MANUTENTIVA 67
7.8 MANUTENZIONE DEL RIO BRUMÀ NELLA NUOVA CONFIGURAZIONE 68
7.9 SINTESI DEI CRITERI ESECUTIVI E MANUTENTIVI 70
8 CONCLUSIONI 72
8.1 RISCONTRO ALLA RICHIESTA REGIONALE 72
8.2 SINTESI DEL QUADRO TECNICO 72
8.3 GIUDIZIO TECNICO SULLA STABILITÀ GENERALE DELLA SOLUZIONE PROPOSTA 73
8.4 TRATTI IN TRINCEA E TRATTI IN RILEVATO/FUORI TERRA 74
8.5 ESITO DELLE VERIFICHE SPEDITIVE 75
8.6 CONDIZIONI E APPROFONDIMENTI PER LA FASE ESECUTIVA 77
8.7 INTERFERENZA CON AREE P4 E NATURA MITIGATIVA DELL'INTERVENTO 79
8.8 MANUTENZIONE DEL RIO BRUMÀ NELLA NUOVA CONFIGURAZIONE 80
8.9 CONCLUSIONE FINALE 80

1 PREMESSA E FINALITÀ DELL'ELABORATO

1.1 OGGETTO DELLA RELAZIONE INTEGRATIVA

La presente relazione tecnica integrativa è redatta nell'ambito del procedimento di verifica di assoggettabilità alla Valutazione di Impatto Ambientale relativo al progetto denominato *"Sistemazione idrogeologica ex-discarica in località Castagnello Brumà – Comune di Genova"*, proposto da Sviluppo Brumà S.r.l.

L'elaborato è finalizzato a fornire riscontro alla richiesta di integrazione formulata dalla Regione Liguria – Direzione Generale Ambiente, Settore VIA e sviluppo sostenibile, nell'ambito del procedimento S1080, con particolare riferimento alla necessità di produrre un approfondimento tecnico volto a dimostrare la stabilità della soluzione progettuale proposta.

La richiesta regionale richiama espressamente la presenza di tratti del nuovo canale in trincea e di tratti "pensili"; nella presente relazione questi ultimi vengono valutati, sotto il profilo geotecnico, anche come tratti in rilevato/fuori terra, in quanto configurazioni potenzialmente idonee a determinare un appesantimento locale del versante.

La presente relazione assume pertanto carattere di approfondimento tecnico generale, coerente con la fase procedimentale di screening VIA, e non costituisce progetto esecutivo delle opere.

1.2 RICHIESTA DI INTEGRAZIONE REGIONALE

La Regione Liguria ha richiesto un approfondimento finalizzato a dimostrare la stabilità della soluzione proposta, in considerazione della realizzazione di tratti del nuovo canale in trincea e di tratti "pensili". Ai fini della presente valutazione, i tratti richiamati nella richiesta istruttoria come "pensili" vengono esaminati anche come tratti in rilevato/fuori terra, con particolare attenzione all'eventuale appesantimento locale del versante.

La richiesta regionale trae origine, in particolare, dal contributo istruttorio del Settore Difesa del Suolo Genova, che ha evidenziato la complessità idrogeologica dell'area, l'interferenza dell'intervento con settori classificati P4 e B2, la necessità di aggiornare e approfondire l'analisi della stabilità delle opere e del complesso del riempimento, nonché l'esigenza di valutare i tratti del canale caratterizzati da scavi significativi e da configurazioni richiamate come "pensili". Il medesimo contributo richiama inoltre gli aspetti connessi alla futura demanializzazione del nuovo tracciato del Rio Brumà e alla necessità di chiarire il soggetto responsabile della manutenzione del Rio Brumà nella nuova configurazione.

La richiesta viene affrontata nella presente relazione mediante:

- sintesi del quadro geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'area;
- richiamo delle principali criticità idrauliche e idrogeologiche dello stato attuale;
- valutazione generale della stabilità della soluzione proposta;
- analisi preliminare dei tratti in trincea e dei tratti in rilevato/fuori terra;
- considerazioni speditive sull'effetto della saturazione dei terreni e sull'appesantimento locale prodotto dai rilevati;
- considerazioni specifiche sull'interferenza con aree P4 e con il complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2;
- indicazione degli approfondimenti da sviluppare in fase esecutiva;
- richiamo alla necessità di definire il soggetto responsabile della manutenzione e gli aspetti demaniali connessi alla nuova inalveazione.

1.3 INQUADRAMENTO PROCEDIMENTALE E RACCORDO CON IL PRECEDENTE PROCEDIMENTO S1065

Con riferimento al quadro procedimentale, si evidenzia che alcune delle osservazioni istruttorie richiamano contenuti già esaminati nell'ambito del precedente procedimento S1065, avviato nel corso dell'anno 2025 e successivamente archiviato.

A seguito dell'archiviazione del precedente procedimento, il progetto è stato ripresentato nel mese di gennaio 2026, dando avvio al nuovo procedimento S1080. Nell'ambito della nuova presentazione progettuale sono stati già integrati e aggiornati diversi aspetti emersi nella precedente fase istruttoria, con particolare riferimento alla sistemazione idraulica dell'area, alla nuova inalveazione del Rio Brumà, alla riconfigurazione del reticolo superficiale e agli approfondimenti specialistici allegati alla documentazione di screening.

La presente relazione si inserisce pertanto nel quadro del procedimento S1080 e ha la finalità specifica di fornire riscontro alla richiesta di integrazione formulata dalla Regione Liguria ai sensi dell'art. 19, comma 6, del D.Lgs. 152/2006, con particolare riferimento alla dimostrazione della stabilità della soluzione progettuale proposta, tenuto conto della presenza di tratti in trincea e di tratti richiamati nella richiesta istruttoria come "pensili", valutati nella presente relazione, sotto il profilo geotecnico, anche come tratti in rilevato/fuori terra, nonché dell'elevata complessità idrogeologica dell'area.

Resta inteso che gli aspetti di natura strettamente idraulica, già oggetto di specifica trattazione negli elaborati progettuali e nella relazione idraulica, saranno ulteriormente sviluppati nelle successive fasi autorizzative e progettuali, anche con riferimento alla definizione del nuovo assetto del Rio Brumà, agli aspetti demaniali e alla competenza manutentiva nella configurazione di progetto.

1.4 LIVELLO PROCEDIMENTALE: SCREENING VIA

L'elaborato si colloca nella fase di verifica di assoggettabilità alla VIA e deve quindi essere letto in coerenza con tale livello procedimentale.

La finalità non è quella di sviluppare il dimensionamento esecutivo delle opere, né di sostituire le verifiche geotecniche, strutturali, idrauliche e cantieristiche di dettaglio. La presente relazione ha invece lo scopo di dimostrare, sulla base della documentazione disponibile, che l'impostazione progettuale è coerente con l'obiettivo di mitigare le criticità idrauliche e idrogeologiche attualmente presenti e

non appare, in termini generali e preliminari, incompatibile con le condizioni di stabilità del versante.

Il livello di approfondimento è pertanto volutamente mirato: vengono sviluppate valutazioni generali e controlli spediti di coerenza, rimandando alla successiva fase esecutiva le verifiche puntuali delle singole opere, delle sezioni significative, dei fronti di scavo, dei rilevati, delle fondazioni, delle opere di sostegno e delle fasi provvisionali.

1.5 LIMITI DELLA PRESENTE VALUTAZIONE E RINVIO ALLA FASE ESECUTIVA

La presente relazione non sostituisce le successive verifiche di progetto esecutivo. In sede esecutiva dovranno essere predisposte tutte le necessarie indagini integrative, verifiche geotecniche, verifiche strutturali, verifiche idrauliche e verifiche di stabilità locale e globale secondo la normativa tecnica di settore, con particolare riferimento al D.M. 17/01/2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni, alla relativa Circolare applicativa e alle ulteriori disposizioni vigenti applicabili.

In particolare, la fase esecutiva dovrà approfondire:

- la caratterizzazione geologica e geotecnica puntuale dei terreni;
- la stabilità locale dei fronti di scavo nei tratti in trincea;
- la stabilità dei tratti in rilevato o fuori terra;
- la capacità portante e i cedimenti delle opere di appoggio e fondazione;
- la stabilità globale del complesso opera-terreno;
- le condizioni di drenaggio e gestione delle acque;
- la stabilità delle fasi provvisionali di cantiere;
- la progettazione delle opere di sostegno, consolidamento, protezione antierosiva e rinverdimento.

Ai fini della presente relazione, i tratti in rilevato/fuori terra, richiamati nella richiesta istruttoria come "pensili", vengono valutati sotto il profilo geotecnico in quanto configurazioni potenzialmente idonee a determinare un incremento locale dei carichi agenti sul versante. Tali configurazioni richiedono pertanto specifiche

verifiche in fase esecutiva, con particolare riferimento alla stabilità globale e locale del complesso rilevato-opera-terreno, alla capacità portante, ai cedimenti, al drenaggio e alla corretta preparazione del piano di posa.

1.6 FINALITÀ IDROGEOLOGICA DELL'INTERVENTO

L'intervento proposto deve essere inquadrato come opera di sistemazione idraulica e idrogeologica finalizzata alla mitigazione delle condizioni di vulnerabilità del versante.

In particolare, l'opera mira a ridurre:

- il disordine del reticolo idrografico superficiale;
- le infiltrazioni incontrollate nel corpo della ex discarica;
- i ristagni nelle aree sub-pianeggianti;
- il ruscellamento lungo gli abbancamenti;
- il dilavamento superficiale;
- l'erosione localizzata lungo impluvi e scarpate;
- il trasporto solido non gestito.

L'intervento agisce quindi sia sulle cause predisponenti dei fenomeni di instabilità, riconducibili ai fattori intrinseci del territorio quali geologia, pendenza, natura dei terreni, presenza di coltri e materiali di riporto, sia sulle cause innescanti, rappresentate da eventi esterni o improvvisi quali piogge intense, ruscellamenti concentrati, incremento delle portate e infiltrazioni capaci di attivare movimenti in un versante già vulnerabile.

La successiva progettazione esecutiva dovrà privilegiare, ove tecnicamente compatibile con le condizioni geotecniche, idrauliche e ambientali del sito, soluzioni a ridotto impatto quali interventi di ingegneria naturalistica, terre armate, terre rinforzate, opere drenanti, rinverdimenti e inerbimenti generalizzati.

2 DOCUMENTAZIONE ASSUNTA A RIFERIMENTO

2.1 ELABORATI PROGETTUALI E SPECIALISTICI DISPONIBILI

La presente relazione è stata redatta sulla base della documentazione progettuale e specialistica disponibile nell'ambito del procedimento di verifica di assoggettabilità alla VIA relativo alla sistemazione idrogeologica dell'ex discarica in località Castagnello Brumà.

Sono stati assunti a riferimento, in particolare, i seguenti elaborati:

- Studio preliminare ambientale;
- Relazione idraulica;
- Relazione geologica;
- planimetria dello stato attuale;
- planimetria dello stato di progetto;
- profili longitudinali della canalizzazione del Rio Brumà;
- sezioni trasversali della canalizzazione;
- elaborati relativi alla canalizzazione e allo sbocco;
- elaborati relativi alle opere di presa del Rio Brumà e dei rivi affluenti;
- cronoprogramma dei lavori;
- relazione naturalistica;
- relazione di impatto acustico;
- i contributi istruttori degli Enti interessati;
- richiesta di integrazione della Regione Liguria.

Gli elaborati grafici e specialistici sopra richiamati costituiscono il quadro documentale di riferimento per le valutazioni sviluppate nella presente relazione.

2.2 STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

Lo Studio preliminare ambientale costituisce il documento generale di riferimento per la procedura di screening VIA. Esso inquadra l'intervento tra le opere di canalizzazione e regolazione dei corsi d'acqua di cui all'Allegato IV del D.Lgs. 152/2006 e descrive la finalità generale dell'opera, consistente nella realizzazione di

un canale di gronda per la captazione dei corsi d'acqua presenti nell'area, con origine alla quota di circa 165 m s.l.m. e recapito nella vasca esistente in prossimità di Via Solimano, posta alla quota di circa 80 m s.l.m.

2.3 RELAZIONE IDRAULICA

La Relazione idraulica descrive l'area di intervento, le criticità idrauliche esistenti, i criteri di progetto e le opere previste.

Il documento evidenzia che l'area è caratterizzata dalla presenza di una ex discarica di inerti ormai consolidata, la quale ha alterato significativamente le caratteristiche idrauliche e idrogeologiche del settore medio-vallivo del bacino del Rio Brumà, generando un evidente disordine del reticolo idrografico superficiale.

La relazione individua tra i criteri di progetto il riordino del reticolo superficiale, l'eliminazione delle tombinature esistenti, la mitigazione dei dilavamenti lungo il corpo della discarica, la nuova inalveazione a cielo aperto del Rio Brumà, l'impostazione del canale su terreno più stabile lungo il perimetro dell'area di discarica, l'impermeabilizzazione del fondo canale e la realizzazione di vasche di sedimentazione e dissipazione.

2.4 RELAZIONE GEOLOGICA

La Relazione geologica Brumà 2025 costituisce il principale riferimento per l'inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico preliminare del sito.

Essa distingue il tracciato del nuovo canale in due ambiti principali: un tratto superiore, di circa 550 m, impostato su coltri eluvio-colluviali e localmente su substrato roccioso argillitico e calcareo-marnoso, e un tratto terminale, di circa 180 m, interferente con terreni di riporto riferibili alla ex discarica di inerti.

La relazione fornisce inoltre i parametri geotecnici preliminari assunti per le coltri eluvio-colluviali, per i terreni di riporto dell'ex discarica e per il substrato lapideo, che vengono utilizzati nella presente relazione esclusivamente per valutazioni speditive e considerazioni preliminari di stabilità.

2.5 ELABORATI GRAFICI

Gli elaborati grafici di progetto costituiscono il riferimento per la lettura plano-altimetrica dell'intervento.

In particolare, i profili longitudinali della canalizzazione del Rio Brumà riportano le progressive, le quote di progetto, le quote del terreno e le differenze di quota lungo le sezioni di progetto, consentendo di individuare i tratti nei quali l'opera risulta maggiormente incisa o maggiormente rilevata rispetto al terreno naturale.

Le sezioni trasversali della canalizzazione, redatte in scala 1:200, costituiscono invece la base geometrica per la successiva valutazione dei fronti di scavo, dei tratti in trincea, dei rilevati, delle opere di raccordo e dei rapporti tra manufatto e versante.

2.6 RICHIESTA DI INTEGRAZIONE

La richiesta di integrazione della Regione Liguria costituisce il riferimento istruttorio principale della presente relazione.

La nota richiede un approfondimento che dimostri la stabilità della soluzione proposta in considerazione della realizzazione di tratti del nuovo canale in trincea e di tratti "pensili", valutati nella presente relazione anche come tratti in rilevato/fuori terra, tenuto conto dell'elevata complessità della situazione idrogeologica dell'area, sia in relazione ai corsi d'acqua presenti sia in termini di stabilità. La medesima richiesta evidenzia inoltre la necessità di chiarire il soggetto responsabile della manutenzione del Rio Brumà nella nuova configurazione.

2.7 INDAGINI GEOLOGICHE PREGRESSE E VERIFICHE DI STABILITÀ A SCALA DI VERSANTE

Ai fini della presente relazione sono state considerate anche le indagini geologiche pregresse e le verifiche di stabilità a scala di versante già sviluppate nell'ambito di precedenti studi specialistici riferiti all'area di Castagnello Brumà.

Tale documentazione è stata assunta quale quadro conoscitivo di supporto, nei limiti della documentazione disponibile e per quanto applicabile alla configurazione progettuale attualmente proposta. Essa consente di inquadrare il comportamento geologico, geomorfologico e geotecnico generale del versante, fornendo elementi utili per la lettura delle criticità connesse alla presenza del corpo di riporto dell'ex discarica, del reticolo idrografico superficiale e delle aree classificate a maggiore pericolosità.

Le verifiche pregresse a scala di versante costituiscono pertanto un riferimento conoscitivo utile per la presente fase di screening VIA, in quanto permettono di disporre di una prima valutazione del comportamento globale del sistema pendio-riporto e dei principali meccanismi potenzialmente sfavorevoli alla stabilità.

Resta tuttavia necessario evidenziare che tali verifiche, essendo riferite a studi e configurazioni progettuali pregresse, non possono essere assunte come sostitutive delle verifiche da sviluppare sulla soluzione progettuale attualmente proposta. Esse dovranno pertanto essere aggiornate, integrate e rilette alla luce della nuova inalveazione del Rio Brumà, dei tratti in trincea, dei tratti in rilevato/fuori terra richiamati nella richiesta istruttoria come "pensili", del complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2 e delle porzioni interferenti con aree P4 o con settori in dissesto.

Pertanto, le indagini e le verifiche pregresse non vengono assunte come verifiche definitive della soluzione attuale, ma come base conoscitiva da valorizzare e aggiornare nel successivo sviluppo progettuale, mediante specifiche analisi geologico-geotecniche, verifiche di stabilità locale e globale e approfondimenti sulle sezioni rappresentative dell'intervento.

3 QUADRO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO DI SINTESI

3.1 ASSETTO GENERALE DEL VERSANTE

L'area oggetto di intervento è ubicata in località Castagnello Brumà, nel Comune di Genova, in sponda sinistra idrografica del Torrente Bisagno, nella porzione medio-valliva del bacino del Rio Brumà.

Il bacino del Rio Brumà presenta una superficie complessiva di circa 0,67 km², con sviluppo prevalente secondo direttrice sud-nord, dalle aree di monte prossime allo spartiacque con il bacino del Torrente Fereggiano sino alla confluenza nel Torrente Bisagno. L'asta principale ha una lunghezza di circa 900 m e una pendenza media indicativa pari a circa 17%.

Dal punto di vista morfologico, il bacino può essere schematicamente distinto in tre settori: una parte montana, più naturale e acclive, una parte pedemontana e medio-valliva, maggiormente articolata e interessata dalla presenza dell'ex discarica, e una parte valliva di fondovalle, fortemente antropizzata.

L'intervento in esame interessa principalmente la porzione medio-valliva del bacino, caratterizzata da rotture di pendenza, impluvi, aree di ristagno, tratti tombinati, accumuli di materiali di riporto e modificazioni antropiche del reticolo idrografico originario.

3.2 PRESENZA DELL'EX DISCARICA E MODIFICAZIONI ANTROPICHE

Elemento centrale dell'assetto attuale è la presenza della ex discarica di inerti, ubicata indicativamente tra le quote di circa 100 m s.l.m. e 150 m s.l.m..

La discarica si sviluppa su due ampi gradoni, posti indicativamente alle quote di circa 110 m s.l.m. e 135 m s.l.m., collegati da una strada sterrata a forte pendenza. La sua realizzazione ha determinato una rilevante modificazione della morfologia originaria del versante e del reticolo idrografico superficiale.

