

STRADA STATALE 4 "VIA SALARIA"
**Adeguamento della piattaforma stradale e messa in
sicurezza dal km 56+000 al km 64+000**
Stralcio 1 da pk 0+000 a pk 1+900

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **RM 368**

PROGETTAZIONE: R.T.I.: PROGER S.p.A. (capogruppo mandataria)
PROGIN S.p.A.
S.I.N.A. S.p.A. – BRENG S.r.l.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli n. 23799

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



IL GEOLOGO:
Dott. Geol. Gianluca PANDOLFI ELMI (Progin S.p.A.)
Ordine dei Geologi Regione Umbria n. 467



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Lorenzo INFANTE

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Dott. Ing. Michele CURIALE (Progin S.p.A.)



VISTO: IL RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO
Dott. Ing. Paolo NARDOCCI



PROTOCOLLO

DATA

202

ELABORATI GENERALI

Relazione giustificativa sulla scelta dei materiali e delle classi di esposizione

CODICE PROGETTO

D P R M 3 6 8 E 2 3

NOME FILE
T01EG00STRRE01B

CODICE
ELAB.

T 0 1 E G 0 0 S T R R E 0 1

REVISIONE

SCALA:

B

-

B	Emissione a seguito di validazione e istruttoria ANAS	02-2024	M. Piccolo	P. Valente	L. Infante
A	Prima emissione	06-2023	M. Piccolo	P. Valente	L. Infante
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Sommario

1.	INTRODUZIONE.....	3
2.	PIANO DI CAMPIONAMENTO AMBIENTALE	4
2.1.	CAMPAGNA INDAGINI ESEGUITE.....	4
2.1.1.	<i>Campagne di indagini pregresse</i>	4
2.1.1.	<i>Campagna di indagine del 2021</i>	5
2.1.1.	<i>Campagna di indagine del 2022</i>	7
3.	CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE.....	8
3.1.	PRELIEVO CAMPIONI AMBIENTALI	8
3.2.	RISULTATI ANALITICI.....	10
4.	DEFINIZIONE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	12

ALLEGATI

Per i certificati delle analisi di aggressività delle acque nei confronti del calcestruzzo si rimanda agli allegati all’elaborato Piano Utilizzo Terre (T01CA05CANRE01)

1. INTRODUZIONE

La presente relazione ha per oggetto il giustificativo alla scelta dei materiali utilizzati in funzione delle Classi di Esposizione individuate e delle prestazioni attese, nell’ambito della progettazione esecutiva dell’intervento di adeguamento della piattaforma stradale e messa in sicurezza della STRADA STATALE 4 “VIA SALARIA” dal km 56+000 al km 64+000 (Lotto 1).

2. PIANO DI CAMPIONAMENTO AMBIENTALE

Nel presente capitolo vengono descritte le attività di campionamento e di verifica analitica della qualità dei terreni, con particolare attenzione alla caratterizzazione ambientale, i cui risultati forniscono valori confrontabili con CSC concentrazioni soglia di contaminazione forniti dalla normativa vigente per ciascun elemento rintracciabile nei materiali, al fine di valutarne l'eventuale aggressività nei confronti degli elementi strutturali.

L'ubicazione delle indagini ambientali integrative è riportata in planimetria nell'elaborato:

T01GE04GEOPU01 - Planimetria con le ubicazioni delle indagini geognostiche e geofisiche.

Per le indagini Preesistenti si rimanda al Progetto Definitivo.

2.1. CAMPAGNA INDAGINI ESEGUITE

2.1.1. Campagne di indagini pregresse

La campagna di indagini pregressa è consistita in sondaggi a carotaggio continuo (denominati S1-S10), spinti fino alla profondità massima di 20 m, esecuzione di prove SPT, prelievo di campioni per esecuzione di prove di laboratorio ed esecuzione di prove pressiometriche Menard.

Alle indagini pregresse viene dato comunque minor peso rispetto ai risultati delle indagini del 2021 e 2022, che sono state supervisionate dagli scriventi.

In rosso sono indicate le indagini che ricadono nel 1° stralcio funzionale, oggetto della presente relazione.

