AUTORITÀ PORTUALE DI SAVONA

PORTO DI VADO LIGURE

PROJECT FINANCING PER:

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, ESECUZIONE DEI LAVORI DELLA NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE DEL PORTO DI VADO LIGURE E GESTIONE DELLA PARTE RELATIVA AL TERMINAL CONTENITORI

SOCIETA' DI PROGETTO: APM TERMINALS VADO LIGURE S.p.A.

MAERSK

CLF GRANDI LAVORI FINCOSIT

PROGETTAZIONE:

TECHNITAL S.p.A.

IL RESPONSABILE:

Dott. Ing. Guido Fiorini

PROGETTO ESECUTIVO - FASE 2
E CONTESTUALE PERIZIA DI VARIANTE DELLA FASE 1

ELABORATO N° :

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA ED EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DELL'AREA DI PROGETTO

MI010P-PE-G-G-R-4101-C0

DATA			
Settembre 2014	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
SIGLA	P. SMORGON	F. CANEPARO	G. FIORINI
REVISIONE 1			
REVISIONE 2			
REVISIONE 3			

NOME FILE

MI010P-PE-G-G-R-4101-C0
Relazione geologica.doc

A TERMINE DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO CON DIVIETO DI RIPRODURLO RENDENDOLO NOTO A TERZI ANCHE PARZIALMENTE SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE

AUTORITÀ PORTUALE DI SAVONA

PORTO DI VADO LIGURE

PROJECT FINANCING PER:

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, ESECUZIONE DEI LAVORI DELLA NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE DEL PORTO DI VADO LIGURE E GESTIONE DELLA PARTE RELATIVA AL TERMINAL CONTENITORI

PROGETTO ESECUTIVO - FASE 2
E CONTESTUALE PERIZIA DI VARIANTE DELLA FASE 1

RELAZIONE GEOLOGICA ED EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DELL'AREA DI PROGETTO

INDICE

BIBLIOGRAFIA 6
1. INTRODUZIONE 8
2. OGGETTO E SCOPO 10
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO 11
4. FORMAZIONI GEOLOGICHE E CORPI SEDIMENTARI 12
5. NEO - TETTONICA 29
6. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA 32
7. EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DELL'AREA 34
8. PIASTRA MULTIFUNZIONALE - EVIDENZE DELLA EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA 42
9. CONCLUSIONI 49

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1.1 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Planimetria con ubicazione della piastra multifunzionale 9
Fig. 4.1 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Estratto dei fogli Albenga - Savona n°92 e 93 della cartografia geologica nazionale in scala 1:100000. 12
Fig. 4.2 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Estratto dei fogli Albenga - Savona n°92 e 93 della cartografia geologica nazionale in scala 1:100000 - Legenda 13
Fig. 4.3 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Formazione di Murialdo - CAsc 15
Fig. 4.4 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - formazione dei graniti del torrente Letimbro - parete rocciosa con distacco di detrito di versante a tergo del faro di capo di vado. 16
Fig. 4.5 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Scisti di Gorra facies degli scisti sericitici-cloritici e quarzo-sericitici 18
Fig. 4.6 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - scisti di Gorra - facies dei quarzo - scisti - La tessitura è più o meno scistosa, compatta a grana minuta. 19

Fig. 4.7 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - conglomerati di monte villa - affioramento di conglomerati e sabbie cementate che progradano verso il mare 20

Fig. 4.8 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Argille di Ortovero 21

Fig. 4.9 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Depositi eluvio colluviali antichi - superficie di contatto con le sottostanti argille di Ortovero 22

Fig. 4.10 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - depositi eluvio colluviali antichi - riduzione della granulometria dei clasti ed aumento della frazione fine dal basso verso l'alto dei depositi di versante 23

Fig. 4.11 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - depositi eluvio colluviali antichi -porzione superiore dei depositi eluvio - colluviali dove è visibile la tipica laminazione da trasporto areale delle acque di corrivazione 24

Fig. 4.12 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Depositi eluvio colluviali antichi - Raccordo del deposito eluvio - Colluviale in località Ronco con il versante posto a monte. La continuità è stata interrotta con la costruzione dell'autostrada Genova - Ventimiglia 25

Fig. 4.13 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Depositi eluvio colluviali recenti 26

Fig. 4.14 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Depositi alluvionali recenti 28

Fig. 5.1 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Neotettonica - principali sistemi di lineazione che hanno modellato l'attuale costa ligure - da mantovani, 1983 30

Fig. 5.2 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Neotettonica - evidenze morfologiche del sistema di faglia a direzione E-W nella morfologia a faccette triangolari e trapezoidali dei versanti che delimitano la valle del torrente segno 31

Fig. 7.1 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Evoluzione geomorfologica e sedimentaria dell'area - superficie sub - orizzontale di un terrazzo marino con a tergo scarpata di raccordo ad un livello superiore. la scarpata rappresenta una variazione del livello marino 35

Fig. 7.2 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Evoluzione geomorfologica e sedimentaria dell'area - superficie di erosione delle argille di Ortovero che segna il passaggio da un ambiente di deposizione marino ad uno continentale. si noti la scarpata di raccordo tra due livelli successivi testimone di un abbassamento del livello marino 37

Fig. 7.3 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Evoluzione geomorfologica e sedimentaria dell'area - terrazzi morfologici marini nei depositi eluvio - colluviali in località Bossarino 37

Fig. 7.4 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Evoluzione geomorfologica e sedimentaria dell'area 40

Fig. 7.5 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Evoluzione geomorfologica e sedimentaria dell'area - coltre eluvio - colluviale che ricopre il substrato roccioso degli scisti di Gorra 41

Fig. 8.1 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Evidenze della evoluzione geomorfologica dalle indagini geognostiche - versante in gneiss con distacco di detrito in corrispondenza di capo vado 44

Fig. 8.2 - Vado Ligure - Nuova Piastra Multifunzionale - Geologia - Evidenze della evoluzione geomorfologica dalle indagini geognostiche 46

BIBLIOGRAFIA

1. Chen J.W. and Juang C.H. (1996), Determination of drained friction angle of sands from CPT, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 122 (5), 374-381.
2. CIRIA (1995), Report 143 - 1995: The Standard Penetration Test (SPT): Methods and use, London UK.
3. Coop M.R., Atkinson J.H., (1993), The mechanics of cemented carbonate sands, Géotechnique, 43, No.1, 53-67.
4. De Mello V., The Standard Penetration Test, Fourth Panamerican Conference
5. Décourt L., General report/Discussion session 2: SPT, CPT, pressuremeter testing and recent developments in in-situ testing - Part 2: The standard penetration test, state-of-the-art report.
6. Finn Liam W.D., Siddharthan R., Martin G.R., (1983), Response of seafloor to ocean waves, Journal of Geotechnical Engineering, 109, No.4, 556-572.
7. Hegazy, Y.A. and Mayne, P.W. (1995), Statistical Correlations Between Vs and CPT Data for Different Soil Types, Proceedings, Cone Penetration Testing (CPT'95), Vol. 2, Linköping, Swedish Geotechnical Society, pp. 173-178.
8. Kulhawy, F.H. and Mayne, P.W. (1990), Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design, Report EL-6800/1493-6, Electric Power Research Institute.
9. Landon M.M., DeGroot D.J., Sheahan T.C., (2007), Non-destructive quality assessment of a soft clay using shear wave velocity, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 133, No. 4, 424-432.
10. Madsen O.S., (1978), Wave-induced pore pressures and effective stresses in a porous bed, Geotechnique, 28, No. 4, 377-393.
11. Martins F.B., Bressani L. A., Coop M.R. and Bica V. D., (2001), Some aspects of the compressibility behaviour of a clave sand, Canadian Geotechnical Journal, 38, 1177-1186.
12. Mayne P.W. and Campanella R.G. (2005), Versatile site characterization by seismic piezocone, Proceedings, 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Vol. 2, Osaka, Millpress, Rotterdam, The Netherlands, 721-724.

13. Mayne P.W. Peuchen J. Bouwmeester D. (2010), Soil unit weight estimation from CPTs, Proceedings, 2nd International Symposium on Cone Penetration Testing, Huntington Beach, CA.
14. Robertson P.K. (2009), Interpretation of cone penetration tests - a unified approach, Canadian Geotechnical Journal, 46, 1337-1355.
15. Robertson P.K. Cabal K.L. (2010), Estimating soil unit weight from CPT, Proceedings, 2nd International Symposium on Cone Penetration Testing, Huntington Beach, CA.
16. Schmertmann J.H., Measurement of in situ shear strength, Session III, In situ measurement of shear strength.
17. Skempton, A.W. (1986), Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation, Géotechnique 36, No 3, 425-447.
18. Stroud, M.A. (1989), The Standard Penetration Test - Its application and interpretation, Proc. ICE Conf. on Penetration Testing in the UK, Birmingham, Thomas Telford, London.
19. Tanzini, M. (2002), L'indagine geotecnica - Caratterizzazione geotecnica delle terre e delle rocce attraverso prove in sito e di laboratorio, Dario Flaccovio Editore, pagg. 167-190.
20. Yang S.L., Sandven R and Grande L., (2006), Steady-state lines of sand-silt mixtures, Canadian Geotechnical Journal, 43, 1213-1219.
21. Yu-feng Gao, Yang Shen, Jian Zhang, Bing Li, (2010), Analysis of wave-induced liquefaction in seabed deposits of silt, China Ocean Engineering, Vol. 25, No.1, 31-44.

1. INTRODUZIONE

L'opera in progetto è una piastra multifunzionale, che verrà realizzata in corrispondenza del porto dell'abitato di Vado Ligure nell'area compresa tra il pontile Fornicoke e i pontili Esso e Vadoil, in adiacenza ai quali è presente lo sbocco a mare del torrente Segno.
La piastra multifunzionale funzionerà da nuovo terminal per i container e da pontile per lo sbarco dei prodotti petroliferi.
E' stato condotto un rilievo geologico - geomorfologico dell'area, oggetto di studio, nel corso del mese di gennaio 2009, che ha permesso di individuare la natura delle rocce affioranti e la tipologia dei depositi quaternari, nonché i relativi rapporti stratigrafici.
A seguito del rilevamento si sono confrontate le ipotesi sull'evoluzione geomorfologica dell'area con le stratigrafie delle indagini in nostro possesso, al fine di confermare o meno i rapporti stratigrafici tra i corpi sedimentari e quindi la storia di sedimentazione dei depositi individuati.
La datazione delle epoche e dei piani fa riferimento a quella proposta dalla Commissione Internazionale di Stratigrafia.