La documentazione idraulica evidenzia che il corpo della discarica è attraversato dalle tombinature del Rio Brumà e del Rio Castagnello, oltre che da canalizzazioni artificiali e recapiti secondari. In particolare, la tombinatura del Rio Brumà è costituita da uno scatolare di dimensioni 1,80 m x 2,30 m per una lunghezza di circa 250 m, mentre il Rio Castagnello risulta tombinato per circa 250 m con scatolare di dimensioni 1,50 m x 1,85 m.

Tale configurazione ha generato una condizione di disordine idrografico, con acque che, in parte, defluiscono in modo non controllato lungo gli abbancamenti e, in parte, possono ristagnare e infiltrarsi nel corpo della discarica. Questa condizione costituisce uno degli elementi principali di criticità ai fini della stabilità.

3.3 COLTRI ELUVIO-COLLUVIALI, SUBSTRATO E TERRENI DI RIPORTO

La relazione geologica distingue due ambiti principali lungo il tracciato del nuovo canale.

Il primo ambito, corrispondente alla parte superiore del tracciato, interessa per circa 550 m coltri eluvio-colluviali e localmente substrato roccioso di natura argillitica e calcareo-marnosa. Il secondo ambito, corrispondente alla parte terminale, interessa per circa 180 m terreni di riporto riferibili alla ex discarica di inerti.

Le coltri eluvio-colluviali sono costituite da materiali derivanti dall'alterazione del substrato, con componente fine limoso-argillosa e presenza di frammenti, scaglie e blocchi di materiale lapideo. Tali materiali possono presentare comportamento geotecnico variabile, soprattutto in funzione dello spessore, del contenuto d'acqua e del grado di alterazione.

I terreni di riporto dell'ex discarica sono invece materiali eterogenei, costituiti da matrice terrigena a granulometria variabile, con presenza di riporti antropici compatibili con accumuli di inerti. La relazione geologica indica spessori del corpo detritico variabili indicativamente tra 5 m e 18 m.

Questa distinzione è rilevante ai fini della stabilità: i tratti su coltri naturali devono essere valutati soprattutto rispetto alla stabilità dei fronti di scavo e alla

presenza d'acqua, mentre i tratti in corrispondenza dell'ex discarica richiedono particolare attenzione per l'eterogeneità dei riporti, la possibile variabilità dei parametri geotecnici e la sensibilità alle condizioni di saturazione.

3.4 ACQUE SUPERFICIALI, INFILTRAZIONI E CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE

Il tema idrogeologico rappresenta il principale fattore di controllo della stabilità complessiva dell'area.

La relazione idraulica evidenzia che, nello stato attuale, i rivi affluenti compresi tra il Rio Brumà e il Rio Castagnello si riversano nella piana senza una completa regimazione; le acque non canalizzate tendono in parte a ruscellare lungo gli abbancamenti e in parte a ristagnare negli avvallamenti, penetrando nel corpo della discarica.

L'area a monte, compresa indicativamente tra le quote 160 m s.l.m. e 200 m s.l.m., è inoltre caratterizzata dall'affioramento delle Argilliti di Montoggio e dalla risalita delle acque di circolazione provenienti dalla formazione calcarea di monte, con formazione di punti di ristagno nei tratti a minor pendenza. Tale condizione determina un disordine idrografico diffuso e può favorire il dilavamento delle acque verso valle.

La relazione geologica evidenzia, inoltre, che le coltri di copertura naturali hanno spesso mostrato un contenuto d'acqua prossimo alla saturazione, anche in periodo siccitoso, e che tale condizione può essere ricondotta anche a meccanismi di alimentazione sotterranea attraverso falde semi-confinate.

Per il corpo della ex discarica, la presenza di materiali a diversa permeabilità può favorire condizioni di drenaggio non uniforme, ristagni locali e incremento del grado di saturazione. Tali condizioni risultano sfavorevoli alla stabilità, in quanto possono determinare aumento del peso dell'ammasso, incremento delle pressioni interstiziali e riduzione della resistenza al taglio disponibile.

3.5 FATTORI PREDISPONENTI E CAUSE INNESCANTI

Sulla base del quadro geologico, geomorfologico e idrogeologico disponibile, i principali fattori predisponenti alla suscettibilità del versante possono essere ricondotti a:

- morfologia articolata e localmente acclive;
- presenza di coltri eluvio-colluviali con contenuto d'acqua significativo;
- alternanza tra substrati a differente permeabilità;
- presenza del corpo di riporto dell'ex discarica;
- eterogeneità dei materiali di riporto;
- presenza di rotture di pendenza, impluvi e settori di ristagno;
- assetto idrografico superficiale disordinato e in parte tombinato.

Le principali cause innescanti sono invece riconducibili a eventi meteorici intensi o prolungati, incremento improvviso delle portate nei rivi affluenti, ruscellamenti concentrati, erosioni localizzate, occlusioni o insufficienze delle tombinature esistenti, infiltrazioni nel corpo di riporto e incremento delle pressioni interstiziali.

In questo quadro, la regimazione delle acque superficiali assume un ruolo determinante: il controllo del deflusso, la riduzione delle infiltrazioni incontrollate e l'impermeabilizzazione del fondo canale rappresentano misure direttamente orientate alla mitigazione dei principali meccanismi che possono incidere negativamente sulla stabilità del versante.

3.6 SINTESI DEL QUADRO DI RIFERIMENTO

Il quadro conoscitivo disponibile evidenzia che la stabilità dell'area è fortemente condizionata dalla gestione delle acque superficiali e sotterranee.

Lo stato attuale presenta criticità legate al disordine del reticolo idrografico, alla presenza di tombinature, ai ristagni, al ruscellamento non controllato e alla possibile infiltrazione delle acque nel corpo della ex discarica.

La soluzione progettuale proposta, basata sulla nuova canalizzazione a cielo aperto, sull'intercettazione dei rivi affluenti, sull'impermeabilizzazione del fondo canale, sulla dissipazione dell'energia e sul recapito controllato verso valle, appare pertanto coerente con l'obiettivo di mitigare le principali condizioni predisponenti e innescanti dei fenomeni di instabilità.

Tale valutazione rimane di carattere generale e preliminare, propria della fase di screening VIA. La successiva fase esecutiva dovrà approfondire il modello geologico-geotecnico e verificare puntualmente i tratti in trincea, i tratti in rilevato/fuori terra, le opere di sostegno, gli appoggi, le fondazioni, i drenaggi e le modalità di cantiere.

3.7 RICHIAMO ALLE VERIFICHE DI STABILITÀ PREGRESSE A SCALA DI VERSANTE

Nell'ambito della documentazione geologica pregressa riferita all'area di Castagnello Brumà risultano essere state sviluppate verifiche di stabilità a scala di versante, finalizzate alla valutazione del comportamento generale del pendio e del corpo di riporto dell'ex discarica.

Tali verifiche assumono rilievo in quanto consentono di inquadrare il tema della stabilità non solo con riferimento alle singole opere in progetto, ma anche rispetto al comportamento complessivo del sistema geologico-geotecnico locale. La scala di analisi adottata nelle verifiche pregresse risulta infatti coerente con la necessità, evidenziata in sede istruttoria, di valutare non soltanto la stabilità locale del canale, dei fronti di scavo e dei tratti in rilevato/fuori terra, ma anche la stabilità generale del versante e del complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2.

Le analisi pregresse confermano la necessità di considerare il versante come un sistema unitario, nel quale interagiscono la morfologia del pendio, la presenza di coltri eluvio-colluviali, l'eterogeneità dei materiali di riporto, le condizioni di saturazione, la circolazione idrica superficiale e sotterranea e le modificazioni antropiche prodotte dalla presenza della ex discarica.

In tale quadro, le condizioni idrauliche e idrogeologiche rappresentano un fattore determinante ai fini della stabilità. La presenza di acque non regimate, ristagni, infiltrazioni nel corpo di riporto e possibili incrementi delle pressioni interstiziali costituisce infatti un elemento potenzialmente sfavorevole, in grado di incidere sia sulle verifiche locali sia sulle verifiche globali di versante.

La soluzione progettuale attualmente proposta, basata sulla regimazione delle acque superficiali, sulla nuova inalveazione a cielo aperto del Rio Brumà, sull'intercettazione dei rivi affluenti, sull'impermeabilizzazione del fondo canale e sulla riduzione delle infiltrazioni incontrollate nel corpo della ex discarica, risulta pertanto coerente con le indicazioni generali desumibili dalle verifiche pregresse, in quanto interviene su uno dei principali fattori di possibile decadimento delle condizioni di stabilità.

Le verifiche pregresse devono tuttavia essere intese come riferimento conoscitivo e non come verifica definitiva della soluzione attuale. La nuova configurazione progettuale, con particolare riguardo ai tratti in trincea, ai tratti in rilevato/fuori terra richiamati come "pensili", alle opere di presa, ai manufatti di raccordo, al tratto interferente con il corpo della ex discarica e alle porzioni ricadenti o interferenti con aree P4, dovrà essere oggetto di specifico aggiornamento in sede esecutiva.

In tale fase dovranno essere sviluppate verifiche di stabilità locale e globale su sezioni geologico-geotecniche rappresentative, confrontando lo stato ante operam e lo stato post operam e considerando scenari cautelativi con riferimento alla presenza d'acqua, alla saturazione dei materiali di riporto, agli eventuali sovraccarichi indotti dai rilevati e alle condizioni provvisionali di cantiere.

4 SINTESI DELL'INTERVENTO E FINALITÀ DI MITIGAZIONE

4.1 NUOVO CANALE DI GRONDA E OPERE PRINCIPALI

L'intervento proposto consiste nella realizzazione di un sistema di regimazione delle acque superficiali finalizzato alla sistemazione idraulica e idrogeologica dell'area dell'ex discarica in località Castagnello Brumà.

L'opera principale è costituita da un canale di gronda a cielo aperto, destinato alla captazione delle acque del Rio Brumà e dei rivi affluenti presenti nell'area di intervento. Il canale ha origine nel tratto più a monte, alla quota di circa 165 m s.l.m., e recapita le portate nella vasca esistente in prossimità di Via Solimano, posta alla quota di circa 80 m s.l.m., dalla quale ha origine il tratto terminale tombinato con scarico nel Torrente Bisagno.

La relazione idraulica individua le opere principali previste nell'ambito dell'intervento, costituite da:

- eliminazione del tratto tombinato del Rio Brumà e dei tratti tombinati degli affluenti;
- nuova inalveazione del Rio Brumà con canale superficiale a cielo aperto;
- realizzazione dei manufatti di imbocco e captazione dei rivi affluenti;
- realizzazione del manufatto di attraversamento della strada esistente;
- realizzazione del manufatto di sbocco e raccordo con il tratto terminale del Rio Brumà in corrispondenza della vasca a monte di Via Solimano.

Il sistema progettuale non deve quindi essere inteso come semplice canalizzazione, ma come intervento unitario di riordino del reticolo superficiale e di riduzione delle criticità idrauliche e idrogeologiche che interessano l'area.

4.2 CARATTERISTICHE GENERALI DEL CANALE

Il canale superficiale a cielo aperto è suddiviso in tre tratti principali, da monte verso valle.

Il primo tratto ha lunghezza indicativa di circa 50 m, dimensioni interne nette pari a 1,50 m x 1,50 m e pendenza media del 2%. Il secondo tratto ha lunghezza indicativa di circa 500 m, dimensioni interne nette pari a 3,00 m x 3,00 m e pendenza media del 2%. Il terzo tratto, corrispondente al settore di maggiore pendenza, ha lunghezza indicativa di circa 250 m, sezione pari a 3,00 m x 3,70 m e sistemazione a gradoni, con pendenza media del fondo pari al 5% nei tratti compresi tra un salto e il successivo.

La presenza di tratti a pendenza contenuta e di tratti sistemati a gradoni risponde alla necessità di controllare le velocità di deflusso, ridurre l'energia della corrente e limitare fenomeni erosivi o di scalzamento lungo il versante.

La relazione idraulica prevede inoltre opere di captazione dei rivi affluenti e vasche di sedimentazione, con funzione di intercettazione delle portate, dissipazione dell'energia e deposito del materiale solido trasportato.

4.3 TRATTI IN TRINCEA E TRATTI IN RILEVATO/FUORI TERRA

Ai fini della presente valutazione, assumono particolare rilievo i tratti in cui il canale risulta impostato in trincea e i tratti in rilevato/fuori terra, richiamati nella richiesta istruttoria come "pensili". Questi ultimi vengono esaminati sotto il profilo geotecnico in quanto configurazioni nelle quali la continuità plano-altimetrica dell'opera può essere garantita mediante riporti, rilevati di raccordo, appoggi o opere di sostegno.

I tratti in trincea comportano l'esecuzione di scavi nel terreno esistente, con formazione di fronti laterali temporanei o definitivi. Tali tratti richiedono particolare attenzione rispetto alla stabilità locale dei fronti di scavo, alla presenza di acqua, alla natura dei terreni attraversati e alla necessità di eventuali opere provvisionali o definitive di sostegno.

I tratti in rilevato o fuori terra comportano invece l'introduzione di carichi aggiuntivi sul versante. Tali carichi non sono, di per sé, incompatibili con la soluzione proposta, ma devono essere considerati come effetto localmente sfavorevole da

verificare in fase esecutiva. La progettazione di tali tratti dovrà pertanto avvenire secondo criteri geotecnici specifici, prevedendo idonea preparazione del piano di posa, materiali selezionati, compattazione controllata, drenaggi, protezioni antierosive e, ove necessario, terre armate o terre rinforzate.

La distinzione tra tratti in trincea e tratti in rilevato/fuori terra è essenziale perché consente di individuare fin da questa fase i principali meccanismi da approfondire nel successivo progetto esecutivo: stabilità dei fronti di scavo, capacità portante, cedimenti, stabilità globale del complesso opera-terreno e corretta gestione delle acque.

4.4 REGIMAZIONE DELLE ACQUE E RIDUZIONE DELLE INFILTRAZIONI

La finalità principale dell'intervento è la regimazione controllata delle acque superficiali. Nello stato attuale, la presenza di tombinature, canalizzazioni artificiali, recapiti non ordinati e ristagni determina condizioni sfavorevoli, con possibile ruscellamento lungo gli abbancamenti e infiltrazione nel corpo della ex discarica.

La relazione idraulica evidenzia che le acque non canalizzate tendono in parte a ruscellare lungo gli abbancamenti, con tendenza al dilavamento, e in parte a ristagnare negli avvallamenti, penetrando nel corpo della discarica.

La nuova canalizzazione consente di intercettare e convogliare tali acque entro un sistema definito, riducendo le dispersioni laterali e l'alimentazione incontrollata dei terreni di riporto.

Particolare rilevanza assume la previsione del fondo impermeabile del canale, espressamente finalizzato a evitare dispersioni all'interno del corpo della discarica che potrebbero generare instabilità.

Sotto il profilo della stabilità, tale scelta progettuale risulta favorevole, in quanto contribuisce a limitare:

- l'incremento del grado di saturazione dei terreni;
- l'aumento del peso dell'ammasso;
- la formazione di pressioni interstiziali sfavorevoli;

- il dilavamento interno o superficiale;
- il peggioramento delle condizioni di equilibrio del corpo di riporto.

4.5 MITIGAZIONE DEI FATTORI PREDISPONENTI E DELLE CAUSE INNESCANTI

L'intervento agisce sia sulle condizioni che rendono il versante suscettibile a fenomeni di instabilità, sia sui fattori che possono innescare o aggravare tali fenomeni.

I fattori predisponenti sono riconducibili all'assetto geologico e geomorfologico del sito, alla pendenza del versante, alla presenza di coltri eluvio-colluviali, al corpo di riporto dell'ex discarica e alle condizioni idrogeologiche locali.

Le cause innescanti sono invece rappresentate principalmente da eventi meteorici intensi o prolungati, ruscellamenti concentrati, incremento improvviso delle portate nei rivi affluenti, ristagni, infiltrazioni, erosioni localizzate e aumento delle pressioni interstiziali.

La soluzione proposta mitiga tali condizioni attraverso:

- riordino del reticolo idrografico superficiale;
- intercettazione delle acque provenienti dai rivi affluenti;
- riduzione delle infiltrazioni incontrollate;
- impermeabilizzazione del fondo del canale;
- dissipazione dell'energia nei tratti a maggiore pendenza;
- riduzione del trasporto solido mediante vasche di sedimentazione;
- maggiore ispezionabilità e manutenibilità del sistema rispetto ai tratti tombinati.

In questo senso, l'intervento appare orientato alla riduzione delle principali condizioni che, nello stato attuale, possono concorrere alla vulnerabilità idrogeologica del versante.

4.6 CRITERI PREFERENZIALI PER LA SUCCESSIVA FASE ESECUTIVA

La presente fase consente di valutare la coerenza generale dell'intervento rispetto agli obiettivi di stabilità e mitigazione idrogeologica. Il dimensionamento puntuale delle opere dovrà essere sviluppato nella successiva fase esecutiva.

In tale sede dovranno essere privilegiate, ove tecnicamente compatibili con le condizioni geotecniche, idrauliche e ambientali del sito, soluzioni a ridotto impatto, quali:

- interventi di ingegneria naturalistica;
- terre armate e terre rinforzate;
- drenaggi superficiali e profondi;
- protezioni antierosive vegetate;
- geostuoie, biostuoie e sistemi di rinforzo superficiale;
- rinverdimenti e inerbimenti generalizzati;
- opere di sostegno drenanti e integrate nel versante.

Tali soluzioni dovranno essere valutate e dimensionate secondo la normativa tecnica di settore, con particolare riferimento alle NTC 2018 e alla relativa Circolare applicativa, tenendo conto della stabilità locale e globale, della durabilità, della manutenzione e dell'inserimento ambientale.

4.7 SINTESI

L'intervento proposto si configura come opera di sistemazione idraulica e idrogeologica finalizzata alla mitigazione delle criticità attualmente presenti nell'area dell'ex discarica di Castagnello Brumà.

La nuova canalizzazione, le opere di presa, le vasche di sedimentazione, la dissipazione dell'energia e l'impermeabilizzazione del fondo canale rappresentano elementi coerenti con l'obiettivo di ridurre l'infiltrazione incontrollata, il ruscellamento, il dilavamento e l'erosione.

I tratti in trincea e i tratti in rilevato/fuori terra costituiscono gli elementi progettuali da approfondire con maggiore attenzione nella successiva fase

esecutiva, ma non appaiono, in questa fase, incompatibili con la stabilità generale della soluzione proposta, purché siano oggetto di specifiche verifiche e adeguata progettazione geotecnica.