Tabella 1 – Indagini pregresse

Sondaggio	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.
S1	15.0	284.6
S2	10.0	307.6
S3	15.0	362.0
S4	15.0	409.5
S5	15.0	470.4
S6	15.0	517.3
S7	15.0	536.3
S8	15.0	554.8
S9	20.0	583.9
S10	20.0	576.2

2.1.1. Campagna di indagine del 2021

La campagna del 2021 è consistita in:

- n. 12 sondaggi a carotaggio continuo (denominati S01÷S12), spinti fino alla profondità massima di 50 m, di cui n. 3 attrezzati con tubo piezometrico e n. 9 con tubazione per prove Down Hole;
- n. 23 prove penetrometriche dinamiche SPT;
- n. 13 prove pressiometriche Menard;
- n. 18 prelievi di campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 23 prelievi di campioni litoidi da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 12 pozzetti esplorativi spinti alla profondità massima di 2.0 m dal p.c. denominati “PZ01-“PZ12”;
- n. 12 prelievi di campioni rimaneggiati prelevati dai pozzetti esplorativi, da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 10 prove di carico su piastra in corrispondenza dei pozzetti esplorativi;
- n. 5 studi geostrutturali e geomeccanici su affioramenti rocciosi disposti lungo il tracciato denominati “GM”;
- n.2 prospezioni sismiche MASW denominate MASW01 e MASW02;
- n.3 prospezioni sismiche a rifrazione tomografica;
- n. 1 indagine di rumore sismico ambientale a stazione singola, HVSR.

Nella seguente tabella si sintetizzano le prove in sito e le strumentazioni installate nei sondaggi.

In rosso sono indicate le indagini che ricadono nel 1° stralcio funzionale, oggetto della presente relazione.

Tabella 2 – Indagini 2021

Sondaggio	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	N. prove SPT	N. campioni indisturbati	N. campioni litoidi	Strumentazione
S01-PZ	30.0	286.44	3	3		TA[8÷26]
S02-DH	35.0	338.91	-	-	3	DH[35]
S03-DH	35.0	351.35	-	-	2	DH[35]
S04-DH	35.0	379.71	-	-	4	DH[35]
S05-DH	50.0	403.51	-	-	4	DH[50]
S06-DH	35.0	442.67	-	2	4	DH[35]
S07-DH	35.0	530.53	-	-	4	DH[35]
S08-DH	35.0	557.22	-	-	4	DH[35]
S09-DH	35.0	599.08	6	1		DH[35]
S10-PZ	45.0	586.26	6	6		TA[3÷30]
S11-DH	45.0	585.85	4	5		DH[45]
S12-PZ	30.0	573.60	4	1		TA[3÷30]
DH: tubazione per prova sismica Down-Hole [profondità]						
TA: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]						

Tabella 3 – Pozzetti esplorativi - indagini 2021

Sondaggio	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.
PZ01	2.0	281.54
PZ02	2.0	303.00
PZ03	2.0	327.92
PZ04	2.0	356.20
PZ05	1.05	404.88
PZ06	2.0	417.54
PZ07	2.0	442.70
PZ08	2.0	502.83
PZ09	1.35	542.94
PZ10	2.0	583.69
PZ11	2.0	593.45
PZ12	2.0	577.04

2.1.1. Campagna di indagine del 2022

La campagna del 2022 è consistita in:

- n. 11 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità massima di 51 m, di cui n. 1 attrezzato con tubazione per prova Down Hole;
- n. 06 prelievi di campioni di tipo indisturbato da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 26 prelievi di campioni di tipo rimaneggiato da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 18 prelievi di campioni lapidei da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 15 prove SPT in foro di sondaggio;
- n. 01 HVSR;
- n. 01 prospezione sismica Down Hole;
- n. 03 stese di sismica a rifrazione con elaborazione tomografica;
- 19 rilievi geomeccanici su stazioni di misura, di cui i primi 2 ricadono nel presente stralcio funzionale (GE01, GE02).

Nella seguente tabella si sintetizzano le prove in sito e le strumentazioni installate nei sondaggi.

In rosso sono indicate le indagini che ricadono nel 1° stralcio funzionale, oggetto della presente relazione.