FIG. 1.1 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLA PIASTRA MULTIFUNZIONALE

2. OGGETTO E SCOPO

L'oggetto del presente rapporto sono la natura e i rapporti stratigrafici delle formazioni rocciose e dei corpi sedimentari affioranti e sommersi nella zona di Vado Ligure, Savona.

Lo scopo è l'individuazione degli agenti morfogenetici che hanno agito nell'area di studio dal Miocene ad oggi e la ricostruzione della storia della loro interazione, che ha portato alla morfologia attuale.

La ricostruzione degli eventi tettonici e sedimentari degli ultimi 25 milioni di anni è infatti di fondamentale importanza per capire l'assetto stratigrafico di questa porzione della costa ligure, che nel suo complesso è caratterizzata da un'evoluzione morfologica recente e rapida, riferibile appunto alle vicende che si sono susseguite dal Miocene ad oggi.

3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Sono di seguito presentati i documenti di riferimento e le fonti da cui sono state attinte informazioni geotecniche complementari alle indagini geognostiche di stretta pertinenza della Piastra Multifunzionale:

[1] Studio Garassino - 21/10/03 - Relazione Geotecnica - job 1429 doc. n. 27.00
[2] Studio Garassino - 18/04/03 -Relazione Geotecnica - job 1429 doc. n. 21.00
[3] Progetto Definitivo della Nuova Piastra Multifunzionale del Porto di Vado Ligure - Technital S.p.A.
[4] MI010P-PE-GGR-1000-C4 - Campo prova area rilevato - Relazione tecnica
[5] MI010P-PE-GGC-1000-C4 - Campo prova area rilevato - Capitolato speciale
[6] MI010P-PE-GGR-1001-C4 - Campo prova cassone area a giorno - Relazione tecnica
[7] MI010P-PE-GGC-1001-C4 - Campo prova cassone area a giorno - Capitolato speciale
[8] Elaborati grafici da MI010P-PE-GGD-1001-C4 a MI010P-PE-GGD-1015-C4
[9] MI010P-PE-GGR-1100-C1 - Campo prova area rilevato Relazione prove di laboratorio ed in situ
[10] MI010P-PE-GGR-1101-C1 - Campo prova area rilevato Relazione prove di laboratorio ed in situ allegato: procedure di prova e certificati del laboratorio
[11] MI010P-PE-GGR-1202-C0- Relazione geotecnica e caratterizzazione dei terreni di fondazione
[12] MI010P-PE-GGR-1203-C0-Allegato A - Indagini geognostiche e prove pregresse
[13] MI010P-PE-GGR-1204-C0-Allegato B - Indagini geognostiche e prove per il progetto della Piastra
[14] MI010P-PE-GGR-1205-C0-Allegato C - Cartografia analitica sui caratteri fisici dei suoli
[15] MI010P-PE-GGR-1206-C0-Elaborati grafici
[16] Norme Tecniche per le costruzioni di cui al DM 14/01/2008
[17] Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Tecniche per le costruzioni di cui al DM 14/01/2008, Circolare del 2/2/2009

4. FORMAZIONI GEOLOGICHE E CORPI SEDIMENTARI

L'area in studio ricade nei fogli 92 - 93 "Albenga - Savona" della Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 e si sviluppa dalla linea di costa presso l'abitato di Vado Ligure fino alla porzione più interna della pianura fluviale del torrente Segno.

Il dominio paleogeografico è quello Permo - Carbonifero brianzonese epimetamorfico.

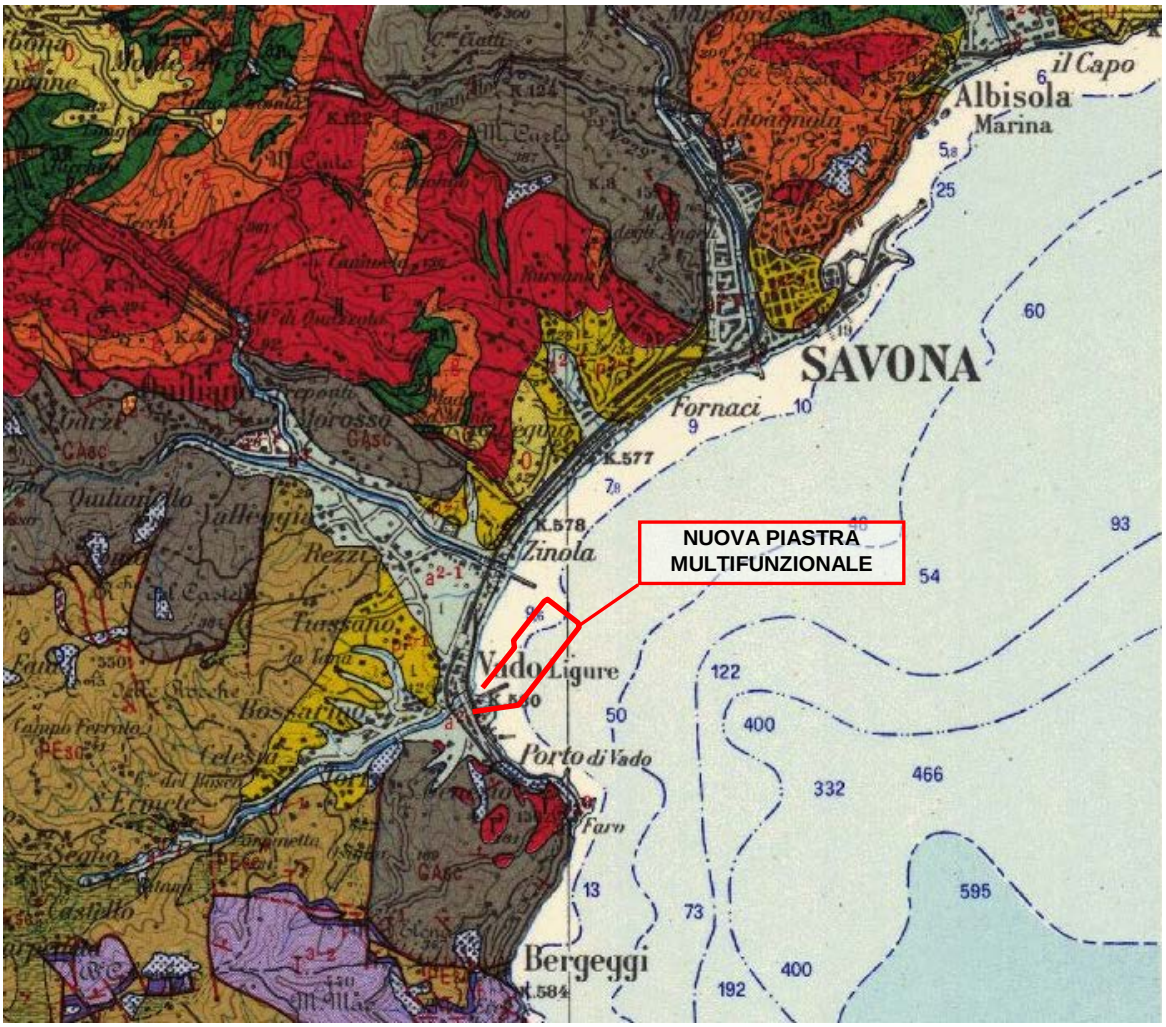


FIG. 4.1 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - ESTRATTO DEI FOGLI ALBENGA - SAVONA N°92 E 93 DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA NAZIONALE IN SCALA 1:100000.



FIG. 4.2 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - ESTRATTO DEI FOGLI ALBENGA - SAVONA N°92 E 93 DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA NAZIONALE IN SCALA 1:100000 - LEGENDA

Il rilievo geologico - geomorfologico ha permesso di integrare le informazioni contenute all'interno dei Fogli 92 - 93.

La cartografia ufficiale riporta i seguenti corpi sedimentari:

- Formazione di Murialdo - CAsc - datata al Carbonifero superiore e medio;
- Graniti del Torrente Letimbro - Ŕ - datata al Permiano medio;
- Scisti di Gorra - PEsc - datata al Permiano medio - Carbonifero superiore;
- Argille di Ortovero - P^{2-1} - datate al Pliocene,
- Alluvioni recenti non terrazzate - a^{2-1} - risalenti all'Olocene.

- Alluvioni attuali a3

Si sono potuti inoltre individuare con il rilievo geomorfologico i seguenti corpi sedimentari:

- Depositi eluvio - colluviali recenti, risalenti all'Olocene;
- Depositi eluvio - colluviali e di frana antichi, risalenti al Pleistocene;

Si riporta di seguito una breve descrizione litologica dei corpi sedimentari suddetti.

CAsc - *Formazione di Murialdo* - Carbonifero medio-superiore
Questa formazione è costituita essenzialmente da filladi e micascisti minuti carboniosi scuri, Fig. 4.3, che presentano come loro caratteristica, utile al rilevamento di campagna che le differenzia dagli Scisti di Gorra, frequentissime lenti e vene contorte di quarzo, come si vede in Fig. 4.3. Sono presenti subordinatamente intercalazioni di arenarie grigie o verdastre e di scisti arenacei verdastri verso la sommità.
La natura litologica della formazione, l'elevato grado di fratturazione e gli scoscesi versanti di faglia, che caratterizzano la valle del torrente Segno, concorrono allo sviluppo di un grado di alterazione medio - alto degli scisti, che si concretizza in:

– colorazione rossastra della porzione di ammasso alterato;
– porzioni di ammasso parzialmente argillificate;
– spesse coltri di depositi eluvio - colluviali a granulometria limo - sabbiosa

I contatti della suddetta formazione con le formazioni adiacenti, come gli Scisti di Gorra e i Porfiroidi del Melogno, sono per lo più di origine tettonica. Sulla base della posizione stratigrafica degli scisti si suppone che la formazione si collochi tra gli Gneiss di Albisola, originaria base di sedimentazione, e gli Scisti di Gorra, verso i quali la formazione mostra una serie di passaggi transizionali.



Filladi e micascisti scuri carboniosi



PARTICOLARE DELLE VENE CONTORTE DI QUARZO
CHE CARATTERIZZANO QUESTA FORMAZIONE

FIG. 4.3 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - FORMAZIONE DI MURIALDO - CASC

Γ - *Graniti del torrente Letimbro* - Permico medio

Graniti gneissici a grana grossa o minuta, fortemente cataclasati e di origine anatessica, di conseguenza ricchi di biotite e muscovite. Questi corpi gneissici si rinvengono all'interno degli ammassi rocciosi degli scisti della Formazione di Murialdo, che costituiscono i rilievi di Capo di Vado.

La parete rocciosa con distacco di detrito di versante, immediatamente a monte del faro di Capo di Vado, offre un imponente affioramento di questi litotipi, si veda Fig. 4.4.



