



**L'ATTIVITÀ ESTRATTIVA
IN FRIULI VENEZIA GIULIA**

L'ATTIVITÀ ESTRATTIVA IN FRIULI VENEZIA GIULIA

2010



Redazione: **Eugenio CASTELLI**

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Trieste
con il contributo di: **Fulvio PODDA**

Coordinamento: **Giorgio LIZZI, Valmi BOCCALI e Maurizio COSTANZO**

Servizio Geologico – Ufficio Attività Estrattiva
Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici
Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

1.	INTRODUZIONE	1
2.	GEOLOGIA E MATERIALI LAPIDEI DEL FRIULI VENEZIA GIULIA.....	6
3.	FATTORI AMBIENTALI E NORMATIVI	62
4.	METODOLOGIE E TECNOLOGIE DI COLTIVAZIONE	90
5.	IL RECUPERO AMBIENTALE DELLE CAVE.....	159
6.	IL PROGETTO DI COLTIVAZIONE E RECUPERO AMBIENTALE.....	178
7.	BIBLIOGRAFIA	184

ALLEGATI

1. INTRODUZIONE

1.1 Premessa

Questa pubblicazione rappresenta l'atto conclusivo dello "Studio di approfondimento riguardante l'attività estrattiva nel Friuli Venezia Giulia", effettuato in base alla Convenzione Rep. N.8972 del 29 novembre 2007 tra il Servizio Geologico della Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ed il Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale dell'Università degli Studi di Trieste.

La pubblicazione intende fornire al cittadino, alle amministrazioni comunali e agli operatori del settore uno strumento di informazione generale e di consultazione tecnica per migliorare la conoscenza del territorio regionale e delle attività produttive che in esso si realizzano.

1.2 L'attività estrattiva

L'attività estrattiva consiste nella valorizzazione di rocce e di terreni, mediante asportazione degli stessi dalla loro sede naturale. A seconda del tipo di materiale coltivato, la legislazione italiana distingue l'attività estrattiva di cava da quella di miniera: la prima riguarda l'estrazione di materiali di importanza locale e valore non molto elevato (definiti di seconda categoria), mentre la seconda riguarda la coltivazione di materiali di elevato valore ed importanza strategica (definiti di prima categoria). Le principali differenze tra miniere e cave sono dunque di natura giuridica e riguardano soprattutto la disponibilità del giacimento:

- I giacimenti dei materiali di prima categoria sono proprietà dello Stato e vengono da questo, tramite le Regioni, dati in concessione ad imprese in genere di dimensione industriale, sotto determinati vincoli fissati nel decreto di concessione mineraria. I minerali di prima categoria hanno generalmente un elevato valore, richiedono processi di valorizzazione molto complessi e coprono ampie aree di mercato. Le norme che regolano questo settore appartengono alla sfera del diritto pubblico.
- I giacimenti dei materiali di seconda categoria sono invece lasciati in disponibilità al proprietario del suolo, con la conseguenza che non vige il regime di concessione, ma quello di autorizzazione alla coltivazione. L'estrazione di questi materiali è regolata da norme di diritto privato. Le aree di mercato, visto il valore spesso ridotto del materiale, sono in genere ristrette (ma variano molto a seconda del tipo di materiale), con la sola eccezione delle rocce ornamentali. Il trattamento è semplice e, in genere, consiste in: comminazione, classificazione e lavaggio.

Al di là di tale distinzione di natura giuridica, nel linguaggio comune si intende il lavoro di miniera come la coltivazione svolta in sotterraneo ed il lavoro di cava come la coltivazione all'aperto. Come esempi notevoli in Regione si possono ricordare la miniera di Raibl, attiva fino al 1991, da cui si estraevano Blenda (piombo) e Galena (solfuri di zinco), e le cave del Carso Triestino in cui si coltiva marmo (roccia costituita essenzialmente da un carbonato di calcio, la calcite). Le miniere generalmente coltivano minerali, per estrarne ad esempio metalli, ed è abbastanza raro che essi si ritrovino concentrati in quantità tale da consentire una valorizzazione economica, intendendo con questo termine la possibilità di separare facilmente il minerale dalla roccia che lo contiene, in modo da ricavarne con i lavori di esca-

vazione un prodotto che può essere inviato, dopo poche operazioni abbastanza semplici, alla fonderia. Per questa ragione, dopo una prima fase di escavazione all'aperto ("a giorno"), i lavori proseguono anche in sotterraneo, di modo che molte miniere si sviluppano ampiamente in questo ambiente. Le rocce dalle quali è possibile estrarre materia prima per ottenerne materiali da costruzione, pietre ornamentali e granulati, affiorano invece su ben maggiori estensioni e perciò, quando lo scavo diventa difficile, è, in genere, più conveniente spostare la cava anziché proseguire la coltivazione in sotterraneo. Quest'ultima possibilità è oggi però divenuta di attualità tecnico-economica, alla luce della disponibilità di nuove tecnologie di scavo e di sostegno dei vuoti, del costo dei terreni e degli interventi di recupero ambientale, e della diversa sensibilità paesaggistica della popolazione. Si riscontra quindi un diverso atteggiamento da parte sia degli operatori, sia delle Amministrazioni, verso il passaggio o lo sviluppo in sotterraneo tout court anche di attività di cava di pietra ornamentale e di calcare.

Nel quadro generale del reperimento delle materie prime minerali, i minerali litoidi per costruzione, comprendenti quelli ornamentali, ricoprono le primissime posizioni, sia per quantità estratta, sia per valore complessivo, come si può efficacemente vedere nella Figura 1-1, dove la dimensione del cerchio fornisce l'ordine di grandezza relativo; si nota come i granulati, le pietre ornamentali e le sabbie e ghiaie si trovino di gran lunga nelle posizioni di testa per quanto riguarda le quantità scavate. Il consumo annuo pro capite di questi materiali è un indice spesso utilizzato per valutare, nel bene e nel male, lo sviluppo del paese. La pubblicazione si occupa delle attività estrattive inerenti i materiali di seconda categoria e pertanto analizzerà le problematiche relative alle "cave".

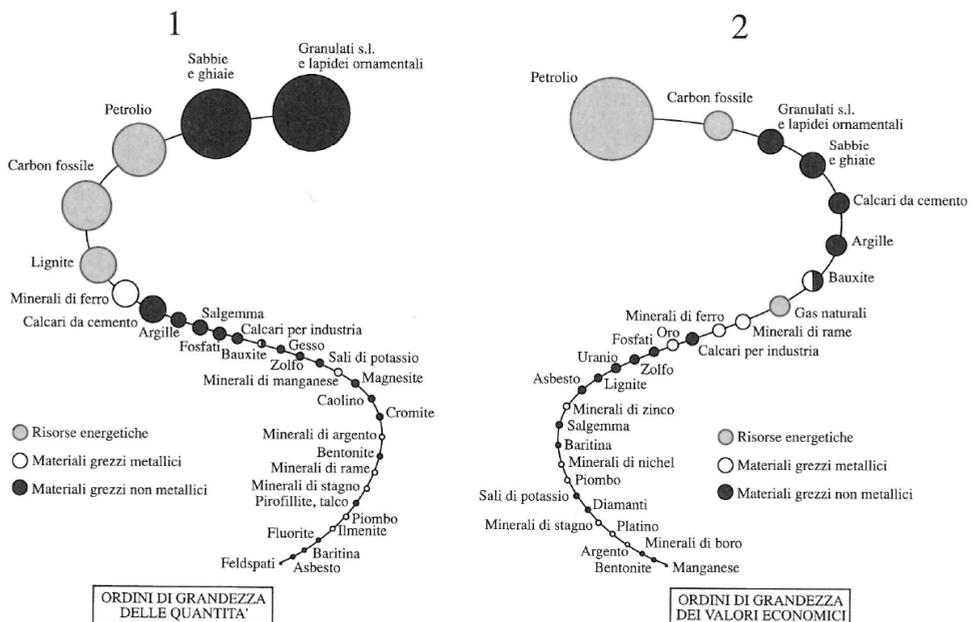


Figura 1-1 Produzione mondiale di materie prime: per quantità (1) e per valore (2)

In base ai dati raccolti da ANIM ed ANEPLA, riportati nella "Guida all'industria estrattiva ed al riciclaggio" (2006), si sono analizzati la produzione, suddividendola per tipologia di materiale, ed il numero di addetti nelle diverse regioni italiane. L'Allegato A1 riporta sintetizzata con tabelle e grafici: la produzione nazionale delle cave (anno 2003) nelle regioni italiane; la produzione, il numero di cave e gli addetti per ogni regione; la produzione totale nazionale negli ultimi anni (1982 ÷ 2003) e regionale (2003), suddivisa per tipologia di materiale.

1.3 I materiali di cava

L'attività di cava è volta alla valorizzazione di materie prime naturali dei tipi più disparati, sia per costituzione, sia per ben distinti campi di utilizzazione. Il loro impiego, nei vari rami delle costruzioni e dell'industria, può essere diretto (previa riduzione alle forme ed ai volumi richiesti), oppure indiretto; in questo caso sono necessarie operazioni più o meno sofisticate di trattamento successive all'estrazione. I materiali estratti dalle cave sono elementi essenziali necessari al funzionamento di molte attività industriali e per la costruzione e manutenzione di tutte le opere di ingegneria delle costruzioni in ambito edilizio, stradale e ferroviario. I materiali utilizzabili direttamente possono avere caratteristiche petrografiche e geologiche ben diverse: calcari più o meno marmorei affiorano estesamente in Regione, ma mentre tutti sono idonei per la produzione di granulati, non tutti hanno caratteri decorativi, e in pochi luoghi se ne possono ricavare blocchi per telaio. Dal punto di vista delle tipologie di cave e della loro diversa collocazione nel quadro socio-economico, è consuetudine dividere i materiali lapidei in tre grandi gruppi: materiali ad uso ornamentale e da costruzione, materiali per uso industriale (si intendono le argille, i calcari e le dolomie per cementi e calci, i gessi e i materiali per l'industria del vetro e della ceramica) e materiali per aggregati (sabbie e ghiaie, calcari). Nella Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, nel 2003 risultavano attive 79 cave; l'Allegato A2 riporta i dati, per il periodo 1976 ÷ 2003, relativi: alla produzione suddivisa per i principali materiali, al numero di cave ed al numero di addetti. Queste informazioni sono state desunte dalla "Guida all'industria estrattiva ed al riciclaggio" (2006). L'Allegato A2 riporta inoltre una sintesi, aggiornata al 31 dicembre 2007, regionale e provinciale, dei volumi, scavati e disponibili, per i seguenti materiali: argilla, calcare, ghiaia e marmo. L'Allegato E riporta l'anagrafica delle cave attive che, alla fine del 2009, risultavano essere 74.

1.3.1 Materiali ad uso ornamentale e da costruzione

Le pietre ornamentali sono in genere caratterizzate da alto valore unitario, precedute, in termini di valore economico, solo dalle risorse energetiche (petrolio e carbone); hanno un basso grado di necessità sociale; presentano un raggio di commerciabilità ed una dimensione di mercato internazionale, con circuiti di distribuzione a scala mondiale; l'estrazione è fortemente vincolata alla disponibilità di giacimenti di roccia con caratteristiche fisiche, strutturali ed estetiche adeguate. Le pietre ornamentali si avvicinano quindi maggiormente ai beni di consumo voluttuari e di prestigio, con una domanda di mercato decisamente elastica ed influenzata da una serie di fattori aleatori, quali la moda, il gusto degli architetti ed anche, recentemente, la concorrenza dei prodotti sintetici. Il pregio delle pietre ornamentali è poi dimostrato dal fatto che, in condizioni di congiuntura economica non negativa, do-

manda e offerta di mercato si incontrano generalmente a livelli di prezzo piuttosto elevati: ciò significa che le caratteristiche riscontrate dai consumatori nei prodotti, in termini di soddisfacimento di esigenze sia tecniche sia estetiche, sono tali da compensare gli alti costi di produzione sostenuti dalle aziende cavatrici.

Nel Friuli Venezia Giulia questi materiali comprendono rocce sedimentarie (calcaree ed arenaceo - marnose) e rocce sedimentarie debolmente metamorfosate (Grigio Carnico, Fior di Pesco), che vengono coltivate in 28 cave, pari al 40% circa delle cave regionali. Questi materiali hanno in genere un elevato valore intrinseco e pertanto sopportano facilmente alti costi di trasporto; ne consegue che le cave possono venir aperte anche in luoghi disagiati e senza la necessità di creare un impianto di lavorazione del materiale, che viene estratto a blocchi e successivamente lavorato in laboratori specializzati anche fuori regione. Le cave di questi materiali in regione sono unità medio - piccole; la quantità di materiale scavato è sempre relativamente modesta ma, a causa della bassa resa (sempre inferiore al 50%, in genere intorno al 10%) dovuta ad una coltivazione necessariamente molto selettiva, vengono prodotte grandi quantità di sfrido e di roccia non utilizzabile come pietra ornamentale. Queste devono essere diversamente riutilizzate, ad esempio come massi da annegamento e da scogliera, per non dover essere poste a discarica.

1.3.2 Materiali per uso industriale

Questi materiali comprendono argille per laterizi e per leganti, calcari per intonaci, premiscelati e cementi, gesso e marmorino. Essi sono coltivati nel 25% circa delle cave della regione. Poiché questi materiali hanno valore intrinseco generalmente basso, la loro coltivazione è solitamente massiva e l'eventuale trasformazione avviene nelle vicinanze del luogo di estrazione. La presenza di alcuni di questi materiali può talora portare alla creazione di industrie di rilevanti dimensioni, come ad esempio nel caso dei calcari da cemento. Un caso speciale è rappresentato dal carbonato di calcio di estrema bianchezza e purezza chimica, con un tenore in CaCO_3 del 99,6% ed un bassissimo contenuto di metalli pesanti, che si estrae nella zona di Caneva (PN) e che una volta micronizzato possiede un elevato valore di mercato.

1.3.3 Materiali per aggregati

Gli aggregati presentano il valore unitario più basso fra i prodotti dell'industria estrattiva; sono non solo utili bensì necessari alla società, come si può dedurre dall'importanza fondamentale e dal valore sociale del loro impiego (opere pubbliche e private). Hanno un limitato raggio di commerciabilità, influenzato dalla forte incidenza dei costi di trasporto sul prezzo di mercato; la loro estrazione non presenta vincoli assoluti di localizzazione, data la relativa abbondanza di buoni giacimenti. Gli aggregati hanno quindi effettivamente il carattere di "materie prime di base" per l'industria, la cui domanda di mercato, pur legata alla realizzazione di grandi lavori ed opere pubbliche, è in ogni caso caratterizzata da notevole rigidità, e quindi le quantità richieste dal mercato non variano sensibilmente al variare del prezzo unitario, comunque tipicamente basso. Rientrano in questa categoria sia rocce clastiche sciolte (ad esempio ghiaie e sabbie fluviali), sia rocce coerenti massicce calcaree che vengono ridotte in frammenti di varia dimensione per mezzo di operazioni meccaniche di frantumazione (i cosiddetti "frantoiati"). In ogni caso, è necessario suddividere i materiali

in classi di varia granulometria e talora eliminare, con lavaggio, le particelle molto fini; queste operazioni vengono di norma eseguite in impianti adiacenti ai luoghi di estrazione. Le cave di questi materiali rappresentano il 35% del totale delle cave regionali. Poiché per questi materiali le caratteristiche geopedrografiche e tecniche non sono particolarmente vincolanti ed il basso valore unitario esclude la possibilità di lunghi trasporti, la distribuzione delle cave in cui vengono estratti è uniforme su tutto il territorio regionale, con locali addensamenti nelle zone di più elevato consumo.

2. GEOLOGIA E MATERIALI LAPIDEI DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

2.1 *La geologia del Friuli Venezia Giulia*

A cura di Fulvio Podda

La storia geologica del Friuli Venezia Giulia è piuttosto lunga e complessa essendo iniziata circa 460 milioni di anni fa. A grandi linee, il quadro geologico regionale vede fasce di terreni orientate in senso longitudinale e via via più recenti mano a mano che si procede da Nord verso Sud, con successione graduale. Schematicamente (Figura 2-1), il territorio della regione viene distinto in otto unità orografiche (Marinelli, 1888) che, da Nord verso Sud e da Ovest a Est, sono così denominate:

1. La Catena Carnica o Paleocarnica occupa l'estrema fascia settentrionale del territorio. Longitudinalmente si estende dal Comelico fino al Tarvisiano, è delimitata a Nord dalla Valle della Gail, in territorio austriaco, ed a Sud dall'allineamento rettilineo delle valli Pesarina, Calda, Pontaiba, Pontebbana, alto Fella. È costituita quasi esclusivamente da rocce paleozoiche.
2. Le Alpi Carniche Meridionali o Alpi Tolmezzine si estendono a meridione dell'unità precedente fino all'alto corso del Fiume Tagliamento. Vi affiorano essenzialmente terreni triassici con prevalenti litotipi carbonatici (calcari e dolomie) e arenacei.
3. Le Alpi Giulie, un complesso di rilievi fra i più belli della regione, sono poste immediatamente a Sud della Catena Carnica fino alla Val Resia. Sono il dominio delle rocce carbonatiche triassiche.
4. Le Prealpi Carniche si sviluppano a Sud dell'alto corso del Fiume Tagliamento, fino ad affacciarsi a meridione sull'alta Pianura Friulana occidentale. Litologicamente dominano le rocce carbonatiche mesozoiche e cenozoiche, ma la successione arriva fino alle molasse mioceniche affioranti solo in questa unità orografica.
5. Le Prealpi Giulie, prosecuzione orientale delle Prealpi Carniche, si sviluppano dalla Val Resia, a Nord, fino al basso corso del Fiume Isonzo nei pressi di Gorizia. Vi affiorano rocce carbonatiche mesozoiche e cenozoiche, ma soprattutto terreni clastici marnoso-arenacei (flysch).
6. L'Anfiteatro glaciale, formato dai depositi abbandonati dal ghiacciaio in fase di ritiro circa 10.000 anni fa.
7. La Pianura Friulana, prosecuzione orientale della Pianura Veneta, è distinta in Alta e Bassa Pianura in base alla granulometria dei depositi, risultando le stesse separate dalla Linea delle risorgive.
8. Il Carso, occupante il settore sud-orientale della regione, viene distinto in Carso Goriziano e Carso Triestino. Vi affiorano quasi esclusivamente calcari di piattaforma che dal Cretacico arrivano fino all'Eocene inferiore. Lungo la costiera triestina affiorano invece i depositi torbiditici eocenici (flysch).



Figura 2-1 Le unità geologiche ed orografiche del Friuli Venezia Giulia

Dal punto di vista orografico, nella regione Friuli Venezia Giulia sono presenti tre catene montuose, ognuna con le proprie peculiarità:

- la Catena Paleocarnica, la più antica, formatasi nell'orogenesi ercinica;
- le Dinaridi esterne, occupanti l'intero settore delle Prealpi Giulie e del Carso, strutturate durante le prime fasi dell'orogenesi alpina con rilievi orientati secondo la classica direzione NW-SE.
- la porzione orientale della Catena Sudalpina, che si estende dal limite meridionale della Catena Paleocarnica fino alle colline che bordano l'Alta Pianura Friulana. Questa porzione di catena si è formata nelle fasi tardive dell'orogenesi alpina.

Si illustra di seguito la successione stratigrafica completa aggiornata alla nomenclatura formazionale riportata nei Fogli del Progetto CARG "Udine", "Maniago" e "San Vito al Tagliamento".

2.1.1 La successione paleozoica¹

La Catena Paleocarnica è il settore di dominio delle rocce paleozoiche di cui alcune formazioni, particolarmente ricche di fossili, sono conosciute in tutto il mondo. Questa catena occupa l'estrema fascia settentrionale della regione, ma geologicamente, e geograficamente, supera i limiti politici e amministrativi interessando in parte il Cadore ad Ovest, il territorio austriaco a Nord fino alla Valle della Gail ed il territorio sloveno ad Est nella Valle della Sava. A Sud è marcata dalla depressione longitudinale data dall'allineamento delle valli Pesarina, Calda, Pontaiba, Pontebbana e Canale (Carulli, 1987). La successione completa va dall'Ordoviciano al Permiano inferiore ed ha uno spessore di circa 7.000 - 8.000 metri.

L'orogene è costituito da tre unità litologiche ben distinte:

- un basamento ercinico metamorfico affiorante nell'area nord-occidentale della regione;
- una successione ercinica non metamorfica;
- una successione tardo-ercinica chiamata “Permo-Carbonifero Pontebbano”.

Il basamento ercinico metamorfico affiora all'apice nord-occidentale della Catena Paleocarnica al confine col Veneto, più precisamente a Nord di Forni Avoltri. Qui si rinvengono le uniche rocce metamorfiche presenti in regione. Sono costituite in prevalenza da metagrovacche di color verdastro (**Formazione di Fleòns**) e da metareniti, filladi, quarziti e argilloscisti (**Formazione della Val Visdende**). Al Monte Avanza affiorano rocce carbonatiche massicce, anch'esse leggermente metamorfosate (metacalcari), dalle quali si estrae il noto e delicato marmo “Fior di Pesco Carnico”.

Nel loro insieme queste rocce hanno un'età compresa fra il Siluriano ed il Devoniano medio-superiore. Altri autori (Vai, 1976; Spalletta, Vai, Venturini, 1982; Spalletta e Venturini, 1990) ritengono queste formazioni più recenti (Carbonifero superiore) e le considerano come equivalenti metamorfici delle Formazioni del Hochwipfel e del Dimon.

La successione ercinica non metamorfica costituisce gran parte della Catena Paleocarnica, affiorando dal tarvisiano, a Est, fino all'alto corso del Torrente Degano, a Ovest. Ha un'età compresa fra l'Ordoviciano superiore ed il Carbonifero superiore e lo spessore è di circa 5.000 metri. A questa successione appartiene la formazione più antica presente in regione che è la **Formazione di Uqua o di Uggwa**, così denominata in base alla località tipo di affioramento, la Val Uqua a Nord di Ugovizza. Si ritrova anche a Nord di Paularo, tra il Monte Zermula ed il Monte Lodin, e a Nord-Ovest di Timau alla Creta di Collinetta. Questa formazione è stata datata con precisione all'Ordoviciano superiore per il suo contenuto fossilifero (briozoi, trilobiti, brachiopodi, conodonti, crinoidi). È costituita da siltiti grigio verdastre con associate arenarie, passanti verso l'alto a calcareniti.

Al di sopra si rinvengono le litologie del Siluriano, molto fossilifere (crinoidi, trilobiti, conodonti), che in passato sono state raggruppate in più “Facies caratteristiche” in base alle successioni affioranti in aree tipo e così denominate: Facies di Collinetta, di Ramàz, del Cogliàns e di Volaià, del Monte Cocco, di Forca di Lanza (Selli, 1963).

In base agli schemi stratigrafici più aggiornati (Vai, Spalletta e Pondrelli, 2002, Carulli, 2006) si rileva che nel Siluriano inferiore, accanto alla deposizione di facies carbonatiche

¹ Modificato da: Vai, Spalletta e Pondrelli, 2002; da Venturini, 2002; da Carulli, 2006.

(**Calcarei ad Aulacopleura**), compaiono facies bacinali molto profonde (**argilliti a graptoliti**). Nel Siluriano superiore si depositano i **calcarei a Orthoceras** con spessori di circa 30 metri. Sopra e lateralmente a questi ultimi si depositano altre facies calcaree come i **calcarei a Cardiola**, gli **strati a Megaerella** ed i **calcarei a Tentaculiti** (questi ultimi vengono chiamati **Formazione di Monte Lodin** in Martinis, 1993). Lo spessore complessivo della successione siluriana è inferiore a 50 metri (facies condensate).

Con il Devoniano inferiore s'individuano due facies ben distinte: una di mare basso costituita da subfacies di *back reef*, *reef* e *forereef*, ed una facies pelagica di mare più profondo (alcune centinaia di metri).

I calcari di scogliera, denominati nel loro insieme **Calcarei del Monte Coglians**, sono rappresentati dai **calcarei a Pentamerus**, con crinoidi e tetracoralli, dai **calcarei a Stringocephalus**, con tetracoralli e tabulati, dai **calcarei a Phillipsastrea** ed infine, tra i calcari propriamente biocostruiti, dai **calcarei ad Amphipora**, formati in ambiente lagunare di retro-scogliera. Le scogliere devoniane affiorano oggi diffusamente e senza alterazione metamorfica dal Monte Volaja al Monte Cavallo di Pontebba, con uno spessore complessivo che va da 500 a 1.200 metri. Sono proprio i calcari di scogliera devoniani, estratti nei dintorni di Timau presso Paluzza, che forniscono un pregiato marmo conosciuto con il nome di "Grigio Carnico".

La facies pelagica devoniana è costituita dai "**calcarei pelagici a tentaculiti**" e dalle "**argilliti a graptoliti e radiolariti**" esistenti già nel Siluriano.

Nel Devoniano medio - superiore inizia un'attività tettonica distensiva sinsedimentaria (fase iniziale di *rifting*) che porta alla frammentazione delle scogliere ed al loro definitivo annegamento. Tale attività è testimoniata dalla diffusione di facies calciruditiche, anche molto grossolane (megabrecce), rinvenibili in affioramento nella zona del Passo di Monte Croce Carnico. Le facies dominanti in questo periodo sono però rappresentate dai "**calcarei pelagici a climenie e goniatiti**" (le prime forme arrotolate di ammonoidi) e da "**radiolariti e peliti silicee**" che perdurano fino al Carbonifero inferiore. Il loro spessore si aggira sui 200 metri. Gli affioramenti si ritrovano in lembi presso i Monti Lodin, Zermula, Pizzo di Collina e Creta di Collinetta, e nel Tarvisiano.

Mentre continua la fase di *rifting*, sopra le radiolariti si deposita il cosiddetto "**Flysch ercynico**" con uno spessore complessivo di circa 2000 metri.

Esso è costituito da due unità litostratigrafiche: la **Formazione del Hochwipfel** e la **Formazione del Dimon**, entrambe del Carbonifero superiore.

La prima è costituita da silico-clastiti prevalentemente fini, interpretate come torbiditi, alla cui base però si rinvengono spesso brecce, conglomerati e megabrecce (olistostromi). E' quasi completamente priva di resti fossili, se si eccettuano rari resti vegetali trascinati dai fiumi verso il mare profondo. Gli affioramenti più importanti si hanno tra la Valle del Degano ed il Monte Zermula.

La **Formazione del Dimon** è caratterizzata invece da vulcanoclastiti quali brecce, tuffi, ialoclastiti, e da rocce vulcaniche basiche come diabasi e lave a cuscino. A queste litologie si aggiungono anche arenarie e argilliti rosso-verdastre. La formazione affiora a Nord di Ravascletto, alla Creta di Mezzodi (Pramosio), al Monte Dimon a NE di Paluzza ed infine tra Paularo ed il Monte Zermula.

Termina così nel Carbonifero superiore (Westfaliano) la sequenza ercinica interrotta da una fase diastrofica compressiva dell'orogenesi ercinica che porta all'emersione della Catena Paleocarnica, e ha inizio la successione tardo-ercinica chiamata "**Permo-Carbonifero Pontebbano**" (Selli, 1963) o Supergruppo di Pontebba (Vai *et al.*, 1980; Venturini, 1990).

La sequenza permo-carbonifera è formata da alternanze di depositi continentali, deltizi e di mare basso o limitatamente profondo in facies terrigene o carbonatiche, che si sovrappongono ad una unità clastica basale. Tale successione viene intesa come la fase deposizionale postparossistica rispetto all'evento ercinico carnico. Possiede marcate variazioni laterali di spessore, con minimi di 100 metri e massimi di 1.500 metri, ed è datata dal Carbonifero superiore (Westfaliano sup.) al Permiano inferiore. Gli affioramenti sono concentrati in tre nuclei distinti: Forni Avoltri, Pramollo e Tarvisio. Il più importante per estensione e varietà di caratteri è quello di Pramollo a tal punto da consentire una buona analisi di bacino.

La prima unità prende il nome di **Formazione di Bombaso**, formata dal materiale smantellato dall'emersa Catena Paleocarnica. La formazione è costituita da sedimenti clastici arenacei, pelitici e conglomeratici quarzosi, questi ultimi concentrati in spesse bancate.

La transizione superiore avviene con le unità del **Gruppo di Pramollo** (Gruppo dell'Auernig di Selli, 1963) in cui si alternano arenarie, argilliti, siltiti e conglomerati intercalati subordinatamente a calcari bioclastici. In questo gruppo si rinvengono spesso resti di brachiopodi, trilobiti, coralli e crinoidi. Lo spessore della formazione è di circa 1.200 metri.

Nel successivo **Gruppo di Rattendorf** (Carbonifero sup.-Permiano inf.) si affermano le facies carbonatiche. Il Gruppo, potente complessivamente 400 metri circa, è composto da tre unità:

- la **Formazione inferiore a Pseudoschwagerina**, formata da calcari organogeni massicci, biocostruiti, alternati a calcari bioclastici stratificati;
- la **Formazione di Val Dolce**, caratterizzata da un'elevata componente terrigena quarzosa;
- la **Formazione superiore a Pseudoschwagerina**, costituita da calcari massicci alternati a biomicriti ben stratificate ad alghe e foraminiferi.

La sequenza permo-carbonifera pontebbana si chiude con i depositi del Permiano inferiore attribuiti al **Gruppo del Trogkofel**, che costituisce la massima parte del monte omonimo (Creta di Aip); le litologie principali sono rappresentate da calcari massicci di scogliera biocostruita, ricchi di fusulinidi, coralli, brachiopodi, crinoidi ed alghe. Gli affioramenti relativi agli ultimi due gruppi sono ubicati poco a Sud di Forni Avoltri, nella vasta area di Pramollo, e a Coccau (a Est di Tarvisio), e proseguono poi nelle Caravanche, catena montuosa sviluppata nella fascia di confine tra Austria e Slovenia.

2.1.2 La successione permo – triassica²

La sequenza permo-triassica può essere divisa in una successione permo-anisica ed in una ladino-retica.

² Modificato: da Venturini, 2002; da Ponton, 2002; da Carulli, 2006.

La successione permo-anisica affiora nelle Alpi Carniche più settentrionali (Carnia e Tarvisiano) e ricopre con netta discordanza il substrato ercinico deformato e, con basse discordanze angolari, i depositi permo-carboniferi, limitatamente ai settori dove questi si sono depositati. Le prime due unità appartenenti a questa successione sono formate da prevalenti ruditi potenti fino ad una sessantina di metri. Sono denominate rispettivamente **Breccia di Tarvisio**, quando la composizione dei clasti è in prevalenza carbonatica e, in caso diverso, **Conglomerato di Sesto**. La Breccia di Tarvisio deriva dall'erosione dei carbonati del Gruppo del Trogkofel, ai quali si sovrappone, mentre il Conglomerato di Sesto ricopre, dove queste sono presenti, le unità arenitico-pelitiche della successione permo-carbonifera e, naturalmente, la più antica successione ercinica deformata.

Per entrambe le unità l'ambiente di deposizione era continentale, con piccoli conoidi alluvionali che si originavano da modesti rilievi tabulari limitati da faglie attive. I ventagli detritici si allargavano nell'antistante pianura alluvionale dove i depositi grossolani s'indentavano ai caratteristici sedimenti rossi pelitici ed arenitici appartenenti alle adiacenti e successive **Arenarie di Val Gardena**, denominate anche Formazione di Val Gardena. Queste arenarie presentano spessori variabili compresi tra 30 ÷ 40 metri e 250 metri (Venturini, 1986, 1990). Nelle successioni più potenti (Forni Avoltri e Paularo), oltre alle abbondanti peliti rosse si rinvengono sottili gessi laminati e frequenti dolomicriti in livelli decimetrici. La formazione è ricoperta dai sedimenti evaporitici lagunari (gessi) e carbonatici di mare basso (dolomie nere, dolomie calcaree nocciola e calcari neri ricchi in alghe e microfossili) della **Formazione a Bellerophon** (Permiano superiore alto). Una caratteristica di questa formazione è l'intensa deformazione subita durante le compressioni orogenetiche alpine. Si sono così prodotte fasce di breccie tettoniche, dovute a movimento tra strato e strato, potenti da pochi metri fino a quasi 300 metri. Nei dintorni di Treppo Carnico, di Paularo e nel settore tra Sauris di Sopra ed il lago omonimo si trovano gli esempi più spettacolari.

I litotipi gessosi, alternati a livelli di dolomie nere (facies "fiammazza" *Auct.*), caratterizzano il **Membro a gessi e dolomie nere** che occupa, ove presente, la parte inferiore dell'unità. Il suo spessore non è valutabile con precisione a causa della tettonizzazione subita durante le compressioni alpine, ma si può stimare maggiore di 60 metri. Verso oriente, ad Est di Paularo, i gessi sono sostituiti da dolomicriti (aventi uno spessore inferiore a 50 metri) con frequenti microforaminiferi. Verso l'alto queste litologie passano per rapida alternanza a quelle del **Membro a dolomie e calcari neri** (facies "badiota") potente circa 200 metri. Questo membro è caratterizzato inizialmente da calcari dolomitici, dolomie calcaree, dolomie a stratificazione sottile e subordinate dolomie vacuolari, per complessivi circa 100 metri. Chiudono il membro, e la Formazione, circa 90 metri di calcari neri, frequentemente bioclastici, con foraminiferi, gasteropodi, lamellibranchi e alghe, in strati decimetrici occasionalmente intercalati a sottili livelli marnosi.

Il passaggio alla successiva unità di età scitica, denominata **Formazione di Werfen**, è pressoché coincidente con il limite Permiano-Triassico. Nelle Alpi Carniche lo spessore della formazione si attesta sui 700 metri, con un deciso incremento rispetto alla potenza misurabile nelle Dolomiti orientali (circa 500 metri) ed occidentali (circa 400 metri). I sedimenti dell'unità sono in gran parte calcarei, ma nella parte intermedia della formazione si intercala un potente orizzonte rosso (200 metri) costituito da areniti e peliti (Membro di

Campil). Una delle migliori località d'osservazione è la vecchia strada a mezza costa che porta da Cedarchis a Paularo, a Nord di Tolmezzo.

Nell'area carnica per la Formazione di Werfen si è rivelata applicabile la suddivisione stratigrafica proposta per l'area dolomitica (Broglia Loriga *et al.*, 1983, 1990).

Alla base è presente un sottilissimo ($0 \div 10$ centimetri) e discontinuo livello oolitico (**Orizzonte di Tesero**) che segna il passaggio dal Permiano al Triassico. A questo orizzonte si sovrappone in continuità il Membro di Mazzin (80 metri), essenzialmente calcareo, in strati decimetrici a giunti piani che ricordano le ultime litologie della Formazione a Bellerophon. L'ambiente corrispondeva ad una piattaforma carbonatica in condizioni subtidali con periodiche rielaborazioni da tempesta. La sottounità sfuma verso l'alto nell'Orizzonte di Andraz ($8 \div 12$ metri), episodio peritidalico-evaporitico dal caratteristico colore giallo-ocraceo. È costituito da calcari localmente marnosi, calcari dolomitici sottilmente stratificati e marne argillose rosse e grigie. Sono presenti livelli vacuolari, strutture da disseccamento, increspature da onda e laminazioni piano parallele. Questo peculiare litosoma è ben affiorante tra Cedarchis e Noiaris, lungo la valle del Torrente But.

Si passa poi al Membro di Siusi (125 metri) formato da calcari micritici grigi e nocciola, spesso laminati. Sono frequenti gli interstrati pelitico-calcarei sottilmente laminati. Il contenuto fossile è costituito principalmente da lamellibranchi (*Claraia clara*) e resti di crinoidi riuniti in livelli di tempesta. L'ambiente era tornato quello di piattaforma subtidale aperta, condizionata da un debole influsso terrigeno fine, proveniente con ogni probabilità dai quadranti meridionali. La tendenza all'incremento dell'apporto terrigeno è comprovata da una serie di orizzonti pelitici rossi che, intercalati ai calcari, costituiscono una fascia, potente dai 15 ai 25 metri, che si sviluppa con continuità dalle Dolomiti alla Carnia (mancano dati diretti per il Tarvisiano). Nelle Alpi Carniche questa litofacies terrigena rossa inizia sempre a circa 70 metri dalla base del Membro di Siusi costituendo un livello guida.

Superiormente si passa all'Oolite a Gasteropodi, costituito da calcari micritici fini, peliti e peliti marnose, localmente organizzati in cicli di spessore da uno a più metri. La potenza complessiva del membro varia dai 40 ai 70 metri.

Segue il Membro di Campil (circa 200 metri), caratterizzato da un potente litosoma terrigeno rosso, nel quale si intercalano sporadiche tempesti biocalcarenitiche a crinoidi in strati isolati o riuniti in banchi fino a $5 \div 7$ metri di spessore. Le areniti fini e le peliti rosse costituiscono la litologia dominante ed anch'esse mostrano frequenti rielaborazioni da tempesta in condizioni di acque poco profonde. Sono inoltre presenti rare facies tidali con depositi siltitico-pelitici di piana e canale mareale.

La sottounità passa al successivo Membro di Val Badia (125 metri) con potenti e monotoni depositi carbonatici medio-fini, ben stratificati e caratterizzati da periodiche strutture di rimaneggiamento da tempesta.

Un generalizzato evento regressivo, registrato in tutto il comparto circummediterraneo, riporta il settore in condizioni di piana tidale a sedimentazione terrigeno-carbonatica con rare e sottili barre oolitiche alternate a dolosiltiti con laminazione da tempesta, peliti varicolori e locali areniti medio-fini. Questi depositi appartengono al Membro di Cencenighe (circa 110 metri), che nelle Alpi Carnico-Giulie chiude la Formazione di Werfen.

Al di sopra di questa formazione si passa, per sovrapposizione netta o per interdigitazione, alla successiva **Formazione del Serla** (già Dolomia del Serla inf. *Auct.*), di età anisica ba-

sale. L'unità è informalmente suddivisa nel membro di Lusnizza (in passato indicato come Formazione di Lusnizza *Auct.*), che solitamente occupa la porzione inferiore dell'unità (35 ÷ 70 metri), e in Dolomia del Serla inferiore o membro dell'Arvenis (da 80 ÷ 100 metri a 300 metri) quasi corrispondente alla dolomia di Frassenè dell'area dolomitica. La formazione è formata da dolomie e calcari dolomitici nettamente stratificati, spesso vacuolari o brecciati. L'ambiente di formazione corrispondeva ad una vasta piattaforma di mare basso in condizioni prevalentemente inter- e subtidali, con periodiche escursioni sopratidali concentrate nel membro di Lusnizza.

Nell'Anisico superiore, alla Formazione del Serla, si sovrappose la **Dolomia del Serla superiore** o Dolomia del Popera. Questa unità costituisce il primo corpo triassico di 'scogliera' (piattaforma-barriera) dell'area carnico-dolomitica. È formata da dolomie e calcari dolomitici compatti, in banchi mal stratificati di 0,5 ÷ 1,0 metro, con potenze complessive che possono superare i 200 metri ma che in certi settori si annullano per chiusura laterale. Cause di riduzione dell'originario spessore della Dolomia del Serla superiore sono inoltre da imputare ad erosioni subaeree e/o a franamenti sottomarini, entrambi dovuti all'attività tettonica sinsedimentaria anisica.

Tre distinte successioni di impulsi tettonici hanno prodotto altrettante sequenze tettono-sedimentarie, individuate tanto nel settore dolomitico quanto in quello carnico e giulio. Ogni sequenza è caratterizzata da un episodio terrigeno grossolano, di ambiente fluvio-deltizio, connesso al rimaneggiamento subaereo di settori crostali portati in emersione, cui seguirono, secondo una tendenza trasgressiva, depositi calcarei lagunari.

La prima serie di impulsi tettonici avvenne nell'Anisico inferiore. È documentabile nel settore friulano più occidentale, anche se in modo dubbio, mentre si fa evidente in Cadore e nell'Agordino. In Carnia (Val Pesarina) ha generato un sottilissimo episodio ruditico, il **Conglomerato di Piz da Peres**, eteropico con pochi metri di carbonati ascrivibili alla **Formazione a Dadocrinus gracilis**.

La seconda serie d'impulsi ha sviluppato una superficie erosiva suturata dal **Conglomerato di Voltago**, formato da apporti terrigeni di varia granulometria. In Carnia questa unità ruditica è conosciuta anche come *breccia di Ugovizza s.l.* (Assereto e Pisa, 1978), mentre nel Tarvisiano è denominata *conglomerato del Rio Senata* (Farabegoli *et al.*, 1985). Il Conglomerato di Voltago passa ai calcari neri lagunari ben stratificati della **Formazione di Agordo**.

Nell'area friulana le quattro unità descritte s'indentano, sia lateralmente che verticalmente, con le dolomie ed i calcari dolomitici stratificati della Formazione del Serla (Dolomia del Serla inf. *Auct.*) che su vasti settori del territorio le sostituisce completamente.

La terza ed ultima successione di impulsi tettonici anisici ha dato luogo ai maggiori effetti erosivo-deposizionali. Nei blocchi sollevati si è generata una superficie d'erosione che nel settore di Pontebba si è approfondita a tal punto da incidere anche le successioni permo-carbonifera ed ercinica (Venturini, 1990). La superficie erosiva venne rivestita da sedimenti terrigeni fluvio-deltizi passanti a depositi calcarei lagunari. I primi corrispondono al **Conglomerato di Richthofen**, che raggiunge i massimi di spessore (250 metri) nel Tarvisiano dove è noto come *breccia di Ugovizza s.l.* (Assereto *et al.*, 1968; Braga *et al.*, 1971; Jadoul e Nicora, 1979; Farabegoli e Levanti, 1982; Fois e Jadoul, 1983; Venturini, 1990). I sedimenti lagunari che lo ricoprono sono i **Calcari di Morbiac**, localmente definiti con i

termini informali di *calcari del Monte Tuglia* (Farabegoli e Levanti, 1982), *calcari di Pontebba* (Fois e Jadoul, 1983), e *calcari nodulari* (Venturini, 1990).

Quest'ultima serie di impulsi tettonici anisici ha determinato, parallelamente ai locali sollevamenti verticali, anche la tendenza allo sprofondamento di vaste zone. In esse si depositarono sottili unità bacinali, rappresentate dalle **Formazioni di Dont** e del **Monte Bivera**.

La Formazione di Dont, potente alcune decine di metri, è inizialmente eteropica con la Dolomia del Serla superiore, della quale costituisce il coevo equivalente bacinale; finì per sovrapporsi ad essa dove la tettonica sinsedimentaria favoriva l'annegamento rapido del corpo massiccio di piattaforma-barriera. Questa unità bacinale è formata da calcari grigio scuri nodulari a radiolari, alternati a marne, siltiti ed occasionali ruditi che, spesso sotto forma di megabrecce carbonatiche, testimoniano la frammentazione tettonica che ha accompagnato lo sprofondamento tettonico della Dolomia del Popera. L'unità contiene associazioni ad ammoniti e conodonti che ne consentono la datazione all'Anisico superiore.

Localmente sulla Formazione di Dont (e spesso sulla Dolomia del Serla superiore tettonicamente sprofondata) si sovrappone la **Formazione del Monte Bivera**, istituita da Pisa (1974) presso il monte omonimo. Quando è presente ha uno spessore di alcuni metri ed è costituita da calcari, calcari marnosi nodulari, marne e siltiti, in gran parte di colore rossastro. Si rinvencono occasionalmente anche sottili livelli di breccie (olistostromi) carbonatiche. L'unità si depositava su altofondi strutturali, ossigenati ed isolati tettonicamente dai fondali circostanti.

Alla Formazione del Monte Bivera succede la **Formazione del Contrin**, un corpo di scogliera potente da pochi metri a qualche decina, organizzato in bancate calcaree e calcaree dolomitiche massicce con frequenti facies biocostruite, il cui equivalente bacinale è rappresentato dalla coeva **Formazione dell'Ambata**. È questa un'unità formata da alcune decine di metri di calcari micritici fittamente stratificati, con rare e sottili intercalazioni tufitiche. Ad essa seguono, tra la Valle del But e Pontebba, le **Torbiditi d'Aupa** (Jadoul e Nicora, 1979), la cui età sembra estendersi alla parte basale del Ladinico inferiore. Sono costituite da un'alternanza di marne, calcari arenacei, peliti, areniti torbiditiche e rari olistostromi carbonatici da frana sottomarina, ed hanno spessori massimi di 350 metri.

La Formazione del Contrin (Anisico sup.) e la successiva Dolomia dello Sciliar, di età ladinica, sono accomunate da litologie simili. Accade spesso che si presentino saldate una sull'altra a costituire un corpo unico, denominato **piattaforma carbonatica indifferenziata**. Inoltre, dove manca l'interposizione di sedimenti bacinali, il corpo carbonatico massiccio si estende temporalmente a comprendere anche la successiva Dolomia Cassiana del Ladinico superiore - Carnico inferiore, la cui base non è distinguibile sul terreno. In questi casi anch'essa è inserita nella piattaforma carbonatica indifferenziata.

Il limite superiore delle unità terrigene e terrigeno-carbonatiche di età anisica sopra descritte, deposte in ambienti continentali, deltizi, peritidalici, lagunari e bacinali, ha come tetto massimo la comparsa dei caratteristici depositi del Gruppo di Buchenstein (Ladinico inf.) o della *piattaforma carbonatica indifferenziata*.

Alla successione permo-anisica si sovrappone la successione ladino-retica. I terreni appartenenti a questo intervallo temporale sono quelli che più caratterizzano l'area montana della regione, in quanto affiorano estesamente nelle Prealpi, nelle Alpi Giulie e nelle Alpi Car-

niche meridionali. La successione ladinica è caratterizzata da ampie piattaforme e da corpi bacinali che rimangono di solito ben distinti.

La piattaforma della **Dolomia dello Sciliar (Schlern)** è presente quasi ovunque con spessori variabili dai 150 ÷ 320 metri in Carnia ai circa 500 metri nel Tarvisiano orientale, tranne in Val d'Aupa dove si riduce notevolmente fino ad annullarsi. In Carnia occidentale è rappresentata alla base dai **calcarei dolomitici del Monte Tiarfin**, mentre in Carnia centrale potrebbe costituire buona parte della potente successione di piattaforma ivi affiorante. In questo caso, come precedentemente preannunciato, si parla di **piattaforma carbonatica indifferenziata**. Lo stesso vale nelle Alpi Giulie dove esiste una potente successione di piattaforma carbonatica (fino a 1.200 metri), denominata genericamente Schlern, comprendente la Dolomia dello Sciliar s.s. ladinica e la 'Dolomia Cassiana', difficilmente distinguibili.

I calcari dolomitici del Monte Tiarfin del settore carnico rappresentano un corpo di piattaforma che s'impone in una zona caratterizzata da tettonica a blocchi, legata anche a vulcanismo. I blocchi abbassati precocemente sono ricoperti dai depositi terrigeni e vulcanoclastici rappresentati dalle arenarie tufacee di Monte Rigoladis (Pisa, 1974). Queste, come anche le vulcanoclastiti che s'intercalano fra le due piattaforme ladiniche in Val Lumiei, rappresentano un episodio vulcanico riconducibile a quello delle Vulcaniti di Riofreddo.

Sugli alti strutturali giacciono i calcari rossi ad ammoniti (**Calcarei del Clapsavon**) del Ladinico superiore che precedono la **Formazione dell'Acquatona**, composta da pochi metri di calcari marnosi, argilliti e tuffiti che segnano l'ultima fase trasgressiva del Ladinico. Quest'ultima segna generalmente il passaggio fra due porzioni della Dolomia dello Sciliar, come ad esempio nelle Alpi Giulie. Durante il Ladinico inferiore, e in parte in quello superiore, si depositano calcari nodulari selciferi, calcareniti, arenarie e siltiti tufacee della **Formazione di Livinallongo** (Buchenstein), che presenta spessori molto variabili da zero a 200 metri.

Nelle Alpi Giulie meridionali è presente un importante episodio vulcanoclastico riolitico-riodacitico del Ladinico inferiore: le **Vulcaniti di Riofreddo**. I depositi terrigeno-tuffitici e piroclastici di tipo ignimbrítico raggiungono i 150 metri di spessore.

Altri episodi tuffitici sono presenti nei depositi bacinali del Ladinico superiore che vengono riferiti da alcuni Autori alla parte alta della Formazione dell'Acquatona delle Alpi Giulie, mentre le vulcaniti a chimismo basico della zona di Forni di Sopra appartengono sicuramente alle **laloclastiti del Fernazza**. Esse coprono gli strati dell'Acquatona e stanno alla base della **Formazione di La Valle** (Wengen) in bacino.

Nel Triassico medio esistono quindi almeno tre eventi vulcanici (Anisico sup., Ladinico inf. e Ladinico sup.) che caratterizzano le successioni della regione e che sono collegati ad una tettonica che regolava l'evoluzione dell'area.

Alla Dolomia dello Sciliar segue un'altra potente piattaforma carbonatica in banchi, la '**Dolomia Cassiana**' (Ladinico sup.-Carnico inf.). In Val D'Aupa ha uno spessore di 150 metri e copre le sequenze terrigeno-carbonatiche delle Formazione di La Valle (Formazione di Wengen *Auct.*, Ladinico sup.) e della **Formazione S. Cassiano** (Carnico inf.). Similmente avviene nelle Alpi Carniche. La 'Dolomia Cassiana' raggiunge i suoi massimi spessori (Carulli *et al.*, 1995) nel settore carnico settentrionale (Val Pesarina) e occidentale, e probabilmente nel settore più orientale delle Giulie.

Nel Carnico, all'estremo occidentale della Carnia e nelle Alpi Giulie, sul margine della "Dolomia Cassiana" e verso il bacino si trovano le dolomie e i calcari dolomitici ben stratificati della **Formazione di Dürrenstein**. Nel settore centrale carnico la situazione è estremamente complessa, con rapporti non ancora del tutto chiariti fra le piattaforme carbonatiche ladino-carniche e le aree di sedimentazione mista terrigeno-carbonatica.

In alcune zone (ad esempio fra Ampezzo e Fusea), annegate precocemente già all'inizio del Carnico, si ritrovano notevoli spessori (fino a 300 ÷ 400 metri) di calcari neri e marne denominati **Formazione della Val Degano** con alla base anche intercalazioni di carbone e tuffi legate all'ultima fase vulcanica triassica. Sopra a questa unità carbonatica seguono parecchie decine di metri di arenarie violette composte da areniti quarzose e siltiti rosse e grigie. Il depocentro di questa successione è nella zona di Fusea. Nelle aree di alto (Val Lumiei), al di sopra di una superficie di emersione, giacciono in paraconcordanza spessori variabili di calcari neri fittamente stratificati a *Myophoria kefersteini* e/o arenarie violette del Carnico medio.

La sequenza descritta si chiude quasi ovunque con marne, calcari e dolomie massicce probabilmente correlabili con la Formazione di Dürrenstein. Al di sopra, una sequenza trasgressiva è caratterizzata da argille varicolori, gessi, dolomie cariate e brecce dolomitiche del Carnico superiore. Quest'ultima successione ha il suo massimo sviluppo in tutto il settore centro-occidentale della Carnia con caratteristiche simili in quasi tutte le Alpi Meridionali orientali. In accordo con molti Autori questa successione del Carnico superiore viene attualmente riconosciuta come **Formazione di Raibl**, ereditando il nome dalla località di Raibl (Cave del Predil) dove invece venne istituito il **Gruppo di Raibl** (Assereto *et al.*, 1968) comprensivo di tutte le unità carbonatico-terrigene di età carnica.

I sedimenti depositatisi durante il Carnico sono estremamente eterogenei da zona a zona e diversificati in litologie e spessori (300 ÷ 800 metri). Infatti ad Est della valle del Torrente But (paleofaglia triassica But-Chiarsò) compaiono inizialmente i calcari e le dolomie di Loveana e l'orizzonte di Lunze, la Formazione di Chiampees, l'orizzonte del Mestri e l'orizzonte di Dordolla (Carulli *et al.*, 1987) correlabili con quelle dell'area tipo di Raibl, nel Tarvisiano. Fra il Torrente But, a Nord di Tolmezzo, ed il Rio Bianco, presso Malborghetto, si individua una zona intermedia di passaggio, caratterizzata da vari settori di alto relativo, che solo in alcuni casi terminano con orizzonti evaporitici.

Ad Est del Rio Bianco, nel Tarvisiano centrale, l'evoluzione è decisamente diversa e le condizioni bacinali localmente si instaurano fin dal Carnico inferiore, quindi con spessori di 'Dolomia Cassiana' ridotti. Qui affiora la sezione tipo del Gruppo di Raibl *Auct.* formato da: **Calccare del Predil** (dolomie e calcari scuri a ricche faune a pesci, crostacei e piante); **Formazione di Rio del Lago** (calcari e marne a *Myophoria kefersteini*); **Calccare di Rio Conzen** (calcari dolomitici a *Megalodon carinthiacus*, che rappresentano una fase di ripresa della piattaforma carbonatica) e **Formazione di Tor** (calcari, marne, calcari dolomitici e dolomie grigie). Lo spessore totale del Carnico bacinale nel settore orientale (Gruppo di Raibl) è estremamente variabile. Può raggiungere e in alcuni casi superare i 900 metri, mentre verso Est, nel gruppo del Monte Mangart e in Slovenia, si azzerava. Bisogna precisare che il Gruppo di Raibl del Tarvisiano, comprensivo di tutto il Carnico se non anche del Ladinico sup. *p.p.*, comprende formazioni coeve e con caratteristiche solo parzialmente simili alle Formazioni di S. Cassiano (Calccare del Predil e Formazione di Rio del Lago), di

Dürrenstein (Calcarea di Rio Conzen e di Tor *p.p.*) e infine di Raibl (parte superiore Formazione di Tor, di età tuvalica), riconosciute nei settori carnici occidentali e dolomitici. Alla fine del Carnico in tutta l'area friulana s'instaurano ambienti di mare sottile a circolazione ristretta nell'ambito di un'estesa rampa carbonatica rappresentati dalla **Dolomia del Monticello**, il cui tetto è probabilmente del Norico inferiore. Essa è costituita da dolomie grigie inizialmente intercalate con livelli pelitici. Presenta spessori che vanno dai 500 metri della Val Cellina ai 100 ÷ 200 metri delle zone nord-orientali. All'estremo orientale potrebbe corrispondere con la parte alta della Formazione di Tor. Nel Norico, nelle zone dove si imposta la piattaforma carbonatica, alla Dolomia del Monticello si sovrappone la **Dolomia Principale**. È costituita dai più classici ciclotemi peritidali di piattaforma carbonatica (facies micritiche subtidali a *Megalodon gümbeli*, facies stromatolitiche inter-sopratidali e brecce). È presente quasi ovunque con potenti spessori variabili da 800 a 2.200 metri. In gran parte delle Prealpi Carniche e Giulie, nella porzione intermedia della successione, compaiono facies decisamente anossiche denominate "laminiti organiche del Rio Resartico" (Fantoni *et al.*, 1998). Nelle Prealpi Carniche settentrionali tra Forni di sopra e Tolmezzo, si sviluppa la **Dolomia di Forni**, una litofacies potente 700 ÷ 800 metri di dolomie grigio-scure, fittamente stratificate, selcifere alla base con frequenti livelli pelitici. Essa poggia al di sopra della Dolomia del Monticello ed è eteropica alla Dolomia Principale. Il Retico in facies di piattaforma è costituito dalla ben nota formazione del **Calcarea di Dachstein**. Si presenta con le medesime facies della Dolomia Principale, solamente di natura calcarea. Inoltre, presenta grossi esemplari di Megalodonti. Lo spessore della formazione si riduce procedendo da Est (circa 800 metri sul Monte Canin) verso Ovest (circa 50 metri sul versante occidentale del Monte Valcalda), fino ad azzerarsi nelle Prealpi Carniche occidentali. Lo spessore si riduce anche da Nord verso Sud dove la formazione scompare e la Dolomia Principale si sviluppa fino al Retico, come avviene ad esempio sul Monte Cuar e sul Monte Raut. Il corrispondente bacinale del Calcarea del Dachstein è il **Calcarea di Chiampomano** (Ponton e Podda, 1995), presente in limitati settori delle Prealpi Carniche. È costituito da calcari micritici nerastri e calcareniti, spesso interessati da *slumping*. Poggia sulla Dolomia di Forni e verso il bacino aperto a Nord (Bacino Carnico) passa a calcari selciferi. Costituisce un'unità d'età retica potente fino a 450 metri.

2.1.3 La successione giurassico – paleogenica³

Questa sequenza è rappresentata essenzialmente da rocce carbonatiche, talora con selce. Solo al termine del Cretaceo e nel Paleocene-Eocene si osservano potenti depositi terrigeni marnoso-arenacei. Nel Lias vaste aree della piattaforma peritidale tardo-triassica iniziano a sprofondare, individuando così due domini paleogeografici principali: la *Piattaforma Friulana*, nelle Prealpi e nel Carso, ed i *Bacini Bellunese* a Nord-Ovest e *Giulio* a Nord - Est.

Si può quindi distinguere una successione quasi totalmente calcarea, tipica delle aree di piattaforma, ed una successione costituita prevalentemente da calcari con selce, caratteristica delle aree di bacino.

³ Modificato: da Venturini S. e Tunis G., 2002; da Carulli, 2006.

2.1.3.1 Depositi di piattaforma carbonatica

Vengono descritte le principali unità litostratigrafiche della piattaforma friulana. La prima unità è quella del **Gruppo dei Calcari Grigi del Friuli** del Lias inferiore-medio *p.p.*. In regione è presente soltanto l'unità inferiore chiamata **Formazione di Monte Zugna**. Essa affiora in gran parte nell'area prealpina carnica e giulia. L'unità può raggiungere spessori da 200 metri (Monte Cuar) a più di 500 metri (Monte Raut, Monte Piciat). La successione è costituita inferiormente da micriti grigio-nocciola, a volte bioclastiche ed oolitiche, in strati e banchi da 30 centimetri ad 1 metro di spessore, alternati a livelli centimetrico-decimetrici di stromatoliti; superiormente la successione continua con prevalenti calcari oolitici, intraclastici e bioclastici biancastri che localmente ed informalmente sono stati chiamati *calcari oolitici di Stolaz* (Lias *p.p.*). I livelli bioclastici contengono frequenti molluschi e foraminiferi; è importante la presenza di *Palaeodasycladus mediterraneus* e di *Sestrosphaera liasina*. L'unità in esame è in eteropia, verso il bacino, con la Formazione di Soverzene.

La successione carbonatica di piattaforma, durante il Dogger-Malm-Cretacico inferiore, prende il nome di **Calcare del Cellina**. Non sono noti in affioramento depositi di piattaforma del Dogger. I calcari del Cellina, nell'area tipo delle Prealpi Carniche, comprendono le facies di piattaforma relativamente protetta del Giurassico superiore-Cretacico inferiore. Lo spessore complessivo dovrebbe aggirarsi sul migliaio di metri. Si tratta prevalentemente di calcari micritici grigio-brunastri ben stratificati, con scarsi macrofossili, con frequenti strutture di emersione, talora con brecce ed argille residuali, e sporadiche stromatoliti. In alcune località (ad es. Monti La Bernadia) si intercala un pacco di calcari neri debolmente argillosi, sottilmente stratificati e laminati, talora con selce, di età Barremiano inferiore e di circa 20 metri di spessore. Nelle zone più interne, la sommità del Giurassico e la base del Cretacico sono caratterizzate da estesi fenomeni di dolomitizzazione. Durante parte del Berriasiano-Valanginiano (Cretacico inf.), in corrispondenza delle aree di margine (Valle dello Iudrio, Monti La Bernadia) si sono sviluppati corpi bioclastici con molluschi, Coralli e *Protopenneroplis ultragranulata*, che nel sottosuolo sono stati chiamati con il termine informale di **calcari di S. Donà**. Questa unità affiora anche nel Carso triestino e goriziano e comprende due unità denominate informalmente "membro di Monte Coste" e "membro di Rупingrande".

Durante buona parte del Giurassico superiore, lungo il margine della piattaforma si è sviluppata un'imponente scogliera, costituita da idrozoi e da coralli (**Calcari ad Ellipsactinie** dell'Oxfordiano *p.p.*- Kimmeridgiano), attualmente esposta al Monte Prat e sul versante orientale del Cansiglio; per quest'ultima località, vista la prevalenza di coralli, viene talora utilizzato il termine di *calcari di Polcenigo*. Nella storia della Piattaforma Friulana questa unità rappresenta l'unica vera e propria scogliera, che è progradata verso i quadranti settentrionali, andando a coprire con corpi bioclastici e brecce di scarpata il bordo dell'antistante bacino; ciò è riscontrabile ad esempio sull'altopiano del Monte Prat, dove le calciruditi ad idrozoi poggiano su calcari selciferi. Verso l'interno della piattaforma e verso l'alto, questa unità passa al Calcare del Cellina. La sostanziale assenza di stratificazione rende difficile la stima della potenza, che orientativamente dovrebbe superare i 600 metri. Alla sommità si osservano localmente tasche bauxitiche, coperte da un orizzonte a nerine.

A partire dall'Albiano si può distinguere una nuova unità litostratigrafica ed è quella dei **Calcarei di Monte Cavallo** (Albiano-Maastrichtiano), costituita da abbondanti resti organogeni rappresentati in particolare da rudiste. L'unità ha generalmente un aspetto massiccio; i giunti di strato sono riconoscibili in corrispondenza d'intercalazioni di calcari micritici contenenti talora resti di plancton. Lo spessore massimo dell'unità dovrebbe essere intorno ai 600 metri e le località tipo sono le zone del Cansiglio-Cavallo e del Ciaulec.

Un settore in regione in cui si ritrova in affioramento una piattaforma carbonatica che si sviluppa dal Cretacico superiore (Cenomaniano) all'Eocene inferiore è quello del Carso triestino e goriziano. La successione è composta da diverse formazioni istituite informalmente.

La prima è la **Formazione di Monrupino**, o "membro di Zolla", del Cenomaniano (Cretacico superiore), costituita inizialmente da calcari, calcari dolomitici e dolomie di colore grigio scuro e verso l'alto da calcari bioclastici con rudiste e lamellibranchi che prendono il nome di "Calcarei a Chondrodonta". L'unità affiora abbondantemente nel settore settentrionale del Carso goriziano, nei pressi di Redipuglia, e con una certa continuità anche nei pressi di Monfalcone per poi continuare verso Sud-Est sul Carso triestino, fino al confine con la Slovenia. Nell'area di Monrupino sono localizzate le cave da cui si estrae il "Repen Classico - tipo Zolla".

Al di sopra della Formazione di Monrupino troviamo i **Calcarei di Aurisina** (o Calcarei a Rudiste o "membro di Borgo Grotta Gigante") del Senoniano inferiore (Cretacico superiore), celebri per le omonime pietre decorative denominate classicamente "marmi del Carso". Sono calcari grigi a stratificazione metrica, caratterizzati da radiolitidi ed ippuritidi, intere o in frammenti.

Ai Calcarei di Aurisina si sovrappone la **Formazione Liburnica** formata dagli "Strati di Vreme" del Maastrichtiano (Cretacico superiore) e dagli "Strati di Cosina" del Paleocene inferiore. Si tratta di calcari micritici di colore grigio scuro o nerastro, sottilmente stratificati, talora fossiliferi (rudiste, lamellibranchi, gasteropodi). Sono presenti orizzonti di breccia sia alla base che al tetto degli "Strati di Vreme". I macrofossili sono rari nell'intervallo maastrichtiano, assenti in quello paleocenico.

Nel Paleocene medio-inferiore si formano calcari fossiliferi grigi, nocciola o brunastri, a stratificazione non evidente, che prendono il nome di **Calcarei a Miliolidae**.

La Formazione Liburnica ed i Calcarei a Miliolidae sono conosciuti nel Carso triestino con un unico nome: "membro di Monte Grisa".

La successione carbonatica del Carso si conclude con i **Calcarei a Nummuliti ed Alveoline** (o "membro di Opicina") del Paleocene superiore-Eocene inferiore. Sono calcari di color grigio chiaro, ricchi di macroforaminiferi (Nummuliti e Alveoline), a stratificazione indistinta, con uno spessore variabile fra i 50 ed i 130 metri.

Nota particolare: a Nord del Monte Plauris e ad Est del Monte Amariana, sono noti lembi di breccie carbonatiche e di marne debolmente arenacee con Nummuliti, trasgressivi sul Calcarea di Dachstein (Retico). Le associazioni faunistiche indicano come età il Luteziano; lo spessore massimo osservabile è di circa 40 metri.

2.1.3.2 Depositi di bacino e di scarpata

La nomenclatura delle unità del Bacino Giulio è in buona parte derivata dal contiguo Bacino Bellunese.

Nelle Prealpi Carniche e Giulie, in eteropia con il Gruppo dei Calcari Grigi del Friuli, si sedimentava in bacino la **Formazione di Soverzene** (Lias inf.-medio p. p.). Nel settore più occidentale (Valle del Vajont, Val Cellina) affiora nella sua facies dolomitica, mentre nella parte restante si presenta in facies calcarea (calcari selciferi Auct.). La formazione è quindi costituita da dolomie e/o calcari grigi, in strati di 20 ÷ 40 centimetri, selciferi, con frequenti livelletti marnosi centimetrici. Alla base dell'unità sono presenti brecce e calcareniti bioclastiche. Le faune sono rappresentate essenzialmente da radiolari e spicole.

Nelle Prealpi Carniche orientali e nelle Prealpi Giulie, sulla Formazione di Soverzene poggiano delle calcareniti encriniche da grigio-rosate a rossastre, a stratificazione incrociata, ricche di crinoidi, brachiopodi, ammoniti, gasteropodi e lamellibranchi. Per analogia con le successioni dolomitiche tale formazione prende il nome di **Encrinite di Fanes Piccola**. Sul Monte Lovinzola questa encrinite viene sfruttata come pietra ornamentale ed è conosciuta con il termine di "rosso porfirico".

Nelle Prealpi Carniche occidentali, verso il Bacino Bellunese, sulla Formazione di Soverzene poggia un'unità calcareo-marnosa selciferi, ben stratificata, talora di tipo nodulare ad ammoniti, denominata **Formazione di Igne** (Toarciano). Localmente, alla base dell'unità, sono osservabili marne nerastre ricche di materia organica, testimoniando l'evento anossico toarciano. Lo spessore totale varia da pochi metri ad oltre 150 metri.

Sia al di sopra dell' Encrinite di Fanes Piccola che della Formazione di Igne compare il **Calcarea del Vajont** (Dogger), un'unità formata da prevalenti calcareniti oolitiche, in strati metrici, alternate a calcari micritici a radiolari, in strati decimetrici. I depositi oolitici sono interpretati come torbiditi provenienti dal margine della Piattaforma Friulana; i banchi risultano talora gradati e con brecce alla base, mentre solo le intercalazioni a grana fine rappresentano la sedimentazione bacinale. I massimi spessori sono misurabili nella Valle del Vajont (circa 450 metri), mentre nelle Prealpi Giulie l'unità si riduce ad una cinquantina di metri.

Nell'Oxfordiano-Kimmeridgiano inferiore, cioè all'inizio del Malm, le risedimentazioni oolitiche sono sostanzialmente cessate e dal margine della piattaforma proviene materiale bioclastico di varia natura (coralli, idrozoi, briozoi). Si viene così a generare la **Formazione di Fonzo** costituita da prevalenti calcari selciferi ben stratificati, con frequenti calciruditi e calcareniti ad elementi di piattaforma. Nel complesso la potenza varia da qualche decina di metri a 200 metri.

Sulla Formazione di Fonzo poggia il **Rosso Ammonitico** (Kimmeridgiano sup.-Titoniano inf.), spesso indicato come Rosso Ammonitico "superiore". È costituito da calcari micritici nodulari rossi o grigio-verdastri, talora selciferi, con ammoniti e belemniti. In sezione sottile si osservano abbondanti resti di crinoidi pelagici (*Saccocoma*). Lo spessore massimo non supera la trentina di metri.

Nel Titoniano superiore - Barremiano *p.p.*, con la ripresa degli apporti torbiditici e la contemporanea esplosione del nannoplancton, si dà inizio alla sedimentazione di calcari micritici chiari con noduli e liste di selce, molto ricchi in calpionelle e radiolari (**Formazione del**

Biancone o Maiolica). Lo spessore della formazione varia da una decina di metri a 150 metri.

In alcune aree delle Prealpi friulane (Monte Prat, Monte Covria) le ultime tre formazioni non sono riconoscibili sul terreno, in quanto l'intervallo stratigrafico corrispondente è costituito da una successione relativamente monotona di calcareniti bioclastiche più o meno selcifere, di origine torbiditica, che prende il nome di **Calcare di Soccher**. Attualmente si sta cercando di eliminare questo termine andando a studiare più in dettaglio la formazione dal punto di vista micropaleontologico, in modo da riuscire a discriminare le tre unità che la compongono.

Durante l'Aptiano-Turoniano si ha la deposizione in tutte le Prealpi Friulane della **Scaglia variegata alpina**. In particolare l'Aptiano-Albiano è generalmente rappresentato da calcari marnosi e marne di colore verdastro, nerastro e rossastro, ben stratificati, da calcareniti selcifere e da banchi di calciruditi e breccie; queste ultime talora assumono spessori di alcune decine di metri. I depositi grossolani contengono frequenti *Orbitolina*, rudiste e coralli rimaneggiati. Nel Cenomaniano-Turoniano si osserva una prevalenza di calcari selciferi debolmente argillosi, grigiastri, verdastri e rosati, a grana fine, con subordinate intercalazioni calcarenitiche. I calcari fini, sottilmente stratificati, contengono frequenti foraminiferi planctonici (*Rotalipora*, *Globotruncana*, ecc.). La stima dello spessore è resa difficoltosa dalla presenza di fitte pieghe dovute a disturbi tettonici, ma indicativamente si può aggirare fra 80 ÷ 100 metri.

Superiormente affiora una formazione comprensiva del Senoniano superiore - Paleocene-Eocene inferiore *p.p.*, che prende il nome di **Scaglia Rossa friulana**. Questa unità è costituita da una successione di marne e calcari marnosi rosso mattone, talora con orizzonti plurimetri grigiastri. La selce è sostanzialmente assente. La stratificazione è mal visibile. A volte si intercalano, specialmente alla base dell'unità, livelli calcarenitici bioclastici o livelli di breccie ad elementi di piattaforma carbonatica, che talora assumono spessori rilevanti e sono stati distinti con termini di significato locale (es: **breccie di Grignes**).

Il limite superiore, seppur diacrono, è ovunque costituito dal **Flysch** con una transizione piuttosto graduale, marcata dall'incremento della frazione arenacea silicoclastica.

La successione terrigena affiora nelle Prealpi Carniche e Giulie meridionali, nel Collio ed ai piedi del Carso triestino. Lo spessore complessivo supera i 4000 metri e rappresenta la più completa successione torbiditica campaniano (Cretacico sup.)-paleogenica delle Alpi Meridionali orientali. A seconda dell'età e della provenienza del materiale risedimentato (silicoclastico da Nord, carbonatico da Sud) sono stati istituiti informalmente dei membri che prendono il nome dalla toponomastica locale: il "**Flysch di Uccia**", di età Campaniano superiore - Maastrichtiano ed il **membro di Drenchia**, costituiti da prevalenti calcisiltiti grigio-nerastre con banchi di breccia, mentre le arenite sono più frequenti nella parte superiore. Il "**Flysch di Clodig**" e il "**Flysch di Monte Brieka**" sono formati da calcareniti cui si associano breccie e calcilutiti, mentre le arenarie sono subordinate e talora assenti. Per contro, nel "**Flysch dello Iudrio**" dominano le alternanze arenaceo-pelitiche, con spessi orizzonti di breccia. La base del Paleocene, rappresentata dal "**Flysch di Calla**", è distinguibile per il colore rossastro delle peliti cui si intercalano arenarie grigie. Il "**Flysch di Masarolis**" è prevalentemente arenaceo, con presenza di orizzonti calciclastici. Il "**Flysch del Grivò**", che affiora su gran parte delle Prealpi Giulie meridionali, comprende i più im-

portanti megabanchi carbonatici. A questa unità possono essere riferite anche le torbiditi silicoclastiche con megabanchi affioranti in Val Tremugna e a Claut, alla base della successione terrigena delle Prealpi Carniche, e che mostrano analoghe facies ed età. Nelle Prealpi Giulie i megabanchi rappresentano ottimi livelli-guida, e sono stati distinti mediante una numerazione e talvolta con toponimi. Il più importante è il n. 11, noto anche come **megastrato di Vernasso**, che può superare i 260 metri di spessore. Nei dintorni di Torreano di Cividale si sfruttano alcuni livelli arenitici, di grana media e medio-fine, per estrarre la rinomata "Pietra Piasentina", utilizzata abbondantemente nell'edilizia friulana. La successione torbiditica è chiusa dal "**Flysch di Cormons**" (Ypresiano medio - sup.- Luteziano inf.), in cui le alternanze pelitico-arenacee presentano solo sporadici livelli carbonatici, generalmente di modesto spessore e contenenti frequenti clasti di quarzo e selce.

Il "**Flysch di Clauzetto**", nelle Prealpi Carniche meridionali, ed il **Flysch di Trieste**, sul quale sorge la città omonima, coprono il medesimo intervallo cronologico del "**Flysch di Cormons**", risultandone quindi un sinonimo.

In regione non sono noti depositi riferibili con certezza all'Eocene superiore e all'Oligocene. Solo la **breccia di Peonis**, affiorante alla base della molassa neogenica nelle Prealpi Carniche orientali, e poggiante in trasgressione sulle torbiditi ypresiane, è stata dubitativamente attribuita all'Oligocene superiore.

2.1.4 La sequenza neogenica friulana⁴

Le successioni torbiditiche paleogeniche sono ricoperte in discordanza dai depositi molassici neogenici di età compresa tra l'Aquitaniense (Miocene inf.) ed il Messiniano (Miocene sup.), costituendo potenti coltri sedimentarie.

I terreni neogenici costituiscono la quasi totalità dei rilievi collinari più meridionali delle Prealpi Carniche centro-occidentali. Uno spaccato naturale lungo il quale è possibile osservare con buona continuità il passaggio tra il *Flysch* eocenico e la successione molassica, dai suoi termini più antichi ai più recenti, è quello del Torrente Meduna, dalla stretta poco a Sud della confluenza col Torrente Mujè, fino alle colline di Sequals.

Il contatto tra il "*Flysch* di Clauzetto" e la sovrastante **arenaria di Preplàns**, o localmente con la **breccia di Peonis**, che segnano l'inizio della sedimentazione molassica, è accompagnato in tutta l'area da una lacuna e talora da una discordanza angolare. I migliori affioramenti dell'arenaria si rinvergono a Forgaria, ad Andreis e lungo il Torrente Meduna.

La base dell'unità sovrastante è rappresentata da un orizzonte, potente qualche metro, di areniti glauconitiche grossolane verdastre, ricoperte da marne e siltiti marnose di piattaforma con spessore variabile tra i 20 metri nella sezione di Rio delle Fontane e gli oltre 50 metri nella sezione del Torrente Meduna (**marna di Bolago**). Esso segna l'inizio della sequenza deposizionale successiva di età burdigaliana. Seguono circa 100 ÷ 150 metri di fitte alternanze di areniti debolmente glauconitiche e siltiti arenacee bioturbate (**arenaria di S. Gregorio**), affioranti lungo il Torrente Meduna ed il Rio delle Fontane.

Alla fine del Burdigaliano avviene la deposizione della **marna di Monfumo**, una sottile unità pelitica con spessore massimo di 12 metri. Superiormente, delle areniti ricche in glau-

⁴ Modificato: da P. Grandesso, C. Stefani e G. Tunis, 2002.

conite stanno alla base della **Formazione del Monte Baldo**, una potente pila di sedimenti (massimo 200 metri).

Nella zona di Piancavallo, Andreis e più a Est, nei dintorni di Poffabro e Casasola, la successione molassica è incompleta, essendo rappresentata solo dai termini aquitaniano-burdigaliani. Caratteristiche peculiari mostra l'area di Piancavallo ove i sedimenti terziari poggiano in paraconcordanza sui calcari cretacei del Monte Cavallo e sono rappresentati da un conglomerato trasgressivo (**conglomerato di Sorgente Tornidor**). Il conglomerato è ricoperto a sua volta da una ventina di metri di sabbie quarzose bioturbate (**sabbia di Pian Mazzega**) a stratificazione incrociata, passanti a calcareniti a macroforaminiferi (*Lepidocyclina*, *Miogypsina* e *Miogypsinoidea*), echinidi, bivalvi e alghe. La successione è chiusa da alcuni metri di siltiti grigie micacee sterili correlabili con la **siltite di Casoni**, più sviluppata nel bellunese.

La porzione serravalliano (Miocene medio) –messiniana (Miocene sup.) è rappresentata da marne grigie epibatiali e di piattaforma a frequenti bivalvi, che si sviluppano su di uno spessore massimo di 400 metri (**marna di Tarzo**), ricoperte da alternanze di areniti e siltiti grigie a gasteropodi (**arenaria di Vittorio Veneto**), potenti 350 metri circa.

La successione è chiusa da oltre 900 metri di conglomerati prevalenti, siltiti ed arenarie (**Conglomerato del Montello**). La composizione dei clasti del conglomerato è essenzialmente calcarea e dolomitica.

Presso Osoppo, Val Tremugna e Trasaghis sono noti lembi molassici, recentemente attribuiti al Miocene. Si tratta di arenarie, argille, conglomerati e brecce di ambiente deltizio e con episodi salmastri. I dati bibliografici più precisi riguardano la zona di Osoppo, dove le facies siltoso-arenacee affioranti alla base del colle sembrano riferibili al tardo Messiniano o al Pliocene basale, alla luce delle associazioni desunte dalle piste di mammiferi scoperte di recente. L'ambiente di sedimentazione del **Conglomerato di Osoppo** è fluviale con episodi lacustri.

2.1.5 I Depositi del Quaternario⁵

All'interno del territorio alpino e prealpino, carnico e giulio, i **depositi glaciali di età würmiana e tardo-würmiana** sono frequenti, mentre i resti di accumuli pre-würmiani risultano scarsi e spesso di incerta datazione. Le morene würmiane si presentano in forma di sottile e discontinua coltre di ritiro glaciale (morena di fondo), spesso rimaneggiata e/o vegetata, costituita da limi che imballano massi e ciottolame striato. L'evento glaciale würmiano ha inoltre favorito l'accumulo di estesi cordoni morenici frontali collocati allo sbocco della Valle del Tagliamento, nell'alta Pianura Friulana. È il cosiddetto anfiteatro morenico che, in triplice cerchia concentrica con convessità verso Sud, forma tutti i rilievi da Ragogna a Qualso ad eccezione del colle di Susans, in conglomerati miocenici, e dei colli di Buia, in prevalente flysch eocenico.

Facilmente individuabili sono inoltre i depositi tardo-würmiani nelle Alpi Carniche e Giulie. Tra le alluvioni oloceniche e le fasce detritiche di recente accumulo si rinvengono sporadici resti di precedenti **depositi fluviali d'età pleistocenica**. Sono concentrati nei fondovalle,

⁵ Modificato: da Venturini C., 2002; da Carulli, 2006.

anche se non mancano affioramenti estesi, seppur localizzati, ubicati lungo i versanti, a mezza costa, o in fasce di crinale. Il più delle volte, tali accumuli sono rappresentati da depositi fluviali e fluvio-lacustri che hanno sovralluvionato segmenti vallivi occasionalmente sbarrati da paleofrane, o dal rapido ampliamento di un conoide alluvionale laterale, oppure, più raramente, dall'abbandono di un cordone morenico. In particolare si segnalano i depositi **fluvio-lacustri** (?interglaciale Riss-Würm) presenti come lembi lungo l'alto corso del Natisone, lungo il Rio Mea nei pressi delle sorgenti del Torrente Torre, a Nord di Meduno (PN), nei dintorni di Barcis (PN), in Val Resia (UD) presso Gniva (Vaia e Zorzin, 1981), lungo il Rio Bianco e il Rio Nero di Tarvisio (UD) (Desio, 1926; Gortani, 1936), e nella valle del But tra Sutrio e Paluzza (UD) (Gortani, 1920).

Al medesimo interglaciale apparterebbero anche le **antiche alluvioni cementate** della bassa Val Pesarina e del Torrente Degano, di fronte ad Ovaro, e gli estesi e potenti (200 metri) conglomerati fluviali affioranti da Ampezzo, attraverso l'altopiano di Verzegnis, fino al lago di Cavazzo. Questi ultimi depositi testimoniano il tragitto del paleo-Tagliamento pleistocenico. Della stessa età dovrebbero essere anche gli ampi conii detritici cementati e profondamente incisi di Portis-Venzone, del Monte Plauris, della Val Pesarina e di Sella Nevea-Ripiani del Montasio, tutti rappresentati da lembi di breccie e conglomerati calcareo-dolomitici legati a processi erosivi di versante connessi ad accentuato crioclastismo.

Sequenze fluvio-lacustri (150 metri) intercalate a depositi morenici di acme würmiano affiorano in modo spettacolare a Ponte Racli, lungo il Torrente. Meduna (Venturini, 1986b); la successione ciclica è messa in luce dagli intensi fenomeni erosivi olocenici accentuati dal sollevamento recente dell'area.

Nell'immediato post-glaciale, estesi bacini lacustri si sono generati nei fondovalle del settore di Camporosso-Tarvisio-Fusine (Desio, 1926), in Val Resia (Cavallin e Martinis, 1985), nella zona di Forni di Sotto (Gortani, 1907; Pisa, 1972), nella conca di Tramonti (Cavallin e Martinis, 1981), in Val Settimana (Calzavara *et al.*, 1981), nei pressi della confluenza tra i Torrenti But e Chiarsò (Martinis, 1979), a Sutrio lungo la media valle del But (Martinis, 1979) e nell'alta valle del Torrente Chiarsò, come pure a Tanatavie presso le sorgenti del Torrente Torre (Cavallin, 1985). Negli ultimi tre casi la causa risiedeva in sbarramenti da paleofrane riconoscibili in base all'evidenza della nicchia di distacco. La gran parte di tali depositi lacustri, all'esame del radiocarbonio, ha fornito età intorno ai 6.000 ÷ 8.000 anni BP. Lungo i fondovalle principali si sono accumulate spesse coperture alluvionali oloceniche che, specie nei settori più interni, risentono di marcati terrazzamenti. Attualmente la tendenza di gran parte del settore montano è improntata ad un approfondimento erosivo.

A Sud dei rilievi prealpini e dell'anfiteatro morenico si estende la **Pianura Friulana**, lembo nord-orientale della Pianura Padana, e rappresenta i corpi quaternari più estesi in regione. È costituita da sedimenti fluvioglaciali ed alluvionali che cronologicamente sono attribuiti al Pleistocene superiore - Olocene. Viene divisa in due parti: l'alta Pianura Friulana e la bassa Pianura Friulana. L'alta Pianura, a bassa pendenza, è formata prevalentemente da ciottoli e ghiaie, ed è caratterizzata dalla presenza degli ampi conoidi alluvionali del Tagliamento, del Meduna, del Cellina e del Natisone, sovrapposti e saldati ai bordi, allo sbocco in pianura. In questo settore di pianura sono concentrate numerose cave di ghiaia.

La bassa Pianura è delimitata a Nord dalla linea delle risorgive e si sviluppa verso Sud fino al margine lagunare. È formata prevalentemente da depositi di sabbie, limi e argille.

Nell'Allegato B si sono ubicate le cave presenti in Regione sulla "Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia" alla scala 1:150.000 (a cura di Carulli G.B., 2006) così da individuare in modo diretto la correlazione tra attività estrattiva e dominio geologico.

2.1.6 Le litologie nel Friuli Venezia Giulia

Nella regione Friuli Venezia Giulia, seppur ricca e varia di litologie, mancano le rocce intrusive, quelle rocce cioè che derivano dal lento raffreddamento del magma all'interno della crosta terrestre. Sono invece presenti, anche se non molto diffuse, le rocce vulcaniche o effusive, che derivano dal raffreddamento del magma sulla superficie terrestre e prendono il nome di lave. Gli affioramenti sono limitati alla zona alpina, ove si presentano secondo due allineamenti subparalleli aventi direzione Est - Ovest. L'allineamento più settentrionale si estende tra Forni Avoltri e Paularo, nella Catena Paleocarnica, in affioramenti sparsi e di limitata estensione appartenenti al Carbonifero superiore. Le rocce sono di colore verde-scuro fino a nerastro, talora con piccoli cristalli biancastri di plagioclasio immersi nella pasta di fondo; molto resistenti e tenaci si presentano spesso con strutture di lave "a cuscino" o brecciate. Si tratta di rocce basiche, prevalentemente diabasi spilitici e loro tufi, appartenenti alla serie basaltica. La seconda fascia di vulcaniti, associate a formazioni anisocladiniche, si estende a Sud della precedente e precisamente da Forni di Sopra fino ai Laghi di Fusine. Quelle affioranti tra Forni di Sopra e Forni di Sotto sono di color verde-nerastro, molto compatte, talora brecciate. Predominano tipi spilitici, accompagnati dai loro tufi. Ad oriente affiorano le Vulcaniti di Riofreddo che si trovano nelle Alpi Giulie tra la Valbruna ed i Laghi di Fusine. Anche le rocce metamorfiche non sono molto diffuse in regione. Sono rappresentate per lo più da argilliti e siltiti bruno-nerastre, lucenti e fogliettate, appartenenti a formazioni sviluppate nella Catena Carnica. Solo localmente si sono avuti effetti del metamorfismo sui calcari paleozoici, ottenendo calcari grigio chiari o rosei parzialmente ricristallizzati. Alcuni di questi marmi sono oggetto di estrazione, come avviene nelle cave a Nord di Forni Avoltri e nella zona di Timau. Le rocce sedimentarie ricoprono il 90 ÷ 95% dell'intera zona e sono costituite essenzialmente da rocce calcaree e dolomitiche (più o meno marnose, bituminose, selcifere, incarsite) e da rocce clastiche quali flysch, arenarie, marne, conglomerati.

Nell'Allegato C si sono ubicate le cave presenti in Regione sulla Carta Litologica del Friuli Venezia Giulia, estratta dalla "Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia" alla scala 1:150.000 (a cura di Carulli G.B., 2006), così da individuare in modo diretto la correlazione tra attività estrattiva e dominio litotecnico.

2.1.7 La tettonica del Friuli Venezia Giulia

Il quadro tettonico (tratto e modificato da Carulli G.B., 2006) è determinato dalla presenza di tre sistemi:

- quello "dinarico" ad orientamento NW-SE, di età paleogenica, sviluppato nel settore sud-orientale;
- quello "tilaventino" nell'area centro-settentrionale, ad orientamento E-W, formatosi tra il Miocene ed il Pliocene;
- quello "valsuganese" ad orientamento NE-SW e NNE-SSW, di età pliocenico-quadernaria, presente nel settore più occidentale.

Il sistema dinarico è caratterizzato principalmente da accavallamenti aventi direzione NW-SE e piani immersi a NE, e da faglie subverticali trascorrenti destre, la cui direzione è compresa tra NW-SE e NNW-SSE. Tali linee si ritrovano nel settore prealpino giuliano, nel sottosuolo della pianura friulana centro-orientale e nel Carso.

Il sistema tilaventino interessa tutto il settore montano fino all'Alta Pianura Friulana. Esso rappresenta la prosecuzione orientale di quello valsuganese, dal quale differisce, oltre che per la direzione, per la maggior entità del raccorciamento. Le strutture sono nordvergenti nella porzione più settentrionale della regione, corrispondente alla Catena Paleocarnica, mentre a meridione di essa sono prevalentemente sudvergenti.

Il sistema valsuganese interessa marginalmente la regione nel solo settore più occidentale, al confine con il Veneto, e la parte più esterna della catena ed il sottosuolo della Pianura Friulana. Questo sistema presenta sovrascorrimenti a direzione ENE-WSW con superfici immerse a NNW.