Tabella 4 – Indagini 2022

Sondaggio	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	N. prove SPT	N. campioni indisturbati	N. campioni litoidi	N. campioni rimaneggiati	Strumentazione
SE01	34.5	-	7	2	-	4	-
SE02	30.0	-	-	-	4	-	-
SE03	35.0	-	-	-	2	4	-
SE04	51.0	-	-	-	3	3	DH[51]
SE05	50.0	-	-	-	4	2	TA[3÷30]
SE06	35.0	-	-	-	1	3	-
SE07	30.0	-	-	-	-	4	-
SE08	30.0	-	-	-	2	-	TA[3÷30]
SE09	30.0	-	-	-	2	3	-
SE10	10.0	-	-	1	0	2	-
SE11	41.5	-	-	3	0	1	-

DH: tubazione per prova sismica Down-Hole [profondità]
TA: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]

Tutte le indagini sono state effettuate nel rispetto delle disposizioni delle specifiche tecniche e del capitolato d'appalto ANAS, nonché delle norme AGI 1977/1994. Sono state realizzate, inoltre, indagini geofisiche e si precisa che sia dai sondaggi che dai pozzetti sono stati prelevati campioni “ambientali” destinati all’esecuzione di analisi chimiche.

3. CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

Nel presente capitolo si descrive il dettaglio delle indagini ambientali eseguite lungo il tracciato, al fine di definire le caratteristiche chimico-fisiche dei terreni e delle acque che saranno interessati dagli interventi.

3.1. PRELIEVO CAMPIONI AMBIENTALI

Si è proceduto al prelievo di campioni di terreno da n. 8 sondaggi geognostici e di acque sotterranee da n.3 condizionati a piezometro.

Sono stati prelevati dei campioni di roccia da affioramenti in parete e di terre da n.12 pozzetti esplorativi approfonditi fino ad un massimo di 2.00 m dal p.c.

Di seguito si riporta uno schema sintetico dei campioni ambientali prelevati.

	POZZETTI					
	CA1	CA2	CA3	T.Q.+ T.C.	RIPORTO	ROCCIA
Pz01	0.0-1.0	1.0-2.0		0.0-2.0		
Pz02	0.0-1.0	1.0-2.0				X
Pz03	0.0-1.0	1.0-2.0				X
Pz04	0.0-1.0	1.0-2.0		0.0-2.0	0.0-2.0	X
Pz05	0.0-1.0	1.0-1.05				
Pz06	0.0-1.0	1.0-2.0				
Pz07	0.0-1.0	1.0-2.0		0.0-2.0		
Pz08	0.0-1.0	1.0-2.0			0.0-0.5	X
Pz09	0.0-1.0	1.0-1.30	1.30-1.35		0.0-1.30	
Pz10	0.0-1.0	1.0-2.0		0.0-2.0		
Pz11	0.0-1.0	1.0-2.0				
Pz12	0.0-1.0	1.0-2.0		0.0-2.0	0.0-1.50	

DA PARETE ROCCIOSA	
PP01	
PP02	
PP03	

	SONDAGGI									
	TERRE						ROCCIA		ACQUA	
	CA1	CA2	CA3	T.C.+T.Q	CLS1	CLS2	CLS3	PA	CLS	
S01-PZ								X	X	
S02-DH	0.0-1.0	2.0-3.0	3.0-4.0	0.0-4.0				X		
S04-DH	0.0-1.0	2.0-3.0	3.0-4.0		2.0-3.0	4.0-6.0				
S05-DH					0.0-1.0	3.30-4.0				
S07-DH					2.0-3.0					
S08DH					2.0-3.0	25.50-27.15				
S10-PZ					2.0-3.0	8.0-9.0	14.50-15.50	X	X	
S12-PZ								X		

Tabella sintetica dei campioni ambientali prelevati

I campioni CA1 , CA2 e CA3 rappresentano i campioni di terreno destinati alla caratterizzazione delle terre e rocce da scavo ai sensi del D.P.R. 120/2017.

I campioni T.Q. e T.C. rappresentano i campioni destinati alla determinazioni sul tal quale e al test di ces-sione per la classificazione dei rifiuti solidi secondo il D.M. 27/09/2010 e per le procedure di recupero secondo il D.M. n.186 del 05/04/06.