FIG. 4.4 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - FORMAZIONE DEI GRANITI DEL TORRENTE LETIMBRO - PARETE ROCCIOSA CON DISTACCO DI DETRITO DI VERSANTE A TERGO DEL FARO DI CAPO DI VADO.

L'attività magmatica si riconosce essere avvenuta in tempi posteriori al Permico inferiore, e si può precisare che deve aver preceduto la fase orogenetica eocenica, che ha poi coinvolto i massicci cristallini.

L'intensa cataclasi, che ha subito questa formazione, determina scadenti caratteristiche geomeccaniche della roccia e la formazione di detriti lungo i pendii.

PEsc - *Scisti di Gorra* - Carbonifero medio-superiore

Questa formazione costituisce il gruppo arealmente prevalente in questa porzione del foglio Albenga-Savona. La formazione è costituita dalle litofacies degli scisti sericitici e cloritici, scisti filladici spesso titaniferi, scisti quarzo-sericitici e scisti gneissici, scisti quarzo-sericitici carboniosi, quarziti e quarzoscisti, arenarie e microconglomerati quarzoso-feldspatici.

Si sono originati da sedimenti fini arenaceo - pelitici, tufiti e piroclastici depositatisi sia in ambiente marino sia continentale al di sopra del basamento cristallino e successivamente interessati da metamorfismo alpino di basso grado.

Il rilevamento geologico ha permesso di individuare le litofacies più frequenti in corrispondenza dei rilievi posti a monte della costa:

- scisti sericitici, cloritici e cloritico - sericitici: colore variabile dal grigio al verdino o bianco argenteo, si disgregano facilmente in scaglie minute. Si veda Fig. 4.5;
- scisti quarzo sericitici e filladico - sericitici, micascisti minuti, scisti quarzo - feldspatico - sericitici: colore variabile tra il bianco e il grigio, il verdastro e il marrone, tessitura marcatamente scistosa. Si veda Fig. 4.5;
- quarziti e quarzoscisti: colore bianco o grigio - verdolino, estremamente compatti, più o meno scistosi a grana minuta. Si veda Fig. 4.6.

Le prime due facies sono presenti nei rilievi immediatamente a monte della costa e nell'entroterra, l'ultima esclusivamente nelle zone più a monte della valle del torrente Segno.



PARTICOLARE DELLA TESSITURA FORTEMENTE SCISTOSA CON PRODUZIONE DI SCAGLIE MILLIMETRICHE DELLA FACIES DEGLI SCISTI SERICITICI-CLORITICI



SCISTI QUARZO-SERICITICI - LA TESSITURA PRESENTA UN GRADO DI SCISTOSITÀ INFERIORE A QUELLA DELLA FACIES DEGLI SCISTI

FIG. 4.5 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - SCISTI DI GORRA FACIES DEGLI SCISTI SERICITICI-CLORITICI E QUARZO-SERICITICI



FIG. 4.6 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - SCISTI DI GORRA - FACIES DEI QUARZO - SCISTI - LA TESSITURA È PIÙ O MENO SCISTOSA, COMPATTA A GRANA MINUTA.

In affioramento queste rocce appaiono caratterizzate da forte anisotropia planare legata ad una scistosità assai pervasiva ed elevata alterabilità superficiale con formazione di potenti coltri detritico eluvio-colluviali a granulometria variabile, con matrice limo - argillosa.

P $^{1-2}$ - *Argille di Ortovero* - Pliocene (5,33 - 2,58 Ma)
Nei pressi dell'abitato di Ortovero sono presenti due formazioni plioceniche:

- le Argille di Ortovero;
- i conglomerati di Monte Villa

Questi ultimi sono sovrapposti alle prime, anche se si individuano zone di eteropia tra le due formazioni. I conglomerati, Fig. 4.7, sono a cemento calcareo e i clasti arrotondati e sub - arrotondati sono di natura essenzialmente calcarea. La granulometria dei clasti varia da ghiaie medio - grossolane a sabbie grossolane. Lo spessore di questa facies è in media di 150 - 200 m.



FIG. 4.7 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - CONGLOMERATI DI MONTE VILLA - AFFIORAMENTO DI CONGLOMERATI E SABBIE CEMENTATE CHE PROGRADANO VERSO IL MARE

Il rilievo geologico ha permesso di confermare quanto riportato nelle note illustrative dei fogli Albenga - Savona, ovvero che nel savonese tutto il Pliocene si presenta in facies prevalentemente argillosa, mancando completamente la facies dei conglomerati di Monte Villa. Le argille presentano generalmente una colorazione grigio - azzurra, Fig. 4.8, sono fossilifere, a testimonianza di una loro deposizione in ambiente marino. La porzione superiore delle argille può essere caratterizzata dalla presenza di livelli sabbiosi e conglomeratici minuti, ben stratificati, Fig. 4.8, che testimoniano il passaggio da una deposizione prettamente marina ad una marina - continentale.



COLORAZIONE GRIGIO - AZZURRA DELLE ARGILLE CHE PRESENTANO UN GRADO ELEVATO DI CONSISTENZA



LIVELLI SABBIOSO - GHIAIOSI DELLA PORZIONE SOMMITALE DELLA FORMAZIONE A TESTIMONIANZA DI UNA TRANSIZIONE TRA SEDIMENTAZIONE MARINA E CONTINENTALE

FIG. 4.8 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - ARGILLE DI ORTOVERO

La giacitura degli strati è sub - orizzontale con una debole pendenza verso la linea di costa, il contatto con le altre formazioni è quasi sempre trasgressivo. La stato di conservazione della formazione in superficie è mediocre, ma migliora andando in profondità per la scarsa permeabilità del litotipo, che impedisce il rammollimento da parte dei fattori esterni.

Depositi eluvio - colluviali antichi - Pleistocene (1,8 - 0,126 Ma)
I depositi sono stati individuati con il rilevamento geomorfologico nei pressi degli abitati di Coghi e Bossarino, delle località Ronco e Tana e di Rio Termini. Essi ricoprono le sottostanti Argille di Ortovero, dalle quali sono separati da una superficie ondulata di erosione. Tale superficie, Fig. 4.9, testimonia l'emersione delle argille e la loro successiva erosione durante il Pleistocene.

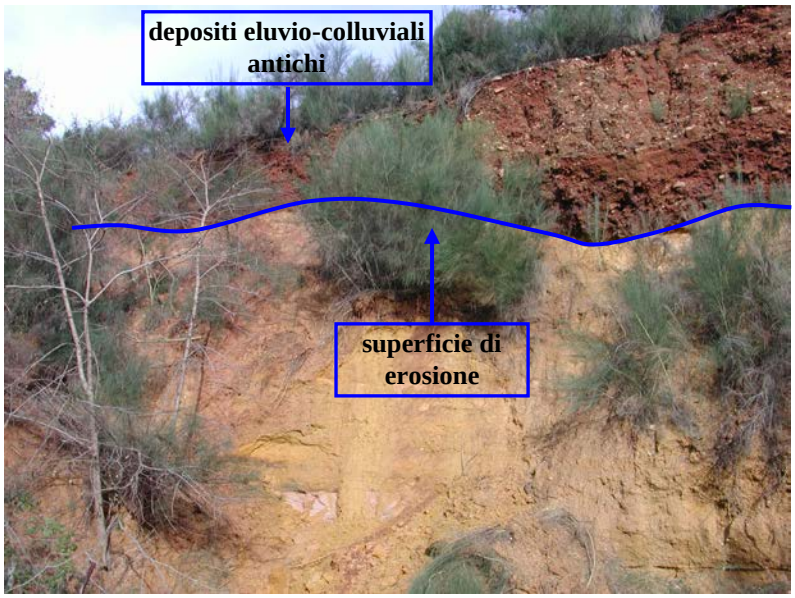


FIG. 4.9 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ANTICHI - SUPERFICIE DI CONTATTO CON LE SOTTOSTANTI ARGILLE DI ORTOVERO

I depositi di colore bruno rivelano un grado di alterazione elevato, confermato dalla matrice argilloso - limosa all'interno della quale sono presenti clasti a granulometria varia-

bile da qualche centimetro a qualche decimetro anche se sono assenti i blocchi. La forma dei clasti è spigolosa e la natura litologica rivela una derivazione dalla Formazione degli Scisti di Gorra, posti a monte delle località di affioramento di questi depositi.
La natura eluvio - colluviale dei depositi si evince dalla totale assenza di una qualsiasi classazione dei sedimenti, dalla forma spigolosa dei clasti, qualsiasi sia la loro dimensione e dalla struttura matrice sostenuta, di natura argilloso - limosa - sabbiosa.
L'unica gradazione presente nei depositi è di tipo verticale, Fig. 4.10, ovvero si nota una diminuzione della granulometria dei clasti con un aumento parallelo della frazione fine e quindi della matrice dal basso verso l'alto di questi depositi.



FIG. 4.10 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ANTICHI - RIDUZIONE DELLA GRANULOMETRIA DEI CLASTI ED AUMENTO DELLA FRAZIONE FINE DAL BASSO VERSO L'ALTO DEI DEPOSITI DI VERSANTE

Questa variazione granulometrica testimonia probabilmente l'esistenza di un elevato gradiente morfologico a seguito degli eventi tettonici, che hanno determinato dapprima la formazione del Grablin Tettonico, bacino di sedimentazione delle argille di Ortovero, e successivamente la loro emersione, con conseguente sviluppo di fenomeni gravitativi di tipo debris flow, che portavano a valle ingenti quantità di detrito. Un fattore predisponente queste frane è sicuramente l'elevata alterabilità e fissilità degli scisti.
A seguito della diminuzione del gradiente morfologico il mezzo di trasporto del detrito, che presenta ora una granulometria minore, è diventato il dilavamento dei versanti per mezzo delle acque meteoriche, che hanno depositato la porzione superiore fine. Tale porzione, Fig. 4.11, costituisce la coltre eluvio - colluviale vera e propria con la caratteristica laminazione da trasporto areale delle acque di corrivazione.