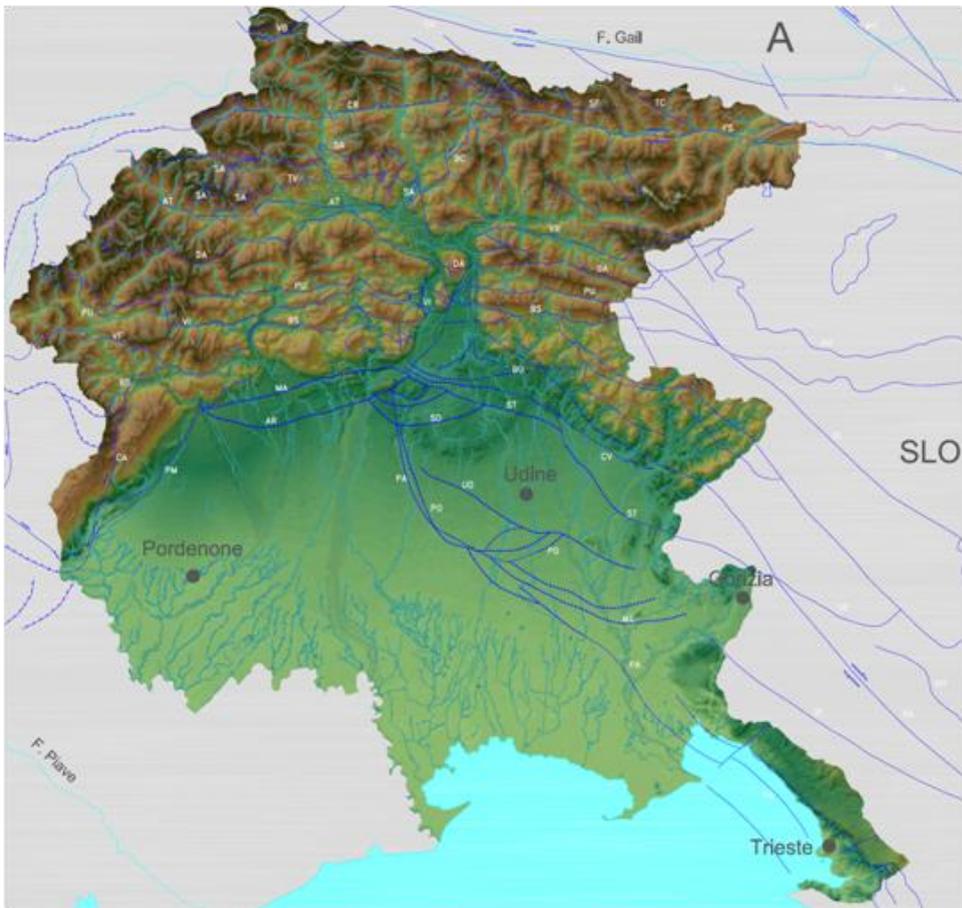
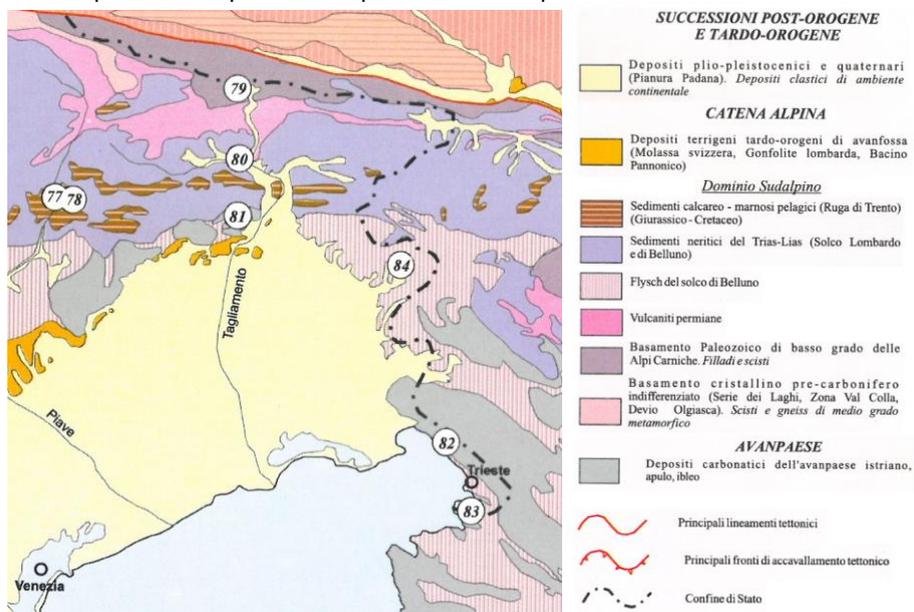


Figura 2-2 Schema tettonico del Friuli Venezia Giulia (Carulli G.B., 2006 – mod.)

2.2 I principali materiali litoidi in Regione

In Friuli Venezia Giulia vi è un'antica tradizione di coltivazione ed impiego di materiali lapidei, che si presentano qui con una qualità elevata rispetto alla media nazionale.



78) Porfirico Ramello; 79) Fior di Pesco Camico, Grigio Fiorito Timau, Argentato Camico, Grigio Carnico; 80) Rosso di Tolmezzo, Ceppo Norico; 81) Clauzetto; 82) Aurisina (Chiara, Fiorita, Granitello), Reppen Classico, Chiaro, Classico Zolla, Nero del Carso, Roman Stone, Fior di Mare, Breccia Carsica; 83) Masegno di Muggia; 84) Pietra Piasentina.

Figura 2-3 Carta geologica delle pietre naturali contemporanee d'Italia (Fiora L., Borghi A., Alciati L. e Zusi V., 2002 – mod)

I marmi del Carso sono noti fin dall'antichità classica e il Grigio Carnico friulano era già scavato nel Trecento e venne usato per importanti opere architettoniche come il Duomo di Tolmezzo. Arenarie e calcari sono alla base di edifici di pregio nella città di Trieste, che sorge infatti tra due formazioni geologiche: la formazione calcarea cretacea, caratteristica del Carso (a Nord), e la formazione marnoso-arenacea dell'Eocene a Sud, in prossimità del confine con la Slovenia. Nelle cave di arenaria sulle colline della città i cavaatori distinguevano la pietra compatta, detta "masegno", da quella superficiale, alterata, detta "crostèl". Vi è inoltre una certa diversità anche tra cave limitrofe: l'arenaria di San Giovanni, grigia, se esposta alle intemperie si sfalda, quella di Muggia, più verso un colore azzurro, a grana più grossa, resiste alle intemperie e può essere impiegata come "faccia a vista". La maggior parte delle pietre utilizzate in città arriva però dal Carso. Dalle cave del comprensorio di Aurisina proviene il materiale lapideo dalle pregevoli doti meccaniche ed estetiche con cui i Romani costruirono Aquileia, e verso Opicina e Monrupino vi era già nel passato una serie di cave dove veniva estratto un calcare ben compatto di colorazione variabile a seconda della cava. A Udine è stato fatto invece un uso notevole della Pietra d'Istria, anche se la città, che si fonda su di un rilievo che ha origine nei depositi fluvio-glaciali del Quaternario, è molto vicina alle Prealpi Giulie dove si rinvencono calcari più o meno mar-

nosi o calcareniti. Le cave migliori dove questi vengono estratti sono lungo la valle del Natissone ed intorno a Torreano dove si valorizza la "Pietra Piasentina". Naturalmente nelle murature dei maggiori monumenti cittadini è stato fatto abbondante uso di ciottoli e di laterizi, come nella chiesa di San Francesco e nella Cattedrale. Il settore lapideo regionale sta però attraversando una fase di recessione che dura da molti anni, con una flessione più evidente che nel resto del Paese. Fino al 1980 in regione si estraevano le pietre ornamentali riportate nella Tabella 2-1 mentre attualmente i materiali estratti come pietra ornamentale sono rimasti solo 14 e vengono sintetizzati, unitamente alle loro caratteristiche merceologiche, nell'Allegato H.

Tabella 2-1 *Pietre ornamentali coltivate in Friuli Venezia Giulia sino agli anni '80*

GORIZIA	
DOBERDO'	Nero del Carso
	Nero del Vallone
GORIZIA	Rosso S. Mauro

PORDENONE	
AVIANO	Breccia di Aviano
	Grigio di Monte Cavallo
CANEVA	Onice di Caneva
ERTO CASSO	Porfirico Ramello Bruno
	Porfirico Ramello Rosso

TRIESTE	
AURISINA	Aurisina Chiara
	Aurisina Fiorita
	Aurisina Macchiata
	Aurisina Scura
	Granitello Aurisina
	Nabresina
	Roman Stone
MONRUPINO	Breccia di Monrupino
	Repen Chiaro
	Repen Fiorito
	Repen Scuro
	Repen tigrato
	Stalattite Chiara
Stalattite Rossa	
RUPINPICCOLO	Fior di Mare
SGONICO	Stalattite del Carso
SLIVIA	Breccia Carsica

UDINE	
BODIGOI	Nero Bodigo
CESCLANS	Ceppo Norico
CIVIDALE	Pietra Piasentina
COMEGLIANS	Breccia Carnica
FORNI AVOLTRI	Fior di Pesco Carnico
	Fior di Valz
	Grigio di Naguscel
	Madreperia delle Alpi
PALUZZA	Grigio Carnico
	Rosso Malhalastra
PAULARO	Grigio Carnico
PAULARO	Rosso Alhambra
RESIA	Grigio Val Resia
TIMAU	Broccatello di Timau
	Grigio Carnico
	Nero Fiorito
	Persichino Reticolato
TOLMEZZO	Grigio Carnia
	Grigio Tolmezzo
TORREANO – S.PIETRO AL NATISSONE S. LEONARDO	Pietra Piasentina
VERZEGNIS	Bruno Vermiglio
	Fantastico Carnia
	Mandorlato
	Noce Radica
	Porfirico Fiorito
	Rosso Corallo
	Rosso Porfirico
	Rosso Radica
	Rosso Sanguigno

Si possono individuare alcuni "distretti" aventi caratteristiche litotecniche simili: Monrupino – Aurisina (TS), Muggia (TS), Cividale (UD), Forni Avoltri (UD), Paluzza - Timau (UD) e Tolmezzo (UD).

Distretto di Monrupino - Aurisina (TS). I terreni che affiorano nel Carso Triestino sono dati prevalentemente da calcari fossiliferi di età Cretacico inferiore - Eocene inferiore. In particolare dagli orizzonti del Cretacico superiore si estraggono pregevoli materiali a scopo ornamentale. Dalle cave di Monrupino si ottengono tre tipi di "marmi" che sono così denominati: fior di mare, Repen Chiaro, Repen Classico – tipo Zolla. Sono dei calcari compatti di colore grigio chiaro o grigio-nocciola, su cui spicca una caratteristica fioritura di color grigio scuro, più raramente biancastro, determinata da resti fossili interi o in frammenti di rudiste (caprine, radiolitidi, distefanella), di lamellibranchi e di rari gasteropodi. I frammenti sono generalmente isorientati e distribuiti in maniera piuttosto omogenea. La cementazione è ottima, senza tracce di vacuoli, per cui il grado di porosità della roccia è molto basso. I marmi prodotti nelle cave di Aurisina prendono il nome di Aurisina Chiara, Aurisina Fiorita, Aurisina Granitello e Roman Stone. Sono anch'essi dei calcari bioclastici di colore grigio chiaro ricchi di frammenti fossili più scuri costituiti da rudiste (Radioliti, Ippuriti) e valve di lamellibranchi (Neithee, Chondrodonte). Le differenze tra un marmo e l'altro sono date esclusivamente dalla dimensione dei frammenti fossili: nell'Aurisina Chiara, nel Roman Stone e nell'Aurisina Granitello domina un tritume di resti con dimensioni da 1 a 8 millimetri, accompagnato a volte da una notevole quantità di intraclasti, nell'Aurisina Fiorita invece i frammenti raggiungono maggiori dimensioni, generalmente 5 ÷ 8 centimetri. Sono marmi molto compatti e senza screpolature che provengono dalle grandi cave a fossa il cui fondo si apre fino a 90 metri sotto il piano di campagna.



Figura 2-4 Coltivazione del marmo di Aurisina (Cava Ivere – Romana, TS)

Distretto di Muggia (TS). Alla periferia Sud di Trieste, in zona Muggia, affiora una formazione marnoso - arenacea denominata Flysch, data da un'alternanza di marne e arenarie variamente intercalate fra loro. Se la roccia è sana il colore è grigio plumbeo, se è alterata marrone - rossastro. Questo litotipo veniva un tempo utilizzato come pietra da costruzione, oggi invece trova impiego prevalente quale pietra ornamentale con il nome di masegno. Le tecniche di estrazione sono a spacco ed a segagione. Secondo il modo di lavorazione, la pietra arenaria si distingue in: masselli (banchine e paramenti, conci speciali); selciati, bolognini, ecc.; gradini, cordonate, ecc.; materiale da rivestimento e pavimentazione.



Figura 2-5 Coltivazione delle arenarie di Muggia, note come “masegno”, nella Cava Ex Gorlato (Ditta Renice S.r.l., TS)

Distretto di Cividale (UD). Nell'area delle Prealpi Giulie, pochi chilometri a Nord dell'abitato di Cividale, si aprono numerose cave da cui si estrae la “Pietra Piasentina”, roccia appartenente al Flysch eocenico. È una brecciola calcarea in bancate da metriche a plurimetriche intercalata a marne ed arenarie. Se ne estraggono tre varietà prevalenti: “Pietra Piasentina a grana fine”, a “grana media” e a “grana grossa”, in base alla dimensione dei clasti carbonatici. La Pietra Piasentina a grana fine è costituita da frammenti che hanno dimensioni del millimetro e danno al “marmo” un colore grigio scuro con fitta punteggiatura di color marrone scuro-nocciola. Quella a grana media presenta dei clasti generalmente spigolosi, con dimensioni variabili tra 1 ÷ 8 millimetri, immersi anch'essi in una pasta di fondo di color grigio scuro. Quando invece prevalgono i frammenti calcarei con dimensioni fra 2 e 17 millimetri allora si ha la Pietra Piasentina a grana grossa. Nell'insieme questo materiale è molto compatto, senza vacui e con rare fratture cementate da calcite bianca. La Pietra Piasentina è la pietra da costruzione e da rivestimento per eccellenza dell'archi-

tettura friulana presentando ottime caratteristiche di pietra compatta, basso coefficiente di imbibizione all'acqua, carichi di rottura molto elevati anche dopo cicli di gelività, buona resistenza a flessione ed usura e soprattutto, inalterabilità cromatica.



Figura 2-6 Area e siti di estrazione della Pietra Piasentina con indicate le cave attive: Prehot, Barilla, Colpapan, Noglaret, S. Ermacora, Bacino di Clastra, Altovizza e Tarpezzo.



Figura 2-7 Lavori di scopertura del giacimento di Pietra Piasentina (Cava Clastra, UD)



Figura 2-8 *Porzione sommitale del giacimento di Pietra Piasentina (Cava Tamoris, UD)*

Distretto di Forni Avoltri (UD). Il Distretto marmifero di Forni Avoltri è localizzato all'estremo lembo nord-occidentale della regione, all'interno della Catena Paleocarnica. Questa zona è caratteristica per la produzione del "Fior di Pesco Carnico", ottenuto dai calcari di scogliera devoniani leggermente metamorfosati. Presenta un color grigio chiaro-biancastro, con delicate macchie roseo - violacee dovute a pigmentazione ematitico-manganesifera che ne giustificano la denominazione. Nel distretto viene estratto anche il "Grigio Carnico" che per la collocazione, Cava Clap di Naguscel, viene denominato "Grigio Naguscel Carnico" costituito da calcari compatti aventi una tonalità di base dal grigio al grigio chiaro con numerosissime vene e plaghe di calcite spatca bianca, talvolta d'aspetto vitreo, superfici stilolitiche e ramificazioni a pigmentazione carboniosa nerastra.

Distretto di Paluzza / Timau (UD). Anche il distretto marmifero di Paluzza è inserito all'interno della Catena Paleocarnica e sfrutta i calcari del Devonico leggermente metamorfosati che prendono il nome di "Grigio Carnico". Si presenta come un calcare grigio chiaro, solcato da una fittissima ragnatela di venuzze nere, e presenta molto frequentemente plaghe di calcite bianca quale riempimento secondario di vuoti di origine tettonica. Nella cava denominata Koul Troten, posta in località Laghetti nella Frazione di Timau, si estrae il cosiddetto "rosso oniciato", costituito da un calcare micritico brecciato appartenente alla formazione dei "Calcari pelagici a climenie e goniatiti" del Devoniano sup. - Carbonifero inferiore. È un materiale che si differenzia nettamente da tutti gli altri prodotti lapidei della regione per le sue caratteristiche cromatiche, dovute ad un alternarsi di bande ben sviluppate a diversa pigmentazione. Infatti queste bande, che appaiono regolarmente parallele fra di loro, si presentano di colore rossastro alternate a quelle di colore grigio. Il tutto viene solcato trasversalmente da vene di calcite bianca.



Figura 2-9 Coltivazione per gradino basso nella cava del marmo "Fior di Pesco" (Cava Avanza, UD)



Figura 2-10 Coltivazione con filo diamantato nella cava del marmo "Grigio Naguscel Carnico" (Cava Clap di Naguscel, UD)



Figura 2-11 Coltivazione per bancate alte di marmo "Grigio Carnico": blocco risultante dopo il ribaltamento sul piazzale (Cava Pramasio, UD)



Figura 2-12 Coltivazione per bancate alte del "Rosso Oniciato" (Cava Koul Troten, UD)

Distretto di Tolmezzo (UD). Nel Gruppo del Monte Verzegnis, nei pressi della cima del Monte Lovinzola, a quota 1.700 metri si estrae un prodotto lapideo tra i più noti nella regione carnica. È un calcare rosso bruno nettamente stratificato del Giurassico inferiore - medio, ricco di frammenti bianchi di crinoidi a forma pentagonale, e secondariamente gusci di ammoniti e belemniti. La forte colorazione è dovuta a pigmentazione ematitica o limonitica. Un tempo si estraevano diverse varietà: "Bruno Vermiglio", "Porfirico Fiorito", "Porfirico Bruno" e "Noce Radica"; attualmente si estrae solo quest'ultima.



Figura 2-13 Blocchi di "Noce Radica" di Verzegnis in fase di riquadratura ed in deposito (Cava Monte Lovinzola, UD)

2.3 Caratterizzazione merceologica e geotecnologica

2.3.1 Caratterizzazione merceologica e qualificazione delle pietre ornamentali

È una caratteristica del settore delle pietre ornamentali l'assenza di una terminologia univoca e di una classificazione tecnica universale dei litotipi impiegati; si ricorre infatti ad una terminologia commerciale, che raramente coincide con quella scientifica, dalla quale ha però mutuato alcuni termini. Il risultato è che i materiali e molte delle loro caratteristiche non sono identificati univocamente, rischiando così di generare confusioni ed inconvenienti. Non è così infrequente, infatti, trovare sotto lo stesso nome commerciale pietre tra loro differenti o, pur se consimili, con differente provenienza, così come talvolta denominazioni commerciali assolutamente dissimili sono riferite allo stesso litotipo.

Nella Tabella 2-2 si riportano le indicazioni ed una sintetica descrizione delle norme europee (EN) ed italiane (UNI) di riferimento sulla terminologia e sui criteri di denominazione relativi alle pietre ornamentali. Di interesse per gli aspetti più direttamente legati alla commercializzazione delle pietre è soprattutto la norma EN 12440:2000, nella quale si stabilisce che per una corretta denominazione, oltre al nome della pietra, devono essere forniti i seguenti dati: la famiglia petrologica, dedotta dalla classificazione scientifica sulla base di un esame petrografico; le caratteristiche di aspetto, con particolare riferimento ai colori tipici; il luogo di origine, indicando anche la localizzazione della cava.

Tabella 2-2 Norme europee (EN) ed italiane (UNI) di riferimento per la terminologia e la classificazione delle pietre ornamentali

NORMA	DESCRIZIONE
EN 12670:2001 Terminologia della pietra naturale	È costituita da due parti: un glossario con le definizioni dei termini petrografici e commerciali usati per i differenti tipi di pietre e dei principali termini riguardanti la coltivazione, la lavorazione, la caratterizzazione e l'utilizzazione nelle costruzioni della pietra; la classificazione scientifica delle rocce ignee, sedimentarie e metamorfiche.
EN 12440:2000 Pietre Naturali Criteri di denominazione	Fornisce i criteri per la corretta designazione delle pietre, stabilendo che il nome può riferirsi al luogo di origine o a qualche speciale caratteristica della pietra, ma che devono essere evitati sia i nomi geografici non legati al paese di origine, che i nomi delle aziende produttrici.
UNI 8458:83 Prodotti lapidei Terminologia e classificazione	Fornisce la classificazione commerciale e petrografica delle pietre decorative; definisce e classifica i prodotti lapidei grezzi, semilavorati e finiti in base alle loro forme e dimensioni ed alle tecniche utilizzate per la loro lavorazione.
UNI 9726-90 Prodotti lapidei (grezzi e lavorati) Criteri per l'informazione tecnica	La norma presenta un modello per la compilazione dei documenti di informazione tecnica. Tali documenti sono divisi in due parti: la prima parte fornisce le informazioni sul materiale lapideo indicando: la denominazione; la provenienza e descrizione macroscopica; le caratteristiche fisico – meccaniche e di comportamento in opera; dichiarazioni del produttore (potenzialità di produzione della cava, referenze su opere edilizie realizzate con il materiale); la seconda parte fornisce informazioni sulle caratteristiche dei prodotti finiti e delle pavimentazioni dopo la posa in opera.

Solo recentemente l'industria lapidea si è confrontata con l'esigenza di un "controllo di qualità" codificato dei prodotti lapidei, pratica da tempo consolidata in molti altri settori produttivi industriali. In effetti, finché l'impiego delle rocce ornamentali era essenzialmente rivolto a materiali locali, in soluzioni costruttive tradizionali, la codifica del controllo di qualità, così come la necessità di un "linguaggio comune", erano certamente meno stringenti. Avendo il mercato delle pietre assunto dimensioni mondiali, non è però più possibile ricorrere all'esperienza diretta ed alla semplice osservazione del comportamento in opera dei

manufatti per riconoscere materiali provenienti da ogni angolo del mondo e prevederne le prestazioni in servizio. Inoltre, nella continua ricerca di nuove tipologie applicative, la pietra viene impiegata in soluzioni nuove, che spesso comportano condizioni di sollecitazione più severe per il materiale, sia durante la lavorazione sia in opera. Un rigoroso controllo di qualità del prodotto grezzo e finito diventa quindi indispensabile: questo avviene oggi attraverso la marcatura CE⁶ per i prodotti lapidei. La marcatura CE fornisce al progettista, prima dell'impiego di un materiale la descrizione delle caratteristiche tecniche ed estetiche, ed in particolare di quelle influenti sulle prestazioni in relazione alla sua destinazione d'uso. La direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione (CPD) è infatti intervenuta anche sul tema dei materiali lapidei, con l'intento di rimuovere le barriere di natura tecnica che un tempo ostacolavano la libera circolazione dei prodotti da costruzione sul mercato comunitario. La CPD si applica ai materiali da costruzione, intendendo con questo termine qualsiasi prodotto fabbricato al fine di essere permanentemente incorporato in opere di costruzione, le quali comprendono gli edifici e le opere d'ingegneria civile. In Italia la CPD è stata recepita con il DPR 246/93, che stabilisce i criteri di immissione sul mercato dei prodotti da costruzione, basati sull'idoneità all'impiego previsto e sulla conseguente marcatura CE. Per poter apporre la marcatura CE ai prodotti da costruzione di pietra naturale, i produttori devono garantire che essi siano conformi alla stessa. Gli adempimenti da assolvere per ottenere l'attestazione della conformità alla direttiva prevedono: prove iniziali sul prodotto e controllo di produzione in stabilimento. Sulla base di queste il fabbricante può emettere la dichiarazione di conformità che accompagna il marchio CE. Occorre precisare che il marchio si applica solo sui prodotti finiti, però le prove iniziali sul prodotto possono essere eseguite anche su campioni prelevati dai blocchi grezzi dello stesso materiale. A tal proposito è stata proposta anche la marchiatura dei blocchi per la tutela della denominazione di origine dei materiali. Le prove iniziali devono essere eseguite quando si sviluppa un nuovo tipo di prodotto e quando si verifica una variazione significativa nel materiale grezzo, o nel processo produttivo, che potrebbe alterare le caratteristiche del prodotto finito. I risultati delle prove iniziali devono essere registrati. Altre informazioni caratterizzanti possono essere: le condizioni di lavorazione, cioè l'indicazione, per i prodotti lavorati, dello stato della superficie; la descrizione delle caratteristiche naturali che possono modificare l'aspetto della pietra, quali venature, inclusioni, tessitura, struttura; il nome petrografico; l'età geologica, con ogni altro dato geologico eventualmente disponibile. Nella pratica si segue comunemente una classificazione "commerciale" delle pietre ornamentali, che riconduce il grandissimo numero di materiali esistenti a tre grandi categorie: "marmi", "graniti" e "pietre" (Norma EN 12670:2001) (Tabella 2-3). Ogni pietra ornamentale viene quindi caratterizzata e valutata sulla base delle proprietà tecniche e qualitative, dalle quali dipendono essenzialmente la lavorabilità e la durabilità della roccia, che la rendono idonea per un certo tipo di impiego. I requisiti tecnici devono poi essere saggiati seguendo il più possibile procedure standard, in modo da ottenere parametri direttamente confrontabili (Figura 2-14 e Tabella 2-4).

⁶ Il prodotto che esprime la marcatura CE soddisfa i requisiti della Direttiva 89/100/CEE e pertanto tutti i requisiti legali per poter essere immesso sull'intero mercato europeo.

Tabella 2-3 *Suddivisione merceologica delle pietre ornamentali (EN 12670:2001)*

NOME	DESCRIZIONE
MARMO	Roccia cristallina, compatta e lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs dell'ordine di 3 + 4 (quali calcite, dolomite, serpentino). A questa categoria appartengono: i marmi propriamente detti (calcari metamorfici ricristallizzati), i calcefiri ed i cipollini; i calcari, le dolomie e le breccie calcaree lucidabili, gli alabastri calcarei; i travertini: rocce calcaree sedimentarie di deposito chimico con caratteristica strutturale vacuolare, (alcune varietà sono lucidabili); le serpentiniti; le oficalciti (breccie di serpentiniti in matrice calcifica).
GRANITO	Roccia fanero-cristallina, compatta e lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs dell'ordine di 5 + 7 (quali quarzo, feldspato, feldspatoidi). A questa categoria appartengono: i graniti propriamente detti (rocce magmatiche intrusive acide fanero - cristalline, costituite da quarzo, feldspati sodico-potassici e miche), altre rocce magmatiche intrusive (dioriti, granodioriti, sieniti, gabbri); le corrispondenti rocce magmatiche effusive a struttura porfirica (ad es. porfidi); alcune rocce metamorfiche di analoga composizione come gneiss, serizzi e beole.
PIETRA	Roccia da costruzione e/o decorazione, di norma non lucidabile. A questa categoria appartengono rocce di composizione mineralogica svariaticissima, non inseribili in alcuna classificazione. Esse sono riconducibili ad uno dei due gruppi seguenti: rocce tenere e/o poco compatte; rocce dure e/o compatte. Esempi di pietre del primo gruppo sono: varie rocce sedimentarie (calcareniti, arenarie a cemento calcareo, conglomerati), varie rocce piroclastiche (peperini, tufi). Al secondo gruppo appartengono le rocce a spacco naturale (quarziti, micascisti, gneiss lastroidi, ardesie) e talune vulcaniti (basati, trachiti, leuciti).

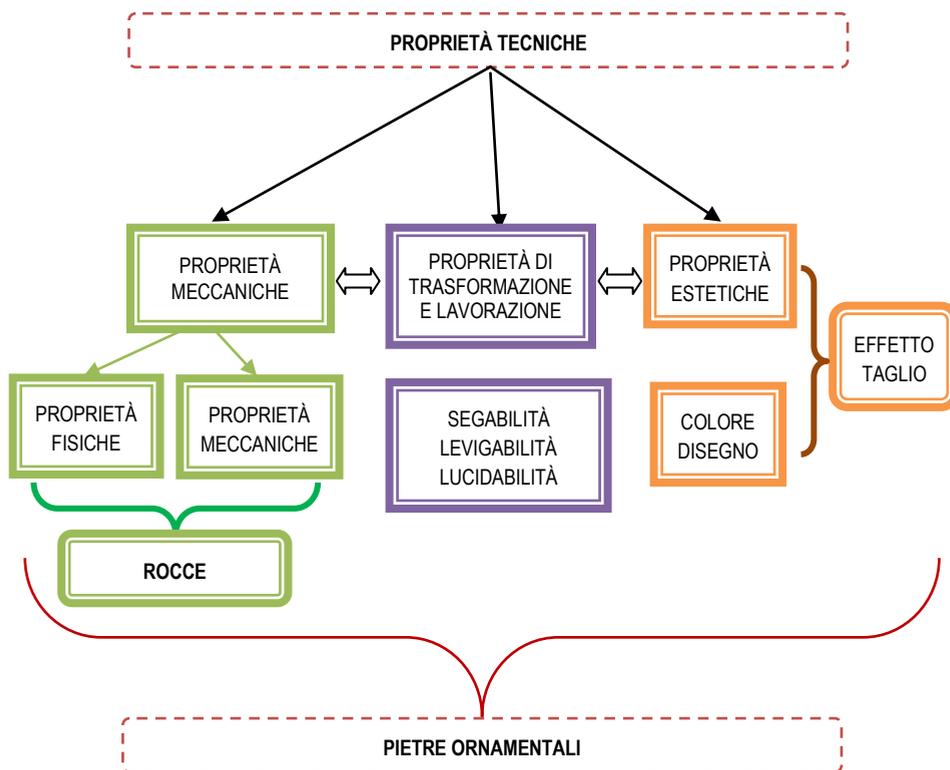
Figura 2-14 *Proprietà tecniche delle pietre ornamentali*

Tabella 2-4 Significatività delle caratteristiche dei materiali in funzione del loro impiego

CARATTERISTICHE	GREZZI	SEMILAVORATI	FINITI PER LE SEGUENTI APPLICAZIONI						
			Rivestimenti		Pavimentazioni		Scale		Coperture
			est.	int.	est.	int.	rivestite	a sbalzo	
Denomin. petrografica	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Dimensioni e forme	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Massa volumica apparente	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Resistenza a compressione	III	II	II	I	II	II	II	III	I
Resistenza a flessione	III	III	III	I	II	II	II	III	III
Modulo di elasticità normale	III	II	III	I	II	I	I	III	I
Resistenza all'urto	III	III	II	II	III	III	III	III	III
Microdurezza Knoop	III	II	I	I	III	III	II	II	I
Coefficiente di imbibizione	III	III	III	II	III	II	II	II	III
Coeffic. dilatazione termica	II	II	III	I	II	II	II	II	II
Resistenza al gelo	III	II	III	I	III	I	II	II	III
Resistenza all'usura	III	III	II	II	III	III	III	III	I
Grado di significatività	III	Caratteristica fondamentale							
	II	Caratteristica facoltativa, ma da controllare in relazione all'impiego del prodotto							
	I	Caratteristica non significativa							
Nota: Il controllo della resistenza a compressione, del modulo elastico e del coefficiente di dilatazione termica non è generalmente possibile sui prodotti semilavorati e su quelli finiti: tale controllo deve quindi essere svolto su campioni prelevati dal blocco.									

La Tabella 2-5 sintetizza le principali modalità operative con le quali vengono caratterizzate le rocce; la Tabella 2-6 riporta un elenco delle normative riguardanti i prodotti in pietra naturale ed i relativi riferimenti alle differenti prove (geometriche, petrografiche, fisico-meccaniche, di durabilità e tecnologiche) che possono essere eseguite sulle pietre ornamentali. La Tabella 2-7 riporta le principali prove volte alla qualificazione tecnica della pietra in relazione agli impieghi, che attestano l'idoneità del materiale a seconda del tipo di applicazione in base ad una determinazione quantitativa delle proprietà tecniche elencate. La funzione tipica dei lapidei ornamentali è però quella di soddisfare anche esigenze "decorative". Di conseguenza diventano rilevanti alcune diverse proprietà qualitative, tra le quali quella di maggior importanza è sicuramente il valore estetico. Evidentemente esso non è misurabile con alcuna prova, ma dipende da una serie di fattori, tra i quali il meno prevedibile di tutti è la "moda" del momento, che comunque concorre fortemente alla promozione o alla penalizzazione di un materiale sul mercato. Altri parametri, non così soggettivi ed aleatori, sono il colore, il disegno e la grana della roccia. Il colore, insieme al prezzo, è probabilmente il fattore di maggior peso nel valutare la scelta di un tipo di materiale da impiegare. Le rocce naturali praticamente coprono l'intera gamma cromatica esistente, anche se con disponibilità maggiore o minore in funzione della ricchezza e sfruttabilità dei giacimenti. Il disegno (o macchia) di una roccia è dato dalla sua tessitura, cioè dalla distribuzione spaziale degli elementi che la costituiscono. A questo proposito, solitamente si distinguono materiali con aspetto omogeneo, da materiali nei quali sono apprezzabili orientazioni o allineamenti (si parla di disegno venato, nuvolato, orientato, brecciato).

Nel secondo caso, il disegno della roccia varierà decisamente in base a come viene orientata la segazione del blocco, a seconda cioè che la superficie di taglio sia parallela oppure ortogonale alla "ornamentazione" principale. La grana della roccia ha sia una valenza estetica che un'influenza sulle proprietà tecniche (segabilità, perforabilità, lucidabilità, applicabilità di alcune lavorazioni).

Tabella 2-5 *Modalità operative di alcune prove specifiche di caratterizzazione delle pietre ornamentali*

CARATTERISTICA	MODALITÀ OPERATIVE
Definizione petrografica	Si determina mediante un esame petrografico macroscopico e microscopico, eseguito su un preparato in sezione sottile.
Assorbimento d'acqua	Rapporto, espresso come percentuale, tra l'aumento di massa subito da un provino saturo d'acqua e la sua massa allo stato secco. Questa determinazione si esegue sugli stessi provini utilizzati per la determinazione della massa volumica apparente.
Porosità totale	Rapporto, espresso come percentuale, tra il volume di pori ed il volume apparente di un provino.
Porosità aperta	Rapporto tra il volume dei pori aperti (determinato per immersione in acqua sotto un vuoto di 2 MPa ed il volume apparente del provino).
Resistenza a flessione	È determinata su provini di forma parallelepipedica di 150 x50x25 mm, appoggiati su due coltelli distanti 125 mm, e sottoposti a carico gradualmente crescente, fino a rottura, mediante un terzo coltello agente in mezzzeria.
Microdurezza Knoop	La prova è basata sulla misura di una serie di impronte, prodotte da un penetratore di diamante su una superficie lucidata a specchio di un provino del materiale in esame. La microdurezza Knoop, HK, è espressa dal rapporto tra il carico agente sul penetratore e l'area dell'impronta ottenuta. I valori di microdurezza, ottenuti per la serie di punti prescelta, vengono ordinati in ordine crescente e diagrammati in modo da ottenerne il diagramma di frequenza cumulativa. Si fa riferimento ad alcuni valori caratteristici del diagramma di durezza (frequenze cumulative del 25%, 50% e 75%) designati con le sigle HK ₂₅ , HK ₅₀ e HK ₇₅ .
Resistenza all'urto	Si determina su quattro lastre di 200x200x30 mm appoggiate su un letto di sabbia, in base all'altezza minima di caduta, h, di una sfera di acciaio che, colpendo la lastra nel centro, la spezza. Viene espressa come lavoro di rottura all'urto.
Resistenza al gelo o resistenza a flessione dopo gelività	Si determina su provini della stessa forma e dimensioni di quelli utilizzati per la prova di flessione. Essi, preventivamente saturati d'acqua, vengono sottoposti a cicli di alternanze, ciascuno dei quali costituito da una fase di permanenza in frigorifero, ad una temperatura compresa tra 0 e -12 °C, della durata di 6 ore. Il numero di cicli (di regola pari a 40) può essere variato a seconda delle condizioni di applicazione in opera. Il risultato viene espresso come variazione del valore medio della resistenza a flessione rispetto all'analogo valore medio determinato su provini allo stato naturale.
Resistenza all'usura	Viene determinata mediante il tribometro di Amsler, su due provini a base quadrata premuti con una pressione di 0.03N/mm ² contro una pista rotante con interposizione di abrasivo. Si misura la perdita di spessore per un percorso relativo pista-provini di 1000 m (coefficiente assoluto di abrasione). Per ottenere risultati maggiormente confrontabili, la prova viene eseguita determinando il coefficiente relativo di abrasione, cioè il rapporto tra gli spessori degli strati abrasivi su un provino di granito di San Fedelino e sul provino del materiale da esaminare, contemporaneamente sottoposti all'azione del tribometro.
Coefficiente di dilatazione termica	È la variazione di lunghezza del materiale causata da uno sbalzo termico di 1°C, riferita alla lunghezza del provino a 0° C. si misura su provini cilindrici.

Tabella 2-6 *Principali norme riguardanti i prodotti di pietra naturale*

NORME DI PRODOTTO	
	Prodotti semi - finiti
EN 1467	Blocchi grezzi
EN 1468	Lastre grezze
	Prodotti finiti
EN 1469	Lastre per rivestimenti
EN 12058	Lastre per pavimentazioni e scale
EN 12057	Marmette modulari
EN 1341	Lastre per pavimentazioni esterne
EN 1342	Cubetti per pavimentazioni esterne
EN 1343	Cordoli per marciapiedi
EN 12326-1	Elementi per coperture discontinue
prEN 771-6	Elementi per murature
	Lavori a massello (progetto di norma in fase di elaborazione)
NORME TERMINOLOGICHE	
EN 12440	Criteri per la denominazione
EN 12670	Terminologia
METODI DI PROVA	
	Prove geometriche
EN 772-16	Determinazione delle dimensioni degli elementi per murature
EN 772-20	Determinazione della planarità delle facce degli elementi per murature
EN 13373	Determinazione delle caratteristiche geometriche degli elementi
	Prove petrografiche
EN 12407	Esame petrografico
	Prove fisico-meccaniche
EN 772-1	Determinazione della resistenza a compressione degli elementi per murature
EN 772-11	Determinazione dell'assorbimento d'acqua per capillarità degli elementi per murature (2000/A1)
EN 1925	Determinazione del coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità
EN 1926	Determinazione della resistenza a compressione
EN 1936	Determinazione delle masse volumiche reale e apparente e della porosità totale aperta
EN 12372	Determinazione della resistenza a flessione con carico concentrato
EN 13161	Determinazione della resistenza a flessione a momento costante
EN 13364	Determinazione del carico di rottura in corrispondenza dei fori di fissaggio
EN 13755	Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica
EN 14146	Determinazione del modulo elastico dinamico (attraverso la frequenza di risonanza)
EN 14158	Determinazione dell'energia di rottura
EN 14205	Determinazione della durezza Knoop
EN 14579	Determinazione della velocità di propagazione del suono
EN 14580	Determinazione del modulo elastico statico
EN 14581	Determinazione del coefficiente di dilatazione lineare termica
	Prove di durabilità
EN 12370	Determinazione della resistenza alla cristallizzazione di sali
EN 12371	Determinazione della resistenza al gelo
EN 13919	Determinazione della resistenza all'invecchiamento dovuto a SO ₂ in presenza di umidità
EN 14066	Determinazione della resistenza all'invecchiamento accelerato dovuto allo shock termico
EN 14147	Determinazione della resistenza all'invecchiamento mediante nebbia salina
	Prove tecnologiche
EN 14157	Determinazione della resistenza all'abrasione
EN 14231	Determinazione della resistenza allo scivolamento tramite l'apparecchiatura di prova a pendolo

Tabella 2-7 *Grado di significatività della prestazione in relazione ai principali impieghi dei prodotti lapidei*

	ELEMENTI DELL'EDIFICIO						
	Rivestimenti		Pavimentazioni		Scale		Coperture
	est.	int.	est.	int.	rivestite	a sbalzo	
Resistenza agli agenti chimici	III	III	III	II	II	II	I
Resistenza agli agenti atmosferici	III	I	III	I	II	II	III
Resistenza agli sbalzi termici	III	III	III	II	II	II	III
Resistenza a rottura degli ancoraggi	0	II	I	I	I	III	III
Adesione del rivestimento al supporto	0	0	III	III	III	III	III
Portanza dei sistemi di ancoraggio	0	II	I	I	I	III	I
Resistenza ai fenomeni sismici	II	I	I	I	II	III	III
Potere antiscivolo	I	I	III	III	III	III	I
Stabilità dimensionale	III	II	II	III	III	III	I
Isolamento termico	II	II	I	II	I	I	I
Controllo della condensazione	III	I	I	II	I	I	II
Isolamento acustico	II	II	I	II	II	II	I
Permeabilità all'aria	III	I	I	I	I	I	II
Tenuta all'acqua	III	II	II	III	I	I	III
Resistenza al fuoco	II	II	II	II	II	II	I
Pulibilità	II	III	I	III	III	III	I
Manutenzione	III	II	III	II	II	II	II
Asetticità	I	II	I	III	II	II	I
Antistaticità	I	I	I	II	I	I	I
III	Prestazione fondamentale						
II	Prestazione che acquista significatività in relazione agli ambienti						
I	Prestazione non significativa						
0	Prestazione che acquista significatività in relazione alla soluzione costruttiva						

L'Allegato F riporta le principali caratteristiche merceologiche e geotecnicologiche delle pietre ornamentali attualmente estratte in Friuli Venezia Giulia.

2.3.2 Caratterizzazione geotecnologica degli aggregati

A seconda dell'utilizzo a cui saranno destinati, sono richieste agli aggregati particolari caratteristiche fisiche e chimico-petrografiche che dipendono sia dalla natura delle rocce costituenti e dalle condizioni dei giacimenti, sia dalle tecniche di estrazione e lavorazione (frantumazione, lavaggio, trasporto, modalità di immagazzinamento). Per valutare l'idoneità petrografica e litoapplicativa di depositi detritici e rocce alla produzione di inerti, è dunque necessaria una successione di indagini che vanno dall'analisi a scala geologica dei materiali, a prove di laboratorio su campioni rappresentativi (esame petrografico, determinazione delle caratteristiche litoapplicative). Queste ultime sono regolamentate dalla normativa tecnica che descrive le modalità di esecuzione delle prove stesse e fornisce l'indicazione dei criteri di accettabilità dei materiali a seconda dell'impiego cui sono destinati.

Gli aggregati ottenuti da frantumazione di rocce, comunemente detti “frantoiati”, vengono impiegati per conglomerati bituminosi e calcestruzzi, secondo la pratica corrente e le prescrizioni in uso. Si suddividono in:

- pietrisco: costituito da elementi litoidi ottenuti dalla frantumazione di pietrame e di ciottoli, aventi forma sufficientemente poliedrica e spigoli vivi di dimensioni comprese fra 25 e 71 millimetri (passante al crivello 71 e trattenuto da quello con fori di 25 millimetri di diametro);
- pietriscetto: costituito da elementi litoidi, sempre provenienti dalla frantumazione di pietrame e ciottoli, di forma poliedrica e a spigoli vivi, come per il pietrisco, ma di dimensioni comprese fra 10 e 25 millimetri;
- graniglia: materiale litoide da frantumazione, a spigoli vivi, di dimensioni comprese fra 2 e 10 millimetri;
- sabbia: materiale litoide, fine, proveniente dalla frantumazione di pietrame o ghiaie, di dimensioni massime di 2 millimetri e trattenuto al setaccio 200 ASTM (corrispondente al setaccio 0.075 UNI 2332; maglie di 0.075 millimetri di lato).

I materiali per la produzione di aggregati tendono ad essere considerati una risorsa piuttosto comune ed abbastanza omogenea, ma in realtà posseggono delle caratteristiche naturali proprie che possono condizionarne l'utilizzo nelle differenti realizzazioni costruttive e che devono essere adeguatamente investigate. In caso di carenze tecniche, dimensionali, morfologiche, litoapplicative, sono infatti evidenti gli elementi giuridico-amministrativi per la valutazione, ad esempio, degli oneri di rivalsa contro i fornitori responsabili dei difetti riscontrati sui materiali. Basti pensare all'importante settore dei bitumati, nel quale le carenze dei materiali impiegati, a prescindere dalla loro messa in opera a regola d'arte, possono causare gravi danni e comportare, appunto, responsabilità civili ed anche penali.

Le prove richieste per la caratterizzazione geotecnologica degli aggregati, detti anche genericamente “inerti”, e le norme che le regolano, sono sintetizzate nella Tabella 2-8. Le caratteristiche dei granulati che devono essere considerate e valutate sono:

- Caratteristiche fisiche (forma dei grani⁷, distribuzione granulometrica⁸, peso specifico⁹, porosità, indice dei vuoti, scabrezza superficiale); si devono evitare aggregati nei quali sia troppo elevata la percentuale di minerali teneri come argille, gesso, talco, o durissimi, o ancora con struttura lamellare o fibrosa quali miche e grafite.
- Caratteristiche chimiche (resistenza agli agenti aggressivi, solubilità, alterabilità); si deve controllare la presenza di cloruri come il sale, di solfati e solfuri come gesso, anidrite, pirite, di opale, calcedonio, tridimite, vetro vulcanico, in grado di influenzare rispetti-

⁷ Rappresenta uno dei parametri fondamentali per valutare l'idoneità di un aggregato ad un certo utilizzo: grani molto appiattiti non possono essere impiegati nel confezionamento di calcestruzzo, perché tenderebbero a disporsi in modo tale da costituire piani di minor resistenza all'interno delle strutture realizzate, di cui quindi sarebbero compromesse le caratteristiche meccaniche; nella costruzione di massicciate ferroviarie sono richiesti grani a spigoli vivi che giovano alla stabilità perché determinano un aumento dell'angolo di attrito, mentre è preferibile l'assenza di grani piatti e bacillari, meno resistenti e più leggeri.

⁸ Ottenibile mediante l'analisi granulometrica che permette di determinare la distribuzione dimensionale degli aggregati; la classificazione dimensionale dell'aggregato è definita dall'apertura dei vagli estremi: la frazione di aggregato con dimensioni comprese fra le luci di due vagli successivi della serie usata per l'analisi costituisce la “classe granulometrica”.

⁹ Influenza la resistenza meccanica e la gelività.

vamente la solubilità, l'alterabilità e la reattività agli alcali (contenuti nei leganti) degli aggregati.

- Caratteristiche meccaniche (resistenza a compressione, urto¹⁰, usura).
- Caratteristiche reologiche (comportamento rispetto ai leganti ed agli altri eventuali additivi); assume notevole importanza l'analisi mineralogica, che serve ad individuare la presenza di minerali con proprietà chimiche o fisiche sfavorevoli, che possono ad esempio riguardare la formazione (a causa della reazione di alcuni componenti degli aggregati con gli alcali del cemento) di un gel espansivo che può interessare, danneggiandolo, un calcestruzzo sottoposto a condizioni di imbibizione periodica.

Tutte queste caratteristiche dipendono direttamente dalle rocce estratte, dalle condizioni giacimentologiche proprie della cava, dalle tecniche di coltivazione e dalle modalità di lavorazione agli impianti (comminuzione, lavaggio, classificazione e stoccaggio).

Nei giacimenti alluvionali, i materiali granulari coltivabili possono presentare caratteristiche e qualità molto diverse, anche nell'ambito della stessa cava: è possibile, infatti, che in un posto il misto sia costituito, ad esempio, da elementi sani e puliti, mentre in un altro, anche vicino, si trovino grani duri ma fratturati, oppure integri ma di scarsa resistenza costitutiva.

Particolare attenzione deve porsi a: detrito di falda, alluvioni marine litoranee con elementi maggiori appiattiti e tenacemente incrostati di salsedine; alluvioni lagunari, lacustri, fluviali golenali, palustri con prevalenza d'argille, limi e torbe, paleosuoli di alluvioni fluviali antiche (preoloceniche) più o meno profondamente ferretizzati; alluvioni torrentizie di corsi montani, con forte proporzione di grossi elementi; morene pleistoceniche abbondanti di limo argilloso.

Il trattamento dell'inerte estratto rappresenta quindi condizione essenziale per l'efficace valorizzazione del prodotto potenzialmente utile e per una corretta valorizzazione del giacimento.

Aggregati impiegati nelle opere stradali. Le idonee caratteristiche litoapplicative per gli inerti impiegati nelle sovrastrutture stradali sono individuate in appositi "criteri di accettazione"¹¹, che stabiliscono i campi di validità delle singole caratteristiche misurabili, al di fuori dei quali il materiale non può essere accettato nel processo costruttivo. Secondo quanto previsto dai capitolati d'appalto, gli aggregati da utilizzare per la costruzione delle sovrastrutture stradali possono essere costituiti da ghiaie, pietrisco, detriti di cava, misto granulare di frantumato, purché, in generale, gli elementi che li compongono siano sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei; inoltre non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare. I requisiti di accettazione prendono in considerazione i vari strati componenti le pavimentazioni stradali: lo strato di base in misto granulare naturale o frantumato; lo strato di base in misto bitumato; lo strato di base in misto cementato; conglomerato bituminoso a caldo per gli strati di collegamento; il conglomerato bituminoso a caldo per gli strati di usura.

¹⁰ La determinazione convenzionale della perdita di massa di un aggregato lapideo sottoposto ad un'azione di rotolamento ed urto insieme a sfere metalliche in un apposito mulino fornisce il "coefficiente di qualità Los Angeles (LA)"; le caratteristiche meccaniche del materiale analizzato sono tanto migliori quanto più basso è il coefficiente Los Angeles, LA.

¹¹ Ad esempio: CNR UNI 10006 per la classificazione funzionale degli aggregati; CNR 139/92, per l'impiego di aggregati in conglomerati bituminosi ed in strati di fondazione e di base di opere civili, addizionati o meno con leganti idraulici.

Le caratteristiche da prendere in considerazione sono la forma, la massa volumica, la porosità dei granuli, la percentuale dei vuoti e l'indice dei vuoti, la ruvidezza, la presenza di fini, le caratteristiche meccaniche, la resistenza agli agenti aggressori chimico-fisici, il comportamento degli aggregati nei confronti dei leganti (come indicato nel paragrafo precedente). Le norme a cui si fa riferimento sono: EN 13242; EN 12620; EN 13043.

Tabella 2-8 Caratterizzazione geotecnologica degli aggregati: norme di certificazione

PROPRIETÀ GENERALI	
UNI EN 932-1	Metodi di campionamento
UNI EN 932-2	Metodi per la riduzione dei campioni di laboratorio
UNI EN 932-5	Attrezzatura comune e calibrazione
UNI EN 932-6	Definizioni di ripetibilità e riproducibilità
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	
UNI EN 933-1	Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per stacciatura
UNI EN 933-2	Determinazione della distribuzione granulometrica - Stacci di controllo, dimensione nominale delle aperture
UNI EN 933-3	Determinazione della forma dei granuli. Coefficiente di appiattimento
UNI EN 933-4	Determinazione della forma dei granuli. Coefficiente di forma
UNI EN 933-5	Determinazione della percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi
UNI EN 933-7	Determinazione del contenuto di conchiglie. Percentuale di conchiglie negli aggregati grossi
UNI EN 933-8	Valutazione dei fini. Prova dell'equivalente in sabbia
EN 933.9	Valutazione dei fini. Prova del blu di metilene
pr EN 933-10	Valutazione dei fini. Granulometria dei filler (metodo air jet)
CARATTERISTICHE MECCANICHE E FISICHE	
UNI EN 1097-1	Determinazione della resistenza all'usura (Micro - Deval)
UNI EN 1097-2	Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione
UNI EN 1097-3	Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari
UNI EN 1097-4	Determinazione dei vuoti nel filler secco costipato
UNI EN 1097-5	Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in stufa
pr EN 1097-6	Determinazione della densità apparente e dell'assorbimento d'acqua
UNI EN 1097-7	Determinazione della densità del filler. Metodo del picnometro
pr EN 1097-8	Determinazione del coefficiente di levigabilità accelerata
UNI EN 1097-9	Determinazione della resistenza all'usura per abrasione da pneumatici chiodati. Prova scandinava
UNI EN 1097-10	Determinazione dell'altezza di risalita dell'acqua
PROPRIETÀ TERMICHE E DEGRADABILITÀ	
UNI EN 1367-1	Determinazione della resistenza a gelo e disgelo
UNI EN 1367-2	Prova al solfato di magnesio
pr EN 1367-3	Prova di bollitura per "Sonnenbrandt Basalt" e disintegrazione scorie d'acciaio
UNI EN 1367-4	Determinazione del ritiro per essiccazione
pr EN 1367-5	Determinazione della resistenza agli shock termici
PROPRIETÀ CHIMICHE	
UNI EN 1744-1	Analisi chimiche
VARIE	
pr EN 1744-3	Preparazione del liquido percolato per dilavaggio aggregati
pr EN 12620	Aggregati per calcestruzzo
pr EN 13139	Aggregati per malte
pr EN 13179-1	Prove su filler minerale per utilizzi nei conglomerati bituminosi. Prova di innalzamento del punto di rammollimento
pr EN 13179-2	Numero di bitume
pr EN 13242	Aggregati per miscele non stabilizzate e stabilizzate con leganti idraulici per costruzioni civili e stradali
pr EN 13383-1	Pietrame per argini - Parte 1: Caratteristiche
pr EN 13383-2	Pietrame per argini - Parte 2: Metodi di prova
pr EN 13450	Aggregati per ballast ferroviari

2.4 Filiere produttive

Con riferimento alla fase estrattiva vera e propria, nella maggior parte dei casi il procedimento produttivo adottato in cava, pur vedendo sempre più l'utilizzo di mezzi tecnologicamente avanzati e procedure automatizzate, difficilmente può essere definito "industriale" in senso stretto, e per talune coltivazioni particolarmente complesse si può ancora parlare di "arte mineraria". Per quanto riguarda le caratteristiche economiche del settore, si possono invece individuare più punti in comune con le attività manifatturiere che non con altri comparti produttori di "materie prime" propriamente dette. Ciò è dovuto sia alle funzioni ed alle caratteristiche commerciali dei prodotti, sia all'elevato grado di verticalizzazione del processo produttivo; in effetti, generalmente, un'azienda operante nell'estrazione di pietra fornisce al mercato un prodotto che, anche se si deve considerare come "materia prima" per l'industria delle costruzioni, è in pratica già un "prodotto finale", dato che l'incremento di valore che corrisponde alla sua messa in opera è relativamente contenuto.

La normativa attuale vigente in Friuli Venezia Giulia prevede che i materiali interessanti le attività estrattive siano classificati in quattro settori distinti, e più precisamente: argille per laterizi; pietre ornamentali; calcari, pietrisco, materiali speciali e diversi; sabbie e ghiaie. Da un punto di vista estrattivo ed industriale, considerando qualitativamente i principali parametri che caratterizzano economicamente i prodotti, si preferisce utilizzare un diverso raggruppamento. La Tabella 2-9 sintetizza le peculiarità delle diverse tipologie di materiali che risultano comprendere:

- Aggregati per inerti: sabbie e ghiaie, calcari per aggregati.
- Pietre ornamentali.
- Materiali per l'industria: calcare per cemento, calci, gesso ed argille.

Aggregati. Gli aggregati comprendono i materiali litoidi sciolti, di granulometria opportuna e di massa volumica in cumulo compresa tra 13 e 18 kN/m³, ovvero con una massa volumica del materiale lapideo originario in banco compresa tra 21 e 29 kN/m³, utilizzati principalmente nella confezione di malte e calcestruzzi, addizionati a leganti idraulici, ma anche per bitumati, e tout venant per riempimenti e sottofondi. Questi materiali interagiscono in modo quasi esclusivamente fisico con i leganti insieme ai quali sono per lo più utilizzati nella formazione di conglomerati. Un sinonimo corrente di aggregato è "inerte", termine che sottolinea uno dei requisiti tecnici principali ad essi richiesti: l'inerzia chimica a contatto con i leganti durante la presa del calcestruzzo. Un altro uso degli aggregati consiste nella preparazione di agglomerati bituminosi per costruzioni stradali, idrauliche ed edilizie. Gli stessi materiali granulari sono anche utilizzati sciolti, a seconda della granulometria, per sottofondi e rilevati stradali, per massicciate ferroviarie e per opere idrauliche, quali soprattutto arginature e dighe a scogliera, ma anche per riempire gabbionate. Tra gli aggregati, il settore delle sabbie e ghiaie è quello dove gli interessi economici sono mediamente più elevati, a causa della molteplicità di destinazione d'uso del materiale stesso e quindi dei volumi in gioco che sono dell'ordine di qualche milione annuo. Si deve perseguire la rigorosa valorizzazione del materiale coltivato, per esempio attraverso la limitazione dell'utilizzo di aggregati di pregio in impieghi per i quali non è richiesta una particolare "qualità" (rilevati o sottofondi), oppure attraverso un incremento dell'utilizzo di scarti della coltivazione

e della lavorazione di pietre ornamentali, il recupero ed il trattamento dei materiali di risulta di scavi di gallerie e fondazioni, il riciclo delle macerie di demolizione.

Tabella 2-9 Comparti estrattivi dei materiali di cava

PARAMETRI	AGGREGATI PER INERTI	PIETRE ORNAMENTALI	MATERIALI PER L'INDUSTRIA	
			Leganti (calci, cementi, gessi)	Altro (sabbie silicee, argille)
Valore unitario	Basso	Alto	Basso	Medio - alto
Destinazione d'uso	Industria costruzioni	Industria costruzioni	Industria dei leganti	Industria vetraria, ceramica
Grado di necessità / Utilità sociale	Alto	Basso	Alto	Medio - alto
Raggio di commerciabilità dei materiali estratti	Locale	Internazionale	Regionale - Nazionale	Regionale - Nazionale
Dimensione del mercato dei prodotti	Locale	Internazionale	Regionale - Nazionale	Locale - Internazionale
Caratteristiche giacimenti / Localizzazione produttiva	Diffusi ed abbondanti / Assenza di vincoli assoluti	Limitati e localizzati / Fortemente vincolata	Diffusi ed abbondanti / Vincoli legati alle caratteristiche chimiche	Limitati e localizzati / Fortemente vincolata

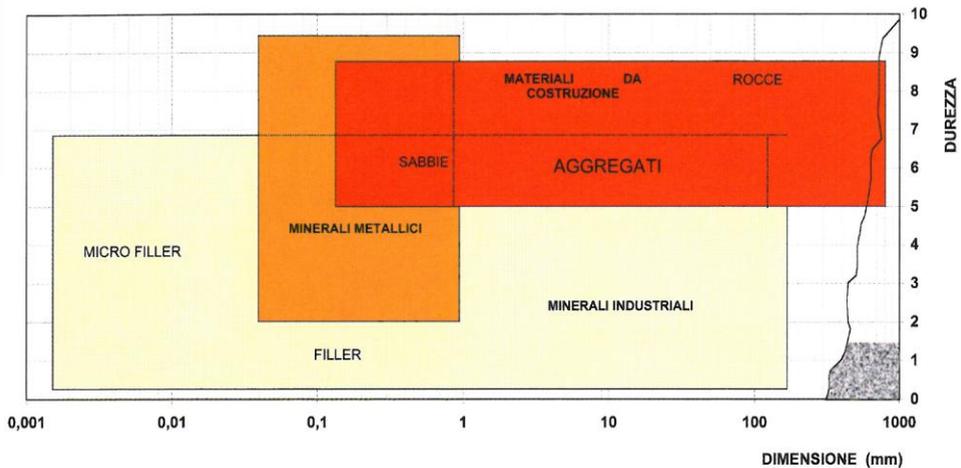


Figura 2-15 Destinazioni possibili dei materiali di cava in funzione della loro dimensione e durezza (da AA.VV., 2001)

Pietre ornamentali. La designazione "pietra ornamentale" include, genericamente, tutti i materiali lapidei naturali che, grazie a determinati requisiti tecnici ed estetici, possono essere estratti, lavorati e quindi applicati nel settore delle costruzioni edili, nell'accezione più ampia del termine (elementi strutturali o architettonici, rivestimenti, coperture, arredi urbani, altre applicazioni particolari). Esiste una sostanziale differenza tra gli aggregati e le pietre ornamentali: mentre l'uso di aggregati è una "necessità" assoluta in diversi campi, quello delle pietre ornamentali può essere sempre definito una "scelta", per quanto motivata; a questa osservazione deve essere aggiunto un riferimento all'elevato prezzo unitario delle

pietre ornamentali che hanno, per questa ragione, mercati molto ampi. Da queste considerazioni discendono alcune conclusioni di carattere economico e tecnico insieme: le peculiarità applicative delle pietre ornamentali comportano la conseguenza che possono essere vantaggiosamente immessi sul mercato solo materiali di prima scelta e che dunque la loro estrazione e lavorazione producono necessariamente elevate quantità di scarti (anche il 50% della produzione totale) che devono essere proficuamente reimpiegati.

Materiali per l'industria. Il settore dei materiali per uso industriale presenta caratteristiche tali da renderlo assai diverso dagli altri comparti considerati ai fini della programmazione dell'attività estrattiva regionale. In generale si deve far riferimento ai singoli materiali oggetto di coltivazione, dal momento che ogni materiale presenta peculiarità sue proprie dal punto di vista sia giacimentologico, che tecnico, estrattivo ed economico. Per quanto riguarda la caratterizzazione dei materiali per uso industriale, occorre tener presente che questi, essendo spesso utilizzati per le loro proprietà fisiche e non solo per la loro composizione chimica, non sono insostituibili come i minerali metalliferi ed i combustibili, ma possono in ogni momento essere surrogati in funzione delle mutate esigenze dell'industria che li trasforma o della disponibilità di nuovi materiali economicamente o tecnicamente più convenienti. Conseguenza diretta della "surrogabilità" dei minerali industriali è la creazione di "nuovi" minerali industriali: una terra o una pietra inutile, o addirittura uno scarto di produzione, possono diventare la base di una nuova industria o rimpiazzare un materiale prima di allora ritenuto insostituibile. L'attività estrattiva dei minerali industriali presenta insieme, strettamente congiunte, le seguenti peculiarità: implica in generale produzioni notevoli per quantità estratte dalle singole unità principali; persegue una relativamente alta qualità dei materiali prodotti, ottenibile non direttamente in cava, ma frutto di più prelievi, diversificati, e di intelligenti miscele in stabilimento; richiede, per un verso, flessibilità produttiva nelle cave, ma per un altro, rigidità di forniture di materia prima agli impianti. Il motto "scavare selettivamente per coltivare integralmente" risulta davvero appropriato per il settore di cava in esame, come pure il principio per il quale lo scarto può essere una "disfunzione del ciclo produttivo". In Friuli Venezia Giulia i materiali per uso industriale sono:

- Argilla: rappresenta la materia prima utilizzata nel settore dei laterizi.
- Calcare e calcare marnoso per calce e cemento utilizzati nell'industria nel settore della chimica, del cemento, della calce idrata, della ceramica da rivestimento, della metallurgia.
- Calcare con tenore in CaCO_3 vicino al 100% ("marmorino"): presenta caratteristiche di composizione e bianchezza tali da poter essere considerato minerale mercantile già all'atto dell'estrazione; infatti non contiene materiale sterile e pertanto non richiede particolari processi di arricchimento. Trova un utilizzo "strategico" nella produzione di: farmaci; alimenti; carta; collanti, sigillanti e stucchi; fertilizzanti ed alimenti per animali; calci speciali; pitture e vernici; vetrerie e cristallerie; resine sintetiche; plastica e gomma; cosmesi; materiali inerti per edilizia.
- Gesso: utilizzato nell'edilizia per la costruzione di pareti non portanti, in campo medico (ortopedia), nell'industria della ceramica (stampi), nell'industria chimica, dei fertilizzanti e della carta; il materiale meno puro o gli scarti possono essere usati come correttivo nei cementifici.

2.4.1 Materiali di cava per inerti e per l'industria

I materiali grezzi di cava vengono lavorati in maniera diversa a seconda della loro destinazione finale; la Tabella 2-10 riporta una sintesi delle lavorazioni necessarie per l'ottenimento dei prodotti finali: frantoiati (pietrischi, sabbia di macinazione), calce, cemento, gesso, sabbie e ghiaie per l'edilizia ed altri usi, laterizi; la Figura 2-16 illustra il ciclo di produzione degli aggregati (inerti). Nel caso del marmorino, la lavorazione che esso subisce una volta estratto dalla cava, prima di venire immesso sul mercato, è esclusivamente un processo di trasformazione da minerale grezzo a polvere micronizzata.

Tabella 2-10 Quadro sinottico delle lavorazioni dei grezzi di cava

MATERIALE GREZZO	Roccia abbattuta	Calcare da calce	Calcare e marna da cemento	Pietra da gesso	Sabbie e ghiaie naturali	Argilla
OPERAZIONI						
Comminuzione	XXX	XXX	XXX	XXX		XXX
Classificazione per dimensioni	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
Sfangamento / Lavaggio	Event.				XXX	
Essiccazione	Event.				Event.	
Omogeneizzazione miscelamento			XXX			XXX
Foggiatura						XXX (**)
Cottura		XXX	XXX	XXX		XXX
PRODOTTO FINALE	Pietrischi sabbie di macinazione	Calce	Cemento (*)	Gesso cotto (*)	Sabbie e ghiaie per edilizia ed altri usi	Laterizi
	(*) = Segue la macinazione finale		(**) = Segue un'operazione di essiccazione			

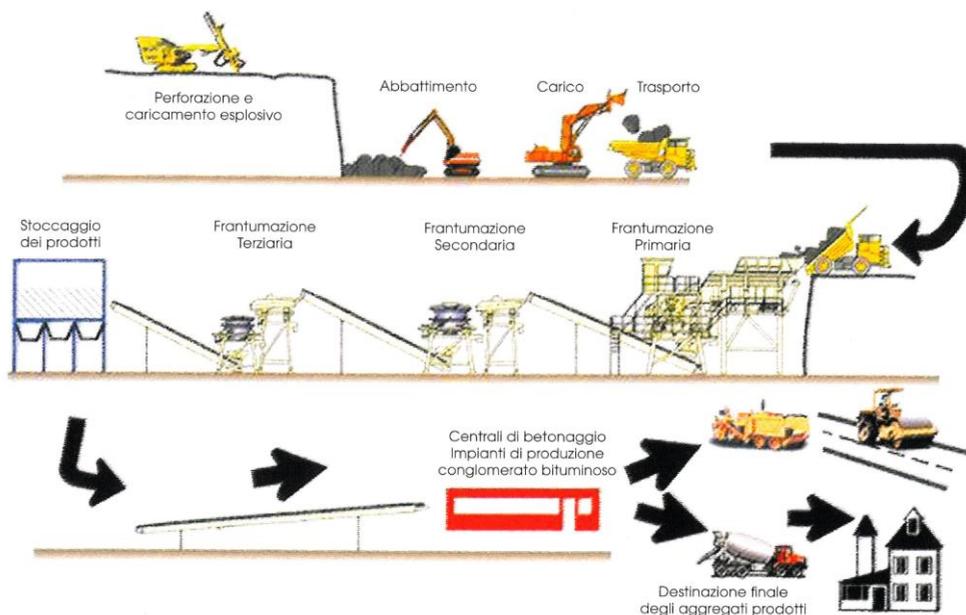


Figura 2-16 Ciclo di produzione degli aggregati (inerti) di una cava di monte (da AA.VV., 2001)



Figura 2-17 Impianto di produzione degli aggregati di una cava di monte; sullo sfondo l'impianto dei granulati (Cava di Sarone, PN)

I materiali in uscita dal ciclo produttivo e dai diversi impianti di lavorazione di una cava per inerti vanno dai grandi blocchi, impiegati per le regimazioni fluviali e marittime, fino ad arrivare alle polveri micronizzate impiegate in diversi settori industriali.

A seconda delle loro caratteristiche granulometriche e dei campi di impiego, i prodotti possono essere suddivisi in 4 gruppi: blocchi, frantoiati, stabilizzati e granulati.

I blocchi di grandi dimensioni sono selezionati direttamente sul fronte di scavo, in quelle porzioni del giacimento di cava in grado di fornire massi compatti, privi di fessurazioni o di difetti, e quando vi sia richiesta da parte del mercato. L'impiego principale dei blocchi è nella realizzazione di opere di difesa idraulica (marittima e fluviale) o, in misura minore, di opere artigianali ed artistiche (in parchi e giardini). Non vi è una grandezza predefinita per i blocchi: commercialmente essi vengono suddivisi, sulla base del loro peso, in blocchi maggiori o minori di 15 quintali.

I frantoiati comprendono tutti quei prodotti derivanti dalla frantumazione della roccia, i cui singoli elementi hanno dimensioni comprese tra i 25 millimetri e i 15 ÷ 20 centimetri. Sulla base delle attuali classificazioni granulometriche, tra i frantoiati si trovano i seguenti prodotti: Supero + 100 mm; 80 ÷ 100 mm; 70 ÷ 80 mm; 50 ÷ 70 mm; 35 ÷ 50 mm; 25 ÷ 35 mm; 0 ÷ 20 mm; 0 ÷ 8 mm; 8 ÷ 16 mm; 16 ÷ 25 mm.

Questi prodotti trovano numerosi impieghi in campi diversi: nell'edilizia per la produzione della calce e del cemento, di intonaci, premiscelati; nella formazione di rilevati e sottfondi stradali e ferroviari; nell'industria saccarifera; nella siderurgia ed infine nella realizzazione di recuperi ambientali.

Gli stabilizzati comprendono i materiali più fini derivanti dalla frantumazione primaria della roccia e suddivisi nei seguenti prodotti: 0 ÷ 30 millimetri; misto vagliato e misto naturale. L'impiego principale degli stabilizzati avviene nella realizzazione di sottofondi o rilevati stradali e ferroviari.

I granulati (micronizzati) sono prodotti che negli ultimi anni hanno trovato un notevole sviluppo, con la realizzazione di specifici impianti in prossimità degli impianti di cava originari. La produzione è delicata e richiede una macinazione terziaria della roccia calcarea e vagli in grado di selezionare il materiale con granulometria variabile dal centinaio di micron fino a qualche millimetro, in considerazione del fatto che la selezione dei prodotti si basa su intervalli di alcuni millimetri o addirittura decimi di millimetro. La gamma di granulometrie è estremamente ampia e comprende: 4 ÷ 5 mm; 2 ÷ 4 mm; 1,2 ÷ 3 mm; 0,4 ÷ 1,4 mm; 0 ÷ 0,5 mm ed il cosiddetto "filler". Gli impieghi spaziano tra i più diversi settori: edilizia, industria agroalimentare, vetraria, zootecnica, chimica, farmaceutica, asfalti.



Figura 2-18 *Impianto di produzione degli aggregati di una cava pedemontana (Cava Monte Sei Busi, GO)*

2.4.2 Pietre ornamentali

Le pietre ornamentali rappresentano una risorsa di cava del tutto particolare, non soltanto per il loro valore unitario relativamente elevato, ma anche per il carattere effettivo di unicità che esse solitamente presentano. La valorizzazione della materia prima richiede una favorevole sintesi di impresa tecnologica e di organizzazione commerciale, attraverso la quale il materiale può essere estratto, lavorato ed applicato. Questa filiera produttiva è caratterizzata da fasi via via segnate da maggior valore aggiunto economico, tecnologico e di marketing, che cominciano dal territorio nel quale sono aperte le cave e finiscono laddove il materiale viene messo in opera.

L'estrema differenziazione litostratigrafica fa sì che in Friuli Venezia Giulia esistano cave di pietra ornamentale rappresentative, nel loro piccolo, di quasi tutta la realtà nazionale: come le cave attive già in epoca romana, e ancora in esercizio, dove si estrae il famoso calcare di Aurisina e Monrupino, le cave di Pietra Piasentina, il Grigio Carnico ed il Fior di Pesco del Monte Avanza. Il ciclo di valorizzazione delle pietre ornamentali dal blocco di cava al prodotto finito è sintetizzato nella Figura 2-21; la Figura 2-22 sintetizza le diverse tecnologie impiegate per ottenere il prodotto finito dai blocchi squadretti e/o informi.

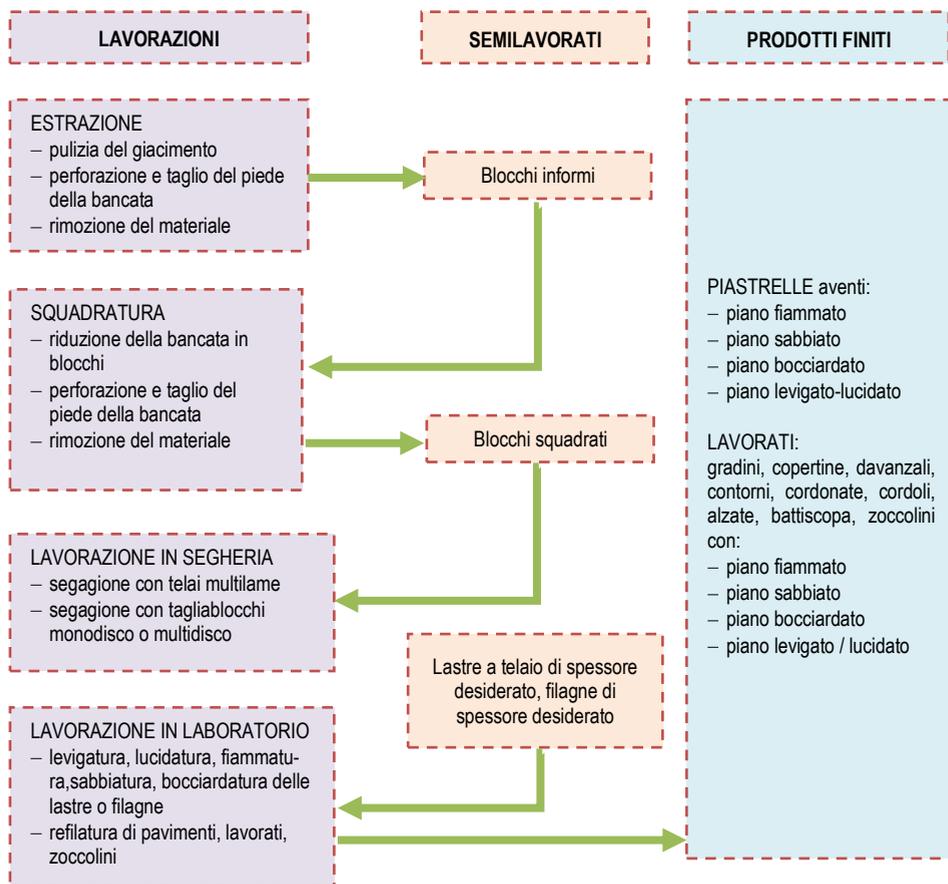


Figura 2-19 Diagramma del ciclo di produzione dai blocchi di cava

La materia prima di base è infatti il "blocco"; le cave produttrici di grezzo hanno nel tempo uniformato, laddove possibile, i formati ed i criteri di squadatura dei blocchi, in modo che questi risultino parallelepipedi il più possibile regolari di misure standard. Il ciclo di valorizzazione consiste nel segare i blocchi in una serie di lastre, dello spessore richiesto, per mezzo di "telai multilame" che attraverso un movimento alternativo delle lame permettono di ottenere delle "lastre" di grandi dimensioni (circa uguali a quelle del blocco). È necessario ovviamente che vengano portati alla segagione blocchi rigorosamente sani, di ottima scelta e di dimensioni economicamente ottimali per la massima utilizzazione del telaio. La

lastra così ottenuta può essere realizzata in qualsiasi spessore, a partire dal minimo standard di due centimetri, e può entrare in un ciclo di lavorazione successivo automatizzato costituito da: trattamenti superficiali (dal piano sega fino alla lucidatura, passando attraverso la calibratura e la levigatura), tagli a misura e finitura (Figura 2-19).

Il taglio diretto del grezzo con utensili a rotazione come le “tagliablocchi” (macchine dotate di dischi multipli, diamantati, di grande diametro) elimina dal ciclo di trasformazione il telaio e con esso la lastra di grandi dimensioni. La tagliablocchi consente infatti di ottenere direttamente dal blocco grezzo, e con un'unica operazione, i semilavorati di dimensione pre-stabilita già conforme allo spessore e alle misure finali del manufatto richiesto. Il grezzo utilizzabile non è più necessariamente di grandi dimensioni, potendo essere anche informe (non squadrato) e contenere difetti di una certa rilevanza; si possono quindi utilizzare quei prodotti di cava che in precedenza venivano scartati.

I limiti della lavorazione a disco sono rappresentati dall'altezza massima economicamente ottenibile per la “filagna” e dal vincolo di produzione in serie limitato a prodotti di dimensioni unificate e larghezza prefissata: gradini, pavimenti e rivestimenti a misura fissa.



Figura 2-20 Produzione delle filagne da riquadrare di Pietra Piasentina presso il laboratorio della Ditta S.A.P.P.T. di Cecino e C. (UD)

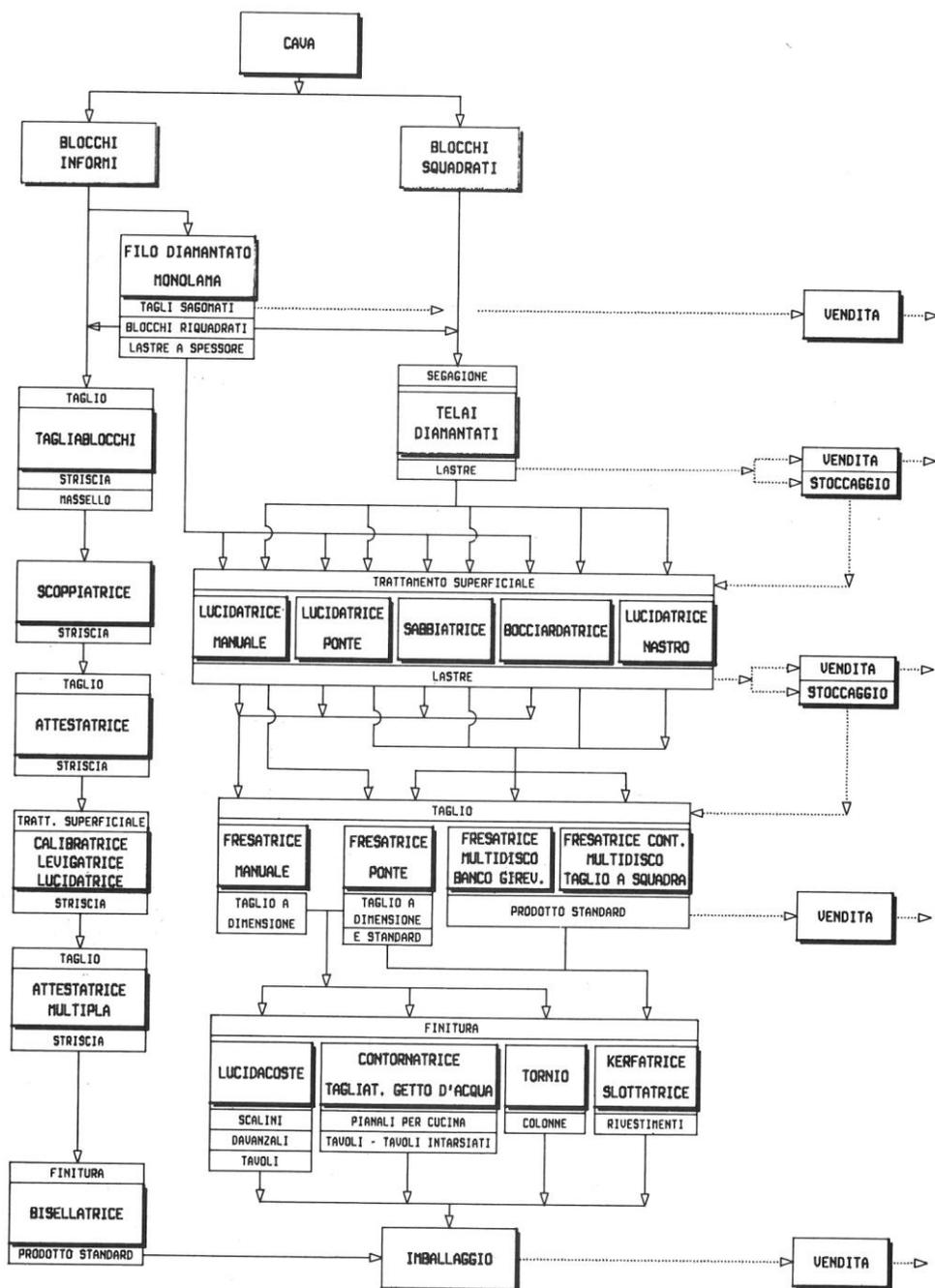


Figura 2-21 Ciclo di lavorazione del marmo (Mignani e Quadrelli, 1985)

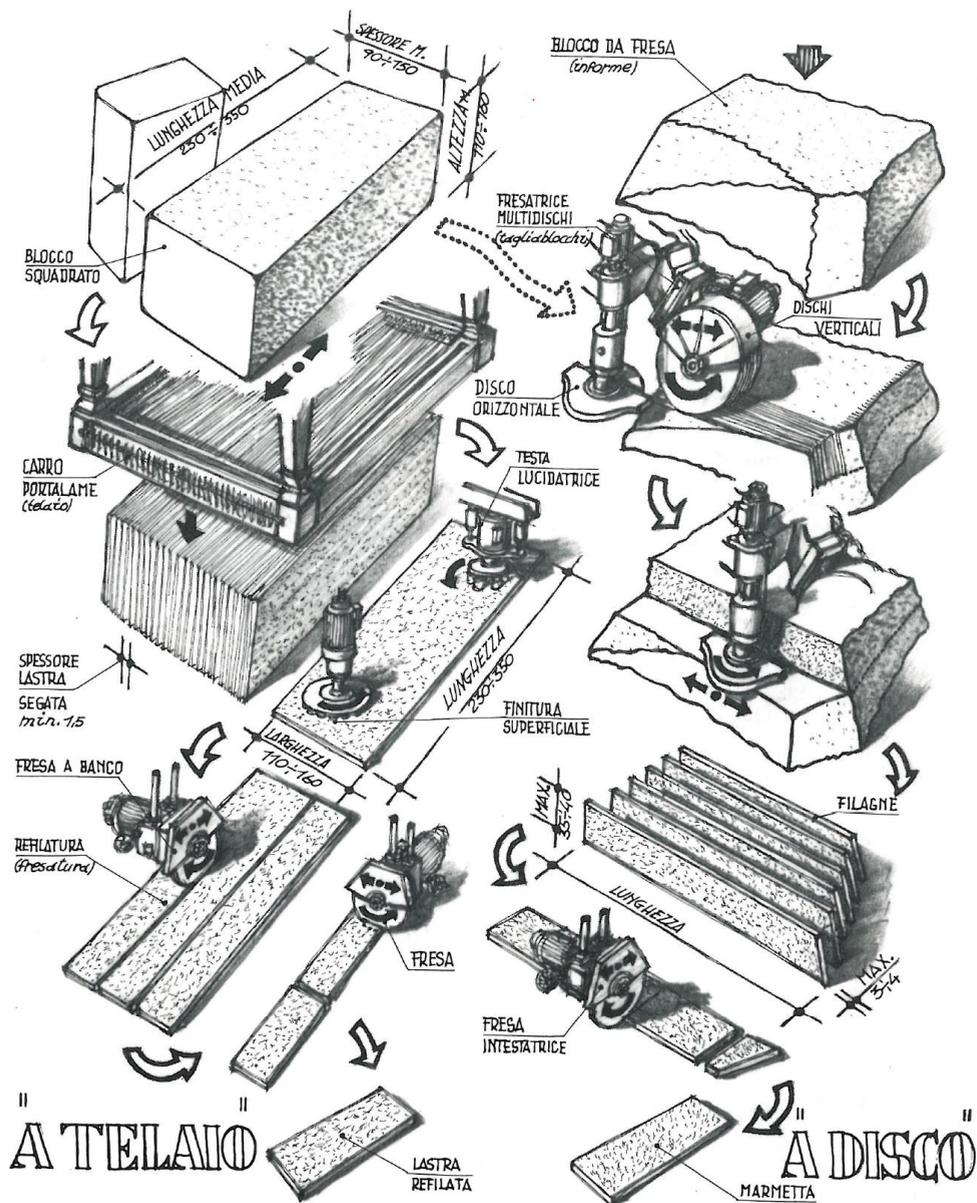


Figura 2-22 Lavorazione dei blocchi di pietra ornamentale (AA.VV., 1991)



Figura 2-23 Blocchi irregolari di “Noce Ramata” di Verzegnis pronti per la lavorazione presso la S.A.I.M. S.r.l. (UD)



Figura 2-24 Riquadratura in cava di un blocco di Fior di Pesco (Cava Avanza, UD)



Figura 2-25 Blocco di Repen Classico Zolla: durante la riquadratura con taglio al filo statico ed a termine operazione (Cava Babce Nord, TS)



Figura 2-26 Riquadratura dei blocchi informi e successivo taglio al telaio della Pietra Piasentina (Ditta Julia Marmi di Laurino M. e C., UD)



Figura 2-27 Trattamento della superficie mediante “fiammatura e spazzolatura” automatizzate della Pietra Piasentina (Ditta Julia Marmi di Laurino M. e C., UD)



Figura 2-28 *Trattamento della superficie mediante “fiammatura” manuale e “bocciardatura” della Pietra Piasentina*



Figura 2-29 Lavorazione "a spacco" del masegno di Muggia (TS)

3. FATTORI AMBIENTALI E NORMATIVI

3.1 Morfologia

Il Friuli Venezia Giulia presenta un territorio articolato e diversificato che si estende dall'arco Alpino a nord, con settori montuosi aventi cime comprese tra i 2.780 metri del Monte Coglians ed i 1.641 metri, del Monte Matajur, fino al Mar Adriatico a sud, passando per i settori collinari con rilievi inferiori ai 600 metri sul livello del mare e la pianura con quote comprese tra i 300 ed i 150 metri.

Il territorio montuoso (altitudine superiore ai 600 metri s.l.m.) rappresenta il 42,6% dell'intera superficie regionale, mentre i rimanenti 19,3% e 38,1% sono rispettivamente collinare e pianeggiante. L'assetto morfostrutturale è illustrato nella Figura 3-1, dove è riportato il modello digitale del terreno con sovrapposte le aree di cava autorizzate; in questa immagine si distinguono molto bene le varie fasce che compongono il territorio, dalla montuosa alla lagunare.



Figura 3-1 *Modello digitale del terreno con sovrapposte le aree di cava autorizzate (Estratto da WebGis del Friuli Venezia Giulia)*

3.2 *Influenza del clima sulle attività estrattive*

Il clima, nella sua accezione più generale di atmosfera e qualità dell'aria, è uno dei fattori che incidono sull'attività estrattiva sia in fase di coltivazione (ad esempio inducendo una stagionalità nell'attività ed imponendo specifici provvedimenti di mitigazione degli effetti inquinanti), sia in fase di recupero ambientale (condizionando la scelta delle modalità e delle tempistiche di rivegetazione). Il clima, attraverso il regime termometrico ed anemometrico, influisce infatti su diversi aspetti che si devono considerare sia in fase progettuale, sia di coltivazione, sia di recupero. In fase progettuale è necessario valutare quante ore e quanti giorni effettivi di lavorazione si possono fare all'anno; in base alle coordinate del luogo si stimano le ore di luce e in base all'altitudine e ai dati di temperatura e precipitazioni si stimano quanti giorni nevosi ci siano all'anno. La neve, infatti, preclude ogni attività all'interno della cava, così come nel caso di piogge intense o temperature molto basse, e questo incide sulla media della produzione annuale. Le precipitazioni e le temperature, assieme all'umidità, permettono di definire attraverso alcuni indici il grado di aridità presente nella zona e il tipo di clima, dati che servono per individuare le piante che possono avere un miglior attecchimento e scegliere così il miglior tipo di impianto da utilizzare nel recupero ambientale. L'aridità è una caratteristica climatica determinata dalla contemporanea scarsità di piogge (200 ÷ 400 millimetri) e dalla forte evaporazione che sottrae umidità al terreno. Infine, il vento influisce sulla diffusione delle polveri e del rumore prodotti dall'attività di cava; studiandone l'intensità, la periodicità e la direzione, nella fase di progetto si possono trovare dei metodi di mitigazione.

Le condizioni climatiche locali delle varie aree e le eventuali necessità di specifici impianti di irrigazione per l'efficace attecchimento delle specie vegetali previste per il recupero ambientale possono essere caratterizzate efficacemente attraverso:

- il pluviometro di Lang, R, che individua le tipologie climatiche (Tabella 3-1) attraverso il rapporto tra la precipitazione annua P in mm e la temperatura media annua T in °C;
- l'indice di aridità, I_a , nella formulazione proposta da De Martonne si ottiene come:

$$I_a = P/(T+10)$$

essendo: P le precipitazioni annue in mm e T la temperatura media annua in °C. L'indice permette di definire le tipologie climatiche come pure il tipo di irrigazione (Tabella 3-2);

- Il termoudogramma che, in base a quanto indicato da Bagnouls e Gausson, si ottiene analizzando il rapporto tra i valori medi delle precipitazioni e delle temperature mensili, riportando in ascissa i mesi dell'anno ed in ordinata le precipitazioni e le temperature relative, ponendo attenzione a riportare i valori delle temperature a scala doppia rispetto a quelli delle precipitazioni (1°C = 2 mm); qualora il periodo interessato si possa considerare "secco", l'area dovrà essere irrigata, quando la curva delle precipitazioni si posizionerà sotto quella delle temperature ($P < 2T$).