5 VALUTAZIONE GENERALE DELLA STABILITÀ DELLA SOLUZIONE PROPOSTA

5.1 STATO ATTUALE E CRITICITÀ ESISTENTI

La stabilità generale dell'area deve essere valutata partendo dallo stato attuale del versante, caratterizzato da una significativa interazione tra morfologia, reticolo idrografico superficiale, presenza dell'ex discarica e condizioni idrogeologiche locali.

La principale criticità rilevata nella documentazione disponibile è rappresentata dal disordine del reticolo idrografico superficiale, conseguente alla presenza del corpo di discarica, delle tombinature esistenti e di recapiti idraulici non pienamente ordinati. La relazione idraulica evidenzia che le acque non canalizzate tendono in parte a ruscellare lungo gli abbancamenti, con tendenza al dilavamento, e in parte a ristagnare negli avvallamenti, penetrando nel corpo della discarica.

Tale condizione risulta sfavorevole ai fini della stabilità, in quanto può determinare incremento del grado di saturazione dei terreni, appesantimento del corpo di riporto, aumento delle pressioni interstiziali e riduzione delle caratteristiche resistenti dei materiali. La relazione geologica conferma inoltre che le coltri di copertura naturali hanno spesso mostrato condizioni prossime alla saturazione e che il corpo della ex discarica è costituito da materiali eterogenei, con spessori variabili e caratteristiche geotecniche non uniformi.

Lo stato attuale può pertanto essere considerato vulnerabile non tanto per la presenza di un unico meccanismo di dissesto chiaramente individuato, quanto per la concomitanza di più fattori predisponenti e innescanti: pendenze del versante,

presenza di coltri e riporti, circolazione idrica superficiale e sotterranea, ristagni, infiltrazioni e ruscellamenti non controllati.

5.2 EFFETTI FAVOREVOLI DELLA NUOVA REGIMAZIONE IDRAULICA

La soluzione progettuale proposta agisce sul principale elemento modificabile del sistema, cioè la gestione delle acque superficiali.

La realizzazione del nuovo canale di gronda consente di intercettare le acque provenienti dal Rio Brumà e dai rivi affluenti, convogliandole in modo controllato verso la vasca esistente a monte di Via Solimano. Tale impostazione riduce la possibilità che le acque si disperdano lungo gli abbancamenti o si infiltrino nel corpo della ex discarica.

Gli effetti favorevoli attesi sono riconducibili a:

- riduzione del ruscellamento diffuso;
- riduzione dei ristagni in corrispondenza delle aree sub-pianeggianti;
- riduzione delle infiltrazioni nel corpo di riporto;
- riduzione del dilavamento superficiale;
- maggiore controllo del trasporto solido;
- maggiore ispezionabilità e manutenibilità del sistema;
- riduzione delle condizioni che possono favorire l'attivazione di instabilità locali.

La relazione idraulica indica tra i criteri progettuali l'impostazione del canale su terreno più stabile lungo il perimetro dell'area di discarica, il fondo impermeabile per evitare dispersioni nel corpo della discarica, le vasche di sedimentazione per mitigare il trasporto solido e la sistemazione a gradoni nei tratti a maggiore pendenza.

Tali elementi risultano coerenti con una logica di miglioramento della stabilità complessiva, in quanto riducono l'azione destabilizzante dell'acqua sul versante e sul corpo di riporto.

5.3 VALUTAZIONE DEI TRATTI IN TRINCEA

I tratti in trincea costituiscono le porzioni dell'opera nelle quali il canale viene realizzato mediante scavo nel terreno esistente. Essi richiedono particolare attenzione perché comportano la formazione di fronti laterali, provvisori o definitivi, e possono modificare localmente lo stato tensionale dei terreni.

In questa fase, la valutazione può essere svolta in termini generali, evidenziando che la compatibilità dei tratti in trincea dipende da:

- altezza dei fronti di scavo;
- natura dei terreni attraversati;
- presenza di acqua o filtrazioni;
- inclinazione delle scarpate;
- durata di esposizione degli scavi;
- necessità di opere provvisionali o definitive di sostegno;
- efficacia dei drenaggi e delle protezioni superficiali.

Nei tratti impostati su coltri eluvio-colluviali, la presenza di contenuto d'acqua elevato impone particolare cautela. La relazione geologica evidenzia infatti che le coltri naturali hanno spesso mostrato condizioni prossime alla saturazione, anche in periodo siccitoso.

Pertanto, i tratti in trincea risultano compatibili con l'impostazione generale dell'intervento, purché in fase esecutiva siano sviluppate specifiche verifiche di stabilità dei fronti di scavo e siano definite idonee modalità costruttive, comprensive di gestione delle acque, eventuali opere provvisionali, protezioni antierosive, drenaggi e sistemazioni finali.

5.4 VALUTAZIONE DEI TRATTI IN RILEVATO/FUORI TERRA

I tratti in rilevato/fuori terra, richiamati nella richiesta istruttoria come "pensili", vengono valutati sotto il profilo geotecnico come porzioni dell'opera nelle quali la continuità plano-altimetrica del canale può essere garantita mediante riporti, rilevati di raccordo, appoggi o opere di sostegno.

Tali configurazioni introducono un effetto localmente sfavorevole, rappresentato dall'incremento dei carichi agenti sul versante. L'appesantimento locale non costituisce di per sé elemento ostativo alla soluzione progettuale, ma deve essere esplicitamente considerato e verificato nella successiva fase esecutiva.

I rilevati dovranno pertanto essere progettati come opere geotecniche, tenendo conto di:

- peso proprio del rilevato;
- altezza e geometria del rilevato;
- pendenza del piano di posa;
- caratteristiche del terreno di fondazione;
- condizioni di drenaggio;
- eventuale presenza di materiali di riporto;
- stabilità interna ed esterna;
- stabilità globale del complesso rilevato-versante;
- cedimenti e deformazioni;
- protezione antierosiva delle superfici.

Nei tratti acclivi dovrà essere evitata la semplice posa di riporti su superfici inclinate non preparate. In fase esecutiva dovranno essere previste, ove necessario, gradonature del piano di posa, materiali selezionati, compattazione controllata, drenaggi al piede e a tergo, terre armate o terre rinforzate, oltre a inerbimenti e rinverdimenti generalizzati.

In termini complessivi, l'effetto sfavorevole locale dovuto al rilevato deve essere bilanciato con gli effetti favorevoli generali dell'intervento, rappresentati dalla riduzione delle infiltrazioni, dal controllo del ruscellamento e dalla migliore regimazione delle acque. Tale bilancio dovrà essere confermato in fase esecutiva mediante verifiche geotecniche dedicate.

5.5 VALUTAZIONE DEI SETTORI INTERFERENTI CON L'EX DISCARICA

Il settore interferente con il corpo della ex discarica rappresenta l'ambito più delicato sotto il profilo geotecnico e idrogeologico.

La relazione geologica indica che il tratto terminale del canale interessa terreni di riporto della ex discarica per circa 180 m, con volume indicativo di scavo pari a circa 1.600 m³. Il corpo detritico presenta spessori variabili da circa 5 m a 18 m ed è costituito da materiali eterogenei, con matrice terrigena e inclusi antropici compatibili con un deposito di inerti.

In tale contesto, la principale criticità è rappresentata dalla possibile infiltrazione delle acque nel corpo di riporto. L'incremento del contenuto d'acqua può determinare appesantimento dell'ammasso, riduzione delle resistenze disponibili e aumento delle pressioni interstiziali.

La scelta progettuale di prevedere un fondo impermeabile del canale assume quindi particolare rilevanza, in quanto è finalizzata a evitare dispersioni all'interno del corpo della discarica che possano generare instabilità.

In fase esecutiva sarà comunque necessario approfondire la caratterizzazione dei materiali di riporto e verificare puntualmente la stabilità degli scavi, dei rilevati, degli appoggi, delle fondazioni e delle opere di raccordo eventualmente ricadenti in tale settore.

5.6 INTERFERENZA CON AREE P4 E SETTORI IN DISSESTO

Con riferimento all'interferenza con aree classificate a pericolosità elevata/molto elevata o comunque interessate da fenomeni di dissesto, si evidenzia che l'intervento proposto deve essere valutato in relazione alla propria finalità di sistemazione idraulica e idrogeologica dell'area.

La soluzione progettuale non è finalizzata all'introduzione di nuovi carichi insediativi o alla trasformazione urbanistica del versante, bensì al riordino del reticolo idrografico superficiale, alla regimazione delle acque, alla riduzione delle infiltrazioni

incontrollate nel corpo della ex discarica e alla mitigazione dei fenomeni di ruscellamento, ristagno, dilavamento ed erosione.

La nota del Settore Difesa del Suolo Genova evidenzia che, per la parte ricadente in area P4, l'intervento di reinalveazione risulta ammissibile solo se inserito in un più ampio quadro di sistemazione del dissesto e previa valutazione a seguito di precise verifiche di stabilità. La presente relazione assume pertanto l'intervento non come opera isolata di mera canalizzazione, ma come parte di una sistemazione idraulica e idrogeologica finalizzata alla mitigazione delle condizioni di instabilità, mediante riduzione delle infiltrazioni, controllo dei deflussi superficiali, limitazione dei ristagni e miglioramento della manutenzione del reticolo idrografico.

In tale prospettiva, l'intervento si configura come opera orientata alla riduzione delle condizioni predisponenti e innescanti dei fenomeni di instabilità. In particolare, la nuova canalizzazione, l'impermeabilizzazione del fondo canale, le opere di presa, le vasche di sedimentazione e i sistemi di dissipazione dell'energia sono finalizzati a ridurre l'alimentazione idrica incontrollata del versante e del corpo di riporto, che costituisce uno dei principali fattori potenzialmente sfavorevoli alla stabilità.

Resta fermo che la verifica formale di ammissibilità rispetto alla disciplina delle aree P4 dovrà essere coordinata con gli Enti competenti nelle successive fasi autorizzative. Ai fini della presente fase di screening VIA, viene tuttavia evidenziato che l'opera è orientata alla riduzione delle condizioni predisponenti e innescanti dei fenomeni di dissesto, e che la compatibilità definitiva dovrà essere confermata mediante verifiche geologico-geotecniche di dettaglio sulle sezioni interferenti con le aree a maggiore pericolosità.

Particolare attenzione dovrà essere posta, in fase esecutiva, alla verifica delle sezioni ricadenti o interferenti con aree classificate a maggiore pericolosità, assumendo scenari cautelativi in relazione alla presenza di acqua, alla natura dei terreni, ai materiali di riporto, ai tratti in trincea e agli eventuali rilevati o opere fuori terra.

5.7 COMPATIBILITÀ GENERALE DEL COMPLESSO OPERA-TERRENO

Sulla base della documentazione disponibile, la soluzione progettuale proposta appare coerente con l'obiettivo di migliorare la stabilità generale del versante, in quanto interviene sui principali meccanismi sfavorevoli legati alla gestione delle acque.

Gli elementi che concorrono alla compatibilità generale dell'intervento sono:

- intercettazione e convogliamento delle acque superficiali;
- riduzione delle infiltrazioni nel corpo della ex discarica;
- fondo impermeabile del canale;
- opere di captazione dei rivi affluenti;
- vasche di sedimentazione;
- dissipazione dell'energia nei tratti a maggiore pendenza;
- maggiore ispezionabilità e manutenzione rispetto ai tratti tombinati;
- possibilità di integrare l'opera con drenaggi, terre armate, terre rinforzate, protezioni antierosive e inerbimenti.

Permangono elementi da approfondire in fase esecutiva, in particolare in corrispondenza dei tratti in trincea, dei tratti in rilevato/fuori terra, dei settori interferenti con l'ex discarica, del complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2 e delle aree ricadenti o interferenti con settori a pericolosità elevata/molto elevata. Tali elementi non appaiono tuttavia incompatibili con la soluzione proposta, purché siano oggetto di progettazione geotecnica dedicata e di verifiche secondo la normativa tecnica di settore.

5.8 RACCORDO CON LE VERIFICHE DI STABILITÀ PREGRESSE A SCALA DI VERSANTE

Le verifiche di stabilità a scala di versante sviluppate nell'ambito della documentazione geologica pregressa costituiscono un utile riferimento conoscitivo per l'inquadramento del comportamento generale del pendio e del corpo di riporto dell'ex discarica.

Tali verifiche confermano l'opportunità di valutare la stabilità dell'area non esclusivamente in termini locali, riferiti ai singoli tratti del canale, ai fronti di scavo o ai manufatti puntuali, ma anche in termini globali, considerando il complesso assetto morfologico, geologico, geotecnico e idrogeologico del versante.

Il richiamo alle analisi pregresse consente di evidenziare che il tema della stabilità del sito è strettamente connesso alla gestione delle acque superficiali e sotterranee. In particolare, la presenza di acque non regimate, ristagni, ruscellamenti diffusi e infiltrazioni nel corpo di riporto rappresenta un fattore potenzialmente sfavorevole, in quanto può determinare incremento del grado di saturazione, aumento del peso dell'ammasso, riduzione delle tensioni efficaci, incremento delle pressioni interstiziali e conseguente peggioramento delle condizioni di equilibrio.

In tale prospettiva, la soluzione progettuale proposta risulta coerente con l'impostazione generale desumibile dalle verifiche pregresse, poiché interviene sul principale fattore modificabile del sistema, rappresentato dalla regimazione delle acque. La nuova canalizzazione a cielo aperto, l'intercettazione dei rivi affluenti, il recapito controllato verso valle, l'impermeabilizzazione del fondo canale e la maggiore ispezionabilità del sistema costituiscono elementi progettuali orientati alla riduzione delle condizioni che possono incidere negativamente sulla stabilità del versante e del complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2.

Il raccordo con le verifiche pregresse non deve tuttavia essere interpretato come automatica estensione dei relativi esiti alla configurazione progettuale attuale. Le analisi pregresse costituiscono un riferimento conoscitivo di base, mentre la soluzione attuale dovrà essere oggetto di specifico aggiornamento in sede esecutiva, mediante verifiche di stabilità locale e globale riferite alle sezioni maggiormente rappresentative e cautelative.

In particolare, le verifiche esecutive dovranno considerare:

- lo stato ante operam e lo stato post operam;
- i tratti in trincea, con particolare riferimento alla stabilità dei fronti di scavo;

- i tratti in rilevato/fuori terra, con particolare riferimento all'appesantimento locale indotto sul versante;
- il settore interferente con il corpo della ex discarica;
- il complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2;
- le sezioni ricadenti o interferenti con aree P4 o con settori a maggiore pericolosità;
- le condizioni di saturazione dei materiali;
- le condizioni provvisionali di cantiere;
- gli eventuali interventi di drenaggio, sostegno, rinforzo o stabilizzazione necessari.

Pertanto, le verifiche pregresse rafforzano il quadro conoscitivo generale e confermano la centralità del controllo idraulico-idrogeologico ai fini della stabilità, mentre le verifiche di dettaglio da sviluppare in fase esecutiva dovranno confermare puntualmente la compatibilità locale e globale della soluzione progettuale proposta.

5.9 SINTESI DELLA VALUTAZIONE GENERALE

In sintesi, anche alla luce del quadro conoscitivo desumibile dalle verifiche di stabilità pregresse a scala di versante, la soluzione progettuale proposta non appare orientata ad aggravare le condizioni di stabilità del versante, ma a ridurre le principali cause di vulnerabilità legate alla circolazione idrica superficiale e all'infiltrazione incontrollata.

L'intervento produce effetti favorevoli in termini di regimazione, impermeabilizzazione, dissipazione dell'energia, riduzione dei ristagni e maggiore manutenibilità.

I tratti in trincea e i tratti in rilevato/fuori terra rappresentano gli ambiti da verificare con maggiore attenzione nella successiva fase esecutiva. In particolare, i rilevati determinano un appesantimento locale del versante, che dovrà essere valutato mediante verifiche geotecniche specifiche. Tale effetto è però

progettualmente controllabile mediante idonea preparazione del piano di posa, drenaggi, materiali selezionati, compattazione, terre armate o rinforzate e protezioni antierosive.

Con specifico riferimento alla nota del Settore Difesa del Suolo Genova, la presente valutazione riconosce la necessità di aggiornare e approfondire l'analisi della stabilità delle opere e del complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2, nonché di verificare la compatibilità dell'intervento nelle porzioni interferenti con aree P4 o con settori in dissesto. Tali approfondimenti dovranno essere sviluppati nella successiva fase esecutiva e autorizzativa mediante specifiche verifiche geologico-geotecniche, idrauliche e strutturali.

Le verifiche di stabilità pregresse a scala di versante devono essere considerate quale riferimento conoscitivo utile per l'inquadramento generale del comportamento del pendio, ma non sostituiscono le verifiche di dettaglio riferite alla configurazione progettuale attuale. In fase esecutiva dovranno pertanto essere sviluppate verifiche aggiornate, riferite allo stato ante operam e post operam, alle sezioni maggiormente rappresentative e cautelative, ai tratti in trincea, ai tratti in rilevato/fuori terra, al corpo della ex discarica, al complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2 e alle aree interferenti con settori P4 o con ambiti a maggiore pericolosità.

Nei limiti propri della fase di screening VIA, la soluzione proposta può quindi essere ritenuta preliminarmente compatibile con le condizioni generali di stabilità del sito, ferma restando la necessità di successiva verifica puntuale in sede esecutiva.

6 VERIFICHE SPEDITIVE E CONTROLLI PRELIMINARI EFFETTUATI NELLA PRESENTE FASE

6.1 FINALITÀ E LIMITI DELLE VERIFICHE EFFETTUATE

Al fine di fornire riscontro alla richiesta di approfondimento formulata nell'ambito del procedimento di verifica di assoggettabilità alla VIA, nel presente capitolo vengono sviluppati controlli tecnici preliminari finalizzati a inquadrare gli effetti geotecnici più significativi connessi alla soluzione progettuale proposta.

Il Settore Difesa del Suolo Genova ha evidenziato la necessità di approfondire la stabilità delle opere e del complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2, con particolare riferimento alla presenza di tratti del nuovo canale in trincea, a tratti richiamati come "pensili", all'interferenza con aree P4 e agli aspetti connessi alla futura configurazione idraulica e manutentiva del Rio Brumà.

Si precisa che i controlli riportati nel presente capitolo non costituiscono verifiche esecutive definitive ai sensi delle NTC 2018, né sostituiscono le successive analisi di stabilità locale e globale da sviluppare su sezioni geologico-geotecniche rappresentative. Essi devono essere letti come verifiche preliminari di coerenza, proprie della fase di screening VIA, finalizzate a valutare l'ordine di grandezza dei principali effetti indotti dalla soluzione progettuale.

La valutazione viene inoltre sviluppata tenendo conto delle indagini geologiche pregresse e delle verifiche di stabilità a scala di versante già disponibili per l'area di Castagnello Brumà. Tali verifiche costituiscono un riferimento conoscitivo importante, in quanto hanno già affrontato il comportamento generale del sistema pendio-riporto. Nella presente relazione esse non vengono assunte come automaticamente definitive per la configurazione attuale, ma vengono utilizzate come base tecnica da raccordare alla nuova soluzione progettuale.