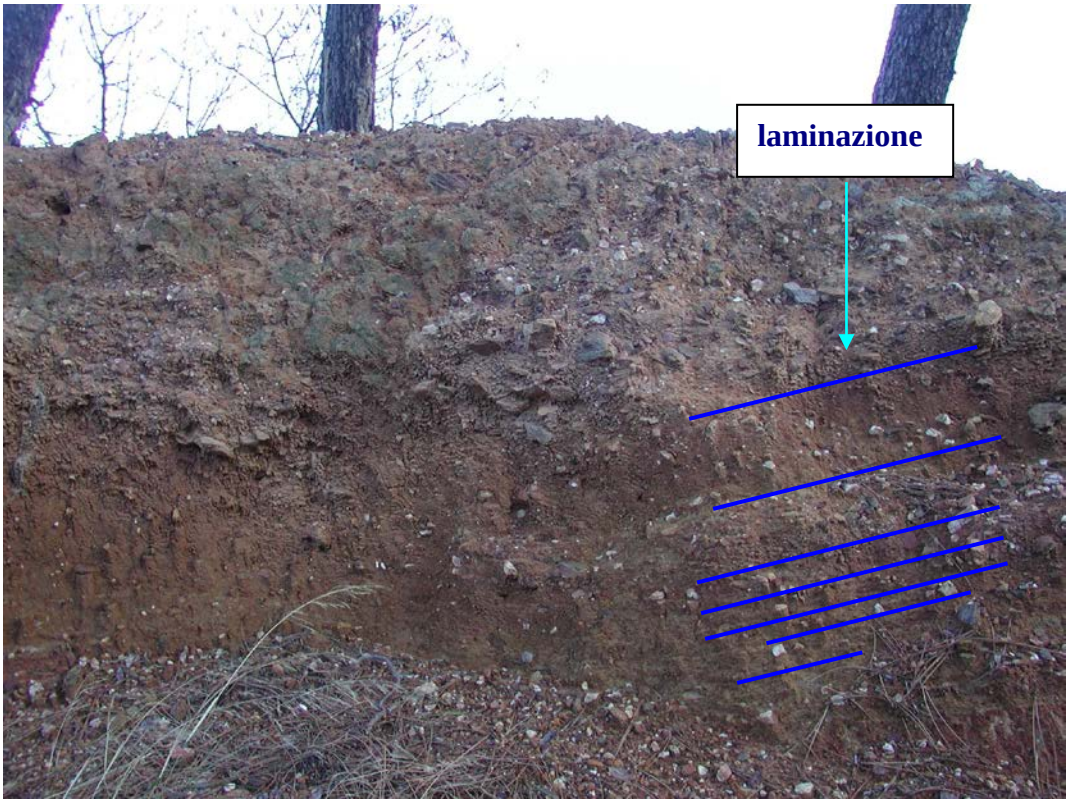


FIG. 4.11 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ANTICHI -PORZIONE SUPERIORE DEI DEPOSITI ELUVIO - COLLUVIALI DOVE È VISIBILE LA TIPICA LAMINAZIONE DA TRASPORTO AREALE DELLE ACQUE DI CORRIVAZIONE

Se si considera la natura geometrica dei depositi si nota una forma a cono o ventaglio con una inclinazione della sua superficie sommitale, che si raccorda perfettamente con il versante posto a monte, Fig. 4.12, sorgente del detrito, che costituisce i depositi eluvio - colluviali.

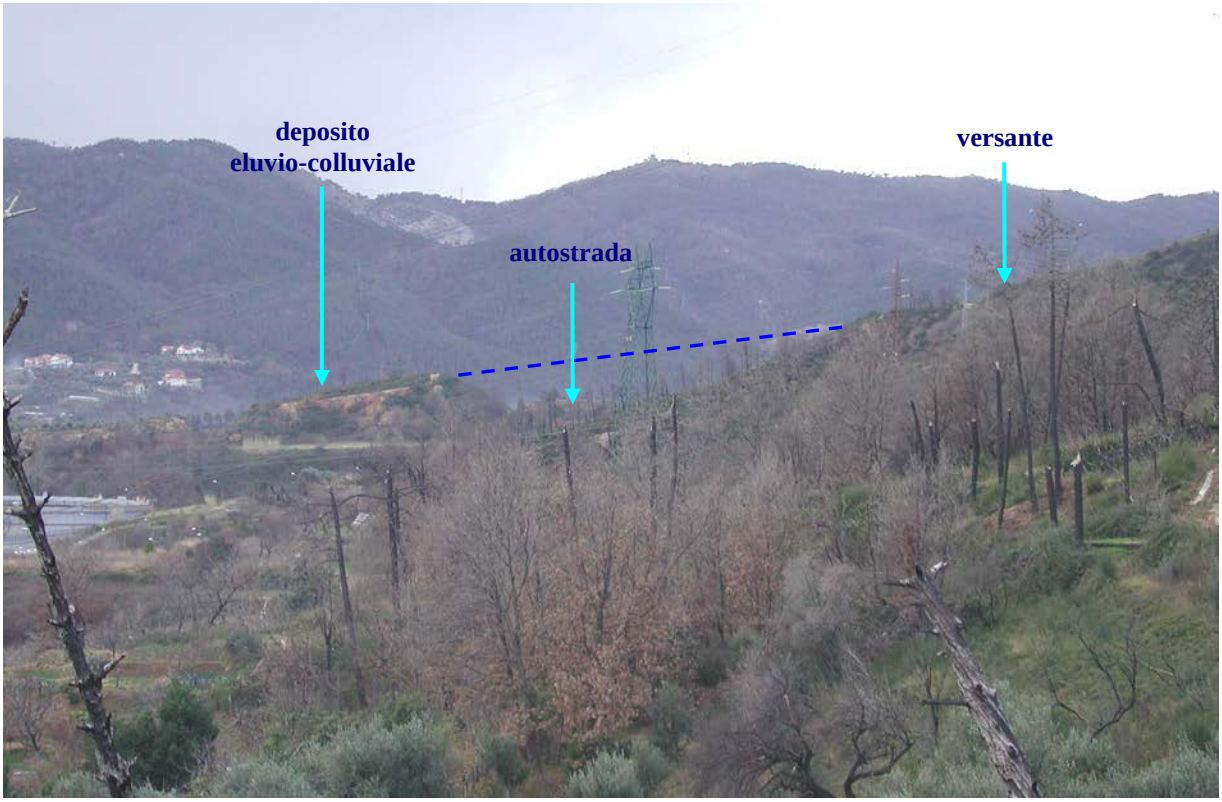


FIG. 4.12 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI ANTICHI - RACCORDO DEL DEPOSITO ELUVIO - COLLUVIALE IN LOCALITÀ RONCO CON IL VERSANTE POSTO A MONTE. LA CONTINUITÀ È STATA INTERROTTA CON LA COSTRUZIONE DELL'AUTOSTRADA GENOVA - VENTIMIGLIA

Depositi eluvio - colluviali recenti - Olocene (0,011 Ma - attuale)

I versanti dei litotipi filladici e scistosi presentano coperture eluvio - colluviali a spessore decimetrico, costituite per lo più da una argilla limoso - sabbiosa con scaglie spigolose millimetriche e centimetriche del sub - strato roccioso scistoso, Fig. 4.13.



SCAGLIE DI DIMENSIONI MILLIMETRICHE SONO DISPERSE ALL'INTERNO DI UNA MATRICE LIMOSO - SABBIOSA.



LA MATRICE È SOSTANZIALMENTE COSTITUITA DA LIMO E SABBIA. SI NOTA LA PRESENZA DIFFUSA DI LAMELLE DI MUSCOVITE, PROVENIENTI DALL'ALTERAZIONE DEL SUBSTRATO SCISTOSO

FIG. 4.13 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI RECENTI

La formazione di queste coltri detritiche è legata alla interazione tra litotipi molto fratturati e alterabili e un gradiente morfologico elevato con la presenza di numerosi versanti di faglia, che conferiscono una elevata capacità erosiva all'acqua meteorica.

a 2-1 - *Alluvioni non terrazzate recenti* - Olocene (0,011 Ma - attuale)
Depositi alluvionali non terrazzati, per lo più ghiaiosi e sabbiosi, solo localmente limosi od argillosi, non alterati in superficie, e depositi di spiaggia correlati. L'area di studio è priva di depositi alluvionali terrazzati.
In questa facies sono stati messi assieme le alluvioni di fondovalle e i depositi di spiaggia ad essi correlati, per l'impossibilità di tracciare un limite sicuro tra i due depositi, a causa dell'estrema antropizzazione.
Gli scavi in destra idrografica del torrente Segno nell'area antistante lo stabilimento della Esso mostrano sedimenti alluvionali a granulometria sostanzialmente sabbiosa con disperso del ghiaietto.

a 3 - *Alluvioni attuali*
I depositi alluvionali attuali del torrente Segno, individuati durante il rilevamento, presentano un aumento della granulometria dalla foce verso i rilievi lungo il letto attuale del torrente.
I clasti sono sub - arrotondati ed arrotondati, litologicamente affini alle rocce degli scisti di Gorra ed ai calcari dei rilievi più interni. La granulometria dei depositi varia da una sabbia a una ghiaia debolmente sabbiosa, come si può vedere nelle foto di Fig. 4.14.
I depositi di spiaggia correlati sono costituiti dai medesimi materiali, che presentano una granulometria più omogenea di tipo ghiaioso - sabbiosa, Fig. 4.14, per la classazione operata dal moto ondoso.



GHIAIE DEL TORRENTE SEGNO A GRANULOMETRIA GENERALMENTE MEDIA CON CLASTI ARROTONDATI E SUB - ARROTONDATI A LITOLOGIA ESSENZIALMENTE SCISTOSA E FILLADICA



BARRA FLUVIALE DEL TORRENTE SEGNO A GRANULOMETRIA SABBIOSO - GHIAIOSA



DEPOSITI GHIAIOSO SABBIOSI DI SPIAGGIA IN CORRISPONDENZA DELLA FOCE DEL TORRENTE SEGNO

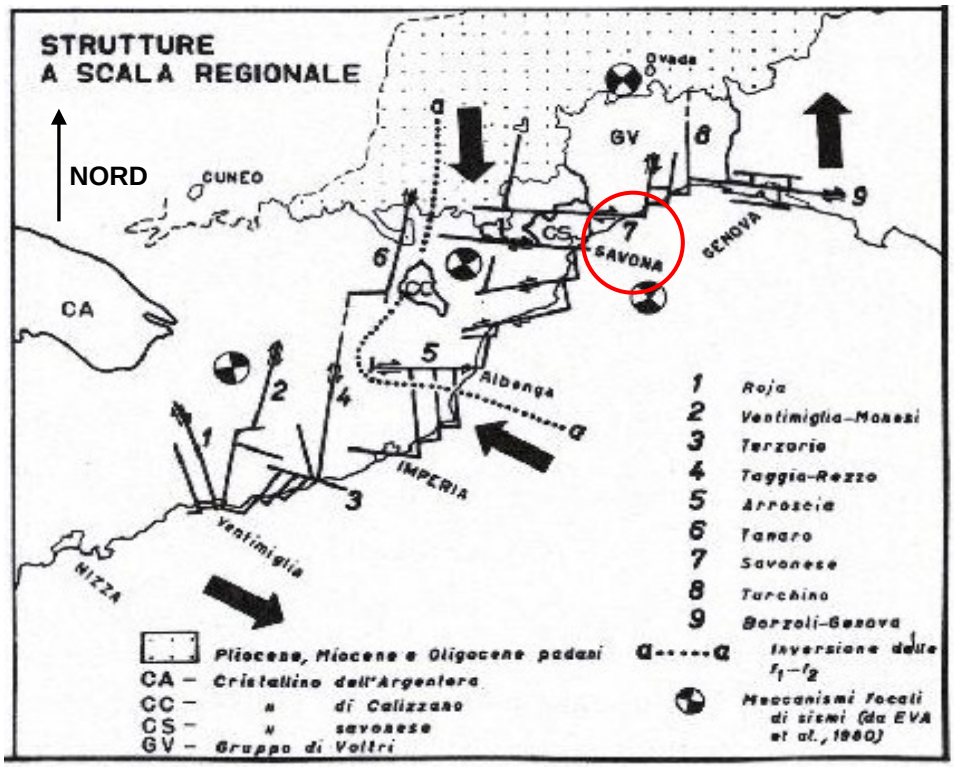
FIG. 4.14 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI

5. NEO - TETTONICA

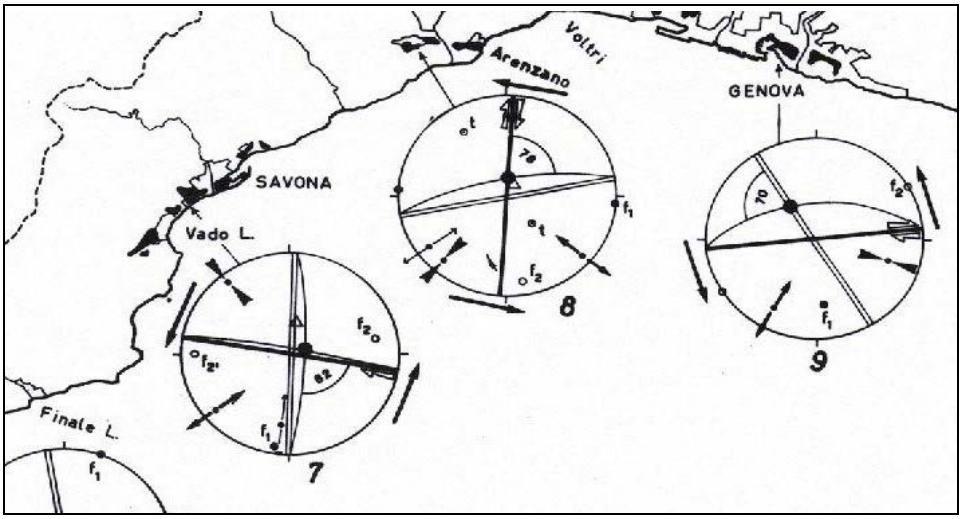
Le Formazioni che costituiscono i rilievi montuosi dell'area di studio rappresentano la copertura permo - carbonifera del sub - strato cristallino paleozoico. Tali formazioni hanno una giacitura monoclinale, a parte eccezioni locali, scarsamente inclinata verso N, caratterizzata da deformazioni prevalentemente plastiche. Queste si traducono nel contatti tettonici tramite due ordini di faglie:

- Faglie fortemente inclinate di notevole estensione;
- Faglie di direzione con inclinazione variabile.

Le prime costituiscono due sistemi: faglie con direzione NE-SW, la meno frequente, e faglie con direzione NNW-SSE, la più diffusa, che determinano i contatti tettonici tra la Formazione di Murialdo e quella degli Scisti di Gorra.
Le seconde hanno in prevalenza direzione E-W, con immersione variabile verso N o verso S.
L'azione congiunta dei due sistemi di faglie a direzione NNW-SSE e E-W ha determinato in particolare la morfologia attuale della costa di Vado Ligure e in generale quella della costa ligure. La Fig. 5.1a evidenzia quanto suddetto e riporta la sintesi di una serie di studi, condotti da Mantovani, sulle vicende tettoniche dell'area ligure.
Il dominio 7 della Fig. 5.1a, corrispondente alla zona di Savona, mostra nella porzione più meridionale l'assetto strutturale dell'area oggetto di questa relazione, indicando la presenza sostanziale di un sistema NNW-SSE parallelo alla costa, che ha determinato un abbassamento progressivo dei rilievi con una struttura a gradoni e di un secondo sistema ad andamento E-W, responsabile della formazione delle attuali valli.
La struttura a gradoni è riconoscibile ancora oggi sul fondo marino attraverso la presenza di falesie multiple ribassate, così come è testimoniato dai numerosi isolotti antistanti la costa, che si trovano andando da Savona verso Ventimiglia.
Il sistema coniugato con andamento E-W è registrato non solo dalla disposizione più o meno trasversale delle valli alluvionali rispetto alla linea di costa, ma anche dal loro prolungamento a mare, come canyon sottomarini.
Quest'ultimo sistema è ben schematizzato nella Fig. 5.1b, che riporta la proiezione su diagrammi polari delle direzioni dei principali sistemi di lineazioni.



- a -



- b -

FIG. 5.1 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - NEOTETTONICA - PRINCIPALI SISTEMI DI LINEAZIONE CHE HANNO MODELLATO L'ATTUALE COSTA LIGURE - DA MANTOVANI, 1983

I rilievi più interni della valle del torrente Segno offrono un punto di vista ottimale per l'osservazione del sistema di faglie E-W a scala regionale all'interno dell'area di studio. E' infatti possibile osservare una serie di versanti di faglia, che delimitano la valle del Segno, caratterizzati dalle tipiche "faccette triangolari o trapezioidali", Fig. 5.2.
L'evoluzione parossistica degli eventi suddetti può essere collocata nel Pliocene, quando si è assistito dapprima alla strutturazione di una grossa insenatura, e successivamente alla formazione di un nuovo golfo, probabilmente di origine tettonica tipo graben, in cui la subsidenza si accompagna alla sedimentazione delle argille di Ortovero. Alla fine del Pliocene si ha la definitiva emersione delle argille e l'inizio del loro smantellamento con il successivo apporto dei materiali alluvionali.
La configurazione della valle e della linea di costa dell'area oggetto di studio non doveva differire di molto da quella attuale nel Pleistocene Medio, circa 1 Ma di anni fa.



FIG. 5.2 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - NEOTETTONICA - EVIDENZE MORFOLOGICHE DEL SISTEMA DI FAGLIA A DIREZIONE E-W NELLA MORFOLOGIA A FACCETTE TRIANGOLARI E TRAPEZOIDALI DEI VERSANTI CHE DELIMITANO LA VALLE DEL TORRENTE SEGNO

6. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

La piana alluvionale del Torrente Segno costituisce il tratto terminale del bacino del corso d'acqua dove l'ambiente geomorfico torrentizio - fluviale si raccorda, attraverso un ambiente di transizione, al comparto costiero di spiaggia. Il torrente Segno è caratterizzato da una estensione limitata e scorre all'interno di una valle di origine tettonica, caratterizzata da versanti di faglia acclivi, Fig. 5.2.
Si individuano due settori all'interno del suddetto bacino idrografico:

- settore montano;
- settore di pianura

Il corso del torrente Segno ha inciso profondamente le rocce del settore montano, originando profonde e strette gole, a testimonianza di una attività erosiva del torrente, tuttora presente, favorita dall'alterazione del substrato roccioso e dovuta essenzialmente agli elevati gradienti morfologici tra i rilievi e le limitrofe zone costiere, a causa della neotettonica.
I depositi alluvionali della pianura diminuiscono di quota dalle zone di monte fino a quella costiera, raccordandosi con questa ultima a testimonianza del processo di sedimentazione che caratterizza il settore di pianura, teso a riequilibrare i forti gradienti morfologici.
Il rischio di esondazione è elevato, a causa dei fattori morfologici suddetti e dell'intensa antropizzazione delle aree limitrofe alle aste fluviali, come è stato evidenziato ultimamente dall'evento inondativo del 1992.
I depositi alluvionali a granulometria grossolana del torrente Segno sono sede di una falda sostanzialmente freatica di sub - alveo a potenza limitata, considerato lo spessore modesto dei sedimenti che costituiscono l'acquifero, appoggiato sul substrato impermeabile delle Argille di Ortovero. Il materasso alluvionale ghiaioso - sabbioso è continuo e presenta una riduzione della granulometria dal basso verso l'alto per la perdita dell'energia di trasporto del torrente, associata ad una parziale mitigazione dei gradienti morfologici. Sono presenti localmente livelli o lenti limoso - argillose, lo spessore complessivo del materasso alluvionale può essere stimato tra 10 e 40 m.

I depositi grossolani alluvionali si interdigitano in prossimità della costa con i relativi depositi ghiaioso - sabbiosi.
L'acquifero è alimentato dal corso d'acqua principale, dalle acque meteoriche di corrivazione lungo i versanti e da quelle che si infiltrano direttamente nel sottosuolo.
La falda segue quindi il corso del torrente e probabilmente presenta una maggiore potenza in destra orografica, laddove sono assenti affioramenti delle argille del sub - strato, che si trovano a maggiore profondità, il che ha favorito la formazione di un maggiore spessore delle coltri alluvionali, come evidenziato negli scavi dei cantieri attualmente presenti nell'area.
Questa configurazione geomorfologica comporta un versamento delle acque sotterranee in quelle marine in un settore costiero limitato e sostanzialmente coincidente con l'area delimitata dagli attuali pontili Vadoil, Esso e Fornicoke. La presenza di questo canale preferenziale collegata con l'elevata permeabilità dei depositi alluvionali, in particolare della porzione inferiore del materasso alluvionale, può spiegare la presenza dei fenomeni di artesianesimo, che sono stati registrati durante la campagna di indagine del 1969.
Sorgenti sottomarine sono diffuse lungo tutta la costa ligure, in particolare laddove si trovano litotipi calcarei, quindi non nell'area di studio, per lo sviluppo di sistemi carsici a causa dell'elevato gradiente morfologico. Un esempio di queste sorgenti si trova presso l'abitato di Berteggi, posto poco più a S di Vado Ligure, dove sono state individuate sorgenti sottomarine ricche di sali calcarei, che cementano le sabbie marine, producendo le beach rock, come riscontrato anche nell'abitato di Finale Ligure.

7. EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DELL'AREA

Le vicende tettoniche che hanno portato alla attuale morfologia e che hanno pesantemente condizionato gli ambienti di sedimentazione, le geometrie e le potenze dei corpi sedimentari, si sono succedute in un intervallo di tempo limitato, e sostanzialmente coincidente con le Epoche Miocene Superiore, Pliocene, Pleistocene.
Gli indicatori morfologici di questo complesso e tumultuoso sviluppo sono:

- Elevati gradienti morfologici dei versanti;
- Versanti di faglia con faccette triangolari e trapezioidali;
- Versanti a picco sul mare e terrazzi marini a testimonianza di antiche falesie e aree tipo fiordo con erosione marina;
- Superficie di erosione delle Argille di Ortovero;
- Accumulo di potenti coltri eluvio - colluviali;
- Spessore modesto dei depositi alluvionali con rapida riduzione dal basso verso l'alto della loro granulometria;
- Profonda incisione del substrato roccioso ad opera del torrente Segno nei rilievi più a monte della sua valle, e progressiva diminuzione della quota dei depositi alluvionali progradanti verso il mare e troncati da quest'ultimo a testimonianza di una azione erosiva che non è ancora terminata per gli elevati gradienti morfologici.

Si riporta di seguito una descrizione della possibile evoluzione geomorfologica dell'area oggetto di studio, ovvero della valle del torrente Segno e della associata area di costa.

La costa ligure si struttura morfologicamente, così come è possibile osservarla oggi, durante il Miocene Superiore e Pliocene per l'azione della neo - tettonica.
Agli inizi del Miocene, circa 24 MA, si ha la creazione di una ampia insenatura, per mezzo dei sistemi di faglia E-W e NNW-SSE e degli associati sistemi secondari.
Successivamente durante il Pliocene si ha la riattivazione dei due sistemi di faglie, in particolare quello con direzione NNW-SSE, che determina la formazione di un nuovo golfo con struttura tipo "graben" e di una serie di falesie multiple, tuttora individuabili sul fondale marino.

Il graben suddetto diventa il bacino di sedimentazione delle argille di Ortovero, che ricoprono le rocce della formazione di Murialdo e degli scisti di Gorra, che costituiscono il substrato roccioso.

La subsidenza del bacino permette la sedimentazione delle argille di Ortovero, che progressivamente raggiungono porzioni di fondale marino sempre più prossime alla linea di costa, definendo così per le argille un contatto trasgressivo con le formazioni del substrato.

La morfologia della costa doveva essere dominata da una alternanza di falesie e aree con caratteristiche simili ad una morfologia tipo fiordo. In queste insenature l'azione erosiva regolare del mare, favorita dalla struttura fortemente scistosa dei litotipi rocciosi, ha potuto modellare una serie di terrazzi marini, attualmente osservabili in corrispondenza della linea di costa. I terrazzi presentano, Fig. 7.1, una serie di superfici planari sub-orizzontali, raccordate da scarpate a debole pendenza, testimoni di variazioni del livello marino.

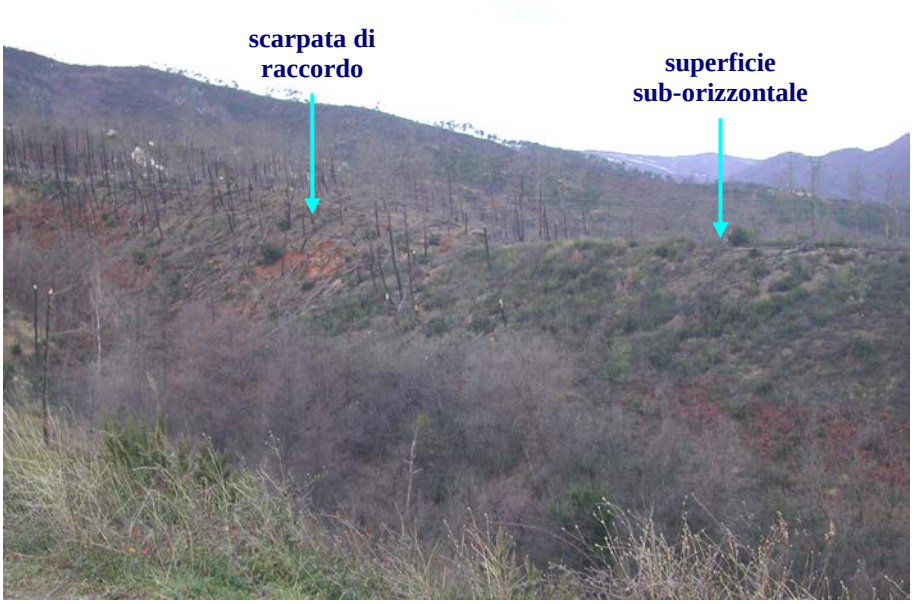


FIG. 7.1 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA E SEDIMENTARIA DELL'AREA - SUPERFICIE SUB - ORIZZONTALE DI UN TERRAZZO MARINO CON A TERGO SCARPATA DI RACCORDO AD UN LIVELLO SUPERIORE. LA SCARPATA RAPPRESENTA UNA VARIAZIONE DEL LIVELLO MARINO

L'evoluzione morfologica dell'entroterra è guidata invece dal sistema di faglie E-W, che rappresenta il vincolo strutturale allo sviluppo di una valle fluviale. Il corso d'acqua precursore dell'attuale torrente Segno inizia così a modellare la valle, apportando al mare sedimenti per lo più grossolani a causa degli elevati gradienti morfologici.

A partire dalla metà del Pliocene inizia, per azione tettonica, l'emersione delle Argille di Ortovero, che culmina all'inizio del Pleistocene, circa 1,8 Ma, con l'innalzamento di tutta la attuale linea di costa.

L'emersione delle argille determina il passaggio tra un ambiente di deposizione marina ad uno di tipo marino-continentale di transizione e successivamente prettamente continentale. Questa evoluzione è ben rappresentata dagli affioramenti delle Argille di Ortovero, presenti in località Coghi e Bossarino di Fig. 7.2.

La Fig. 7.2 mostra un tratto della superficie ondulata di erosione delle argille, a seguito della loro emersione e del progressivo abbassamento del mare. Le argille affioranti presentano un elevato grado di consistenza. La consistenza elevata delle argille è dovuta all'erosione della loro porzione sommitale, è in parte dovuta anche all'essiccamento subito a seguito della loro emersione, così come è riscontrabile dalle elevate pendenze delle scarpate di tutti gli affioramenti.

La superficie di erosione evidenzia due livelli sub-orizzontali a quote diverse, collegate da una scarpata a debole pendenza, evidenze di un progressivo abbassamento del livello marino a seguito dell'innalzamento a cui è stata sottoposta tutta l'area.

La Fig. 7.3 mostra chiaramente la presenza di una serie terrazzi, posti a quote diverse, che sembrano essere stati modellati dall'azione marina, più regolare e costante, piuttosto che da quella fluviale, che non è supportata nemmeno dalla presenza di depositi gradati. La foto riporta una visuale dei terrazzi in località Bossarino dai rilievi posti in destra idrografica del torrente Segno presso l'abitato di S.Genesio.

Le caratteristiche granulometriche dei depositi eluvio - colluviali vedono una riduzione della granulometria dal basso verso l'alto, a riprova di un riequilibrio del gradiente morfologico a seguito delle vicende tettoniche suddette. Si ipotizza che tali depositi possano essersi in parte depositati in ambiente marino, considerata la vicinanza dei rilievi alla linea di costa.

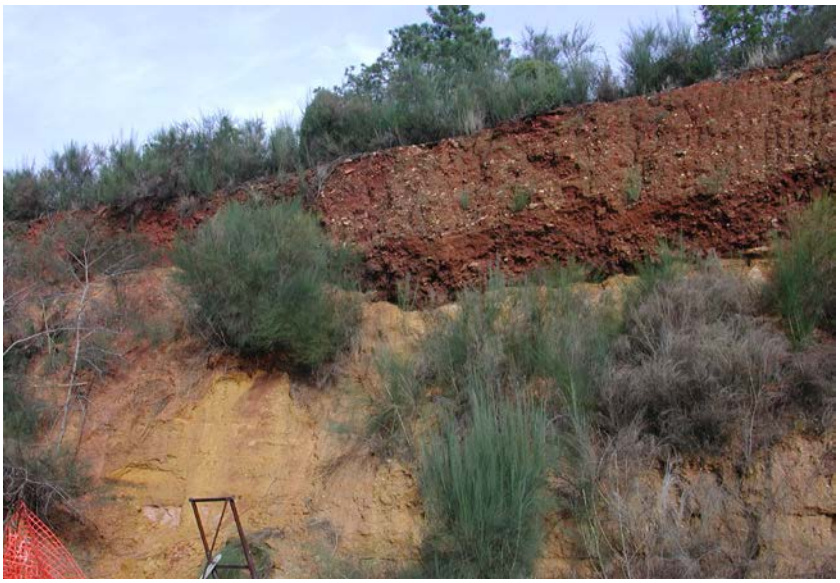


FIG. 7.2 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA E SEDIMENTARIA DELL'AREA - SUPERFICIE DI EROSIONE DELLE ARGILLE DI ORTOVERO CHE SEGNA IL PASSAGGIO DA UN AMBIENTE DI DEPOSIZIONE MARINO AD UNO CONTINENTALE. SI NOTI LA SCARPATA DI RACCORDO TRA DUE LIVELLI SUCCESSIVI TESTIMONE DI UN ABBASSAMENTO DEL LIVELLO MARINO



FIG. 7.3 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA E SEDIMENTARIA DELL'AREA - TERRAZZI MORFOLOGICI MARINI NEI DEPOSITI ELUVIO - COLLUVIALI IN LOCALITÀ BOSSARINO

L'innalzamento della linea di costa è testimoniato oltre che dall'emersione delle Argille di Ortovero anche dal ritrovamento nel Savonese di una serie di affioramenti di conglomerati marroni fortemente alterati, depositati in ambiente marino e attualmente a quote superiori al livello medio mare di qualche centinaio di metri.
La valle, dove scorre attualmente il torrente Segno, alla fine del Pleistocene, circa 0,2 Ma, non era morfologicamente molto dissimile da quella attuale.
A seguito dell'innalzamento della linea di costa il gradiente morfologico dell'alveo del torrente Segno aumenta bruscamente, determinando un regime di erosione del sub - strato roccioso in corrispondenza dei rilievi della porzione di monte della valle, dei depositi alluvionali in corrispondenza della porzione mediana della valle e delle stesse Argille di Ortovero in corrispondenza della linea di costa, ora emerse.
Il brusco salto di gradiente determina una erosione localizzata dei depositi, più che areale, elemento che sostiene la modellazione marina dei terrazzi. L'erosione puntuale dell'alveo del torrente è confermata da:

- Gli unici affioramenti delle argille sono quelli in sinistra idrografica, in corrispondenza della località Bossarino;
- Lo spessore dei depositi alluvionali è molto più marcato in corrispondenza dell'attuale corso del torrente e della porzione in destra idrografica;
- Incisione del substrato roccioso della porzione di monte, con la formazione di valli molto profonde e con pareti sub-verticali, tipo canyon.