Le caratteristiche stagionali meteo climatiche devono essere individuate avvalendosi: dei dati termometrici - pluviometrici provenienti dalle stazioni meteorologiche più significative e posizionate, in genere, nelle vicinanze dell'area di studio.

Tabella 3-1 *Tipologie climatiche di Lang*

CLIMA	PLUVIOFATTORE DI LANG: R
UMIDO	>160
TEMPERATO UMIDO	160 ÷ 100
TEMPERATO CALDO	100 ÷ 60
SEMIARIDO	60 ÷ 40
STEPPICO	< 40

Tabella 3-2 *Tipologie climatiche di De Martonne*

INDICE DI ARIDITÀ	TIPO CLIMATICO	IRRIGAZIONE
< 5	ARIDO	INDISPENSABILE
5 ÷ 10	SEMIARIDO	INDISPENSABILE
10 ÷ 20	SECCO - SUBUMIDO	INDISPENSABILE O UTILE
20 ÷ 30	SUBUMIDO	SPESSO UTILE
30 ÷ 50	UMIDO	NON RICHIESTA
> 50	PREUMIDO	NON RICHIESTA

3.3 *Idrologia ed idrogeologia del Friuli Venezia Giulia*¹²

Il principale corso d'acqua della regione è quello del Fiume Tagliamento, segue il Fiume Livenza e infine il Fiume Isonzo. Di questi, l'unico corso d'acqua che si sviluppa interamente nella regione è quello del Tagliamento, mentre la parte finale del Livenza scorre nella regione Veneto e quella iniziale dell'Isonzo si sviluppa in Slovenia. Il reticolo idrografico condiziona in modo sostanziale la natura e la tipologia dei materiali che costituiscono i terreni di una regione e di conseguenza definisce l'ubicazione dei potenziali giacimenti di materiale lapideo sciolto. Il Friuli Venezia Giulia è caratterizzato da un esteso reticolo idrografico, alimentato dalle abbondanti piogge del settore montano, e da un sistema idrogeologico, obbligato dal sistema strutturale della regione sviluppato secondo tre direzioni prevalenti (E-W, NE-SW e NW-SE), che presenta un andamento in genere allineato secondo Est-Ovest. I maggiori corsi d'acqua presentano nel loro percorso tre tratti con caratteristiche diverse, corrispondenti ai corsi montani, all'alta e bassa pianura. I corsi montani hanno un carattere torrentizio e si sviluppano principalmente in alvei incisi nella roccia. Iniziano, terminano o si sviluppano nelle aree montane, per poi scendere e proseguire nella pianura. I tratti montani sono generalmente caratterizzati da una notevole pendenza, che determina una forte erosione e incisione dell'alveo che ospita questi corsi d'acqua. A causa dell'elevata energia il trasporto solido è sempre elevato, fino a quando il fiume raggiunge le aree di pianura. Alla loro uscita dalle aree di montagna i corsi d'acqua rilasciano nell'alta pianura la maggior parte dei materiali presi in carico dalla corrente, creando ampi conoidi. La distribuzione dei materiali avviene in modo progressivo, depositando inizialmente nella parte dell'alta pianura i materiali più grossolani (ciottoli, ghiaie e sabbie) e, proseguendo verso la bassa pianura, i materiali più fini (sabbie, limi, argille). Nell'alta pianura gli alvei dei

¹² Modificato da: Caffau M., 2006.

corsi d'acqua hanno il loro percorso inciso in depositi principalmente ghiaiosi, localmente sabbiosi. La pendenza dei corsi d'acqua diminuisce proseguendo verso la bassa pianura, dove le portate aumentano grazie al contributo fornito dalla risorgenza in alveo e dagli affluenti di risorgiva in corrispondenza della fascia delle risorgive. I corsi d'acqua sono qui ospitati da alvei incisi in terreni generalmente argilloso-sabbiosi, e la loro scarsa energia determina la formazione di un fitto meandreggio che è presente fino alla foce. La permeabilità dei depositi litologici costituiti dai conoidi di deiezione formati dai corsi d'acqua che escono dalla zona pedemontana fa sì che nel settore dell'alta pianura le acque si infiltrino in questi sedimenti costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie. La permeabilità di questo settore è così elevata che determina per tutti i corsi d'acqua che la attraversano un'imponente dispersione delle acque, sia verticale che orizzontale. È facile, quindi, vedere in questo settore alvei secchi, tranne nei periodi di maggior piovosità. Come conseguenza della permeabilità di questo settore, le dispersioni delle acque fluviali associate a quelle meteoriche formano nel sottosuolo, a una profondità variabile tra i 150 e i 60 metri dal piano di campagna, una falda freatica che interessa tutta l'alta pianura. Scendendo verso Sud, e quindi verso la bassa pianura, la permeabilità dei sedimenti diminuisce, avvicinando di conseguenza il livello della falda freatica alla superficie, fino all'emergenza delle acque sotterranee nella zona che prende il nome di fascia delle risorgive. La posizione della falda freatica rappresenta un fattore di estrema importanza nella progettazione delle cave di pianura, che deve essere condotta in modo da assicurare la salvaguardia delle condizioni chimico - fisiche della risorsa idrica in ogni fase della coltivazione e del recupero ambientale. Una parte delle acque sotterranee continua la sua circolazione nella bassa pianura, intrappolata tra substrati impermeabili che, spingendosi verso profondità sempre maggiori, producono l'aumento della pressione idrostatica delle acque. La presenza di tali substrati impermeabili a diverse profondità ha determinato lo sviluppo di più acquiferi; nel sottosuolo, fino ad una profondità di 300 metri, sono state riconosciute sette falde artesiane. Al di sotto di questi sistemi artesiani si posiziona uno strato di argille spesso 80 metri sotto il quale, a una profondità compresa tra i 400 e i 600 metri, sono state riconosciute altre tre falde caratterizzate da un deciso termalismo. Utilizzando il chimismo delle acque di falda (freatica e artesiane fino a 230 metri di profondità), è stato possibile caratterizzare e suddividere la Pianura Friulana in sette distinte province idrogeologiche (Figura 3-2) che, procedendo da Ovest verso Est, sono:

- 1) Alta pianura pordenonese
- 2) Bassa pianura pordenonese
- 3) Anfiteatro morenico e fascia meridionale immediatamente al piede
- 4) Alta pianura centro-orientale
- 5) Alta e Bassa pianura in destra e sinistra Tagliamento
- 6) Bassa pianura centro-orientale
- 7) Fascia dei conoidi dei fiumi Torre, Natisone, Isonzo.

L'apporto idrico alla pianura è fornito dalle portate di subalveo dei fiumi Livenza, Cellina, Meduna, Tagliamento, Torre, Natisone e Isonzo. Queste acque hanno una composizione chimica simile, tranne quelle del Tagliamento che sono caratterizzate da un elevato contenuto di solfati.

Nei materiali inerti provenienti dalle cave la presenza di solfato oltre un certo limite (0,2%) rappresenta un elemento critico di inquinamento per la materia prima, in quanto comporta il rischio di fessurazione del calcestruzzo per formazione di ettringite espansiva a seguito della reazione con gli alluminati del cemento. L'area interessata dalla maggior concentrazione di solfati risulta essere la 5, che è appunto quella attraversata dal Tagliamento, le cui acque, per il loro particolare chimismo, influenzano le falde artesiane con un tenore di solfati che varia allontanandosi dall'asse del corso d'acqua. In particolare, il tenore dei solfati diminuisce più rapidamente procedendo verso Ovest, più lentamente verso Est rispetto all'asse del Tagliamento. In base agli studi condotti si osserva che la distribuzione dei solfati tende a raggiungere distanze maggiori dal corso del Tagliamento in riva sinistra rispetto che in destra. Questo avviene perché le acque sotterranee del Tagliamento vengono a contatto, ad Ovest, con le acque disperse nel conoide Cellina - Meduna. In destra Tagliamento, a Est del basso Meduna, sono rintracciabili tenori sufficientemente importanti di solfati, tali da essere attribuiti alle acque disperse dal Tagliamento che rimpinguano tutti i corsi d'acqua, compreso il Meduna, e che alimentano sia la falda freatica sia le falde in pressione. Diverse misurazioni prese lungo il fiume Tagliamento registrano alti valori di SO_4 ; oltre a quello estremamente elevato di Arta Terme (1.458 mg/l), anche il valore rilevato a Ragnogna di 141 mg/l è chiaramente in relazione con la dissoluzione dei litotipi gessosi che affiorano nell'alto bacino montano del fiume. Importante è osservare la diminuzione di questo valore che nella Bassa Pianura si riduce a 110 mg/l a causa della dispersione in falda di una notevole parte dell'acqua.

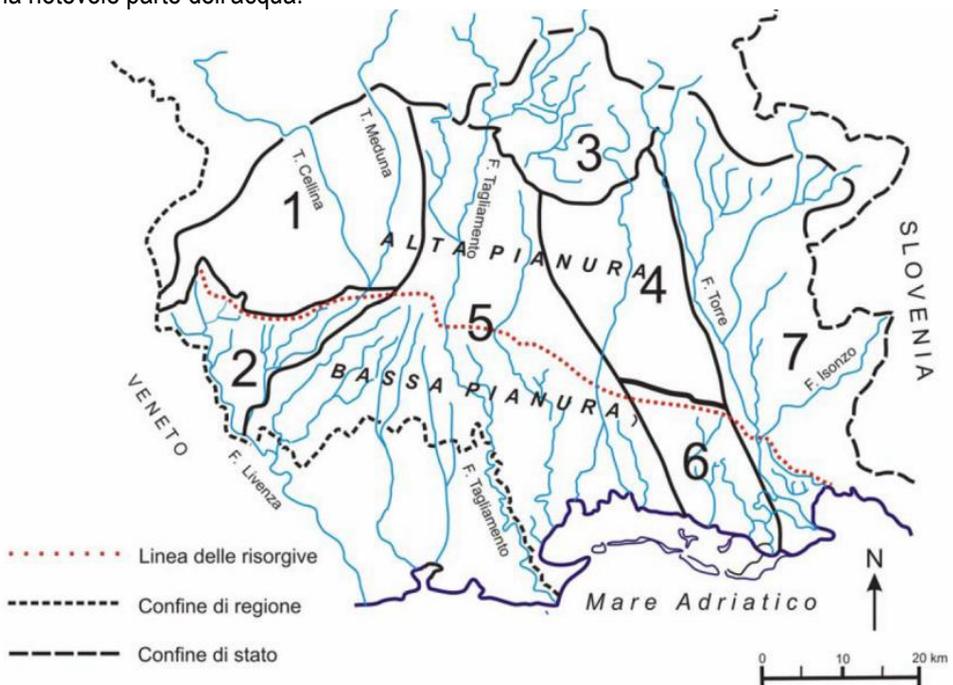


Figura 3-2 Province idrografiche della Pianura Friulana (Cucchi et al., 1999)

3.4 Uso del suolo e pedologia

La pedologia è la scienza che studia l'origine, la composizione e le caratteristiche del suolo che si forma, attraverso un processo detto pedogenesi, per alterazione del substrato roccioso. Il suolo è quindi il risultato di un complesso processo di trasformazione e per studiarlo occorre conoscere e capire i fenomeni e gli agenti che hanno portato alla sua formazione. I suoli possiedono capacità e limitazioni d'uso (agricolo, forestale, civile) di cui tener conto durante le scelte estrattive, inserendo, nelle valutazioni costi-benefici derivanti dallo sfruttamento del territorio, anche la variabile "suolo". Scegliendo, ad esempio, un sito idoneo all'estrazione di inerti o altri materiali litoidi, occorre valutare anche eventuali attitudini produttive agricole-forestali e la vulnerabilità dei suoli, ed il beneficio economico derivante dalla valorizzazione del giacimento deve essere confrontato con il costo ambientale e sociale sopportato per la distruzione del patrimonio pedologico locale. Ai fini della tutela pedologica nelle aree dove si sviluppa l'attività estrattiva e del rispetto della pianificazione d'uso del suolo, occorre eseguire, o almeno perseguire, un ripristino delle coperture pedologiche originarie. Questa operazione costituisce un aspetto particolare dei complessi interventi di tipo idrogeologico, geotecnico, ecologico, paesaggistico finalizzati al recupero ambientale delle aree compromesse o degradate ed al loro reinserimento nel contesto naturale circostante. Il problema della conservazione e della ricostituzione del suolo in aree estrattive va affrontato già in sede di programmazione dello sfruttamento della cava, prima che inizino i veri e propri lavori di coltivazione. Ciò consente infatti di ridurre la complessità dei problemi tecnici ed i costi del ripristino. La caratterizzazione pedologica fa riferimento alla composizione fisico-chimica del suolo, alla sua componente biotica e alle relative interazioni, nonché alla genesi, all'evoluzione ed alla capacità d'uso del suolo. Per classificare l'uso del suolo si è soliti far riferimento alla Carta delle Coperture del Suolo del Progetto Corine, che distingue tre livelli gerarchici in base alle differenti necessità di dettaglio. La prima classe (Corine livello 1) è suddivisa in 5 tipologie territoriali di carattere generale: suoli con interventi artificiali, suoli agricoli, foreste, zone umide e corpi acquei. Ogni tipologia è identificata con un codice di una cifra. La seconda classe (Corine livello 2), più dettagliata, prevede 15 tipologie territoriali contraddistinte da 2 cifre. La terza classe (Corine livello 3) prevede 44 tipologie territoriali contraddistinte da 3 cifre. Partendo dalle tre cifre identificative di una copertura del terzo livello è possibile dedurre, in ordine gerarchico, la copertura di secondo e primo livello. La classificazione Corine associa in genere a ciascuna classe della mappa di uso del suolo un coefficiente colturale k_c , anche se nella realtà una definizione più precisa di tale parametro dovrebbe tener conto, oltre che del tipo di copertura del terreno, anche di fattori come la disponibilità d'acqua del terreno, la quantità e la distribuzione temporale delle precipitazioni, la fase fenologica della copertura vegetale ed altri fattori di cui però è difficile avere un'informazione a scala così ampia come quella del territorio regionale.

3.5 Vegetazione, fauna ed ecosistemi principali

Il Friuli Venezia Giulia risulta particolarmente ricco sia in termini di specie animali che vegetali e questo offre un importante e fondamentale contributo al sostegno della diversità biologica, legata all'elevato numero di specie in rapporto all'esigua estensione territoriale,

soprattutto se paragonata a quella di altre regioni italiane ed europee. Due sono i principali fattori che caratterizzano la regione: da una parte la presenza di una grande varietà di ambienti e di paesaggi naturali che si succedono l'uno a fianco dell'altro su brevissime distanze, sia da Nord a Sud, che da Est ad Ovest; dall'altra la sua particolare collocazione, che coincide con il punto di sovrapposizione e di contatto dei più grandi distretti biogeografici che gravitano rispettivamente sul bacino mediterraneo, sull'arco alpino, nell'area dell'Europa centrale ed in quella più orientale balcanica. Il territorio regionale risulta infatti caratterizzato dai principali paesaggi naturali: alpino, prealpino, collinare, alta pianura, fascia delle risorgive, bassa pianura, carsico, costiera triestina e lagunare, e presenta una notevole ricchezza forestale, floristica e faunistica; questa diversificata morfologia, unita a motivi storici e geografici, ha fatto sì che si potessero rilevare un numero di entità vegetali proporzionalmente più elevato a quanto presente a scala nazionale. Ne consegue la notevole varietà di paesaggi e di ecosistemi distribuiti su una porzione limitata di territorio. La flora regionale caratterizza i vari ambienti naturali diversificandosi in funzione delle locali situazioni climatiche e tipologie di suolo, concorre a plasmare i fattori microclimatici, a creare e diversificare i suoli, e detiene il ruolo energetico primario nella quasi totalità degli ecosistemi. Ogni attività industriale, quindi anche l'attività estrattiva, deve prevedere uno studio di caratterizzazione condotto su un'area vasta, al fine di poter comprendere le prerogative vegetazionali e naturalistiche del territorio entro cui si sviluppa, che riporti i principali tipi di ambiente: pareti rocciose, formazioni boscate, tipologia dei suoli, falde detritiche più o meno stabilizzate. Per la definizione degli interventi di recupero ambientale si devono valutare le caratteristiche ambientali entro le quali si inserisce la cava, analizzando, oltre alle componenti meteorologiche, le caratteristiche geopedologiche dei terreni e le tipologie vegetative tipiche. Questa analisi stazionale risulta essere di grande importanza per l'individuazione delle fitocenosi verso cui indirizzare gli interventi di recupero ambientale e per la scelta corretta delle specie vegetali da utilizzare. Le caratteristiche stazionali vengono individuate avvalendosi delle caratteristiche geopedologiche, dell'analisi della vegetazione forestale, nonché della rielaborazione dei dati desunti dai rilievi floristici e dall'analisi dell'uso del suolo. La caratterizzazione dei livelli di qualità della vegetazione, della flora e della fauna presenti nel sistema ambientale potenzialmente interessato dall'attività estrattiva viene effettuata sulla base dello studio della situazione presente e della prevedibile incidenza su di essa delle azioni correlate alla coltivazione e al recupero ambientale. La caratterizzazione del funzionamento e della qualità di un sistema ambientale deve essere fatta al fine di stabilire gli effetti significativi determinati dall'opera sull'ecosistema e sulle formazioni ecosistemiche presenti al suo interno. La vegetazione presente in un'area, oltre ad avere uno stretto legame con tutte le altre componenti dell'ecosistema, permette di valutare la sensibilità ambientale del territorio e la sua particolarità o banalità. Al fine di determinare le prerogative vegetazionali e naturalistiche del territorio oggetto dell'intervento di coltivazione mineraria, vengono effettuati sopralluoghi che, unitamente ai rilievi floristici, permettono di realizzare una "Carta forestale" alla scala adeguata (ad esempio 1:1.000) dell'area di cava e di un intorno significativo a questa. La vegetazione, sia arborea che erbacea, viene caratterizzata mediante alcuni rilievi fitosociologici, che possono seguire quanto proposto, ad esempio, da Braun-Blanquet, considerando una superficie di indagine variabile tra 200 e 400 metri quadrati a seconda delle situazioni. Per ogni specie viene

stimata la copertura percentuale secondo una scala di valori nella quale si riporta se la specie si presenta con copertura superiore a 80%, tra 60 e 80%, tra 40 e 60%, tra 20 e 40%, tra 1 e 20%, inferiore ad 1% o, infine, se si riscontra una presenza ridotta a esemplari unici o in cattivo stato. Allo studio fitosociologico vengono utilmente abbinati l'interpretazione vegetazionale dei tipi forestali dell'area e l'inventario esaustivo delle specie animali che frequentano l'area oggetto degli interventi. L'inventario è mirato ad individuare liste delle specie "potenzialmente" presenti, esaminando i dati disponibili con riferimento ad ambiti geografici più vasti (contenenti l'area) e valutando l'idoneità ecologica dell'area stessa nei confronti delle varie specie. Oltre al rilevamento diretto sui siti di interesse, fonti principali di letteratura sono gli Atlanti faunistici regionali; una volta individuata ciascuna classe di Vertebrati terrestri, tutte le specie considerate vengono inquadrare dal punto di vista legislativo ed evidenziate le entità d'interesse naturalistico e conservazionistico.

3.6 Vincoli paesaggistico - ambientali

Il Friuli Venezia Giulia è un ambiente ricco di biodiversità, con bellezze naturali di valore internazionale, un esteso sistema di Parchi Regionali, Riserve Naturali e Biotopi, costruito attorno al punto più settentrionale del Mediterraneo e quindi all'incrocio dei grandi ecosistemi europei. Oltre 55.000 ettari del territorio regionale, individuati per le loro peculiarità prima di tutto ambientali, con particolari caratteristiche biologiche, fisiche e storico-culturali, sono sottoposti ad un'attenta opera di tutela, necessaria per salvaguardare complessi equilibri ecologici. Nell'Allegato D si sono ubicate le cave presenti in regione sulla carta dei vincoli ambientali del Friuli Venezia Giulia, così da individuarne in modo diretto la correlazione con l'attività estrattiva.

Parchi e riserve regionali. In Friuli Venezia Giulia sono stati istituiti, con le leggi regionali 42/1996 e 13/1998, due parchi (il Parco naturale delle Dolomiti Friulane ed il Parco naturale delle Prealpi Giulie) e diverse riserve naturali (Forra del Cellina, Lago di Cornino, Valle Canal Novo, Foci dello Stella, Valle Cavanata, Foce dell'Isonzo, Laghi di Doberdò e Pietra-rossa, Falesie di Duino, Monte Lanaro, Monte Orsario, Val Rosandra ed infine Val Alba). Sul territorio regionale ricadono inoltre tre riserve naturali statali: Miramare, Monte Cucco e Rio Bianco.

Biotopi. In regione sono stati istituiti: 27 biotopi naturali costituiti da aree di limitata estensione territoriale, esterne ai parchi e alle riserve, caratterizzate da emergenze naturalistiche di grande interesse, che corrono il rischio di distruzione e scomparsa; 20 aree di reperimento caratterizzate da elevati contenuti naturali, nelle quali vigono specifiche norme di salvaguardia per quanto concerne la modifica dello stato dei luoghi, dei corsi d'acqua, della superficie dei boschi e dei prati naturali.

S.I.C. e Z.P.S. Con l'attuazione della Direttiva Habitat 92/43/CEE del Consiglio delle Comunità Europee del 21.05.1992 – relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche – e della Direttiva Uccelli 79/409/CEE del Consiglio delle Comunità Europee del 2.04.1978 – concernente la conservazione degli uccelli selvatici – sono stati individuati e proposti alla Commissione Europea i Siti di Importanza Comunitaria (S.I.C.) e le Zone di Protezione Speciale (Z.P.S.). La regione ha costituito una propria rete composta di 62 SIC e 7 ZPS che interessa il 18% del territorio regiona-

le. Tale sistema si sovrappone a quello delle aree naturali protette e la regione opera un coordinamento affinché gli strumenti di gestione di parchi e riserve rispondano anche ai requisiti di Rete Natura 2000. Per i SIC e le ZPS sono in corso di predisposizione specifiche norme di conservazione, o piani di gestione, e inoltre i progetti e i piani che interessano tali aree sono soggetti alla procedura di valutazione d'incidenza prevista dall'art. 5 del DPR 357/1997 (modificato ed integrato dal DPR 120/2003).

Prati stabili. A seguito del sempre più frequente riscontro di dissodamenti o abbandono di superfici prative, la L.R. 29 aprile 2005, n.9, ha previsto, fra l'altro, l'istituzione dell'inventario dei prati stabili naturali della pianura, al fine di garantire la conservazione dell'identità biologica del territorio e la biodiversità degli habitat e delle specie floristiche e faunistiche. I prati stabili sono quelle formazioni erbacee che non hanno mai subito il dissodamento (aratura o erpicatura), oppure sono ormai rinaturalizzate con le specie tipiche.

Vincolo idrogeologico. Il vincolo idrogeologico sui boschi e sui territori montani è stato istituito con R.D. n. 3267 del 23 dicembre 1923 e prevede che, allo scopo di evitare i dissesti idrogeologici per i terreni così vincolati, la trasformazione dei boschi in altre qualità di coltura e la trasformazione di terreni "saldi" in terreni soggetti a periodica lavorazione (dissodamento con relative lavorazioni agrarie), nonché l'esercizio del pascolo, vengano vietati o subordinati all'autorizzazione dell'autorità competente che ha imposto il vincolo sugli stessi terreni e che controlla l'applicazione della norma. L'autorità competente, qualora abbia dato l'autorizzazione allo "svincolo", prescriverà le modalità delle operazioni tecniche approvate, che non siano in contrasto con gli obiettivi del decreto, mediante le "Prescrizioni di massima e di polizia forestale".

Vincolo paesaggistico. La tutela delle "bellezze naturali" ha lo scopo di creare un argine contro la distruzione del patrimonio naturalistico in virtù del suo "non comune" interesse estetico. L'istituzione delle aree protette sopra descritte è appunto volta a salvaguardare le bellezze naturali e l'ambiente, prescrivendo o il divieto assoluto di aprire nuove coltivazioni nel loro ambito, o imponendo specifici studi volti a determinare l'incidenza su di esse dell'attività estrattiva e valutarne l'accettabilità o meno. Il vincolo paesaggistico viene apposto su determinate categorie di beni che formano il territorio del Paese (coste, fiumi, boschi, montagne), indipendentemente dall'esistenza di precedenti vincoli applicati con decreti specifici.

3.7 La pianificazione delle attività estrattive

È ormai maturata esigenza di una nazione moderna la necessità di far precedere ogni significativo intervento sul territorio da accurati studi di carattere generale e da approfondimenti settoriali volti a definirne, per quanto possibile, tutti gli aspetti sociali, tecnici ed economici; in pratica, ogni intervento non viene considerato come un fatto a sé stante, ma va inserito, regolato, controllato, nel contesto generale di una razionale programmazione territoriale. In questa direzione si deve naturalmente muovere anche la gestione dell'attività estrattiva di cava, con la precipua motivazione di conciliare le esigenze di tutela del territorio e dell'ambiente con quelle socio-economiche della produzione di materie prime minerarie: obiettivi, entrambi, che configurano irrinunciabili interessi pubblici. Nel caso dei materiali lapidei la pianificazione deve prefiggersi una "tutela" alla risorsa pietra, beninteso rispettando in modo rigoroso i limiti di compatibilità ambientale, soprattutto attraverso un'at-

tenta gestione dell'attività esistente ed un ricorso alle moderne tecnologie di cava. Un Piano di Settore delle Attività Estrattive nasce per conciliare la produzione di materie prime con la salvaguardia del territorio, per favorire l'efficienza del meccanismo amministrativo permettendo, per esempio, procedure semplificate ed autorizzazioni unificate, e per garantire la trasparenza e la competenza "decisionale". La programmazione dell'attività di cava deriva necessariamente dalla sovrapposizione e dalla mediazione di diversi aspetti: il quadro territoriale dei giacimenti, i vincoli ambientali paesaggistici e la presenza consolidata, soprattutto nel caso di specifici bacini estrattivi dove si coltivano da decenni, in taluni casi da secoli, pietre ornamentali e materiali di particolare pregio chimico - fisico (ad esempio il marmorino). Proprio a causa della localizzazione di questi specifici bacini, rigidamente vincolati alla presenza di una risorsa limitata e spazialmente circoscritta, i problemi dei possibili conflitti tra i vincoli paesaggistico - ambientali e la presenza di attività estrattive risultano notevolmente accentuati rispetto ad altre situazioni e vanno quindi affrontati con uno spirito il più possibile equilibrato. In effetti, in molti casi risulta evidente che il limite allo sviluppo non è rappresentato tanto dai giacimenti, che spesso offrono riserve molto ingenti, quanto dall'ambiente stesso, non più in grado talvolta di sopportare, ai ritmi attuali, le modificazioni territoriali e paesaggistiche ed il carico specifico che una coltivazione irrazionale ed esclusivamente utilitaristica della pietra comportano. Occorre però respingere l'attuazione di due strategie estreme, che talvolta vengono invocate: l'una emotiva ed eccessiva, quale la cessazione autoritaria dell'attività estrattiva di cava, l'altra incoerente e non sostenibile, ossia esportare l'esercizio di cava in terre meno tutelate, trasferendo semplicemente il problema. Si delinea quindi la necessità assoluta di una attenta pianificazione di settore a livello quanto meno regionale e di un riordino dell'attività specifica, sulla base di alcuni principi generali: il riconoscimento della particolare dignità ed importanza di questa attività produttiva; la salvaguardia delle risorse estrattive lapidee che ancora rimangono sul territorio e la ricerca di nuovi giacimenti; l'incoraggiamento allo sviluppo ed alla diffusione di tecniche di scavo produttive ed ambientalmente efficienti; l'incentivo ad adottare metodi di coltivazione che portino ad uno sviluppo dell'attività rispettoso del territorio e dell'ambiente in generale; la valorizzazione globale del materiale scavato, anche attraverso la ricerca di utilizzi per i sottoprodotti e gli scarti lapidei.

La pianificazione dell'attività estrattiva deve tener conto delle peculiarità del settore nei confronti della materia urbanistica con uno stretto coordinamento tra l'autorità competente sulla pianificazione urbanistica (soprattutto i Comuni, con i Piani Regolatori) e quella preposta alla cura dell'attività di cava. In effetti la pianificazione comunale si è spesso dimostrata inadeguata, sia a causa della mancanza di mezzi tecnici idonei al rilievo dell'esistenza e delle caratteristiche dei giacimenti, sia per la mancanza di una prospettiva che vada oltre, in certi casi anche a livello internazionale parlando di pietre ornamentali, i limiti del territorio comunale. Per questo motivo le leggi regionali di settore hanno generalmente previsto una specifica pianificazione dell'attività estrattiva, che abbia a monte un consolidato quadro di riferimento programmatico e normativo (Piani Regionali o Documenti di Programmazione di settore), che disponga di adeguati strumenti di accertamento e valutazione (Sub-regionali, Piani Provinciali o Inter-provinciali) e che preveda a valle il cogente recepimento delle indicazioni di piano da parte degli strumenti urbanistici comunali. Altri documenti di pianificazione vanno poi considerati per la loro possibile azione sull'attività di

cava: si fa riferimento in particolare ai Piani Paesistici ed ai Piani Urbanistico-territoriali. I primi trovano base normativa nella già citata disciplina relativa alla protezione delle bellezze naturali, mentre i secondi si inquadrano nella materia urbanistica in senso stretto ed hanno nucleo iniziale di disciplina nei Piani territoriali di coordinamento; entrambi comunque sono orientati preminentemente verso l'obiettivo della protezione di valori estetico-culturali. Tali strumenti, laddove attuati, hanno spesso introdotto per l'attività estrattiva nuovi limiti, talvolta poco congrui, in quanto pensati nell'ottica della protezione ambientale, senza tener conto dell'individuazione delle risorse minerarie e venendo così ad eludere il meccanismo di confronto tra i due interessi in gioco. Dal punto di vista pianificatorio, è infatti da considerarsi non adeguata qualunque limitazione che non prenda in considerazione a priori tutti gli impatti potenziali che la stessa limitazione può innescare. Per quanto attiene alle pietre ornamentali, ad esempio, data la presenza fortemente localizzata e circoscritta della risorsa, un vincolo che precluda l'accesso ad un sito interessante da un punto di vista minerario sancirebbe in pratica l'impossibilità di coltivare tale giacimento, non essendo di solito possibile una rilocalizzazione in altri siti con caratteristiche geogiacimentologiche del tutto analoghe; non è poi escluso che le cave, pur andandosi a collocare in aree non vincolate, trovino condizioni non ottimali per lo sviluppo dell'escavazione (ad esempio, per motivi di resa di coltivazione, con conseguente produzione di volumi di scarto da porre a discarica). A bilancio fatto, il vincolo potrebbe aver innescato altri impatti, persino con un saldo complessivo ambientalmente negativo.

La Pianificazione Regionale dell'attività estrattiva presenta pertanto il vantaggio di una visione di insieme che consente di limitare i rischi comportati dall'applicazione di piani di settore predisposti senza linee di indirizzo regionali, e necessita tuttavia di tante informazioni per non risultare approssimativa e quindi incompleta. Il documento programmatico di pianificazione regionale evita che le singole Province vadano ognuna per conto proprio, con il rischio che il divieto ad estrarre sul proprio territorio possa provocare l'allungamento del raggio di prelievo (in media) e l'appesantimento del carico estrattivo sulle Province limitrofe (magari appartenenti ad altre Regioni), che vedrebbero così esaurire le proprie risorse molto più rapidamente. Il processo decisionale non deve essere quindi la sommatoria di decisioni settoriali, bensì un momento di conciliazione di molteplici aspetti tra cui i principali sono la tutela della risorsa mineraria ed il rispetto dell'ambiente, evitando che il divieto all'attività di cava, nonostante la presenza di potenzialità giacimentologiche, previsto ad esempio da un Piano Paesistico, comporti l'invasione di altre aree, magari pregiate, o il trasferimento in zone distanti e sottoposte a vincoli o con una rete stradale che non consente il trasporto del materiale. In un caso si avrebbe la compromissione di altre aree, con lo sfruttamento non certo "ottimale" dei siti più produttivi; nell'altro si potrebbe verificare, quanto meno, un maggiore dispendio di energie produttive ed un incremento di problemi logistici. L'importanza della pianificazione del settore estrattivo è infatti legata alla duplice rilevanza produttiva ed ambientale di questo comparto economico: l'attività di cava ed il suo indotto hanno spesso un peso considerevole nell'economia di una Regione, e per quanto riguarda gli aspetti ambientali e di salvaguardia del territorio è evidente come questi siano di prioritaria importanza e assolutamente imprescindibili per una corretta pianificazione del settore. Il processo metodologico per la redazione del piano dell'attività estrattiva consiste nella definizione della situazione produttiva attuale, nella valutazione delle

possibilità operative di sviluppo ed infine nel disegno di uno scenario futuro "programmato". Questo richiede l'esame delle aree di mercato (domanda / offerta e relativa "interazione") e il loro presumibile sviluppo, l'analisi dei fabbisogni (problemi di trasporto, strumenti regolatori, statistiche) e lo studio giacimentologico (analisi dei siti in cui è accertata la risorsa sfruttabile). Tutto questo con lo scopo di valutare le alternative percorribili rispetto alla situazione attuale, dare coerenti indirizzi di sviluppo per il medio e lungo periodo, predisporre orientamenti normativi. Per poter predisporre una pianificazione rispondente alle reali esigenze del mercato si devono raccogliere i dati in merito a consumi e fabbisogni del territorio regionale. In linea generale si definiscono:

- "fabbisogni" le quantità di materie prime necessarie per la realizzazione di opere previste sul territorio e, in generale, per il rifornimento delle industrie presenti.
- "consumi" le quantità di materie prime estratte ed utilizzate, come tout venant o per eventuale lavorazione, oppure immesse sul mercato.

I due termini possono differire, anche sensibilmente, qualora le materie prime estratte siano fatte ad esempio oggetto di sistematica esportazione. I margini di disponibilità produttiva devono essere sufficientemente larghi, per evitare delle croniche carenze e soprattutto per far fronte alle necessità impreviste, quali le grandi opere infrastrutturali.

In sede di programmazione produttiva è quindi opportuno, a favore di tranquillità programmatoria, fare riferimento alle produzioni "consolidate" delle cave operanti in Regione, considerando i "consumi" di materia prima litoide attraverso un'analisi statistica delle materie prime estratte nel passato e l'individuazione curve previsionali. In questo modo sarà possibile fare delle previsioni sia di durata delle singole attività autorizzate, sia di necessità di cubature da autorizzare, programmando così l'esaurimento dei giacimenti.

3.7.1 Incidenza delle materie prime litoidi sull'ingegneria civile

In genere non esiste alcun tipo di statistica diretta del consumo di inerti e si deve pertanto effettuare una valutazione indiretta dei quantitativi in gioco, basandosi sui dati statistici relativi ai prodotti finali del loro impiego, e cioè alle costruzioni con essi realizzate.

Un altro criterio, di solito impiegato per avere utili elementi di riscontro delle stime fatte, è quello basato sul consumo di cemento, il quale con gli aggregati entra a far parte della maggioranza dei prodotti finali specifici. È necessario innanzitutto definire i "comparti di utilizzo", cioè i settori in cui un certo materiale di cava (ghiaia, sabbia) viene impiegato; questi comparti variano col tipo di materiale e, anche per lo stesso materiale, può essere fatto uso diverso in regioni diverse. Si è soliti distinguere: edilizia: pubblica, privata, residenziale, non residenziale, per la produzione agricola; opere pubbliche: edilizia terziaria (scuole, uffici postali), pubblici servizi (cioè acquedotti, fognature); strade, ferrovie, aeroporti. I dati statistici utilizzabili sono di due tipi: le volumetrie costruite dell'edilizia privata ed i costi di costruzione delle opere pubbliche. In ciascuno dei due casi si procede a valutare anzitutto l'effettiva volumetria costruita e successivamente, in base a questa, il relativo consumo di inerti attraverso opportuni "coefficienti di assorbimento" che rappresentano i volumi di inerti (in metri cubi) impiegati nell'unità di volume (metri cubi vuoto per pieno) di ciascun tipo di costruzione considerata. Studi condotti in varie province del Nord Italia hanno portato a definire come attendibili i seguenti "coefficienti di assorbimento": 0,03 metri cubi di tout venant per ogni metro cubo di edificio residenziale e terziario da realizzare;

0,30 metri cubi di aggregato inerte lavorato, per calcestruzzo e prefabbricati, per ogni metro cubo di edificio residenziale e terziario da realizzare; 0,04 metri cubi di tout venant per ogni metro cubo di edificio industriale o servizi da realizzare; 0,20 metri cubi di aggregato per ogni metro cubo di edificio industriale o servizi da realizzare. Nel caso delle opere pubbliche si suddivide prima il comparto in cinque sezioni: opere edili, strade e ferrovie, opere igienico-sanitarie, opere idrauliche e di bonifica, impianti elettrici, e si procede poi alla valutazione degli inerti necessari per le nuove costruzioni, la manutenzione e la riqualificazione. A differenza di quanto avviene per l'edilizia privata, i dati di partenza, in questo caso, sono ovviamente costituiti dai costi di costruzione, anziché dalle volumetrie. Il metodo di valutazione comporta la preliminare definizione dei volumi costruiti, espressi in metri cubi vuoto per pieno (m^3 v/p), a partire dai costi di investimento per essi sostenuti. L'operazione è possibile attraverso l'elaborazione, anche in questo caso, di opportuni coefficienti di trasformazione che sono costituiti dai valori dei costi dell'unità di volume (m^3 v/p) delle opere. A partire da queste volumetrie si valutano infine i consumi di inerti tramite coefficienti di assorbimento, determinati, in modo analogo a quanto fatto per l'edilizia privata, con un'apposita indagine presso primarie imprese costruttrici. La Tabella 3-3 sintetizza l'incidenza degli inerti su alcune di queste opere. La Tabella 3-4 sintetizza l'importanza economica degli inerti (si consideri il fatto che senza la loro disponibilità l'opera non si potrebbe realizzare) attraverso l'incidenza di costo su alcune opere di ingegneria.

Tabella 3-3 Incidenza degli inerti nelle principali opere di ingegneria

Autostrada a 4 corsie (in condizioni pianeggianti)	62	m^3/m
Viadotto, con luci di 30 m ed elevazione di 10 m	30	m^3/m
Ferrovia a due binari (massicciata tipo)	2,6	m^3/m
Costruzioni in calcestruzzo (riferito alla cubatura)	1,2	m^3/m^3

Tabella 3-4 Incidenza del costo degli inerti nelle principali opere di ingegneria

Fabbricati civili	1,4 ÷ 4,6	%
Capannoni industriali	3,3 ÷ 5,5	%
Pile (cls 350)	8,1 ÷ 9,6	%
Impalcato (cls 450)	2,4 ÷ 2,8	%
Galleria stradale (sez. 80 m^3)	2,3	%
Rivestimento (cls 250)	32,3	%

La conoscenza dei consumi storici di inerti è fondamentale per effettuare una previsione attendibile dei fabbisogni futuri. Questi infatti, quanto meno nel medio periodo, non possono non rappresentare in qualche modo la continuazione della situazione economica attuale. Dunque un primo elemento da cui partire per la valutazione è il trend dei consumi recenti, cioè l'andamento medio in un periodo di tempo significativo, che rappresenta il livello di misura che "media" le fluttuazioni cicliche all'interno del periodo stesso. Questo andamento può essere calcolato mediante una regressione calibrata sul tipo di informazione disponibile, facendo riferimento ad un periodo su un intervallo di tempo il più ampio possibile e caratterizzato da condizioni normative e di mercato omogenee e quindi significative per il tempo a venire. L'Allegato A2 riporta l'analisi condotta sui principali materiali suddivisi per province, con l'indicazione della curva di previsione a 10 anni.

3.7.2 Modalità di predisposizione del piano strutturale di settore

Lo studio del fabbisogno di materia prima è necessario per l'avvio di una corretta pianificazione, che attraverso successivi percorsi logici porta infine alla localizzazione delle zone idonee per la collocazione delle attività estrattive. Si sintetizzano i criteri di definizione di tali zone attraverso una descrizione dei fattori che devono esser presi in considerazione per la conciliazione dei due aspetti fondamentali: la valorizzazione della risorsa mineraria (aspetto "economico") e la tutela dell'ambiente (aspetto "ecologico").

La qualità giacimentologica di un sito è definibile attraverso i seguenti fattori:

- l'adeguatezza della rete viaria e la distanza dall'area di distribuzione: riguarda sia la rete viaria secondaria, di servizio alla potenziale attività estrattiva, che quella primaria, la cui importanza è legata alla possibilità di trasporto allo stabilimento o all'area di distribuzione del materiale estratto dal giacimento; particolare rilievo assume anche la distanza di questi ultimi dal giacimento stesso;
- la struttura geologica: è un parametro che condiziona le modalità operative e l'economicità dello sfruttamento;
- i fattori naturali limitanti: hanno anch'essi dirette implicazioni sulla possibilità di intraprendere la coltivazione e sulle modalità per effettuarla. Possono essere rappresentati, per esempio nel caso di una cava di ghiaia e sabbia per aggregati, da un livello di torba o di materiale argilloso di potenza tale da non renderne economica, in quanto materiale sterile, o accettabile dal punto di vista ambientale, in quanto costituisce una protezione per le falde acquifere sottostanti, l'asportazione;
- la potenza del cappellaccio: rappresenta lo spessore del materiale di copertura che occorre asportare prima di intraprendere l'escavazione del giacimento; può essere costituito da terreno vegetale (come accade generalmente nelle coltivazioni di ghiaia e sabbia), ed in questo caso viene rimosso ed accantonato per essere riutilizzato in fase di risistemazione ambientale, o da materiale "sterile" (nel significato di "non utile ai fini della coltivazione") o alterato, da asportare per raggiungere il minerale utile (in questo caso la potenza dello strato non utilizzabile di materiale condiziona l'economicità della coltivazione);
- il livello piezometrico: è essenziale che le coltivazioni siano impostate in modo tale da assicurare la salvaguardia degli acquiferi, rispettando opportune distanze dalla massima escursione stagionale della falda; quest'ultima rappresenta quindi una limitazione dei quantitativi estraibili, in quanto influisce direttamente sulla geometria della cava. Questa protezione degli acquiferi assume grande rilevanza, in particolare, per quanto riguarda le cave di ghiaia e sabbia che, oltre a dover essere impostate mantenendo dalla falda una distanza opportuna, possono necessitare di accorgimenti che impediscano la percolazione di agenti inquinanti nell'area di cava. Pur non essendo la cava di per sé un agente inquinante, il fatto di aver portato la superficie del terreno più vicina alla superficie della falda acquifera ne aumenta infatti la vulnerabilità, rendendo indispensabile un rigoroso controllo degli inquinamenti, sia durante, sia, soprattutto, al termine della fase estrattiva.

- la composizione petrografica: a seconda dell'impiego cui sarà destinato il materiale estratto saranno richieste particolari caratteristiche litoapplicative, direttamente connesse con la natura petrografica del giacimento coltivato;
- la qualità del materiale: anche questo aspetto è strettamente connesso con l'utilizzo cui sarà destinato il materiale cavato;
- la percentuale del materiale di scarto: questo parametro può, tra gli altri, determinare l'economicità di una coltivazione; in un giacimento di ghiaia e sabbia potrebbe essere rappresentato ad esempio dalla frazione fine (limosa e argillosa), che "sporca il materiale" in quanto, oltre a non essere utilizzabile, determina un incremento dei costi di trattamento del tout venant;
- il volume totale di materiale utilizzabile: determina l'economicità di una coltivazione ed è direttamente correlato alla percentuale di materiale di scarto.

L'analisi degli elementi sopra sintetizzati permette di definire: il volume totale di materiale utilizzabile; le tecniche di scavo ed i macchinari da impiegare; il rendimento complessivo del sito.

Si deve evidenziare che si è soliti considerare:

- Il rendimento per le operazioni di cava, sempre inferiore ad uno, rappresentato dal rapporto tra il materiale utile ed il materiale presente nel giacimento; ottenibile come prodotto tra la resa (rapporto tra materiale utile e materiale scavato (tout venant)) ed il recupero (rapporto tra materiale scavato (tout venant) e materiale presente nel giacimento).
- L'efficienza per le operazioni di trattamento, rappresentata dal rapporto tra utile estratto ed utile presente nel tout venant.

La qualità ambientale di un sito è definibile attraverso fattori in grado di tener conto della necessità della sua tutela ambientale nel caso venga interessato dall'attività estrattiva; questa infatti, pur non rappresentando una causa diretta di inquinamento, se non correttamente progettata e condotta può indurre vie potenziali di inquinamento, oltre che una modificazione del paesaggio determinando (come ogni attività di tipo "industriale") degli impatti sull'ambiente. Si deve pertanto valutare l'opportunità dell'inserimento di un'attività estrattiva in un certo contesto ambientale, definendo il pregio o la qualità ambientale del sito.

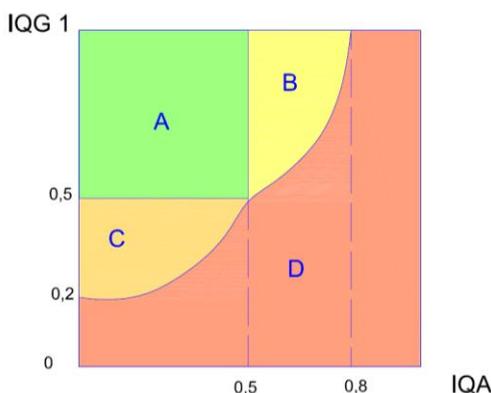
Gli elementi che in genere si prendono in considerazione sono:

- la vulnerabilità del sito all'inquinamento;
- la presenza di altre risorse naturali pregiate: nel caso di presenza di diverse risorse sfruttabili (quali acque minerali e termali, suoli particolari, riserve idriche, particolari allevamenti o colture, giacimenti minerali), se ne deve valutare l'opportunità e la priorità di valorizzazione;
- la presenza di risorse naturali pregiate da tutelare: la presenza di risorse naturali concorrenti, quali ambienti biologici tipici o rari, specie flora - faunistiche protette, aree di alto valore paesistico, parchi naturali, deve essere presa in considerazione al momento della localizzazione del sito di cava;
- la presenza di aree di interesse monumentale ed archeologico: rappresenta un ulteriore fattore limitante per l'apertura di attività estrattive.

L'analisi degli elementi sopra sintetizzati permette di definire la qualità ambientale in senso lato del territorio, la vulnerabilità in generale del sito e la normativa vincolistica e di tutela ambientale.

Le analisi derivanti dallo studio dei fattori ora descritti conducono alla definizione di due indici normalizzati che rendono conto delle "caratteristiche giacimentologiche" (IQG) e degli "aspetti ambientali" (IQA) relativi ad un dato sito, introducendo anche dei pesi per consentire di attribuire una differente importanza ai singoli indici in rapporto alla configurazione specifica del territorio ed ai criteri generali di pianificazione (Figura 3-3).

QUALITÀ GIACIMENTOLOGICHE IQG = a IM + b IR + c IL	QUALITÀ AMBIENTALI IQA = d IV + e IS + f IN
IM = indice di Volumetria IR = Indice di Rendimento IL = indice di Localizzazione a, b, c sono i "pesi"	IV = indice di Vulnerabilità IS = Indice delle risorse naturali Sfruttabili IN = Indice delle risorse naturali Non sfruttabili d, e, f sono i "pesi"



Classe A: Aree maggiormente favorevoli all'attività estrattiva

Classe B: Aree molto favorevoli all'attività estrattiva, ma con forti vincoli di tutela ambientale

Classe C: Aree poco favorevoli all'attività estrattiva, ma con scarsi vincoli di natura ambientale

Classe D: Aree sfavorevoli all'attività estrattiva

Figura 3-3 Valutazione della qualità ambientale dei siti minerari (Sala et al., 1994)

In ogni caso la pianificazione del settore estrattivo deve sempre cogliere il particolare carattere di temporaneità del fenomeno estrattivo, dettando una programmazione ed una disciplina di base che considerino tutto il periodo di durata delle coltivazioni di cava, con particolare attenzione per il momento di esaurimento del giacimento e quindi di destinazione finale dei siti interessati. In pratica, oltre all'individuazione delle aree di possibile sfruttamento, è necessario che i piani contengano una propria normativa tecnica di riferimento, in modo da fissare, già in fase pianificatoria, i parametri tecnico - ambientali e le indicazioni specifiche su cui si dovranno sviluppare i progetti delle singole attività. In relazione alla rete infrastrutturale regionale, si può affermare che in generale essa non pone limitazioni alle attività estrattive, risultando caratterizzata dalle tre autostrade A4, A28 e A23 che permet-

tono, unitamente alle strade a scorrimento veloce, il rapido trasporto alle zone di utilizzo finale delle materie prime lapidee.

3.8 Iter autorizzativo del progetto di coltivazione e recupero ambientale

L'attività estrattiva di cava, cioè dei materiali di seconda categoria definiti in base all'art. 2 del R.D. n. 1443 del 29 luglio 1927, è da questo regolata. La coltivazione di cava è assoggettata a regime autorizzativo e l'Amministrazione competente è chiamata ad assentire o meno l'intervento estrattivo ed a dettare le prescrizioni ritenute necessarie per l'ottimizzazione della coltivazione e per il recupero ambientale. Inoltre, a tutela dei valori ambientali e della stabilità del suolo, ulteriori specifiche autorizzazioni sono richieste per le cave site in zona soggetta a vincolo paesaggistico¹³ o idrogeologico¹⁴.

Negli anni poi, per una più estesa tutela delle componenti ambientali dei siti, per determinati interventi estrattivi è stata introdotta la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.), la cui gestione è stata delegata alle Regioni che hanno provveduto a promulgare leggi di attuazione apposite¹⁵.

Le competenze relative all'attività estrattiva di cava sono state trasferite dallo Stato alle Regioni e di conseguenza la Regione Friuli Venezia Giulia ha provveduto a disciplinare la materia con la L.R. 35 del 18/08/1986 "Disciplina delle attività estrattive". Nel tempo la Regione ha emanato varie leggi e provvedimenti amministrativi inerenti le cave; si elencano quelli attualmente in vigore:

- L.R. 18/08/1986, n. 35 - "Disciplina delle attività estrattive".
- L.R. 27/08/1992, n. 25 - "Norme transitorie in materia di autorizzazioni alle attività estrattive; modifiche, integrazioni ed interpretazione autentica della L.R.18/08/1986, n. 35, ed ulteriori disposizioni in materia di attività estrattive; norme concernenti le materie prime secondarie derivanti da processi di lavorazione di materiali di cava e per l'assunzione di personale con contratto di lavoro a termine per le esigenze della Direzione regionale dell'ambiente".
- L.R.28/06/1994, n. 10 -"Modifiche ed integrazioni alle LL.RR. 18/08/1986, n. 35 e 27/08/1992, n 25, recanti norme in materia di attività estrattive".
- L.R. 07/09/1994, n. 13 - "Modifiche alle LL.RR. 18/08/1986, n. 35, e 28/06/1994, n.10, in materia di attività estrattive".
- L.R. 20/05/1997, n. 21 - "Determinazione transitoria del fabbisogno estrattivo in materia di sabbie e ghiaie e modifiche al regime autorizzativo e sanzionatorio di cui alle LL.RR.

¹³ I vincoli di natura paesaggistico-ambientale, posti in forza dalle leggi n. 1497 del 29 giugno 1939 e n.431 del 8 agosto 1985, riguardavano determinate porzioni di territorio per le quali si era posto impedimento istituzionale ad iniziative di trasformazione del territorio. La disciplina è stata rivisitata dal D.Lgs. n. 490 del 29 ottobre 1999, che ha introdotto una concezione più ampia di tutela che non si esaurisce nella protezione dell'aspetto esteriore di singoli immobili o formazioni fisiche, ma riguarda le molteplici espressioni dell'ambiente nei suoi valori naturalistici e culturali.

¹⁴ Il vincolo idrogeologico, istituito dal R.D. n. 3267 del 30 dicembre 1923, ha lo scopo di evitare che i terreni, a seguito di utilizzazioni non consone, possano subire denudazioni, perdita di stabilità o turbamento del regime delle acque, con conseguente danno pubblico.

¹⁵ La procedura di V.I.A. è stata introdotta a livello europeo dalla Direttiva 85/377 CEE del 27 giugno 1985, aggiornata dalla Direttiva 97/ICE del 3 marzo 1997. A livello nazionale sono i DPCM 377 del 10 agosto 1988 e DPCM del 27 dicembre 1988 a regolamentare la materia. Per applicare completamente le direttive comunitarie, è stato emanato il DPR del 12 aprile 1996, che ha infine stabilito gli indirizzi ed il coordinamento per le procedure regionali delegate.

- 18/08/1986, n. 35, e 27/08/1992, n. 25, in materia di attività estrattive. Modifiche alle LL.RR. 14/06/1996, n. 22, e 2401/1997, n. 5, in materia di smaltimento di rifiuti solidi".
- L.R.18/08/2005, n.25. "Interventi in materia di edilizia, lavori pubblici, ambiente, pianificazione, protezione civile e caccia"
 - D.G.R. 3051 dd. 15/10/2006 L.R. 21/1997 – "Rideterminazione sulla base dell' indice ISTAT dell'ammontare dell'onere di coltivazione o ricerca in materia di attività estrattiva a favore dei comuni territorialmente interessati".
 - D.P.G.R. 12/02/2007, n. 027/Pres. LR 35/1986 art. 20, comma 3 – "Rideterminazione dei valori venali da assumere a base del calcolo delle sanzioni pecuniarie nei casi di estrazione e coltivazione effettuate senza autorizzazione regionale o in violazione delle prescrizioni stabilite dall'autorizzazione"
 - L.R. 21/07/2008, n.7 – "Disposizioni per l'adempimento degli obblighi della Regione Friuli Venezia Giulia derivanti dall'appartenenza dell'Italia alla Comunità europea. Attuazione delle direttive 2006/123/CE, 92/43/CEE, 79/409/CEE, 2006/54/CE e del regolamento(CE) n.1083/2006 (Legge comunitaria 2007)"
 - D.P.G.R. 29/09/1987, n. 0457/Pres. L.R. 18/08/1986, n. 35 – "Schema di convenzione-tipo tra Comune territorialmente interessato da un'attività estrattiva e ditta esercente la medesima".
 - P. G.S.G. Circolare n.3 – "Circolare esplicativa dell'articolo 12 bis della legge regionale 27/08/1992,n.25, e successive modifiche ed integrazioni, in rapporto alla L.R. 7/09/1987, n.30 e successive modifiche".
 - D.G.R. 25 settembre 1995, n.4685. "Adozione progetto di Piano regionale delle attività estrattive (P.R.A.E.) - Sezione argille per laterizi".
 - D.G.R. 28 agosto 2001, n.2779 – "Indirizzi operativi in materia di attività estrattiva".
 - Direzione Regionale dell'Ambiente, Comitato Tecnico Regionale. Sezione III – L.R. 19/08/1986. n.35, e successive modificazioni ed integrazioni. "Escavazioni che interessano la falda freatica". Parere del Comitato Tecnico Regionale, Sezione III, n.23/3/2000 del 12/10/2000.
 - D.Lgs. 30/05/2008 n. 117 – "Rifiuti prodotti nelle industrie estrattive" - "Attuazione della direttiva 2006/21/CE relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie e che modifica la direttiva 2004/35/CE".

L'autorizzazione all'attività di cava è decretata dalla Regione, in particolare dalla Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici, che attraverso il suo Servizio Geologico svolge anche funzioni di polizia mineraria.

Il Servizio Geologico della Regione verifica il rispetto di quanto riportato nelle norme del D.P.R. 9/04/1959, n. 128, "Norme di polizia delle miniere e cave", provvedendo a tutelare la sicurezza e la salute dei lavoratori, ad assicurare lo svolgimento regolare delle lavorazioni nel rispetto della sicurezza dei terzi e delle attività di preminente interesse generale, e a garantire il buon governo dei giacimenti minerari in quanto appartenenti al patrimonio dello Stato. L'attività di controllo del Servizio Geologico si esplica anche:

- nel controllo del corretto sviluppo del progetto di coltivazione con verifiche del materiale scavato e dei limiti di scavo raggiunti annualmente;

- nel controllo delle effettive misure di recupero ambientale messe in opera durante lo sviluppo progettuale.

Le disposizioni più importanti si riferiscono al rispetto delle proprietà e delle opere adiacenti alla coltivazione (vincoli di distanza), nonché alla sicurezza dei lavori (inclinazione dei fronti di abbattimento, altezza dei gradoni di abbattimento, impiego degli esplosivi).

Il D.Lgs. 81/2008 e, soprattutto, il D.Lgs. 624/96 "Attuazione della direttiva 92/91/CEE relativa alla sicurezza e salute dei lavoratori nelle industrie estrattive per trivellazione e della direttiva 92/104/CEE inerente alla sicurezza e alla salute dei lavoratori nelle industrie estrattive a cielo aperto o sotterranee" prevedono:

- l'introduzione esplicita dell'obbligo di valutazione dei rischi, che si traduce nell'obbligo della programmazione della prevenzione e dell'assunzione delle conseguenti misure organizzative.
- L'esplicitazione del diritto dei lavoratori ad informazione, formazione e addestramento, nonché alla consultazione e alla partecipazione.
- La nomina di un direttore responsabile della sicurezza dei lavori nel complesso delle attività estrattive e di un sorvegliante fisicamente sempre presente durante il lavoro per garantire l'applicazione delle norme di sicurezza in relazione alla programmazione della prevenzione.
- L'obbligo del datore di lavoro di predisporre annualmente, prima dell'inizio dei lavori di coltivazione, un apposito studio sulla stabilità dei versanti e dei fronti di scavo, definendo l'altezza e la pendenza dei fronti di coltivazione e dei terreni di copertura, nonché il metodo di coltivazione da utilizzare, prevedendo anche un aggiornamento annuale di questi studi in relazione alle condizioni variabili in cui si possono trovare le rocce da estrarre; questo studio deve anche indicare i criteri cui deve attenersi il direttore responsabile nella pianificazione delle attività estrattive in cava, quali: le larghezze dei gradoni e delle vie di carreggio, la stabilità degli accumuli di materiale cavato, la prevenzione di situazioni di instabilità in fase di scavo al piede dei fronti o dei cumuli.

I passaggi dell'istruttoria volta all'autorizzazione di un'attività estrattiva sono sintetizzati nei diagrammi a blocchi riportati nelle Figure 3-4 + 3-8. Si hanno due istruttorie diverse in base all'estensione della cava e al volume di materiale che si prevede di estrarre in un anno:

- se il progetto interessa un'area avente estensione superiore a 20 ettari o il volume estratto è maggiore di 500.000 m³/anno, si deve depositare uno studio di V.I.A. basato su un progetto preliminare;
- se il progetto rimane sotto queste soglie, si deve depositare uno studio, basato su un progetto preliminare, che permetta di valutare l'assoggettabilità¹⁶ o meno dell'intervento allo studio di V.I.A. sopra citato.

Il progetto preliminare che ha ottenuto il parere favorevole dello studio di V.I.A. o che, a seguito di verifica di assoggettabilità, è risultato non soggetto a tale studio, può essere sviluppato nella sua forma definitiva / esecutiva, avendo cura di recepire le eventuali prescri-

¹⁶ La verifica (screening) rappresenta un processo che identifica la possibile incidenza significativa su un sito della rete Natura 2000 di un progetto, singolarmente o congiuntamente ad altri progetti, e che porta all'effettuazione di una valutazione d'incidenza completa qualora l'incidenza risulti significativa.

zioni impartite, e trasmesso al Servizio Geologico per la valutazione finale di merito volta all'ottenimento dell'autorizzazione ad estrarre.

Nel caso l'area di progetto interessi in parte o per adiacenza un'area di pregio naturalistico compresa in un S.I.C. e/o in una Z.P.S., si deve predisporre uno studio che valuti l'incidenza dell'attività estrattiva sull'area; questo studio è ricompreso entro lo studio di V.I.A., qualora venga fatto. Alla fase di progettazione preliminare – definitiva, una volta ottenuto il parere favorevole della valutazione di incidenza o della V.I.A., segue quella esecutiva nella quale dovranno essere recepite le eventuali prescrizioni impartite dalla Pubblica Amministrazione. Il progetto esecutivo viene infine trasmesso al Servizio Geologico per la valutazione finale di merito volta all'ottenimento dell'autorizzazione ad estrarre il materiale litoide. Nel caso l'area di progetto interessi un'area di pregio paesaggistico, si deve anche predisporre una relazione paesaggistica ai sensi dell'art. 3 del D.C.P.M. 12/12/2005 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" approvato dall'Osservatorio Regionale per la qualità del Paesaggio nella seduta del 13.07.2006.

I rapporti fra le cave e la legge urbanistica. Trovare la coerenza tra l'attività estrattiva e la pianificazione urbanistica comunale, in conformità della quale vengono espresse le autorizzazioni ad estrarre i materiali litoidi, non risulta di semplice attuazione, poiché quest'ultima definisce gli usi del suolo a prescindere dalle potenzialità del sottosuolo. In generale si può affermare che vige il concetto di "non contrastanza", indicante che un'attività estrattiva può essere progettata ed autorizzata purchè non vi sia specifico divieto nel vigente Piano Regolatore Comunale, e nel regime transitorio di carenza del P.R.A.E..

Il P.U.R.G. definisce, agli artt. 33 e 37, le aree in cui si può svolgere l'attività estrattiva, individuandole come "Zona omogenea D4" corrispondente alle parti del territorio destinate ad insediamenti industriali ed artigianali D), e più specificamente agli insediamenti industriali per attività estrattive esistenti e di progetto (D4).

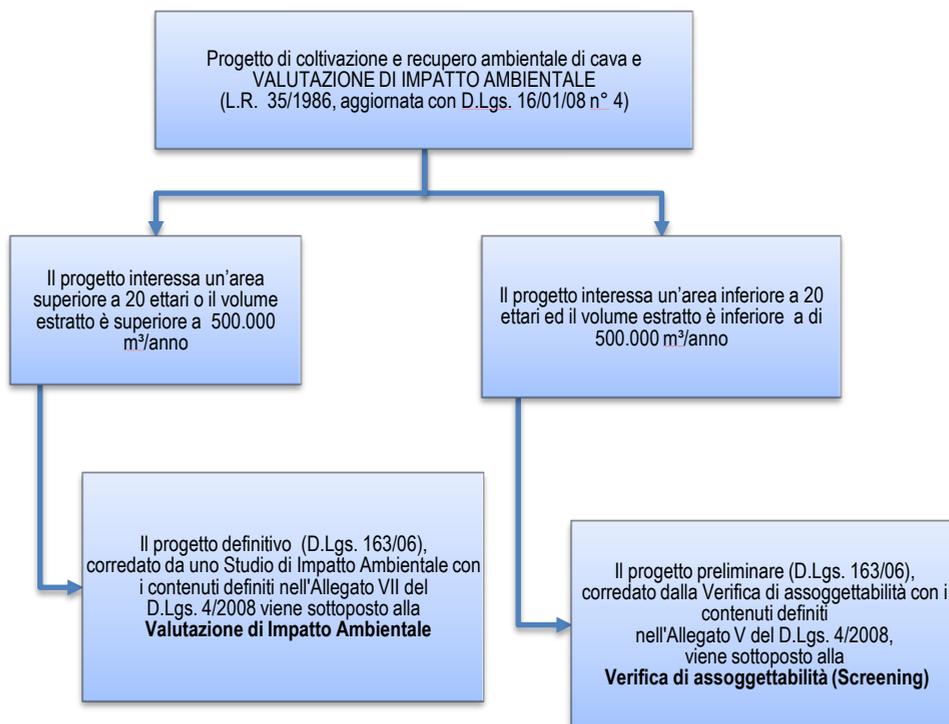


Figura 3-4 Verifica di assoggettabilità (Screening) e Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.)

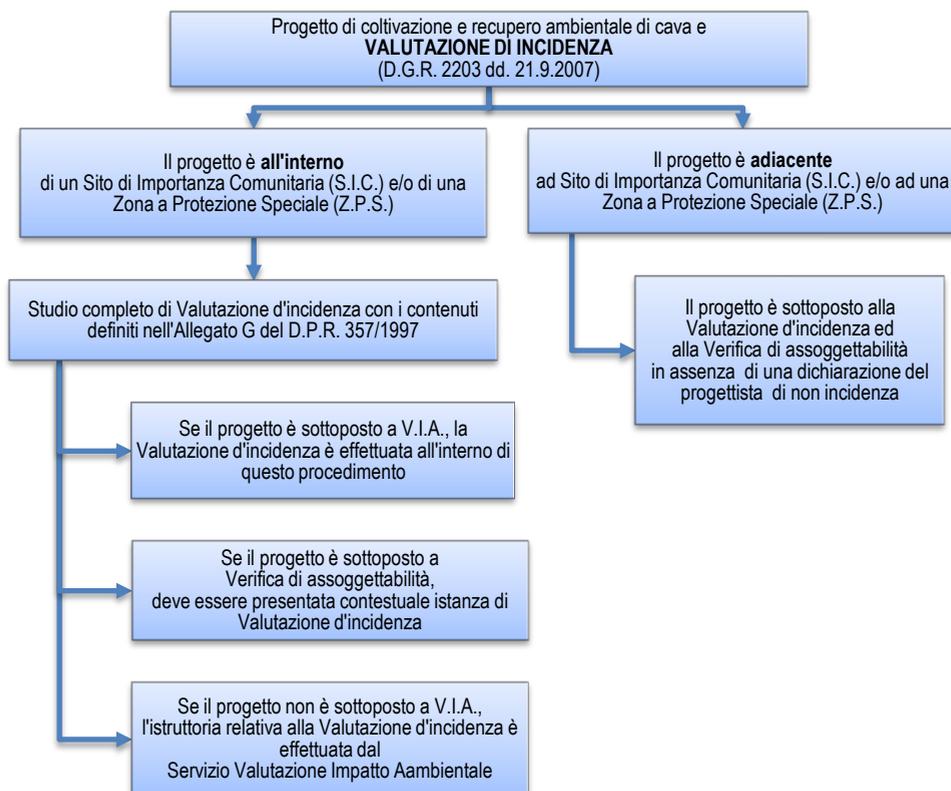


Figura 3-5 Valutazione di incidenza su Siti di Importanza Comunitaria (S.I.C.) e/o Zone a Protezione Speciale (Z.P.S.)

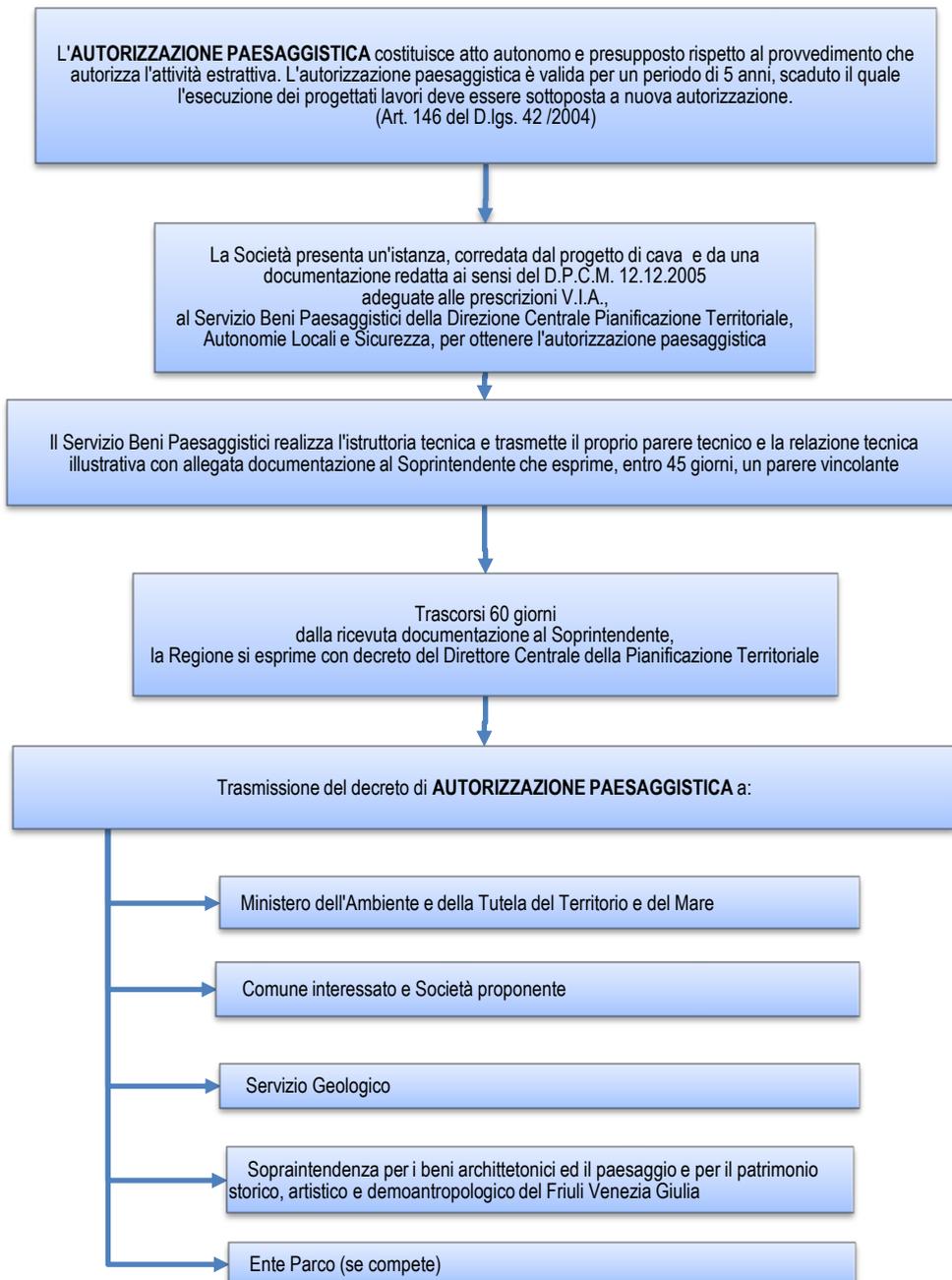


Figura 3-6 Autorizzazione paesaggistica

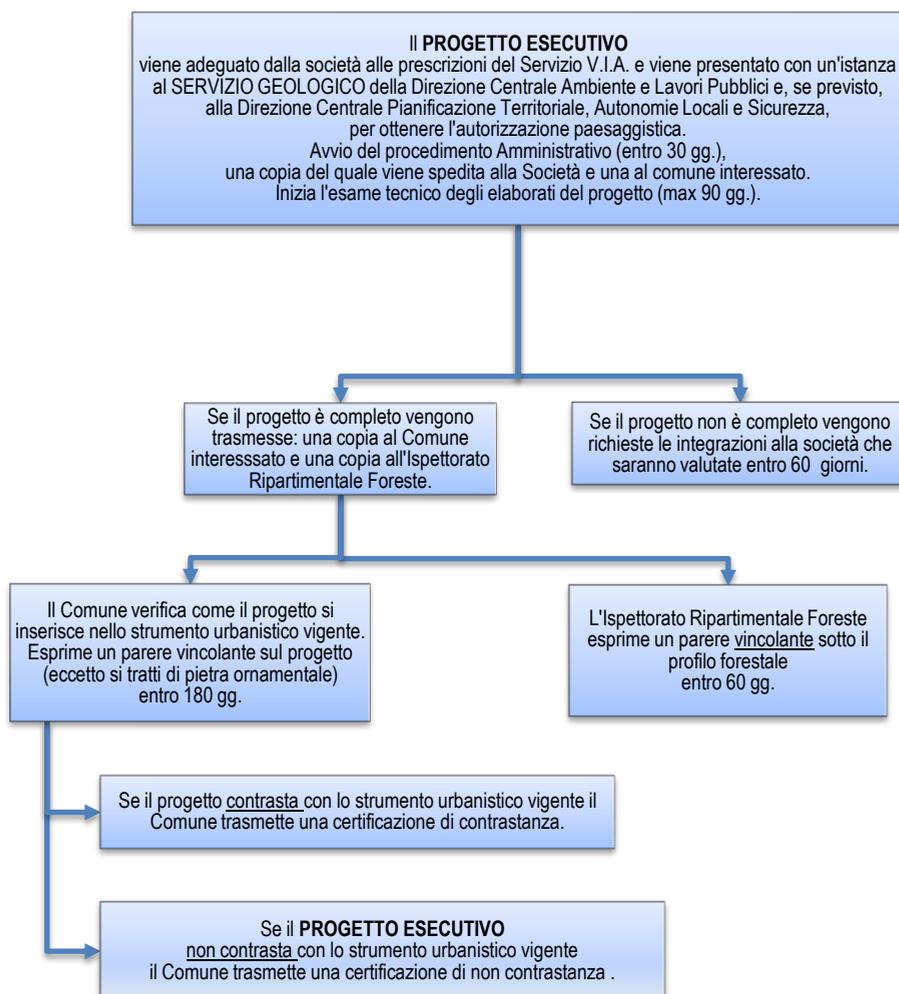


Figura 3-7 Iter autorizzativo della fase progettuale esecutiva (Fase 1)

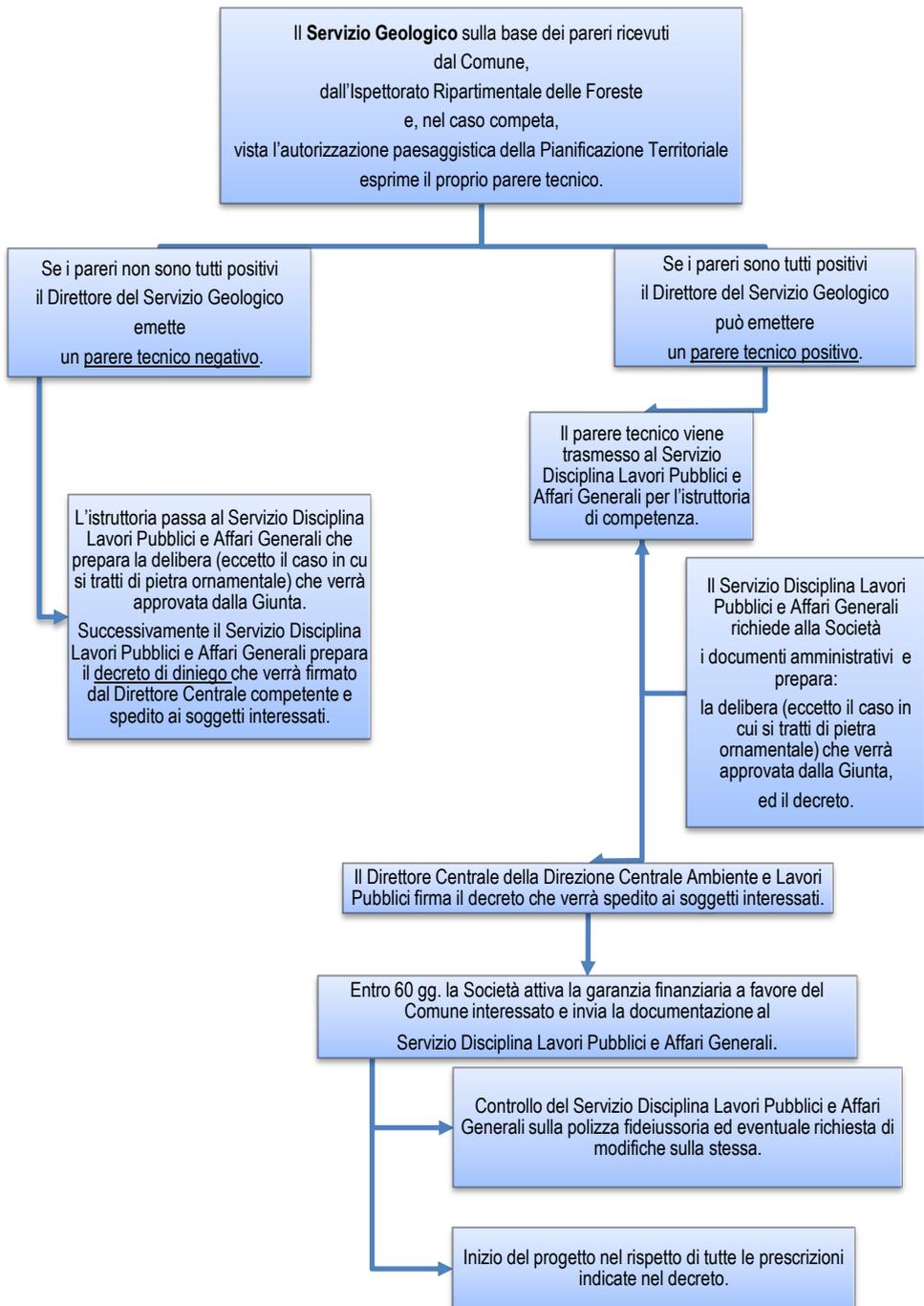


Figura 3-8 Iter autorizzativo della fase progettuale esecutiva (Fase 2)

3.9 La gestione dei rifiuti prodotti nelle industrie estrattive

La normativa di riferimento che tratta i residui delle attività di scavo nell'ambito di cave e miniere è il D.Lgs. 30/05/2008 n. 117 "Attuazione della direttiva europea 2006/21/CE relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive", che va a modificare la Direttiva Europea 2004/35/CE. Il decreto si applica alla gestione dei rifiuti di estrazione derivanti dalle attività di: prospezione o ricerca; estrazione; trattamento e ammasso delle risorse minerali; valorizzazione delle cave e delle miniere. In questi campi di applicazione rientrano quindi tutti i rifiuti inerti di estrazione che non subiscono alcuna trasformazione fisica, chimica o biologica significativa e di cui il produttore o il detentore si vogliono disfare. Si qualifica infatti "rifiuto di estrazione" qualsiasi materiale derivato dalle attività prima specificate, di cui il detentore si disfi o abbia l'obbligo di disfarsi.

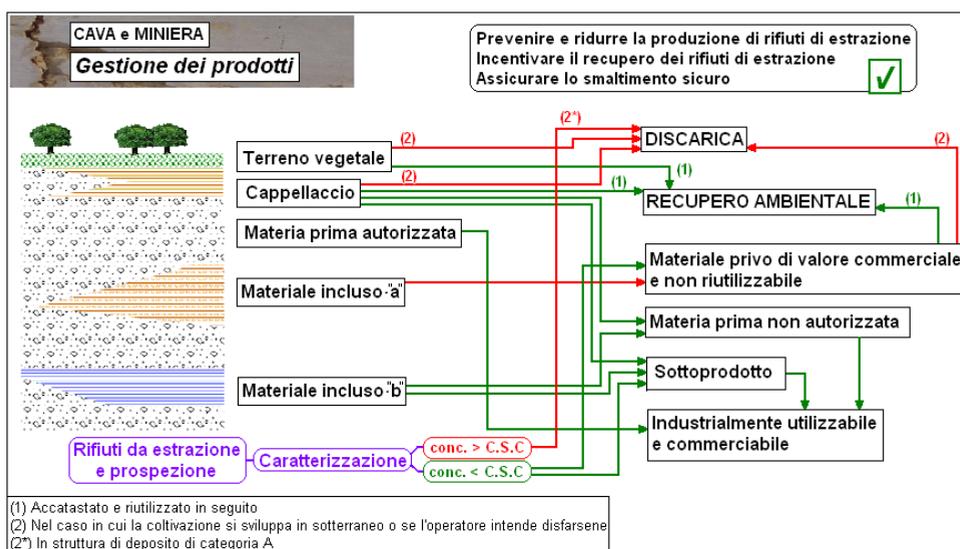


Figura 3-9 Individuazione e destinazione dei prodotti di cava e di miniera

3.9.1 Procedura di gestione

L'operatore pianifica l'attività di gestione dei rifiuti di estrazione all'atto della domanda per il rinnovo, o per una nuova concessione mineraria, o per l'autorizzazione alla coltivazione. Il cosiddetto Piano di Gestione deve essere parte integrante del progetto di coltivazione, redatto nelle varie fasi di lavorazione, dalla progettazione all'esercizio, alla chiusura e post-gestione nell'intera area individuata e perimetrata nell'atto autorizzativo. Esso è volto a:

1. prevenire o ridurre la produzione di rifiuti di estrazione e la loro pericolosità, in particolare:
 - a. tenendo conto della gestione dei rifiuti di estrazione nella fase di progettazione e nella scelta del metodo estrattivo e di trattamento dei minerali;
 - b. tenendo conto delle modifiche che i rifiuti di estrazione possono subire a seguito dell'aumento di superficie e dell'esposizione a particolari condizioni esterne;

- c. prevedendo la possibilità di ricollocare i rifiuti di estrazione nei vuoti prodotti dall'attività estrattiva dopo l'estrazione del minerale: l'operazione deve essere fattibile dal punto di vista tecnico ed economico e non presentare nessun rischio per l'ambiente; inoltre, se attuabile, deve avvenire conformemente alle norme ambientali vigenti e alle prescrizioni del presente decreto;
 - d. ripristinando il terreno di copertura dopo la chiusura della struttura di deposito dei rifiuti di estrazione o, se non fosse possibile sotto il profilo pratico, riutilizzando tale terreno altrove;
 - e. impiegando sostanze meno pericolose per il trattamento delle risorse minerali, soprattutto nei processi di lavorazione definiti "pesanti" dal punto di vista di impatto ambientale;
2. incentivare il recupero dei rifiuti di estrazione attraverso il riciclaggio, il riutilizzo o la bonifica dei rifiuti interessati, in modo da diminuire il quantitativo di materiali residui da inviare a discarica, sempreché queste operazioni non compromettano l'ambiente;
 3. assicurare lo smaltimento sicuro dei rifiuti di estrazione a breve e lungo termine, scegliendo un progetto che:
 - a. preveda, dopo la chiusura della struttura di deposito dei rifiuti di estrazione, la necessità minima e infine nulla del monitoraggio, del controllo e della gestione di detta struttura;
 - b. prevenga, o riduca quanto meno al minimo, eventuali effetti negativi a lungo termine, legati anzitutto alla fuoriuscita di contaminante trasportato dall'acqua e/o dall'aria che filtra attraverso la struttura di deposito;
 - c. garantisca la stabilità geotecnica a lungo termine di dighe, cumuli o versanti che sorgono sulla superficie preesistente del terreno.

Viste le importanti finalità che si attribuiscono al Piano di Gestione, in esso si devono ritrovare tutte le informazioni fondamentali inerenti l'attività estrattiva e volte alla salvaguardia dell'ambiente, ottimizzando la risorsa minerale e riducendo al minimo i rifiuti; esso contiene i seguenti elementi: la caratterizzazione dei rifiuti di estrazione; la descrizione dettagliata di tutte le operazioni che producono tali rifiuti e degli eventuali trattamenti cui sono sottoposti; la classificazione proposta per la struttura di deposito dei rifiuti di estrazione; la descrizione delle modalità in cui si possono presentare degli effetti negativi sull'ambiente e sulla salute umana a seguito del deposito dei rifiuti di estrazione, e delle misure preventive da adottare al fine di ridurre al minimo l'impatto ambientale (anche dopo la chiusura); le procedure di controllo e di monitoraggio; il piano proposto per la chiusura; le misure per prevenire il deterioramento dello stato dell'acqua, l'inquinamento dell'atmosfera e del suolo sottostante e circostante; la descrizione dell'area che ospiterà la struttura di deposito; l'indicazione delle modalità e dei criteri di gestione dei rifiuti di estrazione, al fine di ricercare l'ottimizzazione della risorsa minerale fin dalle fasi di progettazione e di scelta del metodo di estrazione e di trattamento dei minerali.

3.9.2 Caratterizzazione dei rifiuti di estrazione

I rifiuti di estrazione da inviare in una struttura di deposito devono essere caratterizzati, in modo da garantire la loro stabilità fisico-chimica a lungo termine nella costruzione di raccolta che li accoglie, e prevenire il verificarsi di incidenti rilevanti nel sito durante

l'operazione concernente la loro gestione, che diano luogo ad un pericolo grave, immediato o differito, per la salute umana o l'ambiente interno od esterno al sito. La caratterizzazione secondo la più recente normativa¹⁷ comprende i seguenti elementi:

- Informazioni generali: riesame e comprensione del contesto generale e degli obiettivi dell'operazione estrattiva; raccolta di informazioni generali su: attività di prospezione, estrazione o lavorazione; tipo e descrizione del metodo di estrazione e del processo applicativo; natura del prodotto previsto.
- Informazioni geologiche sul deposito minerario da valorizzare: individuazione delle unità di rifiuti esposti mediante processi di estrazione e lavorazione, che fornisca informazioni utili su: natura delle rocce circostanti, delle relative proprietà chimiche e mineralogiche, compresa l'alterazione idrotermale delle rocce mineralizzate e delle rocce sterili; natura del deposito, comprese le rocce mineralizzate o la mineralizzazione in rocce ospitanti; tipologia della mineralizzazione, proprietà chimiche e mineralogiche, comprese le seguenti proprietà fisiche: densità, porosità, distribuzione granulometrica, tenore d'acqua, minerali di rivestimento, minerali di ganga, minerali idrotermali; dimensione e geometria del deposito; erosione superficiale e alterazione supergenica dal punto di vista chimico e mineralogico.
- Natura dei rifiuti e trattamento previsto: descrizione della natura di tutti i rifiuti derivanti da qualsiasi operazione di prospezione, estrazione e lavorazione, compreso lo strato di copertura e la roccia sterile, e informazioni sui seguenti elementi: origine dei rifiuti nel sito di estrazione e processo che genera tali rifiuti (estrazione, macinazione, vagliatura, concentrazione); quantità dei rifiuti; descrizione del sistema di trasporto dei rifiuti; descrizione delle sostanze chimiche utilizzate durante il trattamento; classificazione dei rifiuti ai sensi della decisione della Commissione Europea 2000/532/CE; tipo di struttura di deposito dei rifiuti prevista, forma finale di esposizione dei rifiuti e metodo di deposito dei rifiuti nella struttura.
- Comportamento geotecnico dei rifiuti: identificazione dei parametri adeguati per la valutazione delle caratteristiche fisiche intrinseche dei rifiuti: granulometria; plasticità; grado di compattazione; resistenza al taglio; angolo d'attrito; permeabilità; indice dei vuoti; compressibilità e consolidazione.
- Comportamento geochimico dei rifiuti: indicazione delle caratteristiche chimiche e mineralogiche dei rifiuti e di eventuali loro additivi, o residui di questi, che rimangono nei rifiuti. Si effettua una previsione delle proprietà chimiche del drenaggio nel tempo per ciascun tipo di rifiuto, tenuto conto del trattamento previsto e, in particolare: valutazione della tendenza alla lisciviazione nel tempo dei metalli, degli ossianioni e degli altri Sali, mediante un test di lisciviazione con variazione del pH e/o prova di percolazione e/o prova di rilascio in funzione del tempo e/o altre prove adeguate; per i rifiuti contenenti solfuri, devono essere effettuate prove statiche e/o cinematiche al fine di determinare il drenaggio acido e la lisciviazione dei metalli nel tempo.

¹⁷ 2009/360/CE – “Requisiti tecnici per la caratterizzazione dei rifiuti delle industrie estrattive”

4. METODOLOGIE E TECNOLOGIE DI COLTIVAZIONE

La razionale e metodica valorizzazione dei giacimenti minerali è detta “coltivazione” e comporta l’asportazione programmata del materiale utile presente, avente consistenza lapidea incoerente o coesiva, per mezzo di metodi e tecniche opportuni. Tutte le operazioni di coltivazione avvengono in un luogo fisico detto “cava”, dove l’estrazione del materiale roccioso dal giacimento si effettua secondo un programma spazio-temporale amministrativamente e tecnicamente autorizzato ed economicamente giustificato, ed in modo tale da consentire un adeguato recupero del sito.

L’insieme dei criteri adottati per configurare una cava, decidendone l’evoluzione, il tipo di geometria, le modalità di scavo del giacimento ed il ciclo produttivo più idoneo, costituisce la metodologia di coltivazione.

Il complesso di macchine, impianti ed attrezzature mediante i quali vengono condotte le attività di cava costituisce le tecnologie di coltivazione.