I campioni RIPORTO rappresentano i campioni sottoposti al test di cessione i cui risultati sono stati con-frontati con i limiti D.Lgs. 152/06 All.5 alla Parte IV Titolo V - Tab.2.

I campioni PA rappresentano le acque sotterranee destinate alla ricerca dei parametri secondo la Tab. 4.1 Allegato 4 del DPR 120/17.

I campioni CLS, rispettivamente di acqua e di terreno, sono destinati alle analisi chimiche al fine di valutare il grado di aggressività sulle strutture di calcestruzzo secondo la norma UNI EN 206:2016.

3.2. RISULTATI ANALITICI

Le analisi chimiche sono state effettuate ai sensi del D.P.R. 120/2017 e D.Lgs. 152/06, effettuando inoltre la classificazione delle terre per la gestione come rifiuto con verifica della pericolosità e conferma del codice E.E.R. indicato dal produttore secondo gli Allegati D, H, I alla Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., l'esecuzione di test di cessione per la valutazione dei criteri di ammissibilità in discarica ai sensi del D.Lgs. n.121 del 3 settembre 2020 e per la possibilità di recupero ai sensi del D.M. 186 del 05/04/2006 e s.m.i. e, infine, la valutazione del grado di aggressività del terreno sulle strutture di calcestruzzo, secondo la normativa sul calcestruzzo UNI EN 206-1; anche sui campioni di acque sotterranee sono state eseguite analisi secondo D.P.R. 120/2017 e per la verifica dell'aggressività al calcestruzzo.

Al fine della valutazione dell'aggressività dell'acqua e dei terreni nei confronti del calcestruzzo, si riportano di seguito i risultati delle analisi chimiche effettuate:

Classe di esposizione per le acque

S01PZ – Classi di esposizione					
AGGRESSIVITA'	Risultato	Unità di Misura	XA1	XA2	XA3
Ione Solfato Totale	14,61	mg/L	200-600	600-3000	3000-6000
pH	6,8	Unità pH	5,5-6,5	4,5-5,5	4,0-4,5
CO ₂	98,98	mg/L	15-40	40-100	>100
NH ⁴⁺	<0,05	mg/L	15-30	30-60	60-100
Mg ²⁺	6,37	mg/L	300-1000	1000-3000	3000-6000

Classe di esposizione per i terreni

CLS2 (8-9 m) S10-PZ – Classi di esposizione					
AGGRESSIVITA'	Risultato	Unità di Misura	XA1	XA2	XA3
Ione Solfato	365,7	mg/Kg	2000-3000	3000-12000	12000-24000
Acidità	<2	ml/Kg	200	non incontrato	

CLS3 (14,50-15,50 m) S10-PZ – Classi di esposizione					
AGGRESSIVITA'	Risultato	Unità di Misura	XA1	XA2	XA3
Ione Solfato	67,7	mg/Kg	2000-3000	3000-12000	12000-24000
Acidità	<2	ml/Kg	200	non incontrato	

CLS01 (2-3 m) S08-DH – Classi di esposizione					
AGGRESSIVITA'	Risultato	Unità di Misura	XA1	XA2	XA3
Ione Solfato	17,7	mg/Kg	2000-3000	3000-12000	12000-24000
Acidità	<2	ml/Kg	200	non incontrato	

CLS02 (25,50-27,15 m) S08-DH – Classi di esposizione					
AGGRESSIVITA'	Risultato	Unità di Misura	XA1	XA2	XA3
Ione Solfato	19,4	mg/Kg	2000-3000	3000-12000	12000-24000
Acidità	<2	ml/Kg	200	non incontrato	

CLS2 (3,30-4 m) S05-DH – Classi di esposizione					
AGGRESSIVITA'	Risultato	Unità di Misura	XA1	XA2	XA3
Ione Solfato	28,6	mg/Kg	2000-3000	3000-12000	12000-24000
Acidità	<2	ml/Kg	200	non incontrato	

CLS1 (2-3 m) S07-DH – Classi di esposizione					
AGGRESSIVITA'	Risultato	Unità di Misura	XA1	XA2	XA3
Ione Solfato	216	mg/Kg	2000-3000	3000-12000	12000-24000
Acidità	<2	ml/Kg	200	non incontrato	