In tale prospettiva, la compatibilità preliminare dell'intervento viene valutata attraverso la lettura coordinata di tre elementi:

- il quadro geologico, geomorfologico e idrogeologico disponibile;

- le verifiche pregresse di stabilità a scala di versante;
- i controlli spediti sviluppati nella presente relazione sugli effetti specifici della soluzione progettuale attuale.

Si precisa pertanto che il presente elaborato non introduce una valutazione autonoma e isolata della stabilità del versante, ma si pone in continuità con il quadro geologico-geotecnico già disponibile, assumendo le verifiche pregresse a scala di versante quale riferimento tecnico generale e sviluppando, in questa sede, controlli integrativi mirati agli effetti specifici della soluzione progettuale proposta.

I controlli eseguiti riguardano in particolare:

- il richiamo alle verifiche di stabilità pregresse a scala di versante;
- l'effetto della saturazione sui terreni di riporto;
- l'incremento di carico verticale equivalente nel complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2;
- il sovraccarico indotto dai tratti in rilevato/fuori terra;
- il confronto tra effetto della saturazione e sovraccarico dei rilevati;
- il controllo geometrico preliminare dei fronti di scavo nei tratti in trincea;
- il confronto prestazionale tra stato ante operam e stato post operam.

Le verifiche hanno quindi lo scopo di individuare i principali aspetti da presidiare nella successiva fase esecutiva, dimostrando che i temi critici risultano riconosciuti, valutati in via preliminare e tecnicamente affrontabili mediante adeguata progettazione geotecnica, idraulica, strutturale e manutentiva.

6.2 PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI ASSUNTI

Per le verifiche speditive si assumono, quale riferimento preliminare, i parametri geotecnici riportati nella relazione geologica e negli elaborati specialistici disponibili. Tali valori vengono impiegati esclusivamente per controlli preliminari di ordine di grandezza e per valutazioni di coerenza tecnica nell'ambito della presente fase di screening VIA.

Per le **coltri eluvio-colluviali** sono assunti i seguenti valori indicativi:

- peso di volume secco: 17,5 kN/m³;
- peso di volume saturo: 19,0 kN/m³;
- coesione: 1 kN/m²;
- angolo di attrito efficace: 29°.

Per i **terreni di riporto dell'ex discarica** sono assunti i seguenti valori indicativi:

- peso di volume secco: 18,5 kN/m³;
- peso di volume saturo: 21,0 kN/m³;
- coesione: 24 kN/m²;
- angolo di attrito efficace: 25°.

Per il **substrato lapideo** sono assunti i seguenti valori indicativi:

- peso di volume: 23 kN/m³;
- coesione: 50 kN/m²;
- angolo di attrito interno: 35°;
- modulo di Young: 500 MPa.

I valori sopra riportati devono essere intesi come parametri preliminari di riferimento, idonei alla presente fase di valutazione generale, ma non esaustivi ai fini del dimensionamento esecutivo delle opere.

In sede esecutiva, tali parametri dovranno essere verificati, confermati o aggiornati mediante la definizione di un modello geologico-geotecnico di dettaglio, eventualmente supportato da indagini geognostiche integrative, prove in sito, prove di laboratorio e specifiche verifiche sulle sezioni rappresentative del versante e delle opere.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla variabilità dei materiali di riporto dell'ex discarica, alla possibile disomogeneità laterale e verticale del corpo di riempimento, alla presenza di acqua, alle condizioni di drenaggio e al grado di saturazione dei terreni. Tali aspetti assumono rilievo determinante sia per le verifiche di stabilità globale del versante, sia per le verifiche locali dei fronti di scavo, dei rilevati, degli appoggi e delle eventuali opere di sostegno o consolidamento.

6.3 RICHIAMO ALLE VERIFICHE DI STABILITÀ A SCALA DI VERSANTE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE PREGRESSE

La documentazione geologica pregressa disponibile per l'area di Castagnello Brumà contiene verifiche di stabilità a scala di versante, sviluppate con riferimento al quadro geologico, geomorfologico e geotecnico del sito. Tali verifiche assumono particolare rilievo nella presente relazione, in quanto consentono di inquadrare il comportamento generale del versante e del corpo di riempimento dell'ex discarica prima dello sviluppo delle verifiche specifiche da riferire alla configurazione progettuale attuale.

Le verifiche pregresse devono essere lette come elementi conoscitivi di supporto, utili a riconoscere i principali meccanismi di instabilità potenziale e a definire il livello di attenzione richiesto nella successiva progettazione esecutiva. Esse non sostituiscono, tuttavia, le verifiche di stabilità da eseguire sulle sezioni effettivamente interessate dal nuovo canale di gronda, dai tratti in trincea, dai tratti in rilevato/fuori terra, dalle opere di presa, dai manufatti di attraversamento e sbocco e dalle eventuali opere di sostegno o consolidamento.

Dall'esame del quadro geologico e delle verifiche pregresse emerge che la stabilità del versante risulta fortemente condizionata dalla presenza di acqua, dalla natura eterogenea dei materiali di riporto, dagli spessori variabili del corpo detritico, dalla morfologia articolata del pendio e dalla presenza di settori caratterizzati da elevata suscettività al dissesto. In particolare, il comportamento del riempimento ricadente nell'area speciale B2 e dei settori interferenti con aree P4 deve essere valutato assumendo scenari cautelativi, nei quali il grado di saturazione dei terreni e le pressioni interstiziali possono incidere in modo significativo sui coefficienti di sicurezza.

Le verifiche pregresse a scala di versante assumono quindi valore di quadro di riferimento generale e confermano la necessità di considerare, nella progettazione delle opere, non soltanto la stabilità locale dei singoli manufatti, ma

anche l'interazione complessiva tra opera, terreni di fondazione, corpo di riporto e versante.

In tale prospettiva, la nuova regimazione delle acque superficiali prevista dal progetto costituisce un elemento tecnicamente favorevole, in quanto orientato a ridurre uno dei principali fattori potenzialmente destabilizzanti, rappresentato dalla presenza incontrollata di acqua nel versante e nel corpo della ex discarica. La captazione dei deflussi, l'impermeabilizzazione del fondo del canale, il recapito controllato verso valle e la riduzione dei ristagni concorrono infatti alla limitazione delle infiltrazioni e, conseguentemente, alla riduzione dei meccanismi di appesantimento, incremento delle pressioni interstiziali e peggioramento delle condizioni di equilibrio.

Resta comunque necessario che la successiva fase esecutiva sviluppi verifiche aggiornate e specifiche, riferite alla configurazione di progetto. Tali verifiche dovranno comprendere almeno l'analisi delle sezioni rappresentative del versante nelle condizioni ante operam e post operam, la valutazione dei tratti in trincea, il controllo dei tratti in rilevato/fuori terra, l'analisi dei settori interferenti con il corpo della ex discarica, il controllo del complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2 e la verifica delle porzioni interferenti con aree a maggiore pericolosità.

Pertanto, le verifiche di stabilità pregresse non devono essere interpretate come elemento conclusivo, ma come base tecnica preliminare sulla quale impostare gli approfondimenti esecutivi. Esse confermano che il tema della stabilità del versante è stato correttamente individuato e che dovrà essere sviluppato mediante modelli geotecnici aggiornati, sezioni rappresentative e analisi coerenti con le NTC 2018, con la relativa Circolare applicativa e con la normativa di settore applicabile.

6.4 VERIFICA 1 – EFFETTO DELLA SATURAZIONE SUI TERRENI DI RIPORTO

Uno dei principali meccanismi sfavorevoli ai fini della stabilità del corpo di riporto è rappresentato dall'incremento del contenuto d'acqua nei materiali costituenti l'ex discarica e, più in generale, nei terreni di riempimento presenti nell'area.

Il passaggio da condizioni asciutte o parzialmente sature a condizioni sature determina infatti un peggioramento del quadro geotecnico, riconducibile principalmente ai seguenti effetti:

- aumento del peso proprio dell'ammasso;
- incremento del carico verticale agente lungo le potenziali superfici di scivolamento;
- possibile incremento delle pressioni interstiziali;
- riduzione delle tensioni efficaci;
- possibile riduzione della resistenza al taglio disponibile;
- peggioramento delle condizioni di equilibrio locale e globale.

Per i terreni di riporto dell'area dell'ex discarica si assumono, in via preliminare, i seguenti valori:

γ secco = 18,5 kN/m³

γ saturo = 21,0 kN/m³

L'incremento del peso di volume associato alla saturazione risulta quindi pari a:

$\Delta\gamma = \gamma_{saturo} - \gamma_{secco}$

$\Delta\gamma = 21,0 - 18,5 = 2,5$ kN/m³

In termini percentuali, rispetto al peso di volume secco:

$\Delta\gamma / \gamma_{secco} = 2,5 / 18,5 = 0,135$

$\Delta\gamma / \gamma_{secco} \approx 13,5\%$

Il controllo numerico evidenzia che la saturazione dei terreni di riporto comporta un incremento del peso di volume pari a circa il 13,5%. Tale incremento non può essere considerato trascurabile, soprattutto se riferito a un corpo di riporto di spessore significativo, caratterizzato da materiali eterogenei e da possibili condizioni di drenaggio non uniforme.

Il dato assume particolare rilievo in relazione al complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2, nel quale la presenza di acqua può incidere sia attraverso l'aumento del peso dell'ammasso sia attraverso il possibile incremento delle pressioni interstiziali. In tali condizioni, anche variazioni apparentemente contenute del grado di saturazione possono determinare modificazioni significative del quadro di stabilità.

Ne consegue che la riduzione delle infiltrazioni nel corpo della ex discarica costituisce un effetto tecnicamente favorevole alla stabilità. In tale prospettiva, la nuova canalizzazione a cielo aperto, la captazione ordinata dei deflussi superficiali, l'impermeabilizzazione del fondo del canale e il recapito controllato delle acque verso valle rappresentano misure coerenti con l'obiettivo di limitare l'alimentazione idrica incontrollata del corpo di riporto.

La verifica conferma quindi che il controllo della saturazione costituisce uno degli aspetti centrali della valutazione geotecnica dell'intervento e dovrà essere approfondito nella successiva fase esecutiva mediante analisi specifiche delle condizioni idrauliche e piezometriche del versante.

6.5 VERIFICA 2 – INCREMENTO DI CARICO VERTICALE EQUIVALENTE NEL COMPLESSO DEL RIEMPIMENTO RICADENTE NELL'AREA SPECIALE B2

Con riferimento al complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2, è possibile stimare, in via preliminare, l'incremento di carico verticale equivalente prodotto dalla saturazione dei terreni di riporto.

La valutazione viene svolta mediante la seguente relazione semplificata:

$$\Delta q = \Delta \gamma \cdot H$$

dove:

- Δq è l'incremento di carico verticale equivalente;
- Δγ è l'incremento del peso di volume dovuto alla saturazione;
- H è lo spessore del riporto interessato dall'incremento del grado di saturazione.

Assumendo:

$\Delta\gamma = 2{,}5\ kN/m^3$

si ottengono i seguenti valori indicativi:

Spessore del riporto interessato da saturazione	**Incremento di carico verticale Δq**
5 m	12,5 kPa
10 m	25,0 kPa
15 m	37,5 kPa
18 m	45,0 kPa

Il controllo numerico evidenzia che la saturazione anche parziale di spessori significativi del riempimento può generare incrementi di carico verticale compresi, per gli spessori considerati, tra circa 12,5 kPa e 45,0 kPa.

Tali valori assumono rilievo geotecnico non trascurabile, soprattutto se rapportati alla natura eterogenea del corpo di riporto, alla variabilità degli spessori e alla possibile presenza di superfici preferenziali di debolezza o di discontinuità interne al riempimento. L'incremento di carico dovuto alla saturazione può infatti contribuire al peggioramento delle condizioni di equilibrio, sia per effetto dell'aumento del peso dell'ammasso sia per effetto dell'eventuale riduzione delle tensioni efficaci.

La verifica conferma pertanto che la presenza incontrollata di acqua nel corpo della ex discarica costituisce uno dei principali fattori sfavorevoli alla stabilità del sistema. Di conseguenza, la riduzione delle infiltrazioni, perseguita mediante captazione delle acque superficiali, fondo impermeabile del canale e recapito controllato verso valle, rappresenta un presidio tecnico direttamente favorevole alla stabilità del complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2.

Tale valutazione risulta coerente anche con le considerazioni derivanti dalle verifiche di stabilità a scala di versante delle indagini geologiche pregresse, dalle quali emerge la necessità di considerare con particolare attenzione il ruolo dell'acqua e delle condizioni di saturazione nel comportamento globale del versante.

6.6 VERIFICA 3 – SOVRACCARICO INDOTTO DAI TRATTI IN RILEVATO/FUORI TERRA

I tratti in rilevato/fuori terra, richiamati nella richiesta istruttoria come "pensili", introducono un carico aggiuntivo sul versante. Tale effetto deve essere esplicitamente considerato nella valutazione geotecnica, in quanto può determinare un appesantimento locale del pendio e modificare le condizioni di equilibrio del complesso opera-terreno.

In termini preliminari, il sovraccarico verticale indotto da un rilevato può essere stimato mediante la relazione:

$$q = \gamma \cdot h$$

dove:

- q è il sovraccarico verticale indotto dal rilevato;
- γ è il peso di volume del materiale di rilevato;
- h è l'altezza del rilevato.

Assumendo un peso di volume ordinario del materiale di rilevato pari a circa:

$$\gamma = 18–20 \text{ kN/m}^3$$

si ottengono i seguenti ordini di grandezza:

Altezza del rilevato	**Sovraccarico indicativo q**
1,00 m	18–20 kPa
1,50 m	27–30 kPa
2,00 m	36–40 kPa
3,00 m	54–60 kPa

La verifica evidenzia che anche rilevati di altezza ordinaria possono introdurre sovraccarichi non trascurabili sul pendio. L'appesantimento locale non costituisce,

di per sé, elemento ostativo alla soluzione progettuale, ma rappresenta un tema da verificare con attenzione nella successiva fase esecutiva.

La compatibilità dei tratti in rilevato/fuori terra dovrà essere valutata in funzione dei seguenti aspetti:

- posizione del rilevato rispetto alla morfologia del versante;
- altezza e geometria del rilevato;
- pendenza del piano di posa;
- natura del terreno di fondazione;
- presenza di coltri umide o materiali di riporto;
- condizioni di drenaggio;
- possibile interferenza con superfici di scivolamento;
- stabilità interna ed esterna del rilevato;
- stabilità globale del complesso rilevato-versante;
- deformabilità del piano di posa e cedimenti attesi.

In fase esecutiva, i tratti in rilevato/fuori terra dovranno pertanto essere progettati come vere e proprie opere geotecniche, evitando la semplice posa di riporti su superfici inclinate non preparate. Nei tratti acclivi dovranno essere previste, ove necessario, gradonature del piano di posa, materiali selezionati, compattazione controllata per strati, drenaggi al piede e a tergo, protezioni antierosive e sistemi di rinforzo del terreno.

Qualora le condizioni locali lo richiedano, dovranno essere valutate soluzioni quali terre armate, terre rinforzate, opere drenanti, gabbionate, opere di sostegno integrate nel versante o presidi strutturali localizzati. Tali opere dovranno essere dimensionate mediante verifiche specifiche di stabilità interna, stabilità esterna, capacità portante, cedimenti e stabilità globale secondo le NTC 2018.

La verifica consente quindi di riconoscere che i tratti in rilevato/fuori terra introducono un effetto localmente sfavorevole, ma tecnicamente individuabile, quantificabile e progettualmente controllabile.

6.7 VERIFICA 4 – CONFRONTO TRA SATURAZIONE DEL RIEMPIMENTO E SOVRACCARICO DEI RILEVATI

Il confronto tra l'incremento di carico prodotto dalla saturazione del riempimento e il sovraccarico introdotto dai tratti in rilevato/fuori terra consente di inquadrare l'ordine di grandezza dei principali effetti geotecnici sfavorevoli da considerare nella successiva fase esecutiva.

Dalle verifiche speditive precedenti risulta che:

- la saturazione di 15 m di riporto determina un incremento di carico verticale equivalente pari a circa 37,5 kPa;
- un rilevato di altezza pari a 2,00 m determina un sovraccarico verticale indicativo pari a circa 36–40 kPa.

I due effetti risultano quindi dello stesso ordine di grandezza.

Tale confronto non costituisce una verifica di stabilità globale, né può essere assunto come dimostrazione risolutiva della compatibilità geotecnica dell'intervento. Esso consente tuttavia di evidenziare un aspetto rilevante: la saturazione del corpo di riporto rappresenta un meccanismo sfavorevole di entità confrontabile con il sovraccarico prodotto da un rilevato di altezza ordinaria.

Ne deriva che la riduzione delle infiltrazioni nel corpo della ex discarica e nel complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2 assume un ruolo tecnico significativo ai fini della stabilità generale del sistema. La captazione delle acque superficiali, la nuova inalveazione a cielo aperto, l'impermeabilizzazione del fondo del canale e il recapito controllato verso valle sono quindi elementi progettuali che agiscono su un fattore destabilizzante di primaria importanza.

Il confronto consente inoltre di chiarire che i tratti in rilevato/fuori terra non possono essere considerati irrilevanti sotto il profilo geotecnico. L'appesantimento locale prodotto da tali configurazioni dovrà essere valutato puntualmente, soprattutto nei settori in cui i rilevati siano impostati su coltri eluvio-colluviali umide, su materiali di riporto o in prossimità di aree classificate a maggiore pericolosità.

In fase esecutiva, il bilancio tra effetti favorevoli e sfavorevoli dovrà pertanto essere verificato mediante modelli geologico-geotecnici specifici, considerando:

- la geometria effettiva del rilevato;
- le caratteristiche del terreno di fondazione;
- la pendenza del piano di posa;
- il regime delle pressioni interstiziali;
- le condizioni di drenaggio;
- le eventuali superfici di scivolamento;
- le condizioni ante operam e post operam;
- le condizioni idrauliche ordinarie e gravose.

In termini preliminari, la soluzione progettuale appare comunque orientata a ridurre uno dei principali meccanismi sfavorevoli alla stabilità, rappresentato dalla presenza incontrollata di acqua nel versante e nel corpo di riporto. Gli effetti locali sfavorevoli introdotti dai rilevati risultano invece tecnicamente controllabili mediante adeguata progettazione geotecnica, drenaggi, preparazione del piano di posa, eventuali terre armate o terre rinforzate e opere di stabilizzazione localizzate.

6.8 VERIFICA 5 – CONTROLLO GEOMETRICO PRELIMINARE DEI FRONTI DI SCAVO NEI TRATTI IN TRINCEA

In relazione ai tratti del canale da realizzare in trincea, è possibile svolgere un controllo geometrico preliminare delle scarpate, confrontando l'inclinazione dei fronti di scavo con l'angolo di attrito efficace assunto per le coltri eluvio-colluviali.