Figura 4-1 Vista d’insieme di una cava (cava di gesso Entrampo, UD)

Schema tradizionale di coltivazione nel quale il recupero si sviluppa in modo contestuale allo scavo; si riconoscono: i gradoni in coltivazione (1) ed in recupero morfologico (2) recente (3) e consolidato (4); la strada di arroccamento (dal piazzale al fronte di cava) (5); la recinzione ed il fosso di guardia per lo scolo delle acque a monte del ciglio di cava (6); stabilimento, uffici, spogliatoi operai e magazzino.

4.1 Elementi caratteristici di una cava

Gli elementi caratteristici che permettono di definire una cava sono: la tipologia di cava, ovvero il rapporto esistente tra la cava e la topografia dell'ambiente circostante; il metodo di coltivazione, ovvero l'evoluzione dello schema della coltivazione nel tempo; le tecnologie e le tecniche di produzione, ovvero attrezzature o materiali e loro modalità di impiego; il tipo di roccia e di prodotto.

La cava comprende: i fronti di escavazione, i piazzali, le rampe, le macchine, l'eventuale scarica, le infrastrutture varie, fisse e mobili.

Il progetto e la gestione di una cava presuppongono la suddivisione del giacimento in elementi volumetrici di dimensioni via via più piccole, fino a giungere alle caratteristiche dimensionali del prodotto di vendita. Il ciclo di produzione si caratterizza in base alle attività elementari ed alle strutture ed impianti ad esso funzionali.

All'interno di una cava si riconoscono elementi architettonici/volumetrici ed elementi funzionali, cioè gli spazi nell'ambito dei quali si svolgono le attività produttive.

4.1.1 Elementi architettonici e volumetrici

I principali elementi sono:

- Copertura del giacimento, definita anche “cappellaccio” quando costituisce una parte scadente o alterata del giacimento, è costituita dalle formazioni che coprono il giacimento vero e proprio; si tratta di materiali in genere sterili che devono essere asportati, talora con metodi e tecniche diversi, prima della coltivazione. La copertura viene effettuata preliminarmente in unico lotto, oppure per lotti a precedere la coltivazione, e può costituire un onere importante e determinante per l'economicità della coltivazione a giorno.
- Giacimento, rappresenta la parte oggetto della coltivazione per la valorizzazione dei prodotti utili. Il giacimento può essere suddiviso in livelli secondo la verticale.
- Livello, porzione di giacimento delimitata da piani paralleli suborizzontali, rappresenta un'entità produttiva autonoma nell'ambito della cava ed è quindi servito da tutte le infrastrutture necessarie all'intero ciclo di produzione. Nelle cave i livelli sono di norma individuati dai piazzali sui quali avviene il caricamento dell'abbattuto. Il livello può essere suddiviso, con piani verticali o inclinati, in pannelli che costituiscono un'entità produttiva autonoma per la sola escavazione, mentre il trasporto viene effettuato tramite la medesima infrastruttura o impianto per tutti i pannelli del medesimo livello.
- Platea, è una fetta orizzontale o poco inclinata del pannello, caratterizzata da due dimensioni prevalenti rispetto all'altezza. Ciascuna platea è suddivisa in volumi tipici delle tecnologie e delle tecniche impiegate nella coltivazione.
- Volumi elementari, sono gli elementi propri della tecnologia e della tecnica di produzione e costituiscono l'elemento base della progettazione e dell'organizzazione della produzione.
- Bancata, nella coltivazione di rocce ornamentali indica il volume di roccia che, isolato al monte, viene rovesciato sul piazzale per l'ulteriore selezione ed il ritaglio. Il termine è sovente riferito a volumi di grosse dimensioni. I prodotti del ritaglio sono blocchi, informi e scarti.

- Volata, rappresenta il volume abbattuto mediante esplosivo in un brillamento: il prodotto è costituito da materiale granulare, pezzame e blocchi informi.

4.1.2 Elementi funzionali

I principali elementi sono:

- Gradino o gradone, rappresenta la dimensione dell'alzata e varia da qualche metro a dieci metri, raramente venti o anche più. L'alzata può essere verticale o variamente inclinata in funzione di esigenze di stabilità del fronte o tecnologiche. Nella coltivazione rappresenta l'elemento che definisce la dimensione verticale del volume elementare. Nella coltivazione di materiali sciolti o litoidi per la produzione di granulati, la pedata, ovvero la superficie superiore del gradone, è suborizzontale, mentre nelle rocce ornamentali e più in generale quando è necessario differenziare i cantieri sulla base di giaciture della formazione, può avere vario orientamento. L'ampiezza minima della pedata dipende dall'attività produttiva che viene svolta nella cava, dal coordinamento con le altre attività produttive e dalle caratteristiche di stabilità del fronte generale.
- Piazzale, di norma suborizzontale, è lo spazio nel quale avvengono le fasi di movimentazione e, talora, alcune lavorazioni terminali del ciclo di produzione. Le cave possono essere articolate su più piazzali, ma di norma uno di questi è fisso, e costituisce il piazzale principale, mentre gli altri, secondari, si spostano a seguire la coltivazione. Questi ultimi corrispondono generalmente ad un cantiere di coltivazione e rappresentano sovente lo spazio funzionale antistante i fronti di coltivazione.
- Piste e rampe da non confondersi con le strade di accesso alla cava, rappresentano le vie di collegamento interno, e sono distinte in base alla pendenza. Le piste, di minor pendenza e maggiore lunghezza, rappresentano una struttura semifissa della cava e sono di norma praticabili con automezzi anche gommati. Le rampe hanno una pendenza elevata, vengono modificate anche frequentemente e sono per lo più praticabili ai soli mezzi cingolati.
- Fronti, sono le zone della cava, spesso configurate come pareti regolari verticali o inclinate di altezza prestabilita, dalle quali proviene il materiale estratto. Di un fronte si definiscono: orientazione, lunghezza, altezza (alzata), sviluppo della pedata, numero di fronti attivi nel cantiere. Il concetto di fronte presuppone una dinamicità intrinseca da limitare solo alle superfici delle quali è previsto lo spostamento durante la coltivazione. La superficie finale della cava viene pertanto preferibilmente indicata come "scarpata finale", ad indicare condizioni di stabilità a lungo termine e quindi definitive. I fronti di cava vengono ulteriormente suddivisi in:
 - Fronte generale, rappresentante la superficie involuppo dell'intera cava o di importanti porzioni di essa; si utilizza nella valutazione della stabilità in grande / globale della cava o di porzioni di essa, ovvero nel recupero finale.
 - Fronte della coltivazione, rappresentante la superficie media che raccorda i fronti di ciascun cantiere della cava; la direzione di avanzamento di tale fronte indica la direzione di avanzamento della coltivazione.
 - Fronte di avanzamento, indica la superficie dello scavo; la sua progressione indica la direzione di avanzamento dell'attività o della coltivazione del volume elementare cui è attribuito.

4.2 Tipologie di cava

Le tipologie di cava possono essere individuate innanzitutto considerando l'ambiente di lavoro (coltivazioni a giorno ed in sotterraneo) e poi il tipo di materiale estratto (coerente, incoerente). Nelle cave a cielo aperto il materiale viene estratto dall'esterno, mentre nelle cave in galleria il materiale è estratto da zone sotterranee che vengono collegate all'esterno tramite pozzi e gallerie. L'ampia gamma e distribuzione delle sostanze minerali di interesse fa sì inoltre che le attività estrattive siano inserite praticamente in tutte le realtà topografiche e morfologiche del territorio regionale. Si può quindi definire il tipo di cava in base alla topografia circostante, facendo riferimento a tre ambiti essenziali: la montagna, la collina e la pianura. Le diverse tipologie di cave a giorno in cui vengono estratti materiali lapidei possono essere così schematicamente distinte sulla base dell'ubicazione topografica del cantiere.

Tabella 4-1 Tipologie di cava

CAVE A GIORNO	MATERIALI COERENTI (a comportamento fragile)	coltivazioni di monte	coltivazioni pedemontane (impostate al piede del versante)
			coltivazioni a mezza costa (sviluppate lungo il pendio)
			coltivazioni culminali (impostate sulla sommità)
	MATERIALI COERENTI E COESIVI (a comportamento fragile ed a comportamento plastico)	coltivazioni di collina	coltivazioni che procedono per riprofilatura, globale o locale, del rilievo o con arretramento del ciglio
		coltivazioni di pianura	coltivazioni in fossa (accesso diretto con piste o rampe)
	MATERIALI INCOERENTI	coltivazioni di collina	ribassi del rilievo
coltivazioni di pianura		sopra falda sotto falda	
CAVE IN SOTTERRANEO	MATERIALI COERENTI E MASSIVI	coltivazioni di monte con accesso a mezza costa	
		coltivazioni di piano (accesso con rampa)	

Tabella 4-2 Tipologie di cava per l'estrazione di materiali coerenti

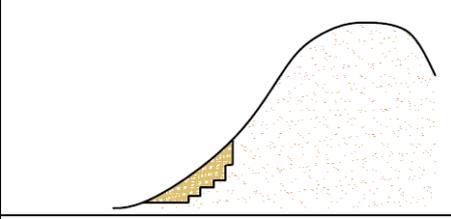
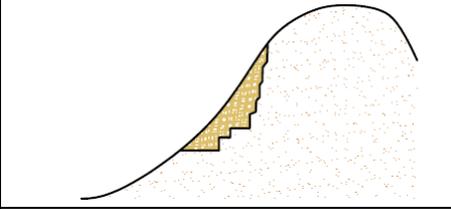
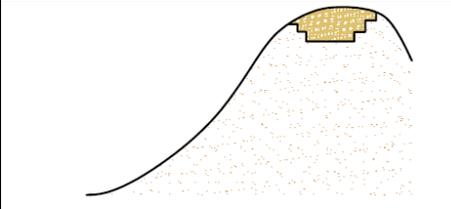
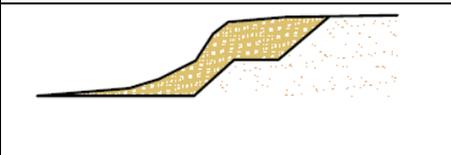
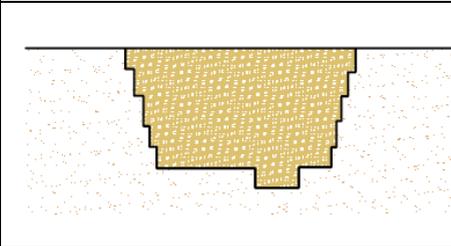
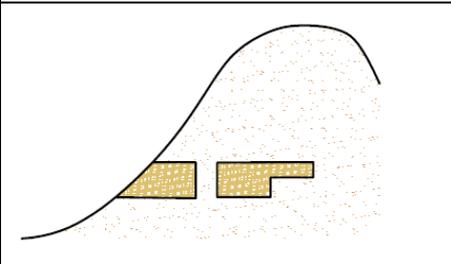
COLTIVAZIONI A CIELO APERTO	DI MONTE	Pedemontane: impostate al piede del rilievo	
		A mezza costa: sviluppate lungo il pendio	
		Sommitali o culminali: impostate sulla sommità	
	DI COLLINA	Coltivazioni che procedono con riprofilatura globale o locale del rilievo o con arretramento del ciglio di scarpata (anche con materiali a comportamento coesivo)	
	DI PIANURA	A fossa: accesso con piste o rampe A pozzo: accesso con mezzi di sollevamento meccanici	
COLTIVAZIONI IN SOTTERRANEO	A grandi camere		
	A camere e pilastri		
	A camere e diaframmi		

Tabella 4-3 Quadro sinottico delle operazioni di cava

ROCCE	CARATTERISTICHE MECCANICHE E FISICHE	PEZZATURA E FORMA DESIDERATE DELL'ABBATTUTO E PRODOTTO FINALE	ABITUALE CONFIGURAZIONE DELLA CAVA E DEI LUOGHI	POTENZIALITÀ GIORNALIERA DI UNA UNITÀ PRODUTTIVA MEDIA	SISTEMI DI ABBATTIMENTO	MEZZI DI SGOMBERO E TRASPORTO DELL'ABBATTUTO
MARMI E ALTRE PIETRE DA RIVESTIMENTO E DECORAZIONE	Carico di rottura a compressione: 80 ÷ 150 MPa. Peso di volume: 26 ÷ 27 kN/m ³ . Isotrope. Abrasività: da scarsa a media.	Blocchi regolari per segagione; blocchetti per costruzione.	Cave a mezza costa, per lo più di piccole dimensioni; talora cave a fossa; raramente cave sotterranee.	Alcuni metri cubi.	Taglio con perforatrici; esplosivi; filo diamantato; tagliatrice a catena	Gru, autocarri, dozer e pale meccaniche
CALCARI E DOLOMIE, PER CALCI E CEMENTI, PER PIETRISCO	Carico di rottura a compressione: 80 ÷ 150 MPa. Peso di volume: 26 ÷ 27 kN/m ³ . Isotrope. Abrasività: media o bassa.	Abbattuto in pezzatura decimetrica, per produzione di pietrisco.	Grandi cave a mezza costa, con fronte unico o a gradini; talora cave a fossa; raramente cave sotterranee.	1000 t.	Esplosivi / ripper.	Pale meccaniche e dumper (dozer per operazioni ausiliarie, event. anche trasportatori continui).
MARNE PER CEMENTI E CALCI IDRAULICHE	Carico di rottura a compressione: 30 ÷ 60 MPa. Peso di volume: 23 ÷ 26 kN/m ³ . Isotrope, porose. Abrasività: scarsa.	Abbattuto in pezzatura decimetrica, per produzione di pietrisco.	Cave a mezza costa o a fossa, sovente con fronte ad unico gradino; scopertura spesso percentualmente importante.	1000 t.	Esplosivi / ripper.	Pale meccaniche e dumper (dozer per operazioni ausiliarie, event. anche trasportatori continui).
PIETRA DA GESSO	Carico di rottura a compressione: 20 ÷ 40 MPa. Peso di volume: 23 ÷ 24 kN/m ³ . Isotropa. Non abrasiva.	Abbattuto in pezzatura decimetrica.	Cave a mezza costa.	Da 100 a 1000 t.	Esplosivi.	Pale meccaniche e dumper.
SABBIE PER EDILIZIA E SPECIALI, GHIAIE	Densità relativa apparente: circa 20 kN/m ³ . Abrasività: media.	Dipende dalla granulometria naturale.	Cave a fossa o a mezza costa, scopertura spesso percentualmente importante.	Da 100 a 1000 t.	Escavatori, draghe, dozer per lo sbancamento.	Dumper, trasportatori continui.
ARGILLE (CERAMICHE, LATERIZI, REFRATTARI)	Densità relativa apparente: circa 20 kN/m ³ . Abrasività: scarsa.	Zolle in pezzatura decimetrica.	Cave a fossa e a mezza costa.	Da 100 a 1000 t.	Escavatori, dozer per lo sbancamento	Dumper, trasportatori continui

4.2.1 Cave a giorno

Le coltivazioni a cielo aperto, cave a giorno, sono quelle che permettono la valorizzazione di giacimenti affioranti o con limitato "cappellaccio". Sono tipicamente, ma non esclusivamente, adottate per la maggior parte dei materiali litoidi e per altri minerali che rientrano comunque nel regime di cava, vista la disponibilità di attrezzature di scavo che consentono l'asportazione, in condizioni economicamente remunerative, di potenti coltri di terreno di eventuale ricoprimento. La convenienza economica della coltivazione a giorno è legata al "coefficiente di ricoprimento" del giacimento, rappresentato dal rapporto tra il volume di sterile da rimuovere per rendere possibile la coltivazione ed il volume del minerale utile. Per giacimenti stratificati molto estesi e prossimi all'orizzontale, detto rapporto è approssimabile evidentemente a quello tra lo spessore medio dei terreni di copertura e la potenza media dello strato utile.

4.2.1.1 Materiali lapidei e coesivi

La coltivazione di materiali lapidei e coesivi riguarda generalmente giacimenti di materiali industriali quali marmorino e gesso, calcare e marna da cemento, calcare per pietrisco e aggregati, e pietre ornamentali, che possono venire estratti in coltivazioni di monte, di collina.

4.2.1.1.1 *Cave di monte*

Queste cave sono inserite in un contesto montuoso e sono generalmente caratterizzate da un'elevata visibilità dal territorio circostante, sia a causa della morfologia dello scavo che necessariamente deve risultare in parte scoperto, sia a causa della posizione in genere visivamente dominante rispetto ai possibili punti di osservazione. Un'altra peculiarità di questa tipologia di coltivazione è la necessità di piste di accesso ai cantieri e strade di servizio talvolta impegnative ed impattanti.

In base all'inserimento nell'ambito montuoso si distinguono la zona pedemontana, la zona mediana e quella culminale. Le cave saranno dette di conseguenza: pedemontane, a mezza costa e culminali.

Le cave pedemontane sono quelle collocate alla base dei rilievi; la quota più bassa dei lavori, spesso il piazzale principale, è al livello della pianura antistante il rilievo. Le piste di accesso alla cava sono pertanto collocate in pianura, mentre le piste di servizio ai fronti sono collocate sul pendio. I fronti si sviluppano a quote superiori a quelle della pianura e la loro visibilità dipende dalla loro altezza e dagli elementi mascheranti presenti (vegetazione, filari di alberi, rilievi minori). L'impatto paesaggistico può essere, nel caso di piccole cave, contenuto o inesistente, ma cresce rapidamente con il progredire della coltivazione, se questa avanza verso il pendio, in funzione della pendenza dello stesso. La collocazione pedemontana può essere abbastanza delicata sia ai fini della stabilità del versante, sia per la possibile presenza di acquiferi.



Figura 4-2 Vista 3D della cava di aggregati Monte Sei Busi (GO) ottenuta mediante rilievo laser scanner da elicottero

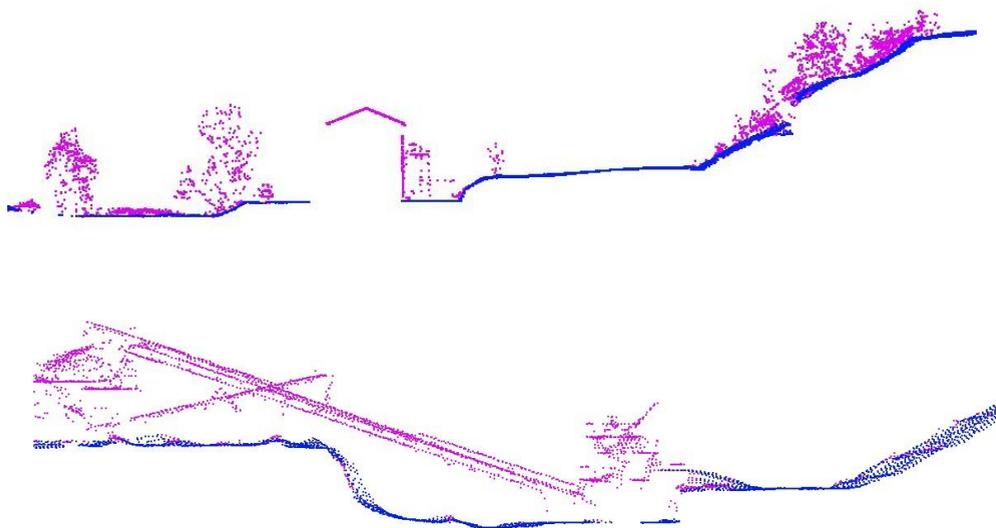


Figura 4-3 Sezioni trasversali cava di aggregati Monte Sei Busi (GO) ottenute dal rilievo laser scanner da elicottero

Le cave a mezza costa, aperte sul fianco di un pendio nella sua zona mediana, risultano situate a quote superiori a quelle dell'eventuale pianura antistante. I fronti si sviluppano su quote superiori almeno a quella di uno dei lati della cava, dominando in tal modo sia il piazzale di cava che il territorio circostante. La collocazione a mezza costa spesso condiziona la scelta del metodo di coltivazione in funzione della pendenza del versante. La visibilità della cava, e quindi l'impatto paesaggistico, risultano in genere assai elevati; tuttavia occorre sempre eseguire valutazioni specifiche sul sito, giacché la collocazione in versanti caratterizzati da una pendenza decrescente, man mano che si sale in quota, può rendere la cava praticamente invisibile da punti di osservazione collocati nella pianura antistante. In tale senso l'analisi dell'impatto paesaggistico della cava, effettuata ad esempio mediante un diagramma polare di impatto, permette di evidenziarne facilmente la visibilità reale scegliendo opportunamente l'angolo di visione sul piano verticale. L'impatto paesaggistico risulta altresì moltiplicato dalla presenza di piste di accesso sul versante e dalla collocazione di eventuali discariche di materiale di copertura o di scarti di lavorazione. La scelta del metodo di coltivazione può essere fortemente condizionata dalla collocazione a mezza costa nel caso di pendenze piuttosto elevate, orientandosi verso metodi con prevalente sviluppo verticale delle lavorazioni. Le piste di accesso alla cava, nonché quelle di servizio, sono di norma importanti ed onerose.



Figura 4-4 Cava a mezza costa (Cava Pramodio, UD)

Le cave culminali interessano la zona sommitale dei rilievi e sono quelle meno frequenti, in quanto caratterizzate da un elevato impatto paesaggistico non solo per la visibilità della cava, ma anche perché possono determinare profonde alterazioni della sky-line.

L'adozione di metodi di coltivazione a splatemento, se da un lato non compensa la modificazione della sky-line, dall'altro permette di minimizzare e di mantenere costante il livello di visibilità della cava durante la coltivazione. La mitigazione visiva dell'attività di cava risulta particolarmente difficile, a differenza di quanto avviene nelle altre tipologie di cava; sono infatti di dubbia efficacia anche i normali schermi (costituiti da speroni di roccia o da cortine di filari di piante) che altrove possono contribuire ad un efficace mascheramento dello scavo. Il recupero di questo tipo di cava impone un totale rimodellamento in funzione del reinserimento dell'area di cava a seguire la morfologia della linea dell'orizzonte.

4.2.1.1.2 *Cave di collina*

Le coltivazioni di collina possono rispecchiare un po' quelle di monte, interessando però rilievi meno elevati; la tipologia peculiare è quella che si sviluppa grazie all'arretramento del pendio, con una configurazione a fronte unico o con più gradoni, ed è applicabile ai casi di giacimenti suborizzontali o subparalleli all'assetto topografico locale (sono tipiche le coltivazioni di materiali argillosi). L'impatto visivo di questo tipo di scavi è ridotto, soprattutto al termine della coltivazione, quando il naturale profilo risulta semplicemente arretrato, ma non morfologicamente modificato. I materiali coltivati in queste cave sono spesso coesivi a comportamento plastico (argille, marne).

4.2.1.2 Materiali incoerenti

La coltivazione di materiali incoerenti riguarda generalmente depositi di ghiaie e sabbie alluvionali che possono venire estratti in coltivazioni di pianura o di colle.

4.2.1.2.1 *Cave di pianura*

Le cave di pianura risultano inserite in un ambito morfologico pianeggiante assai esteso rispetto alle loro dimensioni. Tutti i lati della cava sono situati ad una quota superiore a quella dei lavori, che risultano pertanto poco o per nulla visibili dal territorio circostante. L'impatto paesaggistico si presenta soltanto nel caso di punti di visione elevati rispetto alla cava stessa (ad esempio i rilievi emergenti nella pianura che spesso rappresentano punti privilegiati di godimento del paesaggio); l'adozione di particolari accorgimenti, come l'impiego di quinte di mascheramento (rilevati e quinte arboree) e l'appropriata scelta della direzione di avanzamento dei fronti di coltivazione, può consentire il superamento del problema.

Dal punto di vista dell'impatto ambientale il problema più importante è in genere costituito dalla possibilità di interazione con gli acquiferi; in questo tipo di coltivazione è quindi importante evitare:

- il formarsi di zone paludose a causa del raccogliersi di acque di ruscellamento, in quanto l'eduzione delle acque dal fondo dello scavo, possibile seppur onerosa durante la coltivazione, diviene impensabile una volta recuperata e restituita l'area ad un successivo utilizzo dopo il termine dell'attività estrattiva;
- le interferenze con la falda che possano comportare modificazioni del regime delle acque sotterranee e della loro vulnerabilità in termini di rischio potenziale di inquinamento.

L'escavazione in cave di pianura di materiali misti granulari comporta un abbassamento artificiale del piano campagna, che può essere condotto fino ad una profondità tale da non

interessare la falda acquifera più superficiale (cave sopra falda), oppure tale da portare alla luce la falda stessa (cave sotto falda).

Nel primo caso vengono realizzate coltivazioni che generalmente comportano un modesto impatto ambientale; tuttavia, quando le profondità raggiunte dalle fosse sono considerevoli, si pone il problema, alla fine dei lavori minerari, del riuso dei vuoti realizzati, ancorché asciutti.



Figura 4-5 Coltivazione in fossa di una cava di pianura (Cava Impresa Avianese, PN)

Quando la cava viene approfondita fino a raggiungere la falda freatica (cava sotto falda) al suo interno si crea un lago il cui livello di pelo libero si raccorda con la quota di falda dei terreni circostanti; nella quasi totalità dei casi le cave intaccano falde dotate di un moto proprio e conseguentemente di un gradiente idraulico naturale che causa, a seguito della formazione del lago di cava, un abbassamento della falda sul lato di monte ed un innalzamento sul lato di valle. Nel caso in cui la falda abbia spessore e trasmissività uniformi e la forma del lago sia simmetrica rispetto ad un asse parallelo alle linee isopiezometriche, tali variazioni di livello hanno all'incirca la stessa entità. Le cave sotto falda sono caratterizzate dall'inevitabile modificazione definitiva dell'assetto dei luoghi in cui sono state realizzate e dal fatto che lo scavo comporterà la formazione di un lago piuttosto profondo, la cui presenza deve essere presa in considerazione nelle ipotesi urbanistiche di risistemazione e riuso del sito, al termine dei lavori di coltivazione.

In Friuli Venezia Giulia, al fine di salvaguardare le acque delle falde sotterranee utilizzate anche a fini potabili, le attività di escavazione che possono comportare un punto di vulne-

rabilità in termini di rischio potenziale del loro inquinamento devono attenersi a specifiche modalità e prescrizioni operative; queste vietano l'apertura di nuove cave in falda e disciplinano l'ampliamento delle esistenti e di quelle sopra falda.

Cave sotto falda. Gli ampliamenti di cave esistenti sono autorizzabili solo una volta e purché siano rispettate tutte le seguenti condizioni da prevedere nel progetto di coltivazione:

- i. individuare, sulla base di dati e stratigrafie, l'orizzonte che separa la falda freatica superficiale, oggetto di scavo, dalla prima falda artesianica sottostante; accertare la sua effettiva continuità areale e l'indipendenza delle due falde;
- ii. prevedere un recupero ambientale migliorativo rispetto alla situazione presente, con particolare riferimento agli aspetti legati alla sicurezza dei luoghi ed al recupero ambientale ai fini paesaggistici; in tal senso si dovranno prevedere:
 - i. una fascia pianeggiante larga almeno 10 metri lungo le sponde del lago di cava;
 - ii. la realizzazione di un gradone sommerso, con pedata minima di almeno 2 metri, posto ad un metro sotto il minimo livello freatico registrato nell'ultimo decennio;
 - iii. un angolo della scarpata nel tratto compreso tra la fascia pianeggiante e il gradone sommerso minore o uguale a 10° ;
 - iv. un angolo della scarpata sommersa, al di sotto della quota minima di escursione della falda, minore o uguale a 25° .
- iii. Prevedere il controllo dello stato dell'acquifero attraverso l'esecuzione di almeno 3 sondaggi geognostici, necessari per la successiva posa di 3 piezometri, dei quali uno sarà ubicato all'interno dell'area autorizzata e altri 2 nelle zone immediatamente a monte ed a valle rispetto all'andamento delle isopieze regionali.
- iv. Non prevedere ulteriori abbassamenti del fondo cava.

A supporto degli stati di avanzamento annuali ed in analogia a quanto previsto per le cave non in falda, deve essere eseguito un accurato rilevamento morfobatimetrico del fondo cava, al fine di controllare l'effettiva profondità di escavazione e di verificare che essa non vada ad intaccare l'orizzonte impermeabile continuo che deve separare la falda freatica superficiale, oggetto di scavo, dalla prima falda artesianica sottostante.

Sull'acquifero vanno effettuati controlli di carattere: qualitativo, con analisi chimiche a cadenza semestrale effettuate in laboratori accreditati; quantitativo, con la misurazione almeno settimanale del livello freatico.

Cave sopra falda. L'ampliamento di cave esistenti e l'apertura di nuove non in falda, ma che potenzialmente possono interessare la superficie freatica in quanto ubicate in prossimità di essa, della linea delle risorgive, o entro terreni ad alta permeabilità, richiedono l'esecuzione di almeno 3 sondaggi geognostici, entro cui posare 3 piezometri, uno dei quali sarà ubicato all'interno dell'area autorizzata e gli altri 2 nelle zone immediatamente a monte ed a valle rispetto all'andamento delle isopieze regionali. Dovrà inoltre essere mantenuta una distanza minima (franco) di 2 metri tra la massima profondità di scavo (fondo cava) ed il massimo storico di impinguamento della falda (escursione della falda). Il recupero ambientale della cava deve prevedere un tempo minimo di infiltrazione verticale di 55 ore, come indicato nella Tabella 4-4. La riduzione della permeabilità del fondo cava potrà

essere ottenuta collocandovi materiale alluvionale mescolato con una frazione argillosa, in modo da raggiungere il tempo di infiltrazione sopra indicato.

Tabella 4-4 Escavazioni che interessano direttamente o indirettamente la falda freatica: tempo di filtrazione minimo richiesto nei depositi alluvionali per gradiente idraulico unitario

LITOTIPO	PERMEABILITÀ	VELOCITÀ DI FILTRAZIONE STIMATA		TEMPO DI FILTRAZIONE STIMATO	
		k = m/s	m / ora	m / giorno	"Franco" di 2 metri e tempo minimo di filtrazione richiesto ore
Ghiaia	$10^0 \div 10^{-2}$	36,000000	864,000000	0	0
Ghiaia e sabbia in diverse proporzioni	10^{-3}	3,600000	86,400000	0	0
	10^{-4}	0,360000	8,640000	5	0
Sabbia molto fine	10^{-5}	0,036000	0,864000	55	3
Sabbia e limo	10^{-6}	0,003600	0,086400	555	28
	10^{-7}	0,000360	0,008640	5.555	278
Silt	10^{-8}	0,000036	0,000864	55.555	2.778
	10^{-9}				27.778
Argilla	10^{-10}				277.778
	10^{-11}				

 campo di validità

Le cave di pianura vengono ulteriormente distinte in cave in fossa e cave in pozzo. Le cave in fossa presentano piste o rampe che collegano il piazzale o i piazzali di cava inferiori con il livello della pianura; queste piste sono ottenute per modellamento diretto in fase di coltivazione delle formazioni rocciose, oppure mediante riporti di materiali di risulta. In questo tipo di cave la coltivazione avviene ovviamente all'asciutto e quindi, nel caso di lavorazioni al di sotto della falda, occorre ricorrere all'eduzione delle acque di falda oltre che di quelle meteoriche.

Le cave in pozzo presentano i limiti della cava costituiti da pareti subverticali ed i piazzali inferiori sono accessibili per lo più mediante mezzi verticali di sollevamento; si hanno quindi piste o rampe di accesso ai fronti secondarie ed i prodotti sono estratti dalla cava mediante impianti di estrazione verticale o attrezzature speciali. Nel caso di coltivazioni in falda non depressa, tipica estrazione degli inerti da formazioni sciolte, quella a pozzo costituisce la configurazione tipica durante la produzione. Le sponde devono essere modellate in modo tale da rendere i luoghi circostanti lo scavo non pericolosi e riutilizzabili una volta terminata la coltivazione. Si osserva infine come le coltivazioni culminanti e in alcuni casi quelle a mezza costa possano evolvere in coltivazioni a fossa o a pozzo, in funzione di particolari esigenze di tutela ambientale.



Figura 4-6 Coltivazione di una cava sotto falda mediante benna mordente su natante (Cava Clapadarie, UD)



Figura 4-7 Controllo del livello di falda mediante piezometro (Cava Foss Omblar, GO)

4.2.1.2.2 *Cave di collina*

Le cave di collina (una tipologia meno comune per questi litotipi rispetto alla tipologia di pianura) interessano spesso depositi morenici non troppo limosi e detriti alluvionali sabbiosi o sabbioso - ghiaiosi appartenenti a terrazzi di erosione fluviale. Le coltivazioni consistono in questo caso nell'arretramento del ciglio del terrazzo, implicando dunque ridotti impatti visivi ed ambientali, grazie anche alla possibilità di efficaci recuperi ambientali.

4.2.1.3 Escavazione in alveo

Un'importante produzione di inerti da costruzione deriva da escavazione in alveo o in ambiti golenali. Nella vigente legislazione, l'attività estrattiva in alveo non è giustamente considerata quale cava, giacché lo scopo di tali escavazioni non è la produzione di materie prime, bensì la regimazione idraulica ed il buon governo dei corsi d'acqua.

4.2.2 **Cave in sotterraneo**

Il materiale utile estraibile con una coltivazione a giorno è in genere molto inferiore rispetto a quello teoricamente disponibile, anche tenendo conto dei limiti amministrativi legati alla disponibilità dei terreni; in talune situazioni può essere pertanto conveniente passare ad una coltivazione in sotterraneo. Il giacimento può infatti presentarsi con una geometria che comporta la necessità di abbattere quantità di sterile via via crescenti con l'approfondirsi della coltivazione, o con eterogeneità tale da obbligare ad una coltivazione di tipo selettivo. Il giacimento di marmorino¹⁸ situato alla base del massiccio del Cansiglio, ed affiorante nel comune di Caneva (PN) ha un andamento a reggipoggio, con coperture di calcare di minore importanza mineraria man mano crescenti (Figura 4-9).

La necessità di lasciare in posto sponde stabili di adeguata pendenza impone nelle coltivazioni a giorno (nel caso della Figura 4-10 una cava a fossa) di asportare quantità di materiale sterile via via crescenti all'approfondirsi della coltivazione, con incremento sostanziale dei costi a parità di materiale utile estratto.

La Figura 4-11 riporta una foto della coltivazione del marmorino di Caneva effettuata in passato, quando l'indisponibilità di macchine di scavo in grado di eseguire ampi sbancamenti all'aperto, e la scarsa richiesta del mercato per il calcare di copertura, consigliavano di eseguire una coltivazione di tipo selettivo in sotterraneo per gallerie su più livelli.

¹⁸ Calcare estremamente puro (99,6% di carbonato di calcio), pressoché privo di metalli pesanti e di silice, con elevata bianchezza.

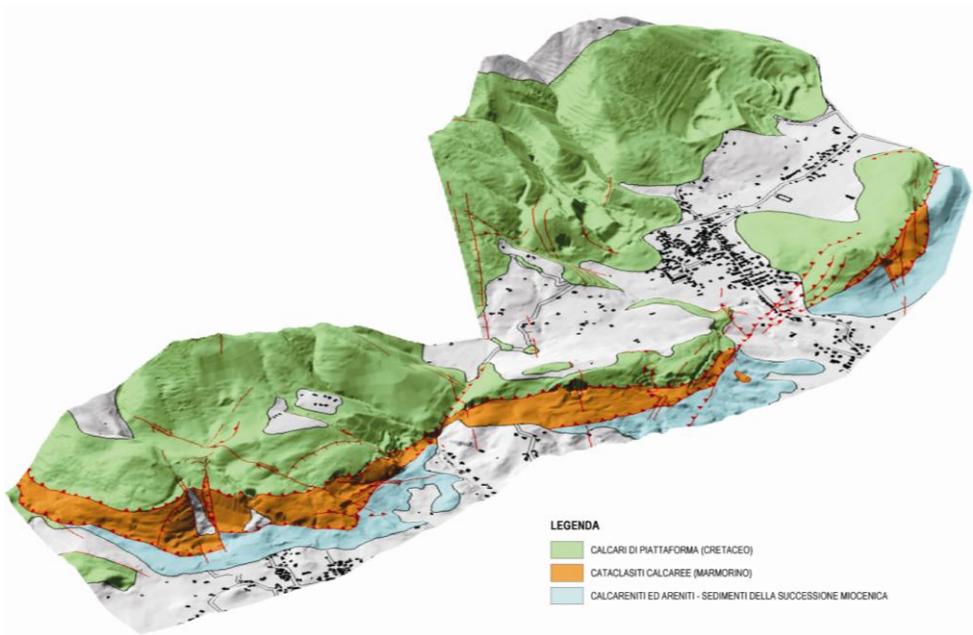


Figura 4-8 Andamento spaziale delle litologie presenti nell'area di Caneva (PN)

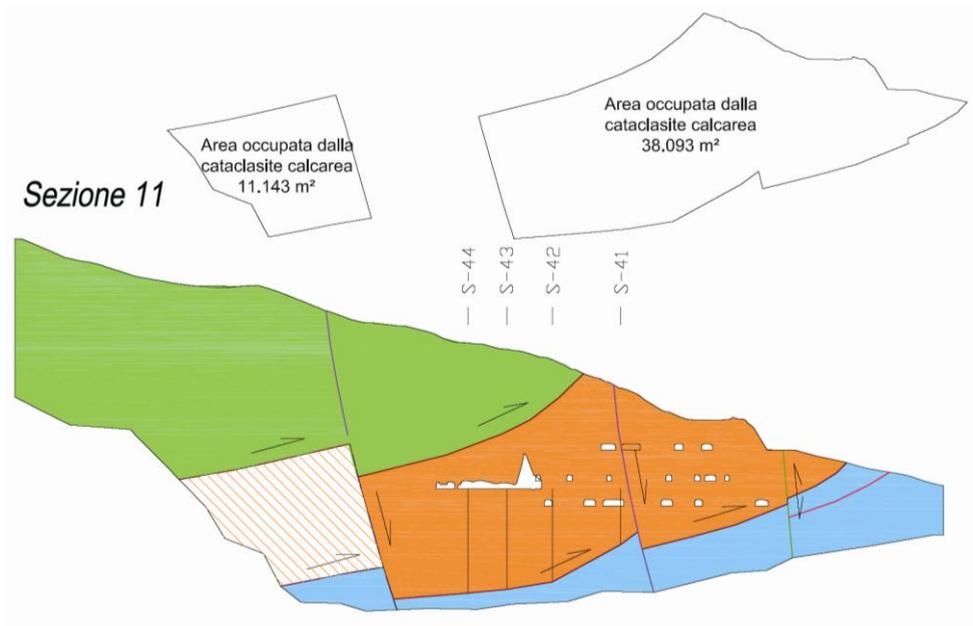


Figura 4-9 Sezione trasversale del giacimento di marmorino di Caneva (PN)

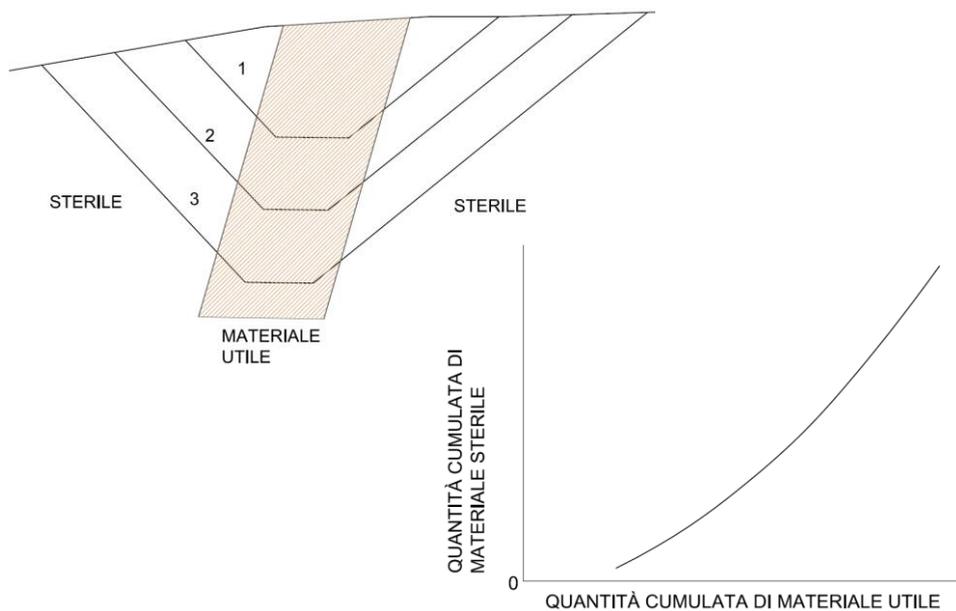


Figura 4-10 Relazione tra quantità di materiale inerte e quantità di materiale sterile estratti in diverse fasi di approfondimento di una cava a fossa

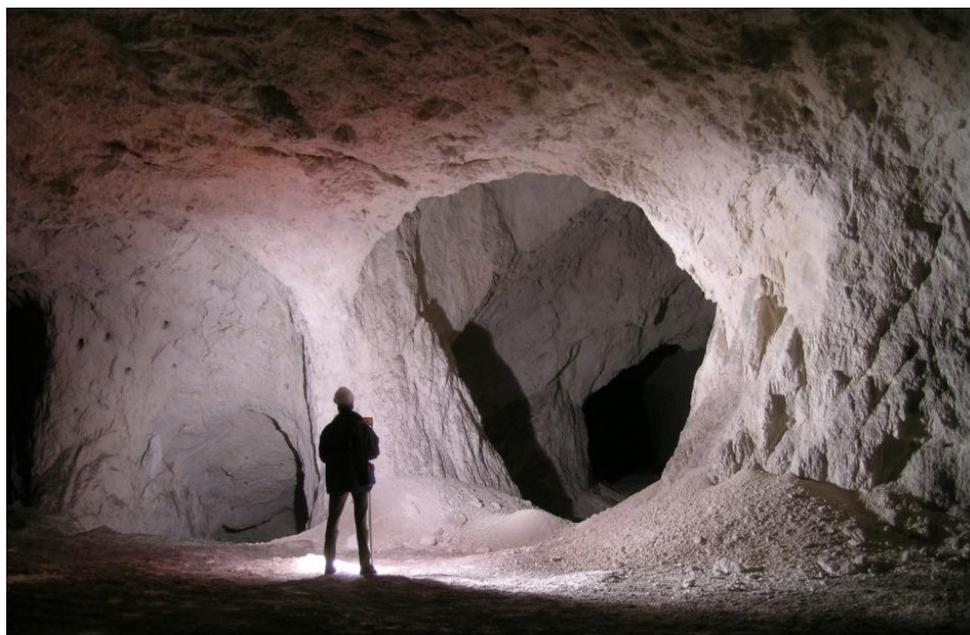


Figura 4-11 Gallerie utilizzate per la coltivazione selettiva del marmorino di Caneva (Cava Pedemonte – Valmadonna, PN)

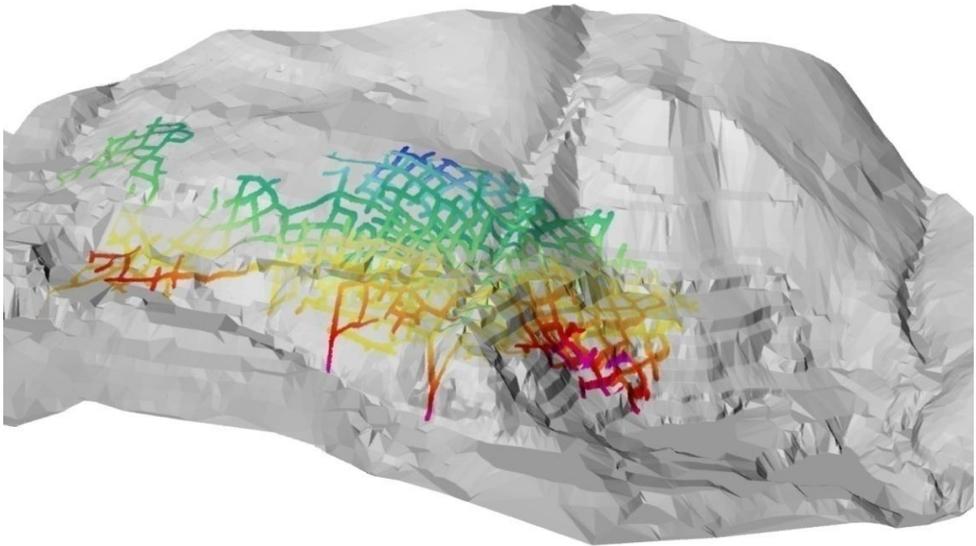


Figura 4-12 Reticolo di gallerie esistenti nell'area estrattiva Pedemonte – Valmadonna in Caneva (PN)



Figura 4-13 Elaborazione tridimensionale dell'ortofoto delle cave Pedemonte, Valmadonna e Vallagher in Caneva (PN)

4.3 *Metodi di coltivazione di cava*

Il metodo di coltivazione è la sequenza spazio-temporale degli interventi attraverso la quale i diversi volumi elementari del giacimento, nelle sue parti ritenute coltivabili, vengono asportati al fine di ottenerne il progressivo esaurimento; questo avviene per mezzo di specifici metodi di scavo e di recupero eseguiti con le attrezzature e le maestranze disponibili in sicurezza e con il dovuto ritorno economico.

Il metodo di coltivazione rappresenta la strategia della coltivazione stessa, e deve essere messo a punto tenendo conto della situazione giacimentologica, litostratigrafica, geomorfologica, topografica, ed ambientale, e della capacità tecnica della ditta che intende valorizzare la materia prima.

4.3.1 *Aspetti generali*

La cava viene ad essere organizzata, una volta individuati i volumi da asportare nell'unità di tempo (ad esempio volume per anno), attraverso la realizzazione di una serie di elementi funzionali costituiti in genere da: fronti, piazzale di base, eventuali piazzali secondari, piste o rampe, gradoni, infrastrutture, spazi di movimentazione (frammentazione secondaria, miscelazione, stoccaggio), eventuali scariche per il materiale sterile, impianti di trattamento primario, servizi vari (cabina elettrica, produzione aria compressa, pompaggio e riciclo acque, officina di manutenzione, ricoveri per i mezzi, pesa).

4.3.1.1 Individuazione e delimitazione dell'area di coltivazione

L'area interessata dalla coltivazione deve rispettare, durante l'esecuzione degli scavi, le distanze minime¹⁹, che vanno dai 10 metri per le strade di uso pubblico non carrozzabili ai 200 metri per i pozzi e le sorgenti di uso pubblico. È possibile richiedere una specifica deroga a questi limiti dimostrando che l'attività estrattiva non determina, anche indirettamente, situazione di pericolo per le persone e le opere, e si adegua alle norme sulle distanze di rispetto previste dal Codice della Strada, nonché dalle linee ferroviarie. L'attività estrattiva deve garantire l'accessibilità ai manufatti di sostegno e di servizio di ogni rete tecnologica lineare, secondo le norme dettate dai rispettivi enti concessionari della gestione.

L'individuazione sul terreno dell'area interessata dalla coltivazione è realizzata attraverso la materializzazione di almeno 5 punti inamovibili di misurazione (caposaldi), riferiti alle quote assolute sul livello del mare e con coordinate secondo il sistema Gauss-Boaga, che dovranno essere conservati e sottoposti a manutenzione dal titolare dell'autorizzazione.

I punti, la cui numerazione, posizione e monografia, completa di documentazione fotografica, trovano riscontro nell'apposita cartografia allegata al progetto, sono collocati ai vertici della poligonale coincidente con il perimetro di cava autorizzato, in posizione topografica favorevole ed in modo che da ognuno si possa trarre quello precedente e quello successivo.

L'area interessata dalla coltivazione deve essere recintata con rete metallica di altezza circa 2 metri, dotata di cancello con chiusura e segnaletica di pericolo cava, al fine di impedire l'accesso a mezzi e persone non autorizzate, nonché la scarica incontrollata di rifiuti.

¹⁹ Misurate in orizzontale tra il limite dello scavo e il piede dell'opera o del manufatto

In prossimità del cancello di entrata va collocata apposita cartellonistica di cantiere che segnali gli estremi del titolo di autorizzazione, i dati identificativi del soggetto autorizzato e del progettista, i nominativi ed i recapiti telefonici del direttore responsabile di cava e del sorvegliante.

Il limite dello scavo (ciglio) non può avvicinarsi al perimetro dell'area autorizzata ad una distanza inferiore ai 5 metri, al fine di consentire l'ispezione dei fronti degli scavi e di svolgere ogni altra necessità legata all'attività estrattiva.

4.3.1.2 Parametri tecnici della coltivazione

La geometria della coltivazione dipende dalla topografia locale, mentre le caratteristiche geomeccaniche determinano soprattutto le pendenze medie di scavo di cui il gradone rappresenta l'elemento costitutivo la morfologia; esso viene creato attraverso l'escavazione e consta di un'alzata, corrispondente al fronte di cava, e di una pedata, corrispondente al piazzale di lavoro. Il fronte attivo rappresenta l'insieme dei gradoni in fase di coltivazione.

Lo scavo è definito univocamente attraverso alcuni parametri geometrici illustrati nella Figura 4-14: "h" altezza del gradone, "a" pedata del gradone, "d" fascia compresa fra il ciglio del gradone e la linea d'intersezione della superficie della pedata con quella di scivolamento critico, "α" angolo del pendio a fine recupero, misurato sull'orizzontale, "β" angolo di scavo del gradone, misurato sull'orizzontale.

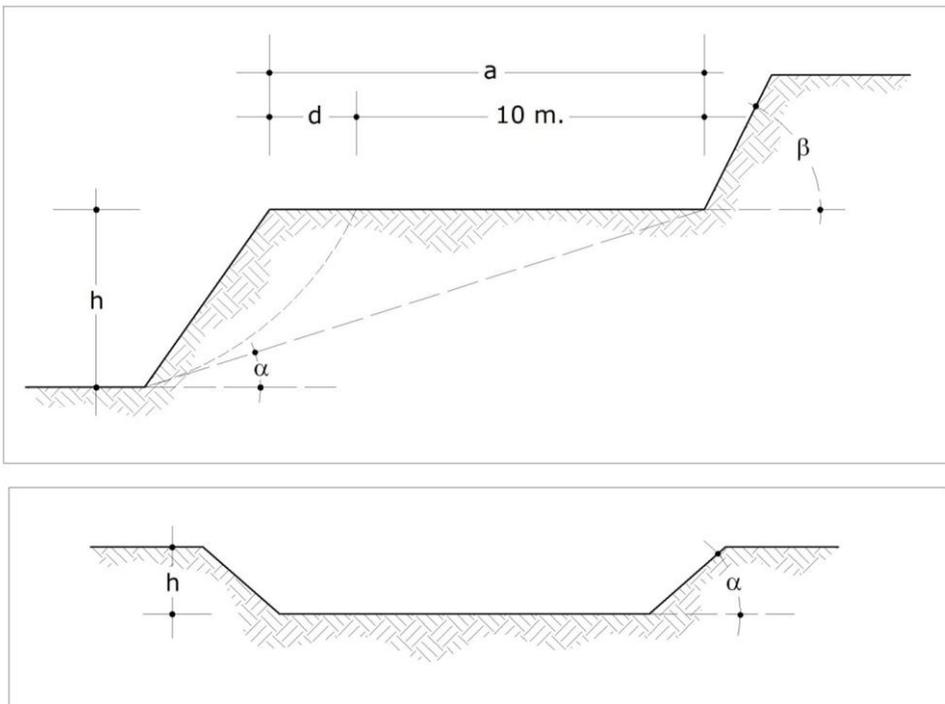


Figura 4-14 Parametri geometrici del gradone (A) e dello scavo a fossa (B)

La Tabella 4-5 sintetizza i parametri tecnici da rispettare in fase di coltivazione ed in fase di recupero ambientale.

Tabella 4-5 Parametri tecnici dei fronti in fase di coltivazione e di recupero

	Argilla	Pietre ornamentali	Calcri, materie prime per cementi artificiali, carbonato di calcio, materiali speciali diversi	Sabbie e ghiaie
Fase di coltivazione				
Stabilità dei fronti (R_d / E_d) _{min}				
Pendio nella sua totalità	> 1,1	> 1,1	> 1,1	> 1,1
Fronte attivo	> 1,1	> 1,1	> 1,1	> 1,1
Altezza massima del fronte attivo (m)	MABMS(*)	MABMS(*) / 10 m	10 m	MABMS(*) / 10 m
Pedata minima (m)	10 + d	10 + d	10 + d	10 + d
(*) MABS = massimo allungamento del braccio della macchina di scavo				

Angolo scarpate a fine coltivazione				
Recupero ambientale a bosco	25°	35°	35°	25°
Recupero ambientale di tipo agricolo(*)	11°	-	-	11°
(*)Nel caso di recupero ambientale a colture legnose agrarie si deve prevedere la sistemazione del versante di cava a gradoni con modalità e pendenze utili per la futura coltura.				

4.3.1.3 Esigenze di sicurezza

4.3.1.3.1 *Sicurezza operativa*

Un aspetto progettuale importante, che accomuna i diversi metodi di coltivazione, è quello che coinvolge la messa in sicurezza preventiva delle quote superiori di intervento:

- operando sui cigli di scopertura del “cappellaccio” attraverso l’asportazione degli stessi per una distanza non inferiore ad 1,50 metri dal ciglio del fronte di abbattimento dei materiali utili; questa distanza deve essere adeguatamente aumentata qualora l’altezza e la possibilità di franamenti delle materie di copertura lo rendano necessario;
- controllando i deflussi superficiali, essenzialmente delle acque meteoriche, evitandone l’ingresso all’interno dell’area di coltivazione mediante la costruzione di un’adeguata rete di fossi o argini di guardia intorno al limite della coltivazione collegati con la rete di smaltimento naturale o artificiale esistente.

In questo modo verranno ridotti i rischi connessi al distacco ed al trascinarsi di materiale verso i sottostanti cantieri estrattivi ed i relativi piazzali di movimentazione.

I parametri geometrici dei gradoni sono progettati in funzione delle esigenze di sicurezza dei luoghi di lavoro, dei mezzi e delle tecniche di scavo adottate. In particolare, nel caso di

abbattimento meccanico, l'altezza "h" del gradone è minore o uguale al massimo allungamento del braccio della macchina di scavo e le macchine operatrici non possono trovarsi sulla fascia "d" del gradone, il cui limite deve essere materializzato sul terreno in modo tale da non consentirne il superamento da parte dei mezzi d'opera.

4.3.1.3.2 *Rapporto tra l'attività estrattiva e la rete idrografica esistente*

La coltivazione ed il recupero ambientale devono essere condotti in maniera tale da controllare le acque di ruscellamento sul fronte e sul piazzale di cava, canalizzandole e smaltendole mediante opere, in genere di tipo naturalistico (sia come materiali utilizzati, sia come foggia costruttiva), aventi minime necessità di manutenzione nel tempo.

La coltivazione ed il recupero ambientale dell'area dove si sviluppa la cava devono garantire la continuità della rete idrografica preesistente con i piazzali aventi una pendenza minima dell'1% al fine di evitare il ristagno delle acque e convogliarle verso un punto di smaltimento o infiltrazione nel suolo. La raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche entro l'area di cava richiede la definizione cartografica, il dimensionamento, la costruzione e manutenzione dei fossi o degli argini di guardia e del sistema di drenaggio e smaltimento realizzati, ove possibile, secondo i criteri dell'ingegneria naturalistica. Lo smaltimento deve seguire di preferenza le linee di deflusso naturale originarie, prevedendo eventualmente una decantazione, secondo le specifiche norme di settore, al fine di poter restituire le acque ai recettori pubblici superficiali o sotterranei.

Al fine di minimizzare la possibilità di inquinamento del suolo, si deve prevedere inoltre una piazzola di conglomerato cementizio armato a bassa permeabilità, avente dimensioni adeguate e dotata di apposito sistema di raccolta degli oli esausti, per il ricovero e la manutenzione dei mezzi d'opera.

4.3.2 **Cave di monte**

4.3.2.1 Coltivazione per fette orizzontali discendenti (FOD)

Il metodo di coltivazione oggi adottato dalle maggiori unità estrattive di monte, anche culminali, è quello che prevede la "coltivazione a gradoni per fette orizzontali discendenti (FOD) su un unico livello (splanteamento su gradone unico)".

Le platee nelle quali è suddiviso il giacimento vengono coltivate sequenzialmente a partire dall'alto, con la realizzazione del piazzale superiore (di testa) ottenuto allargando progressivamente una trincea.

Le principali caratteristiche del metodo sono di seguito sintetizzate:

- a) Condizioni di applicabilità: molto variabili, ma con sufficiente sviluppo verticale di giacimento.
- b) Aspetti progettuali: abbattimento con esplosivo (sull'intera altezza del gradone) o con ripper (platee suddivise in pannelli, presi con passate discendenti); piazzale mobile; pista di arroccamento predisposta anticipatamente (interna o esterna).
- c) Peculiarità: possibilità di realizzare produzioni elevate (su più pannelli); media produttività dello spazio; configurazione flessibile con possibilità di ruotare il gradino di abbattimento; impatto sul paesaggio medio-basso; facile mascherabilità con quinte provvisorie; agevole e tempestivo recupero ambientale; occupazione notevole di aree.

La stabilità dei fronti di scavo e dei versanti che li sormontano è ottenibile con il corretto dimensionamento della gradonatura definitiva, dedicando un'attenzione particolare al deflusso delle acque dal pendio ricostruito (per esempio con l'adeguata realizzazione di pedate di suddivisione della scarpata finale, in leggera contropendenza).

Se la formazione ha consistenza litoide vengono adottate mine verticali, e la platea viene coltivata con volate le cui geometrie funzionali dipendono dalle esigenze di produzione e dal controllo dimensionale della granulometria del prodotto. Se la formazione è rippabile, con o senza preminaggio, o è direttamente scavabile, ciascuna platea viene a sua volta suddivisa in trince verticali coltivate per passate discendenti, di altezza variabile da qualche decimetro a qualche metro in funzione del mezzo di escavazione impiegato, in modo da permettere il progressivo recupero della scarpata finale.

Il caricamento ed il trasporto a valle o al livello di campagna vengono realizzati mediante pale gommate e dumpers che operano nel piazzale antistante il fronte di coltivazione. È quindi necessario, nelle cave di monte, realizzare una pista principale che raggiunga il culmine della cava e che sia praticabile da dumpers. La pista potrà svilupparsi esternamente all'area di cava o internamente ad essa. Una rampa di collegamento tra il piazzale ed il tetto della platea in coltivazione consente l'accesso dei mezzi di perforazione. Nell'ambito della singola platea possono essere aperti diversi fronti di coltivazione, potendo quindi effettuare sia elevate produzioni, sia la selezione di diverse qualità di prodotto.

Dal punto di vista paesaggistico, questo metodo di coltivazione, per le cave di monte, è da considerarsi tra quelli a minor impatto, sia per la quantità che per la qualità dell'area esposta alla vista. Il metodo infatti contempla la coltivazione del giacimento platea dopo platea a partire dall'alto, e quindi si raggiunge la parete finale della cava già al termine della coltivazione di una platea ovvero, operando per lotti, durante la coltivazione della stessa platea; il recupero ambientale pertanto può iniziare durante la coltivazione ed in stretta sequenza con questa. Se la pista è contenuta nell'area di coltivazione viene distrutta con il suo progredire e quindi, alla fine della coltivazione del giacimento, occorre procedere al recupero ambientale del solo piazzale di cava, mentre le opere di recupero delle pareti (ad esempio le essenze arboree della prima platea coltivata) avranno in alcuni punti la medesima età della coltivazione.

Quando le platee sono molto estese, è conveniente lasciare una quinta rocciosa di mascheramento, da rimuovere una volta terminato lo scavo della platea e completato il recupero ed il rinverdimento della scarpata interna corrispondente, che limiterà gli impatti visivi delle coltivazioni ed allo stesso tempo consentirà di ridurre la propagazione del rumore generato dall'attività estrattiva e quindi il disturbo da essa arrecato. Al termine della coltivazione del giacimento resta da recuperare solo l'ultimo piazzale.

Nel caso la scarpata finale contenga dei gradoni utilizzabili per la manutenzione delle aree recuperate, è opportuno che questi vengano realizzati in leggera contropendenza per ridurre i fenomeni di ruscellamento e le erosioni, ed a garanzia di un corretto deflusso delle acque lungo il pendio ricostituito.

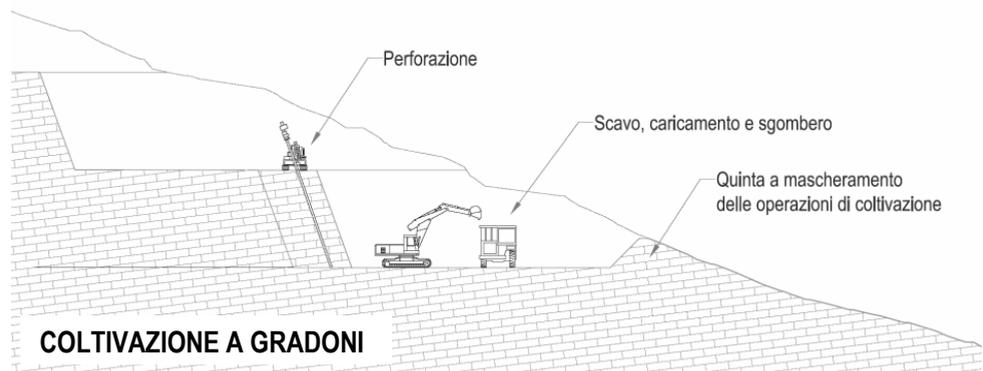
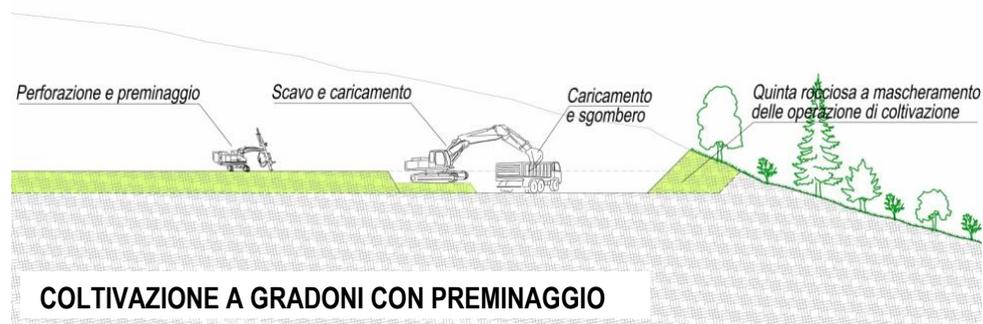


Figura 4-15 Schema dell'evoluzione degli scavi in un cantiere schermato



Figura 4-16 Quinta di mascheramento prevista nella coltivazione di una cava di monte (Cava La Mata, PN)

Un aspetto importante, strettamente legato alla metodologia per FOD, è quello della movimentazione interna del materiale, che può avvenire su gommato stradale, anche da diversi livelli di coltivazione, o per caduta (a gravità) alla quota del piazzale inferiore. Tralasciando l'ipotesi, oggi piuttosto contestata, di gettito in canalone a cielo aperto, con problemi di sicurezza del personale di macchina (palisti, escavatoristi, ruspisti) addetto allo scarico dall'alto e con impatti ambientali non controllabili (polveri e rotolamento di materiali movimentati), l'opzione più moderna è senza dubbio quella del fornello subverticale di gettito, di diametro in genere superiore ai 4 metri e pendenza non inferiore ai 70° , che risulta vincente per sicurezza operativa ed impatto ambientale (eliminazione del va e vieni dei dumpers sulle tortuose e non sempre agevoli piste di arroccamento). La sezione della sottostante galleria di base deve permettere la collocazione di una struttura per nastro senza impedire il passaggio, a lato, di automezzi di servizio, e deve quindi raggiungere almeno i 30 metri quadrati.

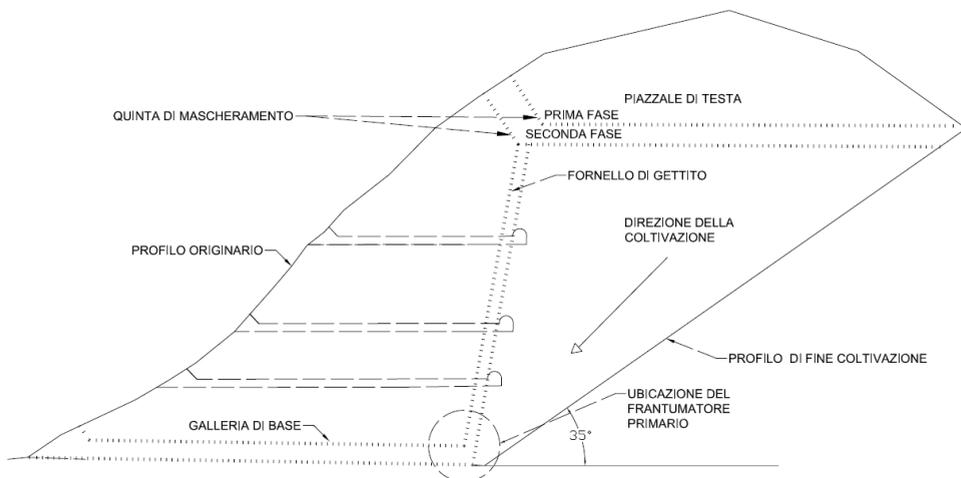


Figura 4-17 Schema del metodo di coltivazione per fette orizzontali su un unico livello (splateamenti) con eventuale presenza di fornello di gettito e frantumatore primario



Figura 4-18 Estrazione del materiale proveniente dal fornello di gettito (Cava La Mata, PN)



Figura 4-19 Impianto di produzione dell'aggregato della Cava La Mata (PN) posto allo sbocco della galleria di base nel piazzale della Ex Cava Livenzetta

La Figura 4-20 riporta uno schema illustrativo del metodo ipotizzando una cava di monte a mezza costa attrezzata con una pista collocata sul versante destinato alla coltivazione. Dopo la scoperta della prima platea si procede alla sua coltivazione a partire dal lato destro della cava. Raggiunto il confine finale la scarpata, opportunamente rimodellata, è già parzialmente recuperata (verde chiaro = recupero recente).

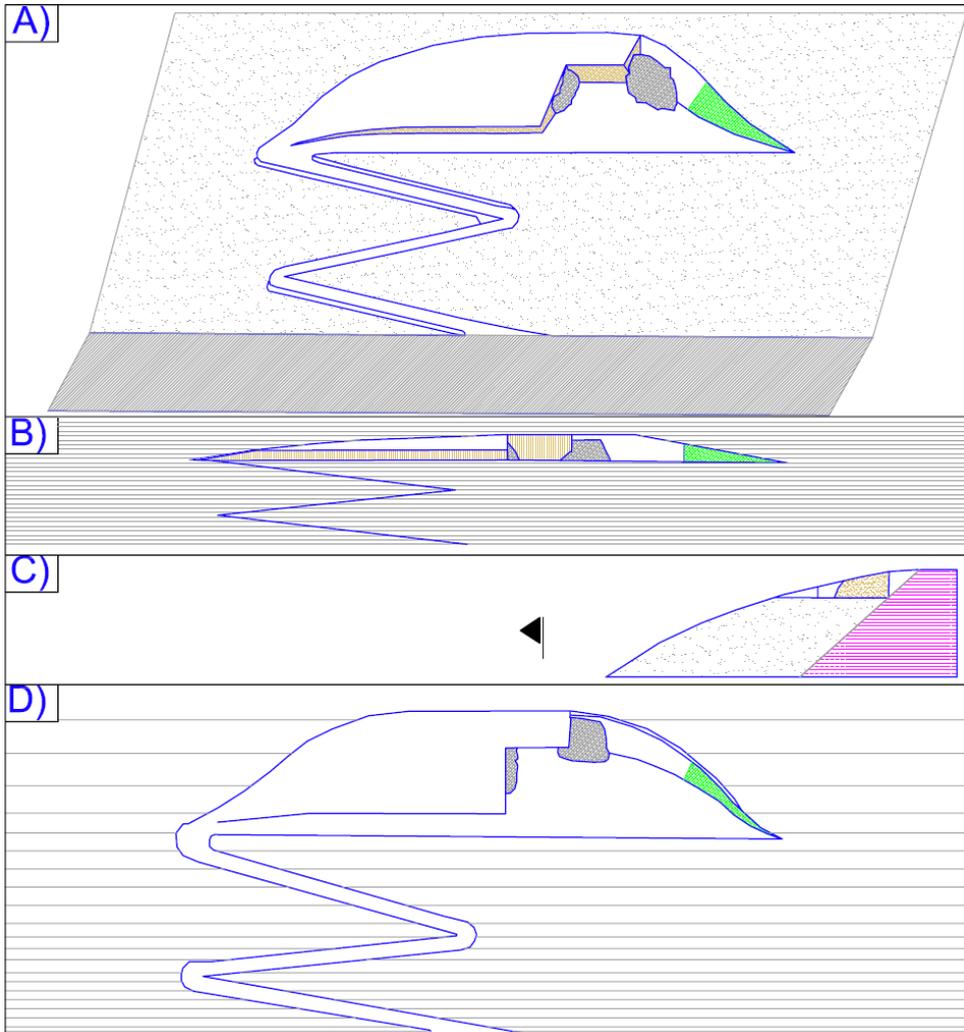


Figura 4-20 Cava di monte a mezza costa: fase 1

La coltivazione della prima platea è già stata completata (Figura 4-21). La parete finale, corrispondente alla platea, mostra diversi gradi di recupero. A partire da destra: rinverdimento, preparazione del substrato, rimodellamento e, al bordo sinistro, il gradone residuo da abbattere secondo il profilo desiderato. La platea sottostante in coltivazione evidenzia l'ampia possibilità del metodo di orientamento dei fronti. Anche in tale platea il recupero è già iniziato secondo i criteri precedentemente esposti.

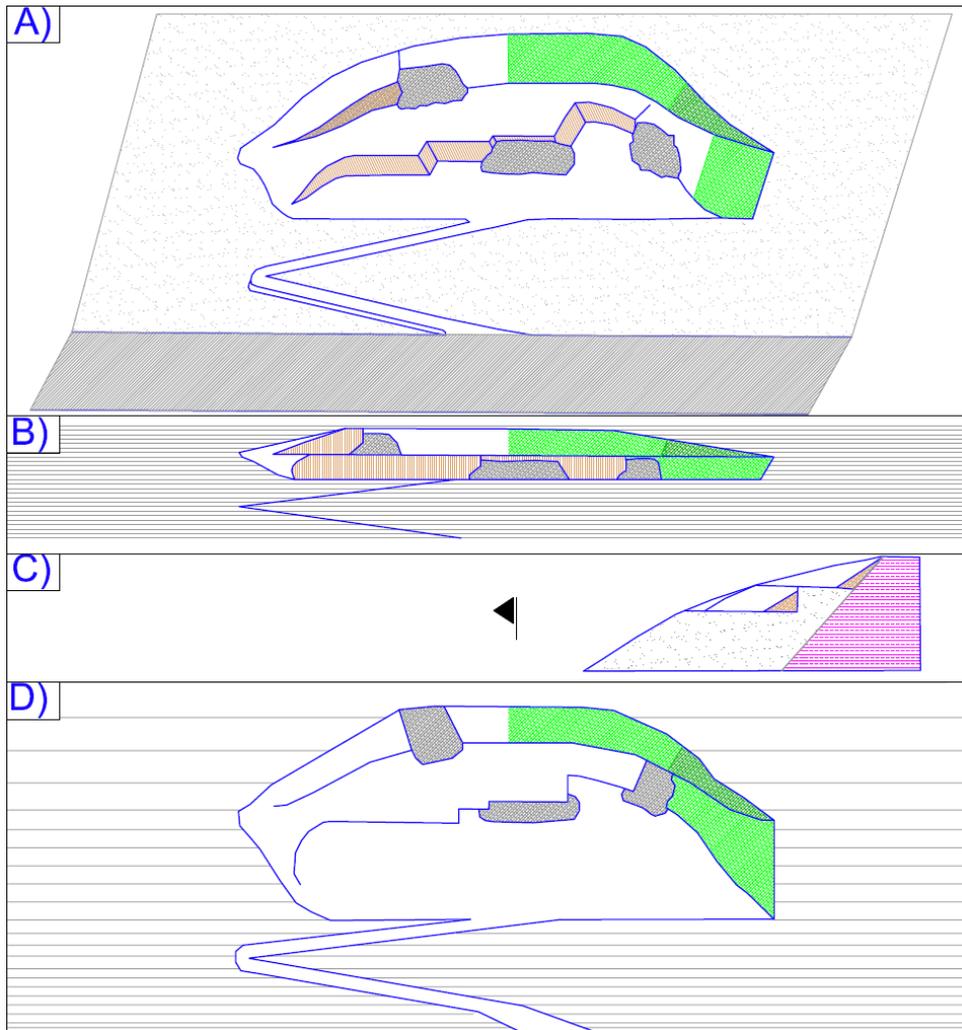


Figura 4-21 Cava di monte a mezza costa: fase 2

La coltivazione procede nella platea sottostante, mentre la scarpata finale della prima platea è ormai recuperata e quella della seconda è in recupero. Anche nella terza platea, in piena attività produttiva, il recupero è avviato. È stata cambiata la direzione di avanzamento del fronte e la pista di accesso alla seconda platea è stata mantenuta per permettere la salita dei mezzi di perforazione. Una pista staccata in orizzontale permette l'accesso dei dumpers sul piazzale. La coltivazione proseguirà fino all'ultima platea e si completerà con il recupero del piazzale (Figura 4-22).

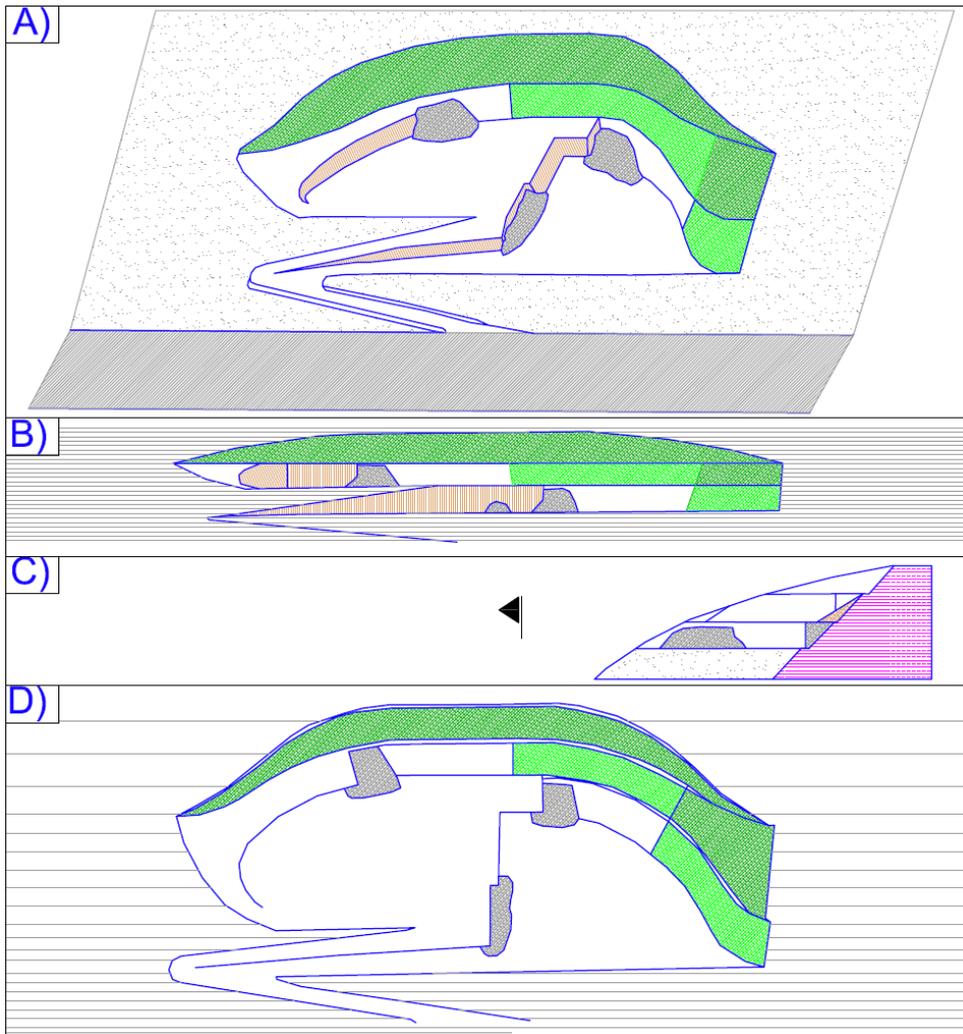


Figura 4-22 Cava di monte a mezza costa: fase 3

4.3.3 Cave di collina

I metodi di coltivazione adottati nelle cave di collina, dove si estraggono in genere argille più o meno pregiate per l'industria, la ceramica e soprattutto i laterizi, consistono sostanzialmente in due tipologie principali: il metodo per fette orizzontali discendenti ed il metodo per fette verticali, esaurite con trincee discendenti con progressiva riprofilatura del pendio.

Il metodo per fette orizzontali discendenti comporta l'avvio della coltivazione a partire dall'alto del rilievo e, attraverso interventi piuttosto estesi in pianta, il raggiungimento topografico delle quote finali previste, mediante l'impiego di escavatori e pale per lo scavo, ed il caricamento del materiale sui mezzi di trasporto gommato di cantiere. La coltivazione deve avvenire su fronti operativi di altezza limitata, da valutarsi in genere in 5 metri per ciascun

livello, e comunque in funzione delle caratteristiche geotecniche del terreno e del massimo allungamento del braccio della macchina di scavo.

Il metodo, pur richiedendo estensioni areali considerevoli, consente l'organizzazione del lavoro per lotti, in modo tale che possano essere eseguite contestualmente le operazioni di recupero ambientale dei lotti esauriti e la coltivazione di quelli in produzione.

Il metodo per fette verticali, esaurite con trincee discendenti con progressiva riprofilatura del pendio (che risulterà man mano traslato verso monte), prevede l'impiego delle stesse macchine di scavo, con pari sicurezza di manovra, su singoli gradoni di sufficiente larghezza (almeno 10 metri più la fascia compresa fra il ciglio del gradone e la linea d'intersezione della superficie della pedata con quella di scivolamento critico). L'utilizzo di mezzi di scarificazione e spinta, quali i dozer dotati di ripper, consente un'azione efficace soprattutto lungo piani inclinati (secondo pendenze che possono superare i 30°), realizzando, nel caso di stratificazioni di materiali di diverso tenore, anche delle omogeneizzazioni sul posto.

Qualunque sia la metodologia di coltivazione adottata, si dovrà provvedere a che:

- la pendenza massima dei fronti di scavo nella fase di attività della cava sia quella che assicura, nell'analisi di stabilità del pendio, inteso nella sua totalità e nel fronte attivo cioè dell'insieme dei gradoni in fase di scavo, l'ottenimento di verifiche di sicurezza, da effettuare con l'Approccio 1: combinazione 2: $(A2 + M2 + R2)$ aventi un rapporto $(R_d / E_d)_{\min}$ maggiore o uguale a 1,1.
- La pendenza massima dei fronti di abbandono non sia superiore a 25° nel caso si intenda recuperare l'area a bosco, a 11° nel caso si intenda recuperare l'area ad utilizzo agricolo.
- Le pendenze dei fronti potranno essere ulteriormente ridotte in base alle caratteristiche geotecniche dei materiali interessati ed alle scarpate naturali di uguale litologia presenti nelle aree limitrofe a quella di cava.
- La realizzazione di canalette che allontanino dai siti di scavo le acque migliora le condizioni operative dei mezzi ed evita erosioni incontrollate delle scarpate.
- L'utilizzo di sistemi atti alla decantazione dei materiali fini in sospensione permette di evitare erosioni incontrollate ed immissione in corpi idrici di acque torbide.
- Il pompaggio altrove delle acque meteoriche, raccolte in fossa, deve essere attentamente valutato per non causare disequilibri idrogeologici sul territorio circostante.

La specificità del materiale in genere coltivato nelle cave di collina (argilla), deve consigliare in definitiva un'attenta e vigile sorveglianza dell'area di cava, in grado di affrontare con tempestività e competenza situazioni di potenziale dissesto dei versanti, senza escludere, anzi favorendo, interventi atti ad operare delle bonifiche "produttive" di frane, in atto o pregresse.



Figura 4-23 Cava di collina di argilla (Cava Bosc di Sot, GO)



Figura 4-24 Fase di scavo con ripper e dozer in una cava di collina di argilla (Cava Bosc di Sot, GO)

4.3.4 Cave di pianura

4.3.4.1 Coltivazione sopra falda

Nelle cave in pianura i metodi per splateamento su uno o più gradoni sono sempre condotti in fossa. Richiedono la costruzione ed il mantenimento per tutto il periodo di coltivazione di un sistema di piste, destinate poi ad essere conservate nella maggioranza dei casi. Dal punto di vista dell'impatto visivo vale quanto detto per le cave di pianura in generale. Il recupero delle scarpate finali può iniziare a seguire la coltivazione non appena tali aree si liberano. L'esigenza di garantire la continuità della produzione di solito suggerisce il mantenimento di almeno due platee e quindi due gradoni; infatti, dovendosi aprire la platea effettuando i lavori di preparazione (pista e piazzale di carico), si hanno sempre almeno una platea in produzione ed una in preparazione.

Il metodo si applica al materiale incoerente sopra falda, scegliendo profili di scavo consoni alle caratteristiche geotecniche dei materiali costituenti il giacimento. La Figura 4-25 illustra in assonometria, pianta e sezione lo sviluppo della coltivazione articolata su due livelli, serviti da piste raccordate in corrispondenza del piazzale del livello superiore. Le passate seguono in sequenza identica nei due livelli e la tecnica adottata è l'escavazione mediante bulldozer ed escavatori per la coltivazione di formazioni sciolte (sabbie, ghiaie).

Esistono due tipologie di coltivazioni di pianura di materiale alluvionale, senza interessamento della falda acquifera:

- cave di terrazzo con arretramento della scarpata di scavo;
- cave a fossa destinate ad un ritombamento totale o parziale.

Nelle cave di terrazzo, l'arretramento del bordo del terrazzo stesso (se è presente materiale non troppo alterato) può consentire il recupero di considerevoli volumi di materiale, evitando allo stesso tempo un'irreversibile perdita di suolo e di operare su estese aree agricole di pianura; si limita così il pregiudizio degli aspetti paesaggistici e prospettici locali, qualora sia possibile riprofilare stabilmente e rinaturalizzare le scarpate di neoformazione.

L'assenza di falde sospese facilita tali interventi, condizionati solo dalla possibilità di accesso delle macchine e dalla disponibilità di adeguate estensioni del fronte su cui operare in modo lineare.

Nelle cave a fossa la coltivazione comporta un abbassamento artificiale del piano campagna, fino ad una profondità tale da salvaguardare la falda acquifera più superficiale da potenziali inquinamenti.

Il progetto di coltivazione deve prevedere una superficie minima del fondo cava di 3.000 metri quadrati, con il lato minore del perimetro di fondo cava maggiore o uguale a 30 metri, e pendenze delle scarpate consone a quelle riportate nella Tabella 4-5.

Il materiale è scavato con macchine movimento terra (escavatore a benna rovescia o pala gommata a seconda della fase), previa asportazione del terreno vegetale; al procedere della coltivazione si provvede a risistemare le zone esaurite. L'escavazione è programmata e condotta in maniera tale da:

- evitare di dare origine a spigoli vivi;
- ottenere scarpate con inclinazioni ed altezze che non costituiscono pregiudizio per la stabilità e per le condizioni ambientali del sito;

- assumere tutte le misure di carattere prudenziale atte a scongiurare il verificarsi di danni a persone e a cose;
- impostare le operazioni di scavo di coltivazione in modo da pervenire nel più breve tempo possibile alla situazione di definitivo riassetto ambientale del fronte di scavo.

Nelle cave a fossa il materiale è scavato con macchine movimento terra procedendo dall'alto verso il basso, partendo dal limite di rispetto dell'area autorizzata e provvedendo alla risistemazione delle zone esaurite secondo uno schema per lotti che prevede:

- a. Preparazione dell'area con l'asportazione del terreno vegetale di copertura e dell'eventuale materiale sterile che sovrasta il giacimento, che verranno poi accantonati e disposti in cumuli di idonee proporzioni²⁰ (la cui ubicazione deve essere riportata nelle tavole di progetto), al fine di non alterarne le eventuali caratteristiche pedologiche; la rimozione del terreno di copertura, allo scopo di minimizzare gli effetti negativi sul paesaggio, procederà secondo le fasi previste dal progetto evitando di coinvolgere l'intera area autorizzata.
- b. Estrazione del materiale utile mediante ribassi del terreno, aventi ciascuno un'altezza massima non superiore al braccio del mezzo di scavo (di solito 5 metri), fino a raggiungere la profondità di progetto.
- c. Recupero ambientale eseguito al più presto, per quanto possibile contestualmente allo scavo, mediante riporto di materiale sul quale viene poi ridisposto il terreno vegetale accumulato in precedenza e integrato con altro di pari qualità pedologica.
- d. Rinverdimento dell'area.

Negli altri lotti si procede con le medesime operazioni in successione. In questo modo le aree interessate dallo scavo sono sempre ridotte al minimo indispensabile, mentre le aree già esaurite sono via via risistemate.

La Figura 4-26 riporta le assonometrie della coltivazione a fossa per fette orizzontali discendenti di una cava per la produzione di granulati nella quale i fronti di scavo sono correlati alla natura geomeccanica del materiale (nell'esempio subverticali).

²⁰ Il terreno di copertura viene conservato temporaneamente all'interno dell'area autorizzata, sistemandolo in cumuli inerti la cui altezza non supererà i 3 metri al fine di evitare il dilavamento.

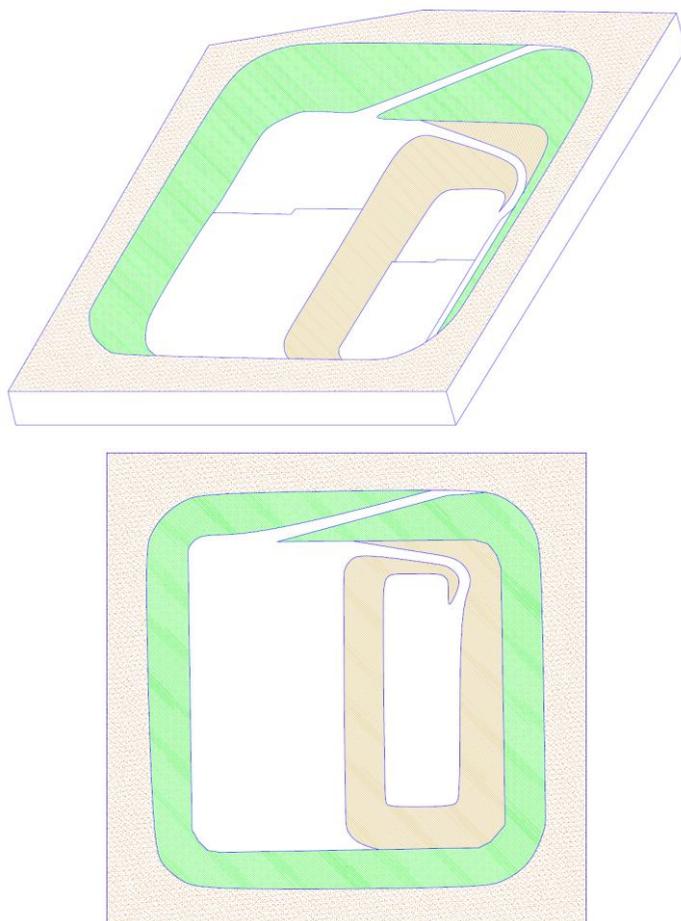


Figura 4-25 Cave a fossa sopra falda: schema di coltivazione materiali incoerenti

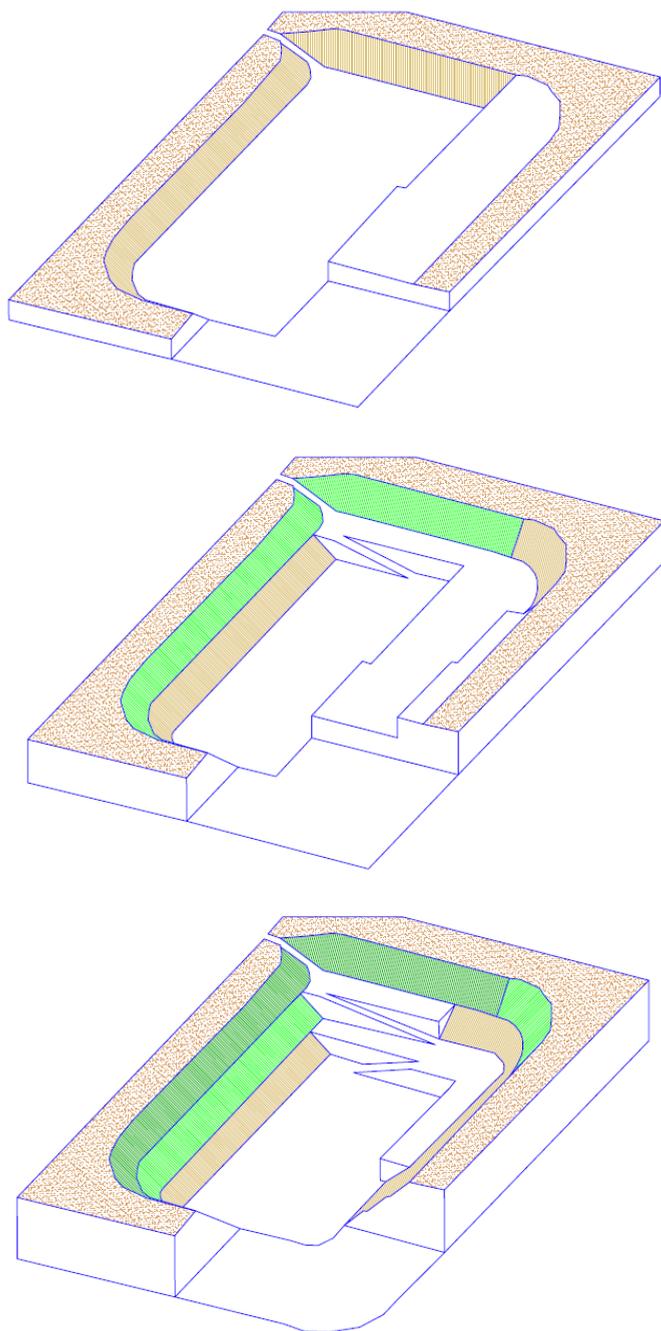


Figura 4-26 Cave a fossa sopra falda: schema di coltivazione materiali coerenti

4.3.4.2 Coltivazione sotto falda

Nelle cave sotto falda la profondità dello scavo è tale da portare alla luce in modo permanente la falda acquifera più superficiale.