CLS1 (2-3 m) S10-PZ – Classi di esposizione					
AGGRESSIVITA'	Risultato	Unità di Misura	XA1	XA2	XA3
Ione Solfato	42,6	mg/Kg	2000-3000	3000-12000	12000-24000
Acidità	<2	ml/Kg	200	non incontrato	

CLS01 (0-1 m) S05-DH – Classi di esposizione					
AGGRESSIVITA'	Risultato	Unità di Misura	XA1	XA2	XA3
Ione Solfato	45,7	mg/Kg	2000-3000	3000-12000	12000-24000
Acidità	<2	ml/Kg	200	non incontrato	

CLS2 (4-6 m) S04-DH – Classi di esposizione					
AGGRESSIVITA'	Risultato	Unità di Misura	XA1	XA2	XA3
Ione Solfato	6,88	mg/Kg	2000-3000	3000-12000	12000-24000
Acidità	<2	ml/Kg	200	non incontrato	

CLS1 (2-3 m) S04-DH – Classi di esposizione					
AGGRESSIVITA'	Risultato	Unità di Misura	XA1	XA2	XA3
Ione Solfato	1,06	mg/Kg	2000-3000	3000-12000	12000-24000
Acidità	<2	ml/Kg	200	non incontrato	

4. DEFINIZIONE DEI MATERIALI IMPIEGATI

I risultati delle analisi chimiche sui terreni mostrano che non vi è aggressività nei confronti del calcestruzzo, mentre per quanto riguarda l'aggressività delle acque, i risultati del campione S01PZ mostrano la presenza di CO₂ con concentrazione pari 98,98 mg/l, la quale, secondo i limiti normativi implicherebbe la scelta di una Classe di Esposizione "XA2". Nello specifico però si fa presente che esso risulta l'unico campione di acqua analizzato nei confronti dell'aggressività del calcestruzzo, ed inoltre, con riferimento alla posizione di prelievo questo è ubicato sul tratto iniziale del tracciato, pertanto, visto anche il profilo Geologico (T01GE02GEOFG01) dal quale si evince che in prossimità della pk 0+450 si ha il passaggio da terreni sostanzialmente a grana grossa (permeabilità elevate), a terreni rocciosi ("impermeabili"), è evidente che non si può ritenere tale aggressività rappresentativa dell'intero tracciato. Per quanto detto, i risultati del sondaggio S01PZ che implicano la scelta della classe di esposizione "XA2", si ritengono validi per le opere a contatto con l'acqua tra la pk 0+000 e la pk 0+450 circa, mentre per quanto riguarda la restante parte del tracciato, in questa fase progettuale non si considera alcuna classe di esposizione "XA", e si rimanda al progetto esecutivo per ulteriori indagini integrative necessarie a definire più chiaramente il quadro di aggressività delle acque.

Per quanto riguarda l'eventuale degrado dovuto a cicli di gelo-disgelo "XF", cautelativamente è stata considerata, a seconda dei differenti elementi strutturali una classe di esposizione "XF1", "XF2" o "XF4", come indicato all'interno della tabella materiali. La medesima valutazione è stata effettuata per il degrado da carbonatazione "XC", attribuendo, a seconda degli elementi considerati una classe di esposizione "XC2", "XC3" o "XC4". Infine, per le solette e i cordoli dei viadotti è stata considerata una classe di esposizione "XD3" per l'aggressione dei cloruri derivanti dall'utilizzo di prodotti disgelanti.

Assegnate le classi di esposizione, con riferimento alla UNI 11104:2016 sono state definite composizione e proprietà del calcestruzzo dei vari elementi strutturali. Inoltre si fa presente che la scelta della classe di calcestruzzo da utilizzare non è sempre dettata dalla prescrizione dei minimi normativi, nella fattispecie viste le condizioni al contorno, al fine di garantire una migliore prestazione e una maggiore durabilità, per alcuni elementi strutturali cautelativamente si è deciso di utilizzare un calcestruzzo di classe superiore rispetto alle prescrizioni dettate dalla Classe di Esposizione individuata.