Per tali materiali si assume, in via preliminare:

$\varphi' = 29°$

Si confrontano quindi alcune geometrie tipiche di scarpata:

Geometria della scarpata	Angolo indicativo	Valutazione preliminare
1V:2H	26,6°	Compatibile in prima approssimazione con $\varphi' \approx 29°$, salvo presenza d'acqua
1V:1,5H	33,7°	Da verificare; potenzialmente critica

1V:1H	45,0°	Non assumibile senza verifiche specifiche o opere di sostegno

Il controllo evidenzia che, per i tratti in trincea impostati in coltri eluvio-colluviali, configurazioni con scarpate dell'ordine di 1V:2H possono essere considerate preliminarmente compatibili solo per fronti di altezza contenuta, in condizioni drenate e in assenza di venute d'acqua significative.

La presenza di acqua modifica in modo rilevante il quadro di stabilità. Nei terreni fini o limoso-argillosi, anche modesti incrementi del contenuto d'acqua possono ridurre la resistenza disponibile, favorire fenomeni di rammollimento superficiale, determinare erosioni localizzate e incrementare le pressioni interstiziali. Pertanto, il solo confronto geometrico tra inclinazione della scarpata e angolo di attrito non può essere assunto come verifica sufficiente, ma costituisce esclusivamente un primo controllo di coerenza.

Scarpate più acclivi, quali 1V:1,5H o 1V:1H, dovranno invece essere oggetto di specifica verifica geotecnica e, ove necessario, sostenute mediante opere provvisionali o definitive. Nei tratti con scavi significativi, terreni saturi, riporti eterogenei, venute d'acqua o interferenze con manufatti e piste di cantiere, dovranno essere valutate soluzioni quali:

- scavi per campioni;
- berlinesi provvisionali o definitive;
- palificate o paratie di micropali;
- chiodature e reti corticali;
- gabbionate o opere drenanti di sostegno;
- terre rinforzate;
- protezioni antierosive e stabilizzazioni superficiali;
- sistemi di drenaggio provvisorio e definitivo.

In fase esecutiva, i fronti di scavo dovranno essere verificati considerando le effettive geometrie di progetto, l'altezza dei fronti, la stratigrafia locale, la durata di

esposizione, il regime idraulico, la presenza di sovraccarichi in sommità e le condizioni sismiche ove pertinenti.

Particolare attenzione dovrà essere posta anche alla fase provvisionale, poiché i fronti di scavo temporanei possono risultare più vulnerabili rispetto alla configurazione definitiva, soprattutto in presenza di precipitazioni, ristagni o mancata tempestiva protezione delle superfici esposte.

Il controllo geometrico preliminare conferma quindi che i tratti in trincea sono compatibili con l'impostazione generale dell'intervento, ma richiedono specifica progettazione esecutiva delle scarpate, dei drenaggi, delle eventuali opere di sostegno e delle modalità di cantiere.

6.9 CONSIDERAZIONE SULLO SCHEMA DI PENDIO INDEFINITO

Lo schema di pendio indefinito può essere utilizzato, in linea generale, per controlli spediti di stabilità superficiale di coltri o riporti di limitato spessore, qualora la superficie di scorrimento possa essere assunta sub-parallela al piano campagna e il pendio presenti geometria sufficientemente regolare.

Nel caso in esame, tale schema può avere utilità esclusivamente come controllo locale di sensibilità, riferito a potenziali instabilità superficiali di coltri eluvio-colluviali o riporti di modesto spessore. Esso può essere impiegato, ad esempio, per valutare l'effetto della variazione del grado di saturazione, della pendenza locale del versante o della presenza di sovraccarichi superficiali limitati.

Lo schema di pendio indefinito non è invece rappresentativo della stabilità globale del complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2, delle aree P4 o dei settori interessati da dissesti complessi. In tali ambiti, la geometria del versante, la variabilità stratigrafica, la presenza di materiali di riporto eterogenei, le modificazioni antropiche, le discontinuità interne e il regime idraulico rendono necessario il ricorso a verifiche specifiche su sezioni geologico-geotecniche rappresentative.

Le verifiche a scala di versante desumibili dalle indagini geologiche pregresse confermano l'esigenza di analizzare il sistema mediante sezioni significative, capaci di rappresentare il rapporto tra substrato, coltri di copertura, materiali di riporto, corpo della ex discarica, condizioni idrauliche e opere previste. Tali verifiche dovranno considerare sia la configurazione ante operam sia la configurazione post operam, valutando gli effetti della nuova canalizzazione, della riduzione delle infiltrazioni, degli eventuali rilevati, degli scavi e delle opere di sostegno.

Pertanto, nella presente fase, non si assume il modello di pendio indefinito quale verifica principale della stabilità del sistema. Si conferma invece la necessità di sviluppare, nella successiva fase esecutiva, verifiche di stabilità locale e globale mediante modelli geotecnici coerenti con le effettive condizioni stratigrafiche, geometriche e idrauliche del sito.

Tali verifiche dovranno essere condotte secondo la normativa tecnica vigente e dovranno includere, ove pertinenti:

- sezioni rappresentative del versante;
- condizioni drenate e non drenate, ove applicabili;
- condizioni ordinarie e condizioni idrauliche gravose;
- scenari ante operam e post operam;
- effetti dei tratti in trincea;
- effetti dei tratti in rilevato/fuori terra;
- presenza di eventuali opere di sostegno o consolidamento;
- condizioni sismiche, ove richieste dalla normativa e dal livello progettuale.

In tale impostazione, lo schema di pendio indefinito può essere conservato come controllo speditivo integrativo, ma non può sostituire le verifiche di stabilità a scala di versante.

6.10 VERIFICA 6 – CONFRONTO PRESTAZIONALE ANTE OPERAM / POST OPERAM

Il confronto tra lo stato attuale e lo stato di progetto consente di evidenziare, in termini qualitativi e prestazionali, gli effetti attesi dell'intervento sui principali meccanismi critici che condizionano la stabilità idrogeologica dell'area.

La valutazione non costituisce una verifica numerica di stabilità globale, ma rappresenta un quadro sintetico di coerenza tecnica, utile a distinguere gli effetti migliorativi generali dagli effetti locali che dovranno essere approfonditi nella successiva fase esecutiva.

Meccanismo / fattore di controllo	**Stato attuale**	**Stato di progetto**	**Valutazione preliminare**
Acque superficiali	Deflusso diffuso, disordinato e in parte non regimato	Acque intercettate e convogliate nel nuovo canale di gronda	Migliorativa
Reticolo idrografico	Presenza di tombinature, recapiti non pienamente ordinati e interferenze con il corpo della discarica	Nuova inalveazione a cielo aperto e maggiore continuità del sistema di deflusso	Migliorativa
Infiltrazione nel corpo della ex discarica	Possibile per ristagni, dispersioni laterali e acque non regimate	Ridotta mediante captazione, convogliamento e fondo impermeabile del canale	Migliorativa
Saturazione dei terreni di riporto	Possibile incremento del grado di saturazione, con aumento del peso dell'ammasso e possibile incremento delle pressioni interstiziali	Riduzione delle infiltrazioni incontrollate e maggiore controllo delle acque superficiali	Migliorativa
Ruscellamento sugli abbancamenti	Presente e non completamente controllato	Convogliato entro il nuovo sistema di regimazione	Migliorativa
Ristagni	Presenti in aree sub-pianeggianti e in corrispondenza di zone morfologicamente depresse	Ridotti mediante intercettazione e recapito controllato delle acque	Migliorativa

Dilavamento superficiale	Possibile lungo scarpate, impluvi e abbancamenti	Mitigato mediante canalizzazione, opere di presa e controllo del deflusso	Migliorativa
Erosione localizzata	Possibile lungo impluvi, scarpate e tratti a maggiore pendenza	Mitigata mediante dissipazione dell'energia, sistemazione a gradoni e protezioni antierosive	Migliorativa
Trasporto solido	Non pienamente gestito	Gestito mediante vasche di sedimentazione e opere di captazione	Migliorativa
Ispezionabilità	Limitata nei tratti tombinati e nelle canalizzazioni esistenti	Migliorata mediante opere a cielo aperto e manufatti ispezionabili	Migliorativa
Manutenzione	Difficoltosa nei tratti tombinati e nel reticolo disordinato	Migliorata, subordinatamente alla definizione del soggetto responsabile della manutenzione	Migliorativa
Fronti di scavo	Non presenti nella configurazione attuale	Presenti nei tratti in trincea	Compatibile, previa verifica esecutiva
Rilevati/fuori terra	Non presenti nella configurazione attuale dell'opera	Introducono carichi aggiuntivi locali	Compatibile, se verificato, drenato e correttamente fondato
Interferenza con materiali di riporto	Presente nello stato attuale per effetto del corpo della ex discarica	Da gestire nei tratti terminali e nelle opere interferenti con il riempimento	Compatibile, previa caratterizzazione e verifica
Aree P4 / settori in dissesto	Presenza di condizioni di pericolosità e vulnerabilità del versante	Intervento di sistemazione idraulica e idrogeologica con finalità mitigativa	Da coordinare con gli Enti competenti e da verificare in fase esecutiva

Il quadro comparativo evidenzia che gli effetti favorevoli sono principalmente connessi alla riduzione della presenza incontrollata di acqua nel versante e nel corpo di riporto. Tale aspetto assume particolare rilevanza perché la documentazione disponibile individua proprio nella gestione delle acque superficiali e nelle possibili infiltrazioni nel corpo della ex discarica uno dei principali fattori condizionanti la stabilità dell'area.

Gli effetti potenzialmente sfavorevoli introdotti dal progetto risultano invece prevalentemente locali e sono riconducibili alla formazione dei fronti di scavo nei tratti in trincea, all'appesantimento prodotto dai tratti in rilevato/fuori terra, alla necessità di verificare gli appoggi e le fondazioni dei manufatti e alla corretta gestione delle interferenze con materiali di riporto eterogenei.

Tali effetti locali non appaiono, in questa fase, incompatibili con la soluzione proposta, purché siano oggetto di specifica progettazione esecutiva e di verifiche geotecniche, idrauliche e strutturali di dettaglio.

Il confronto ante operam/post operam consente pertanto di affermare che la soluzione progettuale appare orientata alla mitigazione dei principali meccanismi sfavorevoli attualmente presenti, mentre le criticità introdotte dall'opera risultano individuabili, circoscritte e tecnicamente controllabili mediante adeguate scelte progettuali.

6.11 RISCONTRO SINTETICO AI RILIEVI DEL SETTORE DIFESA DEL SUOLO GENOVA

Alla luce delle valutazioni sviluppate nei paragrafi precedenti, si riporta di seguito un quadro sintetico di corrispondenza tra i principali rilievi istruttori formulati dal Settore Difesa del Suolo Genova e i contenuti della presente relazione.

La finalità del presente paragrafo è quella di evidenziare in modo puntuale come i temi sollevati in sede istruttoria siano stati recepiti nell'impostazione della relazione, distinguendo tra valutazioni già sviluppate nella presente fase di screening VIA e approfondimenti da demandare alla successiva fase esecutiva.

Rilievo istruttorio	**Riscontro nella presente relazione**
Necessità di dimostrare la stabilità della soluzione proposta	È stata sviluppata una valutazione generale della stabilità della soluzione progettuale, integrata da controlli numerici spediti e da un confronto ante operam/post operam.
Presenza di tratti in trincea con scavi significativi	È stato svolto un controllo geometrico preliminare dei fronti di scavo ed è stato evidenziato il rinvio a verifiche esecutive specifiche di stabilità locale.
Presenza di tratti richiamati come "pensili"	Tali tratti sono stati valutati sotto il profilo geotecnico come tratti in rilevato/fuori terra, con stima preliminare del sovraccarico verticale indotto mediante la relazione $q = \gamma \cdot h$.

Possibile appesantimento locale del versante	È stato esplicitamente riconosciuto che i rilevati/fuori terra introducono carichi aggiuntivi locali, da verificare in fase esecutiva mediante modelli geotecnici dedicati.
Necessità di approfondire la stabilità del complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2	È stato valutato l'effetto della saturazione dei terreni di riporto ed è stato stimato l'incremento di carico verticale equivalente mediante la relazione $\Delta q = \Delta \gamma \cdot H$.
Interferenza con aree P4 o settori in dissesto	È stata richiamata la natura mitigativa dell'intervento, ferma restando la necessità di coordinamento con gli Enti competenti e di specifiche verifiche geologico-geotecniche sulle sezioni interferenti.
Necessità di considerare la complessità idrogeologica dell'area	È stato sviluppato un quadro di sintesi geologico, geomorfologico e idrogeologico, con particolare attenzione alla gestione delle acque superficiali, alle infiltrazioni, ai ristagni e alla saturazione dei terreni.
Necessità di chiarire gli aspetti di demanializzazione del nuovo tracciato del Rio Brumà	È stato previsto un paragrafo dedicato agli aspetti idraulici, demaniali e alla competenza manutentiva, rimandando la definizione formale agli Enti competenti nelle successive fasi autorizzative.
Necessità di chiarire il soggetto responsabile della manutenzione	È stata evidenziata la necessità di definire il soggetto responsabile della manutenzione del Rio Brumà nella nuova configurazione e sono state indicate le principali attività manutentive da garantire nel tempo.

La tabella evidenzia che i principali rilievi formulati dal Settore Difesa del Suolo Genova sono affrontati nella presente relazione mediante valutazioni generali, controlli numerici speditivi, richiamo alle verifiche geologiche pregresse, criteri di approfondimento esecutivo e richiami agli aspetti autorizzativi, demaniali e manutentivi da definire nelle successive fasi procedimentali.

Il riscontro fornito è coerente con il livello procedimentale della verifica di assoggettabilità alla VIA. In tale fase, infatti, non si procede al dimensionamento esecutivo delle opere, ma si dimostra che i principali temi critici sono stati individuati, valutati in via preliminare e resi oggetto di specifiche prescrizioni e approfondimenti per la fase successiva.

In particolare, la presente relazione non assume la stabilità del versante come dato acquisito, ma la considera quale tema centrale dell'approfondimento, da sviluppare progressivamente attraverso il raccordo tra quadro conoscitivo disponibile, verifiche pregresse, valutazioni speditive e successive verifiche esecutive di dettaglio.

Ne consegue che la soluzione progettuale proposta può essere ritenuta preliminarmente compatibile con le condizioni generali di stabilità del sito, nei limiti propri della presente fase, purché la fase esecutiva sviluppi gli approfondimenti richiesti sui tratti in trincea, sui tratti in rilevato/fuori terra, sul complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2, sulle porzioni interferenti con aree P4 e sulle opere di regimazione, sostegno, drenaggio e manutenzione necessarie.

6.12 PRESCRIZIONI PRELIMINARI PER TRINCEE, RILEVATI E OPERE DI RACCORDO

Ai fini della successiva fase esecutiva, si ritiene necessario assumere alcuni criteri preliminari di progettazione e verifica, finalizzati a garantire la compatibilità locale e globale dell'intervento con le condizioni geologico-geotecniche, idrogeologiche e morfologiche del sito.

Tali criteri non costituiscono prescrizioni esecutive definitive, ma individuano gli aspetti minimi da sviluppare nella successiva progettazione, con particolare riferimento ai tratti in trincea, ai tratti in rilevato/fuori terra, alle opere di presa, alle vasche, ai manufatti di raccordo e alle porzioni interferenti con il corpo della ex discarica, con il complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2 e con le aree P4 o comunque interessate da condizioni di dissesto.

Per i **tratti in trincea** dovranno essere verificate la stabilità dei fronti di scavo, la presenza di acqua, la durata di esposizione dei fronti, la necessità di opere provvisionali e la protezione finale delle scarpate. In presenza di scavi superiori a circa 2,50–3,00 m, terreni saturi, riporti eterogenei, venute d'acqua, condizioni morfologiche sfavorevoli o sovraccarichi in sommità, dovranno essere previste specifiche opere di sostegno o modalità di scavo per campioni.

Le scarpate definitive dovranno essere progettate tenendo conto della natura dei terreni, del regime idraulico locale, della protezione dall'erosione, della durabilità e della necessità di rinverdimento. Le scarpate provvisorie dovranno invece essere valutate anche in relazione alla durata della fase di cantiere, alle

condizioni meteorologiche, alla presenza di sovraccarichi temporanei in sommità e alla necessità di impedire infiltrazioni e ruscellamenti concentrati lungo i fronti esposti.

Per i **tratti in rilevato/fuori terra**, richiamati nella richiesta istruttoria come "pensili", dovranno essere verificate la stabilità interna, la stabilità esterna, la capacità portante, i cedimenti e la stabilità globale del complesso rilevato-versante. Dovrà essere evitata la posa di riporti su superfici inclinate non preparate; nei tratti acclivi dovranno essere previste gradonature del piano di posa, idonei sistemi drenanti e, ove necessario, opere di rinforzo o contenimento.

I materiali costituenti i rilevati dovranno essere selezionati, controllati e posti in opera per strati, con adeguata compattazione. Dovranno essere previsti drenaggi alla base, al piede e a tergo dei rilevati, al fine di evitare ristagni, sovrappressioni interstiziali, fenomeni di scorrimento alla base e deformazioni localizzate. Nei tratti in cui il piano di posa ricada su materiali di riporto o su terreni con caratteristiche geotecniche variabili, dovranno essere sviluppate verifiche specifiche di capacità portante e cedimento, valutando anche la possibilità di adottare interventi di miglioramento locale del terreno, sostituzione dei materiali non idonei, geogriglie di rinforzo, materassi drenanti, terre armate, terre rinforzate o opere di fondazione dedicate.

Per i **settori interferenti con la ex discarica** e con il **complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2** dovrà essere posta particolare attenzione alla continuità dell'impermeabilizzazione, alla gestione delle acque laterali e di fondo, alla caratterizzazione dei materiali di riporto e alla verifica di eventuali appoggi, rilevati, scavi o opere di raccordo impostati su materiali eterogenei. In tali settori dovranno essere assunte condizioni di verifica cautelative, considerando l'eventuale incremento del grado di saturazione, la variabilità dei parametri geotecnici, la possibile presenza di superfici preferenziali di debolezza e la necessità di garantire efficaci sistemi di drenaggio e allontanamento delle acque.

Per le **opere di presa, le vasche e i manufatti di raccordo** dovranno essere verificate la capacità portante, i cedimenti, la stabilità allo scorrimento e al

ribaltamento ove pertinenti, la protezione contro erosione e scalzamento, nonché l'accessibilità per la manutenzione. Particolare attenzione dovrà essere posta alle opere soggette a concentrazione dei deflussi, accumulo di materiale solido, variazioni di velocità della corrente e possibili fenomeni di rigurgito o tracimazione.