Il tipo di escavazione, lasciando degli specchi d'acqua definitivi visto che non è quasi mai pensabile un ritombamento su profondità di diverse decine di metri, rappresenta un'irreversibile modifica del territorio, con non trascurabili influenze ambientali. In Friuli Venezia Giulia è vietata l'apertura di nuove cave sotto falda, ma è consentito, anche se per una sola volta, l'ampliamento di quelle esistenti, probabilmente in considerazione anche del fatto che la profondità potenziale di scavo, da cui dipende direttamente il volume scavato, in rapporto alla superficie interessata consente, per un certo verso, un risparmio di territorio da destinare a cava.

L'estrazione avviene, una volta effettuata la scopertura del terreno agricolo, utilizzando il dragline fisso o mobile (escavatore a lancio) e la draga a benna mordente o a pompa aspirante su natante sull'intero spessore del materasso alluvionale, rimescolato dalle progressive franate del fronte. Il metodo di coltivazione, che prevede il progressivo franamento controllato del fronte sommerso, deve comunque consentire, ove possibile con le macchine attuali, le coltivazioni in ritirata, restando ad una debita distanza dal ciglio, pari al doppio della profondità di esercizio.

La profondità di scavo non potrà in ogni caso essere tale da superare la base dell'acquifero contenente la falda freatica superficiale, in modo da impedire la messa in comunicazione con gli acquiferi profondi.

Le pendenze delle sponde sotto falda devono garantire configurazioni stabili nel tempo e senza sconfinamenti successivi verso terreni circconvicini. La configurazione finale della cava deve assicurare un assoluto grado di sicurezza ed un adeguato riassetto paesaggistico attraverso il rispetto dei seguenti parametri geometrici (Figura 4-27): una fascia pianeggiante "P", larga almeno 10 metri, lungo le sponde del lago di cava; la realizzazione di un gradone sommerso, con pedata "d" minima di almeno 2 metri, posto ad un metro sotto il minimo livello freatico registrato nell'ultimo decennio; un angolo della scarpata, nel tratto compreso tra la fascia pianeggiante e il gradone sommerso, $\alpha' \leq 10^\circ$; un angolo della scarpata sommersa, al di sotto della quota minima di escursione della falda, $\beta' \leq 25^\circ$.

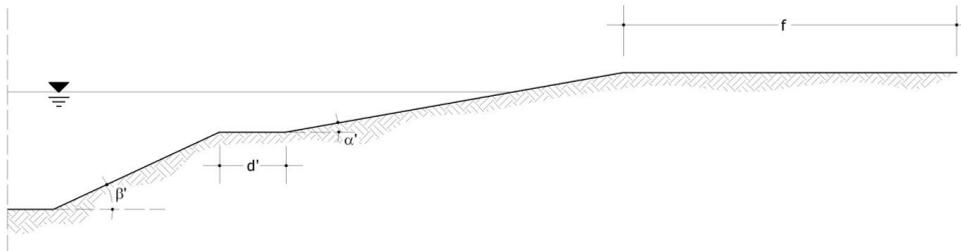


Figura 4-27 Parametri geometrici del gradone e dello scavo a fossa sotto falda

Sopra falda le pendenze delle scarpate, da profilare comunque in condizioni di stabilità geotecnica, derivano da scelte progettuali coerenti con le previste destinazioni d'uso dei siti.

La coltivazione sotto falda si presta bene ad un'automatizzazione delle operazioni: posizionamento del natante, profondità di scavo, operazioni di scarico eventuale, prevagliatura e, soprattutto, trasporto continuo del materiale agli impianti (con nastro, nel caso delle draghe a benna mordente su natante, e con tubazione, nel caso delle draghe a suzione con pompa centrifuga).

Altra prerogativa favorevole delle escavazioni sotto falda è l'abbondanza d'acqua disponibile per le operazioni di lavaggio e classificazione del materiale. Nel caso dello scavo con benna mordente, già in acqua si ha un primo lavaggio, anche se con parziale perdita degli elementi fini sabbiosi.

4.3.5 Cave di pietra ornamentale

I prodotti caratterizzati da forme geometriche e da dimensioni standardizzate dal punto di vista merceologico, come le pietre ornamentali, presentano problematiche specifiche che hanno richiesto la messa a punto di tecnologie assai specializzate.

I metodi di coltivazione per le pietre ornamentali sono vincolati alla dimensione dei volumi elementari costituenti il prodotto finito di cava, rappresentato dal "blocco", e quindi condizionati dalla distribuzione dello stato di fratturazione e dallo stato di qualità dell'ammasso roccioso. L'impatto più importante nella coltivazione delle rocce ornamentali è rappresentato dalle discariche, che possono raggiungere, per "aumento del volume da banco a cumulo", un volume pari a quello coltivato.

Il materiale viene staccato dalla sua posizione originaria mediante il taglio al monte, ricavando bancate di dimensioni variabili da una decina fino a qualche centinaio di metri cubi; le successive operazioni riguardano in genere il ribaltamento delle bancate sul piazzale di cava e la loro riquadratura in blocchi di dimensioni commerciali. Per eseguire queste operazioni si possono utilizzare metodi di coltivazione e tecniche diversi.

La scelta ottimale del metodo di coltivazione è funzione della morfologia degli affioramenti, delle dimensioni del giacimento, dello stato di fratturazione, della collocazione geografica del sito e delle caratteristiche intrinseche del materiale a disposizione. I metodi di coltivazione per le pietre ornamentali utilizzati in Friuli Venezia Giulia sono:

- per fette verticali;
- per platee orizzontali (o poco inclinate) con bancate alte o con gradino basso;
- per squadratura di trovanti.

4.3.5.1 Metodo per fette verticali

Il metodo per fette verticali è adottato nelle fasi iniziali di apertura della cava e comunque nei casi in cui non è consentito lo sviluppo in profondità per limitatezza della risorsa o per particolari condizionamenti. Il giacimento è suddiviso progettualmente in fette verticali, di spessore pari a una delle dimensioni dei blocchi, limitate inferiormente alla quota del piano di piazzale e aventi contorno superiore variabile in relazione al profilo degli affioramenti. Nei casi di pendio ripido, le dimensioni verticali delle fette crescono rapidamente al progredire del fronte, ponendo problemi di perforazione profonda o, in alternativa, costringen-

do ad aprire un livello intermedio. L'estensione areale delle fette è relativamente grande e consente una buona selezione. Se l'accessibilità agli affioramenti è agevole, il ricorso alla perforazione idraulica con attrezzature versatili portate da bracci articolati può rivelarsi una soluzione vantaggiosa rispetto alle comuni "tagliablocchi" che pongono problemi di installazione.

L'utilizzo di una perforatrice idraulica è altresì consigliabile per un migliore controllo della precisione del tracciato dei fori.



Figura 4-28 Fetta verticale di coltivazione di inizio gradone (Cava Avanza, UD)

4.3.5.2 Metodo per platee orizzontali

Il metodo per platee è adottato in genere nelle fasi avanzate di coltivazione, quando la cava assume una configurazione geometrica regolare con disegno a gradoni di altezza costante. Il metodo consente di applicare moduli organizzativi efficienti, caratterizzati da impiego ottimale dei fattori produttivi. Offre inoltre la possibilità di operare con platee multiple, eventualmente articolate su più fronti di avanzamento, per compensare eventuali deficienze qualitative o per adattare prontamente le produzioni ad un aumento della domanda di mercato. Nei metodi di coltivazione per splateamento il giacimento viene progettualmente suddiviso in platee (fette orizzontali o inclinate) secondo superfici subparallele. I piani di divisione in platee, al fine di aumentare la resa in prodotto utile, vengono spesso fatti coincidere con discontinuità della roccia, che possono essere di diverso tipo: diagenetiche (giunti di stratificazione, stiloliti, variazioni petrografiche e di colore, struttura e tessitura); postdiagenetiche (fratturazione, brecciazione, colorazione secondaria). Le platee vengono coltivate in sequenza, oppure contemporaneamente in numero variabile, mantenendo un piazzale di dimensioni adeguate tra i vari fronti in coltivazione; nel primo caso la cava ha un unico gradone, nel secondo presenta più gradoni. Le platee possono essere orizzontali o variamente inclinate ed il loro spessore, che al massimo si attesta intorno ad una decina di metri, viene fissato in base alle caratteristiche del giacimento e delle tecnologie di taglio.

La Figura 4-30 riporta due assonometrie illustranti il metodo per splateamento su due bancate alte, comunicanti con l'esterno mediante rampe di detrito; risultano in coltivazione la prima e la seconda platea, mentre a fronte di un prossimo esaurimento della prima, è in fase avanzata l'apertura della terza; questa ha ancora una configurazione a pozzo (A), che diventa poi a fossa con lo sviluppo della coltivazione (B). Nei giacimenti di calcari privi di giunti di stratificazione, come si riscontra in alcune cave del Carso triestino, le platee vengono definite con superfici orizzontali. La loro altezza viene fissata in funzione della tecnologia, della geometria e delle sequenze di taglio adottate nella coltivazione. Nei giacimenti di calcari stratificati o in banchi le platee vengono delimitate ed orientate sulla base delle giaciture degli strati; in tale caso le platee sono suborizzontali o debolmente inclinate, come nei calcari dei bacini triestini di Aurisina. Tutti i metodi di coltivazione per splateamento sono riconducibili a due principali: quello per grandi o alte bancate e quello per gradino basso. Benché possano ritrovarsi alcune rare eccezioni, nel primo caso il metodo prevede almeno un primo isolamento completo di una bancata che dopo rovesciamento viene suddivisa in blocchi, mentre nel secondo caso il primo volume completamente isolato è il blocco. Tutte le varianti proposte riguardano essenzialmente tecniche o tecnologie impiegate per realizzare i tagli di isolamento.

4.3.5.2.1 *Grandi bancate*

Sono coltivati per grandi bancate sia i giacimenti massivi, sia quelli, in genere di calcare, composti da strati e banchi di spessore medio - grande, da 3 ÷ 4 metri fino a 12 ÷ 15 metri. La soluzione delle grandi bancate consente di ottimizzare le operazioni di selezione attraverso due o più fasi di successiva divisione. Dal monte vengono prima isolati con tagli primari volumi di grandi dimensioni e di forma parallelepipedica, dell'ordine dei 1.000 metri cubi, divisi successivamente con tagli secondari in sottovolumi intorno a 100 metri cubi, dai quali si ottengono infine, con operazioni di taglio, ritaglio e squadratura, i blocchi commerciali aventi volume medio dell'ordine dei 10 metri cubi. Le parti difettose o geometricamente inadeguate vengono scartate ed avviate a discarica o diversamente utilizzate.

Il metodo con bancate alte:

- isola porzioni di roccia consentendo di ridurre i costi unitari di taglio e ripartendo il costo su un volume maggiore;
- permette, dopo il ribaltamento, di ispezionare maggiori superfici, isolando le parti più difettose ed ottimizzando la resa dei blocchi;
- richiede ampi spazi operativi.

Nelle cave dei bacini di Aurisina e di Monrupino, nel Carso triestino, dove i calcari si presentano in strati di grande spessore spesso privi di giunti di strato, le platee hanno un'altezza di 4 ÷ 5 metri; i tagli di base del pannello sono fatti con la tagliatrice a catena, mentre i tagli di testa e di bancata sono realizzati con filo diamantato. Come in altri bacini marmiferi si utilizzano le fratture naturali subverticali quali tagli di bancata; ciò avviene in particolare nel bacino di Aurisina, dove si ha una fratturazione subverticale e parallela. Il metodo prevede, dopo l'apertura di una platea, la delimitazione laterale di pannelli mediante tagli di testa o di attestamento ortogonali al fronte.

La fase iniziale di apertura delle platee, assimilabile alla realizzazione di una trincea o di un canale a partire dal quale si svilupperà poi l'escavazione, incide sensibilmente sia come

costi che come produttività complessiva della cava: operazioni lente, spazi ristretti, con tagli quasi sempre chiusi effettuati con una sola parete a disposizione. I volumi hanno dimensioni modeste in quanto devono essere movimentati e le scarse condizioni di agibilità richiedono particolare attenzione per quanto riguarda la sicurezza degli addetti.

Il pannello di produzione, di altezza pari alla platea, lunghezza massima sul fronte intorno ai quindici metri e profondità di analoghe dimensioni, viene suddiviso in bancate con tagli paralleli al fronte. I tagli di bancata hanno un interasse regolare compreso tra 2 e 4 metri, per garantire una maggiore possibilità di scelta nelle successive operazioni. La bancata, il cui isolamento è stato completato con un taglio di base, viene rovesciata sul "letto di caduta" (cumuli di terra e scarti lapidei opportunamente predisposti al piede), selezionata e ritagliata, separando le diverse qualità di prodotto (blocchi da telaio ed informi) dagli scarti che verranno avviati a discarica.

Nelle cave a pozzo la coltivazione è condotta su un unico livello, le cui platee rappresentano dei sottolivelli in quanto servite dai medesimi impianti di sollevamento. Nelle cave in fossa e nelle cave a mezza costa ciascuna platea rappresenta un livello indipendente di produzione, collegata al piazzale principale mediante rampe. La Cava Romana, originariamente coltivata a pozzo, si è oggi trasformata in coltivazione a fossa, per uno sfruttamento più razionale dei giacimenti.

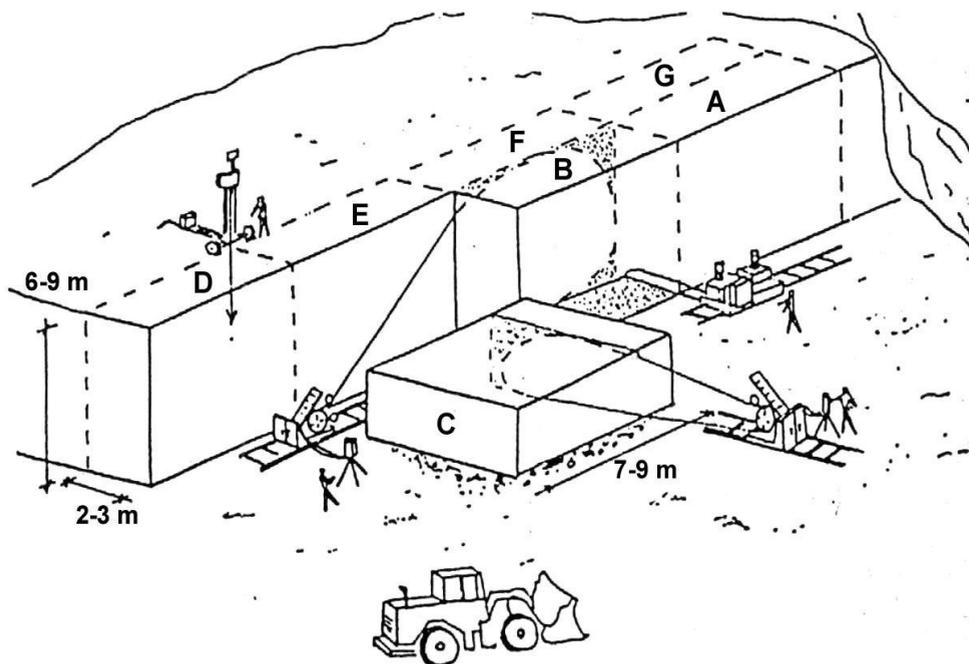


Figura 4-29 Schema di coltivazione per bancata alta (Fornaro et. Al., 2001)

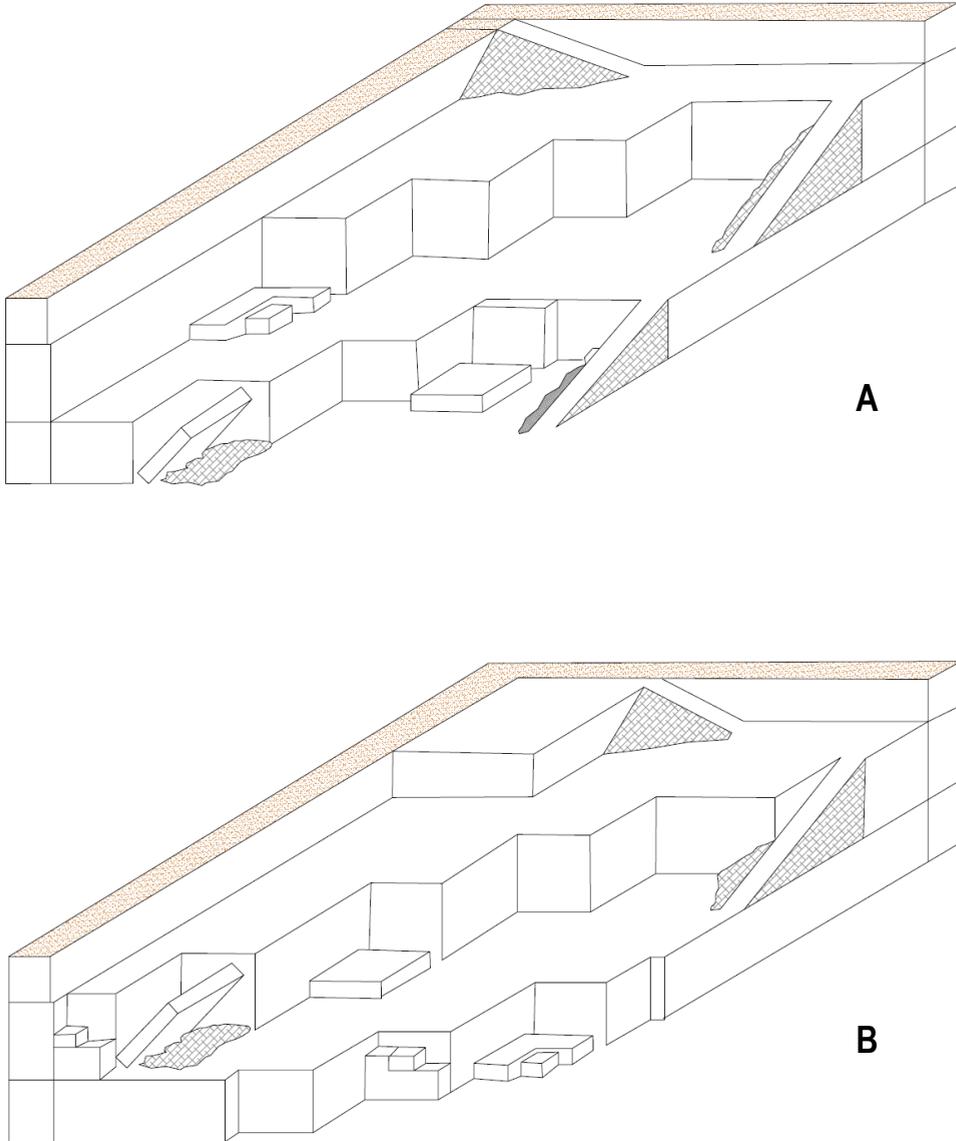


Figura 4-30 Metodo per splateamento su due bancate alte: sviluppo della coltivazione

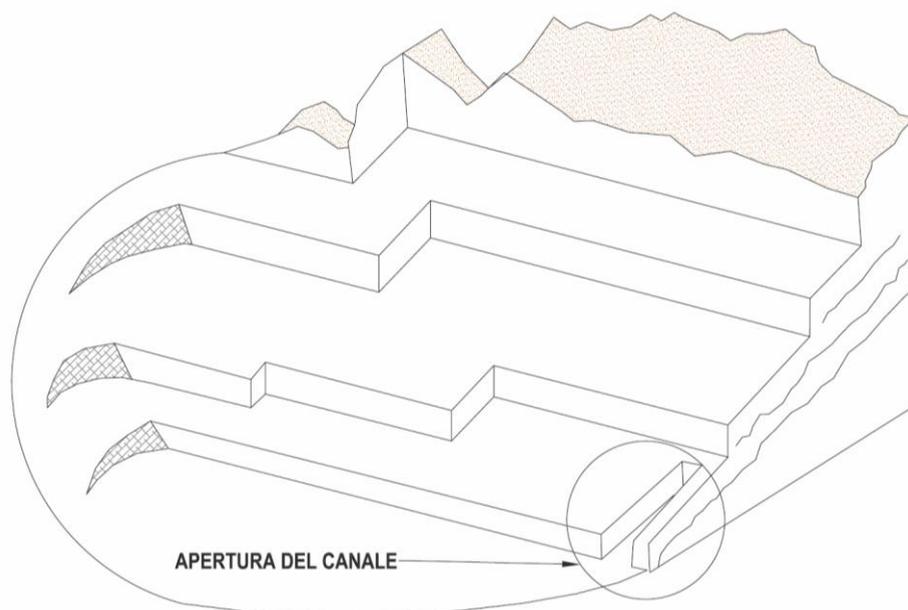


Figura 4-31 Schema della fase iniziale di apertura di una platea mediante la creazione di un canale di attacco



Figura 4-32 Estrazione per gradino alto del marmo di Aurisina: predisposizione del canale di apertura sul livello superiore (Cava Ivere – Romana, TS)

4.3.5.2.2 *Gradino basso*

Il metodo per gradino basso consiste nel ricavare i blocchi di dimensione finale direttamente dal massiccio, senza ricorrere a procedure di divisioni successive. In alcune cave del Carso triestino, dove i calcari presentano una stratificazione massiccia con giunti di strato spesso assenti, il metodo per gradino basso viene applicato eseguendo dapprima un taglio orizzontale mediante tagliatrice a catena e poi i tagli verticali con tagliatrice a filo diamantato.

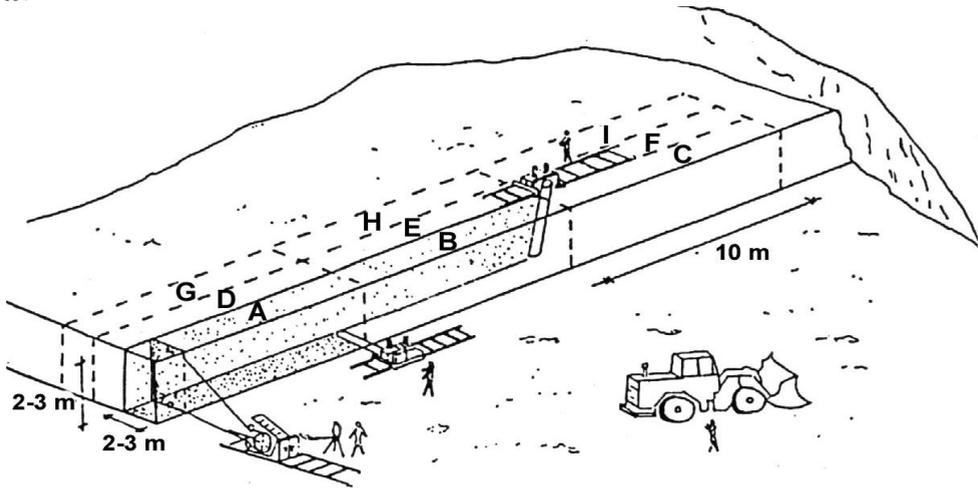


Figura 4-33 Schema di coltivazione per gradino basso (Fornaro et. Al., 2001)



Figura 4-34 Estrazione per gradino basso del Repen Classico Zolla nella Cava Babce Nord (TS)

L'altezza del gradino corrisponde a una delle dimensioni del blocco e lo sviluppo del fronte può essere molto esteso e articolato, soprattutto nel caso di elevati livelli produttivi. Il metodo si presta bene quando il giacimento ha andamento tabulare ed è interessato dalla presenza di piani paralleli suborizzontali di discontinuità. In generale, le coltivazioni a gradino basso sono più flessibili (l'orientamento del fronte può essere più facilmente modificato in relazione a motivi strutturali), consentono il raggiungimento di più elevati livelli di produttività (attraverso incrementi della meccanizzazione e l'adozione di schemi di lavoro più semplici e con caratteristiche di ripetibilità), non comportano l'esecuzione di fasi delicate quali il ribaltamento delle bancate, sono infine preferibili per ragioni di sicurezza (minor esposizione al rischio di cadute con esiti gravi, più accurato controllo della stabilità dei fronti) e di impatto sul paesaggio (ridotta superficie esposta alla vista, più agevoli possibilità di mascheramento, maggiore facilità delle operazioni di risanamento del sito anche nel corso dell'attività estrattiva). Per contro la selezione riesce più difficile e comunque si traduce in un abbassamento importante della produttività, con conseguente spostamento della convenienza verso la soluzione delle grandi bancate. Pertanto la scelta appare obbligata per le rocce caratterizzate da grande eterogeneità qualitativa e strutturale, che richiedono interventi di selezione spinta; le conseguenti ripercussioni negative sul territorio (estese superfici frontali di scavo, scarsa possibilità di esecuzione degli interventi di restituzione dell'area durante lo sviluppo dell'attività produttiva, ingenti volumi di discariche in relazione all'elevata proporzione degli scarti che può giungere fino all'80 % dell'intera massa scavata) rappresentano, d'altro canto, un problema particolarmente importante e di non facile soluzione.

Il metodo per gradino basso:

- è adatto nel caso di giacimenti sedimentari con “strato” di potenza ridotta o, nel caso di rocce magmatiche massive, in presenza di discontinuità suborizzontali abbastanza continue e regolari;
- richiede rocce con buona uniformità ed omogeneità e con una fratturazione ridotta: a parità di volume distaccato, è richiesto un numero più elevato di tagli;
- lascia fronti di scavo più sicuri e più facilmente gestibili durante la fase di attività e di recupero del sito e permette l'impiego di mezzi meno “impegnativi”.

4.3.5.3 Metodi per squadratura dei trovanti

Il metodo è largamente usato dove esistono trovanti di grandi dimensioni, interessati da limitati fenomeni di alterazione. Nel caso si voglia eseguire una riduzione volumetrica o una squadratura in cava si colloca l'esplosivo in un foro da mina centrale, o in più fori quasi sempre eseguiti sulla sommità del masso isolato, cercando di individuare il punto di maggiore suddivisibilità.

Il masso viene così spaccato in porzioni trasportabili al piazzale di cava, che vengono ulteriormente suddivise e squadrate prima del trasporto al laboratorio.



Figura 4-35 Blocchi irregolari di Pietra Piasentina pronti per la valorizzazione finale in laboratorio (Ditta Julia Marmi di Laurino M. e C., UD)



Figura 4-36 Coltivazione per squadratura di trovanti di Pietra Piasentina (Cava Altovizza, UD)

4.3.5.4 Rendimento di una cava di pietra ornamentale

Il metodo di coltivazione adottato ed i mezzi di stacco utilizzati influenzano fortemente i valori di recupero e di resa, i quali essendo necessariamente sempre inferiori all'unità producono infine rendimenti complessivi ancora più bassi.

Si definiscono:

- "recupero minerario", il rapporto fra il volume di pietra estratto ed il volume di materiale lapideo disponibile nella parte di giacimento in coltivazione.
- "resa di bancata", il rapporto fra la quantità utile commerciale, ottenuta effettivamente nello stacco e nella riquadratura (ad esempio blocchi da segazione o lastre a spacco), e la quantità di pietra originariamente staccata dal monte con la bancata.

Il "rendimento della coltivazione di cava" è fornito dal prodotto tra il recupero minerario e la resa di bancata. Ulteriori e non trascurabili perdite di materiale si avranno poi durante le diverse fasi di successiva lavorazione, come la segazione in lastre di vario spessore o il ritaglio in elementi modulari o su misura.

Un ridotto recupero minerario è solitamente dovuto alla necessità di lasciare in posto materiale potenzialmente utile, ma indispensabile per garantire la stabilità geotecnica, globale e locale, degli scavi, sia a giorno (pareti di scarpate e gradonature), sia in sotterraneo (pilastri e solette dei vuoti); soprattutto in quest'ultimo caso, la necessità di strutture in roccia che garantiscano l'autoportanza dei cantieri, in gallerie ravvicinate e con diaframmi interposti, limita già al 60% o poco più il recupero, in relazione evidentemente alla resistenza geomeccanica dei materiali stessi ed alle entità dei carichi litostatici agenti (in pratica alla profondità di scavo).

Quanto alla resa di bancata, oltre che dalle condizioni geostrukturali e di alterazione della roccia presente, essa dipende dalle modalità con le quali avvengono anzitutto lo stacco dal monte e poi la manovra dei volumi, i tagli di riquadratura o gli spacchi per la produzione di elementi commerciali.

4.4 *Tecnologie di coltivazione di cava*

Le tecnologie che possono essere impiegate nella coltivazione di una cava si differenziano dalle tradizionali tecnologie di scavo nella finalità, in quanto nelle attività di cava l'importante non è la realizzazione di uno scavo, cioè la creazione di un vuoto, bensì l'estrazione ed il successivo utilizzo di materiale commercialmente valido.

Implicando lo scavo la rottura del materiale, la scelta delle tecnologie più adatte si basa sull'analisi del comportamento dello stesso sotto sollecitazioni meccaniche. Si è soliti in tal senso distinguere tra:

- "Materiali incoerenti", come sabbie e ghiaie, che oppongono alla rimozione solo il peso e l'attrito; la benna di un escavatore è sufficiente per rimuoverli.
- "Materiali coerenti a comportamento plastico", compatti ma teneri come le argille, che si deformano progressivamente sotto sforzo ben prima che si raggiunga la rottura ed il distacco; in essi si può far penetrare la benna di una macchina di scavo sinché è colma, tagliare il materiale, e quindi asportarne la porzione contenuta nella stessa.
- "Materiali coerenti a comportamento fragile", ossia elastico fino a rottura, che resistono con minima deformazione alle sollecitazioni loro applicate, sinché queste non raggiun-

gono un certo livello, superato il quale vanno in frantumi. È il caso delle rocce dure e compatte, che devono essere ridotte in frantumi dalle intense pressioni derivanti dal brillamento di una carica esplosiva, e quindi trasformate localmente in un mezzo incoerente, per poter essere rimosse.

Le caratteristiche principali del materiale da tenere in considerazione per una corretta scelta della tecnologia di coltivazione sono: le proprietà meccaniche della roccia (resistenza a compressione, trazione e flessione), lo stato di fratturazione dell'ammasso, la densità della roccia e la sua abrasività (importante per prevedere consumi ed usure di parti meccaniche).

La tecnologia di coltivazione è inoltre grandemente condizionata dall'ambiente dove la cava si andrà a sviluppare, potendo avere opzioni molto diverse a seconda se si lavora a cielo aperto o in sotterraneo, sopra falda oppure sotto falda, su un'ampia area pianeggiante o in una ristretta zona acclive.

Nel caso delle coltivazioni all'aperto si hanno poi i condizionamenti legati al clima, ma soprattutto all'impatto ambientale sulle zone circostanti la cava (polveri, rumori, proiezioni). In definitiva, si può dire che la tipologia e la forma del giacimento condizionano la metodologia di coltivazione, a sua volta caratterizzata dai mezzi di scavo scelti in base al tipo di materiale del giacimento ed alle fasi richieste per la sua ottimale valorizzazione.

L'attività di cava è suddivisa in diverse fasi, che assumono aspetti e modalità operative diverse a seconda della tecnologia utilizzata. Le principali fasi individuabili sono:

- abbattimento primario e secondario (eventuale);
- sgombero e trasporto del materiale abbattuto.

I costi unitari in funzione della pezzatura dell'abbattuto risultano crescenti per la fase di abbattimento e decrescenti per la fase di movimentazione (carico e trasporto). La scelta del metodo e delle tecniche di coltivazione è finalizzata pertanto ad ottenere uno schema produttivo di cava con il quale giungere ad ottimizzare i costi di produzione del materiale finito, avendo considerato i costi unitari delle varie fasi di valorizzazione.

4.4.1 Abbattimento primario e secondario

L'operazione ha come finalità il distacco del materiale dalla sua sede e l'eventuale riduzione dello stesso alla pezzatura desiderata, direttamente correlata al caricamento, al trasporto ed alle fasi successive di valorizzazione. A seconda delle caratteristiche della roccia da abbattere e della stessa coltivazione, l'abbattimento avviene mediante uso di esplosivo o di mezzi meccanici:

- per l'abbattimento di rocce più o meno compatte e rocce "abrasive", la tecnologia più utilizzata è quella che prevede l'impiego dell'esplosivo, con il quale si può ottenere un elevato livello di produttività e sicurezza; la tecnologia è tipicamente "ciclica", caratterizzata da fasi ben distinte: perforazione dei fori da mina, caricamento, controllo e brillamento.
- per l'abbattimento di rocce fratturate, incoerenti e coesive, la tecnologia più utilizzata è quella che prevede l'impiego dei metodi di abbattimento meccanico. Nel caso di scavi in roccia fratturata, si distinguono una fase di fratturazione artificiale, cioè di trasformazione della roccia in posto in materiale scavabile, ed una fase di asportazione del detrito prodotto; nel caso di scavi in materiali incoerenti o coesivi si ha un'unica fase di a-

sportazione (si parla di macchine movimento terra e non di macchine di scavo). I principali mezzi meccanici utilizzati nella fase di abbattimento in cava sono:

- Escavatori idraulici;
 - Martelli demolitori montati sul braccio di escavatori ("martelloni");
 - Ruspe con "ripper" (anche con preminaggio);
- per l'abbattimento di materiali incoerenti sotto falda si ricorre a tecnologie specifiche che prevedono l'impiego di dragline e draghe a benna mordente su natante;
- per il taglio e la suddivisione in blocchi trasportabili delle pietre ornamentali si ricorre alla tagliatrice a catena, al filo diamantato e allo splitting dinamico (perforazione + esplosivo).

4.4.1.1 Abbattimento con esplosivo

L'esplosivo viene distribuito entro il volume che si vuole abbattere mediante l'esecuzione di una serie di mine cilindriche, fori caricati con esplosivo e disposti secondo una prefissata geometria a formare una volata.

La prima fase è quindi quella di perforazione e consiste nel praticare dei fori nell'ammasso roccioso in grado di contenere l'esplosivo che viene normalmente utilizzato sotto forma di cartucce cilindriche. La necessità della perforazione deriva dall'esigenza d'introdurre l'esplosivo all'interno della porzione di ammasso roccioso che si intende abbattere, distribuendolo il più possibile lungo il foro da mina, al fine di ottimizzarne il rendimento. L'operazione è eseguita mediante un'attrezzatura detta perforatrice, che pratica i fori da mina attraverso un processo di rotopercolazione di una punta (bit) e di una serie di aste prolungabili.



Figura 4-37 Gradoni plurimi di coltivazione (Cava Entrampo, UD)

La roccia frantumata dall'azione dell'esplosivo (tout-venant) ricade alla base del fronte di scavo e si presenta sotto forma di materiale sciolto con dimensione dei singoli elementi variabile da qualche millimetro fino a blocchi del peso di diverse tonnellate; la Figura 4-38 riporta la schematizzazione di una volata di mine cilindriche subverticali per lo sbancamento di un gradone.

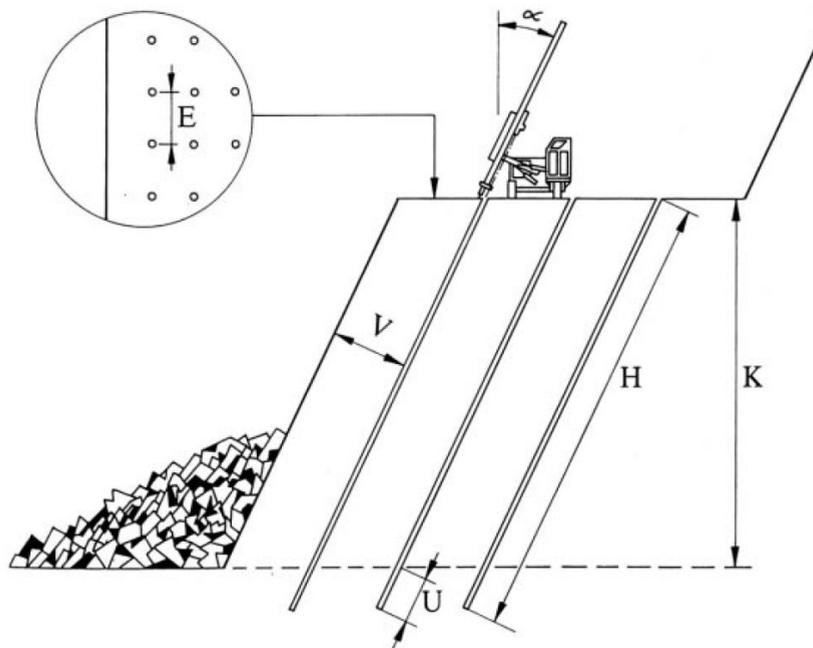


Figura 4-38 Geometria del gradone e schema di perforazione

d = diametro del foro

α = inclinazione del foro

V = spalla d'abbattimento

E = interasse tra i fori

K = altezza del gradone di abbattimento

U = sottoperforazione

H = lunghezza del foro da mina

La scelta della tecnica di perforazione è direttamente correlata alla dimensione della cava ed alla quantità di materiale utile che si vuole estrarre; in genere, al di sotto dei 500.000 metri cubi annui, la scelta tra attrezzature a rotopercolazione con martello a fondo foro (DTH, down the hole) o all'esterno (TH, top hammer) è fatta in base all'organizzazione del cantiere di coltivazione: altezza del gradone, diametro dei fori. Il sistema di perforazione con perforatrice esterna (TH) è in generale vantaggioso (dal punto di vista economico ed operativo) quando la roccia è dura e compatta, i fori sono corti (massimo 10 metri) e di diametro inferiore agli 85 mm. In tutte le altre situazioni, ovvero in presenza di roccia non omogenea, che presenta cavità o vuoti riempiti di materiale sciolto, fori profondi e necessariamente perfettamente paralleli, il sistema con martello a fondo foro è sicuramente la scelta ottimale. In tutti i casi intermedi la scelta del tipo di sistema di perforazione va valutata caso per caso e dipende da molteplici fattori che possono essere pesati anche in modo soggettivo dall'organizzazione di cantiere. La produttività tra le due attrezzature è com-

parabile, risultando pari ad una perforazione media al giorno di 250 metri per la DTH e di 300 metri per la TH. Nel caso vi fosse la necessità di eseguire fori di ridotte dimensioni per motivi ambientali legati alle vibrazioni è praticamente obbligatorio l'uso della TH.

I parametri tecnico – economici principali dell'abbattimento con esplosivo sono: il consumo specifico di esplosivo, o incidenza dell'esplosivo, espresso in chilogrammi per metro cubo abbattuto e di solito differenziato per la carica di fondo e la carica lungo il foro; l'incidenza della perforazione, espressa in metri di perforazione per metro cubo abbattuto.

Nelle cave di materiali carbonatici per uso industriale e di base, il consumo specifico di esplosivo varia tra 0,20 e 0,30 kg/m³; un basso consumo specifico in genere assicura una ridotta produzione di fini all'abbattimento, un contenimento dei costi per esplosivo, un più agevole rispetto dei limiti sulle cariche istantanee delle volate per problemi ambientali; l'incidenza della perforazione varia tra 0,05 e 0,20 m/m³ per una cava di calcare a seconda dell'altezza del gradone.



Figura 4-39 Coltivazione a gradoni subverticali con esplosivo (Cava Entrampo, UD)

Gli esplosivi vengono in genere commercializzati in cartucce (sacchetti di polietilene) lunghe circa 50 centimetri e di diametro compreso tra 50 e 70 millimetri, dopo essere stati omologati dal Ministero competente. Le tipologie impiegate di solito in una cava all'aperto sono di due tipi: una carica di fondo avente maggior potenza (esplosivo polverulento o emulsioni esplosive) ed una carica lungo il foro (ANFO o, nel caso si preveda la presenza di acqua, SLURRY). La distribuzione omogenea della carica esplosiva è ottenuta intervallando generalmente le cartucce di esplosivo primario con quello secondario entro i fori da mina, a loro volta omogeneamente distribuiti entro l'ammasso roccioso che si vuole abbattere. Le mine vengono fatte brillare con l'impiego di microritardi al fine di limitare gli impatti e controllare pericolose proiezioni di materiale durante l'esplosione; queste vengono ulteriormente limitate anche attraverso la configurazione del cumulo in grado di attenuare l'onda di pressione in aria. L'esplosivo necessario per l'abbattimento del materiale, nella quantità massima giornaliera autorizzata dagli uffici competenti, viene in genere consegnato in cava la mattina del giorno d'impiego direttamente dalle ditte fornitrici; oggigiorno risulta infatti poco praticata la scelta di mantenere in cava un deposito (riservetta) di materiale esplosivo, anche se tale soluzione potrebbe rappresentare un vantaggio per

l'ottimizzazione dei cicli di abbattimento, oltre che un significativo contenimento dei costi (soprattutto di trasporto dell'esplosivo stesso). Tutto l'esplosivo consegnato viene utilizzato nell'arco della giornata; eventuali rimanenze vengono distrutte secondo le modalità indicate dalla normativa e dettagliatamente riassunte nell'ordine di servizio per l'impiego degli esplosivi redatto dal Direttore dei Lavori della cava e validato dall'Organo di vigilanza (Servizio Geologico della Regione).

L'impiego degli esplosivi può arrecare all'ambiente tre tipi di disturbo: le sovrappressioni impulsive dell'aria prodotta che si manifestano nell'ambiente sotto forma di rumore e di vibrazioni delle strutture, il lancio di materiale e le vibrazioni indotte nel terreno che risultano essere quelle più critiche (Figura 4-40).

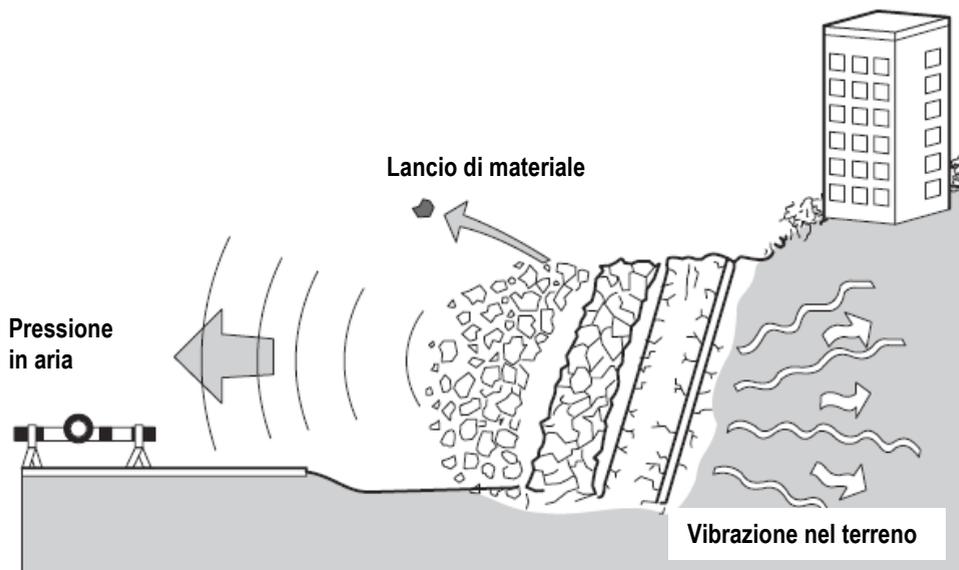


Figura 4-40 Impatti ambientali legati all'uso dell'esplosivo

Un contenimento del fenomeno vibratorio indotto dalle volate nei limiti previsti dalle norme di riferimento può ottenersi attraverso la riduzione delle cariche istantanee esplodenti. Le norme UNI 9916:2004, nel prospetto D1, riportano i valori di riferimento per la velocità di vibrazione al fine di valutare l'azione delle vibrazioni di breve durata sulle costruzioni. Il superamento di questi valori non comporta necessariamente un danno alle strutture ma indica la necessità di eseguire specifiche indagini volte ad approfondire l'effetto delle vibrazioni sulla struttura e la conseguente pericolosità del fenomeno vibratorio. La Figura 4-41 riporta graficamente i limiti del valore della velocità di vibrazione per i diversi tipi di costruzione in funzione della frequenza ed individua anche i livelli di sensibilità umana alle vibrazioni. Un aspetto molto importante legato a queste ultime ed alle sovrappressioni in aria è infatti costituito dalla risposta psicologica degli abitanti le zone urbanizzate intorno alla cava. Per quanto riguarda le vibrazioni, è ben noto che la reazione umana è influenzata da valori delle velocità delle particelle molto inferiori a quelli di soglia definiti dalla Figura 4-41, tanto che paradossalmente si può affermare che l'uomo è molto più sensibile delle strutture. La Figura riporta la reazione dell'uomo alla vibrazione in funzione della frequenza

d'onda; il grafico evidenzia che i valori di soglia relativi all'integrità delle strutture e delle abitazioni sono più elevati della sensibilità umana alle vibrazioni. Quindi, indipendentemente dal rischio di "danno" ai manufatti, la reazione psicologica può comportare reclami e contenziosi giuridici.

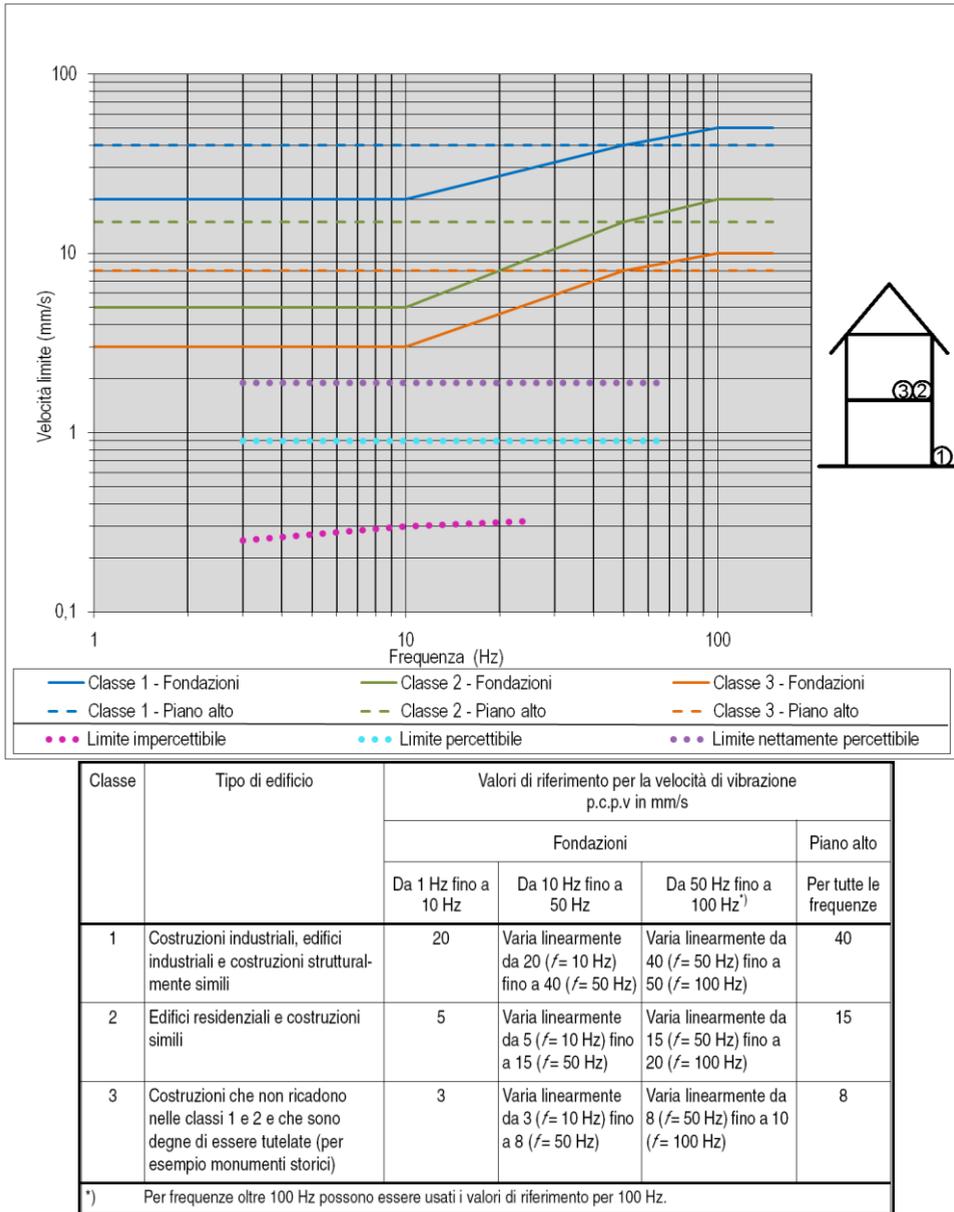


Figura 4-41 Limiti del valore della velocità di vibrazione per diversi tipi di costruzione in funzione della frequenza (UNI 9916:2004 – DIN 4150) e risposta psicologica dell'uomo

4.4.1.2 Abbattimento con mezzi meccanici

I principali mezzi meccanici utilizzati nella fase di abbattimento in cava sono gli escavatori, i martelli demolitori ed i ripper.

Escavatori idraulici. Gli escavatori a benna rovescia, in grado di operare per esempio dal ciglio del gradone, sono le macchine più diffuse nei cantieri di cava, indipendentemente dal materiale coltivato, grazie alla loro versatilità d'impiego; vengono utilizzati soprattutto nelle operazioni preparatorie e nei servizi successivi alla fase dell'abbattimento vero e proprio. Gli escavatori frontali sono invece in qualche caso impiegati direttamente in fase di abbattimento primario.

Pale gommate. Le pale gommate, unitamente agli escavatori, trovano impiego nelle cave in materiale incoerente, o in quelle cave (ad esempio di argilla) dove si rendono necessarie miscele fra i materiali scavati, nell'ambito della stessa cava o di cave vicine; in tale situazione le coltivazioni sono soprattutto di tipo selettivo, suddividendo il fronte nelle sue parti stratigraficamente differenziate ed a composizione mineralogica diversa.

Martelli demolitori idraulici detti comunemente "martelloni". Si utilizzano escavatori idraulici sui quali vengono montati martelloni di vario peso e potenza di colpo in grado di sgretolare la roccia per punzonamento.

Ripper, con o senza preminaggio. Il rippaggio, con profondità di passata solitamente non superiore al metro, procede per pannelli contigui, delle dimensioni indicative di 40 ÷ 50 metri x 80 ÷ 100 metri, così da ottimizzare la movimentazione delle ruspe e l'impiego degli escavatori e delle pale per il caricamento dei dumpers e degli autocarri. Si utilizza in giacimenti di argilla consolidata, marna da cemento e calcare fratturato. Volendo utilizzare il ripper in rocce non sufficientemente fratturate, è necessario un preminaggio (Figura 4-15) eseguito con cariche di esplosivo molto ridotte (consumo specifico intorno ai 50 g/m³), finalizzate ad aumentare il grado fessurativo dell'ammasso roccioso. Lo schema usualmente impiegato prevede una maglia di fori (4 x 4 metri), profondi da 3 a 5 metri con piccolo diametro (40 ÷ 60 millimetri).

4.4.1.3 Abbattimento secondario

È un'operazione in genere necessaria nel caso di abbattimento con esplosivo, al fine di ridurre la pezzatura di eventuali blocchi fuori misura a dimensioni compatibili con i mezzi di caricamento o di trasporto, o, se del caso, a dimensioni tali da essere accettate dalla bocca dei frantumatori primari; per tale operazione si ricorre all'uso del martello demolitore.

4.4.2 **Sgombero e trasporto**

L'insieme delle operazioni che portano all'asportazione del materiale abbattuto con il brillamento delle mine ed al suo allontanamento dal fronte di cava è indicato come "smarino". Le macchine solitamente utilizzate per la fase di sgombero sono l'escavatore idraulico cingolato, in grado di scavare e caricare, e la pala caricatrice gommata; questa è in grado di coprire anche brevi distanze di trasporto con il materiale caricato nella benna, da 100 a 200 metri, oltre che di provvedere al caricamento direttamente su dumpers o autocarri.

L'economicità del trasporto su pala gommata è limitata a situazioni particolari, che comportano la presenza nel suo raggio d'azione di:

- un frantoio mobile, in grado di mantenere la distanza dal fronte dell'impianto, in ogni configurazione di coltivazione, piuttosto limitata;
- un fornello di gettito, laddove le condizioni morfologiche e le caratteristiche della coltivazione consentono di sfruttare la differenza di quota (e dunque la forza di gravità), per portare il materiale dal piazzale di cava all'impianto di frantumazione primaria.

Il frantoio primario, nel caso di fornello di gettito, può essere collocato sul piazzale di cava, o in una camera sotterranea posta alla base dello stesso e collegata con l'esterno da una galleria. È buona norma operare in modo che il fornello risulti sempre pieno, con formazione di un cumulo di materiale, al fine di evitare un'ulteriore comminazione dello stesso dovuta al suo rotolamento nel fornello.



Figura 4-42 *Frantumazione primaria sul piazzale di cava in corrispondenza del fornello di gettito (Cava La Mata, PN)*

Il conferimento all'esterno del materiale del cumulo polmone avviene mediante un nastro trasportatore, caricato mediante alimentatori posizionati entro un tubo di adeguata portata. La scelta del fornello di gettito è certamente la più efficiente e sicura, in quanto comporta minori impatti e costi di esercizio più contenuti (a fronte, tuttavia, di più forti investimenti iniziali). Il tout venant, tuttavia, viene il più delle volte caricato su dumpers o autocarri per il successivo allontanamento su strada. Il trasporto interno alla cava risulta generalmente affidato ai dumpers, che portano il materiale abbattuto al frantumatore primario, percorrendo le piste di arroccamento con caratteristiche geometriche adeguate: pendenza non troppo oltre il 10% e larghezza minima 4 metri. Quando la frantumazione avviene invece in un

impianto di lavorazione esterno all'area di cava, il materiale viene trasportato su autocarri stradali bilici, con portata netta compresa tra 30 e 40 tonnellate.

In talune situazioni, dove vi sono notevoli dislivelli e distanze dell'ordine di qualche decina di chilometri, vengono utilizzate teleferiche; distanze limitate ma pur sempre ragguardevoli (dell'ordine della decina di chilometri al massimo), possono essere direttamente superate da nastri trasportatori.

Tutti questi sistemi possono essere variamente associati, a seconda delle necessità tipiche di ogni situazione.

4.4.3 Scavo sotto falda

I mezzi di scavo per l'estrazione di materiale alluvionale sotto falda sono di diverso tipo, e le loro possibilità di utilizzo sono vincolate dalle profondità di scavo raggiungibili e dalla produttività dei mezzi stessi nelle condizioni in cui si trovano ad operare. Qualunque sia la macchina impiegata, il controllo morfologico del fondo del lago può essere oggi effettuato per mezzo di ultrasuoni, grazie ai quali è possibile anche ottenere il rilievo del fondale collegando l'ecoscandaglio ad un computer di bordo. Le macchine più frequentemente utilizzate sono il dragline mobile e la draga a benna mordente.

Dragline mobile. La benna, mobilizzata per mezzo di due funi metalliche, una di sospensione sul braccio reticolare ed una di trazione, è lanciata dall'operatore il più lontano possibile dal ciglio; viene poi ritirata, come "scraper" che raschia sul fondo della fossa, raccogliendo il materiale e risalendo lungo la sponda, che ha generalmente un'inclinazione modesta (Figura 4-43). Si tratta di una macchina robusta, i cui principali materiali di consumo, la benna e le funi, possono essere sostituiti con estrema facilità. L'escavazione può essere oggi controllata con l'aiuto della tecnologia satellitare GPS: un sistema di guida consente di visualizzare graficamente sullo schermo dell'operatore la posizione della benna rispetto alle quote progettuali, nonché di controllarne il movimento rispetto al piano inclinato del piede di scarpata (Figura 4-44).

Draga a benna mordente. È una macchina utilizzabile per profondità anche elevate, ed è costituita da una benna mordente da 4 a 15 metri cubi, montata su una struttura galleggiante (strutture a carro ponte, oppure a falcone) (Figura 4-45). La produzione è realizzata per mezzo della benna bivalve, che viene immersa nel lago aprendosi a 180° prima di toccare il fondo (con una certa energia) e venendo richiusa (a mezzo di funi di servizio o, in certi modelli più grandi e moderni, idraulicamente) per poter poi essere estratta piena di materiale; questo viene scaricato dalla stessa benna in una tramoggia di carico che alimenta un sistema di nastri trasportatori galleggianti, per mezzo dei quali il materiale è convogliato fino alla sponda. La tramoggia di carico è spesso dotata di un impianto di selezione di testa (griglia a ponte levatoio), che impedisce ai massi di dimensioni eccessive di essere portati a terra insieme con il tout venant; questi saranno fatti scivolare ed accumulati su "bettoline" di servizio e poi eventualmente reimmessi nel lago nelle zone in cui la coltivazione è esaurita. Lo scavo prevede la metodologia per frana controllata, in cui il materiale viene asportato localmente in modo da rendere instabile la stessa scarpata che, franando, fornisce così nuovo materiale da estrarre; il pericolo maggiore di questo sistema è rappresentato dall'incagliamento della benna, che può rimanere intrappolata dal materiale franato.



Figura 4-43 Cantiere di estrazione sotto falda: dragline con benna da 6 m³ (produzione 150 m³/h), escavatore idraulico a benna diritta e dumper (Cava Foss Omblar, GO).

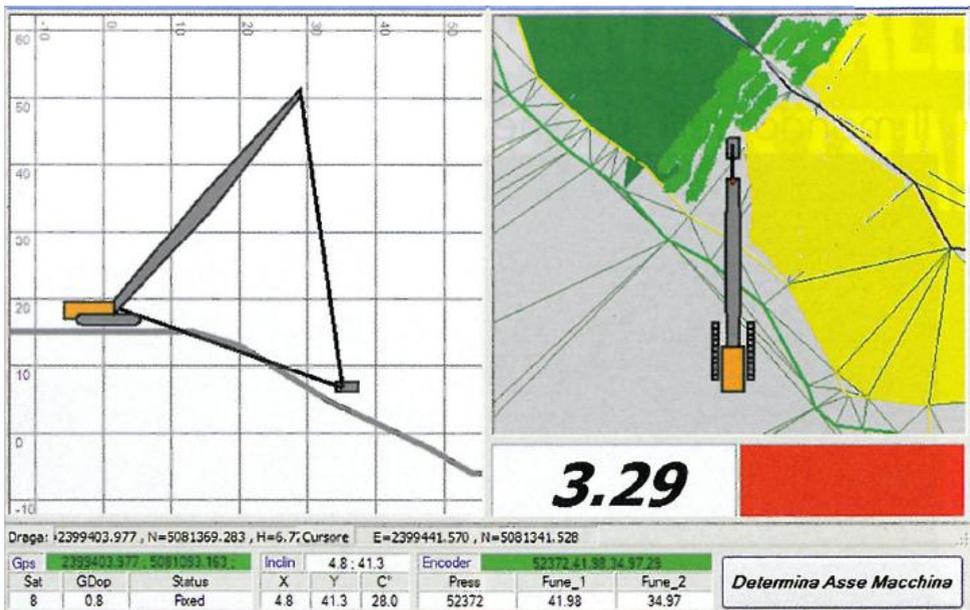


Figura 4-44 Controllo computerizzato della fase di dragaggio: aree in cui si deve ancora intervenire (in giallo) ed aree già completate alla quota di progetto (in verde) (Palchetti E., 2009)



Figura 4-45 Draga a benna mordente a cavalletto (Cava Tamburlini, UD)

4.4.4 Pietre ornamentali

Il ciclo di produzione in cava è composto da una serie di attività che si svolgono in cascata su volumi di roccia via via più piccoli, fino a raggiungere le diverse categorie di blocchi commerciali. Tali attività sono essenzialmente costituite da taglio, movimentazione e trasporto.

Dopo l'eventuale scoperta, le prime attività constano in una serie di tagli successivi, nella maggior parte dei casi non intervallati da alcuna fase di movimentazione, che portano al completo isolamento di un volume di roccia, di dimensioni variabili nei diversi metodi, che subisce una prima fase di movimentazione, spostamento, o rovesciamento.

Esso viene quindi sottoposto al ritaglio, ed i blocchi e gli scarti così ottenuti vengono trasportati ed avviati i primi ad un'ulteriore eventuale regolarizzazione (riquadatura), oppure al parco blocchi tal quali, ed i secondi in discarica.

Nelle diverse fasi vengono utilizzate tecnologie e tecniche per lo più specifiche del settore, riportate nella Figura 4-46 per il caso di una cava di marmo.

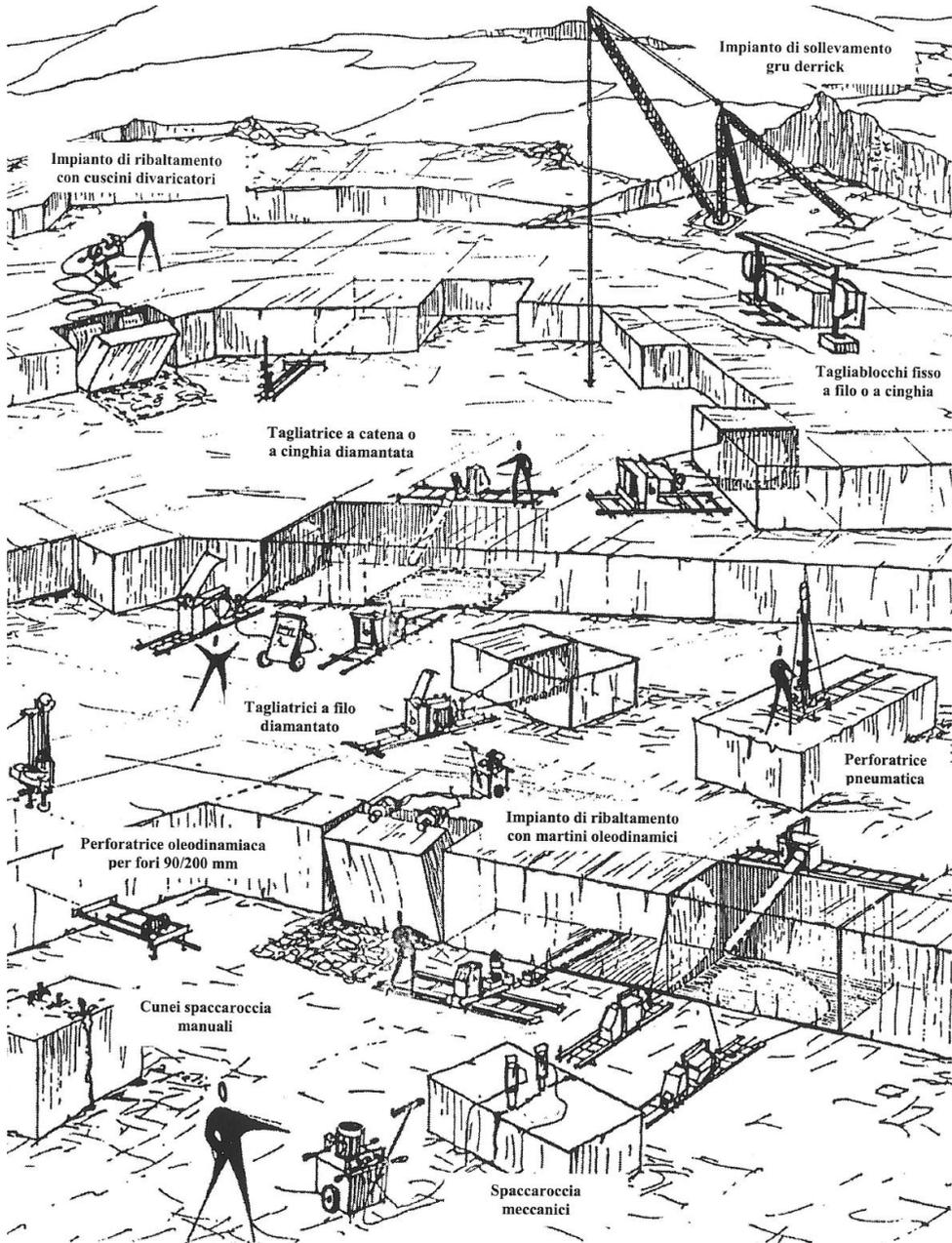


Figura 4-46 Principali tecnologie impiegate nelle cave di marmo (Fornaro et. Al., 2001)

4.4.4.1 Tecnologie di taglio

Il taglio della roccia, in dipendenza delle caratteristiche di questa, nonché di quelle del giacimento, viene oggi effettuato con i seguenti mezzi:

- tagliatrice a filo diamantato
- tagliatrice a catena
- splitting dinamico (perforazione + esplosivo)

4.4.4.1.1 *Tagliatrice a filo diamantato*

La tagliatrice a filo diamantato fu messa a punto originariamente come impianto stazionario destinato in alternativa alle tecniche di riquadratura dei blocchi. Alla fine degli anni Ottanta iniziò la sua affermazione nel ritaglio dei blocchi e nel taglio al monte dei marmi di Carrara, con l'adozione della tecnica a cappio. Si estese quindi via via a tutte le rocce ornamentali per arrivare infine anche ai graniti.

Il filo diamantato, l'elemento tagliante della tagliatrice, viene disposto secondo un circuito chiuso attorno alla sezione da tagliare ed irrorato con acqua per il raffreddamento durante il taglio. La disposizione a circuito chiuso è resa possibile dalla preliminare perforazione di due fori complanari che si intersecano, aventi diametro compreso tra 60 e 200 millimetri, entro ai quali il filo viene fatto passare, per poi essere chiuso ad anello (il "cappio"). Durante l'esecuzione del taglio il filo riceve e mantiene una tensione costante grazie alla progressiva traslazione della macchina, da cui riceve il moto, che può scorrere su binari ad essa sottostanti. Una tagliatrice può operare con tutte le angolazioni e secondo modalità variabili, in funzione del tipo di taglio da eseguire (Figura 4-47 e Figura 4-48).

Il filo diamantato è composto da: un cavo d'acciaio inossidabile, del diametro di 5 millimetri, avente il compito di assorbire le sollecitazioni statiche e dinamiche e di sostenere le perline diamantate, di forma cilindrica e diametro esterno di circa 10 millimetri, che provocano il taglio (Figura 4-49). Le perline sono di due tipi: elettrodepote e sinterizzate, e vengono tenute tra loro distanti mediante la frapposizione di elementi elastici (in genere molle per i marmi e resine termoplastiche per i graniti), che hanno il compito di ammortizzare gli urti e le variazioni di attrito che si manifestano su di esse in fase di lavoro.

I principali impieghi della tagliatrice a filo diamantato sono: taglio primario, ritaglio e riquadratura. Impiegando il filo sui marmi si ottengono i seguenti valori di produzione media (Primavori, 1999):

- dimensione del taglio primario: da medio-basso ($20 \div 50 \text{ m}^2$ fino a $100 \div 150 \text{ m}^2$ per arrivare fino a 350 m^2) in funzione della metodologia di coltivazione impiegata;
- potenza di macchina: $50 \div 70 \text{ HP}$ utilizzando un filo con un numero di perline di $28 \div 34$ per metro che opera ad una velocità di $30 \div 40 \text{ m/sec}$;
- produzione media: $6 \div 12 \text{ m}^2/\text{h}$ con picchi di $13 \div 15 \text{ m}^2/\text{h}$;
- durata media del filo: $20 \div 50 \text{ m}^2$ per metro di filo; l'intero filo viene mediamente sostituito ogni 500 m^2 ed utilizzato per riquadrare;
- durata media della singola perlina: 1.500 m^2 di taglio;
- consumo di acqua: circa 40 litri /min ;
- spessore del taglio: 1 cm .



Figura 4-47 Taglio verticale con filo diamantato (Cava Pramosio, UD)



Figura 4-48 Taglio orizzontale con filo diamantato (Cava Avanza, UD)



Figura 4-49 *Perline per marmo (Cava Avanza, UD)*

4.4.4.1.2 *Tagliatrice a catena*

Le prime esperienze di utilizzazione delle tagliatrici a catena con utensili in carburo di tungsteno, derivate da quelle impiegate nella coltivazione del carbone, avvennero alla fine degli anni Sessanta nei marmi colorati.

La tagliatrice a catena sfrutta l'incisione di una roccia a mezzo agente abrasivo, analogamente alla tagliatrice a filo diamantato; l'agente abrasivo è costituito da utensili taglienti, facenti parte di una *catena* disposta sul braccio di una macchina a motore elettrico. Il taglio, la cui lunghezza è molto maggiore della profondità limitata dalla lunghezza del braccio, si consegue facendo penetrare e traslare nella roccia secondo un piano prescelto il braccio, sul cui perimetro scorre la catena con i suoi utensili. L'intera macchina può scorrere su binari e, grazie alla mobilità del braccio, permette tagli in tutte le direzioni. Il sistema necessita della presenza di acqua per la refrigerazione e l'allontanamento dei detriti prodotti.



Figura 4-50 Tagliatrice a catena nella Pietra Piasentina (Cava Tarpezzo, UD)



Figura 4-51 Tagliatrice a catena per il taglio al monte e alla base su gradino basso (Cava Avanza, UD)



Figura 4-52 Utensili di taglio della tagliatrice a catena (Cava Avanza (UD))

La catena è formata da maglie che scorrono sul braccio di lunghezza variabile, ma in genere non superiore ai 4 metri, dotate di appositi settori dove vengono fissati gli utensili per il taglio della roccia in carburo di tungsteno, tramite bulloni che consentono un periodico smontaggio per la rotazione e l'inversione, onde sfruttare tutte le superfici taglienti (Figura 4-52).

La tagliatrice a catena viene impiegata esclusivamente nel taglio primario dei marmi, che può essere affrontato con qualunque inclinazione, mentre non viene usata per la riquadratura dei blocchi. Le condizioni ottimali di lavoro si hanno quando la roccia è poco fratturata ed ha una buona omogeneità tessiturale.

Per avere una soddisfacente resa produttiva, data l'incidenza sul tempo totale di lavoro delle fasi di approntamento e di inizio del taglio, la tagliatrice a catena deve operare su tagli piuttosto lunghi, arrivando, nelle cave che lo consentono, ad eseguire tagli continui su decine e decine di metri, dotati di regolarità e di buona planarità delle superfici.

Nella metodologia a gradoni bassi (fino a 3 metri), dove si possono conseguire una geometria ed un'architettura molto regolari, la tagliatrice a catena trova applicazione tanto nei tagli verticali come in quelli orizzontali, permettendo spesso di estrarre, in vantaggiosa combinazione con le tagliatrici a filo diamantato, il blocco di dimensioni commerciali direttamente con il taglio primario.

Nell'impiego della tagliatrice a catena sui marmi si ottengono i seguenti valori di produzione media (Primavori, 1997):

- produzione oraria: da 2 a 10 m²/h;
- consumo d'acqua: 40 ÷ 50 litri/min;
- consumo di energia: circa 65 kW/h;
- spessore del taglio: 4 cm.

4.4.4.1.3 *Splitting dinamico: perforazione + esplosivo*

La tecnica prevede: la perforazione della roccia con perforatrice tipo TH, eseguendo dei fori allineati e ad una certa distanza l'uno dall'altro, il caricamento dei fori in genere con esplosivo di *tipo detonante*, confezionato in cartucce di piccolo diametro, che garantisce un'esplosione più rapida e quindi uno stato di sollecitazione più uniforme, ed il brillamento. L'esplosivo determina il superamento della resistenza a trazione della roccia, con rottura definitiva secondo le superfici prescelte coincidenti con il piano medio dei fori (Figura 4-53). La tecnica richiede che il piano dei fori sia parallelo ad una superficie libera, per evitare la generazione di fratture radiali al foro che diminuiscono la qualità del materiale. I diametri più comuni per i fori sono intorno ai 32 millimetri; le distanze tra essi, dipendenti dal tipo di roccia, sono mediamente comprese tra i 15 ed i 40 centimetri. I fori devono soddisfare le condizioni di rigoroso parallelismo e complanarità, onde ottimizzare l'azione dell'esplosivo. È necessario definire i valori ottimali della distanza tra i fori quale compromesso tra l'esigenza di assicurare risultati tecnici soddisfacenti, anche in termini di precisione del taglio, e la necessità di contenere i costi di perforazione che rappresentano una voce importante.



Figura 4-53 *Utilizzo dello splitting dinamico nel Repen a Monrupino (Cava Babce Nord, TS)*

4.4.4.2 Riquadratura dei blocchi

Dopo il distacco dal monte il blocco deve essere spostato e, nel caso della coltivazione per bancate alte, ribaltato, per poterlo sottoporre al ciclo di lavorazioni previsto nella cava. Il ribaltamento è ottenuto mediante mezzi meccanici di adeguata potenza, come i martinetti idraulici ed i cuscini pneumatici. Il ribaltamento costituisce uno strumento di prima valutazione dell'integrità del blocco.

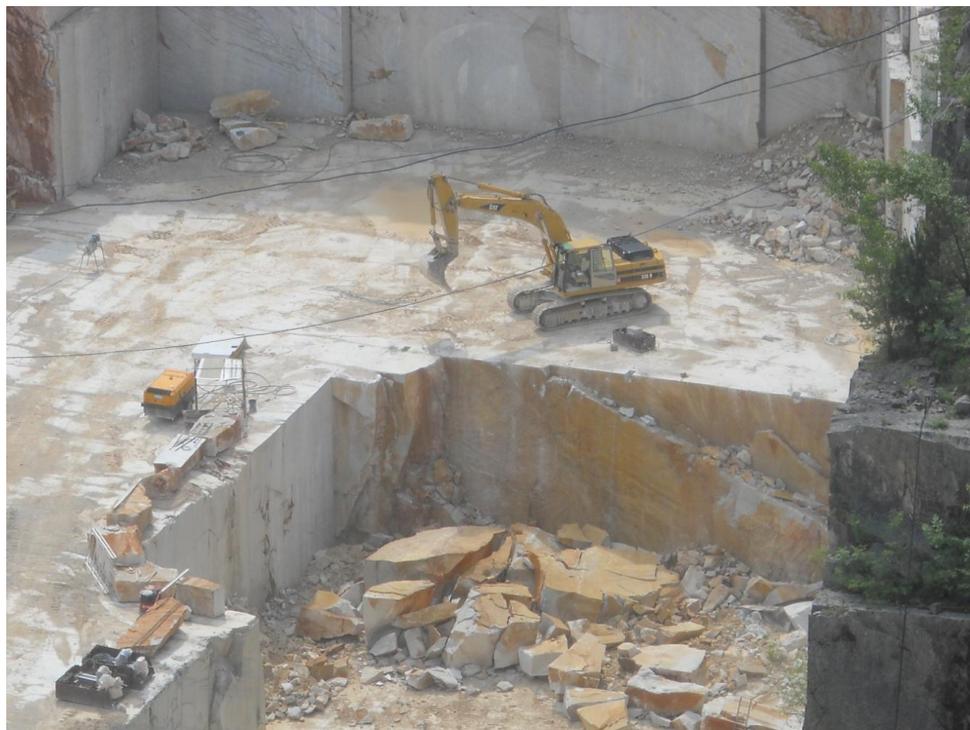


Figura 4-54 Effetto di un ribaltamento in materiale altamente fratturato (Cava Ivere – Romana, TS)

Le lavorazioni di cava si concludono con la riquadratura, mediante la quale il materiale estratto viene ridotto in blocchi di dimensioni commerciali; si considerano in tal senso ottimali i blocchi aventi un peso massimo pari al carico dell'autocarro (24 tonnellate) che li trasporta alle successive lavorazioni in laboratorio.

I blocchi si distinguono in blocchi informi, se la loro conformazione non è stata resa geometricamente regolare; blocchi squadrati, se la loro conformazione è stata ridotta ad una forma geometrica tendenzialmente parallelepipedica; blocchi squadrati standard da telaio, se sono stati squadrati in dimensioni ottimali per essere lavorati (segati) al telaio con buon rendimento.

La riquadratura può essere eseguita in vari modi con il filo diamantato, con puncioti, con telai monolama, con tagliablocchi a dischi diamantati a grande diametro, con spaccarocce pneumatici.



Figura 4-55 Fase di ribaltamento (Cava Pramosio, UD)



Figura 4-56 Riquadratura con filo diamantato (Cava Avanza, UD)

4.4.4.3 Tecnologie di movimentazione

La movimentazione nelle cave di pietra ornamentale riguarda tutte le manovre di carico, scarico, sollevamento e spostamento dei materiali estratti e delle macchine di taglio. Le attrezzature oggi più utilizzate sono le pale cariatrici gommate e gli escavatori idraulici cingolati (Figura 4-57, Figura 4-58 e Figura 4-59). Nelle cave di pietra dove la morfologia rende problematico un accesso tradizionale tramite rampe si utilizza la gru derrick; questa attrezzatura richiede un'installazione fissa, la cui collocazione deve essere scelta considerando attentamente lo sviluppo previsto della coltivazione e le condizioni geomeccaniche e geostatiche delle fondazioni e dell'area a queste circostanti (Figura 4-60 e Figura 4-61).



Figura 4-57 *Movimentazione mediante escavatore cingolato (Cava Pramosio, UD)*



Figura 4-58 Pala gommata ed escavatore a benna rovescia per la movimentazione dei blocchi di cava (Cava Carlo Skabar, TS)



Figura 4-59 Pala gommata dotata di forche per il trasporto dei blocchi di cava (Cava Avanza, UD)



Figura 4-60 Movimentazione mediante gru derrick (Cava Petrovizza, TS)



Figura 4-61 Movimentazione mediante gru derrick (Cava Altovizza, UD)

5. IL RECUPERO AMBIENTALE DELLE CAVE

5.1 Premessa

L'attività estrattiva per sua natura arreca all'ambiente ed al paesaggio dei danni che devono essere mitigati attraverso opportune attività di risistemazione ambientale, da effettuarsi sia durante che al termine dell'attività di coltivazione mediante il recupero ambientale; questo consiste nel reinserimento dell'area dove la cava si sviluppa nel contesto paesaggistico – ambientale in cui è ubicata.

Le finalità del recupero possono essere quelle di riportare l'uso del suolo allo stato precedente l'inizio della coltivazione (ripristino), oppure di migliorare l'area di coltivazione attraverso interventi che, favorendo la ripresa della vegetazione caratteristica (autoctona) dell'ambito territoriale dove è inserito il sito e, più in generale, degli equilibri naturali in precedenza alterati, producano un assetto finale tale da poter essere vantaggiosamente reinserito nel sistema territoriale e nel contesto ambientale previsto dalla vigente normativa (recupero). Il recupero ambientale si attua anche attraverso la "sistemazione" e la "rinaturalizzazione" dell'area di cava.

La sistemazione viene attuata anche contestualmente con la fase estrattiva, al fine di predisporre il sito, dal punto di vista morfologico ed idrologico, ad un recupero finale idoneo a garantire la stabilità dei luoghi e la sicurezza ambientale, lasciando il terreno utilizzabile e non degradato.

La rinaturalizzazione riguarda gli interventi di sistemazione della superficie di cava, al fine di consentire su di essa una rapida, ma controllata, azione degli agenti naturali (fisici, chimici e biologici), ridando un aspetto più naturale a scavi e riporti effettuati dall'uomo.

Il recupero ambientale dovrà in genere conferire all'area interessata dal progetto un assetto paesaggistico, vegetazionale ed ecologico che ne permetta il corretto reinserimento sul territorio, con riferimento ai previsti criteri di tutela idrogeologica e paesaggistica.

I lavori di recupero ambientale sono perciò finalizzati a garantire nel più breve tempo possibile la sicurezza dell'area di progetto e dell'ambiente circostante, e la ricostruzione di un andamento morfologico dell'area adeguato al contesto ambientale ed ai suoi futuri utilizzi.

È evidente che un'attività estrattiva a cielo aperto comporta un impatto sul territorio, visto che ne modifica la morfologia in maniera permanente e ne altera, in maniera temporanea, la qualità ecosistemica e paesaggistica. Al fine di minimizzare l'impatto dell'attività di cava, il progetto di coltivazione deve essere studiato in modo da permettere un recupero ambientale del sito interessato mentre le operazioni di coltivazione mineraria sono ancora in corso, possibilmente con l'impostazione del cantiere per "fette orizzontali discendenti". Le aree interessate dalla coltivazione e dal contestuale recupero ambientale di progetto si dovranno sviluppare in maniera tale da presentare una sostanziale uniformità nel tempo, in modo da assicurare la minimizzazione dell'impatto ambientale sul territorio pur nella corretta gestione tecnica del giacimento.

Gli obiettivi prioritari da perseguire nella progettazione devono essere i seguenti:

- mitigare nel più breve tempo possibile l'impatto che i lavori di escavazione produrranno sul paesaggio;

- controllare e limitare l'erosione superficiale del versante ripristinato dovuta allo scorrimento superficiale delle acque meteoriche;
- accelerare e favorire i processi naturali di ricolonizzazione erbacea, arbustiva ed arborea;
- ripristinare le condizioni ambientali favorevoli alla riattivazione dei flussi biologici e trofici dell'ecosistema.

Le specie vegetali impiegate, da scegliere in base ad uno specifico studio vegetazionale ante opera eseguito da esperti agronomi e forestali, dovranno essere compatibili con le condizioni stazionali e pedogeologiche della zona ove si situa la cava. È consigliabile inserire, oltre a quelle autoctone che costituiscono il soprassuolo originario più evoluto, anche specie che presentano particolari attitudini, pioniere in grado di colonizzare rapidamente substrati con ridotta fertilità sviluppando velocemente un apparato radicale atto a trattenere il terreno, e dotate di un'elevata capacità vegetativa che permetta di creare in tempi brevi una sufficiente copertura. Il progetto di recupero naturalistico, la cui esecuzione sarà graduale e congiunta con i lavori estrattivi e con l'esaurirsi delle varie fasi di coltivazione, dovrà interessare tutta la superficie della cava, sia i versanti, sia il piazzale finale. Lo scopo è quello di produrre una continuità con l'aspetto paesaggistico della zona e conferire stabilità bioecologica all'ambiente nel medio - lungo termine. Operando per gradi ed in successione cronologica il risultato potrà essere raggiunto, in quanto eventuali fallanze potranno essere rimarginate con interventi successivi già durante lo sviluppo dell'attività estrattiva. Per quanto riguarda la sicurezza dell'area, dovrà essere garantita dalle scelte di coltivazione, prevedendo fronti autostabili. Il terreno verrà sistemato con livellamenti e pareggiamenti, e raccordato alla morfologia circostante senza l'inserimento di aspetti nuovi, evitando così il più possibile turbative di carattere paesaggistico.



Figura 5-1 Recupero ambientale di una cava di pianura in cui si riconoscono le fasi di recupero consolidato (a destra) e recente. Il recupero ha completamente cancellato la fase di coltivazione (Cava Inerti Avianese, PN)

5.2 Tipologie di recupero

Un recupero dell'area di cava diverso da quello a verde potrà essere contemplato nel progetto, ma solo come soluzione alternativa.

La tipologia di recupero comporta la scelta della destinazione d'uso finale e pertanto deve risultare conforme agli strumenti urbanistici e paesaggistici vigenti; essa dovrà essere fatta avendo attentamente considerato: le caratteristiche del sito e delle aree circostanti (aspetti geologici, morfologici, idraulici, biologici, paesaggistici, economici, sociali), le aspettative del proprietario, del gestore, dell'Amministrazione e della collettività.

Le tipologie di recupero si possono così suddividere.

- A. Restituzione alla funzione originaria. È una delle scelte più diffuse ed apprezzate, visto che il paesaggio ed il territorio vengono restituiti all'ambiente conferendo loro le stesse funzioni che avevano prima (agricola, agroforestale).
- B. Recuperi naturalistici. Questa tipologia, che si adatta teoricamente a tutte le condizioni morfologiche, pedologiche e di localizzazione, comprende tutti quei recuperi il cui scopo è quello di ricreare un ambiente naturale con la formazione di una copertura vegetale naturale o seminaturale, stabile ed autoportante, che si adatti all'ecosistema circostante, nel quale poi dovrebbe confluire, amalgamandosi, instaurando un habitat favorevole alla fauna stanziale e di passo. I recuperi naturalistici richiedono tempi lunghi di attuazione ed una conoscenza approfondita dell'area e delle relazioni ecologiche esistenti, al fine di ricreare condizioni ecologiche locali stabili ricorrendo a specie vegetali autoctone. L'ottenimento di buoni risultati richiede infine un'ottima organizzazione dei lavori, sia in fase di scotico che di recupero ambientale, con una scrupolosa gestione di tutto il materiale pedologico esistente.
- C. Recuperi a fini agricoli. In caso di assenza di vincoli di tipo naturale o economico-sociale in grado di limitare la produzione agricola, si può prevedere uno sviluppo di tipo agricolo consistente in genere in un riuso del terreno attraverso la realizzazione di una risistemazione fondiaria ed idraulica che riconnettano efficacemente il sito al territorio circostante. L'organizzazione del prelievo e della conservazione dello strato di materiale pedogenizzato risulta meno vincolante che per la destinazione naturalistica, non essendo richiesta una particolare ricostruzione in orizzonti, bensì uno spessore di terreno adeguato alle esigenze agronomiche che può essere raggiunto anche con l'impiego di materiale alloctono. L'adattabilità della tipologia al sito dovrà essere preventivamente verificata attraverso lo studio dei fattori microambientali, sia quelli di tipo chimico (presenza di microelementi tossici per le piante o per gli animali, presenza elevata di sali, presenza di pH estremi), sia quelli di tipo fisico (quote, pendenze elevate, pietrosità e tessitura anomale, potenza limitata degli strati, capacità di accumulo di riserve idriche limitate). È evidente infine che si dovrà valutare la sostenibilità economica dell'azienda agricola.
- D. Recuperi a fini forestali. La tipologia è finalizzata a ricreare un ambito naturale o seminaturale stabile, attraverso interventi estensivi in grado di costituire una struttura vegetale capace di una produzione legnosa, o perlomeno di assicurare una copertura permanente del suolo. Il substrato pedogenizzato, di provenienza locale (raccolta, conservazione, utilizzo), deve essere presente in quantità adeguata allo sviluppo di

- soprasuoli arborei. Rispetto alla finalità naturalistica, quella forestale consente una maggiore libertà nell'uso delle specie.
- E. Recupero dei luoghi per scopi sociali e ricreativi. Richiede un processo di pianificazione territoriale ed urbanistico degli interventi unito, possibilmente, alla prossimità di centri abitati o vie di comunicazione principali, in modo da poter destinare le aree estrattive ad un impiego ludico, come parchi, giardini o attività sportive e ricreative in generale. L'area estrattiva deve assicurare un'assoluta stabilità a lungo termine ed una morfologia che consenta il riuso a fini ricreativi in totale sicurezza.
- F. Recupero a fini produttivi o infrastrutturali. È una soluzione particolarmente utile in caso di aree urbanizzate, dove spesso si verifica la necessità di aree per servizi o aree industriali, quali depositi di materiale, spazi per il trattamento di aggregati o di macerie ed anche insediamenti produttivi. I siti devono essere collocati in prossimità di adeguate infrastrutture, soprattutto viarie, ed aver ottenuto la compatibilità dei vincoli ambientali all'uso produttivo o infrastrutturale. Il recupero ambientale non richiede la disponibilità di materiale pedogenizzato in grandi quantità, ma dovrà prevedere interventi di riqualificazione del sito, al fine di dotarlo di un adeguato corredo vegetale (barriere visive, frangivento, limitatrici di polveri, fonoassorbenti) per limitare i disturbi recati verso l'esterno dall'attività che si svolge all'interno del sito.