L'attività erosiva del torrente Segno determina l'apporto a mare di ingenti quantità di sedimenti, che tendono a colmare le depressioni tettoniche del golfo. L'elevata energia di trasporto permette il collettamento a mare di sedimenti ghiaioso - sabbiosi, derivanti per lo più dai depositi eluvio - colluviali, che sovrastano le argille, e dai litotipi posti a monte. Le ghiaie vengono depositate con spessori che tendono ad aumentare progressivamente verso il mare aperto per la presenza della fossa tettonica e l'abbassamento del livello marino. La frazione fine legata all'erosione dell'Argilla di Ortovero sarà trasportata in corrispondenza di una possibile linea di costa, posta in una posizione più avanzata rispetto all'attuale e dispersa in mare aperto.

A seguito della riduzione del gradiente morfologico per l'erosione dei sedimenti posti a monte e per il colmamento parziale delle depressioni tettoniche a mare, il torrente Segno in una fase di sedimentazione a valle e di erosione dei litotipi rocciosi a monte.
I sedimenti del materasso alluvionale registrano una progressiva diminuzione della loro granulometria dal basso verso l'alto per il progressivo ridursi del gradiente morfologico, che tuttavia risulta essere ancora elevato, determinando l'erosione dei litotipi a monte.
Questa variazione granulometrica di fatto caratterizza il materasso alluvionale del torrente, come si evince da una serie di sondaggi realizzati per pozzi ad uso potabile, che vedono la presenza di un acquifero parzialmente confinato nella porzione inferiore ghiaioso - sabbiosa del materasso alluvionale.
I sedimenti che andranno a formare il materasso alluvionale non derivano più dallo smantellamento dei vecchi depositi alluvionali ed eluvio - colluviali, ma sostanzialmente dall'erosione degli Scisti di Gorra, che occupano la porzione di monte del bacino idrografico del torrente Segno.
Una analisi petrografia speditiva dei sedimenti presenti lungo la costa e l'attuale corso del torrente individua negli scisti suddetti il bacino di alimentazione, così come si evince dal colore grigio - verdastro delle ghiaie e sabbie delle alluvioni recenti - attuali, Fig. 7.4a e b.
Una evidenza della diminuzione del gradiente morfologico è come precedente riportato la diminuzione della granulometria dei sedimenti alluvionali, trasportati dal torrente.
E' possibile vedere in corrispondenza dell'attuale letto del torrente sabbie e ghiaie, Fig. 7.4b, le sabbie si concentrano in corrispondenza della costa mentre le ghiaie aumentano progressivamente andando verso monte.
Le foto di Fig. 7.4b e c, scattate il primo giorno di rilievo, evidenziano il trasporto solido fine del torrente Segno a seguito delle intense precipitazioni, che si sono verificate nei giorni precedenti il rilievo.
Il fine è costituito per lo più da limi e secondariamente da argilla, che derivano dal dilavamento e dalla erosione areale e concentrata delle coltri eluvio - colluviali, che ricoprono i versanti della valle, Fig. 7.5. Questi depositi derivanti dall'alterazione di scisti, filladi e arenarie sono costituiti da limi e sabbie argillose, Fig. 4.11.



a

GHIAIE COSTITUITE DA CLASTI DI SCISTI, FILLADI E QUARZO PRESENTI ALLA FOCE DEL TORRENTE SEGNO



b

SABBIE E SABBIE GHIAIOSE AFFIORANTI SULL'ATTUALE LETTO DEL TORRENTE SEGNO NEL TRATTO DI PIANURA ADIACENTE ALLA COSTA



c

TRASPORTO SOLIDO FINE DEL TORRENTE SEGNO NEI GIORNI DEL RILIEVO A SEGUITO DELLE INTENSE PRECIPITAZIONI DEI GIORNI PRECEDENTI

FIG. 7.4 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA E SEDIMENTARIA DELL'AREA

Si ritiene che il moto ondoso, che caratterizza questa porzione di litorale, determini un parziale allontanamento della frazione argillosa, favorendo lungo la costa la sedimentazione di limi e sabbie fini.

La storia sedimentologica descritta in precedenza, collegata con l'evoluzione geomorfologica dell'area a seguito delle vicende tettoniche che si sono sviluppate nel corso del Pliocene e Pleistocene, porta ad ipotizzare la presenza sul fondale marino a ridosso della linea di costa, dall'alto verso il basso, della seguente successione stratigrafica:

- Limi argillosi;
- Sabbie limose;
- Ghiaie sabbioso - limose;
- Argille di Ortovero.



FIG. 7.5 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA E SEDIMENTARIA DELL'AREA - COLTRE ELUVIO - COLLUVIALE CHE RICOPRE IL SUBSTRATO ROCCIOSO DEGLI SCISTI DI GORRA

8. PIASTRA MULTIFUNZIONALE - EVIDENZE DELLA EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA

Le stratigrafie consultate fanno riferimento alle seguenti campagne di indagine:

- ampliamento pontile Esso - SGI/SIPAC, 1969;
- pontile Fornicoke - Studio Celotti, 1974;
- prolungamento molo sopraflutti di Capo Vado - RC, 1976;
- molo traghetti - RC, 1980;
- piastra multifunzionale - Indagini Garassino, 2006;
- piastra multifunzionale - Indagine Grandi Lavori Fincosit, 2008

L'analisi della documentazione suddetta mostra che in tutti i sondaggi realizzati è presente una stratigrafia simile a quella riportata alla fine del precedente capitolo e che in generale può essere così schematizzata, dall'alto verso il basso:

- depositi fini limoso - argillosi o sabbiosi;
- depositi ghiaiosi o di breccia;
- substrato roccioso.

La sequenza testimonia così una progressiva diminuzione dell'energia di trasporto dei corsi d'acqua nell'area di studio, così come descritto nel capitolo 7.
In questa dinamica generale, dovuta alla neotettonica, si possono individuare 3 settori:

1) area al di sotto della piastra multifunzionale di nuova realizzazione;
2) area compresa tra il molo traghetti e il molo frangiflutti;
3) area in corrispondenza del pontile Esso e area tra pontile Fornicoke e molo traghetti.

1) L'analisi delle stratigrafie di tutti i sondaggi realizzati all'interno del primo settore evidenziano la presenza della successione stratigrafica suddetta, dove il substrato roccioso è costituito dalle Argille di Ortovero. La cartografia allegata, che riporta la quota del tetto delle argille in corrispondenza di ciascun sondaggio e le relative isoipse di interpolazione, evidenzia la presenza di un naso di argilla allungato tra i

pontili Vadoil e Fornicoke, il cui tetto si approfondisce rapidamente verso N e S e verso mare.

La morfologia suddetta non è altro che il prodotto dell'evoluzione geomorfologica dell'area, descritta in precedenza. L'approfondimento delle argille verso mare è legato alla famiglia di faglie con direzione NNW-SSE, parallelo alla linea di costa, che ha ribassato porzioni progressive di costa, creando così una struttura a gradoni.

La struttura tipo "graben" del golfo registra quindi un aumento repentino dello spessore delle ghiaie verso mare al di sopra delle argille, in conformità con la morfologia del fondo marino.

2) Il secondo settore vede la presenza di un substrato litoide che corrisponde agli gneiss della Formazione di Murialdo, con le relative intrusioni granitoidi del torrente Letimbro.

I sondaggi, realizzati in corrispondenza del molo traghetti nel 1980, vedono la presenza del litotipo suddetto ad una profondità di 15 - 20 m, che tende ad approfondirsi verso mare, come indicato dai sondaggi del molo frangiflutti. La geometria rispecchia il ribassamento degli antichi rilievi, addossati alla costa, tramite il sistema di faglie NNW-SSE, con una geometria a gradoni. I sondaggi S4 e S5 del 1976 non hanno infatti raggiunto la formazione litoide.

Il substrato roccioso è immediatamente ricoperto da uno spessore variabile di ghiaia e ghiaietto compatti e molto spigolosi, che tende ad aumentare verso il mare. Il grado di compattezza del deposito, i clasti non arrotondati e la geometria a cono di questo livello, nonché la vicinanza di pareti rocciose molto acclivi a ridosso della costa, soggette a evidenti fenomeni gravitativi, Fig. 8.1, indicano la presenza di un cono di detrito di versante. Al di sopra delle ghiaie è presente una coltre limoso sabbiosa, derivante dall'erosione dei rilievi a monte ad opera dei corsi d'acqua.



FIG. 8.1 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - EVIDENZE DELLA EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DALLE INDAGINI GEOGNOSTICHE - VERSANTE IN GNEISS CON DISTACCO DI DETRITO IN CORRISPONDENZA DI CAPO VADO

3) Il terzo settore è costituito da due aree.

La prima è quella in corrispondenza dei pontili Vadoil - Esso, dove il tetto delle Argille di Ortovero presenta una ripida scarpata, che è da collegarsi all'intensa azione erosiva del torrente Segno nel corso del Pleistocene. L'emersione delle argille porta infatti ad un elevato gradiente morfologico.

Il torrente Segno entra quindi in una fase di intensa erosione, che intacca dapprima i sedimenti più facilmente erodibili, ovvero i depositi alluvionali precedentemente depositati, e il substrato delle argille, sia nelle aree precedentemente emerse sia in quelle di nuova emersione.

Non si esclude che la direzione del torrente sia stata condizionata oltre che dalla brusca variazione del gradiente morfologico, anche da qualche lineazione tettonica, appartenente alla famiglia con direzione E-W.

La consistenza delle argille associata all'elevato gradiente facilita una erosione concentrata, con la formazione di una sorta di vallecola, delimitata da scarpate con pendenze elevate, assicurate dal grado di sovraconsolidazione delle argille stesse.

L'erosione delle argille e dei sovrastanti depositi eluvio-colluviali antichi, descritti nel capitolo 4, è confermata dalla tipologia delle ghiaie, che sono state campionate al di sopra delle argille nelle aree attualmente sommerse. Le ghiaie presentano infatti caratteri affini a quelli dei depositi eluvio-colluviali antichi suddetti:

- clasti dello stesso litotipo scistoso;
- clasti spigolosi o parzialmente sub-arrotondati, che testimoniano una origine detritica di versante ed uno scarso trasporto fluviale;
- matrice sabbioso-argillosa;
- colorazione marrone, collegata ad alterazione per esposizione sub-area lungo il letto del torrente Segno, che, a causa della brevità del suo corso e del limitato bacino idrografico, non ha mai registrato portate elevate.