Qualora le verifiche esecutive evidenzino condizioni locali non sufficientemente cautelative, dovranno essere previsti idonei interventi di consolidamento, drenaggio e stabilizzazione, selezionati in funzione del meccanismo critico riscontrato.

In particolare, potranno essere valutati:

- sistemi drenanti superficiali e profondi;
- fossi di guardia e trincee drenanti;
- dreni sub-orizzontali e geocompositi drenanti;
- terre armate o terre rinforzate;
- opere di sostegno drenanti;
- gabbionate o opere equivalenti rinverdibili;
- protezioni antierosive;
- biostuoie, geostuoie, georeti e geocelle;
- interventi di ingegneria naturalistica;
- chiodature e rinforzi corticali;
- berlinesi, micropali o presidi strutturali localizzati nei settori maggiormente critici.

La scelta delle soluzioni dovrà privilegiare, ove tecnicamente compatibile, opere drenanti, rinverdibili e integrate nel contesto morfologico e paesaggistico, limitando il ricorso a presidi strutturali rigidi ai soli tratti nei quali essi risultino necessari per garantire i livelli di sicurezza richiesti dalla normativa tecnica vigente.

Le prescrizioni sopra indicate sono finalizzate a garantire che la successiva fase progettuale non si limiti al dimensionamento dei singoli manufatti idraulici, ma valuti il comportamento complessivo del sistema opera-terreno, con particolare

riferimento alla stabilità del versante, alla gestione delle acque, alla durabilità delle opere, alla manutenzione futura e all'inserimento ambientale dell'intervento.

6.13 APPROFONDIMENTI DEMANDATI ALLA FASE ESECUTIVA

Le verifiche speditive svolte nella presente fase evidenziano che la soluzione proposta è coerente con l'obiettivo di mitigazione delle criticità idrogeologiche dell'area, ma confermano la necessità di sviluppare, in fase esecutiva, verifiche puntuali e modellazioni geotecniche di dettaglio.

In particolare, la fase esecutiva dovrà aggiornare e sviluppare il quadro conoscitivo disponibile, valorizzando le indagini geologiche pregresse e le verifiche di stabilità a scala di versante già eseguite, ma rielaborandole in funzione della configurazione progettuale attuale. Tali approfondimenti dovranno essere riferiti al nuovo tracciato del canale di gronda, ai tratti in trincea, ai tratti in rilevato/fuori terra richiamati come "pensili", alle opere di presa, alle vasche, ai manufatti di attraversamento e sbocco, alle porzioni interferenti con il corpo della ex discarica, al complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2 e alle aree P4 o comunque interessate da condizioni di dissesto.

Dovranno essere predisposti almeno i seguenti approfondimenti:

- indagini geognostiche e geotecniche integrative, ove necessarie;
- rilievo plano-altimetrico di dettaglio delle sezioni interferenti con il canale;
- ricostruzione della geometria effettiva del corpo di riporto;
- aggiornamento del modello geologico-geotecnico di riferimento;
- definizione delle sezioni geotecniche rappresentative e cautelative;
- verifiche di stabilità globale del versante in condizioni ante operam e post operam;
- verifiche di stabilità locale dei fronti di scavo nei tratti in trincea;
- verifiche dei rilevati e delle opere fuori terra;
- verifiche di capacità portante e cedimenti delle opere di fondazione e appoggio;

- verifiche delle opere di sostegno, contenimento e raccordo;
- verifiche delle opere di presa, delle vasche di sedimentazione, degli attraversamenti e del manufatto di sbocco;
- verifiche idrauliche e strutturali di dettaglio;
- verifiche delle opere provvisionali e delle fasi di cantiere;
- verifiche in condizioni idrauliche gravose;
- verifiche in condizioni sismiche, ove pertinenti.

Tali verifiche dovranno essere condotte secondo il D.M. 17/01/2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni, la relativa Circolare applicativa e la normativa tecnica di settore applicabile.

Con riferimento alle verifiche di stabilità globale, dovranno essere considerate almeno le condizioni più significative per il comportamento del sistema opera-terreno, distinguendo tra configurazione attuale, configurazione di progetto e fasi provvisionali di cantiere.

Le analisi dovranno tenere conto della stratigrafia locale, della geometria effettiva del versante, della presenza dei materiali di riporto, delle condizioni idrauliche, dell'eventuale presenza di falda o di pressioni interstiziali, nonché dei carichi introdotti dai tratti in rilevato/fuori terra.

Particolare attenzione dovrà essere posta alle sezioni interferenti con il complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2 e con le aree classificate P4 o comunque interessate da condizioni di dissesto. In tali ambiti le verifiche dovranno assumere scenari cautelativi, considerando anche condizioni di parziale o completa saturazione dei terreni, in quanto il controllo delle acque rappresenta uno dei principali fattori di stabilità del sistema.

Le verifiche di stabilità globale dovranno confrontare almeno:

- lo stato attuale, caratterizzato da reticolo superficiale disordinato, presenza di tombinature, ristagni e possibili infiltrazioni nel corpo della ex discarica;

- lo stato di progetto, caratterizzato da nuova regimazione delle acque, fondo canale impermeabile, opere di presa, vasche di sedimentazione e recapito controllato verso valle;
- lo stato di progetto comprensivo degli eventuali rilevati/fuori terra e delle opere di raccordo;
- le condizioni idrauliche gravose, con incremento del grado di saturazione dei terreni e possibile sviluppo di pressioni interstiziali;
- le condizioni provvisionali di cantiere, qualora possano risultare più sfavorevoli rispetto alla configurazione definitiva.

Per i tratti in trincea, le verifiche dovranno valutare la stabilità dei fronti sia in condizioni provvisorie sia in condizioni definitive. Dovranno essere definite le inclinazioni ammissibili delle scarpate, la necessità di opere di sostegno, la compatibilità con la presenza di acqua, le modalità di scavo e le modalità di protezione delle superfici esposte.

Per i tratti in rilevato/fuori terra, le verifiche dovranno riguardare la stabilità interna, la stabilità esterna, la stabilità globale, la capacità portante del terreno di fondazione, i cedimenti e la corretta gestione delle acque. I rilevati dovranno essere progettati come opere geotecniche, evitando la posa su superfici acclivi non preparate e prevedendo, ove necessario, gradonature, drenaggi, terre rinforzate, terre armate o opere di contenimento drenanti.

Le opere idrauliche, quali canale, opere di presa, vasche di sedimentazione, manufatti di attraversamento e manufatto di sbocco, dovranno essere verificate anche rispetto ai fenomeni di erosione, scalzamento, trasporto solido, accumulo di sedimenti, occlusione e manutenzione nel tempo.

Le verifiche esecutive non dovranno quindi introdurre ex novo il tema della stabilità, ma dovranno sviluppare e dettagliare i meccanismi già individuati nella presente fase, confermando mediante modelli di calcolo e verifiche normative la compatibilità locale e globale dell'intervento con il versante.

Ove tecnicamente compatibile, la progettazione esecutiva dovrà privilegiare interventi a ridotto impatto ambientale e paesaggistico, quali ingegneria naturalistica, terre armate, terre rinforzate, drenaggi diffusi, protezioni antierosive vegetate, rinverdimenti e inerbimenti generalizzati. Il ricorso a presidi strutturali più rigidi, quali paratie, berlinesi, micropali o chiodature, dovrà essere limitato ai soli settori nei quali le verifiche esecutive ne dimostrino l'effettiva necessità.

6.14 SINTESI DELLE VERIFICHE SPEDITIVE

Le verifiche speditive sviluppate nel presente capitolo consentono di inquadrare, con livello di approfondimento coerente con la fase di verifica di assoggettabilità alla VIA, i principali effetti geotecnici connessi alla soluzione progettuale proposta.

Il richiamo alle verifiche di stabilità a scala di versante contenute nelle indagini geologiche pregresse consente di valutare l'intervento non solo in rapporto ai singoli manufatti o ai singoli tratti del canale, ma anche rispetto al comportamento complessivo del sistema versante-riporto-opera. Tale impostazione risulta coerente con i rilievi istruttori formulati dal Settore Difesa del Suolo Genova, in particolare per quanto riguarda il complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2 e le porzioni interferenti con aree P4 o con settori in dissesto.

Dalle valutazioni svolte emerge che la presenza incontrollata di acqua costituisce uno dei principali fattori sfavorevoli alla stabilità. Per i terreni di riporto dell'ex discarica, il passaggio da condizioni asciutte o parzialmente sature a condizioni sature comporta un incremento del peso di volume pari a circa il 13,5%, passando da un valore indicativo di 18,5 kN/m³ a 21,0 kN/m³.

Se riferito a spessori significativi del corpo di riporto, tale incremento può determinare aumenti di carico verticale equivalenti compresi, per gli spessori considerati, tra circa 12,5 kPa e 45,0 kPa. Il dato conferma il ruolo favorevole della riduzione delle infiltrazioni nel corpo della ex discarica e, più in generale, nel complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2.

È stato inoltre valutato l'ordine di grandezza del sovraccarico indotto dai tratti in rilevato/fuori terra, richiamati nella richiesta istruttoria come "pensili". Assumendo un peso di volume del materiale di rilevato pari a circa 18–20 kN/m³, il sovraccarico verticale indotto risulta compreso tra circa 18–20 kPa per un rilevato di altezza pari a 1,00 m e circa 54–60 kPa per un rilevato di altezza pari a 3,00 m.

Il confronto tra saturazione del riempimento e sovraccarico dei rilevati evidenzia che i due effetti possono essere dello stesso ordine di grandezza. In particolare, la saturazione di 15 m di riporto determina un incremento di carico verticale pari a circa 37,5 kPa, valore confrontabile con il sovraccarico prodotto da un rilevato di altezza pari a circa 2,00 m. Tale confronto conferma, da un lato, l'importanza della regimazione delle acque e, dall'altro, la necessità di verificare puntualmente l'appesantimento locale prodotto dai tratti in rilevato/fuori terra.

Il controllo geometrico preliminare dei fronti di scavo ha evidenziato che, per coltri eluvio-colluviali caratterizzate da angolo di attrito efficace assunto pari a circa 29°, geometrie di scarpata dell'ordine di 1V:2H possono essere considerate preliminarmente compatibili solo per fronti di altezza contenuta, in condizioni drenate e in assenza di venute d'acqua significative. Configurazioni più acclivi, quali 1V:1,5H o 1V:1H, dovranno invece essere oggetto di specifica verifica geotecnica e, ove necessario, sostenute mediante opere provvisionali o definitive.

Il confronto prestazionale ante operam/post operam evidenzia infine che l'intervento produce effetti favorevoli in termini di regimazione delle acque superficiali, riduzione delle infiltrazioni, riduzione dei ristagni, mitigazione del ruscellamento, controllo del dilavamento, riduzione del trasporto solido non gestito e maggiore ispezionabilità del sistema.

Gli effetti potenzialmente sfavorevoli introdotti dal progetto sono invece riconducibili a elementi locali, quali fronti di scavo, tratti in rilevato/fuori terra, appoggi, manufatti e opere di raccordo. Tali effetti risultano individuabili e tecnicamente controllabili mediante specifiche verifiche esecutive e adeguate soluzioni geotecniche, drenanti e di stabilizzazione.

In conclusione, la compatibilità preliminare della soluzione proposta deriva dalla lettura combinata delle verifiche pregresse a scala di versante e dei controlli speditivi sviluppati nella presente fase. Tale impostazione consente di rispondere alla richiesta regionale senza attribuire alle verifiche speditive un valore esecutivo, ma riconoscendone la funzione di raccordo tecnico tra quadro conoscitivo disponibile, soluzione progettuale attuale e successivi approfondimenti di dettaglio.

Resta pertanto necessario che, in fase esecutiva, siano aggiornate le verifiche di stabilità a scala di versante, assumendo la configurazione progettuale attuale, le condizioni ante operam e post operam, le condizioni idrauliche gravose, i tratti in trincea, i tratti in rilevato/fuori terra, il complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2 e le aree interferenti con settori P4 o con ambiti a maggiore pericolosità.

7 CRITERI PER LA FASE ESECUTIVA E MANUTENZIONE

7.1 INDAGINI INTEGRATIVE E VERIFICHE SECONDO NTC 2018

La presente relazione fornisce una valutazione generale e preliminare della stabilità della soluzione proposta, coerente con il livello procedimentale della verifica di assoggettabilità alla VIA. La successiva fase esecutiva dovrà sviluppare il dimensionamento puntuale delle opere e tutte le verifiche geotecniche, strutturali, idrauliche e cantieristiche necessarie alla completa definizione dell'intervento.

In sede esecutiva dovrà essere predisposto un modello geologico-geotecnico di dettaglio, aggiornato sulla base delle indagini disponibili ed eventualmente integrato mediante ulteriori approfondimenti localizzati, con particolare riferimento ai tratti in trincea, ai tratti in rilevato/fuori terra, ai settori interferenti con il corpo dell'ex discarica, al complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2, alle aree interferenti con settori a pericolosità elevata/molto elevata e ai manufatti di presa, attraversamento e sbocco.

Le indagini integrative, ove ritenute necessarie, dovranno essere finalizzate non a una generica caratterizzazione dell'area, ma alla definizione dei parametri

effettivamente necessari per le verifiche di stabilità locale e globale. Esse potranno comprendere, in funzione delle condizioni sito-specifiche, rilievi topografici di dettaglio, indagini geognostiche, prove penetrometriche, sondaggi, prove di laboratorio, verifiche sul grado di addensamento dei riporti, prove di permeabilità e approfondimenti sulle condizioni idrogeologiche locali.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla ricostruzione delle geometrie effettive del corpo di riporto e alla definizione delle condizioni di circolazione idrica, in quanto la stabilità del sistema risulta fortemente condizionata dalla presenza di acqua, dal grado di saturazione dei terreni, dalla possibile formazione di pressioni interstiziali e dalla capacità del nuovo sistema di regimazione di ridurre le infiltrazioni incontrollate.

Le verifiche dovranno essere condotte secondo la normativa tecnica di settore, con particolare riferimento al D.M. 17/01/2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni, alla relativa Circolare applicativa e alle ulteriori disposizioni vigenti applicabili.

Dovranno essere sviluppate, in particolare:

- verifiche di stabilità globale del versante;
- verifiche di stabilità locale dei fronti di scavo;
- verifiche dei rilevati e delle opere fuori terra;
- verifiche delle opere di sostegno, appoggio e fondazione;
- verifiche di capacità portante e cedimenti;
- verifiche delle opere provvisionali;
- verifiche idrauliche e strutturali dei manufatti;
- verifiche in condizioni idrauliche gravose;
- verifiche in condizioni sismiche, ove pertinenti.

Tali approfondimenti dovranno confermare puntualmente la compatibilità della soluzione progettuale con il complesso opera-terreno, già valutata in termini generali nella presente fase.

7.2 VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE E GLOBALE

Particolare attenzione dovrà essere posta alle verifiche di stabilità locale e globale del versante.

Le verifiche locali dovranno riguardare soprattutto:

- fronti di scavo nei tratti in trincea;
- scarpate temporanee e definitive;
- rilevati di raccordo;
- opere di sostegno e contenimento;
- zone di appoggio dei manufatti;
- tratti interferenti con materiali di riporto;
- imbocchi, vasche di sedimentazione e raccordi idraulici;
- tratti interferenti con aree classificate a maggiore pericolosità o interessate da fenomeni di dissesto.

Le verifiche globali dovranno invece valutare il comportamento complessivo del versante nelle condizioni ante operam e post operam, considerando l'effetto della nuova canalizzazione, della riduzione delle infiltrazioni, dell'eventuale appesantimento dei rilevati, della presenza di acque superficiali o sotterranee e delle opere di stabilizzazione eventualmente necessarie.

Le analisi di stabilità globale dovranno essere sviluppate su sezioni geologico-geotecniche rappresentative, scelte in funzione della morfologia del versante, della presenza del corpo di riporto, dell'interferenza con aree P4 e B2, della posizione del nuovo canale, della presenza di tratti in scavo e di tratti in rilevato/fuori terra.

Dovranno essere confrontate almeno le seguenti condizioni:

- stato attuale, con reticolo superficiale disordinato e possibili infiltrazioni nel corpo di riporto;
- stato di progetto, con nuova regimazione delle acque e fondo canale impermeabile;

- stato di progetto con presenza dei rilevati/fuori terra e delle opere di raccordo;
- condizioni idrauliche gravose, con terreni parzialmente o completamente saturi;
- condizioni provvisionali di cantiere, ove più sfavorevoli della configurazione finale.

Nel caso di rilevati o terre rinforzate, dovranno essere verificate stabilità interna, stabilità esterna, stabilità globale, scorrimento, ribaltamento ove pertinente, capacità portante e cedimenti.

Nel caso di tratti in trincea, dovranno essere verificate le condizioni di stabilità dei fronti sia durante le fasi provvisionali sia nella configurazione definitiva, tenendo conto della natura dei terreni, della presenza d'acqua, della durata di esposizione degli scavi e delle eventuali opere provvisionali o definitive di sostegno.

7.3 PROGETTAZIONE DEI RILEVATI COME OPERE GEOTECNICHE

I tratti in rilevato/fuori terra, richiamati nella richiesta istruttoria come "pensili", dovranno essere progettati come vere e proprie opere geotecniche e non come semplici riporti di terreno.

In particolare, la progettazione esecutiva dovrà prevedere:

- rimozione del terreno vegetale e dei materiali superficiali non idonei;
- preparazione del piano di posa;
- gradonatura del piano di appoggio nei tratti acclivi;
- impiego di materiali selezionati e controllati;
- posa e compattazione per strati;
- drenaggi alla base, al piede e a tergo del rilevato;
- protezione antierosiva delle scarpate;
- inerbimento e rinverdimento delle superfici esposte;
- eventuale impiego di terre armate, terre rinforzate o opere equivalenti.

Dovrà essere evitata la formazione di rilevati non drenati o impostati su superfici inclinate non adeguatamente preparate, poiché tali condizioni potrebbero favorire scorrimenti alla base, ristagni idrici, incremento delle pressioni interstiziali e deformazioni localizzate.

La progettazione esecutiva dovrà quindi dimostrare che l'appesantimento prodotto dai rilevati risulti compatibile con le condizioni di stabilità del versante e che le opere siano dotate di adeguati sistemi di drenaggio, protezione e stabilizzazione.

Nei settori in cui il piano di posa ricada su materiali di riporto o su terreni con caratteristiche geotecniche variabili, dovranno essere sviluppate verifiche specifiche di capacità portante e cedimento, valutando anche la possibilità di adottare interventi di miglioramento locale del terreno, sostituzione dei materiali non idonei, geogriglie di rinforzo, materassi drenanti o opere di fondazione superficiali o profonde, in funzione delle risultanze delle verifiche.