5.3 Metodologie di recupero

Gli interventi di recupero sono direttamente correlati alle metodologie utilizzate nella coltivazione della cava.

5.3.1 Cave di monte

Le cave di monte, a mezza costa o pedemontane, pur coinvolgendo realtà estrattive molto diverse vengono coltivate e recuperate con la sola metodologia per fette orizzontali discendenti, in grado di consentire una riduzione dell'impatto dell'attività in essere sia temporale che spaziale. Le scarpate a fine coltivazione devono avere la pendenza riportata nella Tabella 4-5, di modo che, oltre alla stabilità globale del pendio, venga assicurata la possibilità di riportare e mantenere uno strato di terreno vegetale. In fase di recupero si rendono necessari degli interventi di modellazione che consistono, nella maggior parte dei casi, nella riduzione delle pendenze e nella creazione, per quanto possibile, di scarpate a tesa unica (più idonee ad accogliere il substrato di terreno vegetale su cui avverranno le piantumazioni o le semine erbacee), in luogo di quelle gradonate, tipiche dei fronti di scavo aventi la pendenza legata al metodo di scavo utilizzato in fase di coltivazione. La presenza dei gradoni, con forma regolare e geometrica, non rappresenta un elemento di naturalità. Per questo motivo, mentre in fase di coltivazione è necessario, per motivi operativi e di sicurezza, realizzare banchine intermedie, in sede di realizzazione dei recuperi vegetazionali si deve tendere alla loro riduzione al numero minimo necessario per evitare l'instaurarsi di ruscellamenti superficiali. L'inserimento paesaggistico di una cava di monte può, in talune situazioni, consigliare di migliorare la naturalità del recupero alternando alle scarpate a unica falda e con ridotta pendenza zone in cui la roccia in posto, avente opportune condizioni di stabilità, è lasciata affiorare con pendenze anche elevate.

5.3.2 Cave di collina

Il recupero ambientale delle cave di collina deve tener conto soprattutto del controllo delle acque superficiali, per evitare l'erosione e la calanchizzazione dei versanti (Figura 5-2 e Figura 5-3). La regimazione delle acque deve ricorrere ad opere di ingegneria naturalistica, con utilizzo di legname e compositi "vivi" o, in alternativa, può prevedere elementi artificiali di rivestimento scelti tra quelli meno corrodibili (calcestruzzo); nell'alveo delle canalette naturali è opportuno inserire anche elementi litoidi grossolani, reperiti sul posto ed appositamente accantonati nelle vicinanze come smorzatori di velocità.



Figura 5-2 Area recuperata ed in fase di recupero della cava di marna Almadis (PN)



Figura 5-3 Coltivazione e contestuale recupero della cava di calcare La Mata (PN)

5.3.3 Cave di pianura

5.3.3.1 Cave sopra falda di materiale alluvionale

Il progetto di coltivazione, prevedendo una superficie minima del fondo cava di 3.000 metri quadrati, con il lato minore del perimetro di fondo cava maggiore o uguale a 30 metri e pendenze a fine coltivazione ridotte (Tabella 4-5), permette un agevole riutilizzo dei siti.

Le scarpate devono essere profilate, nella configurazione a fine coltivazione, con inclinazioni differenziate a seconda dell'uso che se ne vuole fare:

- recupero di tipo agricolo: in questo caso la pendenza massima delle scarpate (Tabella 4-5) non deve superare gli 11°, in modo che risultino facilmente accessibili e percorribili;
- recupero a bosco: in questo caso la pendenza massima delle scarpate (Tabella 4-5) può arrivare sino ai 25°;
- recupero naturalistico: è opportuno che venga meno l'artificialità del gradone di scavo e che la ricostruzione avvenga favorendo un andamento irregolare più naturale (Figura 5-4).

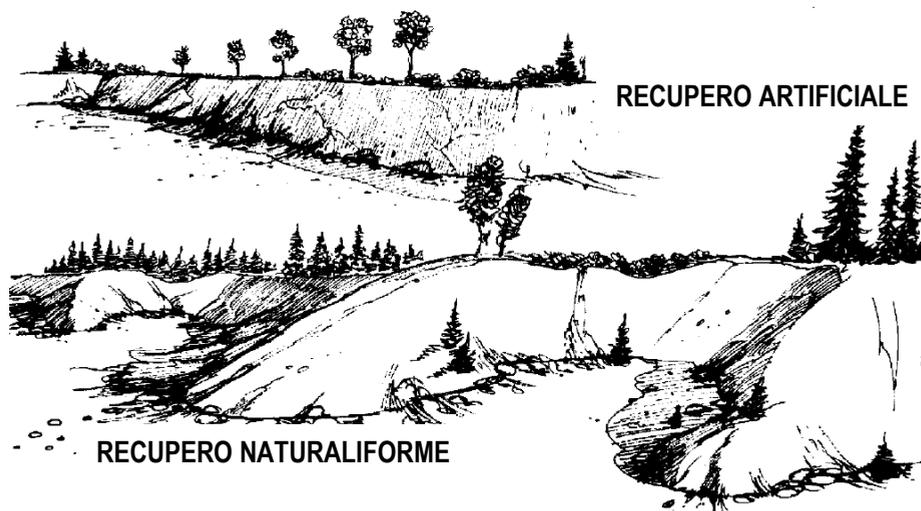


Figura 5-4 Cave di pianura: diverse morfologie finali di recupero

Un utilizzo alternativo, viste le ampie superfici finali che si presentano notevolmente ribassate rispetto ai terreni limitrofi, può essere quello di nuove destinazioni urbanistiche, quali insediamenti artigianali ed industriali, una volta valutato, caso per caso, il rischio di esondazioni.

Nel caso di cave a fossa caratterizzate da una bassa profondità è possibile pensare al ritorno all'uso originario dell'area, nella maggior parte dei casi agricolo, attraverso il loro ri-tombamento ed il ripristino delle condizioni iniziali.

5.3.3.2 Cave sotto falda di materiale alluvionale

Il recupero è evidentemente condizionato dalla presenza definitiva di un lago di cava, che è un bacino in equilibrio dinamico, fisico, chimico e biologico con il territorio circostante, e deve essere salvaguardato, oltre che per motivi paesaggistici e territoriali, per gli ecosistemi che ospita e per le possibilità di riuso a fini naturalistici e ricreativi in genere, ma anche per ittiocoltura e sport d'acqua.

Il recupero ambientale di cave sotto falda prevede l'obbligo di rinaturalizzare una superficie soprafalda almeno pari a quella interessata dal lago creato con gli scavi.

5.3.4 **Cave di pietra ornamentale**

Le pietre ornamentali in Friuli Venezia Giulia vengono estratte in genere con la metodologia per platee orizzontali, tranne la Pietra Piasentina che viene coltivata per lo più per squadratura di trovanti.

Nel caso della Pietra Piasentina, dove la coltivazione avviene prevalentemente mediante isolamento ed asportazione di blocchi immersi in una matrice sostanzialmente sciolta ed utilizzando il sottoprodotto per le opere di difesa dei corsi d'acqua, il coinvolgimento di uno spessore limitato di territorio comporta la necessità di un modesto rimodellamento del versante, senza sostanziale modificazione della realtà ambientale, anzi, talvolta favorendo attività ecocompatibili (Figura 5-5).



Figura 5-5 *Area recuperata di una cava di Pietra Piasentina (Cava Clastra, UD)*

Per le altre cave di monte, che coltivano l'ammasso roccioso procedendo dalle quote più alte del versante verso il basso, lasciando solitamente come fronte finale alte pareti subverticali, non è realisticamente proponibile alcun intervento di rinverdimento diretto. È importante allora che, contestualmente col procedere degli sbassi, si attui il recupero sui li-

velli mano a mano esauriti, in modo che il progressivo esaurimento minerario del giacimento coincida con una sistemazione il più possibile definitiva del sito. Questo deve comunque comportare che le pareti rocciose subverticali all'atto dell'abbandono debbano avere superfici irregolari e scabre, ottenute mediante esplosivo o, meglio, l'impiego di martellone.



Figura 5-6 Pareti subverticali: in fase di coltivazione ed in fase di abbandono (Cava Avanza, UD)

Laddove è possibile è inoltre opportuno prevedere, al fine di evitare forme eccessivamente regolari o geometriche come quelle lasciate dal taglio col filo diamantato e dal distacco con splitting dinamico, la riduzione locale della pendenza del fronte e l'introduzione di irregolarità morfologiche in grado di ricreare una maggiore sensazione di naturalità. Questo avviene creando nicchie, piazzole o piccoli gradini sui quali possa accumularsi un minimo di sostanza organica in grado di costituire quel substrato idoneo per l'attecchimento delle specie vegetali "pioniere". I piazzali di cava, essendo caratterizzati da superfici mediamente pianeggianti e da relativamente comoda accessibilità, possono invece essere oggetto di interventi di rinaturalizzazione mediante impianto di specie arboree e semina di specie erbacee ed arbustive, previo riporto di terreno di qualità ed in quantità tale da consentire l'attecchimento e la crescita della vegetazione. Le rampe di cava, mano a mano che si realizzano gli interventi di recupero, possono essere rivegetate con tecniche simili a quelle appena descritte nel caso dei piazzali, mentre le piste necessarie per raggiungere il ciglio superiore del fronte dovrebbero essere preferibilmente mantenute in esercizio, per consentire comunque l'accessibilità al versante nel caso si rendessero opportuni locali interventi di sistemazione o messa in sicurezza.



Figura 5-7 Recupero ambientale con ritombamento della Cava Babce Nord (TS)

5.4 Modalità ed evoluzione temporale del recupero ambientale

La metodologia di coltivazione deve permettere la contemporaneità delle operazioni estrattive con quelle di recupero ambientale nelle aree ove sia stata completata la valorizzazione della materia prima.

Il recupero ambientale dovrebbe prevedere la ricostruzione della morfologia del sito adottando configurazioni irregolari che, pur armonizzandosi il più possibile con l'esistente, ricreino una sensazione di naturalità.

Per la definizione degli interventi di recupero vanno valutate le caratteristiche ambientali entro le quali si inserisce la cava, analizzando le componenti meteorologiche, le caratteristiche geopedologiche dei terreni e le tipologie vegetative tipiche.

L'analisi stazionale preventiva è necessaria per l'individuazione delle fitocenosi verso cui indirizzare gli interventi di recupero ambientale e per la scelta corretta delle specie vegetali da utilizzare. Le principali caratteristiche stazionali sono: i dati termometrici e pluviometrici raccolti da stazioni meteorologiche posizionate nelle vicinanze dell'area di studio, le caratteristiche geopedologiche, l'analisi della vegetazione forestale, nonché la rielaborazione dei dati desunti dai rilievi floristici e l'analisi dell'uso del suolo.

Il recupero ambientale deve tener conto delle problematiche di ordine idrogeologico e di tutela del paesaggio dell'area di cava, analizzando in dettaglio:

- il modellamento dei versanti,
- il drenaggio delle acque superficiali,
- gli interventi a verde con la formazione del tappeto erboso e degli impianti arborei e arbustivi,

- la provenienza del materiale da utilizzare per il recupero ambientale,
- le modalità d'esecuzione dell'impianto.

Un recupero naturalistico a verde in genere prevede il rimodellamento morfologico, la realizzazione della rete di regimazione delle acque superficiali e il ripristino della vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea delle superfici non più interessate dai lavori di coltivazione. Queste operazioni possono essere svolte, adottando il metodo a fette orizzontali discendenti, contestualmente ai lavori estrattivi, mitigando quindi l'impatto che la cava provoca sull'ambiente circostante. Oltre al rinverdimento con specie erbacee di tutta la superficie utilizzata per l'attività estrattiva, si deve prevedere la messa a dimora di piantine forestali utilizzando specie arboree ed arbustive della fascia fitoclimatica cui il sito di cava appartiene, possibilmente individuandole tra quelle in grado di attirare la fauna selvatica.

La disposizione delle piantine deve privilegiare la possibilità di una razionale meccanizzazione delle operazioni di messa a dimora e successiva manutenzione, con una piantagione o lungo filari, o a chiazze irregolari.

La tempistica degli interventi di recupero ambientale prevede in genere le seguenti fasi:

- creazione della rete di regimazione delle acque;
- interventi prima dell'inizio lavori (rimozione soprassuolo relativa all'area della prima fase ed accantonamento dello scotico);
- interventi di ricomposizione morfologica e di recupero contemporanei alla coltivazione (inerbimenti);
- interventi di rimboschimento;
- interventi di manutenzione.

Le opere a verde devono essere progettate e realizzate in modo da privilegiare i seguenti criteri: scelta delle specie in sintonia con i caratteri ecologici del sito; scelta delle specie predisposte alla funzione richiesta; diversità floristica; diversità di forme ecologiche; diversità di fenologia; complessità strutturale orizzontale; bassa manutenzione.

Il recupero ambientale della cava deve svilupparsi in fasi annuali in grado di assicurare una concreta evoluzione spaziale del verde, da suddividere progettualmente tra recente e consolidato, fin dai primi anni.

5.4.1 Controllo dell'erosione, regimazione, fossi di guardia e sistemi di drenaggio

La regimazione ed il controllo delle acque di scorrimento superficiale legate agli eventi meteorici devono prevedere la realizzazione lungo il ciglio superiore di un fosso di guardia in grado di intercettare le acque provenienti dai fondi confinanti, evitando così il fenomeno del ruscellamento sulle scarpate.

Lungo il perimetro di fondo cava si deve prevedere la realizzazione di un fosso, con fondo in materiale arido a granulometria grossolana, per raccogliere e disperdere le acque in esubero originate da fenomeni meteorici.

L'erosione legata al ruscellamento può essere efficacemente contrastata formando sulla porzione superficiale della scarpata recuperata dei microgradoni, microbanchette o microberme.

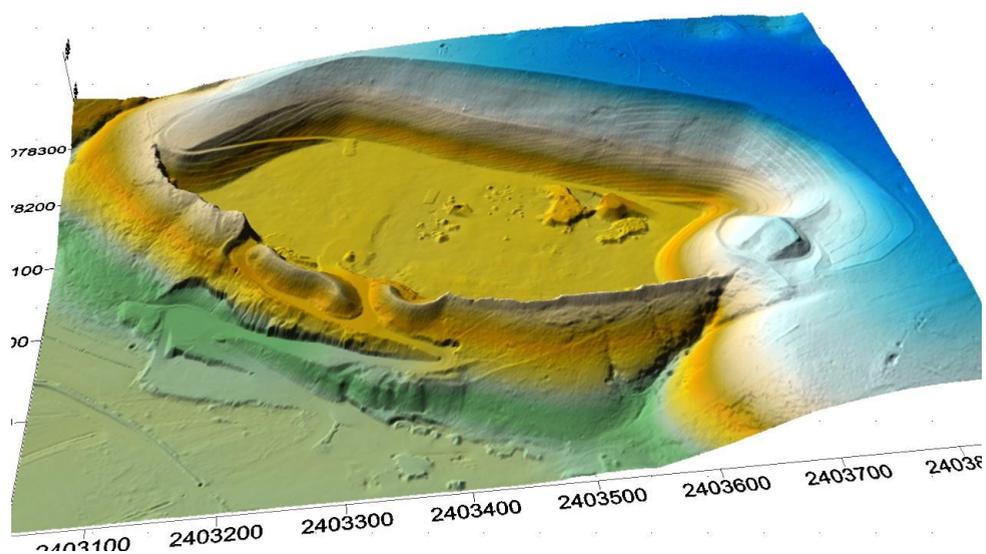


Figura 5-8 Cava pedemontana con scarpate di recupero ad elevata pendenza dove si utilizzano le microbanchette (visibili nella restituzione ad alta definizione) per ridurre l'effetto ruscellamento (Cava Monte Sei Busi, GO)

5.4.2 Modalità di accumulo e conservazione dello scotico

La rimozione dei diversi orizzonti che possono costituire il profilo del suolo di copertura sarà effettuata per fasi, conformemente alle indicazioni progettuali adottate per minimizzare gli effetti negativi sul paesaggio e sull'ambiente circostante il sito estrattivo, ed evitando il rimescolamento tra i diversi orizzonti, in particolare quelli superficiali.



Figura 5-9 Cumulo del terreno di copertura (Cava Tamburlini, UD)

Il suolo autoctono, frutto di lenti e complessi processi pedogenetici, dovrà essere accumulato per l'utilizzo durante le fasi di ricomposizione ambientale, avendo cura di effettuare una conservazione differenziata per i diversi orizzonti prelevati: top soil, sub soil e cappellaccio. Le aree e la geometria dei cumuli secondo cui il suolo viene accumulato devono garantire il riparo dalle acque esterne (superficiali e sotterranee), dai movimenti franosi, dall'erosione e da possibili inquinamenti esterni (gasolio, oli minerali, sali antigelo), ed avere superfici sufficienti a consentire la movimentazione del materiale senza il calpestio dello stesso. Sui cumuli si deve sempre prevedere la semina di miscugli di graminacee e leguminose, e mantenere un'altezza in grado di evitare il dilavamento e l'insorgere di alterazioni fisiche, chimiche e biologiche del terreno stesso. La movimentazione del terreno vegetale non dovrà essere eseguita nei periodi di forte umidità, al fine di evitare la lisciviazione ed il dilavamento della sostanza organica. Il materiale dovrà essere stoccato temporaneamente all'interno dell'area autorizzata. La Figura 5-10 e la Figura 5-11, riprese da "Il recupero e la riqualificazione ambientale delle cave in Emilia – Romagna – Manuale teorico pratico" (2003), illustrano le modalità ottimali per movimentare, depositare e conservare il substrato.

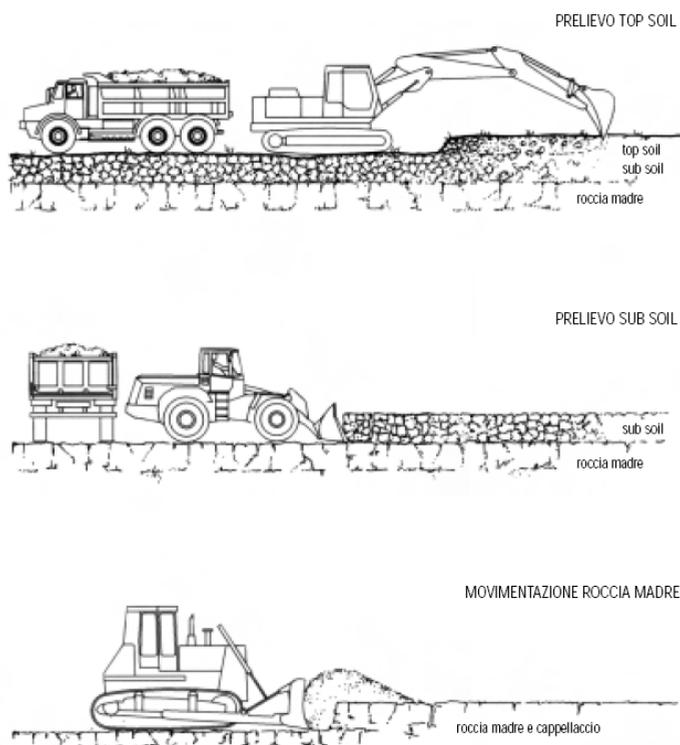


Figura 5-10 *Prelievo e movimentazione dei diversi orizzonti del substrato in presenza di materiale pedogenizzato*

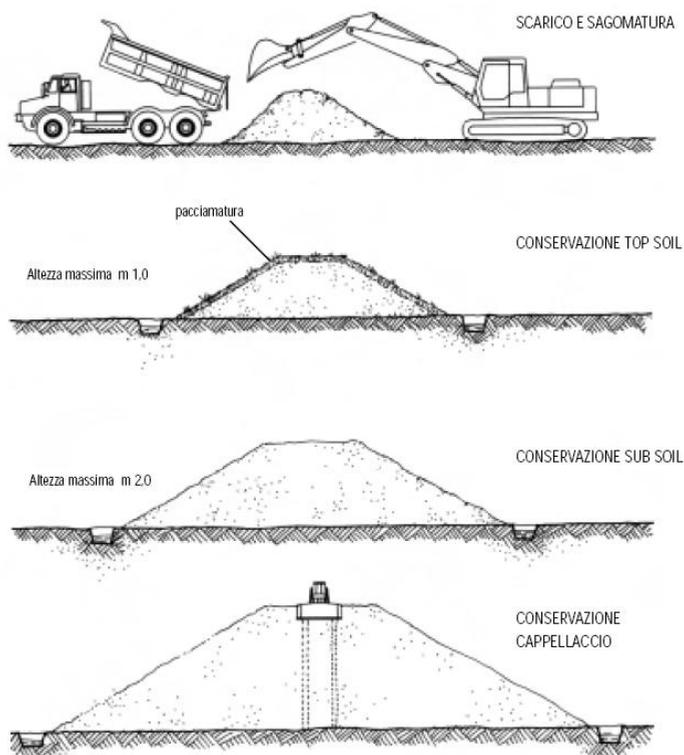


Figura 5-11 Deposito e conservazione dei diversi orizzonti del substrato in presenza di materiale pedogenizzato

5.4.3 Rimodellamento morfologico

Il rimodellamento morfologico di una cava deve considerare la presenza di un piazzale e di una serie di scarpate, eventualmente rese irregolari con tecniche specifiche.

5.4.3.1 Piazzale di cava

Il piazzale di cava deve essere conformato con una pendenza tale da assicurare il drenaggio delle acque meteoriche, convogliandole verso un punto di smaltimento o di infiltrazione nel suolo, e l'assenza di ristagni; in genere si ritiene che tale pendenza debba essere almeno pari all'1%.

Il recupero ambientale dei piazzali delle cave di pianura deve garantire il tempo minimo di filtrazione verso la sottostante falda. In genere si procede con la stesura sul piazzale di cava di uno strato di una miscela a componente limosa, che viene poi rimescolato con il materiale alluvionale sottostante in modo da realizzare un livello di almeno 0,5 metri con caratteristiche tessiture omogenee, di ridotta permeabilità ed in grado di agevolare lo sviluppo della vegetazione sovrastante. L'operazione di rimescolamento viene effettuata con un ripper, che provvede a realizzare uno o più scassi tra loro paralleli, in grado di rendere omogenei i due diversi livelli e arieggiare il fondo prima della stesura del terreno vegetale ricco di sostanza organica. Questo viene steso in uno strato avente uno spessore pari a

1,5 volte lo spessore accertato sui fondi limitrofi, al fine di compensare la naturale compattazione del materiale terroso movimentato.

La superficie del fondo cava viene pertanto sottoposta alle seguenti operazioni di preparazione:

- Stesa del limo e rimescolamento del primo metro di materiale, avendo l'accortezza di effettuare il minor numero di passaggi delle macchine operatrici, limitando il calpestio e la conseguente compattazione del suolo.
- “Rippatura” del fondo costituito dall'unione del limo con il materiale di fondo cava, al fine di scarificare la soletta formatasi nel corso dei lavori di stesa, e concimazione organica con letame maturo nella quantità di 200 ÷ 400 quintali per ettaro allo scopo preminente di migliorare e stabilizzare le proprietà fisiche e strutturali del suolo, stante l'astrutturalità costituzionale dei suoli a prevalente contenuto limoso.
- Stesura di uno strato di terreno vegetale secondo le indicazioni sopra riportate, cercando, anche in questo caso, di effettuare il minor numero di passaggi con le macchine operatrici, limitando il calpestio e la conseguente compattazione del suolo.
- Ripuntatura del terreno riportato per prepararlo alle operazioni di semina delle essenze erbacee e alla piantagione di alberi ed arbusti.

5.4.3.2 Scarpate

Le scarpate finali di recupero devono assicurare il necessario grado di sicurezza dell'area a lungo termine, e non potranno in ogni caso avere pendenze superiori a quelle riportate nella Tabella 4-5.

Per il recupero dei versanti di fine scavo si procede con la stesa sulla superficie finale di uno strato di terreno vegetale dello spessore pari a 1,5 volte lo spessore accertato sui fondi limitrofi, poggiante:

- Cave di pianura: su un riporto di ghiaia mista a limo di spessore variabile, a seconda che si intenda prevedere l'inerbimento o la messa a dimora di alberi ed arbusti. Operativamente si avvanzerà dall'alto verso il basso, con l'utilizzo di un escavatore cingolato che progredirà lungo la trancia di coltivazione e procederà al posizionamento del terreno vegetale sulla superficie del pendio. Considerata la pendenza finale dei versanti, che in genere non supera mai i 25°, non sono necessarie particolari opere di contenimento e di consolidamento. Così operando si rilasceranno dei settori che assumeranno la morfologia prevista dalla tavola finale di progetto e che potranno essere inerbiti e successivamente riforestati. Tutte le operazioni per la sistemazione del terreno di riporto dovranno essere eseguite in periodi di tempo asciutto, riducendo quindi il rischio di dilavamento con conseguente degrado delle caratteristiche agronomiche e strutturali.
- Cave di monte: su un substrato roccioso, opportunamente microfessurato durante le ultime fasi di abbattimento per favorire la penetrazione delle radici degli arbusti e degli alberi.

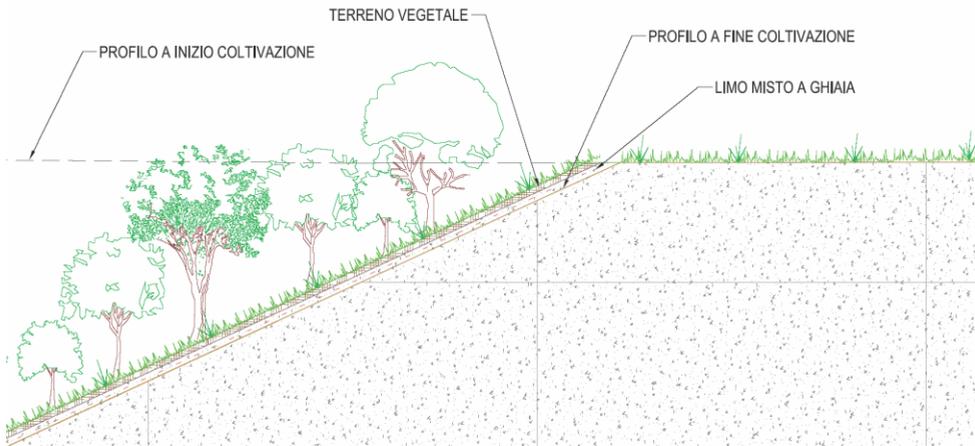


Figura 5-12 Sezione tipo di recupero ambientale di una scarpata di una cava di pianura in fossa



Figura 5-13 Metodo ricostruttivo di una cava di pianura con unica zona di accumulo in testa gradone (Cava Inerti Avianesi, PN)

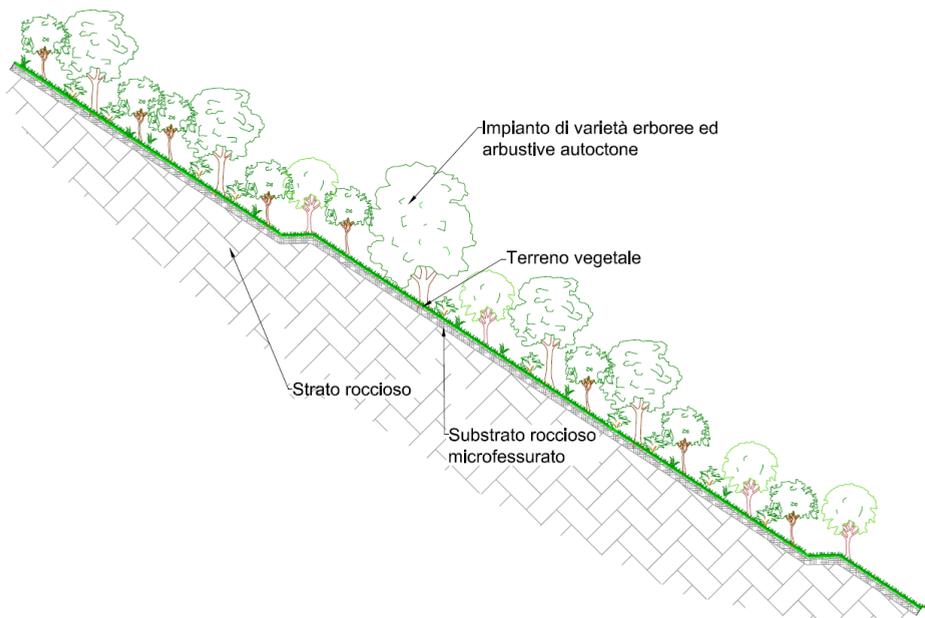


Figura 5-14 Sezione tipo di recupero ambientale di una scarpata di una cava di monte



Figura 5-15 Recupero dei versanti di una cava a mezza costa: interventi consolidati e recenti (Cava La Mata, PN)

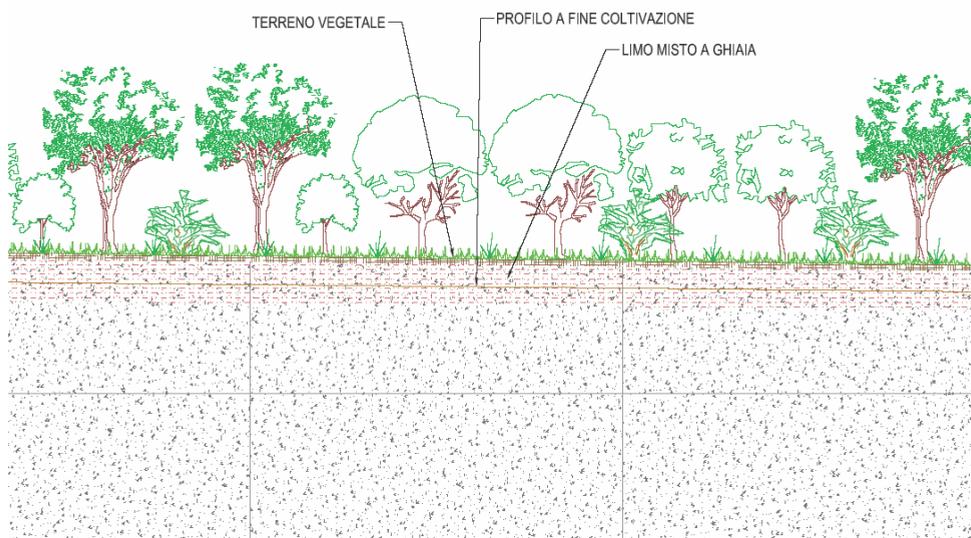


Figura 5-16 Sezione tipo di recupero ambientale di un piazzale di cava in una cava di pianura in fossa



Figura 5-17 Recupero ambientale di una cava di pianura a fossa (Cava Lovera, PN)

5.5 Interventi di recupero della copertura vegetale

5.5.1 Inerbimento

Una volta effettuata la preparazione del terreno, il recupero ambientale prevede la fase della semina del tappeto erboso. L'intera superficie di cava dovrà essere inerbita, al fine di mitigare nel più breve tempo possibile l'impatto visivo che il terreno nudo produce a livello paesaggistico, e per limitare eventuali fenomeni di erosione dello strato superficiale del terreno. Lo scopo dell'inerbimento sarà quello di ricreare un ambiente prativo il più possibile prossimo a quello circostante, perciò appare inopportuno effettuare degli interventi tramite idrosemina o semina a spaglio con l'impiego delle normali miscele di sementi in commercio; molto più adatto sembra l'utilizzo del fiorume ottenuto da fieni provenienti da prati di zone limitrofe a quella interessata dai lavori. Le operazioni di semina dovranno essere effettuate nei mesi primaverili (marzo - maggio) o in quelli autunnali (settembre - novembre), evitando quindi i periodi invernali (freddi) e quelli estivi (siccitosi).

5.5.2 Impianti arborei ed arbustivi

Relativamente all'impianto delle specie arboree ed arbustive si possono avere due soluzioni: la prima prevede una distribuzione sistematica in filari su tutta l'area di cava, la seconda prevede invece dei nuclei alberati, di più facile manutenzione, alternati ad ampi spazi prativi.

La scelta delle specie arboree da utilizzare per la realizzazione delle macchie boscate cade in genere su specie autoctone, in grado di ricreare formazioni vegetali coerenti con quelle già esistenti in zona e contemporaneamente di fungere da rifugio e area di nidificazione per l'avifauna.

Il materiale vivaistico impiegato, che andrà a costituire il soprassuolo arboreo ed arbustivo, dovrà essere di provenienza certificata, come previsto dalla normativa vigente in materia. Devono inoltre essere verificati lo stato sanitario del materiale (assenza di malattie, parassiti, ferite) e le dimensioni, sia durante il trasporto che durante la messa a dimora delle piante, al fine di evitare di procurare loro ferite, traumi ed essiccamenti.

Il materiale vegetale da impiegare per la realizzazione del sesto di impianto arboreo e arbustivo deve essere costituito da soggetti giovani (S1T2) di 2 o 3 anni, coltivati in vaso o fitocella, alti circa 50 ÷ 60 centimetri, ed aventi un portamento regolare e proporzionato tra apparato aereo e radicale, assenza di ferite o attacchi parassitari. Tale materiale di propagazione, munito di pane di terra, è in grado di garantire una maggiore probabilità d'attecchimento rispetto a quello a radice nuda e, oltre ad avere costi contenuti, permette di agevolare le operazioni di trasporto e messa a dimora. Per la messa a dimora delle piantine saranno scavate buche con l'uso di vanghetti o trapiantatori forestali, avendo cura di non rovinare il soprassuolo erbaceo e con l'avvertenza di riempire lo scasso con terriccio vegetale tipo torba ad alto contenuto di sostanza organica. La piantumazione sarà effettuata avendo cura che le piantine non risultino interrate oltre il livello del colletto e formando un invito per la raccolta d'acqua. Le piantine dovranno essere dotate di palo tutore, pacciamatura alla base per combattere la concorrenza delle specie erbacee e shelter in rete per la protezione dalla fauna. Il periodo indicato per effettuare le operazioni sopra descritte andrà da metà ottobre a metà febbraio, compatibilmente con le condizioni del suolo.

La messa a dimora delle specie arboree ed arbustive avviene in maniera regolare qualora venga scelta una disposizione a filari, o irregolare qualora si vogliano alternare ai soggetti arborei delle macchie di vegetazione arbustiva creando delle radure particolarmente adatte ad ospitare la fauna selvatica.

La disposizione dei soggetti arborei ed arbustivi avviene secondo uno specifico sesto d'impianto, nel quale vengono riportate le distanze tra i soggetti arborei e tra quelli arbustivi tenendo conto del portamento e dello sviluppo potenziale delle piante all'età di 10 anni.

Le piantine forestali devono essere in numero di almeno 2.000 per ettaro di superficie.

Gli interventi di manutenzione negli anni successivi l'impianto serviranno per effettuare le cure colturali come l'eventuale contenimento delle erbe infestanti (se ritenuto necessario e dannoso alle piantine) ed il risarcimento delle fallanze nell'impianto, qualora le stesse superassero il 10 ÷ 15%, da eseguirsi nei primi 2 ÷ 3 anni con piantine di uguale sviluppo.

Gli shelter dovranno essere rimossi solo quando i popolamenti si saranno affermati, dopo 4 o 5 anni dall'impianto. Per quanto concerne il risarcimento delle specie forestali, vengono messe a dimora specie micorrizate che hanno garanzia di attecchimenti superiore all'80%.

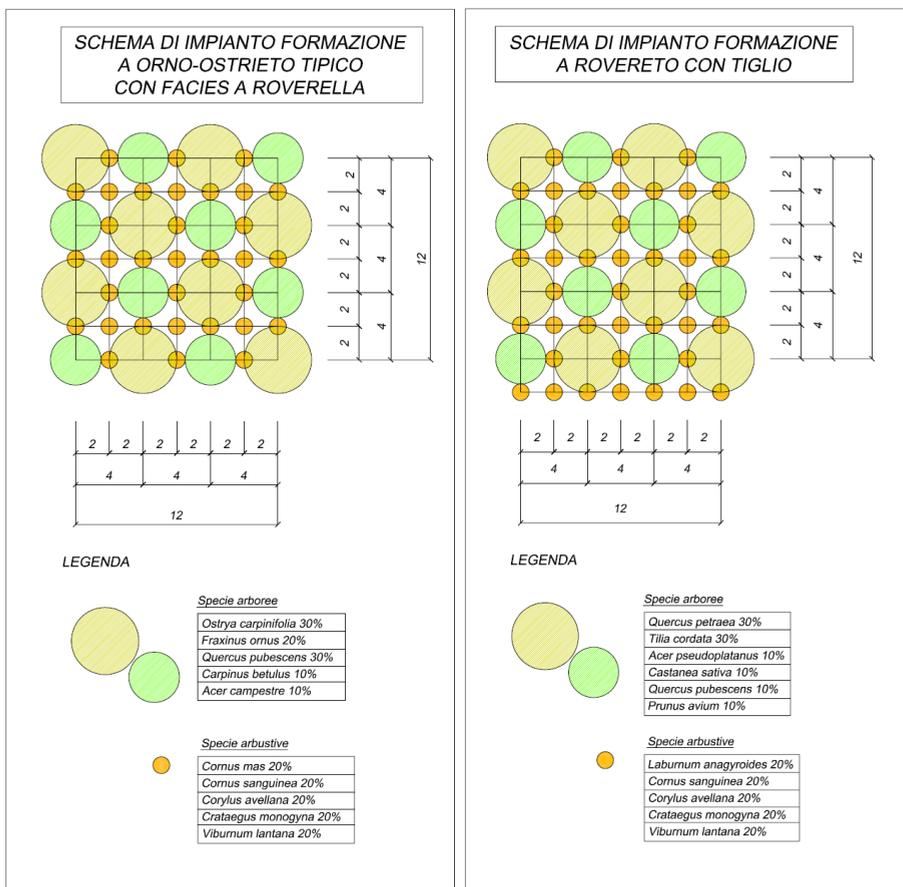


Figura 5-18 Sesti di impianto per recupero ambientale di cave di monte

6. IL PROGETTO DI COLTIVAZIONE E RECUPERO AMBIENTALE

La cava è un'attività industriale che si realizza e si gestisce con procedimenti logici e strumenti di calcolo tipici dell'ingegneria ambientale, raggiungendo talora una certa complessità in relazione a: numero, tipologia e potenza delle macchine; numero e caratteristiche delle singole fasi di lavoro; geometrie di scavo per le interconnessioni e le molteplici relazioni tra il cantiere ed il sistema "ambiente" (stabilità dei fronti, impatto ambientale determinato dalle attività lavorative). Il responsabile del progetto dovrà operare pertanto secondo logiche proprie dell'ingegneria ambientale, un tempo mineraria, unico filo conduttore in grado di garantire il conseguimento dei risultati ottimali a livello globale (ricerca del giacimento, coltivazione del corpo minerario, sicurezza e recupero). La Tabella 6-1 sintetizza quegli aspetti dell'attività estrattiva che devono essere attentamente valutati in sede di progettazione e gestione del cantiere di valorizzazione della risorsa mineraria (coltivazione e recupero ambientale) per limitare gli impatti sull'ambiente naturale.

Il progetto assume un ruolo di primo piano, poiché è l'unico strumento tecnico in grado di organizzare e governare il "sistema" cava e di garantire al tempo stesso il rispetto dell'ambiente. In questo contesto hanno grande importanza gli elaborati di progetto, al di là delle prescrizioni contenute nelle varie leggi regionali, per una definizione completa da un punto di vista tecnico del progetto stesso, che deve essere da guida e riferimento certo per la pubblica amministrazione al rilascio dell'autorizzazione e per la successiva vigilanza ai fini del rispetto della sicurezza e dell'ambiente.

La documentazione necessaria per la richiesta dell'autorizzazione all'apertura ed all'ampliamento di una cava viene di seguito descritta²¹.

Documentazione amministrativa. Domanda in bollo da redigersi a cura della ditta, in osservanza a quanto disposto dall'art. 11 della LR 35/86, così come sostituito dall'art. 6 della L.R.10/94 e modificato dall'art. 6 della LR 21/97.

Documentazione tecnica. La domanda di autorizzazione deve essere corredata da un progetto esecutivo costituito da relazioni di analisi sugli argomenti di seguito riportati e da planimetrie, sezioni e tavole grafiche in scala adeguata a rappresentare in modo chiaro e comprensibile quanto si vuole realizzare (comunque non inferiore a 1:1.000). Tali elaborati devono essere redatti secondo gli standard cartografici adottati dall'amministrazione regionale, datati e firmati dal richiedente e dai tecnici che li hanno redatti. Gli elaborati progettuali, oltre ad essere presentati su supporto cartaceo, dovranno essere presentati anche su supporto informatico adottando gli standard informatici dell'amministrazione regionale. Il progetto presentato deve essere accompagnato da un elenco che indichi, numerandoli, tutti gli elaborati grafici e le relazioni di cui si compone.

- 1) Relazione tecnica generale. La relazione tecnica generale dovrà contenere: i dati generali relativi all'attività produttiva, alla sua localizzazione ed agli eventuali impianti di lavorazione; i dati catastali dei terreni, la tipologia del materiale da estrarre, le caratteristiche mineralogiche, tecniche e merceologiche dello stesso, i suoi utilizzi e la destina-

²¹ Si riportano le "Indicazioni sulla documentazione tecnico - amministrativa per la richiesta di autorizzazione all'esercizio dell'attività estrattiva" predisposto dal Servizio Geologico della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

zione commerciale (specificando se viene venduto in natura, inviato ad impianti di lavorazione, o riutilizzato; per le pietre ornamentali dovrà venire specificata la percentuale presunta di utile e di scarto, nonché la destinazione dello scarto stesso); la durata dell'attività di scavo e del recupero ambientale, con l'indicazione della quantità prevista di materiale estratto sia annua che totale.

- 2) Cartografia. Estratto autentico di mappa catastale riportante l'area richiesta con un congruo intorno; corografia su una carta di inquadramento alla scala 1:25.000 e localizzazione su carta tecnica regionale in scala 1:5.000; perimetrazione su base catastale; documentazione fotografica, con indicazione in planimetria dei punti di ripresa.
- 3) Relazione sulle caratteristiche ambientali. La relazione riporterà la descrizione del contesto ambientale, inteso come area più vasta di circa 1 chilometro di raggio intorno al perimetro di cava, tramite la descrizione del territorio e delle realtà presenti, con particolare riferimento a quelle che possono risentire negativamente dell'attività estrattiva. Tale relazione dovrà illustrare i vincoli all'utilizzo dell'area analizzando, tra l'altro, i seguenti argomenti: i vincoli paesaggistici quali parchi, riserve, ed altri ambiti di cui alla L.R. 42/96 (storico - archeologico, idrogeologico, servitù militari, fasce di rispetto, usi civici), nonché la previsione del P.R.G.C. vigente per la zona richiesta e le principali infrastrutture come indicate all'art. 104 del DPR 128/59 (ad esempio metanodotti, strade, linee elettriche, acquedotti, ferrovie); pericoli di natura idrogeologica quali ad esempio frane, esondazioni, sprofondamenti e valanghe. La relazione sarà corredata da una cartografia comprendente: la carta dei vincoli alla scala 1:5.000 sulla base della Carta Tecnica Regionale, riportante quanto sopra e l'estratto della zonizzazione dello strumento urbanistico generale vigente.
- 4) Relazione geologica che riporti la descrizione di: situazione litostratigrafica (supportata da sondaggi meccanici); origine e natura dei litotipi; stato di alterazione e/o fratturazione delle masse rocciose e della loro degradabilità; lineamenti geomorfologici con descrizione generale dell'assetto morfologico e delle condizioni di stabilità dell'area di cava e del suo intorno, di situazioni di potenziale rischio legato alla presenza di aree calanchive, aree franose, orli di terrazzi, doline e grotte; di eventuali processi geomorfologici in atto. La relazione sarà corredata da una cartografia che riporti: carta geologica in scala 1:5.000; stratigrafie dei sondaggi a scala non inferiore a 1:100.
- 5) Relazione geotecnica con la descrizione delle caratteristiche fisico- meccaniche delle masse rocciose del giacimento e del materiale di copertura; la caratterizzazione geomeccanica finalizzata alla definizione dei parametri geotecnici, che nel caso di rocce incoerenti dovranno essere acquisiti mediante indagini in situ o in laboratorio, in osservanza a quanto disposto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni (N.T.C., 2008); le risultanze delle indagini geognostiche, loro descrizione ed interpretazione al fine di individuare in modo corretto la risorsa (nel caso di utilizzo di dati derivanti da studi precedenti, dovranno essere citate le fonti e riportati i dati significativi); i calcoli di stabilità delle scarpate durante la fase di coltivazione e a recupero avvenuto, in osservanza a quanto disposto dalle NTC 2008.
- 6) Relazione idrogeologica con la descrizione dell'assetto idrologico ed idrogeologico dell'area mediante: lo studio della falda freatica, con valutazioni sulla profondità minima e massima storica quale risulta dai dati assunti presso più pozzi ubicati in prossimità

dell'area, riportandone la direzione di deflusso; l'individuazione di pozzi e sorgenti, del regime idraulico dell'area per le cave limitrofe ai corsi d'acqua; le principali linee di deflusso delle acque superficiali (naturali e artificiali); le aree soggette a fenomeni di erosione con il relativo tempo di ritorno. La relazione sarà corredata da una cartografia che riporti la carta idrogeologica in scala 1: 5.000.

- 7) Relazione riguardante l'uso del suolo, la vegetazione e la pedologia che analizzi gli usi del suolo presenti nell'ambito considerato; gli aspetti climatici; gli aspetti vegetazionali, inquadrando la vegetazione attuale e quella potenziale; gli aspetti faunistici; gli aspetti pedologici, supportati da analisi chimico fisica del suolo con particolare riferimento al tipo e quantità di nutrienti. La relazione sarà corredata da una cartografia che riporti: carta dell'uso del suolo, a scala non inferiore a 1:5.000; carta della vegetazione a scala non inferiore a 1:5.000.
- 8) Progetto di coltivazione composto da:
 - a. relazione di progetto riportante: la descrizione del metodo di coltivazione e delle varie operazioni di coltivazione; l'eventuale suddivisione in lotti con la relativa tempistica di scavo e recupero ambientale, le superfici interessate dagli scavi e i volumi di scavo sia annuali che del lotto con l'indicazione del quantitativo totale di terreno di copertura e di scarto cava previsti; il sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, supportato da calcoli di dimensionamento; le modalità esecutive delle opere per la limitazione temporanea dell'impatto della cava sul paesaggio e sull'ambiente; gli schemi e i calcoli delle opere di sostegno artificiale, se previste.
 - b. Una cartografia in cui siano presenti:
 - Le planimetrie, che dovranno essere redatte in scala non inferiore a 1:1.000 e riportare le quote assolute sul livello medio mare e l'indicazione dei capisaldi, nonché le curve di livello con l'equidistanza più opportuna in relazione alle caratteristiche dimensionali e morfologiche della cava.
 - Le sezioni, che dovranno essere redatte in numero adeguato a descrivere compiutamente l'intervento ed essere tracciate ortogonalmente ai fronti di scavo riportando i limiti richiesti, i profili di scavo e recupero ambientale, nonché le relative quote assolute sul livello medio mare.
 - La carta geologica e le relative sezioni dell'ambito estrattivo in scala 1:1.000.
 - Il rilievo topografico dello stato attuale dell'ambito estrattivo (planimetria, sezioni e libretto delle misure).
 - La planimetria e le sezioni dello stato finale.
 - La planimetria e le sezioni rappresentanti le situazioni di scavo alla fine di ogni singolo lotto ed eventualmente delle fasi intermedie.
 - La planimetria generale illustrante la progressione annuale degli scavi e dei recuperi ambientali con le indicazioni delle superfici e dei volumi.
- 9) Progetto di recupero ambientale composto da:
 - a. Relazione di progetto indicante chiaramente: la destinazione finale dell'area; i volumi di terreno necessari per le opere di recupero e le modalità di reperimento; le modalità di accatastamento e conservazione del terreno di scotico, in funzione della conservazione della fertilità; le operazioni per il ripristino della fertilità del terreno; le modalità ed i tempi per le lavorazioni agronomiche del suolo; le opere di difesa del

suolo contro l'erosione; i criteri di scelta delle specie vegetali utilizzate per il recupero ambientale proposto; le modalità esecutive per le opere a verde (i criteri e i parametri per la formazione di tappeti erbosi, rimboschimenti, barriere vegetali, opere di ingegneria naturalistica); il programma di conservazione e manutenzione per almeno due anni delle opere di recupero ambientale.

- b. Computo metrico ed elenco prezzi articolato per tutte le diverse categorie di opere costituenti il recupero ambientale.
- c. Cartografia in cui siano presenti:
 - planimetria e sezioni dello stato dei recuperi ambientali alla fine di ogni lotto (ed eventuale fase intermedia) a scala non inferiore a 1:1.000;
 - vedute prospettiche o modello tridimensionale prima e dopo l'intervento;
 - particolari esecutivi, in scala adeguata, riportanti le sezioni tipo di recupero.

Tabella 6-1 Riflessi dell'attività estrattiva sull'ambiente naturale

		DANNO PROVOCATO															
		E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
PREDISPOSIZIONE DEL SITO																	
	RIORGANIZZAZIONE INFRASTRUTTURE LOCALI																
	PREDISPOSIZIONE VIABILITA' DI SERVIZIO																
	OPERAZIONI DI DISBOSCAMENTO E SCOPERTURA																
ATTIVITA' DI COLTIVAZIONE																	
	FASI DI SCAVO																
	FASI DI CARICAMENTO																
	FASI DI TRASPORTO																
	REALIZZAZIONE SISTEMI DI DRENAGGIO DELLE ACQUE																
ATTIVITA' DI RECUPERO AMBIENTALE																	
	PREDISPOSIZIONE DEI FRONTI																
	RIPORTO TERRENO VEGETALE																
	IMPIANTO ESSENZE ARBOREE ED ARBUSTIVE																
	ASPETTO COINVOLTO O PROCESSO INNESCATO																
	RISCHIO INCIDENTI AI LAVORATORI ED ALLA POPOLAZIONE																
	TRAFFICO																
	ALTERAZIONE E/O DISTURBIO DELLA FAUNA E DELLA FLORA																
	DISTURBO ALLA FAUNA																
	MODIFICAZIONE DELL'ECOSISTEMA																
	PRELIEVO DELLA RISORSA SUOLO/SOTTOSUOLO																
	VIBRAZIONI																
	FENOMENI DI DISSESTO																
	PRODUZIONE RIFIUTI																
	CONTAMINAZIONI IN EMERGENZA																
PRECAUZIONI																	
IN FASE DI PROGETTAZIONE																	
	DISEGNO MORFOLOGICO DELLO SCAVO																
	RACCORDO MORFOLOGICO CON LE ZONE CIRCOSTANTI																
	REGIMAZIONE IDRAULICA																
	RIFORMIMENTI ALTERNATIVI																
	PREDISPOSIZIONE DI ZONE ADATTE AL CONFERIMENTO TEMPORANEO DI MATERIALE																
	RISPETTO DELLA NORMATIVA VIGENTE																
	LOCALIZZAZIONE IMPIANTI DI DEPURAZIONE																
	PREDISPOSIZIONE SISTEMI DI ABBATTIMENTO DELLE POLVERI																
	PREDISPOSIZIONE SISTEMI DI INSONORIZZAZIONE																
	OTTIMIZZAZIONE DELLO SCHEMA DI VOLATA E DELLE SINGOLE CARICHE																
	SUDDIVISIONE DELLE CARICHE																
	ORIENTAZIONE DEL FRONTE																
	SMORZATORI																
	SCELTA MEZZI DI TRASPORTO ADEGUATI																
DURANTE LO SVILUPPO DELLA COLTIVAZIONE																	
	RISPETTO DELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO																
	PREDISPOSIZIONE DI SISTEMI DI DECANTAZIONE DELLE ACQUE																
	INNAFFIAMENTO																
	IMPIANTI DI CAPTAZIONE ED ABBATTIMENTO																
	UTILIZZO DI SISTEMI DI INSONORIZZAZIONE																
	CONTROLLO CARICHE																
	ORARIO DI ESPLOSIONE																
	SMORZATORI																
	VERIFICA PERIODICA MEZZI E MACCHINARI																
	PREDISPOSIZIONE SISTEMI DI MONITORAGGIO																
A ULTIMAZIONE DELLA COLTIVAZIONE																	
	RECUPERO MORFOLOGICO COME DA PROGETTO																
	RECUPERO VEGETAZIONALE COME DA PROGETTO																
	RACCORDO MORFOLOGICO E VEGETAZIONALE CON LE ZONE CIRCOSTANTI																
	VERIFICA EFFICIENZA SISTEMI DI REGIMAZIONE IDRAULICA																
	PIANO DI MANUTENZIONE																
TIPOLOGIA DI CAVA																	
A MEZZA COSTA																	
	ROCCIA COERENTE																
	FRONTE APERTA CONCAVA O CONVESSA																
	FRONTE CHIUSA (AD ANFITEATRO O AD IMBUTO)																
	SU DETRITO DI FALDA																
	SU CONCOIDE																
IN PIANURA - A FOSSA																	
	ROCCIA COERENTE																
	ROCCIA SCIOLTA / DETRITO																
IN PIANURA - SOTTO FALDA																	
	ROCCIA SCIOLTA / DETRITO																
TRASPORTO DEL GREZZO AL TRATTAMENTO																	
	IN CAVA																
	ESTERNO																
IMPIANTO DI TRATTAMENTO																	

DURATA IMPATTO (D)

- Permanente
- Medio termine - compatibile con la durata della coltivazione
- Temporanea
- Potenziale interazione

ENTITA' IMPATTO NEGATIVO (E)

- Elevata
- Media
- Lieve o nullo
- Non significativo
- Dipende dalle caratteristiche sito-specifiche
- Dipende dalla zona in cui si inserisce la cava e dalla vicinanza a zone protette

		DANNO PROVOCATO											
		E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
PREDISPOSIZIONE DEL SITO													
	RIORGANIZZAZIONE INFRASTRUTTURE LOCALI												
	PREDISPOSIZIONE VIABILITA' DI SERVIZIO												
	OPERAZIONI DI DISBOSCAMENTO E SCOPERTURA												
ATTIVITA' DI COLTIVAZIONE													
	FASI DI SCAVO												
	FASI DI CARICAMENTO												
	FASI DI TRASPORTO												
	REALIZZAZIONE SISTEMI DI DRENAGGIO DELLE ACQUE												
ATTIVITA' DI RECUPERO AMBIENTALE													
	PREDISPOSIZIONE DEI FRONTI												
	RIPORTO TERRENO VEGETALE												
	IMPIANTO ESSENZE ARBOREE ED ARBUSTIVE												
	ASPETTO COINVOLTO O PROCESSO INNESCATO												
	MODIFICAZIONE REGIME IDROGRAFICO												
	MODIFICAZIONI REGIME IDROGEOLOGICO												
	CONSUMO RISORSE IDRICHE												
	RISCHIO INQUINAMENTO FALDA E/O CORSI D'ACQUA LIMITROFI												
	DIFFUSIONE POLVERI												
	EMISSIONI GAS												
	EMISSIONI RUMOROSE												
	DEGRADO DEL PATRIMONIO												
	IMPATTO SULLE INFRASTRUTTURE												
	MODIFICAZIONE MORFOLOGICA												
	INCIDENZA SU CRITICITA' PAESAGGISTICHE												
PRECAUZIONI													
IN FASE DI PROGETTAZIONE													
	DISEGNO MORFOLOGICO DELLO SCAVO												
	RACCORDO MORFOLOGICO CON LE ZONE CIRCOSTANTI												
	REGIMAZIONE IDRAULICA												
	RIFORMIMENTI ALTERNATIVI												
	PREDISPOSIZIONE DI ZONE ADATTE AL CONFERIMENTO TEMPORANEO DI MATERIALE												
	RISPETTO DELLA NORMATIVA VIGENTE												
	LOCALIZZAZIONE IMPIANTI DI DEPURAZIONE												
	PREDISPOSIZIONE SISTEMI DI ABBATTIMENTO DELLE POLVERI												
	PREDISPOSIZIONE SISTEMI DI INSONORIZZAZIONE												
	OTTIMIZZAZIONE DELLO SCHEMA DI VOLATA E DELLE SINGOLE CARICHE												
	SUDDIVISIONE DELLE CARICHE												
	ORIENTAZIONE DEL FRONTE												
	SMORZATORI												
	SCELTA MEZZI DI TRASPORTO ADEGUATI												
DURANTE LO SVILUPPO DELLA COLTIVAZIONE													
	RISPETTO DELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO												
	PREDISPOSIZIONE DI SISTEMI DI DECANTAZIONE DELLE ACQUE												
	INNAFFIAMENTO												
	IMPIANTI DI CAPTAZIONE ED ABBATTIMENTO												
	UTILIZZO DI SISTEMI DI INSONORIZZAZIONE												
	CONTROLLO CARICHE												
	ORARIO DI ESPLOSIONE												
	SMORZATORI												
	VERIFICA PERIODICA MEZZI E MACCHINARI												
	PREDISPOSIZIONE SISTEMI DI MONITORAGGIO												
A ULTIMAZIONE DELLA COLTIVAZIONE													
	RECUPERO MORFOLOGICO COME DA PROGETTO												
	RECUPERO VEGETAZIONALE COME DA PROGETTO												
	RACCORDO MORFOLOGICO E VEGETAZIONALE CON LE ZONE CIRCOSTANTI												
	VERIFICA EFFICIENZA SISTEMI DI REGIMAZIONE IDRAULICA												
	PIANO DI MANUTENZIONE												
TIPOLOGIA DI CAVA													
A MEZZA COSTA													
	ROCCIA COERENTE												
	FRONTE APERTA CONCAVA O CONVESSA												
	FRONTE CHIUSA (AD ANFITEATRO O AD IMBUTO)												
	SU DETRITO DI FALDA												
	SU CONOIDE												
IN PIANURA - A FOSSA													
	ROCCIA COERENTE												
	ROCCIA SCIOLTA / DETRITO												
IN PIANURA - SOTTO FALDA													
	ROCCIA SCIOLTA / DETRITO												
	TRASPORTO DEL GREZZO AL												
	TRATTAMENTO												
	IN CAVA												
	ESTERNO												
IMPIANTO DI TRATTAMENTO													

DURATA IMPATTO (D)

- Permanente
- Medio termine - compatibile con la durata della coltivazione
- Temporanea
- Potenziale interazione

ENTITA' IMPATTO NEGATIVO (E)

- Elevata
- Media
- Lieve o nullo
- Non significativo
- Dipende dalle caratteristiche sito-specifiche
- Dipende dalla zona in cui si inserisce la cava e dalla vicinanza a zone protette

7. BIBLIOGRAFIA

- ASSERETO R., DESIO A., DI COBERTALDO D. E PASSERI L.D. (1968): Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000; foglio 14^A, Tarvisio. *Min. dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Dir. Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia*, Ercolano (Napoli), 1-70.
- ASSERETO R. E PISA G. (1978): A propos d'une récente monographie de Ph. Lagny sur la géologie de la Conca di Sappada (Cadore nord-oriental, Italie). *Riv. It. Paleont. Strat.*, 84 (1), 93-120, Milano.
- AA.VV. (1985): I marmi del Carso. *C.C.I.A.A. Trieste*, Trieste.
- AA.VV. (1991): Manuale dei marmi, pietre e graniti. *Guida Tecnica. F.lli Vallardi Editori*, 172 pp., Milano.
- AA.VV. (2001): Gli aggregati. *A.N.E.P.L.A. Editore*, 32 pp., Milano.
- AA.VV. (2003): Il recupero e la riqualificazione ambientale delle cave in Emilia-Romagna - manuale teorico pratico. *Regione Emilia Romagna*, 490 pp., Bologna.
- AA.VV. (2006): Guida all'industria estrattiva ed al riciclaggio. *Edizioni P.E.I.*, 540 pp., Parma.
- BERTAGNIN M. E FRANGIPANE A. (2007): Pietra Piasentina: tradizione e modernità. *Consorzio Produttori Pietra Piasentina 2007*, Torrenano (UD).
- BRAGA G.P., CARLONI G.C., COLANTONI P., CORSI M., CREMONINI G., FRASCARI F., LOCATELLI D., MONESI A., PISA G., SASSI F.P., SELLI R., VAI G.B. E ZIRPOLI G. (1971): Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Fogli 4c-13 (M. Cavallino - Ampezzo). *Servizio Geologico d'Italia*, 1-108, Roma.
- BROGLIO LORIGA C., GÓZNÁN F., HAAS J., LENNER K., NERI C., ORAVECZ SCHEFFER A., POSENATO R., SZABÓ E TÓTH MAKK Á. (1990): The lower Triassic sequences of the Dolomites (Italy) and transdanubian mid-mountains (Hungary) and their correlation. *Mem. Sc. Geol.*, 42, 41-103.
- BROGLIO LORIGA C., MASETTI D. E NERI C. (1983): La Formazione di Werfen (Scitico) nelle Dolomiti occidentali: sedimentologia e biostratigrafia. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, 88, 501-598.
- CAFFAU M. (2006): Descrizione sintetica del territorio del Friuli Venezia Giulia. <http://www.cami-life.net>.
- CALZAVARA M., MUSCIO G., NADALET L. E VAIA F. (1981): Il lago proglaciale di Malga Sette Fontane (Val Settimana, Pordenone). *Gortania, Atti Mus. Friul. St. Nat.*, 3, 21-38, Udine.
- CARULLI G.B., ONOFRI R. (1966): Il Friuli – I marmi. *C.C.I.A.A. Udine*, Udine.
- CARULLI G.B., ONOFRI R. (1969): I marmi del Carso. *Ed. Del Bianco*, Udine.
- CARULLI G.B. (1987): Lineamenti geologici del Friuli. *Biogeographia*, vol. 13, 1-14.
- CARULLI G.B. (2006): Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia. Scala 1:150.000. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia. *S.EL.CA.*, Firenze.

- CAVALLIN A. E MARTINIS B. (1981): Il bacino lacustre della conca di Tramonti (Prealpi Carniche). In *Alto, Cronache Soc. Alpina Friulana*, 63, 147-161, Udine.
- CAVALLIN A. E MARTINIS B. (1986): Le sismite nelle Prealpi friulane. In *Alto, Cronache Soc. Alpina Friulana*, 68, Udine.
- CUCCHI F., MASSARI G., OBERTI S. (1999): Il chimismo delle falde freatiche e artesiane della pianura friulana. *Atti del Museo Carsico Geologico e Paleontologico di Monfalcone. Quaderno 7*, pp. 3-20.
- DESIO A. (1926): L'evoluzione morfologica del bacino della Fella in Friuli. *Atti Soc. It. Sc. Nat. e Museo Civ. St. Nat. di Milano*, 65/3-4, 205-463, Pavia.
- FANTONI R., LONGO SALVADOR G., PODDA F., PONTON M. E SCOTTI P. (1998): L'unità a lami-niti organiche nel Norico del Rio Resartico (Val Resia, Prealpi Giulie). *Atti Tic. Sc. Terra, serie spec.*, 7, 109-123, Pavia.
- FARABEGOLI E. E LEVANTI D. (1982): Triassic stratigraphy and microfacies of the Monte Ple-ros (Western Carnia, Italy). *Facies*, 6, 37-58.
- FARABEGOLI E., JADOUL F. E MARTINES M. (1985): Stratigrafia e paleogeografia anisiche delle Alpi Giulie occidentali (Alpi Meridionali - Italia). *Riv. It. Paleont. Strat.*, 91 (2), 147-196.
- FIORA L., BORGHI A., ALCIATI L. E ZUSI V. (2002): Carta geologica delle pietre naturali con-temporanee d'Italia. *Giorgio Zusi Editore*, Verona.
- FOIS E. E JADOUL F. (1983): La Dorsale Paleocarnica anisica di Pontebba. *Riv. It. Paleont. Strat.*, 89, 3-30.
- FORNARO M., LOVERA E. E SACERDOTE I. (2001): La coltivazione delle cave ed il recupero ambientale. *Politeko*, Torino.
- GORTANI M. (1907): Contribuzioni allo studio del Paleozoico Carnico – Le Faune devonia-ne. *Palaeont. Italica*, 13, 1-64.
- GORTANI M. (1920): I bacini della But, del Chiarsò e della Vinadia in Carnia. Geologia, mor-fologia, idrografia. Carta della permeabilità delle rocce. *Ufficio idrografico del R. Magistrato alle Acque di Venezia*, 104, pp.71.
- GRANDESSO P., STEFANI C E TUNIS G. (2002): La sequenza neogenica. In: Alpi e Prealpi Carniche e Giulie, *Guide geologiche regionali (Friuli Venezia Giulia)*, a cura della S.G.I., 55-57, BE-MA Editrice, Milano.
- JADOUL F. E NICORA A. (1979): L'assetto stratigrafico-paleogeografico del Trias medio-superiore della Val d'Aupa (Carnia orientale). *Riv. It. Paleont.*, 85, 1-30, Udine.
- MARINELLI G. (1888): Le Alpi Carniche. Nome, limiti, divisioni nella storia e nella scienza. *Boll. C.A.I.*, 57,72-154, Torino.
- MARTINIS B. (1993): Storia geologica del Friuli. 268 pp., Udine.
- MARTINIS B. (1979): Le acque sulfuree di Arta (Carnia) ed il loro ambiente geologico. *Ed. Aviani*, 186 pp., Udine.
- MIGNANI A. E QUADRELLI S. (1985): Le nuove espressioni del marmo: pavimenti e rivesti-menti interni ed esterni. *Internazionale Marmo e Macchine*, 142 pp., Carrara (MC).

- PALCHETTI E. (2009): Tecnologie di dragaggio. *Quarry & Construction*, 556, 37 - 42. Edizioni PEI, Parma.
- PISA G. (1962): Geologia dei monti a nord di Forni di sotto (Carnia occidentale). *Giorn. Geol.*, 38 (1970), 543-688, Bologna.
- PISA G. (1974): Tentativo di ricostruzione paleoambientale e paleostrutturale dei depositi di piattaforma carbonatica medio-triassica delle Alpi Carniche sud-occidentali. *Mem. Soc. Geol. It.*, 13, 35-83.
- PONTON M. (2002): La successione ladino-retica. In: *Alpi e Prealpi Carniche e Giulie, Guide geologiche regionali (Friuli Venezia Giulia)*, a cura della S.G.I., 45-48, BE-MA Editrice, Milano.
- PONTON M. E PODDA F. (1995): Un esempio di scarpata di piattaforma norica lungo la linea M. Dof - M. Auda (Prealpi Carniche). *Atti Tic. Sc. Terra, serie spec.*, 3, 11-19, Pavia.
- PRIMAVERI P. (1997): I materiali lapidei ornamentali: marmi, graniti e pietre. 225 pp., Edizioni ETS, Pisa.
- PRIMAVERI P. (1999): Planet stone. 320 pp., Giorgio Zusi Editore, Verona.
- SELLI R. (1963): Schema geologico delle Alpi Carniche e Giulie occidentali, *Giorn. Geol.*, 30, 1-121.
- SPALLETTA C., VAI G. B. E VENTURINI C. (1982): La Catena Paleocarnica. In: *A. Castellarin e G.B. Vai (a cura di): Guida alla geologia del Sudalpino centro-orientale. Guide geol. reg. S.G.I.*, 281-292, Bologna.
- SPALLETTA C. E VENTURINI C. (1990): Stratigraphic Correlation Form (SCF) of the Paleozoic sequence in the Carnic Alps (Geotraverse B). In *F.P. Sassi e A. Zanferrari (Eds.): Pre-Variscan and Variscan events in the Alpine-Mediterranean mountain belts: Stratigraphic Correlation Form. Rend. Soc. Geol. It.*, 12 (1989), 417-421.
- UNI 9916:2004 (2004): Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici. 29 pp., UNI, Milano.
- VAI G.B. (1976): Stratigrafia e paleogeografia ercinica delle Alpi. *Mem. Soc. Geol. It.*, 13 (1), 7-37.
- VAI G.B., SPALLETTA C. E PONDRELLI M. (2002): La sequenza ercinica del Paleozoico carnico. In: *Alpi e Prealpi Carniche e Giulie. Guide geologiche regionali (Friuli Venezia Giulia)*, a cura della S.G.I., 20-31, BE-MA Editrice, Milano
- VAI G.B., FRANCAVILLA F., FERRARI A. E CONTARINI M.T. (1980): La sezione del Monte Carnizza (Carbonifero superiore, Alpi Carniche). *Mem. Soc. Geol. It.*, 20, 267-276.
- VAIA F. E ZORZIN R. (1994): Fenomeni di tettonica recente in Val Resia (Prealpi Giulie). *Gortania, Atti Museo Friulano St. Nat.*, 3, 5-20, Udine.
- VENTURINI C. (1986): Permian red beds of the Val Gardena Sandstone in the Carnic Alps. In: *Italian Res. Group IGCP 203 (Ed.): Field conference on Permian-Triassic Boundary in the Southalpine segment of the Western Tethys. Excursion Guidebook*, 54-65.
- VENTURINI C. (1986 b): I depositi quaternari di Ponte Racli (PN, Prealpi Friulane). *Gortania, Atti Museo Friulano Storia Naturale*, 7, 37-58, Udine.

- VENTURINI C. (1990): Geologia delle Alpi Carniche centro-orientali. *Museo Friulano di Storia Naturale*, pubbl. n.36, 220 pp., Udine.
- VENTURINI C. (2002): La sequenza permo-carbonifera. In: *Alpi e Prealpi Carniche e Giulie, Guide geologiche regionali (Friuli Venezia Giulia)*, a cura della S.G.I., 31-37, BE-MA Editrice, Milano.
- VENTURINI C. (2002): La successione permo-anisica. In: *Alpi e Prealpi Carniche e Giulie, Guide geologiche regionali (Friuli Venezia Giulia)*, a cura della S.G.I., 38-45, BE-MA Editrice, Milano.
- VENTURINI S. e TUNIS G. (2002): La sequenza giurassico-paleogenica. In: *Alpi e Prealpi Carniche e Giulie, Guide geologiche regionali (Friuli Venezia Giulia)*, a cura della S.G.I., 49-55. BE-MA Editrice, Milano.

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 L'ATTIVITÀ ESTRATTIVA	1
1.3 I MATERIALI DI CAVA	3
1.3.1 <i>Materiali ad uso ornamentale e da costruzione</i>	3
1.3.2 <i>Materiali per uso industriale</i>	4
1.3.3 <i>Materiali per aggregati</i>	4
2. GEOLOGIA E MATERIALI LAPIDEI DEL FRIULI VENEZIA GIULIA	6
2.1 LA GEOLOGIA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA	6
2.1.1 <i>La successione paleozoica</i>	8
2.1.2 <i>La successione permio – triassica</i>	10
2.1.3 <i>La successione giurassico – paleogenica</i>	17
2.1.4 <i>La sequenza neogenica friulana</i>	22
2.1.5 <i>I Depositi del Quaternario</i>	23
2.1.6 <i>Le litologie nel Friuli Venezia Giulia</i>	25
2.1.7 <i>La tettonica del Friuli Venezia Giulia</i>	25
2.2 I PRINCIPALI MATERIALI LITOIDI IN REGIONE	27
2.3 CARATTERIZZAZIONE MERCEOLOGICA E GEOTECONOLOGICA	36
2.3.1 <i>Caratterizzazione merceologica e qualificazione delle pietre ornamentali</i> ..	36
2.3.2 <i>Caratterizzazione geotecnologica degli aggregati</i>	42
2.4 FILIERE PRODUTTIVE	46
2.4.1 <i>Materiali di cava per inerti e per l'industria</i>	49
2.4.2 <i>Pietre ornamentali</i>	51
3. FATTORI AMBIENTALI E NORMATIVI	62
3.1 MORFOLOGIA	62
3.2 INFLUENZA DEL CLIMA SULLE ATTIVITÀ ESTRATTIVE	63
3.3 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA	64
3.4 USO DEL SUOLO E PEDOLOGIA	67
3.5 VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI PRINCIPALI	67
3.6 VINCOLI PAESAGGISTICO - AMBIENTALI	69
3.7 LA PIANIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ ESTRATTIVE	70
3.7.1 <i>Incidenza delle materie prime litoidi sull'ingegneria civile</i>	73
3.7.2 <i>Modalità di predisposizione del piano strutturale di settore</i>	75
3.8 ITER AUTORIZZATIVO DEL PROGETTO DI COLTIVAZIONE E RECUPERO AMBIENTALE	78
3.9 LA GESTIONE DEI RIFIUTI PRODOTTI NELLE INDUSTRIE ESTRATTIVE	87
3.9.1 <i>Procedura di gestione</i>	87
3.9.2 <i>Caratterizzazione dei rifiuti di estrazione</i>	88

4.	METODOLOGIE E TECNOLOGIE DI COLTIVAZIONE	90
4.1	ELEMENTI CARATTERISTICI DI UNA CAVA	91
4.1.1	<i>Elementi architettonici e volumetrici</i>	91
4.1.2	<i>Elementi funzionali</i>	92
4.2	TIPOLOGIE DI CAVA	93
4.2.1	<i>Cave a giorno</i>	96
4.2.2	<i>Cave in sotterraneo</i>	104
4.3	METODI DI COLTIVAZIONE DI CAVA	108
4.3.1	<i>Aspetti generali</i>	108
4.3.2	<i>Cave di monte</i>	111
4.3.3	<i>Cave di collina</i>	118
4.3.4	<i>Cave di pianura</i>	121
4.3.5	<i>Cave di pietra ornamentale</i>	126
4.4	TECNOLOGIE DI COLTIVAZIONE DI CAVA	135
4.4.1	<i>Abbattimento primario e secondario</i>	136
4.4.2	<i>Sgombero e trasporto</i>	142
4.4.3	<i>Scavo sotto falda</i>	144
4.4.4	<i>Pietre ornamentali</i>	146
5.	IL RECUPERO AMBIENTALE DELLE CAVE	159
5.1	PREMESSA	159
5.2	TIPOLOGIE DI RECUPERO	161
5.3	METODOLOGIE DI RECUPERO	162
5.3.1	<i>Cave di monte</i>	162
5.3.2	<i>Cave di collina</i>	163
5.3.3	<i>Cave di pianura</i>	164
5.3.4	<i>Cave di pietra ornamentale</i>	165
5.4	MODALITÀ ED EVOLUZIONE TEMPORALE DEL RECUPERO AMBIENTALE	167
5.4.1	<i>Controllo dell'erosione, regimazione, fossi di guardia e sistemi di drenaggio</i>	168
5.4.2	<i>Modalità di accumulo e conservazione dello scotico</i>	169
5.4.3	<i>Rimodellamento morfologico</i>	171
5.5	INTERVENTI DI RECUPERO DELLA COPERTURA VEGETALE	176
5.5.1	<i>Inerbimento</i>	176
5.5.2	<i>Impianti arborei ed arbustivi</i>	176
6.	IL PROGETTO DI COLTIVAZIONE E RECUPERO AMBIENTALE	178
7.	BIBLIOGRAFIA	184

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1-1	Produzione mondiale di materie prime: per quantità (1) e per valore (2)	2
Figura 2-1	Le unità geologiche ed orografiche del Friuli Venezia Giulia	7
Figura 2-2	Schema tettonico del Friuli Venezia Giulia (Carulli G.B., 2006 – mod.)	26
Figura 2-3	Carta geologica delle pietre naturali contemporanee d'Italia (Fiora L., Borghi A., Alciati L. e Zusi V., 2002 – mod)	27
Figura 2-4	Coltivazione del marmo di Aurisina (Cava Ivere – Romana, TS)	29
Figura 2-5	Coltivazione delle arenarie di Muggia, note come “masegno”, nella Cava Ex Gorlato (Ditta Renice S.r.l., TS)	30
Figura 2-6	Area e siti di estrazione della Pietra Piasentina con indicate le cave attive: Prehot, Barilla, Colpapan, Noglaret, S. Ermacora, Bacino di Clastra, Altovizza e Tarpezzo.	31
Figura 2-7	Lavori di scopertura del giacimento di Pietra Piasentina (Cava Clastra, UD)	31
Figura 2-8	Porzione sommitale del giacimento di Pietra Piasentina (Cava Tamoris, UD)	32
Figura 2-9	Coltivazione per gradino basso nella cava del marmo “Fior di Pesco” (Cava Avanza, UD)	33
Figura 2-10	Coltivazione con filo diamantato nella cava del marmo “Grigio Naguscel Carnico” (Cava Clap di Naguscel, UD)	33
Figura 2-11	Coltivazione per bancate alte di marmo “Grigio Carnico”: blocco risultante dopo il ribaltamento sul piazzale (Cava Pramiosio, UD)	34
Figura 2-12	Coltivazione per bancate alte del “Rosso Oniciato” (Cava Koul Troten, UD)	34
Figura 2-13	Blocchi di “Noce Radica” di Verzegnis in fase di riquadratura ed in deposito (Cava Monte Lovinzola, UD)	35
Figura 2-14	Proprietà tecniche delle pietre ornamentali	38
Figura 2-15	Destinazioni possibili dei materiali di cava in funzione della loro dimensione e durezza (da AA.VV., 2001)	47
Figura 2-16	Ciclo di produzione degli aggregati (inerti) di una cava di monte (da AA.VV., 2001)	49
Figura 2-17	Impianto di produzione degli aggregati di una cava di monte; sullo sfondo l'impianto dei granulati (Cava di Sarone, PN)	50
Figura 2-18	Impianto di produzione degli aggregati di una cava pedemontana (Cava Monte Sei Busi, GO)	51
Figura 2-19	Diagramma del ciclo di produzione dai blocchi di cava	52
Figura 2-20	Produzione delle filagne da riquadrare di Pietra Piasentina presso il laboratorio della Ditta S.A.P.P.T. di Cecino e C. (UD)	53
Figura 2-21	Ciclo di lavorazione del marmo (Mignani e Quadrelli, 1985)	54
Figura 2-22	Lavorazione dei blocchi di pietra ornamentale (AA.VV., 1991)	55

Figura 2-23	Blocchi irregolari di “Noce Ramata” di Verzegnis pronti per la lavorazione presso la S.A.I.M. S.r.l. (UD)	56
Figura 2-24	Riquadratura in cava di un blocco di Fior di Pesco (Cava Avanza, UD)	56
Figura 2-25	Blocco di Repen Classico Zolla: durante la riquadratura con taglio al filo statico ed a termine operazione (Cava Babce Nord, TS)	57
Figura 2-26	Riquadratura dei blocchi informi e successivo taglio al telaio della Pietra Piasentina (Ditta Julia Marmi di Laurino M. e C., UD)	58
Figura 2-27	Trattamento della superficie mediante “fiammatura e spazzolatura” automatizzate della Pietra Piasentina (Ditta Julia Marmi di Laurino M. e C., UD)	59
Figura 2-28	Trattamento della superficie mediante “fiammatura” manuale e “bocciardatura” della Pietra Piasentina	60
Figura 2-29	Lavorazione “a spacco” del masegno di Muggia (TS)	61
Figura 3-1	Modello digitale del terreno con sovrapposte le aree di cava autorizzate (Estratto da WebGis del Friuli Venezia Giulia)	62
Figura 3-2	Province idrografiche della Pianura Friulana (Cucchi et al., 1999)	66
Figura 3-3	Valutazione della qualità ambientale dei siti minerari (Sala et al., 1994)	77
Figura 3-4	Verifica di assoggettabilità (Screening) e Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.)	82
Figura 3-5	Valutazione di incidenza su Siti di Importanza Comunitaria (S.I.C.) e/o Zone a Protezione Speciale (Z.P.S.)	83
Figura 3-6	Autorizzazione paesaggistica	84
Figura 3-7	Iter autorizzativo della fase progettuale esecutiva (Fase 1)	85
Figura 3-8	Iter autorizzativo della fase progettuale esecutiva (Fase 2)	86
Figura 3-9	Individuazione e destinazione dei prodotti di cava e di miniera	87
Figura 4-1	Vista d’insieme di una cava (cava di gesso Entrampo, UD)	90
Figura 4-2	Vista 3D della cava di aggregati Monte Sei Busi (GO) ottenuta mediante rilievo laser scanner da elicottero	97
Figura 4-3	Sezioni trasversali cava di aggregati Monte Sei Busi (GO) ottenute dal rilievo laser scanner da elicottero	97
Figura 4-4	Cava a mezza costa (Cava Pramiosio, UD)	98
Figura 4-5	Coltivazione in fossa di una cava di pianura (Cava Impresa Avianese, PN)	100
Figura 4-6	Coltivazione di una cava sotto falda mediante benna mordente su natante (Cava Clapadarie, UD)	103
Figura 4-7	Controllo del livello di falda mediante piezometro (Cava Foss Omblar, GO)	103
Figura 4-8	Andamento spaziale delle litologie presenti nell’area di Caneva (PN)	105
Figura 4-9	Sezione trasversale del giacimento di marmorino di Caneva (PN)	105
Figura 4-10	Relazione tra quantità di materiale inerte e quantità di materiale sterile estratti in diverse fasi di approfondimento di una cava a fossa	106

Figura 4-11	Gallerie utilizzate per la coltivazione selettiva del marmorino di Caneva (Cava Pedemonte – Valmadonna, PN)	106
Figura 4-12	Reticolo di gallerie esistenti nell'area estrattiva Pedemonte – Valmadonna in Caneva (PN)	107
Figura 4-13	Elaborazione tridimensionale dell'ortofoto delle cave Pedemonte, Valmadonna e Vallagher in Caneva (PN)	107
Figura 4-14	Parametri geometrici del gradone (A) e dello scavo a fossa (B)	109
Figura 4-15	Schema dell'evoluzione degli scavi in un cantiere schermato	113
Figura 4-16	Quinta di mascheramento prevista nella coltivazione di una cava di monte (Cava La Mata, PN)	113
Figura 4-17	Schema del metodo di coltivazione per fette orizzontali su un unico livello (splateamenti) con eventuale presenza di fornello di gettito e frantumatore primario	114
Figura 4-18	Estrazione del materiale proveniente dal fornello di gettito (Cava La Mata, PN)	115
Figura 4-19	Impianto di produzione dell'aggregato della Cava La Mata (PN) posto allo sbocco della galleria di base nel piazzale della Ex Cava Livenzetta	115
Figura 4-20	Cava di monte a mezza costa: fase 1	116
Figura 4-21	Cava di monte a mezza costa: fase 2	117
Figura 4-22	Cava di monte a mezza costa: fase 3	118
Figura 4-23	Cava di collina di argilla (Cava Bosc di Sot, GO)	120
Figura 4-24	Fase di scavo con ripper e dozer in una cava di collina di argilla (Cava Bosc di Sot, GO)	120
Figura 4-25	Cave a fossa sopra falda: schema di coltivazione materiali incoerenti	123
Figura 4-26	Cave a fossa sopra falda: schema di coltivazione materiali coerenti	124
Figura 4-27	Parametri geometrici del gradone e dello scavo a fossa sotto falda	125
Figura 4-28	Fetta verticale di coltivazione di inizio gradone (Cava Avanza, UD)	127
Figura 4-29	Schema di coltivazione per bancata alta (Fornaro et. Al., 2001)	129
Figura 4-30	Metodo per splateamento su due bancate alte: sviluppo della coltivazione	130
Figura 4-31	Schema della fase iniziale di apertura di una platea mediante la creazione di un canale di attacco	131
Figura 4-32	Estrazione per gradino alto del marmo di Aurisina: predisposizione del canale di apertura sul livello superiore (Cava Ivere – Romana, TS)	131
Figura 4-33	Schema di coltivazione per gradino basso (Fornaro et. Al., 2001)	132
Figura 4-34	Estrazione per gradino basso del Repen Classico Zolla nella Cava Babce Nord (TS)	132
Figura 4-35	Blocchi irregolari di Pietra Piasentina pronti per la valorizzazione finale in laboratorio (Ditta Julia Marmi di Laurino M. e C., UD)	134
Figura 4-36	Coltivazione per squadratura di trovanti di Pietra Piasentina (Cava Altovizza, UD)	134
Figura 4-37	Gradoni plurimi di coltivazione (Cava Entrampo, UD)	137

Figura 4-38	Geometria del gradone e schema di perforazione	138
Figura 4-39	Coltivazione a gradoni subverticali con esplosivo (Cava Entrampo, UD)	139
Figura 4-40	Impatti ambientali legati all'uso dell'esplosivo	140
Figura 4-41	Limiti del valore della velocità di vibrazione per diversi tipi di costruzione in funzione della frequenza (UNI 9916:2004 – DIN 4150) e risposta psicologica dell'uomo	141
Figura 4-42	Frantumazione primaria sul piazzale di cava in corrispondenza del fornello di gettito (Cava La Mata, PN)	143
Figura 4-43	Cantiere di estrazione sotto falda: dragline con benna da 6 m ³ (produzione 150 m ³ /h), escavatore idraulico a benna diritta e dumper (Cava Foss Omblar, GO).	145
Figura 4-44	Controllo computerizzato della fase di dragaggio: aree in cui si deve ancora intervenire (in giallo) ed aree già completate alla quota di progetto (in verde) (Palchetti E., 2009)	145
Figura 4-45	Draga a benna mordente a cavalletto (Cava Tamburlini, UD)	146
Figura 4-46	Principali tecnologie impiegate nelle cave di marmo (Fornaro et. Al., 2001)	147
Figura 4-47	Taglio verticale con filo diamantato (Cava Pramosio, UD)	149
Figura 4-48	Taglio orizzontale con filo diamantato (Cava Avanza, UD)	149
Figura 4-49	Perline per marmo (Cava Avanza, UD)	150
Figura 4-50	Tagliatrice a catena nella Pietra Piasentina (Cava Tarpezzo, UD)	151
Figura 4-51	Tagliatrice a catena per il taglio al monte e alla base su gradino basso (Cava Avanza, UD)	151
Figura 4-52	Utensili di taglio della tagliatrice a catena (Cava Avanza (UD))	152
Figura 4-53	Utilizzo dello splitting dinamico nel Repen a Monrupino (Cava Babce Nord, TS)	153
Figura 4-54	Effetto di un ribaltamento in materiale altamente fratturato (Cava Ivere – Romana, TS)	154
Figura 4-55	Fase di ribaltamento (Cava Pramosio, UD)	155
Figura 4-56	Riquadratura con filo diamantato (Cava Avanza, UD)	155
Figura 4-57	Movimentazione mediante escavatore cingolato (Cava Pramosio, UD)	156
Figura 4-58	Pala gommata ed escavatore a benna rovescia per la movimentazione dei blocchi di cava (Cava Carlo Skabar, TS)	157
Figura 4-59	Pala gommata dotata di forche per il trasporto dei blocchi di cava (Cava Avanza, UD)	157
Figura 4-60	Movimentazione mediante gru derrick (Cava Petrovizza, TS)	158
Figura 4-61	Movimentazione mediante gru derrick (Cava Altovizza, UD)	158
Figura 5-1	Recupero ambientale di una cava di pianura in cui si riconoscono le fasi di recupero consolidato (a destra) e recente. Il recupero ha completamente cancellato la fase di coltivazione (Cava Inerti Avianese, PN)	160