Non si esclude che tali lembi di ghiaie possano essere in posto, ovvero che alla fine del Pliocene si avesse un'area di emersione delle argille più estesa di quella attuale e che a seguito dell'aumento del livello marino e di un possibile sprofondamento dei settori, delimitati dalle faglie a direzione NNW-SSE, si sia ridotta fino a quella attuale.

Al di sopra, o all'interno di queste ghiaie, sono presenti dei livelli ghiaiosi grigio - verdastri a granulometria mediamente inferiore e con forma maggiormente arrotondata. Questi clasti derivano dai litotipi scistoso-filladici posti a monte, che hanno quindi subito un maggiore trasporto.

Il sondaggio S7 del 2006 mostra alla profondità di circa 35 m, Fig. 8.2a, ghiaie con una granulometria e un grado di arrotondamento dei clasti simili a quelli delle ghiaie che attualmente si trovano lungo la costa, Fig. 8.2b. Questa informazione potrebbe suggerire la presenza di una serie di linee di costa che hanno fissato le variazioni del gradiente morfologico, fissato il livello marino ad una certa quota per periodi di tempo sufficienti al rimaneggiamento dei depositi di costa ad opera del moto ondoso, che ha favorito la deposizione della ghiaia.



a

SONDAGGIO S7 DEL 2006 - GHIAIE A GRANULOMETRIA MEDIA, SUB - ARROTONDATE ED ARROTONDATE, DI COLORE GRIGIO - VERDASTRO RAPPRESENTANTI UNA POSSIBILE PALEO-COSTA



b

GHIAIE ATTUALI GRIGIO - VERDASTRE, ARROTONDATE E SUB - ARROTONDATE A GRANULOMETRIA MEDIA PRESENTI LUNGO LA COSTA IN PROSSIMITÀ DELLA FOCE DEL TORRENTE SEGNO

FIG. 8.2 - VADO LIGURE - NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE - GEOLOGIA - EVIDENZE DELLA EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DALLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il successivo probabile aumento del livello medio marino impone un nuovo ciclo di sedimentazione. Il torrente inizia così a depositare all'interno della valle, che ha scavato nelle argille, dapprima ghiaie e successivamente sabbie e limi, fino a giungere alla attuale configurazione stratigrafica.
L'evoluzione geomorfologica dell'alveo del torrente Segno, che incide le argille del substrato, è riconoscibile analizzando le quote del tetto del substrato. La planimetria del tetto dell'argilla di Ortovero allegata mostra come il sondaggio S1 dell'indagine 2006 incontri il tetto delle Argille di Ortovero a -58 m, ben 30 m più in basso rispetto ai vicini sondaggi S14, S3, S4 dell'indagine 2006 e S4, S3 dell'indagine del 1969, descrivendo così l'approfondimento dell'alveo del torrente a seguito della variazione del gradiente geomorfologico.
Questa morfologia locale del substrato roccioso potrebbe trovare conferma nella sua continuazione a mare, definita dalla inflessione delle isobate a partire dall'isobata 100, che si può apprezzare in Fig. 4.1. L'inflessione delle isobate a monte dell'isobata 100 potrebbe essere stata mascherata dall'apporto recente dei sedimenti trasportati dai corsi d'acqua.

La seconda area di questo settore è quella compresa tra l'area traghetti e il pontile Fornicoke. I sondaggi S7 e S10 del 2006, S13 del 1980 e S5 del 1976 indicano la presenza di un canyon sottomarino colmato da:

- ghiaie spigolose nella porzione inferiore;
- sabbie e limi in quella superiore.

Il canyon in questo caso potrebbe rappresentare la continuazione a mare di un lineamento tettonico orientato E-W. Il riempimento è dato da brecce di versante, prodotte dal disfacimento dei rilievi posti a monte, a seguito dei terremoti generati dal progressivo abbassamento degli stessi tramite le faglie a direzione NNW-SSE. Tali brecce probabilmente dovevano depositarsi in parte sulla terra ferma in parte a mare.
Le ghiaie di questo settore, descritte nelle stratigrafie dei sondaggi, non sembrano essere paragonabili a quelle marroni che ricoprono il tetto delle Argille di Ortovero. Questa osservazione conferma da un lato il meccanismo di trasporto e di sedimen-

tazione delle ghiaie marroni nel settore 1 e nell'area 1 del settore 3, dall'altro evidenzia una complessa storia tettonica locale ed un trasporto lungo costa trascurabile.

La successione termina con sabbie e limi, che testimoniano una condizione evolutiva ormai stabile con apporti sedimentari di tipo fluviale.

9. CONCLUSIONI

L'azione della neotettonica, sviluppatasi all'incirca a partire da 10 MA fino ad oggi, ha profondamente influito sull'evoluzione geomorfologica dell'area, tesa al riequilibrio di un elevato gradiente morfologico, esasperato dalla diminuzione del livello marino a seguito della crisi di salinità del Messiniano alla fine del Miocene, circa 5 MA.
I caratteri geomorfologici salienti si sono sviluppati a partire da 3 Ma e sono stati da un lato l'emersione di una serie di depositi marini, le Argille di Ortovero tra il Pliocene e il Pleistocene, e dall'altro l'inabissamento dei settori montuosi adiacenti la linea di costa, entrambe conseguenze della formazione di un golfo con struttura tipo "graben".
A seguito di questi sconvolgimenti il torrente Segno è entrato in una fase di elevata erosione per compensare l'elevato gradiente morfologico, che ha portato all'erosione del substrato, costituito dalle Argille di Ortovero, presente sia nelle zone emerse che in quelle sommerse. L'abbassamento repentino dello zero idrometrico del torrente ha imposto una erosione concentrata più che areale, impedendo di fatto una divagazione del corso d'acqua. Questa osservazione è confermata dai seguenti elementi:

- presenza di affioramenti delle argille del substrato solamente in sinistra idrografica a quote comprese tra i 15 e i 40 m s.l.m.m;
- ispessimento del materasso alluvionale in corrispondenza delle aree limitrofe all'attuale corso del torrente e in destra idrografica;
- incisione verticale dei litotipi rocciosi posti a monte, favorita anche dall'elevata erodibilità degli stessi;
- morfologia a domo del substrato argilloso nell'area della piastra multifunzionale. In particolare si nota la presenza di un canyon riempito di sedimenti in corrispondenza della foce del torrente Segno.

La rapida riduzione dell'energia di trasporto dei corsi d'acqua a seguito della progressiva riduzione del gradiente morfologico ha comportato la riduzione della granulometria dei sedimenti trasportati a mare, che si riflette nella gradazione diretta dei depositi alluvionali emersi e dei terreni attraversati dai sondaggi della campagna di indagine.
L'elevata alterabilità dei litotipi rocciosi, che costituiscono il bacino idrografico dei corsi d'acqua, nonché la loro natura petrografia, hanno fornito il materiale sabbioso - limoso visibile nei tratti terminali degli attuali corsi d'acqua.

Le sabbie e i limi depositati dai torrenti Segno e Quiliano hanno così livellato la complessa morfologia del substrato roccioso, frutto dell'interazione della neotettonica e dell'erosione fluviale.
La chiusura verso l'alto della colonna stratigrafica, a seguito della riduzione dell'energia di trasporto dei corsi d'acqua nel tempo, è avvalorata da una analisi petrografica qualitativa dei depositi. Si nota infatti che nei sondaggi a mare nel settore dove sorgerà la piastra multifunzionale è sempre presente un livello ghiaioso con clasti spigolosi e subarrotondati con colorazione marrone, indice di una alterazione dovuta alla esposizione prolungata all'atmosfera. Queste ghiaie potrebbero derivare dallo smantellamento dei depositi eluvio - colluviali antichi, che sovrastano gli affioramenti delle Argille di Ortovero.
Le ghiaie suddette sono quindi sovrastate da sedimenti con granulometria via via inferiore verso l'alto, caratterizzati da una colorazione grigio - verdastra, tipica dei depositi alluvionali recenti ed attuali, che si possono vedere nell'alveo attuale del torrente Segno e lungo la costa. La colorazione è espressione dei litotipi rocciosi posti a monte da cui derivano e dall'assenza di alterazione.
La natura recente di questi depositi, che si sono sedimentati in continuità seguendo la diminuzione del gradiente morfologico, è confermata anche dall'assenza di depositi limoso - sabbiosi grigio - verdastri al di sopra delle Argille di Ortovero e dei depositi eluvio - colluviali antichi, che sono invece visibili sulla terraferma.
Attualmente il torrente Segno è caratterizzato dalla erosione dei litotipi nel settore montuoso del suo bacino idrografico e da una sedimentazione dei materiali di dilavamento delle coltri eluvio - colluviali nel settore di pianura a ridosso della linea di costa.
La presenza di un golfo ed il rapido approfondimento del fondale marino suggeriscono che il trasporto lungo costa sia di entità ridotta e che l'azione erosiva del moto ondoso agisca essenzialmente sugli attuali depositi costieri, favorita dal dislivello altimetrico tra la pianura, posta ad una quota leggermente superiore al livello del medio mare e l'approfondimento del fondale.
Questa caratteristica può essere interpretata come la tendenza ad aumentare del gradiente morfologico non ancora completamente stabilizzato, supportato ovviamente da una azione lenta e continua della neotettonica.

Il quadro evolutivo geomorfologico descritto, è espressione di una storia neotettonica, che è caratterizzata da un continuo e progressivo abbassamento con velocità variabile della linea di costa. Il trend evolutivo è monotono ovvero non ha mai conosciuto una inversione, data da un innalzamento della linea di costa.

Ne deriva che l'area è stata oggetto solo di sedimentazione, dopo la crisi di salinità del Messiniano, a spese dell'erosione nelle zone di monte.

La sedimentazione è stata infatti continua fino ad ora per un gradiente morfologico decrescente. Una lieve attività neotettonica, come suggerito dall'elevazione della linea di costa di qualche metro al di sopra del livello medio mare, implica una maggiore dispersione dei sedimenti trasportati al largo e nel tempo una inversione della sedimentazione con sabbie sopra gli attuali limi.

Eventuali importanti fenomeni di erosione tra il Pleistocene Superiore e l'Olocene in corrispondenza del settore di fondale marino, a ridosso della linea di costa, sono in contrasto con l'evoluzione descritta, perché implicano, se l'abbassamento tettonico resta costante verso il basso, un ciclo importante di innalzamento ed abbassamento del mare, di cui non si ha riscontro nella storia geologica recente della costa ligure.