7.4 SISTEMI DI CONSOLIDAMENTO E STABILIZZAZIONE DA VALUTARE IN FASE ESECUTIVA

In esito alle verifiche geotecniche e idrauliche di dettaglio da sviluppare nella successiva fase esecutiva, potranno essere individuati, ove necessari, specifici sistemi di consolidamento e stabilizzazione finalizzati a garantire la compatibilità locale e globale dell'intervento con il versante.

Tali sistemi dovranno essere selezionati in funzione dei meccanismi effettivamente riscontrati, distinguendo tra instabilità superficiali, instabilità dei fronti di scavo, cedimenti o scorrimenti dei rilevati, erosioni localizzate, incremento delle pressioni interstiziali e interferenze con il corpo di riporto dell'ex discarica.

In via preliminare, potranno essere valutate le seguenti famiglie di intervento:

- sistemi di drenaggio superficiale e profondo, quali fossi di guardia, trincee drenanti, drenaggi al piede, dreni sub-orizzontali e geocompositi drenanti,

finalizzati alla riduzione delle pressioni interstiziali e alla limitazione della saturazione dei terreni;

- terre armate e terre rinforzate, anche con paramento rinverdibile, per la stabilizzazione dei tratti in rilevato/fuori terra e dei raccordi morfologici;
- opere di sostegno drenanti, quali gabbionate, palificate, terre rinforzate, muri cellulari o opere equivalenti, da impiegare nei tratti in cui le geometrie di scavo o raccordo non consentano scarpate stabili con pendenze naturali;
- sistemi di protezione superficiale e antierosiva, quali biostuoie, geostuoie, georeti, geocelle, idrosemina protetta, inerbimenti e rinverdimenti generalizzati;
- interventi di ingegneria naturalistica, quali palificate vive, fascinate, viminate, gradonate vive e piantumazioni, finalizzati al consolidamento superficiale e all'inserimento ambientale;
- opere strutturali localizzate, quali berlinesi, paratie di micropali, chiodature o presidi fondazionali, da prevedere esclusivamente nei settori in cui le verifiche esecutive evidenzino la necessità di interventi più rigidi o profondi.

La scelta delle soluzioni dovrà privilegiare, ove tecnicamente compatibile, opere drenanti, rinverdibili e integrate nel contesto morfologico e paesaggistico, limitando il ricorso a opere rigide o invasive ai soli tratti nei quali esse risultino necessarie per il raggiungimento dei coefficienti di sicurezza richiesti dalla normativa tecnica.

Le opere eventualmente previste dovranno essere dimensionate mediante verifiche specifiche di stabilità interna, stabilità esterna, stabilità globale, capacità portante, cedimenti, durabilità e comportamento in condizioni idrauliche gravose, secondo le NTC 2018 e la normativa tecnica di settore applicabile.

7.5 SOLUZIONI DI INGEGNERIA NATURALISTICA, TERRE ARMATE E RINVERDIMENTI

In coerenza con la finalità di sistemazione idrogeologica e con il contesto ambientale dell'intervento, la progettazione esecutiva dovrà privilegiare, ove tecnicamente compatibile, soluzioni a ridotto impatto ambientale e paesaggistico.

Tali soluzioni dovranno essere valutate non soltanto come opere di finitura o mascheramento ambientale, ma come elementi funzionali alla stabilizzazione superficiale, alla protezione dall'erosione, alla regimazione minuta delle acque meteoriche, al consolidamento dei terreni più superficiali e al miglioramento dell'inserimento dell'intervento nel contesto morfologico e vegetazionale esistente.

Potranno essere valutati, in funzione delle condizioni locali:

- interventi di ingegneria naturalistica;
- terre armate e terre rinforzate;
- gabbionate rinverdite;
- palificate vive;
- viminate e fascinate;
- gradonate vive;
- drenaggi superficiali e profondi;
- biostuoie, geostuoie e geocompositi antierosivi;
- georeti e geocelle per il contenimento superficiale dei terreni;
- idrosemina;
- inerbimenti generalizzati;
- rinverdimenti con specie coerenti con il contesto vegetazionale locale.

L'impiego di terre armate o terre rinforzate potrà risultare particolarmente idoneo nei tratti in rilevato/fuori terra, nei raccordi plano-altimetrici e nei settori in cui sia necessario contenere i riporti limitando l'impronta al suolo e migliorando contestualmente l'inserimento ambientale dell'opera. Tali sistemi dovranno tuttavia essere dimensionati come opere geotecniche, verificando stabilità interna, stabilità esterna, stabilità globale, capacità portante, cedimenti, drenaggio e durabilità dei rinforzi.

Le opere di ingegneria naturalistica potranno essere impiegate soprattutto per la stabilizzazione superficiale delle scarpate, la protezione dei fronti di terreno, la riduzione del dilavamento e il controllo dell'erosione diffusa. Esse dovranno essere progettate tenendo conto della pendenza dei versanti, della natura dei terreni, dell'esposizione, della disponibilità idrica, della manutenzione e della compatibilità con le verifiche geotecniche.

Le sistemazioni a verde dovranno essere considerate parte integrante della sistemazione idrogeologica complessiva. Il rinverdimento delle superfici esposte, l'inerbimento delle scarpate e l'impiego di specie vegetali coerenti con il contesto locale potranno contribuire alla protezione superficiale dei terreni, alla riduzione dell'erosione da pioggia battente e ruscellamento, al miglioramento dell'inserimento paesaggistico e alla stabilizzazione nel medio-lungo periodo.

L'impiego di tecniche naturalistiche dovrà comunque essere subordinato alle verifiche geotecniche e idrauliche. Nei punti in cui le condizioni locali richiedano opere più rigide o strutturali, queste dovranno essere limitate alle porzioni strettamente necessarie e integrate, ove possibile, con sistemazioni drenanti, antierosive e vegetate.

7.6 GESTIONE DELLE ACQUE IN FASE DI CANTIERE

La fase di cantiere rappresenta un momento particolarmente delicato, poiché gli scavi, le movimentazioni di terreno, le superfici provvisoriamente esposte e le opere non ancora completate possono temporaneamente modificare le condizioni di deflusso e stabilità del versante.

La corretta gestione delle acque durante l'esecuzione dei lavori costituisce pertanto condizione essenziale per evitare peggioramenti temporanei delle condizioni di stabilità, soprattutto nei settori interferenti con il corpo dell'ex discarica, nei tratti in trincea, nei tratti in rilevato/fuori terra e nelle aree interessate da materiali di riporto o da condizioni di saturazione.

Il cronoprogramma di massima individua fasi operative quali impianto di cantiere, scavi e movimentazioni, trasporti a discarica, realizzazione del manufatto di sbocco e raccordo, realizzazione della nuova inalveazione, opere di captazione, attraversamento della strada esistente e chiusura del cantiere.

In fase esecutiva dovranno essere definite specifiche modalità operative per:

- intercettare le acque di monte prima dell'apertura degli scavi;
- evitare ristagni nelle aree di lavoro;
- limitare le superfici di scavo aperte contemporaneamente;
- proteggere i fronti provvisori in caso di pioggia;
- garantire il deflusso provvisorio delle acque;
- evitare infiltrazioni nel corpo della ex discarica;
- ridurre il trasporto solido verso valle;
- impedire colamenti e dispersioni di materiale fine lungo la viabilità e le aree limitrofe;
- stabilizzare rapidamente le superfici esposte;
- programmare le lavorazioni più delicate in periodi meteorologicamente favorevoli;
- sospendere o mettere in sicurezza le lavorazioni in caso di eventi meteorici intensi.

Dovrà essere posta particolare attenzione alle fasi in cui il nuovo sistema di regimazione non sia ancora completo e, pertanto, non sia ancora in grado di assicurare la piena funzionalità idraulica prevista nella configurazione finale. In tali condizioni dovranno essere predisposte opere provvisionali di regimazione, canalette temporanee, deviazioni controllate, piccoli bacini di sedimentazione provvisori, protezioni antierosive temporanee e presidi atti a evitare deflussi incontrollati lungo il versante.

Nei tratti in trincea, la presenza di acqua dovrà essere gestita mediante drenaggi provvisori, allontanamento rapido delle acque meteoriche, eventuali pompe di aggottamento e protezione dei fronti di scavo. L'esposizione prolungata

dei fronti dovrà essere evitata, soprattutto in presenza di coltri umide, materiali fini o terreni di riporto eterogenei.

Nei tratti in rilevato/fuori terra, la posa dei materiali dovrà avvenire in condizioni idonee, evitando la realizzazione di riporti su piani di posa saturi, non preparati o interessati da ruscellamento. Dovranno essere garantite la corretta compattazione, la continuità dei drenaggi e la protezione temporanea delle scarpate sino alla completa sistemazione finale.

La gestione delle acque di cantiere dovrà inoltre essere coordinata con le misure ambientali previste per la mitigazione degli impatti temporanei, con particolare riferimento al contenimento del trasporto solido, alla limitazione dell'intorbidimento, alla pulizia delle ruote dei mezzi, alla prevenzione dei colamenti sulla viabilità pubblica e alla corretta gestione dei materiali movimentati.

La corretta gestione delle acque in fase di cantiere costituisce quindi un presupposto essenziale affinché gli effetti favorevoli dell'intervento, previsti nella configurazione finale, non siano preceduti da condizioni provvisionali potenzialmente sfavorevoli per la stabilità del versante.

7.7 ASPETTI IDRAULICI, DEMANIALI E COMPETENZA MANUTENTIVA

Per quanto attiene agli aspetti strettamente idraulici, si prende atto che la nuova inalveazione prevista dal progetto determinerà una riconfigurazione del tracciato del Rio Brumà e del relativo sistema di convogliamento delle acque superficiali.

Tale aspetto comporterà, nelle successive fasi autorizzative e gestionali, la necessità di definire il regime demaniale delle opere e delle aree interessate, nonché il soggetto competente alla manutenzione del Rio Brumà nella nuova configurazione.

Tale precisazione risponde al rilievo del Settore Difesa del Suolo Genova, secondo cui la nuova inalveazione, costituendo il nuovo tracciato del Rio Brumà, dovrà essere oggetto di definizione sotto il profilo demaniale, con inserimento nel

ramo acque della mappa catastale e individuazione della competenza manutentiva nella successiva fase autorizzativa.

Gli aspetti connessi alla demanializzazione, alla titolarità delle opere, alla competenza manutentiva e alla gestione futura del nuovo tracciato idraulico dovranno essere oggetto di specifico coordinamento con gli Enti competenti, nell'ambito del successivo iter autorizzativo.

Tali profili, pur rilevanti ai fini della gestione futura del reticolo idrografico, risultano distinti dalla presente valutazione, che è finalizzata principalmente all'approfondimento geologico-geotecnico e alla dimostrazione della stabilità generale della soluzione progettuale proposta.

Per quanto concerne la regimazione delle acque meteoriche interne all'area, ove non direttamente afferente al nuovo canale di gronda e alle opere oggetto della presente sistemazione, essa sarà sviluppata nell'ambito della progettazione complessiva della sistemazione dell'area e delle successive fasi progettuali/autorizzative. La presente relazione si concentra invece sulla verifica generale di compatibilità della nuova inalveazione e delle opere connesse rispetto alla stabilità del versante e del corpo di riporto.

È opportuno che, nelle successive fasi, venga inoltre chiarito il rapporto tra le opere idrauliche di nuova realizzazione, le aree private interessate dall'intervento, le eventuali porzioni da assoggettare a regime demaniale e le modalità di accesso per la manutenzione ordinaria e straordinaria.

La definizione della competenza manutentiva dovrà essere coerente con la futura configurazione amministrativa del corso d'acqua, con l'eventuale inserimento del nuovo tracciato nel ramo acque della mappa catastale e con gli atti autorizzativi che saranno rilasciati dagli Enti competenti.

7.8 MANUTENZIONE DEL RIO BRUMÀ NELLA NUOVA CONFIGURAZIONE

La Regione Liguria ha richiesto espressamente di chiarire il soggetto responsabile della manutenzione del Rio Brumà nella nuova configurazione. Tale

aspetto dovrà essere definito dal proponente e dagli Enti competenti nell'ambito del procedimento autorizzativo e dei successivi atti gestionali.

In termini tecnici, la manutenzione dovrà garantire nel tempo la funzionalità del nuovo sistema di regimazione, con particolare riferimento a:

- canale principale;
- opere di presa dei rivi affluenti;
- vasche di sedimentazione;
- tratti in trincea;
- tratti in rilevato/fuori terra;
- manufatto di attraversamento;
- manufatto di sbocco e raccordo;
- opere drenanti, antierosive e di rinverdimento;
- eventuali opere di consolidamento e stabilizzazione previste in sede esecutiva.

Le attività manutentive dovranno comprendere ispezioni periodiche, rimozione dei sedimenti, pulizia delle vasche, controllo di occlusioni, verifica dell'integrità del fondo impermeabile, controllo di erosioni, cedimenti, fessurazioni, rigonfiamenti, deformazioni delle scarpate e funzionalità dei drenaggi.

Particolare attenzione dovrà essere posta alle vasche di sedimentazione e alle opere di presa, poiché l'accumulo di materiale solido, vegetazione, detriti o rifiuti può ridurre la capacità di deflusso, alterare il comportamento idraulico del sistema e favorire fenomeni di rigurgito, tracimazione o deflusso laterale non controllato.

Dovranno inoltre essere previste ispezioni straordinarie a seguito di eventi meteorici intensi o prolungati, con particolare attenzione a:

- occlusioni delle opere di presa;
- accumuli detritici nelle vasche;
- erosioni localizzate lungo il canale;

- scalzamenti in corrispondenza dei manufatti;
- cedimenti o deformazioni dei rilevati/fuori terra;
- dissesti locali dei fronti in trincea;
- danneggiamenti del fondo impermeabile;
- malfunzionamenti dei drenaggi;
- fenomeni di ruscellamento laterale o infiltrazione non prevista.

La manutenzione dovrà inoltre comprendere il controllo periodico delle sistemazioni a verde, delle opere di ingegneria naturalistica, delle protezioni antierosive e degli eventuali rinverdimenti. La perdita di copertura vegetale, il degrado delle biostuoie o geostuoie, l'erosione superficiale delle scarpate e l'occlusione dei drenaggi superficiali dovranno essere tempestivamente corretti.

Nella successiva fase progettuale dovrà essere predisposto uno specifico piano di manutenzione, nel quale siano indicati il soggetto responsabile, la periodicità dei controlli, le modalità ispettive, le attività ordinarie, le attività straordinarie post-evento e le procedure di intervento in caso di anomalie.

7.9 SINTESI DEI CRITERI ESECUTIVI E MANUTENTIVI

La successiva fase esecutiva dovrà confermare la compatibilità generale dell'intervento mediante verifiche puntuali e scelte progettuali coerenti con le condizioni sito-specifiche.

In particolare:

- i tratti in trincea dovranno essere verificati rispetto alla stabilità dei fronti di scavo;
- i tratti in rilevato/fuori terra dovranno essere progettati come opere geotecniche;
- i settori interferenti con l'ex discarica e con il complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2 dovranno essere verificati con particolare attenzione alla gestione delle acque e alla variabilità dei materiali di riporto;

- le aree interferenti con settori P4 o con ambiti a maggiore pericolosità dovranno essere valutate mediante verifiche geologico-geotecniche di dettaglio e secondo il coordinamento con gli Enti competenti;
- le opere di presa e sedimentazione dovranno essere progettate per garantire funzionalità, durabilità e manutenzione;
- le opere dovranno essere integrate, ove possibile, con tecniche di ingegneria naturalistica, terre armate, terre rinforzate, drenaggi e inerbimenti;
- la fase di cantiere dovrà essere organizzata in modo da garantire la corretta gestione provvisoria delle acque e la protezione dei fronti di scavo e delle superfici esposte;
- qualora le verifiche esecutive evidenzino condizioni locali non sufficientemente cautelative, dovranno essere previsti idonei interventi di consolidamento, drenaggio e stabilizzazione;
- dovrà essere definito il soggetto responsabile della manutenzione del Rio Brumà nella nuova configurazione;
- dovrà essere predisposto un piano di manutenzione coerente con la futura configurazione idraulica, demaniale e gestionale dell'opera.

Questi criteri consentono di raccordare la valutazione generale svolta nella presente fase con gli approfondimenti esecutivi necessari alla completa definizione progettuale dell'intervento.

In particolare, la fase esecutiva non dovrà limitarsi al dimensionamento dei singoli manufatti, ma dovrà verificare il comportamento complessivo del sistema opera-terreno, assumendo come temi prioritari la stabilità del versante, la gestione delle acque, la durabilità delle opere, la manutenzione futura e l'inserimento ambientale della sistemazione proposta.

8 CONCLUSIONI

8.1 RISCONTRO ALLA RICHIESTA REGIONALE

La presente relazione tecnica integrativa è stata predisposta al fine di fornire riscontro alla richiesta di integrazione formulata dalla Regione Liguria nell'ambito del procedimento S1080, relativo alla verifica di assoggettabilità alla VIA del progetto denominato "Sistemazione idrogeologica ex-discarica in località Castagnello Brumà – Comune di Genova", proposto da Sviluppo Brumà S.r.l.

La richiesta regionale riguarda, in particolare, la necessità di produrre un approfondimento tecnico volto a dimostrare la stabilità della soluzione progettuale proposta, in considerazione della realizzazione di tratti del nuovo canale in trincea e di tratti richiamati come "pensili", valutati nella presente relazione anche come tratti in rilevato/fuori terra, tenuto conto dell'elevata complessità idrogeologica dell'area, sia in relazione ai corsi d'acqua presenti sia in termini di stabilità del versante.

La presente relazione recepisce inoltre i principali profili evidenziati dal Settore Difesa del Suolo Genova, con particolare riferimento alla necessità di approfondire la stabilità delle opere, la stabilità del complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2, l'interferenza con aree P4, la configurazione dei tratti in trincea, la presenza di tratti in rilevato/fuori terra e gli aspetti connessi alla futura demanializzazione e manutenzione del nuovo tracciato del Rio Brumà.

La valutazione è stata sviluppata con riferimento al livello procedimentale in corso, ossia la fase di verifica di assoggettabilità alla VIA. Essa non costituisce pertanto progetto esecutivo delle opere, né sostituisce le verifiche geotecniche, strutturali, idrauliche e cantieristiche di dettaglio che dovranno essere predisposte nelle successive fasi progettuali e autorizzative.

8.2 SINTESI DEL QUADRO TECNICO

Dalla documentazione esaminata emerge che l'area di intervento è caratterizzata da un assetto idrogeologico complesso, con presenza di coltri eluvio-

colluviali, substrato roccioso, terreni di riporto dell'ex discarica, reticolo idrografico superficiale disordinato, tratti tombinati, ristagni e possibili infiltrazioni nel corpo di riporto.