Figura 5-2	Area recuperata ed in fase di recupero della cava di marna Almadis (PN)	163
Figura 5-3	Coltivazione e contestuale recupero della cava di calcare La Mata (PN)	163
Figura 5-4	Cave di pianura: diverse morfologie finali di recupero	164
Figura 5-5	Area recuperata di una cava di Pietra Piasentina (Cava Clastra, UD)	165
Figura 5-6	Pareti subverticali: in fase di coltivazione ed in fase di abbandono (Cava Avanza, UD)	166
Figura 5-7	Recupero ambientale con ritombamento della Cava Babce Nord (TS)	167
Figura 5-8	Cava pedemontana con scarpate di recupero ad elevata pendenza dove si utilizzano le microbanchette (visibili nella restituzione ad alta definizione) per ridurre l'effetto ruscellamento (Cava Monte Sei Busi, GO)	169
Figura 5-9	Cumulo del terreno di copertura (Cava Tamburlini, UD)	169
Figura 5-10	Prelievo e movimentazione dei diversi orizzonti del substrato in presenza di materiale pedogenizzato	170
Figura 5-11	Deposito e conservazione dei diversi orizzonti del substrato in presenza di materiale pedogenizzato	171
Figura 5-12	Sezione tipo di recupero ambientale di una scarpata di una cava di pianura in fossa	173
Figura 5-13	Metodo ricostruttivo di una cava di pianura con unica zona di accumulo in testa gradone (Cava Inerti Avianesi, PN)	173
Figura 5-14	Sezione tipo di recupero ambientale di una scarpata di una cava di monte	174
Figura 5-15	Recupero dei versanti di una cava a mezza costa: interventi consolidati e recenti (Cava La Mata, PN)	174
Figura 5-16	Sezione tipo di recupero ambientale di un piazzale di cava in una cava di pianura in fossa	175
Figura 5-17	Recupero ambientale di una cava di pianura a fossa (Cava Lovera, PN)	175
Figura 5-18	Sesti di impianto per recupero ambientale di cave di monte	177

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 2-1	Pietre ornamentali coltivate in Friuli Venezia Giulia sino agli anni '80	28
Tabella 2-2	Norme europee (EN) ed italiane (UNI) di riferimento per la terminologia e la classificazione delle pietre ornamentali	36
Tabella 2-3	Suddivisione merceologica delle pietre ornamentali (EN 12670:2001)	38
Tabella 2-4	Significatività delle caratteristiche dei materiali in funzione del loro impiego	39

Tabella 2-5	Modalità operative di alcune prove specifiche di caratterizzazione delle pietre ornamentali	40
Tabella 2-6	Principali norme riguardanti i prodotti di pietra naturale	41
Tabella 2-7	Grado di significatività della prestazione in relazione ai principali impieghi dei prodotti lapidei	42
Tabella 2-8	Caratterizzazione geotecnologica degli aggregati: norme di certificazione	45
Tabella 2-9	Comparti estrattivi dei materiali di cava	47
Tabella 2-10	Quadro sinottico delle lavorazioni dei grezzi di cava	49
Tabella 3-1	Tipologie climatiche di Lang	64
Tabella 3-2	Tipologie climatiche di De Martonne	64
Tabella 3-3	Incidenza degli inerti nelle principali opere di ingegneria	74
Tabella 3-4	Incidenza del costo degli inerti nelle principali opere di ingegneria	74
Tabella 4-1	Tipologie di cava	93
Tabella 4-2	Tipologie di cava per l'estrazione di materiali coerenti	94
Tabella 4-3	Quadro sinottico delle operazioni di cava	95
Tabella 4-4	Escavazioni che interessano direttamente o indirettamente la falda freatica: tempo di filtrazione minimo richiesto nei depositi alluvionali per gradiente idraulico unitario	102
Tabella 4-5	Parametri tecnici dei fronti in fase di coltivazione e di recupero	110
Tabella 6-1	Riflessi dell'attività estrattiva sull'ambiente naturale	182

ALLEGATI

A. STATISTICHE:

A1. NAZIONALI

A2. REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

B. UBICAZIONE DELLE CAVE ATTIVE SU CARTA GEOLOGICA

C. UBICAZIONE DELLE CAVE ATTIVE SU CARTA LITOLOGICA

D. UBICAZIONE DELLE CAVE ATTIVE SU CARTA DEI VINCOLI AMBIENTALI

E. ANAGRAFICA DELLE CAVE ATTIVE

F. CARATTERISTICHE MERCEOLOGICHE DELLE PRINCIPALI PIETRE ORNAMENTALI ESTRATTE NELLA REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

ALLEGATO A1

STATISTICHE NAZIONALI

Tabella 1 Dati statistici relativi ai materiali di cava nelle varie regioni italiane

REGIONE	VALLE D'AOSTA	PIEMONTE	LOMBARDIA	VENETO	TRENTINO A.A.	FRIULI VENEZIA GIULIA	LIGURIA	EMILIA ROMAGNA	TOSCANA	UMBRIA
ANNO	2003	2004	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003
PRODUZIONE REGIONALE (in migliaia di t)	473.000	33.549.139	48.910.000	39.631.000	7.794.000	7.656.000	5.188.000	39.058.000	25.951.000	12.270.000
CAVE N°	43	291	451	337	294	79	93	277	540	104
ADDETTI N°	103	1.262	1.708	1.503	2.409	334	381	1.200	2.426	701

ANNO	2000	1999	2000	1999	2000	1999	1997	2000	2000	2000
PRODUZIONE REGIONALE (in migliaia di t)	497.000	22.996.000	42.034.000	7.420.000	28.803.000	6.257.000	6.416.000	41.263.000	40.590.000	13.242.000

REGIONE	MARCHE	LAZIO	ABRUZZO	MOLISE	CAMPANIA	PUGLIA	BASILICATA	CALABRIA	SICILIA	SARDEGNA	TOTALE
ANNO	2003	2003	2003	1999	2003	2003	2003	1997	1999	2002	
PRODUZIONE REGIONALE (in migliaia di t)	4.987.000	36.636.000	13.070.000	3.611.000	15.883.000	73.281.000	2.565.000	5.692.000	23.322.000	19.099.000	418.626.139
CAVE N°	125	351	216	59	124	606	119	132	722	491	5.454
ADDETTI N°	592	1.624	469	136	782	2.982	314	189	1.518	2.415	23.048

ANNO	1998	2000	1999	1999	1998	2000	1988	1997	1999	2000	
PRODUZIONE REGIONALE (in migliaia di t)	8.198.000	34.377.000	15.058.000	3.611.000	12.735.000	73.281.000	6.825.000	5.692.000	23.321.000	19.099.000	411.715.000

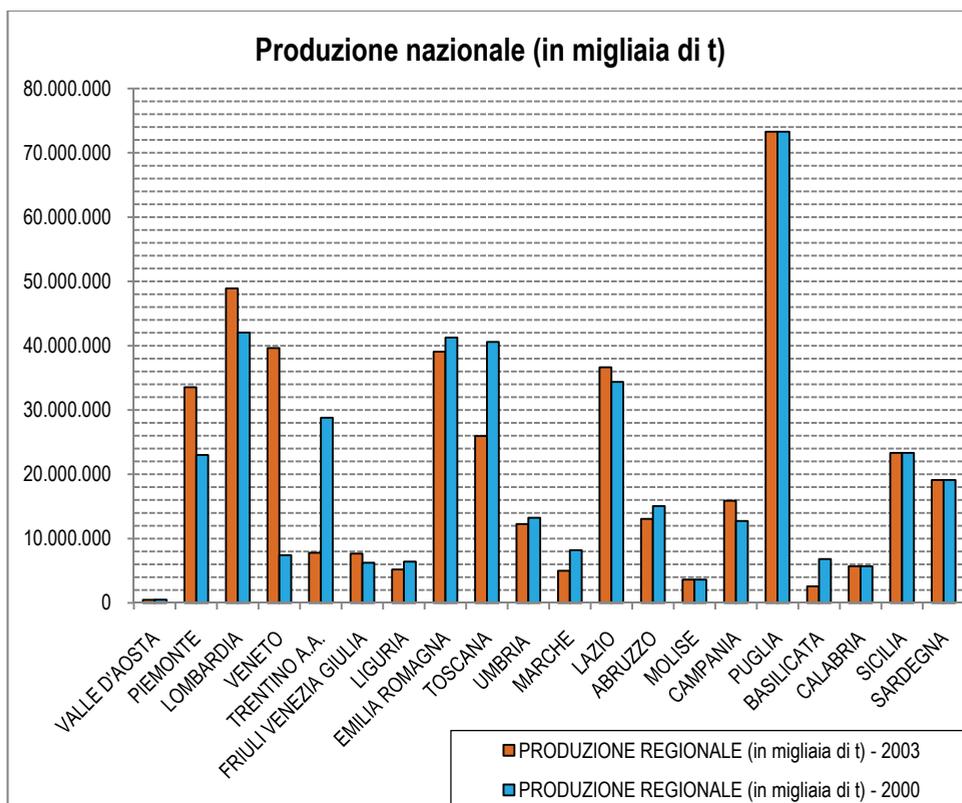


Figura 1 Produzioni regionali totali di cava

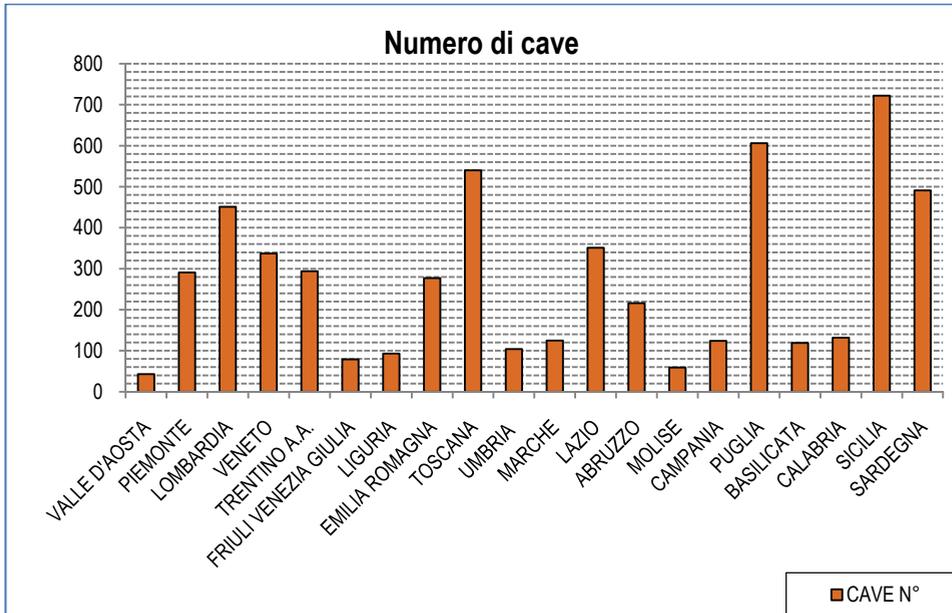


Figura 2 Numero cave (anno 2003)

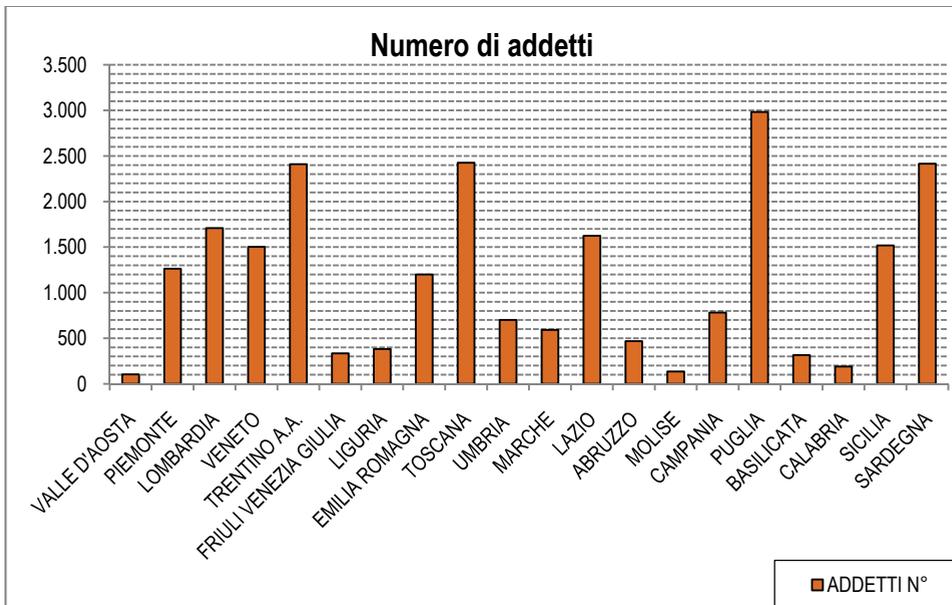


Figura 3 Numero addetti all'attività estrattiva nelle varie regioni italiane (anno 2003)

Tabella 2 Produzione totale nazionale negli ultimi venti anni (1982 ÷ 2003) suddivisa per tipologia di materiale

QUALITA'		PRODUZIONE NAZIONALE (in migliaia di tonnellate)								
		1982	1983	1985	1986	1987	1994	1997	2000	2003
1)	MARMI E PIETRE DA TAGLIO	9.936	10.700	14.453	36.552	14.050	9.874	14.603	20.740	23.733
	a. da taglio e/o lavorate	25.326	29.222	98.056	19.258	17.626	16.123	15.359	20.329	12.411
2)	MATERIALI PER LEGANTI (cemento, calce, gesso, cotto)	3.493	135.868	47.771	2.388	125.430	29.954	57.924	70.501	60.808
	a. calcare e marna	4.242	4.461	1*	6.797	2.543	3.021	3.986	7.646	7.880
	b. argilla	5.807	5.845	6.367	8.010	7.733	3.543	1.181	676	770
	c. pozzolana	3.794	2.076	2.169	710	1.529	2.045	2.732	2.224	1.651
d. gesso	657	874	1.154	14.830	90	1.084	1.996	4.852	5.443	
3)	MATERIALI PER REFRAATTARI (dolomite e diversi)	4.887	4.223	3.300	4.272	4.999	604	2.182	3.078	3.472
4)	SABBIE SILICEE	9.126	11.190	1.690	12.510	1.777	7.036	2.619	7.229	17.676
5)	MATERIALI INDUSTRIALI (farina fossile, marmorino, pomice, terre coloranti)	23.610	26.000	27.484	34.739	14.565	16.414	25.986	20.867	20.509
6)	ARGILLE PER LATERIZI E TERRACOTTE	76.922	69.222	2*	30.373	43.552	78.038	106.581	100.987	77.310
7)	INERTI DA COSTRUZIONE	3.232	94	327.413	259.389	252.495	304.720	393.170	411.715	420.208
	a. sabbie e ghiaie									
b. pietrisco										
TOTALI		171.032	299.775	529.857	429.828	486.389	472.456	628.319	670.844	651.871

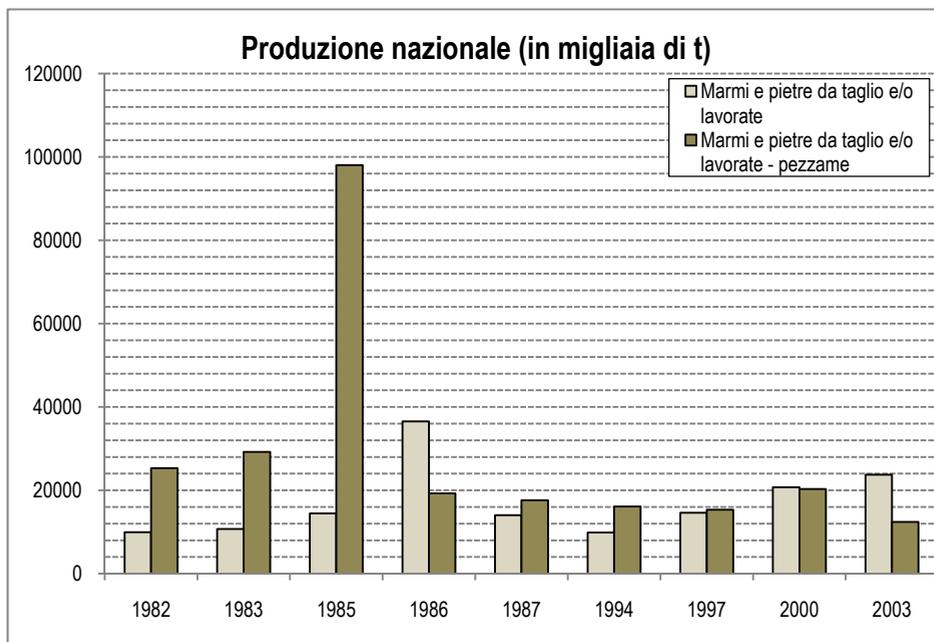


Figura 4 Produzione nazionale di marmi e pietre da taglio

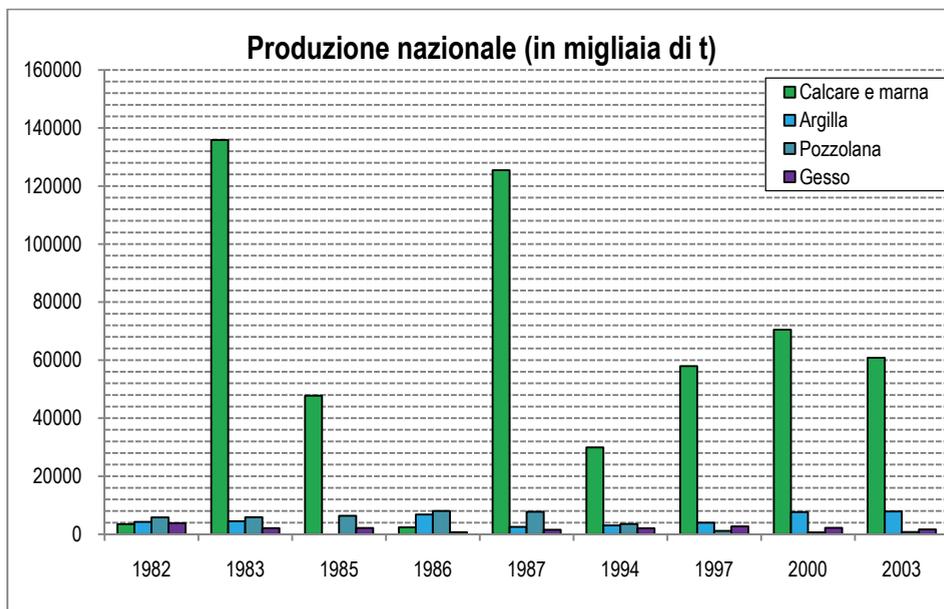


Figura 5 Produzione nazionale di calcare e marna, argilla, pozzolana e gesso

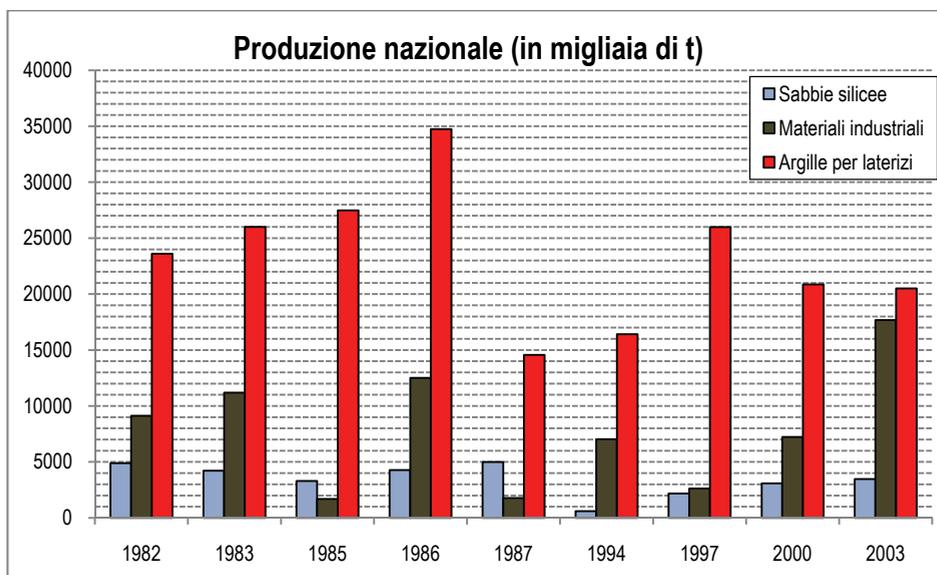


Figura 6 Produzione nazionale di sabbie silicee, materiali industriali ed argille per laterizi

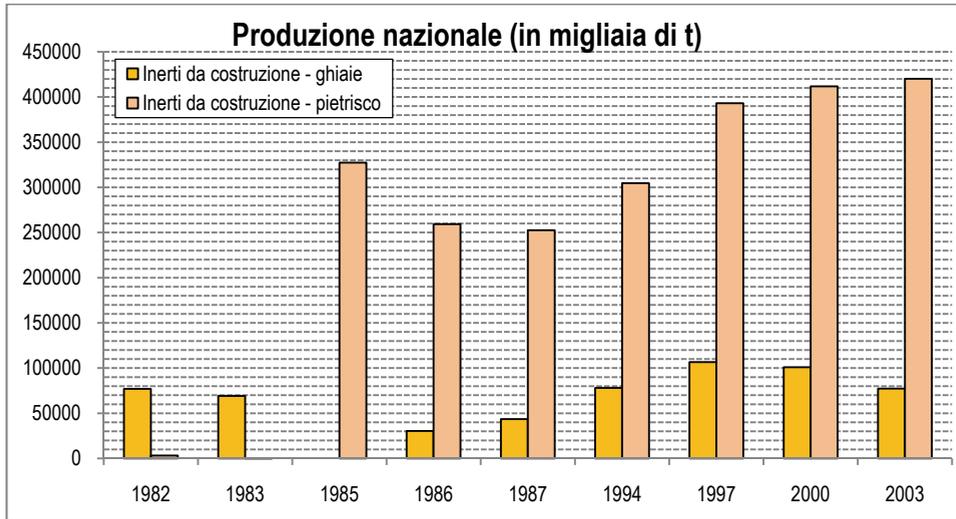


Figura 7 Produzione nazionale di inerti da costruzione: ghiaie e pietrisco

Tabella 3 Produzione nelle varie regioni (2003) suddivisa per tipologia di materiale

REGIONE		PRODUZIONE REGIONALE (in migliaia di tonnellate)						
ANNO		VALLE D'AOSTA	PIEMONTE	LOMBARDIA	VENETO	TRENTINO A.A.	FRIULI VENEZIA GIULIA	LIGURIA
QUALITÀ		2003	2004	2003	2003	2003	2003	2003
1)	MARMI E PIETRE DA TAGLIO							
	a. da taglio e/o lavorate	62.000	400.000	2.240.000	1.879.000	1.074.000	461.000	983.000
	b. pezzame		673.000			498.000		
2)	MATERIALI PER LEGANTI (cemento, calce, gesso, cotto)							
	a. calcare e marna		3.462.000	4.426.000	2.458.000	449.000	3.509.000	4.181.000
	b. argilla		1.568.000		8.000	111.000		14.000
	c. pozzolana			269.000				
	d. gesso		100.000	167.000	36.000	10.000		
3)	MATERIALI PER REFRATTARI (dolomite e diversi)			596.000				
4)	SABBIE SILICEE		2.112.000		20.000			
5)	MATERIALI INDUSTRIALI (farina fossile, marmorino, pomice, terre coloranti)			117.000	2.297.000	63.000		
6)	ARGILLE PER LATERIZI E TERRACOTTE		1.468.000	2.403.000	2.247.000	178.000	257.000	
7)	INERTI DA COSTRUZIONE							
	a. sabbie e ghiaie	349.000	21.133.139	38.692.000	30.685.000	4.963.000	3.429.000	10.000
	b. pietrisco	62.000	2.633.000		1.000	448.000		
TOTALI		473.000	33.549.139	48.910.000	39.631.000	7.794.000	7.656.000	5.188.000

REGIONE		PRODUZIONE REGIONALE (in migliaia di tonnellate)						
ANNO		EMILIA ROMAGNA	TOSCANA	UMBRIA	MARCHE	LAZIO	ABRUZZO	MOLISE
QUALITÀ		2003	2003	2003	2003	2003	2003	1999
1)	MARMI E PIETRE DA TAGLIO							
	a. da taglio e/o lavorate		1.717.000	13.000	55.000	2.238.000		1.000
	b. pezzame		4.150.000	1.007.000		2.731.000		1.000
2)	MATERIALI PER LEGANTI (cemento, calce, gesso, cotto)							
	a. calcare e marna	678.000	3.200.000	1.933.000			4.050.000	131.000
	b. argilla	306.000	2.392.000	161.000	482.000			31.000
	c. pozzolana						400.000	
	d. gesso	218.000	48.000		84.000			207.000
3)	MATERIALI PER REFRATTARI (dolomite e diversi)		4.847.000					
4)	SABBIE SILICEE	2.151.000	110.000			294.000		5.000
5)	MATERIALI INDUSTRIALI (farina fossile, marmorino, pomice, terre coloranti)		561.000	1.171.000		24.000		
6)	ARGILLE PER LATERIZI E TERRACOTTE	2.834.000	1.690.000	1.549.000		477.000	820.000	301.000
7)	INERTI DA COSTRUZIONE							
	a. sabbie e ghiaie	32.532.000	4.628.000	2.397.000	3.046.000	8.433.000	7.800.000	1.740.000
	b. pietrisco	339.000	2.608.000	4.039.000	1.320.000	22.439.000		1.194.000
TOTALI		39.058.000	25.951.000	12.270.000	4.987.000	36.636.000	13.070.000	3.611.000

REGIONE		PRODUZIONE REGIONALE (in migliaia di tonnellate)						
ANNO		CAMPANIA	PUGLIA	BASILICATA	CALABRIA	SICILIA	SARDEGNA	TOTALE
QUALITÀ		2003	2003	2003	1997	1999	2002	
1)	MARMI E PIETRE DA TAGLIO							
	a. da taglio e/o lavorate	194.000	9.587.000	20.000	20.000	1.415.000	1.010.000	23.369.000
	b. Pezzame	166.000			50.000	2.553.000		11.829.000
2)	MATERIALI PER LEGANTI (cemento, calce, gesso, cotto)							
	a. calcare e marna	66.000	16.738.000	534.000	2.500.000	10.941.000	1.530.000	60.786.000
	b. argilla	992.000		256.000	450.000	1.012.000		7.783.000
	c. pozzolana	295.000		206.000				1.170.000
	d. gesso	68.000	24.000		70.000	219.000		1.251.000
3)	MATERIALI PER REFRATTARI (dolomite e diversi)							5.443.000
4)	SABBIE SILICEE	23.000	30.000	221.000	22.000	7.000		4.995.000
5)	MATERIALI INDUSTRIALI (farina fossile, marmorino, pomice, terre coloranti)	12.538.000			130.000	775.000		17.676.000
6)	ARGILLE PER LATERIZI E TERRACOTTE		5.115.000	233.000	390.000	437.000	809.000	21.168.000
7)	INERTI DA COSTRUZIONE							
	a. sabbie e ghiaie	1.541.000	4.655.000	1.095.000	1.500.000	1.526.000	15.750.000	185.904.139
	b. pietrisco		37.132.000		600.000	4.437.000		77.252.000
TOTALI		15.883.000	73.281.000	2.565.000	5.692.000	23.322.000	19.099.000	418.626.139

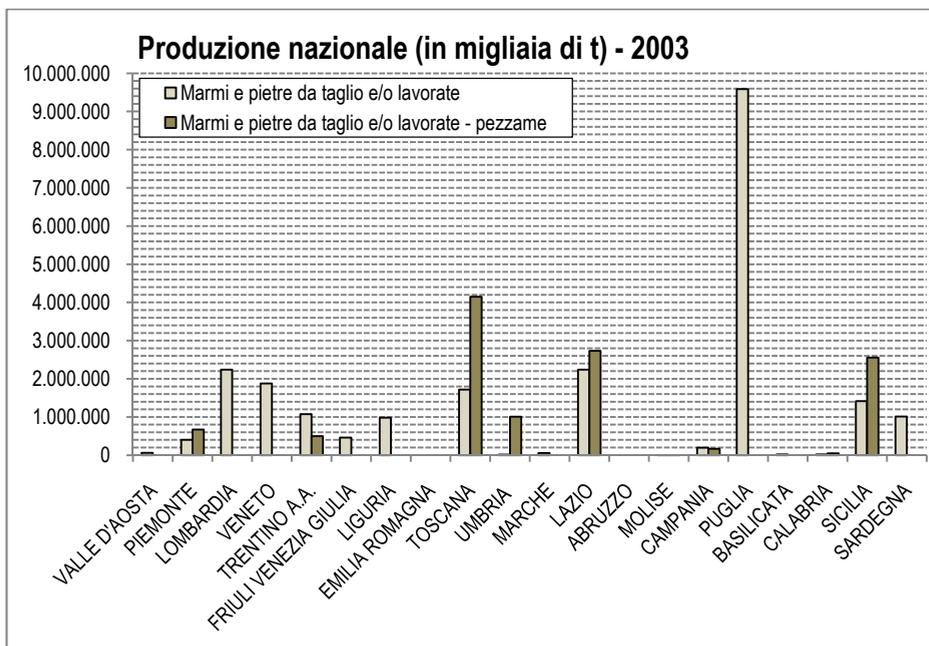


Figura 8 Produzione di marmi e pietre da taglio nelle varie regioni italiane

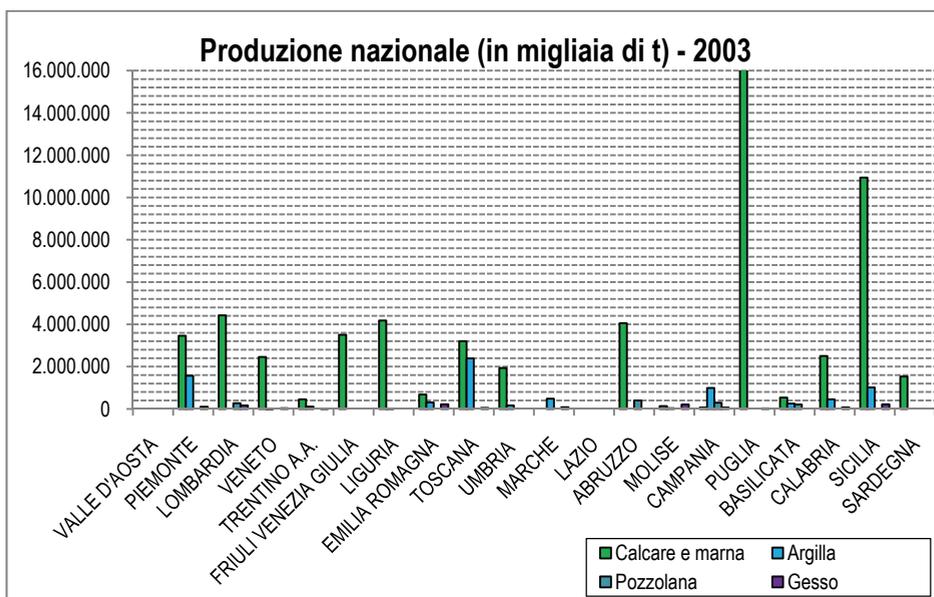


Figura 9 Produzione di calcare e marna, argilla, pozzolana e gesso nelle varie regioni italiane

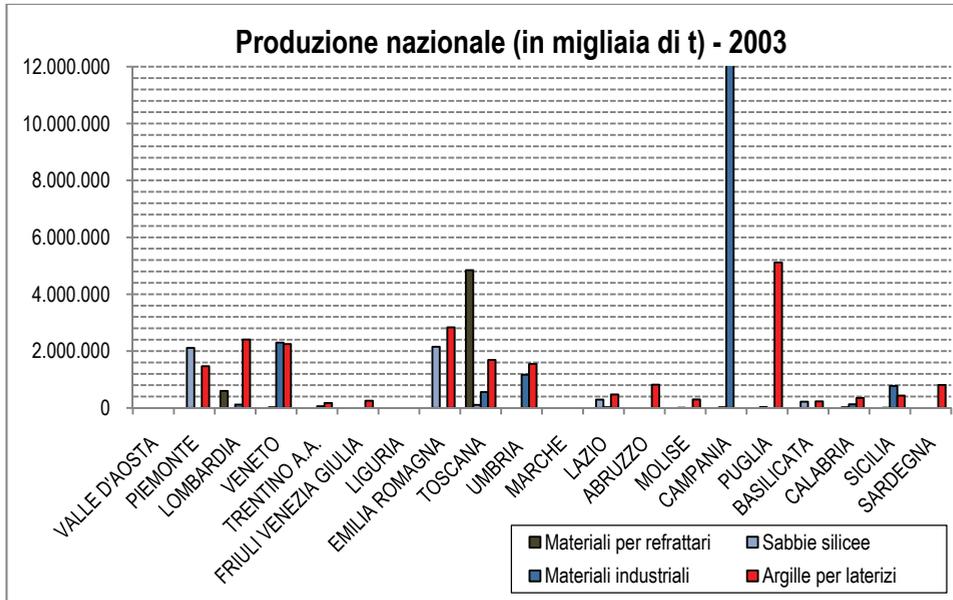


Figura 10 Produzione di sabbie silicee, materiali industriali, argille per laterizi e materiali per refrattari nelle varie regioni italiane

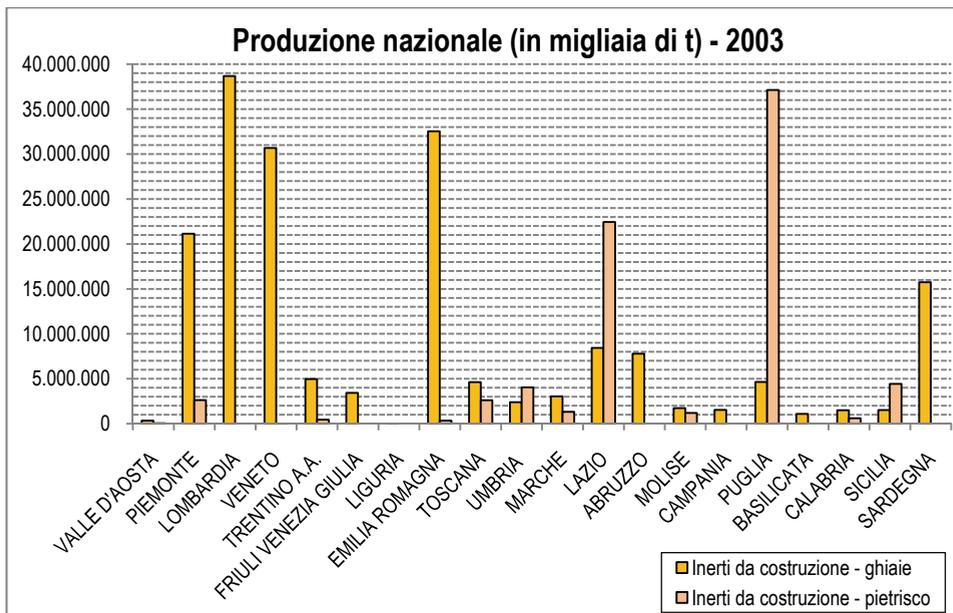


Figura 11 Produzione di inerti da costruzione, ghiaie e pietrisco, nelle varie regioni italiane

ALLEGATO A2

STATISTICHE

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

Tabella 1 Dati statistici per la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia relativi ai materiali di cava (ANIM e ANEPLA, 2006)

QUALITA'		CAVE N.					ADDETTI N.				
		1976	1981	1986	1999	2003	1976	1981	1986	1999	2003
1)	MARMI E PIETRE DA TAGLIO										
	a. da taglio e/o lavorate	61	36	44	41	24	241	144	150		
	b. pezzame	16	10	5			134	60	36		
2)	MATERIALI PER LEGANTI (cemento, calce, gesso, cotto)										
	a. calcare e marna				19	19					
	b. argilla	1	2	8			4	19	23		
	c. pozzolana										
	d. gesso	1	1	3			17	15	14		
3)	MATERIALI PER REFRATTARI (dolomite e diversi)										
4)	SABBIE SILICEE	5					3				
5)	MATERIALI INDUSTRIALI (farina fossile, marmorino, pomice, terre coloranti)	8	7	6			34	27	21		
6)	ARGILLE PER LATERIZI E TERRACOTTE	19	11	8	8	6	48	42	13		
7)	INERTI DA COSTRUZIONE										
	a. sabbie e ghiaie	100	71	62	41	30	360	315	222		
	b. pietrisco										
TOTALI		211	138	136	109	79	841	622	479		

		t *					Valore ** Lit mil.				
		1976	1981	1986	1999	2003	1976	1981	1986	1999	2003
1)	MARMI E PIETRE DA TAGLIO										
	a. da taglio e/o lavorate	47	31	454	376	461	1.136	2.695	5.583		
	b. pezzame	998	629	1.664	*		1.039	2.495	5.822		
2)	MATERIALI PER LEGANTI (cemento, calce, gesso, cotto)										
	a. calcare e marna	1.915	*	2.014	782	*	3.003	3.509			
	b. argilla	196		170	1.508		1.646	3.928	1.954		
	c. pozzolana						144	129	1.410		
	d. gesso	45	77	38			45	345	640		
3)	MATERIALI PER REFRATTARI (dolomite e diversi)										
4)	SABBIE SILICEE	14					59				
5)	MATERIALI INDUSTRIALI (farina fossile, marmorino, pomice, terre coloranti)	213	444	267	*		1.849	1.689	846		
6)	ARGILLE PER LATERIZI E TERRACOTTE	501	889	575	238	257	219	788	529		
7)	INERTI DA COSTRUZIONE										
	a. sabbie e ghiaie	3.827	5.282	6.189	2.640	3.429	2.991	12.267	11.533		
	b. pietrisco		572	448	*			1.523			
TOTALI		7.756	10.108	11.925	6.257	7.656	9.128	25.859	28.317		

		t Gasolio					kwh x 1000				
		1976	1981	1986	1999	2003	1976	1981	1986	1999	2003
1)	MARMI E PIETRE DA TAGLIO										
	a. da taglio e/o lavorate	3.688		1.082			1.095		3.132		
	b. pezzame	3.634		600			2.557		602		
2)	MATERIALI PER LEGANTI (cemento, calce, gesso, cotto)										
	a. calcare e marna										
	b. argilla	270		304			449		1.075		
	c. pozzolana										
	d. gesso			364			285		265		
3)	MATERIALI PER REFRATTARI (dolomite e diversi)										
4)	SABBIE SILICEE	62									
5)	MATERIALI INDUSTRIALI (farina fossile, marmorino, pomice, terre coloranti)	1.629		458			514		221		
6)	ARGILLE PER LATERIZI E TERRACOTTE	1.180		201							
7)	INERTI DA COSTRUZIONE										
	a. sabbie e ghiaie	3.518		2.869			6.635		10.207		
	b. pietrisco										
TOTALI		13.981		5.878			11.535		15.502		

* in migliaia di tonnellate

** in milioni di lire

* comprese le produzioni delle cave 1)a

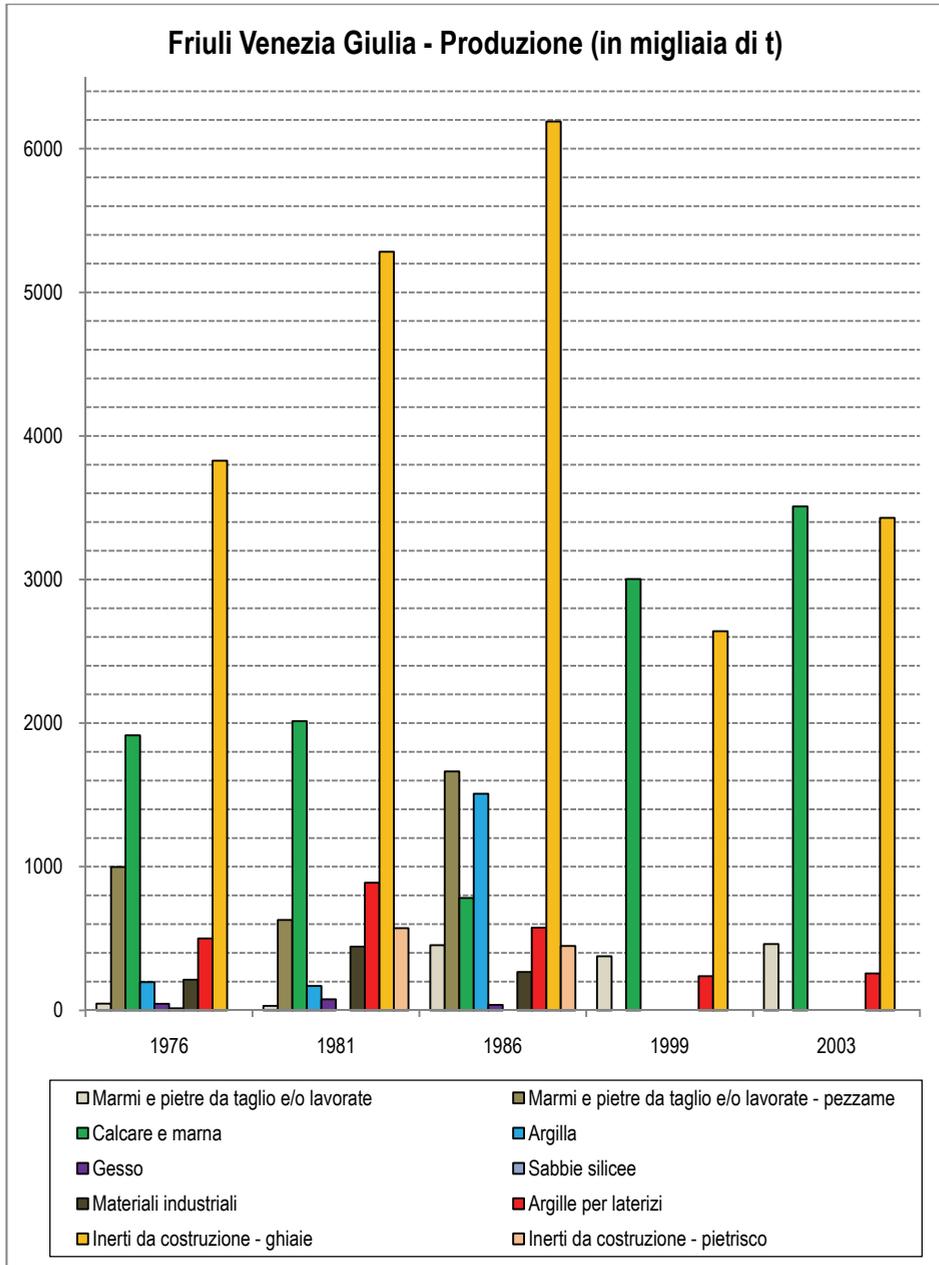


Figura 1 *Andamento della produzione per tipologia di materiale negli anni 1976 ÷ 2003 (ANIM e ANEPLA, 2006)*

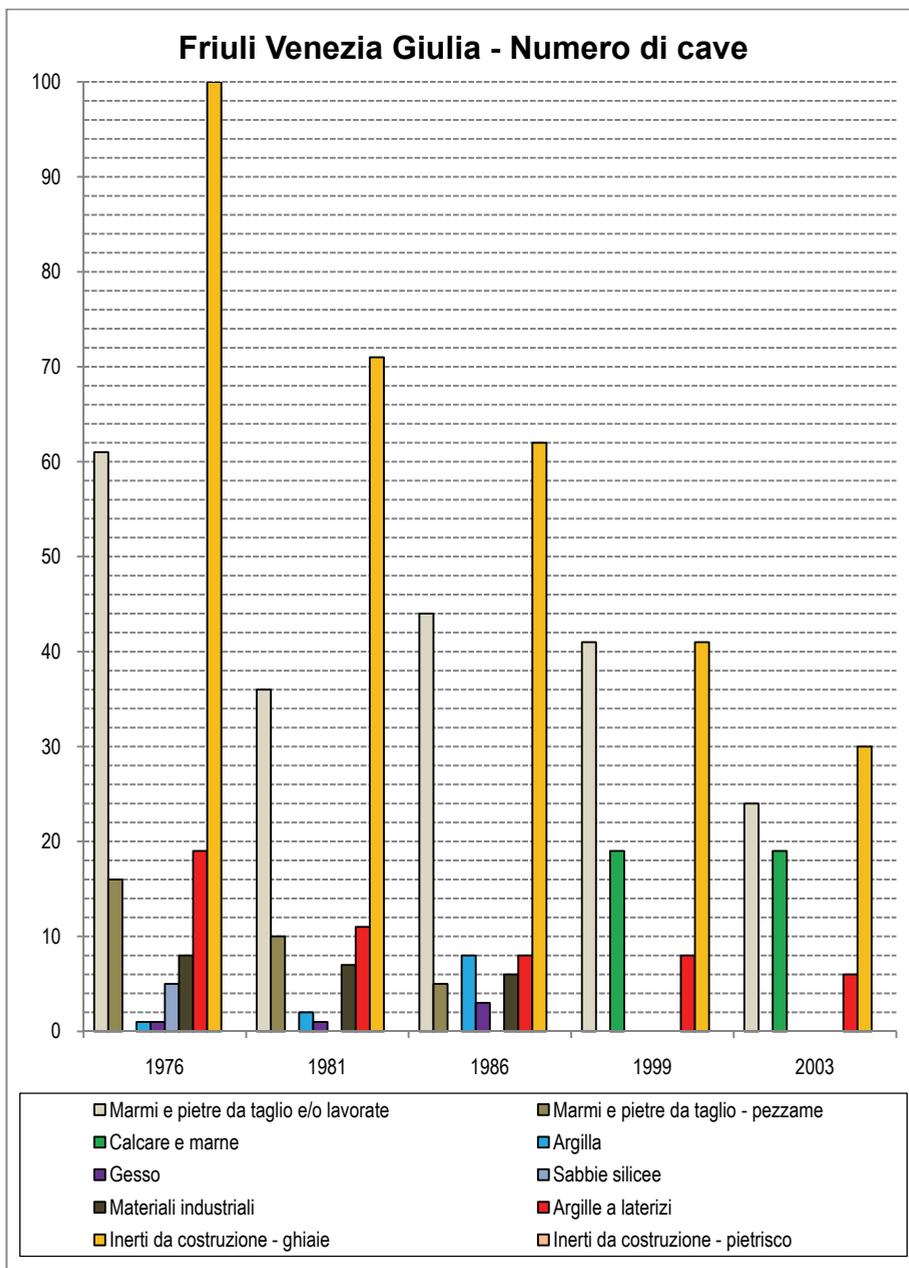


Figura 2 *Andamento del numero di cave suddivise per tipologia di materiale negli anni 1976 ÷ 2003 (ANIM e ANEPLA, 2006)*

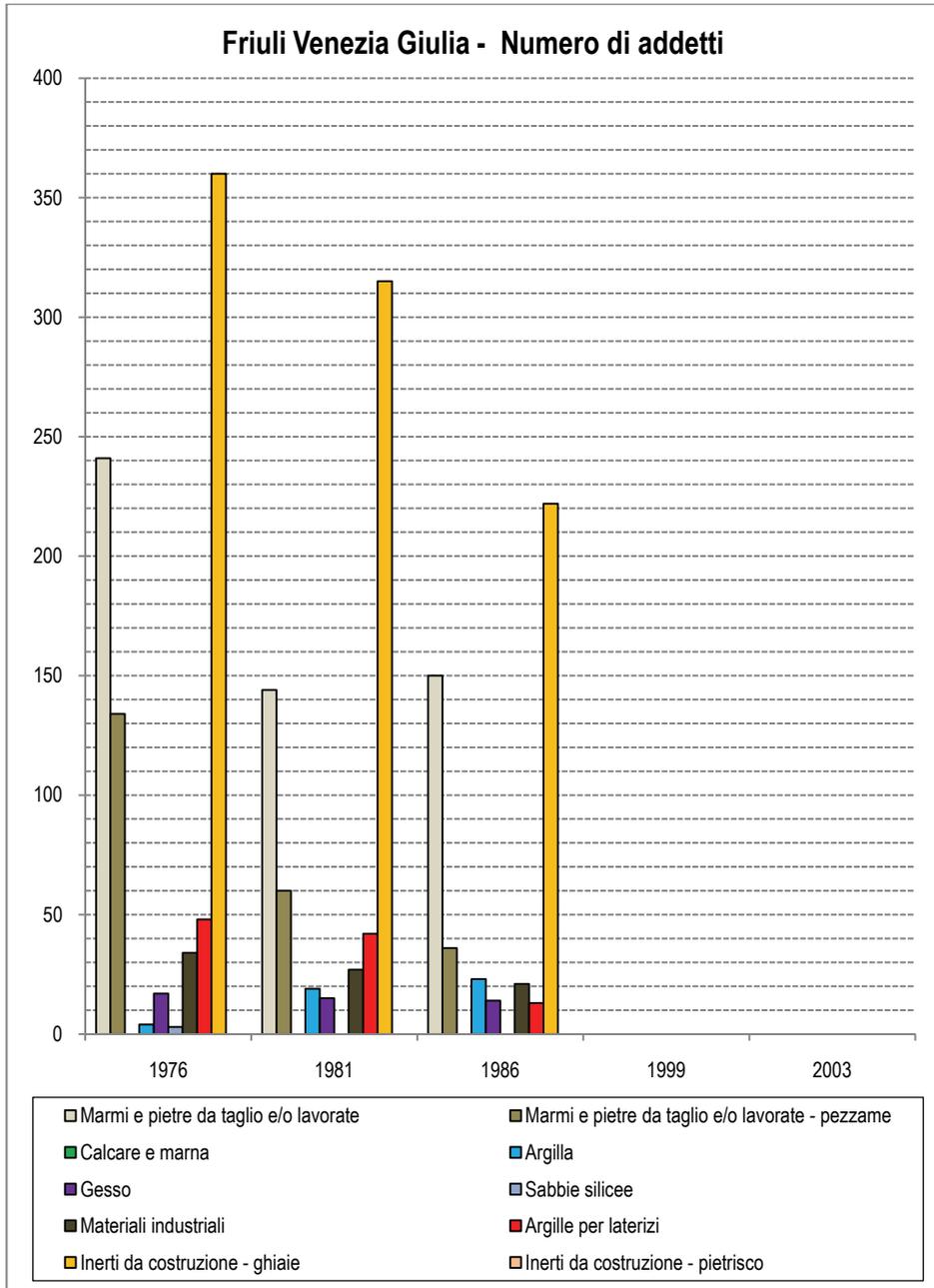
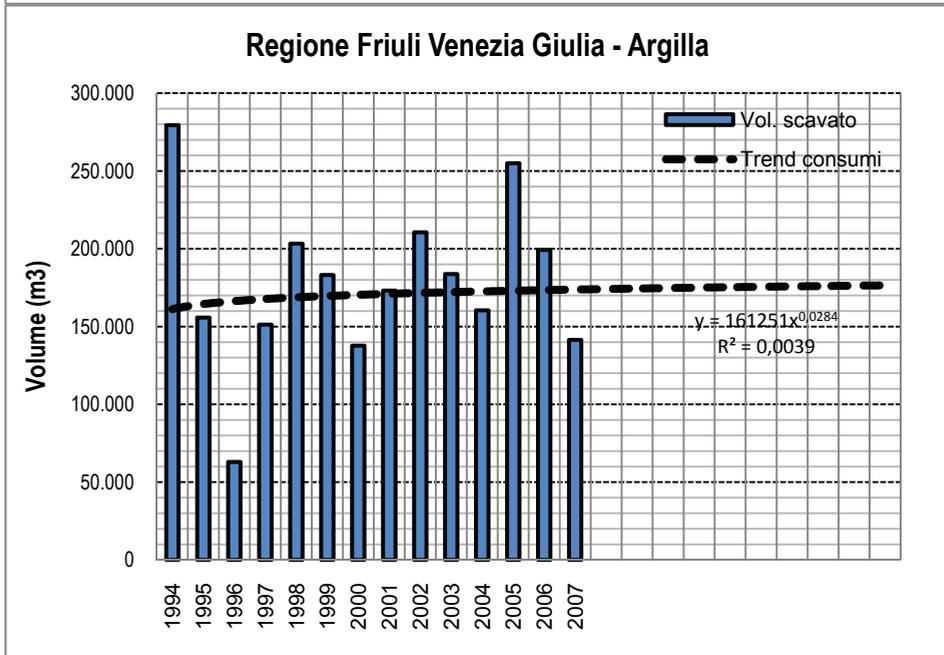
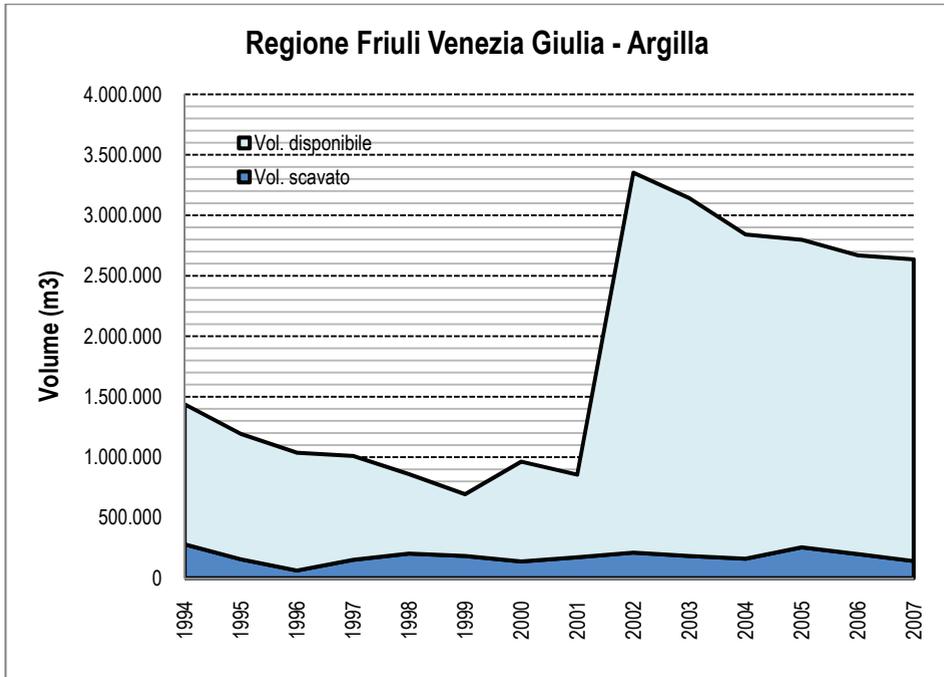


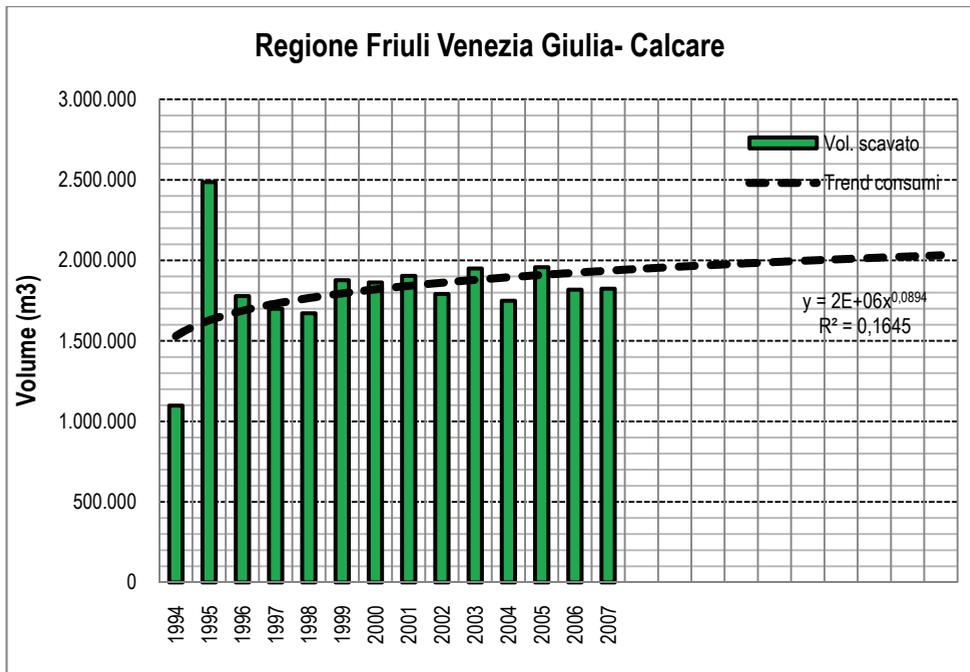
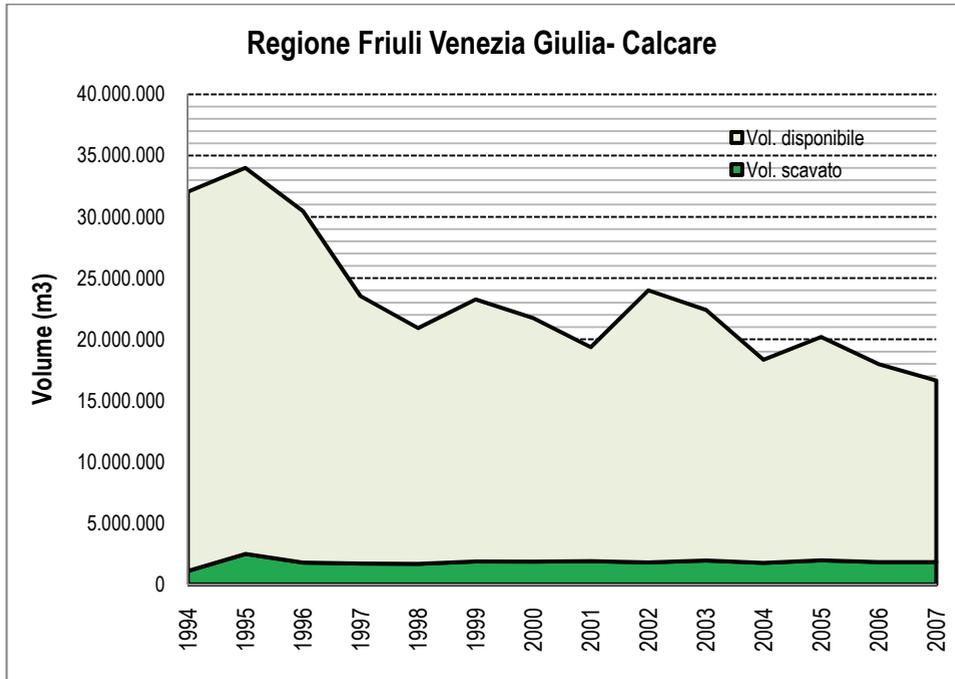
Figura 3 *Andamento del numero di addetti in cava suddivisi per tipologia di materiale negli anni 1976 ÷ 2003 (ANIM e ANEPLA, 2006)*

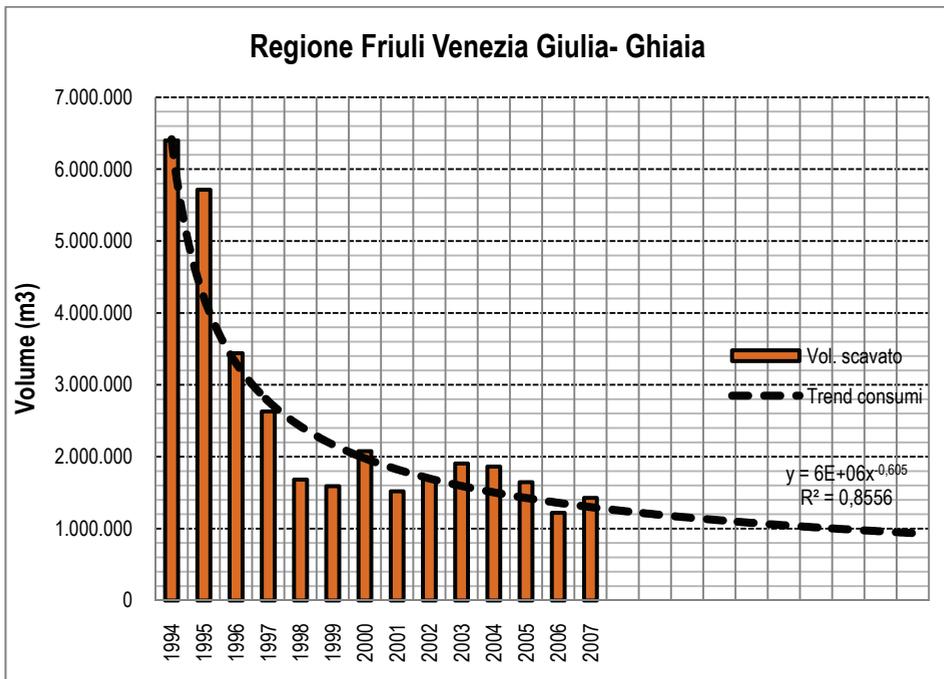
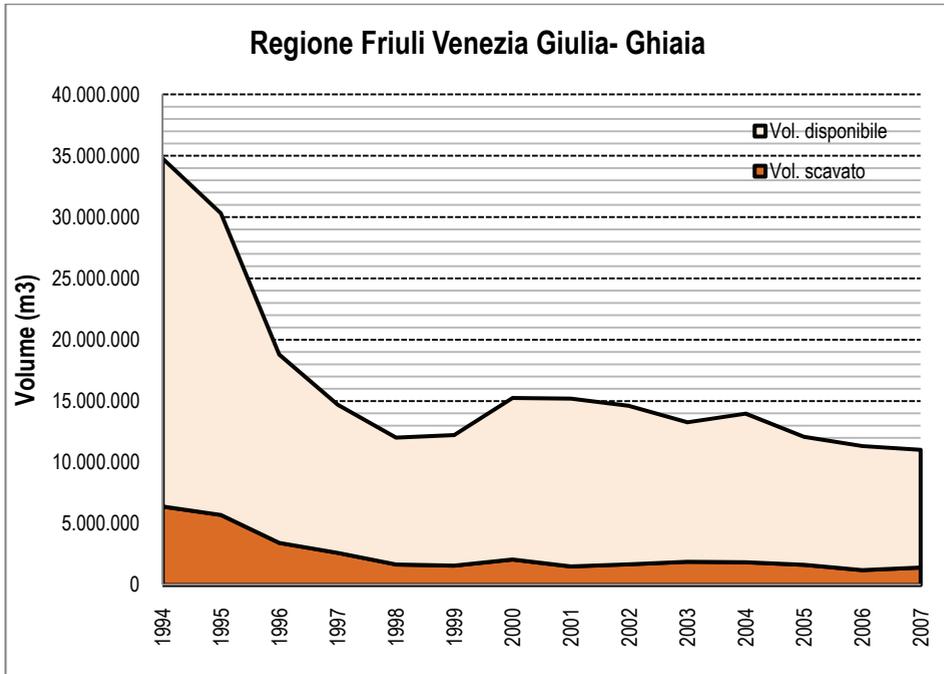
REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

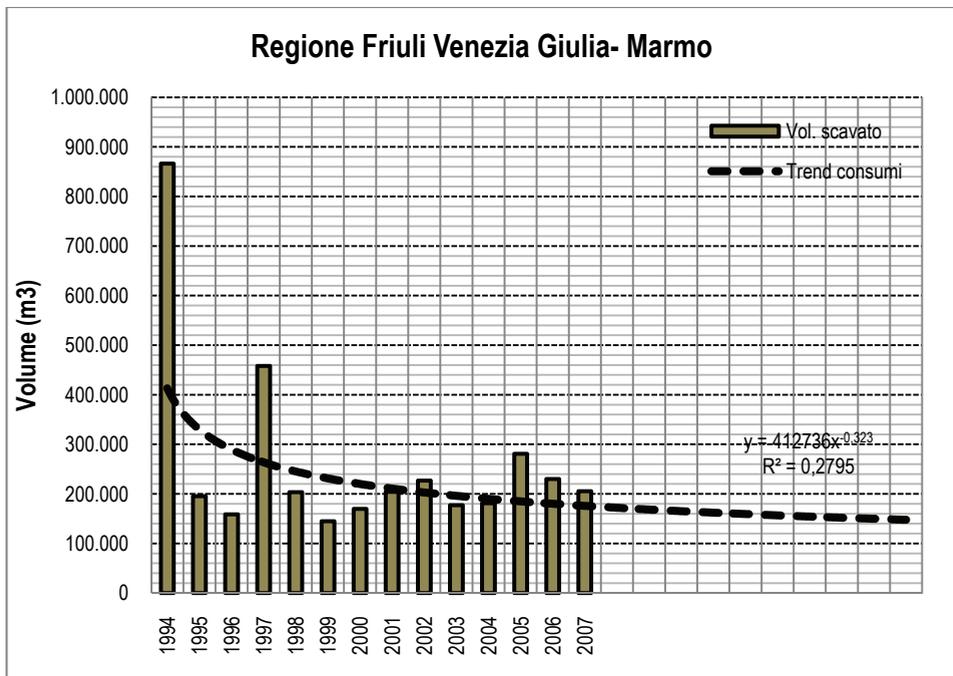
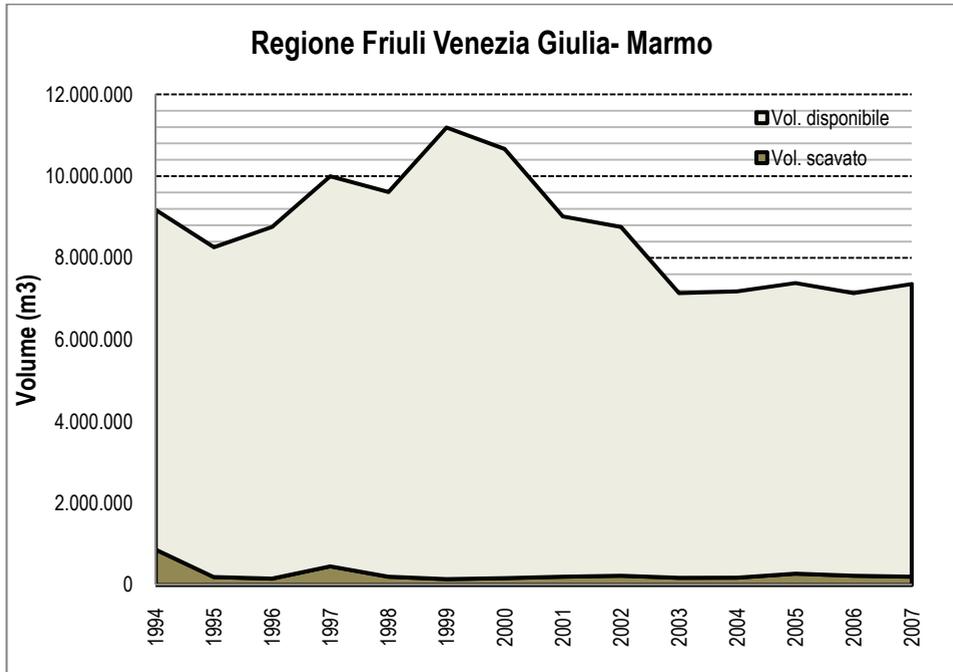
Tabella 2 Totale Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia: andamento dei volumi scavati e disponibili, suddivisi per tipologia di materiale

Riassunto Regione Friuli Venezia Giulia							
Argilla							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	279.425	155.750	63.000	151.294	203.279	183.097	137.774
Vol. disponibile	1.158.500	1.037.250	974.250	859.583	656.303	510.393	825.370
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	173.133	210.561	183.732	160.468	254.998	199.266	141.477
Vol. disponibile	682.797	3.141.717	2.957.986	2.681.518	2.543.021	2.469.754	2.494.580
Calcere							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	1.097.653	2.486.188	1.778.416	1.699.527	1.671.132	1.876.692	1.862.605
Vol. disponibile	30.957.494	31.513.444	28.692.339	21.829.712	19.249.102	21.380.105	19.881.482
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	1.903.803	1.790.895	1.949.326	1.748.802	1.957.594	1.817.937	1.823.666
Vol. disponibile	17.462.647	22.209.882	20.460.597	16.593.300	18.239.476	16.164.636	14.822.347
Ghiaia							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	6.400.600	5.714.881	3.439.791	2.628.514	1.681.419	1.590.389	2.077.618
Vol. disponibile	28.373.542	24.586.384	15.345.117	12.082.448	10.341.345	10.641.216	13.174.017
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	1.518.952	1.695.977	1.905.243	1.863.617	1.644.936	1.218.507	1.426.044
Vol. disponibile	13.688.711	12.915.316	11.364.580	12.112.880	10.443.128	10.114.952	9.601.393
Marmo							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	866.163	195.211	158.728	458.150	203.429	144.645	169.614
Vol. disponibile	8.309.362	8.067.721	8.599.458	9.539.191	9.408.363	11.044.230	10.496.186
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	204.090	226.644	177.241	181.052	280.870	230.033	205.437
Vol. disponibile	8.811.070	8.531.923	6.961.712	7.000.809	7.105.501	6.909.808	7.156.724
TOTALE FVG							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	8.643.841	8.552.030	5.439.935	4.937.485	3.759.259	3.794.823	4.247.611
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	3.799.978	3.924.077	4.215.542	3.953.939	4.138.398	3.465.743	3.596.624









PROVINCIA DI PORDENONE

Tabella 3 Totale Provincia di Pordenone: andamento dei volumi scavati e disponibili, suddivisi per tipologia di materiale

Riassunto Escavazioni Provincia di Pordenone

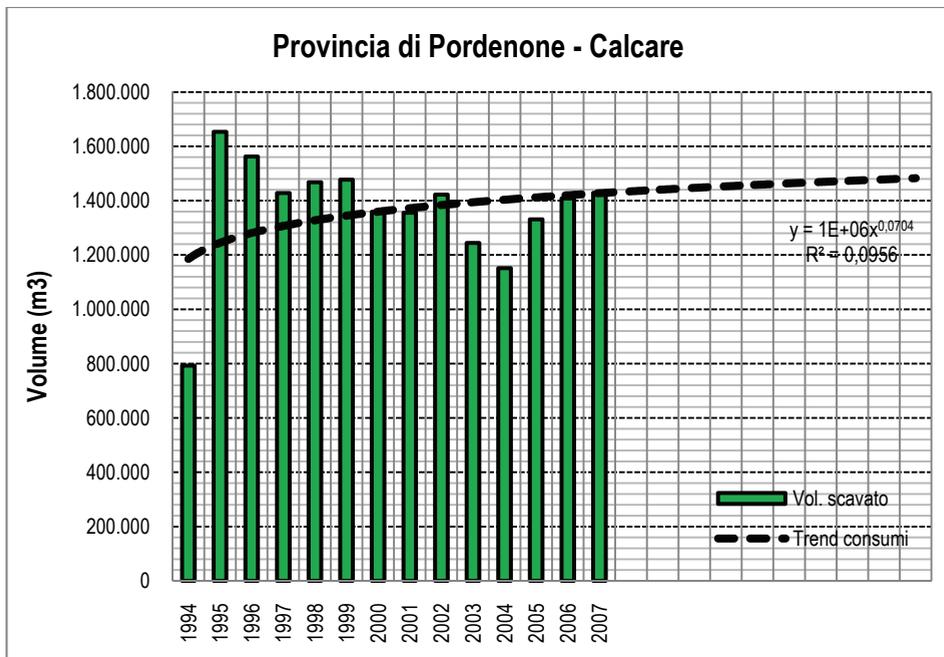
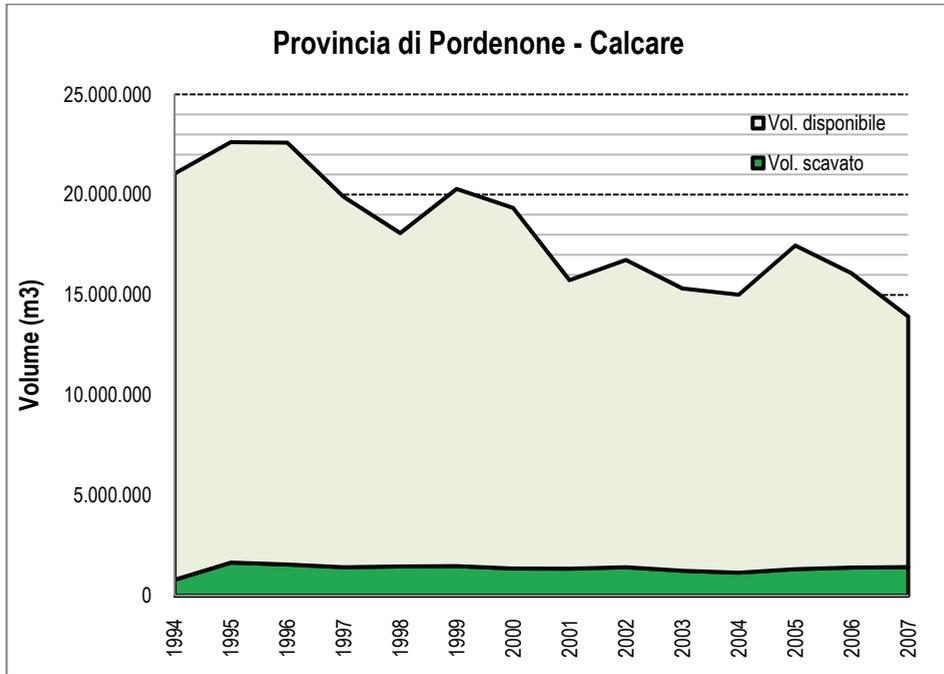
Calcare							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	792.774	1.653.166	1.562.344	1.427.804	1.467.944	1.477.449	1.358.688
Vol. disponibile	20.252.879	20.966.829	21.031.796	18.457.907	16.615.175	18.806.776	17.983.715
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	1.355.245	1.422.236	1.244.211	1.151.484	1.331.335	1.407.886	1.428.739
Vol. disponibile	14.381.057	15.324.953	14.080.743	13.860.221	16.132.656	14.667.897	12.500.372

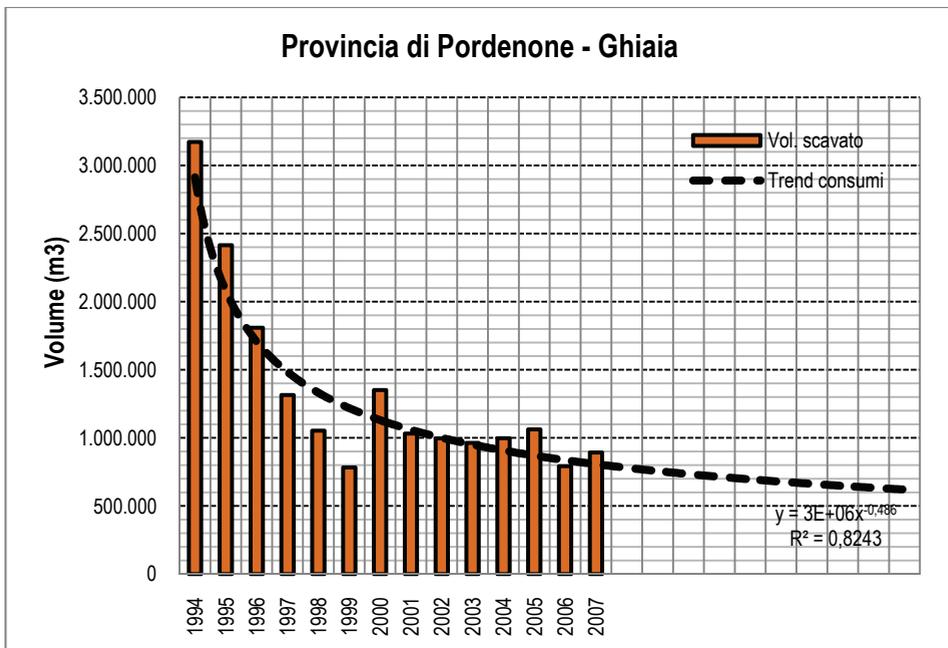
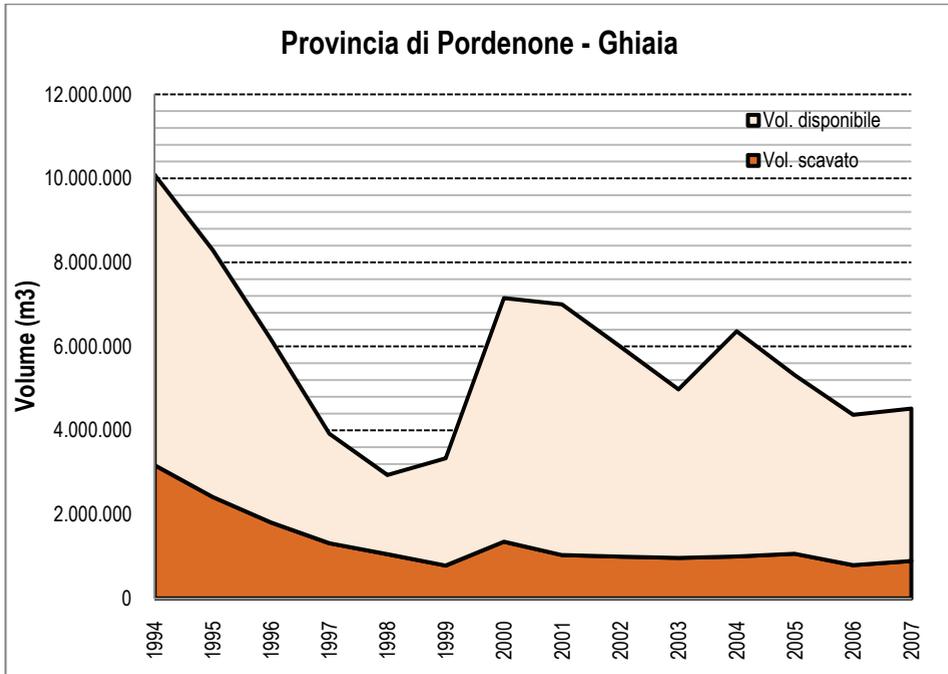
Ghiaia							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	3.172.098	2.414.671	1.808.389	1.314.745	1.053.470	783.422	1.351.619
Vol. disponibile	6.913.359	5.876.387	4.353.074	2.607.562	1.884.156	2.553.032	5.797.537
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	1.031.915	996.535	963.351	997.799	1.062.921	792.421	892.454
Vol. disponibile	5.968.430	4.999.334	4.013.261	5.362.787	4.250.455	3.579.846	3.627.456

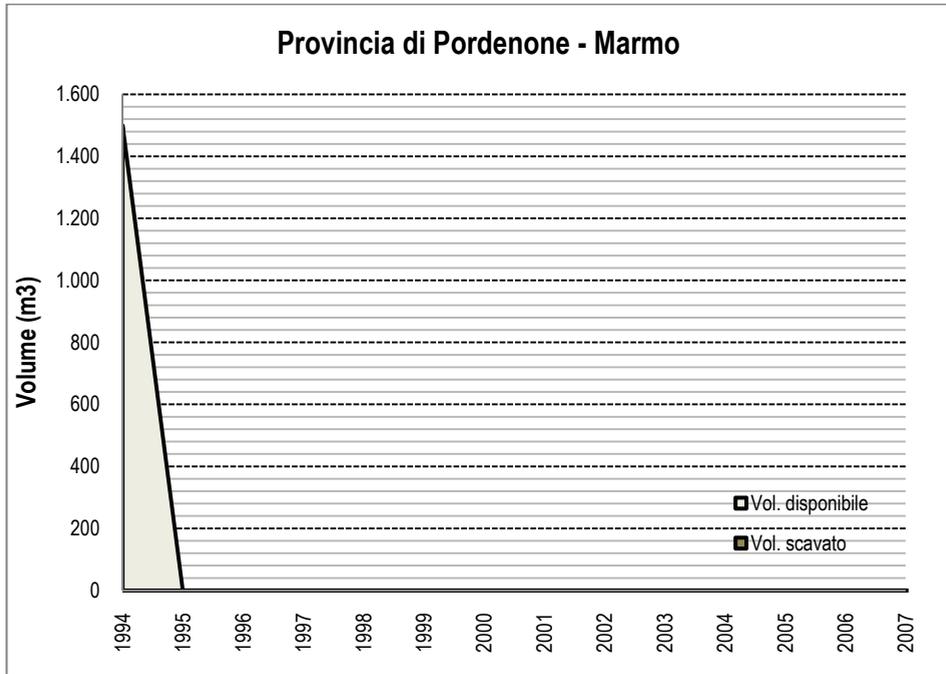
Marmo							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	0	0	0	0	0	0	0
Vol. disponibile	1.500	0	0	0	0	0	0
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	0	0	0	0	0	0	0
Vol. disponibile	0	0	0	0	0	0	0

Riassunto Escavazioni Provincia di Pordenone in alveo

Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	0	0	0	194.000	407.959	463.500	423.711
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	296.627	392.000	529.740	1.187.667	1.146.012	459.513	



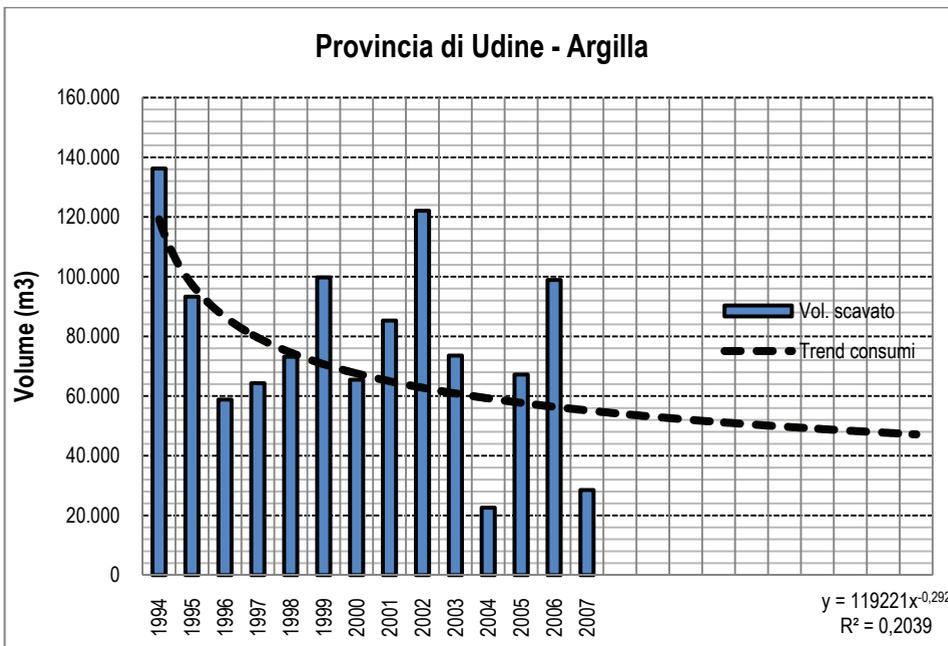
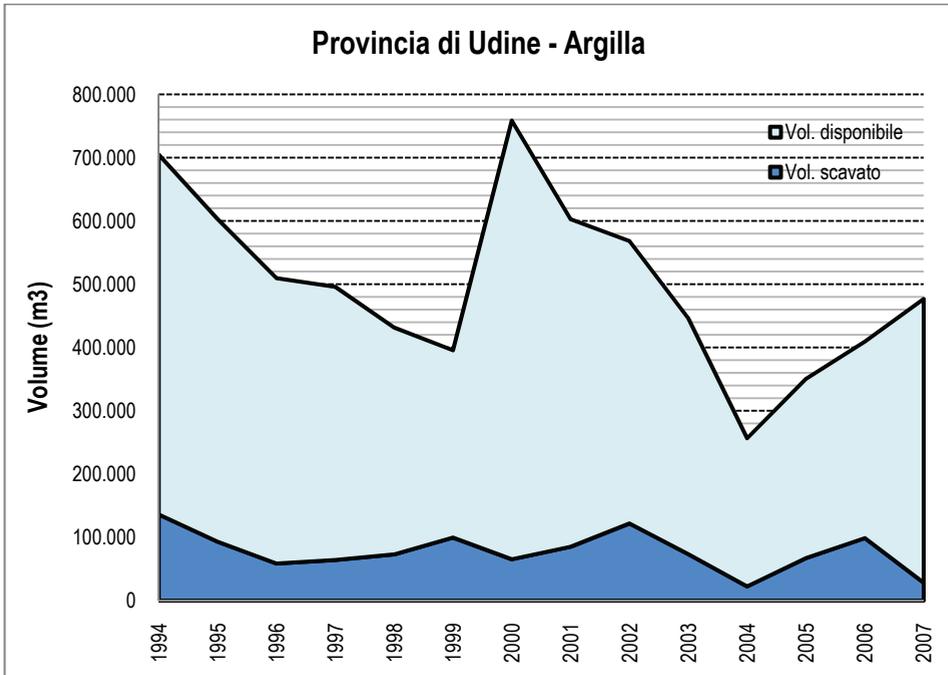


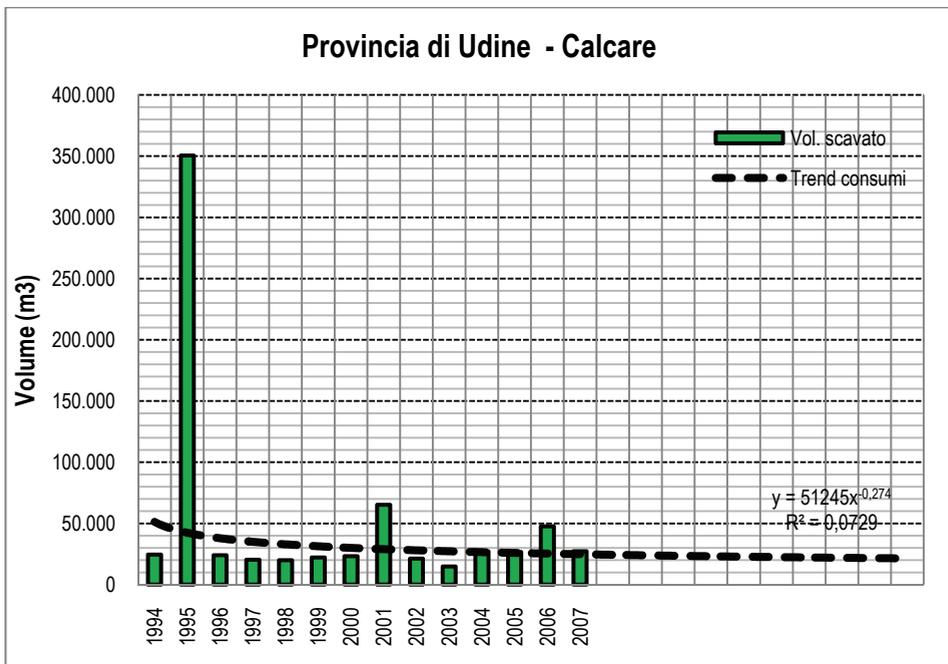
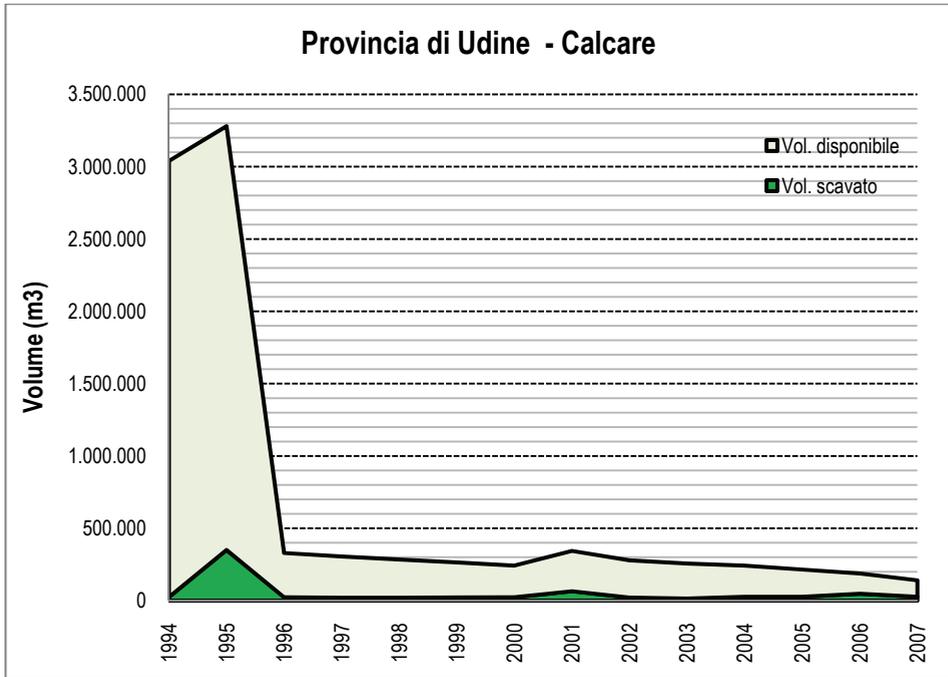