La presenza dell'ex discarica di inerti ha determinato una rilevante modificazione dell'assetto morfologico e idrografico originario, generando condizioni nelle quali le acque superficiali non risultano completamente regimate. Tale condizione favorisce, nello stato attuale, fenomeni di ruscellamento diffuso, ristagno, infiltrazione nel corpo di riporto, dilavamento superficiale ed erosione localizzata.

La relazione idraulica evidenzia che le acque non canalizzate tendono in parte a ruscellare lungo gli abbancamenti e in parte a ristagnare negli avvallamenti, penetrando nel corpo della discarica. Tale condizione costituisce un elemento sfavorevole ai fini della stabilità, in quanto può determinare appesantimento dei terreni, incremento delle pressioni interstiziali e peggioramento delle condizioni di equilibrio.

La relazione geologica distingue il tracciato del nuovo canale in un tratto superiore, impostato prevalentemente su coltri eluvio-colluviali e localmente su substrato roccioso, e un tratto terminale interferente con terreni di riporto dell'ex discarica, caratterizzati da eterogeneità e spessori variabili.

Il quadro tecnico complessivo conferma pertanto che la gestione delle acque superficiali e sotterranee rappresenta il principale elemento di controllo della stabilità dell'area.

8.3 GIUDIZIO TECNICO SULLA STABILITÀ GENERALE DELLA SOLUZIONE PROPOSTA

Sulla base delle valutazioni svolte, la soluzione progettuale proposta appare, in termini generali e preliminari, coerente con l'obiettivo di migliorare le condizioni di stabilità del versante mediante la regimazione controllata delle acque superficiali.

L'intervento agisce infatti sui principali meccanismi sfavorevoli attualmente presenti, attraverso:

- il riordino del reticolo idrografico superficiale;
- la captazione e il convogliamento delle acque del Rio Brumà e dei rivi affluenti;
- la riduzione del ruscellamento incontrollato;
- la riduzione delle infiltrazioni nel corpo della ex discarica;
- l'impermeabilizzazione del fondo canale;
- la dissipazione dell'energia nei tratti a maggiore pendenza;
- la realizzazione di vasche di sedimentazione;
- la maggiore ispezionabilità e manutenibilità rispetto ai tratti tombinati.

In particolare, il fondo impermeabile del canale rappresenta una misura significativa ai fini della stabilità, in quanto finalizzato a evitare dispersioni all'interno del corpo della discarica che potrebbero contribuire all'incremento del grado di saturazione dei materiali di riporto.

La soluzione progettuale non appare quindi orientata ad aggravare le condizioni di stabilità del versante, bensì a ridurre una delle principali cause predisponenti e innescanti dei fenomeni di instabilità, rappresentata dalla presenza incontrollata di acqua nel versante e nel corpo di riporto.

Pertanto, nei limiti propri della fase di screening VIA, la soluzione proposta può essere ritenuta preliminarmente compatibile con le condizioni generali di stabilità del versante, fermo restando l'obbligo di sviluppare, in fase esecutiva, tutte le verifiche puntuali richieste dalla normativa tecnica di settore.

8.4 TRATTI IN TRINCEA E TRATTI IN RILEVATO/FUORI TERRA

I tratti in trincea costituiscono elementi da approfondire con particolare attenzione nella fase esecutiva, in quanto comportano la formazione di fronti di scavo e la possibile modifica locale delle condizioni di equilibrio dei terreni.

Tali tratti dovranno essere verificati con riferimento alla stabilità dei fronti, alla presenza di acqua, alla natura dei terreni attraversati, alla durata di esposizione degli scavi e alla necessità di opere provvisionali o definitive di sostegno.

I tratti in rilevato/fuori terra, richiamati nella richiesta istruttoria come "pensili", sono stati valutati sotto il profilo geotecnico in quanto porzioni dell'opera potenzialmente idonee a determinare un appesantimento locale del versante.

Questo effetto rappresenta un elemento potenzialmente sfavorevole, ma tecnicamente verificabile e mitigabile mediante corretta progettazione geotecnica, preparazione del piano di posa, gradonature, materiali selezionati, compattazione controllata, drenaggi, protezioni antierosive e, ove necessario, terre armate o terre rinforzate.

La presente valutazione riconosce quindi espressamente che i tratti in rilevato/fuori terra possono introdurre carichi aggiuntivi sul versante. Tale aspetto non viene assunto come trascurabile, ma viene individuato come specifico tema progettuale da approfondire nella successiva fase esecutiva mediante verifiche geotecniche dedicate.

In termini complessivi, i tratti in trincea e i tratti in rilevato/fuori terra non appaiono, allo stato attuale della valutazione, incompatibili con la soluzione progettuale proposta, purché siano oggetto di specifica progettazione esecutiva e di verifiche di stabilità locale e globale.

8.5 ESITO DELLE VERIFICHE SPEDITIVE

Le verifiche speditive svolte confermano che la gestione delle acque costituisce il principale elemento di controllo della stabilità del sito. Tale valutazione è coerente con il quadro conoscitivo derivante dalle indagini geologiche pregresse e dalle verifiche di stabilità a scala di versante, dalle quali emerge la necessità di considerare l'area come sistema complessivo versante-riporto-opera.

Le verifiche pregresse rappresentano il riferimento conoscitivo generale per l'inquadramento del comportamento del sistema pendio-riporto. I controlli sviluppati nella presente relazione consentono invece di valutare l'ordine di grandezza degli effetti specificamente connessi alla soluzione progettuale attuale,

con particolare riguardo alla saturazione dei riporti, ai tratti in rilevato/fuori terra, ai fronti in trincea e al confronto tra stato attuale e stato di progetto.

La valutazione favorevole espressa nella presente fase non deriva quindi esclusivamente dai controlli numerici spediti, ma dalla lettura coordinata del quadro geologico-idrogeologico disponibile, delle verifiche pregresse a scala di versante e delle valutazioni integrative condotte sugli effetti principali della nuova configurazione progettuale.

Per i terreni di riporto dell'ex discarica, il passaggio da condizioni asciutte o parzialmente sature a condizioni sature comporta un incremento del peso di volume dell'ordine del 13,5%, sulla base dei parametri riportati nella relazione geologica. Tale dato conferma l'importanza di ridurre le infiltrazioni incontrollate nel corpo di riporto, in quanto l'aumento del grado di saturazione può determinare appesantimento dell'ammasso, incremento delle pressioni interstiziali e peggioramento delle condizioni di equilibrio.

Per il complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2, la saturazione anche parziale di spessori significativi può generare incrementi di carico verticale indicativi compresi tra circa 12,5 kPa e 45,0 kPa, per spessori del riporto interessato compresi tra 5 m e 18 m. Tale dato conferma che la riduzione delle infiltrazioni costituisce un presidio tecnico favorevole alla stabilità del riempimento e, più in generale, del sistema di versante.

Per i tratti in rilevato/fuori terra, richiamati nella richiesta istruttoria come "pensili", il sovraccarico indotto può essere stimato preliminarmente mediante la relazione $q = \gamma \cdot h$. Assumendo un peso di volume del materiale di rilevato pari a circa 18–20 kN/m³, un rilevato di altezza pari a 1,00 m determina un sovraccarico indicativo di 18–20 kPa, mentre un rilevato di altezza pari a 2,00 m determina un sovraccarico indicativo di 36–40 kPa.

Il confronto tra l'effetto della saturazione e il sovraccarico indotto dai rilevati evidenzia che tali fenomeni possono risultare dello stesso ordine di grandezza. Tale circostanza conferma la necessità di verificare puntualmente l'appesantimento

prodotto dai tratti in rilevato/fuori terra, ma al tempo stesso evidenzia il ruolo favorevole della riduzione delle infiltrazioni nel corpo di riporto.

Il controllo geometrico preliminare dei fronti di scavo ha evidenziato che configurazioni di scarpata dell'ordine di 1V:2H possono essere considerate preliminarmente compatibili solo per fronti di altezza contenuta, in condizioni drenate e in assenza di venute d'acqua significative. Configurazioni più acclivi, quali 1V:1,5H o 1V:1H, dovranno invece essere oggetto di specifiche verifiche geotecniche e, ove necessario, sostenute mediante opere provvisionali o definitive.

Il confronto prestazionale ante operam/post operam evidenzia che l'intervento riduce i principali meccanismi sfavorevoli alla stabilità, quali ruscellamento incontrollato, ristagni, infiltrazioni, dilavamento, erosione e trasporto solido non gestito. Gli effetti potenzialmente sfavorevoli introdotti dall'opera risultano invece prevalentemente locali, riconducibili ai fronti di scavo, ai tratti in rilevato/fuori terra, agli appoggi, ai manufatti e alle opere di raccordo, e risultano tecnicamente verificabili e mitigabili mediante la successiva progettazione esecutiva.

Le verifiche speditive e il richiamo alle verifiche pregresse a scala di versante consentono pertanto di confermare, nei limiti propri della presente fase, la compatibilità preliminare della soluzione proposta con le condizioni generali di stabilità del sito. Resta fermo che in fase esecutiva dovranno essere sviluppate verifiche aggiornate e specifiche sulla configurazione progettuale attuale, assumendo sezioni geologico-geotecniche rappresentative, scenari ante operam e post operam, condizioni idrauliche gravose, tratti in trincea, tratti in rilevato/fuori terra, complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2 e aree interferenti con settori P4 o con ambiti a maggiore pericolosità.

8.6 CONDIZIONI E APPROFONDIMENTI PER LA FASE ESECUTIVA

La valutazione favorevole espressa nella presente fase resta subordinata allo sviluppo, in sede esecutiva, di tutti gli approfondimenti necessari.

In particolare, dovranno essere predisposti:

- indagini geognostiche e geotecniche integrative, ove necessarie;
- modello geologico-geotecnico di dettaglio;
- verifiche di stabilità globale del versante;
- verifiche di stabilità locale dei fronti di scavo;
- verifiche dei tratti in rilevato/fuori terra;
- verifiche di capacità portante e cedimenti;
- verifiche delle opere di sostegno, appoggio e fondazione;
- verifiche delle opere di presa, vasche, attraversamenti e manufatti di sbocco;
- verifiche idrauliche e strutturali di dettaglio;
- verifiche delle opere provvisionali e delle fasi di cantiere;
- verifiche in condizioni idrauliche gravose e, ove pertinenti, in condizioni sismiche.

Tali verifiche dovranno essere condotte secondo il D.M. 17/01/2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni, la relativa Circolare applicativa e la normativa tecnica di settore applicabile.

Dovranno essere assunte sezioni geologico-geotecniche rappresentative dei diversi ambiti attraversati dall'opera, con particolare riferimento ai tratti in coltri eluvio-colluviali, ai tratti interferenti con il corpo di riporto dell'ex discarica, ai settori ricadenti nel complesso del riempimento B2, alle aree interferenti con settori P4 e ai tratti caratterizzati da scavi o rilevati significativi.

Qualora le verifiche esecutive evidenzino condizioni locali non sufficientemente cautelative, dovranno essere previsti idonei interventi di consolidamento, drenaggio e stabilizzazione, privilegiando, ove tecnicamente compatibile, soluzioni a ridotto impatto ambientale e paesaggistico quali ingegneria naturalistica, terre armate, terre rinforzate, opere drenanti, protezioni antierosive vegetate, rinverdimenti e inerbimenti generalizzati, ferma restando la possibilità di ricorrere a presidi strutturali localizzati nei tratti maggiormente critici.

8.7 INTERFERENZA CON AREE P4 E NATURA MITIGATIVA DELL'INTERVENTO

Con riferimento all'interferenza dell'intervento con aree classificate a pericolosità elevata/molto elevata o comunque interessate da fenomeni di dissesto, si evidenzia che la soluzione proposta non ha finalità di trasformazione urbanistica del versante, né introduce nuove funzioni insediative, ma si configura come opera di sistemazione idraulica e idrogeologica.

L'intervento è infatti finalizzato al riordino del reticolo idrografico superficiale, alla regimazione delle acque, alla riduzione delle infiltrazioni incontrollate, alla limitazione del ruscellamento diffuso, del dilavamento e dell'erosione, nonché al miglioramento della controllabilità e manutenzione del sistema idraulico locale.

In tale prospettiva, la soluzione progettuale risulta orientata alla mitigazione delle condizioni predisponenti e innescanti dei potenziali fenomeni di instabilità, agendo in particolare sul controllo delle acque superficiali e sulla riduzione della loro dispersione nel corpo della ex discarica e nel versante.

La presente relazione assume pertanto l'intervento non come opera isolata di mera canalizzazione, ma come parte di una più ampia sistemazione idraulica e idrogeologica dell'area, finalizzata a ridurre le condizioni di vulnerabilità attualmente presenti.

Resta fermo che la verifica di ammissibilità dell'intervento rispetto alla specifica disciplina delle aree P4 e degli eventuali settori in dissesto dovrà essere coordinata con gli Enti competenti nelle successive fasi autorizzative. La successiva progettazione esecutiva dovrà inoltre confermare la compatibilità dell'intervento mediante specifiche verifiche geologico-geotecniche, strutturali e idrauliche, con particolare riferimento alle sezioni interferenti con aree a maggiore pericolosità, ai tratti in trincea, ai tratti in rilevato/fuori terra e ai settori ricadenti nel corpo della ex discarica.

8.8 MANUTENZIONE DEL RIO BRUMÀ NELLA NUOVA CONFIGURAZIONE

La funzionalità dell'intervento nel tempo dipenderà anche dalla corretta manutenzione del nuovo sistema di regimazione.

Dovrà pertanto essere chiarito il soggetto responsabile della manutenzione del Rio Brumà nella nuova configurazione, con riferimento al canale principale, alle opere di presa, alle vasche di sedimentazione, ai manufatti di attraversamento e sbocco, ai tratti in trincea, ai tratti in rilevato/fuori terra, alle opere drenanti, alle protezioni antierosive e alle sistemazioni a verde.

La manutenzione dovrà prevedere ispezioni periodiche, pulizia delle vasche, rimozione dei sedimenti, controllo delle occlusioni, verifica dell'integrità del fondo impermeabile, controllo dei drenaggi, verifica di erosioni, cedimenti, deformazioni, fessurazioni o dissesti locali, nonché controlli straordinari a seguito di eventi meteorici intensi o prolungati.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla funzionalità delle opere di presa e delle vasche di sedimentazione, in quanto eventuali occlusioni o accumuli di materiale solido potrebbero ridurre l'efficacia del sistema di regimazione e determinare deviazioni locali dei deflussi.

Dovrà inoltre essere garantita la possibilità di accesso alle principali opere idrauliche e ai tratti significativi del canale, al fine di consentire le attività di ispezione, manutenzione ordinaria e manutenzione straordinaria.

Gli aspetti relativi alla titolarità delle opere, alla demanializzazione del nuovo tracciato idraulico, all'eventuale inserimento nel ramo acque della mappa catastale e alla competenza manutentiva dovranno essere definiti nell'ambito del successivo iter autorizzativo, in coordinamento con gli Enti competenti.

8.9 CONCLUSIONE FINALE

Alla luce delle considerazioni sviluppate, l'intervento proposto appare orientato alla mitigazione delle criticità idrauliche e idrogeologiche attualmente presenti nell'area dell'ex discarica di Castagnello Brumà.

La soluzione progettuale, fondata sulla regimazione controllata delle acque superficiali, sulla riduzione delle infiltrazioni nel corpo di riporto, sull'impermeabilizzazione del fondo canale, sulla dissipazione dell'energia nei tratti a maggiore pendenza e sulla maggiore ispezionabilità e manutenibilità del sistema, risulta coerente con l'obiettivo di ridurre le condizioni predisponenti e innescanti di potenziali fenomeni di instabilità.

I controlli spediti svolti consentono di inquadrare alcuni effetti rilevanti della soluzione progettuale, quali l'incremento del peso dei materiali di riporto in condizioni di saturazione, il sovraccarico indotto dai tratti in rilevato/fuori terra e la compatibilità geometrica preliminare dei fronti di scavo. Tali controlli non sostituiscono le verifiche esecutive, ma dimostrano che i principali effetti sfavorevoli risultano individuabili, quantificabili in via preliminare e progettualmente controllabili mediante adeguate soluzioni geotecniche, drenanti e di stabilizzazione.

Le verifiche di stabilità a scala di versante desunte dalle indagini geologiche pregresse confermano inoltre la necessità di valutare l'area come sistema complessivo versante-riporto-opera, con particolare attenzione al ruolo delle acque superficiali e sotterranee, al grado di saturazione dei terreni, alla variabilità dei materiali di riporto e alla possibile interferenza con aree classificate a maggiore pericolosità. Tali verifiche costituiscono un riferimento conoscitivo significativo, ma dovranno essere aggiornate e rilette alla luce della configurazione progettuale attuale.

In tale quadro, l'intervento non appare finalizzato ad aggravare le condizioni di stabilità del versante, bensì a ridurre i principali fattori che, nello stato attuale, possono concorrere all'attivazione o all'aggravamento di fenomeni di instabilità, con particolare riferimento a ruscellamento, ristagno, infiltrazione, dilavamento, erosione e trasporto solido non controllato.

Nei limiti propri della fase di verifica di assoggettabilità alla VIA, si esprime pertanto una valutazione favorevole circa la stabilità generale della soluzione proposta, ferma restando la necessità che la successiva fase esecutiva sviluppi tutte

le indagini, verifiche e progettazioni di dettaglio necessarie a confermare puntualmente la stabilità locale e globale delle opere e del complesso opera-terreno.

Tali approfondimenti dovranno riguardare, in particolare, i tratti in trincea, i tratti in rilevato/fuori terra richiamati nella richiesta istruttoria come "pensili", i settori interferenti con il corpo dell'ex discarica, il complesso del riempimento ricadente nell'area speciale B2, le aree classificate a maggiore pericolosità o interessate da dissesto, nonché le opere di presa, attraversamento, sbocco, dissipazione, drenaggio, protezione antierosiva e stabilizzazione eventualmente necessarie.

Le verifiche speditive sviluppate nella presente relazione devono quindi essere intese come controlli di coerenza tecnica, finalizzati a raccordare il quadro conoscitivo pregresso con la nuova configurazione progettuale. La successiva fase progettuale dovrà aggiornare le verifiche di stabilità a scala di versante e sviluppare le verifiche locali sulle opere, assumendo sezioni rappresentative, condizioni idrauliche cautelative e gli effettivi assetti geometrici e costruttivi dell'intervento.

Resta infine necessario che, nelle successive fasi autorizzative e gestionali, siano definiti gli aspetti connessi alla futura configurazione idraulica del Rio Brumà, al regime demaniale del nuovo tracciato, alla titolarità delle opere e al soggetto responsabile della manutenzione ordinaria e straordinaria del sistema.

Chiavari, 29 aprile 2026.

IL TECNICO INCARICATO

ing. Salvatore CANTARELLA
[documento firmato digitalmente]
n.8157 Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Genova
ingegnere esperto in strutture
Certificato **GEA-4348-IT20**