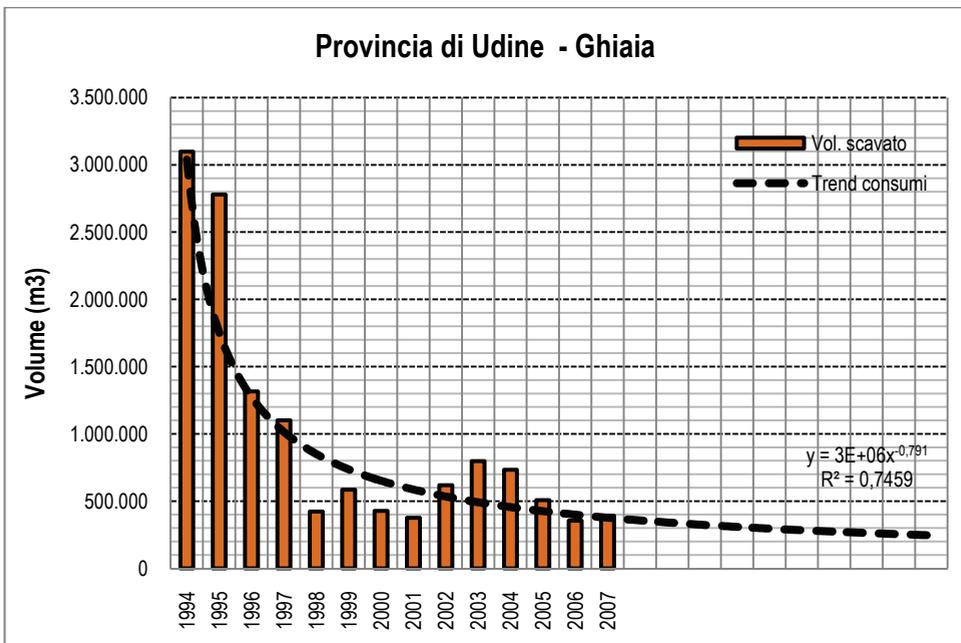
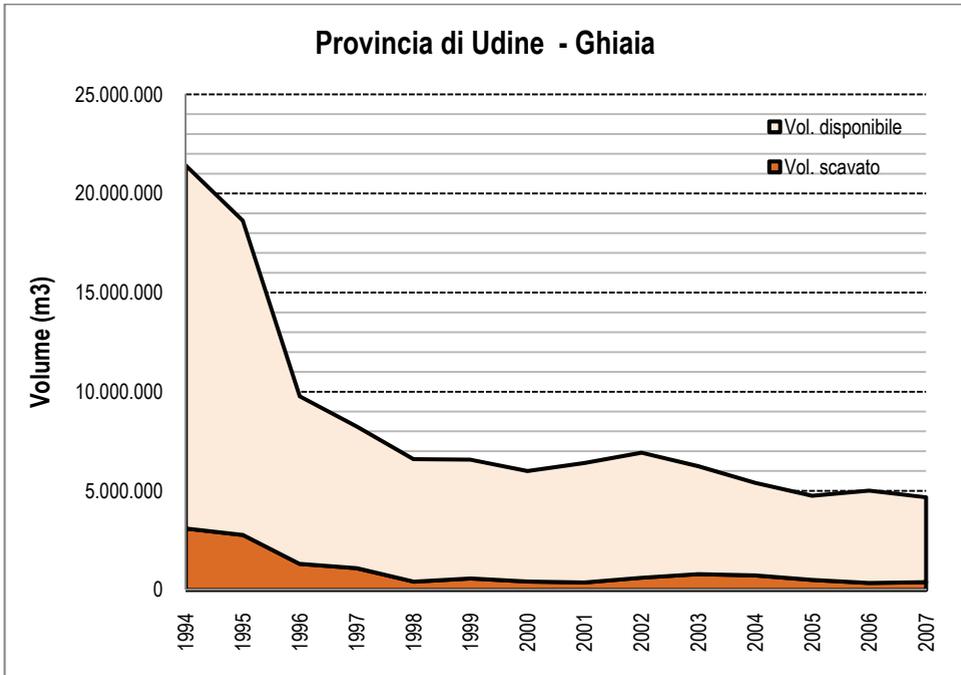
PROVINCIA DI UDINE

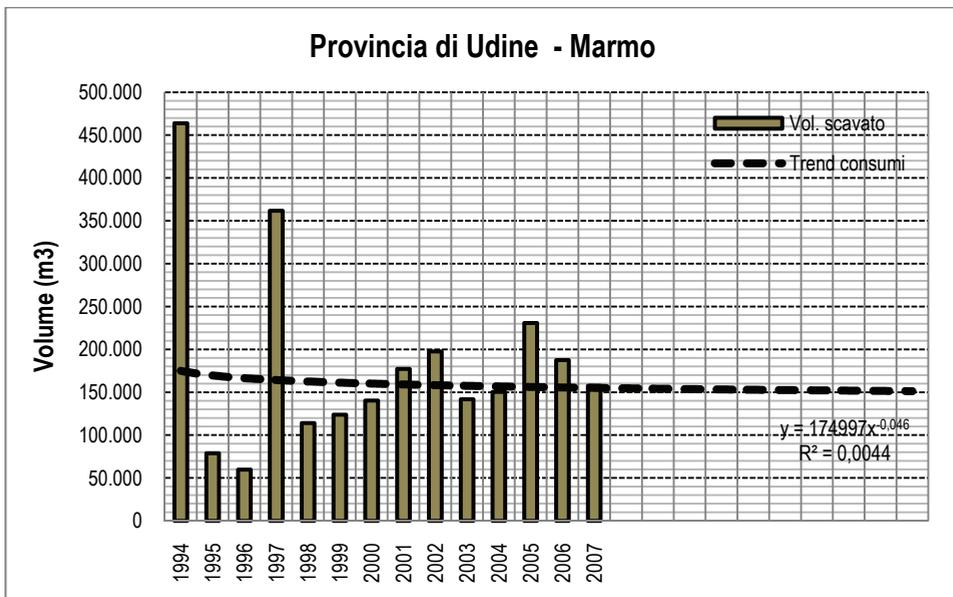
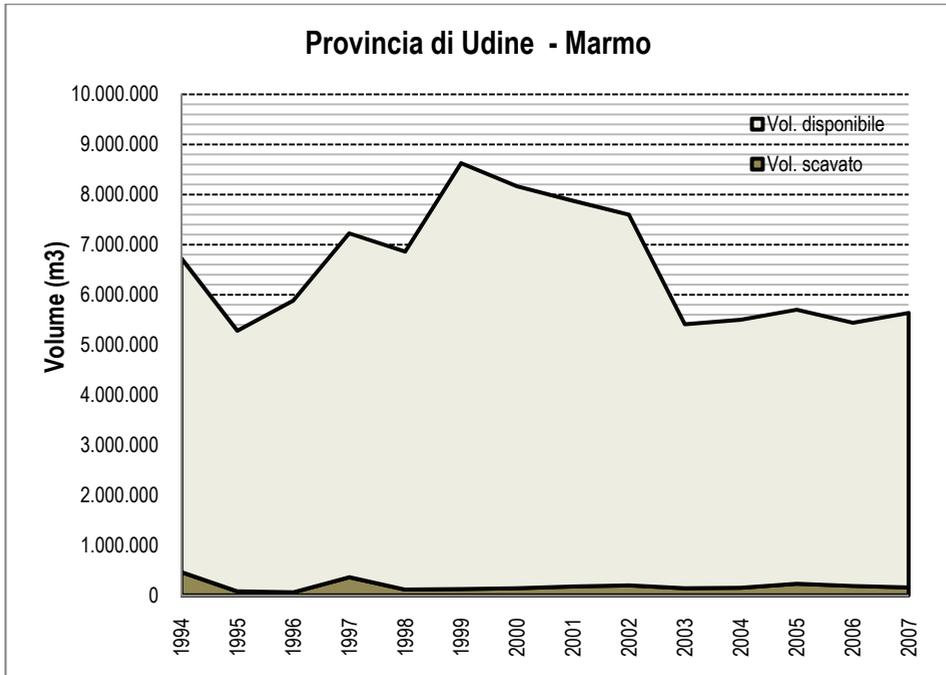
Tabella 4 Totale Provincia di Udine: andamento dei volumi scavati e disponibili, suddivisi per tipologia di materiale

Riassunto Escavazioni Provincia di Udine							
Argilla							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	136.225	93.300	58.800	64.294	73.151	99.747	65.469
Vol. disponibile	568.500	509.700	450.900	431.583	358.431	295.871	693.153
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	85.262	122.061	73.532	22.568	67.198	98.866	28.500
Vol. disponibile	517.451	446.217	372.686	234.118	283.421	310.554	448.347
Calcere							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	24.614	350.500	24.000	20.442	20.042	22.163	23.319
Vol. disponibile	3.015.500	2.929.500	305.500	285.058	265.016	242.853	219.534
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	65.288	21.317	14.919	27.222	26.741	47.723	27.376
Vol. disponibile	278.627	257.310	242.391	215.169	188.428	140.705	113.329
Ghiaia							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	3.098.397	2.779.205	1.315.195	1.101.107	423.085	584.944	426.937
Vol. disponibile	18.317.293	15.855.475	8.453.728	7.149.233	6.175.400	5.988.178	5.575.536
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	376.660	618.162	797.104	733.094	506.916	355.140	391.940
Vol. disponibile	6.031.714	6.308.695	5.448.206	4.675.032	4.245.762	4.659.141	4.284.622
Marmo							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	463.800	78.770	59.777	361.813	114.035	123.711	140.292
Vol. disponibile	6.262.690	5.202.586	5.825.136	6.863.663	6.746.697	8.503.388	8.024.043
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	177.202	197.674	141.699	150.358	230.814	187.521	157.520
Vol. disponibile	7.699.216	7.402.317	5.270.148	5.350.145	5.469.886	5.253.306	5.479.839
Riassunto Escavazioni Provincia di Udine in alveo							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	0	0	0	386.355	95.451	524.078	401.512
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	125.000	100.430	263.885	527.000	383.800	440.489	





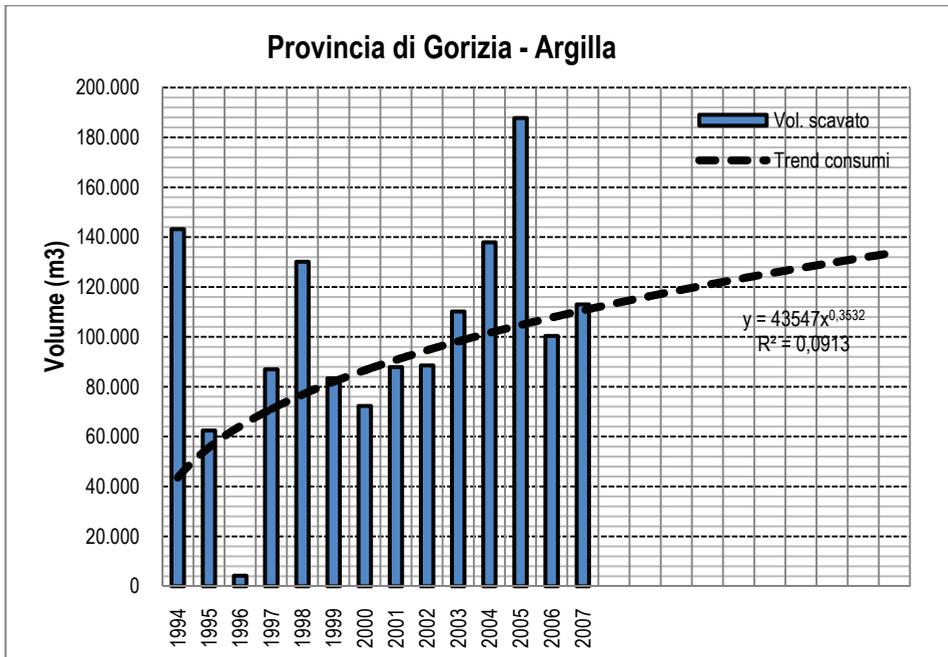
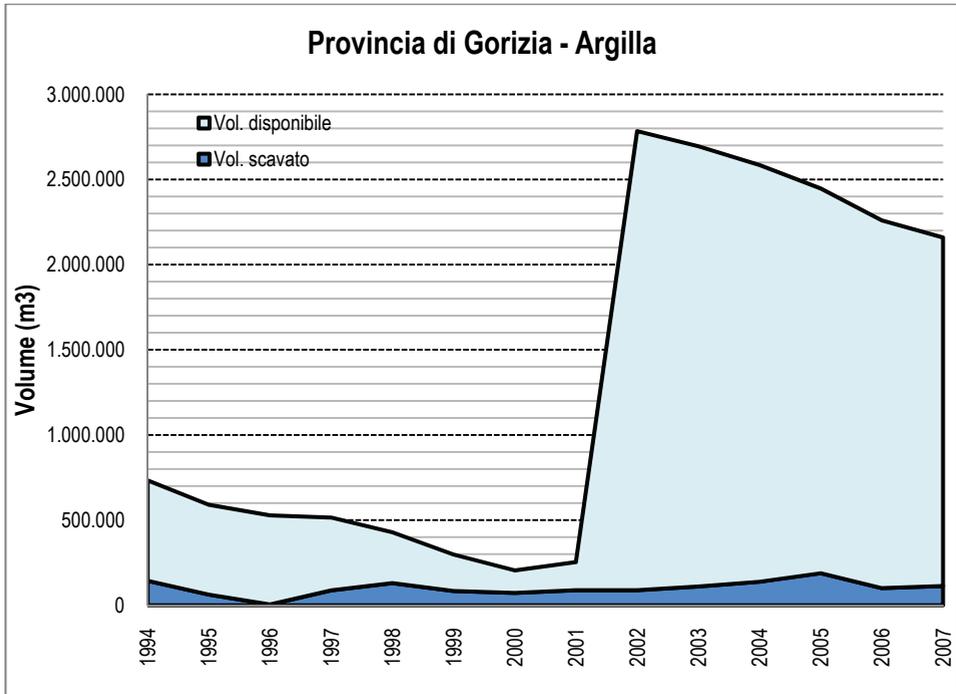


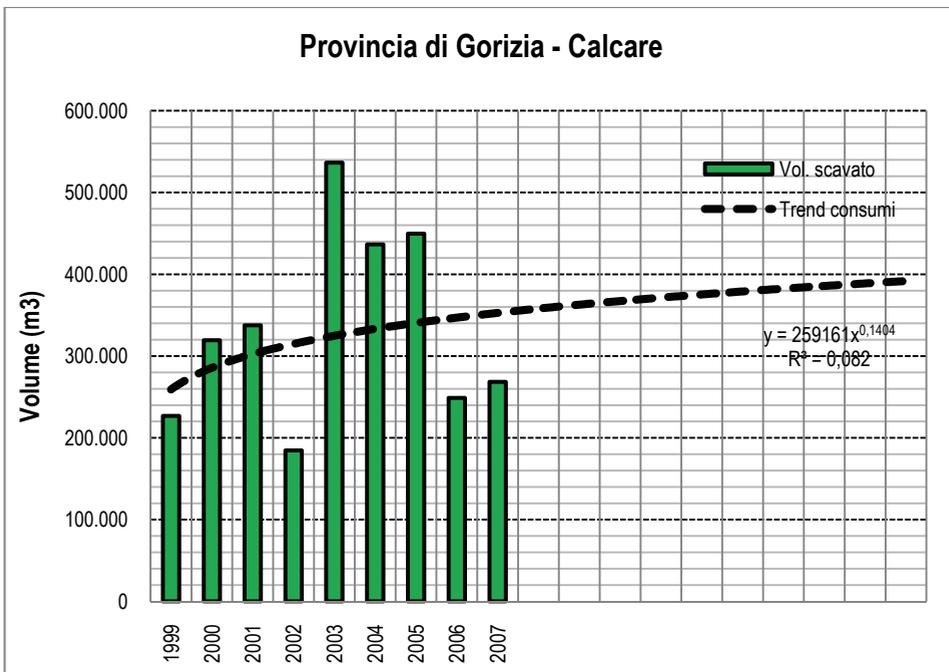
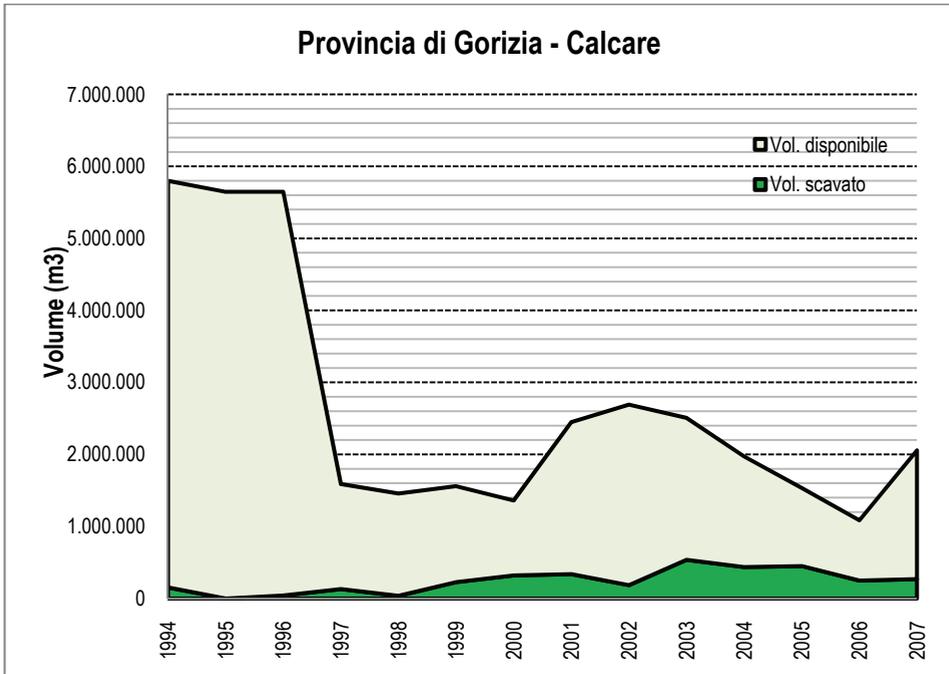


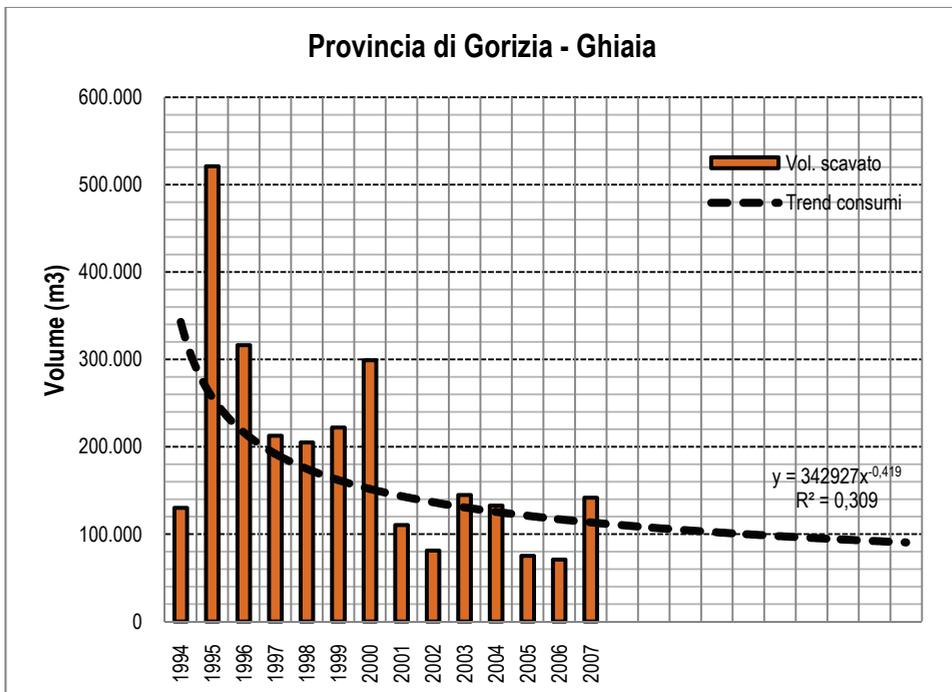
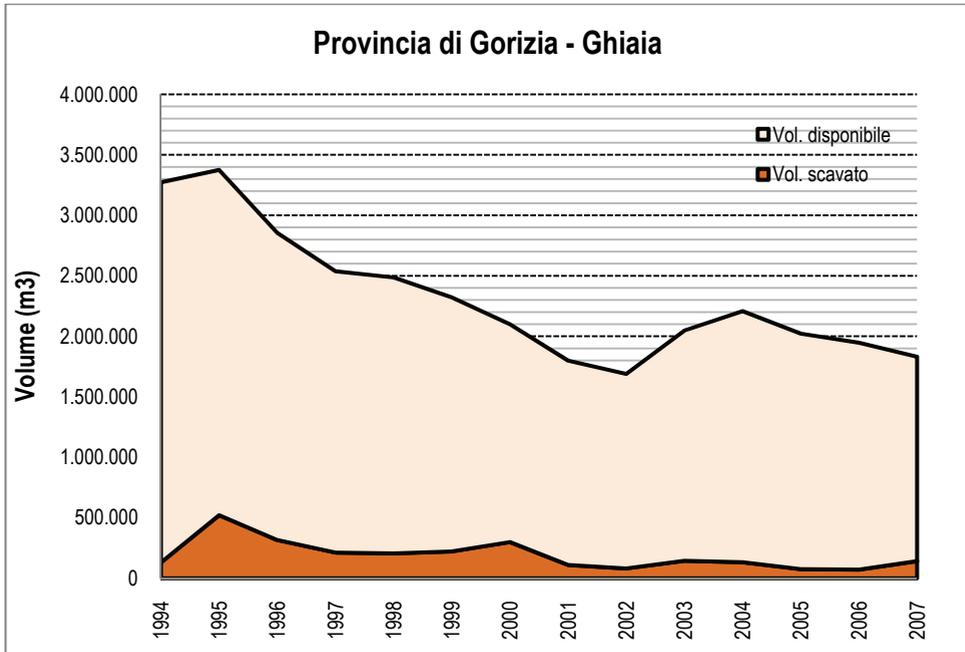
PROVINCIA DI GORIZIA

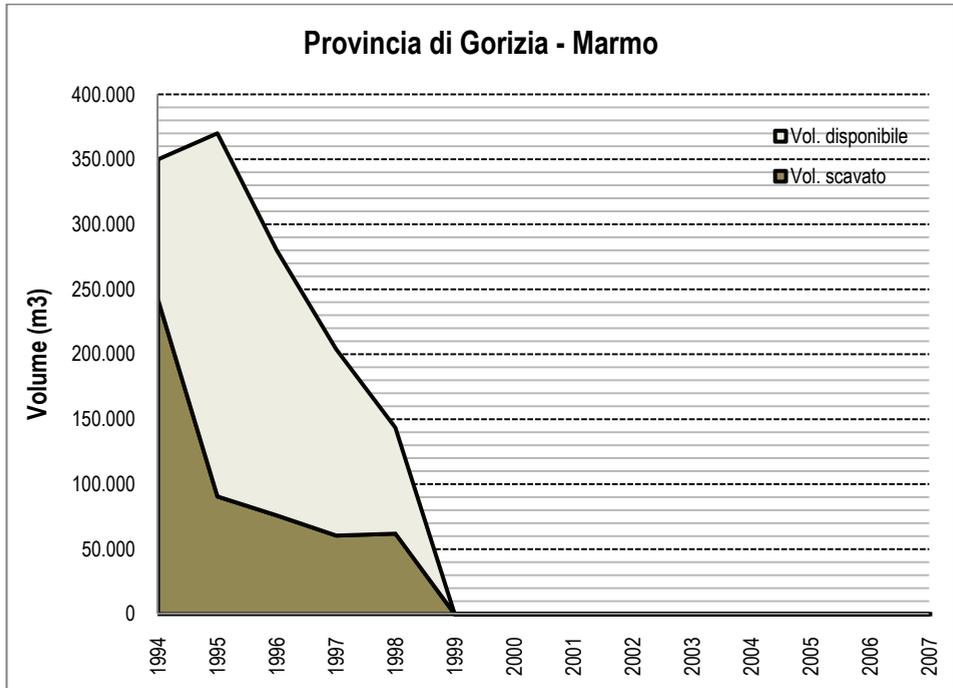
Tabella 5 Totale Provincia di Gorizia: andamento dei volumi scavati e disponibili, suddivisi per tipologia di materiale

Riassunto Escavazioni Provincia di Gorizia							
Argilla							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	143.200	62.450	4.200	87.000	130.128	83.350	72.305
Vol. disponibile	590.000	527.550	523.350	428.000	297.872	214.522	132.217
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	87.871	88.500	110.200	137.900	187.800	100.400	112.977
Vol. disponibile	165.346	2.695.500	2.585.300	2.447.400	2.259.600	2.159.200	2.046.233
Calcere							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	152.885		42.062	130.431	37.042	226.942	319.386
Vol. disponibile	5.647.115	5.647.115	5.605.053	1.457.907	1.420.865	1.332.568	1.041.537
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	337.605	184.725	536.515	436.495	449.718	248.828	268.509
Vol. disponibile	2.111.932	2.507.758	1.971.283	1.534.788	1.085.070	836.212	1.787.866
Ghiaia							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	130.105	521.005	316.207	212.662	204.864	222.023	299.062
Vol. disp.	3.142.890	2.854.522	2.538.315	2.325.653	2.281.789	2.100.006	1.800.944
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	110.377	81.280	144.788	132.724	75.099	70.946	141.650
Vol. disponibile	1.688.567	1.607.287	1.903.113	2.075.061	1.946.911	1.875.965	1.689.315
Marmo							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	242.000	90.600	76.000	60.511	61.997	0	0
Vol. disponibile	108.000	279.400	204.000	143.500	81.503	0	0
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	0	0	0	0	0	0	0
Vol. disponibile	0	0	0	0	0	0	0





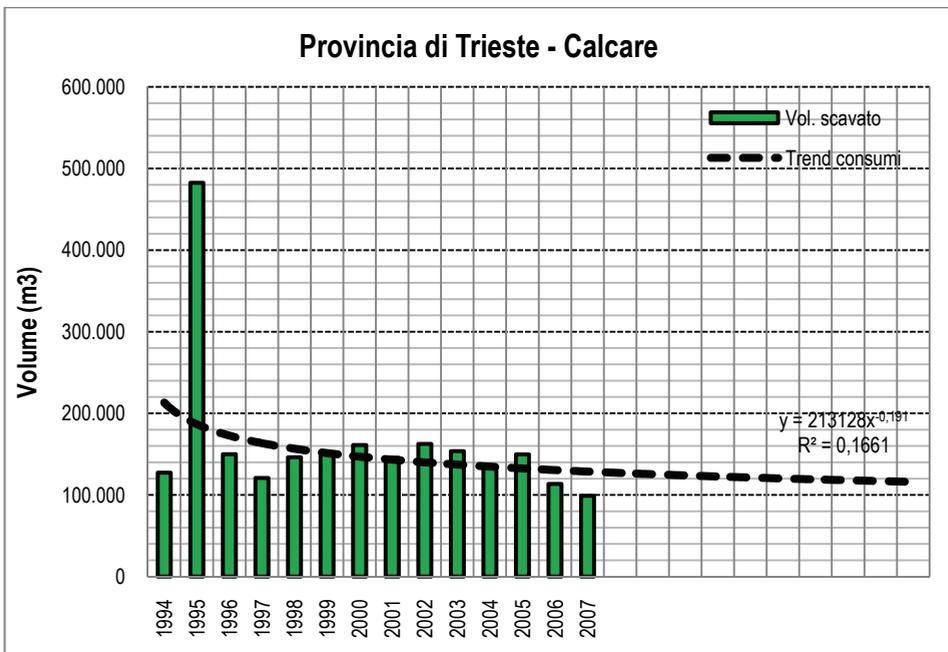
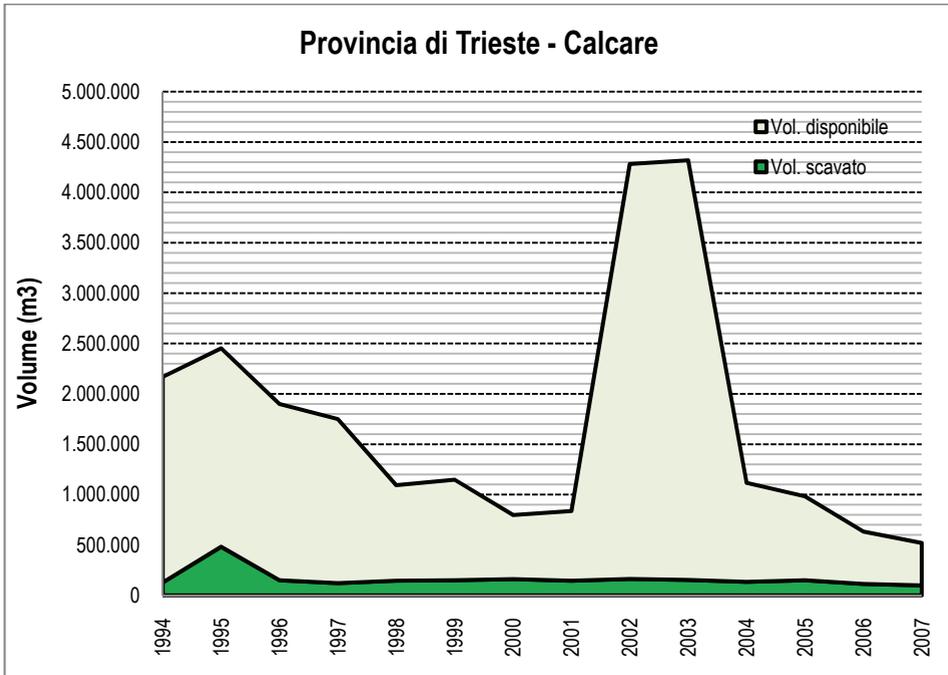


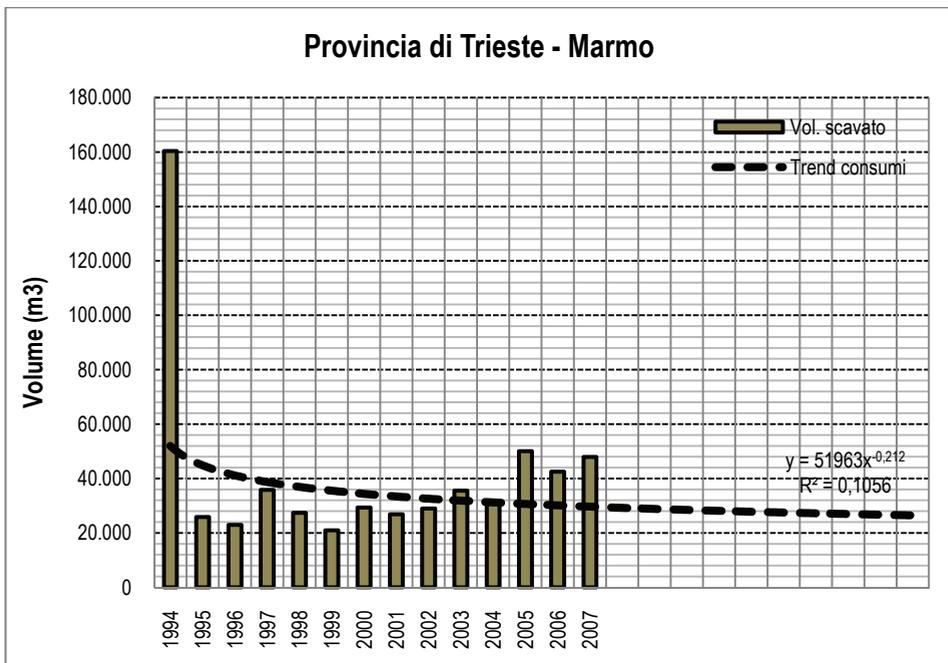
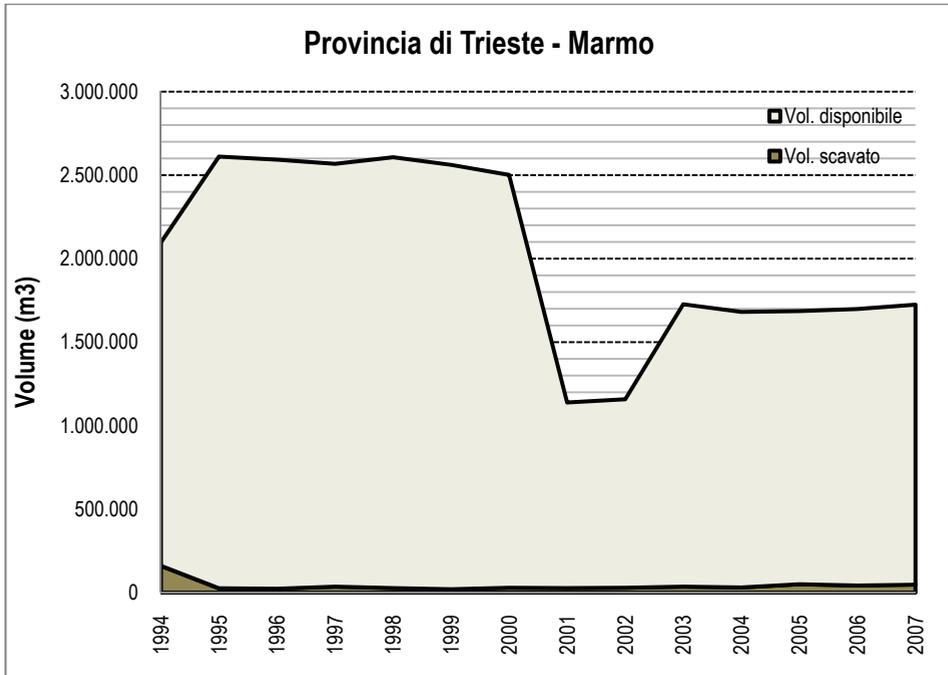


PROVINCIA DI TRIESTE

Tabella 6 Totale Provincia di Trieste: andamento dei volumi scavati e disponibili, suddivisi per tipologia di materiale

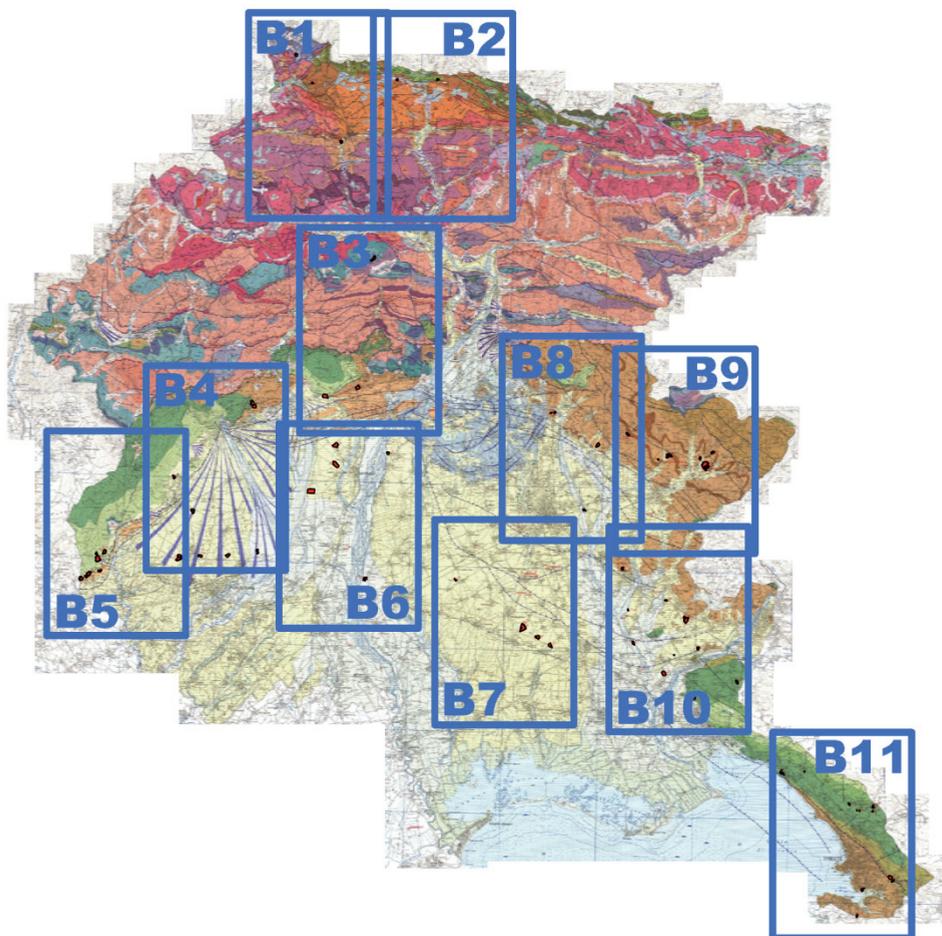
Riassunto Escavazioni Provincia di Trieste							
Calcare							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	127.380	482.522	150.010	120.850	146.104	150.138	161.212
Vol. disponibile	2.042.000	1.970.000	1.749.990	1.628.840	948.046	997.908	636.696
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	145.665	162.617	153.681	133.601	149.800	113.500	99.042
Vol. disponibile	691.031	4.119.861	4.166.180	983.122	833.322	519.822	420.780
Marmo							
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vol. scavato	160.363	25.841	22.951	35.826	27.397	20.934	29.322
Vol. disponibile	1.937.172	2.585.735	2.570.322	2.532.028	2.580.163	2.540.842	2.472.143
Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vol. scavato	26.888	28.970	35.542	30.694	50.056	42.512	47.917
Vol. disponibile	1.111.854	1.129.606	1.691.564	1.650.664	1.635.615	1.656.502	1.676.885



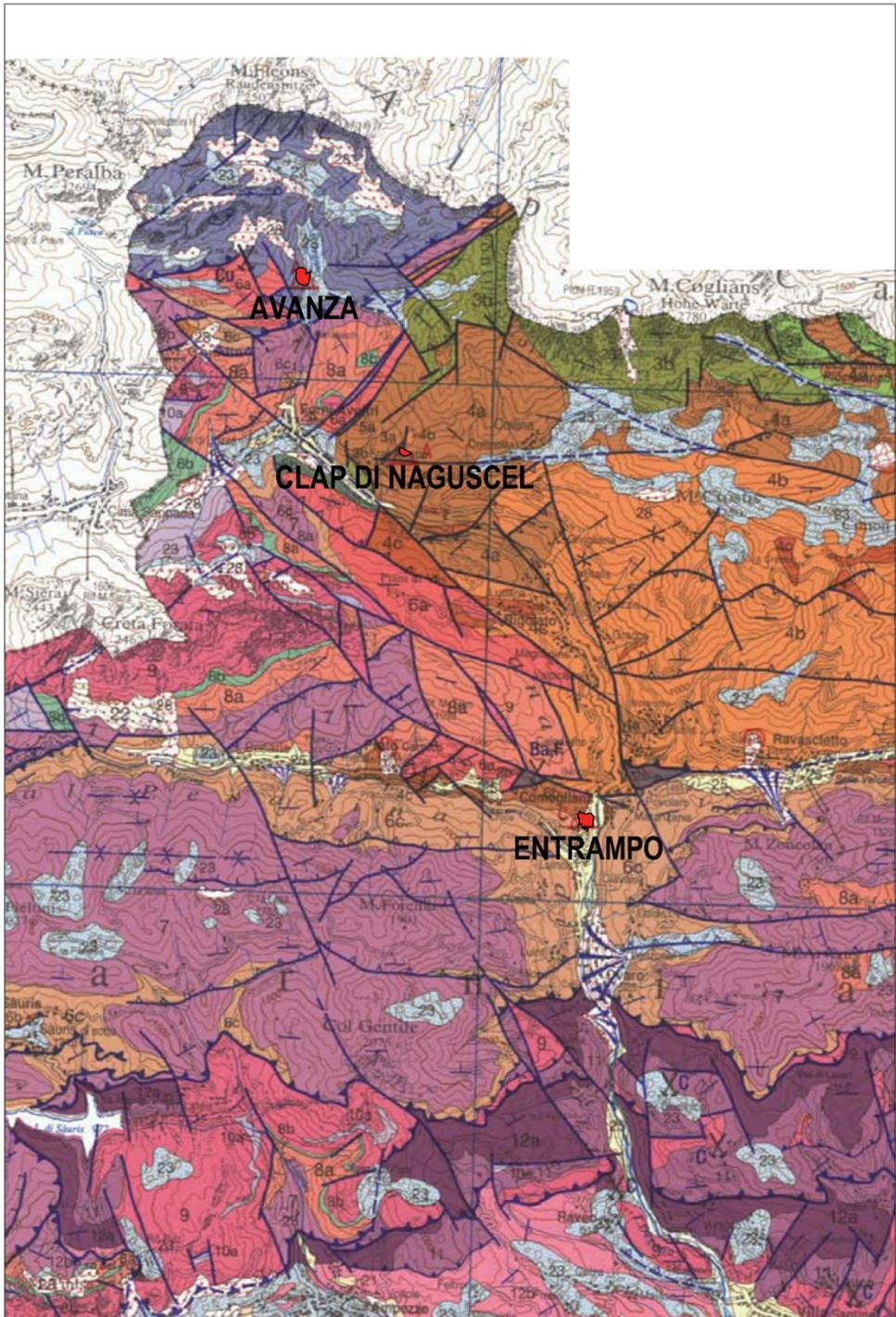


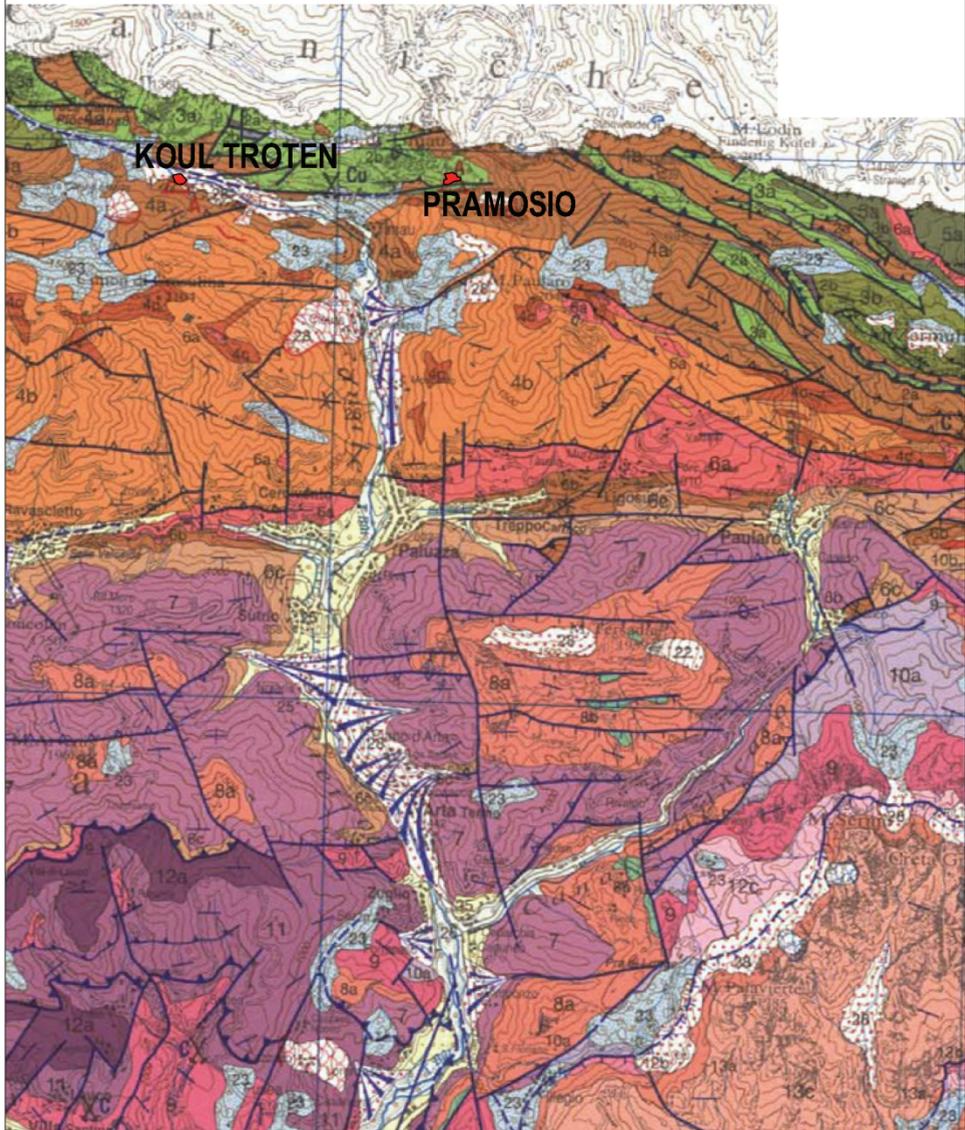
ALLEGATO B

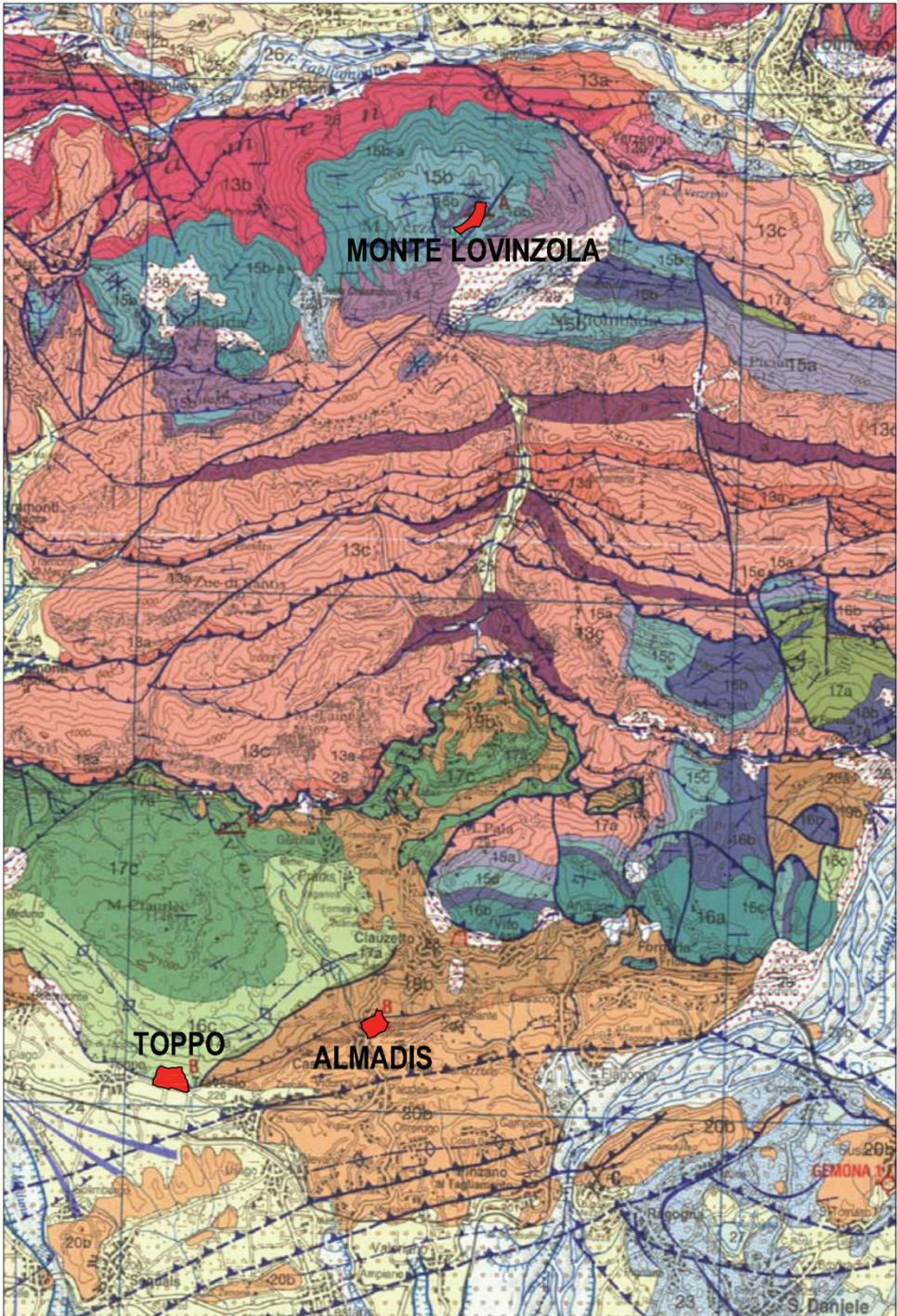
UBICAZIONE DELLE CAVE ATTIVE SU CARTA GEOLOGICA

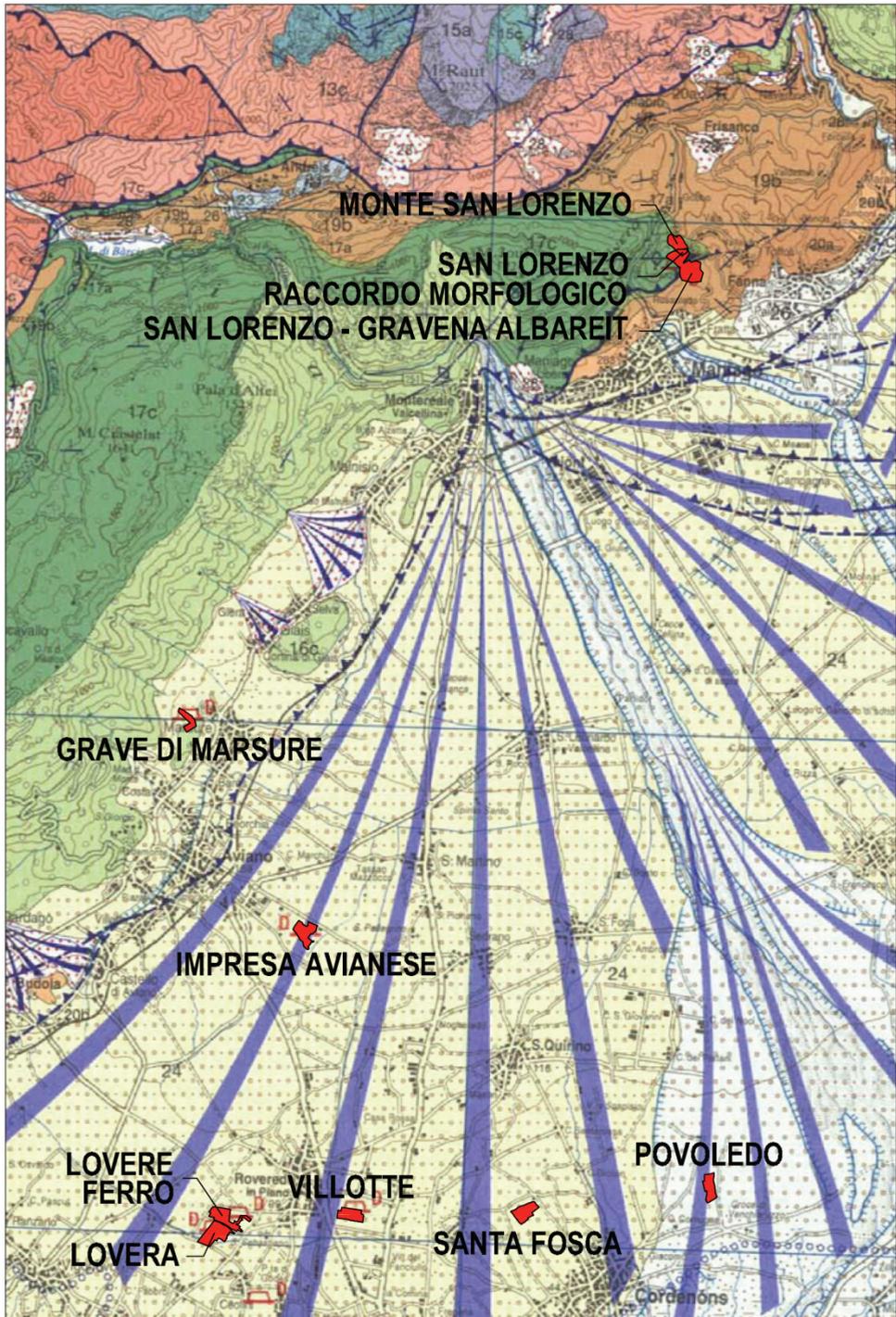


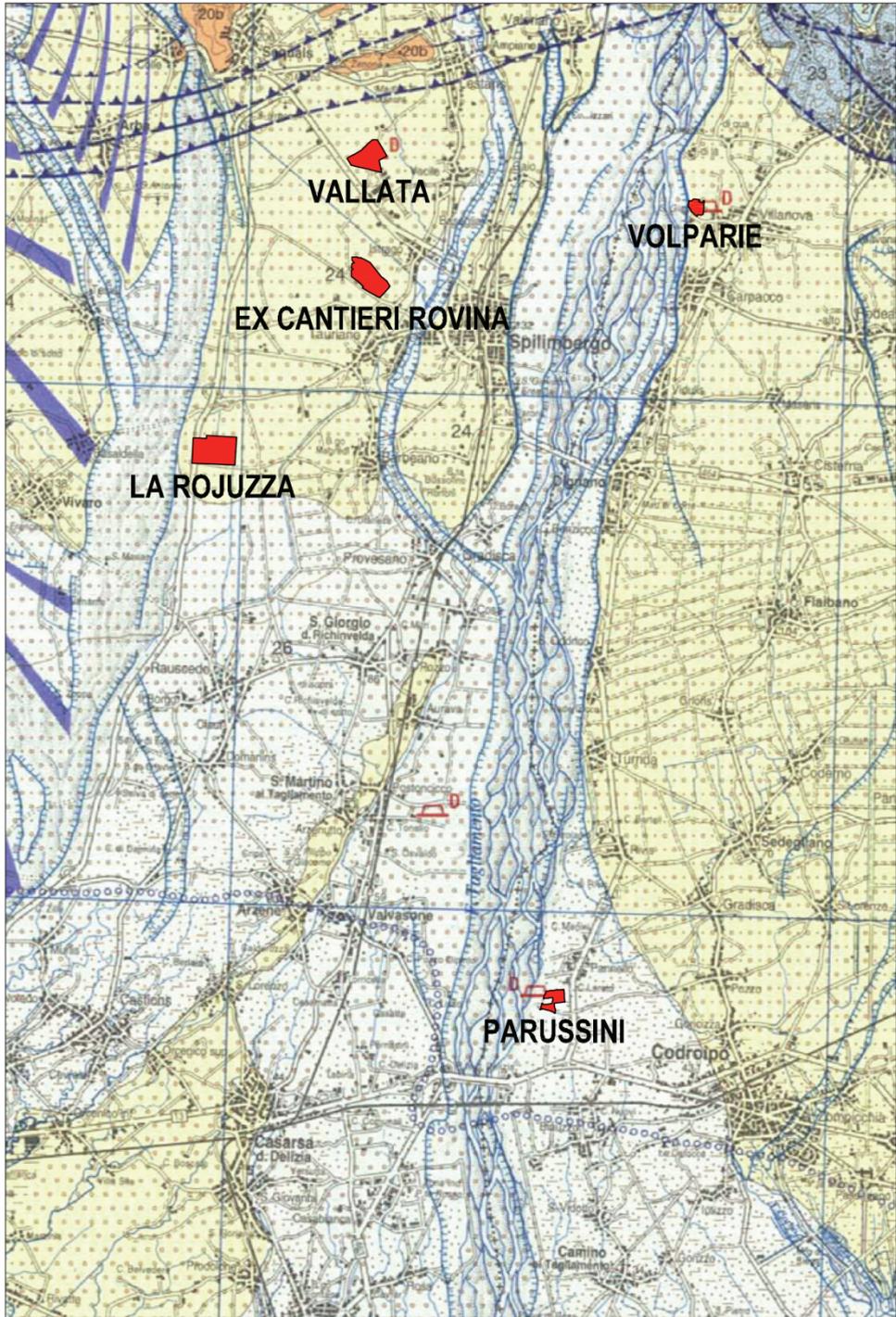
Dati estratti dal WebGIS della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, integrati con i dati forniti dal Servizio geologico, Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (Aggiornamento al febbraio 2010), ed ubicati sulla Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia (Scala 1:150.000) curata da G.B.Carulli (2006).

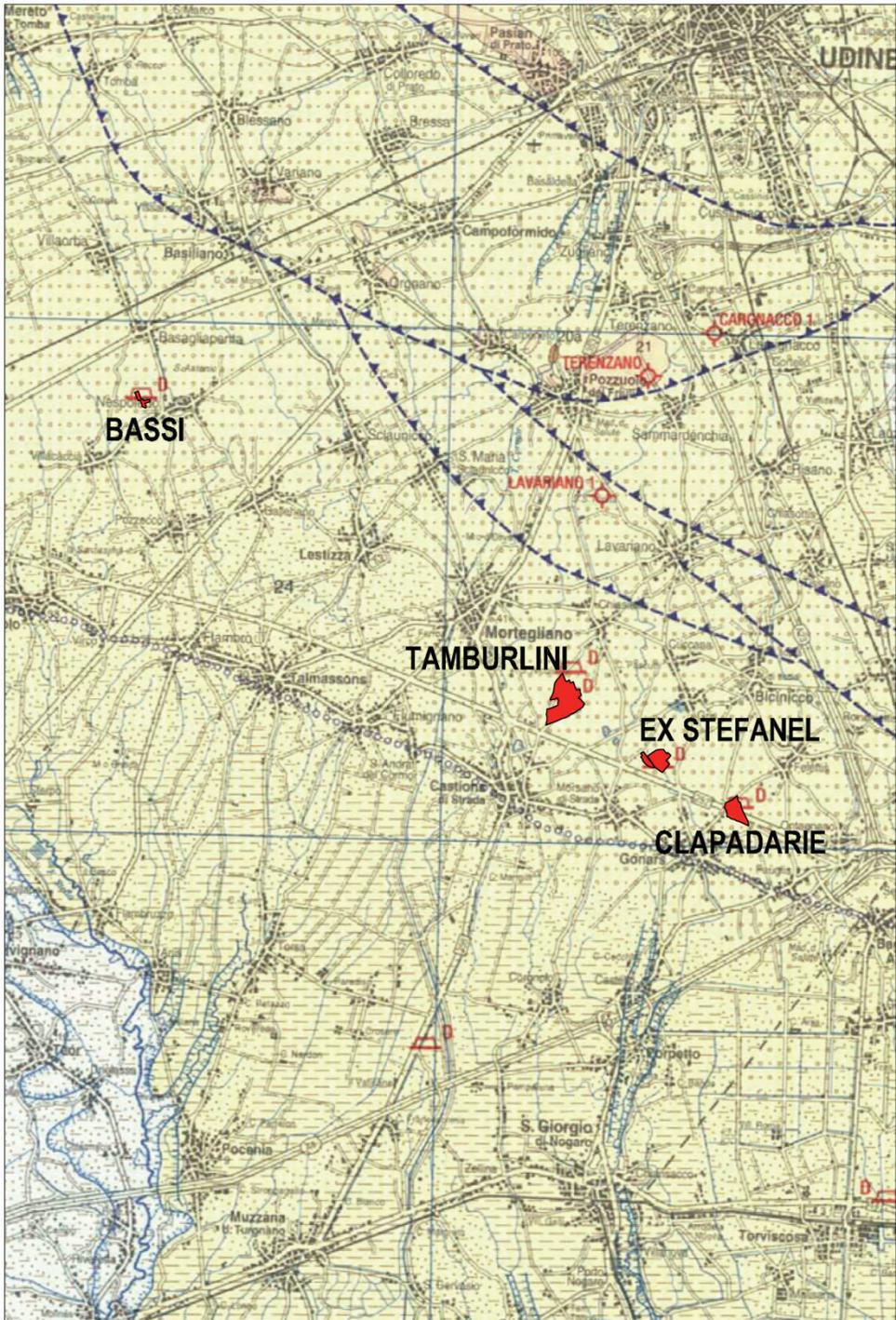


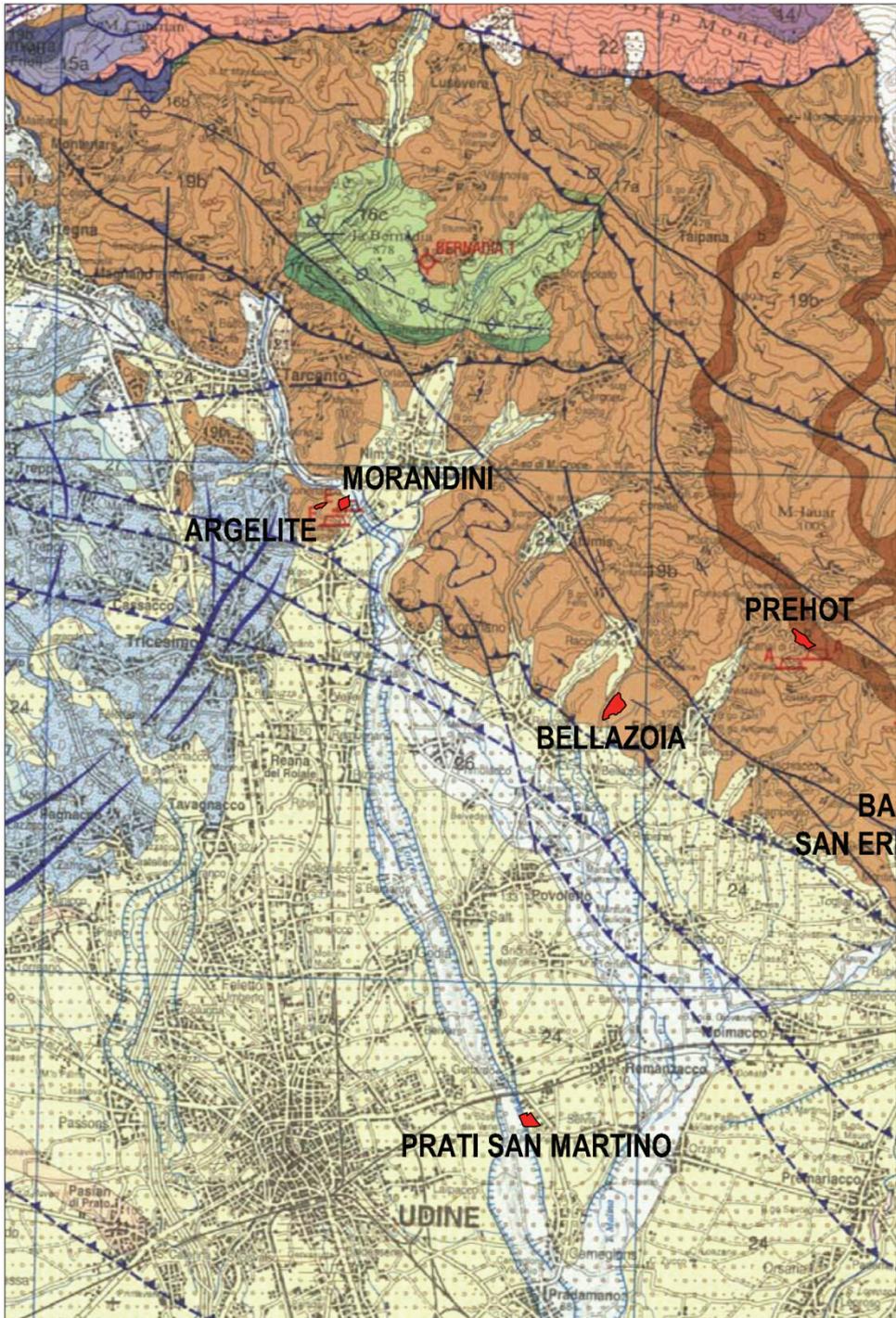


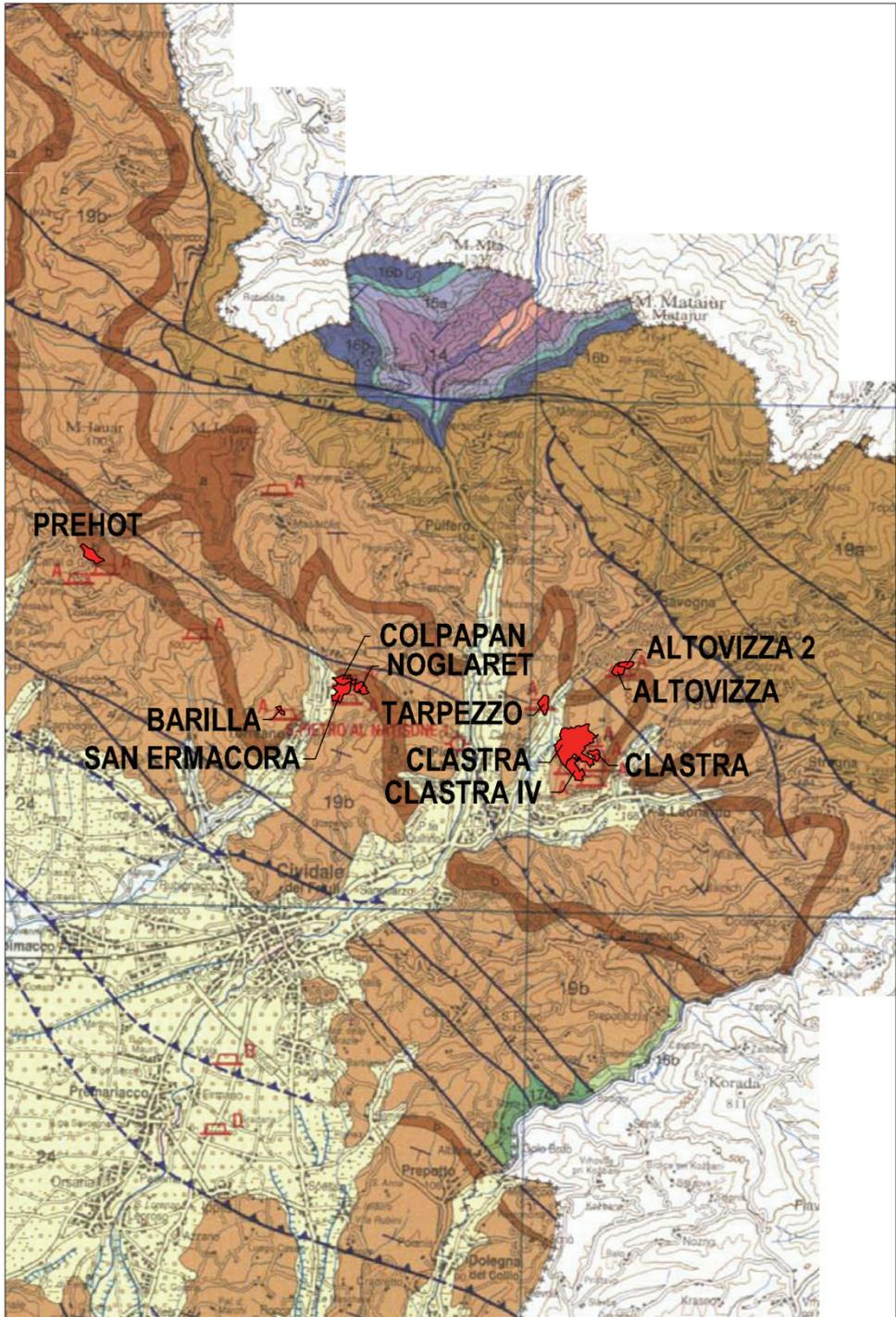


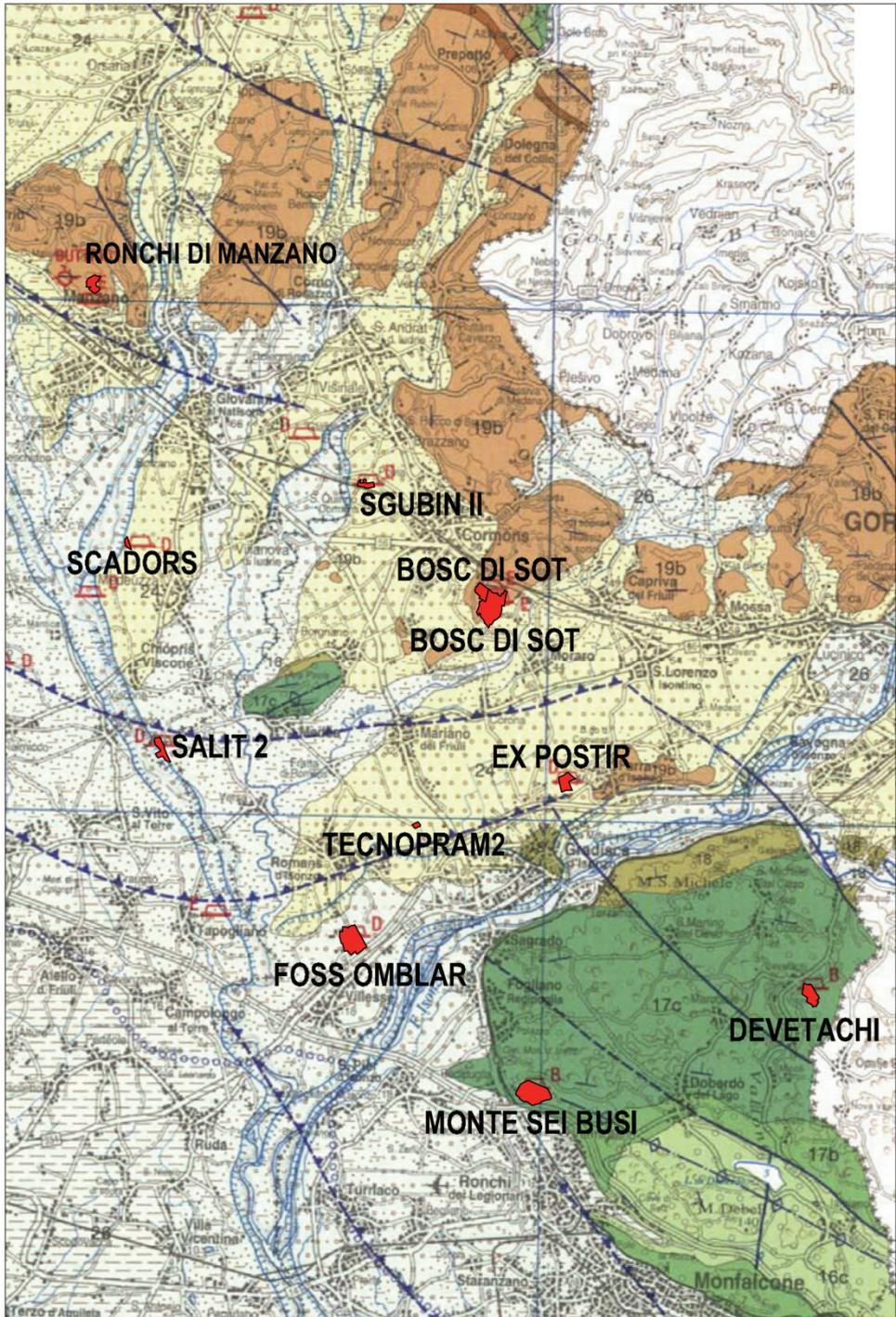














Coperture quaternarie Quaternary covers

- 30 Aree di bonifica e di riporto artificiale. *Reclamation and antropic cover areas. Attuale*
- 29 Sedimenti del settore marino e lagunare. *Marine and lagoonal sediments. Attuale*
- 28 Detriti di falda recenti ed attuali. *Recent scree slope deposits. Olocene - Attuale*
- 27 Sedimenti palustri e lacustri, talora torbosi. *Swamp and lake deposits, sometimes peat. Olocene - Attuale*
- 26 Sedimenti alluvionali del settore montano, della pianura e litoranei. *Mountain, plain and littoral alluvial sediments. Olocene - Attuale*
- 25 Sedimenti alluvionali del settore montano. *Fluvioglacial and alluvial sediments of the mountaines. Pleistocene sup.- Olocene*
- 24 Sedimenti fluvioglaciali ed alluvionali della pianura. *Fluvioglacial and alluvial sediments of the alluvial plain. Pleistocene sup.*
- 23 Depositi glaciali del settore montano e dell'anfiteatro morenico del Tagliamento. *Mountain tills and Tagliamento terminal moraines tills. Pleistocene sup.*
- 22 Detriti di falda antichi. *Ancient scree slope deposits. Pleistocene l.s.*
- 21 Conglomerati alluvionali poligenici ed eterometrici ad abbondante matrice e cemento carbonatico (Conglomerato del Tagliamento ed altri depositi del Supersistema del Friuli). *Polygenic and heterometric alluvial conglomerates with abundant carbonate matrix and cement. Pleistocene inf. e medio*

Successione cenozoica Cenozoic sequence

- 20b Marne silteose grigie (*Marna di Tarzo, Marna di S. Donà*); alternanze di areniti e siltiti grigie (*Arenaria di Vittorio Veneto*); conglomerati poligenici ed eterometrici prevalenti, siltiti ed arenarie (*Conglomerato del Montello*); depositi molassici epibatiali, deltizi e di conoide alluvionale con episodi lacustri. *Grey silty marls; interbedded sandstones and grey siltstones; polygenic and heterometric conglomerates; Molasse deposited in epibathyal, deltaic and alluvial fan environments, with lacustrine episodes. Miocene medio - sup.*
- 20a Breccie calcaree e conglomerati (*Breccie di Peonis*); calcareniti grossolane, siltiti e arenarie grigie con resti fossili; locali livelli conglomeratici a ciottoli carbonatici, selciferi e metamorfici (*Arenaria di Preplans, fm. di Val Tremugna*); areniti glauconitiche grossolane verdastre a pettinidi (*Marna di Bolago, Gruppo di Cavanella*); alternanze di areniti glauconitiche e siltiti arenacee (*Arenaria di S. Gregorio*); peliti con resti di molluschi e coralli (*Marna di Monfumo*); areniti glauconitiche e biocalciuditi (*fm. del M. Baldo*); depositi molassici marini di piattaforma e deltizi. *Calcareous breccias, megabreccias and conglomerates; coarse calcarenites, siltstones and grey sandstones with plant remains; locally conglomerates with carbonate, siliceous and metamorphic pebbles coarse, green glauconitic sandstones with pectinids; interbedded glauconitic sandstones and sandy siltstones; shales with mollusks and corals; glauconitic sandstones and biocalciudites: marine platform and deltaic Molasse. Oligocene sup.?-Miocene medio*
- 19b Alternanze pelitico-arenacee ben stratificate con calciruditi e calcareniti talora in potenti banchi carbonatici (*Flysch del Grivo: a - Megastrato del M. Ioanaz; b - M. di Vernasso; Flysch di Claut*); alternanze di areniti e/o siltiti con marne calcareo-silicee a clasti di quarzo e selce (*Flysch di Cormons, Flysch di Clauzetto, "Flysch di Trieste"*); depositi di bacino. *Interbedded shales and sandstones with calcirudites and calcarenites, sometimes in thick carbonate beds (a, b); alternation of sandstones and/or siltstones with calcareous-siliceous marls with quartz and silica clasts: basinal deposits. Paleocene p.p. - Eocene medio.*
- 19a Calcsiltiti grigio-nerastre con banchi di breccia ed areniti nella parte superiore (*Membro di Drenchia, Flysch di Ucceja*); calcareniti con breccie e calcilutiti (*Flysch di Clodig, Flysch di M. Brieka*); alternanze arenaceo-pelitiche, con spessi orizzonti di breccia (*Flysch dello Iudrio*) e peliti rossastre ad arenarie grigie intercalate (*Flysch di Calla*); arenarie con orizzonti calciclastici (*Flysch di Masarolis*); depositi di bacino. *Grey-blackish calcisiltites, with breccia beds and sandstones intercalations towards the top; calcarenites with breccias and mudstones; sandstone-shale alternations, with frequent breccia beds and reddish shales with interbedded grey sandstones; sandstones with calcareous clastic beds: basinal deposits. Cretacico sup. - Paleocene p.p.*
- 18 Calcarì grigi e nocciola a stratificazione metrica o indistinta molto fossiliferi (*Calcarì a Milkolidi, Calcarì a Nummuliti ed Alveoline, Mb. di M.te Grisa e Opicina, Liburnico: Vreme e Cosina*); brecciole carbonatiche e marne debolmente arenacee con nummuliti; depositi di piattaforma. *Grey and dark brown fossiliferous limestones in m-thick beds or massive; carbonate breccias and sandy marls with nummulites: platform deposits. Paleocene - Eocene inf.*

Successione mesozoica *Mesozoic sequence*

- 17c** Calcarei bioclastici biancastri, massicci con abbondanti rudiste, talora con intercalazioni di calcari micritici (*Calcarei di M. Cavallo, Calcareniti del Molassa, Calcarei di Aurisina, Fm. dei Calcarei del Carso triestino p.p., Calcarei di Monte San Michele*); depositi di piattaforma aperta. *Whitish bioclastic limestones, massive, with abundant rudists, sometimes with interbedded micritic limestones: carbonate platform deposits. Cretacic sup.*
- 17b** Breccie con clasti dolomitici, compatte, di colore grigio; dolomie grigio chiare e grigio scure, con laminazioni nerastre (*scisti di Comeno*), dolomie nere saccaroidi; lenti di breccie e calcari dal rosso mattone al giallastro; calcari grigi a rudiste (*Fm. di Monrupino, Mb. di Rupingrande*); depositi di piattaforma. *Grey breccias with dolomitic clasts; light grey sparitic dolostones, dark grey dolostones with blackish laminations; breccia lenses and brick red-yellowish limestones: carbonate platform deposits. Cretacic inf.- sup. p.p.*
- 17a** Marne e calcari marnosi rossastri e grigi a frattura scagliosa, debolmente nodulari, a stratificazione cm-dm; locali breccie ed olistoliti carbonatici (*Scaglia rossa, selciferi e variegata*); depositi di bacino. Talora, alla base, breccie in banded massicce con clasti calcarei a frammenti di rudiste (*Breccie di Grignes, Calcarea di Volzana, Calcarei del Fadalto, Calcarei di Andreis*); depositi di scarpata. *Reddish and grey marls and marly limestones, slightly nodular, in cm-dm-thick beds; locally, carbonate olistoliths and breccias are found: basinal deposits. Sometimes at the base, massive calcareous breccias with clasts of rudist-bearing limestones occur. Cretacic inf. - Eocene inf.*
- 16c** Calcarei stratificati dm-m, biancastri, grigi e nocciola, di aspetto porcellanaceo, con frequenti strutture di emersione, talora con breccie, argille residuali e stromatoliti (*Calcarea del Cellina, Mb. di M.te Coste, Calcarei di S.Donà*); depositi di piattaforma protetta. *Well stratified whitish, greyish and brownish limestones, with karst features, sometimes with presence of breccias, residual clays and stromatolites: protected shallow water platform deposits. Giurassico sup. - Cretacic inf.*
- 16b** Calcarei micritici e calcareniti in strati dm, con abbondante selce policroma (*Fm. di Forzaso*); calcari nodulari da grigio-verdastri a rossastri, con selce rossa e ammoniti (*Rosso Ammonitico superiore*); calcari micritici nocciola e grigio chiari, a frattura concoide, con selce grigio scura o biancastra (*Biancone o Maiolica*); calcinuditi bioclastiche, calcareniti grossolane, calcari micritici grigi con selce scura (*Calcarea di Soccher*); depositi di scarpata-bacino. *Micritic limestones and calcarenites in dm-thick beds, with abundant multicoloured silica nodules; grey-greenish and reddish nodular limestones, with red silica nodules and ammonites; light brown-grey micritic limestones with conchoidal fracture and dark grey or whitish silica nodules; bioclastic calcinudites, coarse grained calcarenites, grey micritic limestones with dark grey silica nodules: slope-basinal deposits. Giurassico sup. - Cretacic inf.*
- 16a** Calcarei massicci di scogliera ricchi di faune. Talora, alla sommità, tasche bauxitiche (*Calcarei di Polcenigo, Calcarei ad Ellipsactinie*); depositi di scogliera. *Massive limestones rich in fossils; sometimes, at the top, bauxites in lenses occur: bioconstructed carbonate platform deposits. Giurassico sup.*
- 15c** Calcarei oolitico-bioclastici in strati da dm a m, alternati a calcari micritici a lamellibranchi pelagici con rari noduli di selce alla base (*Calcarea del Vajont*); torbiditi oolitiche di scarpata. *Oolitic-bioclastic limestones in dm-to m-thick beds, alternating with pelagic bivalves micritic limestones with rare silica nodules at the base of the unit: oolitic calcareous turbidites deposited in a slope setting. Giurassico medio.*
- 15b** Calcarei micritici nerastri in strati dm, rari livelli marnosi cm, frequenti slumps (a: *Calcarea di Chiampomano*); calcari e dolomie grigio scuri, con selce e livelli marnosi cm; breccie dolomitiche alla base o in corpi irregolari all'interno (*Fm. di Soverzene*); encriniti rossastre (*encrinite di Fanes, encr. del M. Verzegnis*); calcari micritici e marnosi varicolori, nodulari, in strati dm con selce scura ed interstrati cm pelitici bruno-verdastri (*Fm. di Igne*); depositi di bacino. *Blackish micritic limestones in dm-thick beds, (a) with frequent slump structures; dark grey limestones and dolostones with silica nodules and marly layers; dolomitic breccias at the base or laterally discordant within the sequence; micritic and marly, nodular, varicoloured limestones in dm-thick beds, with dark grey silica nodules and cm-thick marly brownish-greenish interbeds: basinal deposits. Triassico sup. p.p.(?) - Giurassico inf.*
- 15a** Calcarei micritici grigi alternati a calcari stromatolitici, in strati dm organizzati in cicli peritidali; calcari oolitici biancastri e calcari a oncoidi (*Calcarei Grigi del Friuli, Calcarea di Stolaz, Calcarei a Crinoidi*); depositi di piattaforma e di margine. *Grey micritic limestones alternating with stromatolitic limestones, in dm-thick shallowing upward beds; whitish oolitic and oncoidal limestones: shallow water carbonate platform and margin platform deposits. Giurassico inf.*
- 14** Calcarei micritici grigio chiari a megalodontidi in strati m alternati a calcari stromatolitici in strati dm, organizzati in cicli peritidali (*Calcarea del Dachstein*); depositi di piattaforma. *Light grey micritic limestones Megalodont-bearing in m-thick beds, alternating with dm-thick stromatolitic limestones, showing shallowing upward polarity: carbonate platform, tidal flat deposits. Triassico sup.*
- 13c** Dolomie chiare, in strati m e dolomie stromatolitiche in strati dm organizzate in cicli peritidali (*Dolomia Principale*); localmente, al tetto, breccie dolomitiche; intercalazioni di dolomie laminate scure, ricche in sostanza organica, in strati dm (a: *Laminiti di rio Resartico*); depositi di piattaforma. *Light grey dolostones in m-thick beds alternating with dm-thick stromatolitic dolostones, showing shallowing upward polarity; locally, at the top of the unit, dolomitic breccias; (a) intercalations of dm-thick beds of laminated dark grey dolostones, rich in organic matter: platform, tidal flat deposits. Triassico sup.*
- 13b** Dolomie grigio scure fittamente stratificate e laminate, selciferi alla base, con livelli pelitici bituminosi (*Dolomia di Forni*); depositi di bacino intrapiattaforma. *Dark grey, thinly laminated dolomitic and dolarenites, siliceous at the base, with organic-rich marly layers: slope and intraplatform basin deposits. Triassico sup.*

- 13a** Dolomie grigie da massicce a stratificate dm, con intercalazioni marnose (*Fm. del Monticello*): depositi di rampa carbonatica. *Massive and well-stratified grey dolostones with marly intercalations: carbonate ramp deposits. Triassico sup.*
- 12c** Dolomie e calcari scuri ricchi di fossili (*Calcarea del Predil*), calcari e marne (*Fm. di Rio del Lago*), calcari dolomitici (*Calcarea di Rio Conzen*) e dolomie grigie (*Fm. di Tor*); globalmente *Fm. di Raibl*: depositi di rampa di piattaforma carbonatica. *Dark grey dolostones and fossiliferous limestones; limestones and marls and grey dolostones: carbonate ramp deposits. Triassico sup.*
- 12b** Dolomie marnose grigie, dolomie chiare vucolari e livelli marnosi cm ("dolomie cariate"); breccie dolomitiche, in alternanze dm-m; gessi saccaroidi, bianchi, grigi e rosati, con impurità argillose, spesso in lamine mm-ritmiche: depositi di laguna evaporitica. *Grey marly dolostones, light grey vacuolar dolostones with cm-thick marly layers; dolomitic breccias alternating at the dm-m scale; grey and pink-coloured saccharoid gypsum, rich in clayey impurities, often in mm-thick rhythmic laminae: evaporitic lagoon deposits. Triassico sup.*
- 12a** Arenarie violette e argille siltose varicolori; dolomie e calcari dolomitici ben stratificati (*Fm. di Dürrenstein*): depositi di pianura alluvionale e di piattaforma mista. *Violet sandstones and varicoloured silty shales; dolostones and well stratified dolomitic limestones: flood plain and mixed clastic-carbonate platform deposits. Triassico sup.*
- 11** Calcari scuri ben stratificati alternati a marne in strati sottili con rare arenite tuftitiche verdi; alla base sporadiche lenti di carbone (*fm. della Val Degano*): depositi di laguna. *Dark grey, well-bedded limestones alternating with thinly-bedded marls with rare green tufaceous sandstones; discontinuous coal lenses at the base of the unit: lagoon deposits. Triassico sup.*
- 10b** Vulcaniti basiche nerastre e grigio-verdastre (*aloclastiti del M. Fernazza*) e acide perlopiù rossastre (*Vulcaniti di Rlofreddo*): vulcanismo da sottomarino a subaereo rispettivamente. *Blackish and greyish-greenish basic volcanites and reddish acidic volcanites: submarine and subaerial volcanism, respectively. Triassico medio.*
- 10a** Calcari rossi ad Ammoniti (*Calcari del Clapsavon*), calcari marnosi, argilliti e tuftiti (*Fm. dell'Acquatona*), calcari nodulari selciferi, arenarie e siltiti tufacee (*Fm. di Buchenstein o di Livinalongo*), depositi terrigeno-tuftitici e piroclastici (*Fm. di Wengen o di La Valle*), calcareniti e calciruditi grigie in strati cm-dm, alternate a peliti marnose bruno nerastre (*Fm. di San Cassiano*): depositi di bacino. *Red, ammonitic-bearing limestones; marly limestones, shales and tuffites; siliceous nodular limestones, sandstones and tufaceous siltstones; terrigenous-tufaceous and piroclastic deposits; grey calcarenites and calcirudites in cm-dm-thick beds, alternating with brownish-blackish marly shales: basinal deposits. Triassico medio-sup.*
- 9** Dolomie e calcari dolomitici grigio-chiaro ben stratificati o a stratificazione indistinta (*Fm. del Contrin, Calcari dolomitici del M. Tiarin, Dolomia dello Sciliar o Schiern, Dolomia ladino-carnica, Dolomia Cassiana*): depositi di piattaforma carbonatica. *Light grey, massive or well-bedded dolostones and dolomitic limestones: shallow water carbonate platform deposits. Triassico medio-sup.*
- 8b** Ruditi terrigene (*Conglomerato di Piz da Peres, di Voltago, del Rio Senata, di Richthofen, Breccia di Ugovizza s.l.*), calcari grigio scuri nodulari, alternati a marne (*Calcarea di Morbiac*); biomicriti, marne e siltiti (*Fm. di Dont*); calcari marnosi nodulari, marne e siltiti, di colore rossastro (*Fm. del M. Bivera*); calcari micritici fittamente stratificati con rare intercalazioni tuftitiche (*Fm. dell'Ambata*); alternanze di marne, calcari arenacei, peliti, areniti torbiditiche e rari olistostromi carbonatici (*Torbiditi d'Aupa*); le ultime 4: terrigeno anisico, globalmente Gruppo di Braies: depositi di bacino. *Terrigenous rudites; dark grey nodular limestones alternating with marls; biomicritic limestones, marls, siltstones; reddish nodular marly limestones, marls and siltstones; thinly bedded micritic limestones with rare tufaceous intercalations; interbedded marls, sandy limestones, shales and turbiditic sandstones and rare carbonate olistoliths: basinal deposits. Triassico medio.*
- 8a** Dolomie e calcari dolomitici biancastri, compatti, in banchi mal stratificati (*dolomia del Serla sup., Dolomia del Popera*); dolomie e calcari dolomitici stromatolitici ben stratificati, sovente vucolari o brecciati (*dolomia del Serla inf., Membro dell'Arvenis*); calcari dolomitici e dolomicriti laminati, spesso vucolari (*membro di Lusnizza, fm. di Lusnizza*): depositi di piattaforma di mare basso. *Whitish dolostones and dolomitic limestones, poorly bedded; well-bedded dolostones and dolomitic limestones, often brecciated and vuggy, dolomitic and laminated micritic limestones, often vuggy: shallow water carbonate platform deposits. Triassico medio.*
- 7** Calcari oolitici (*Orizz. di Tesero*); calcari grigi, in strati cm-dm, intercalati a marne (*Mb. di Mazzin*); dolomie e calcari dolomitici giallo-ocraei sottilmente stratificati (*Orizz. di Andraz*); micriti grigie e nocciola laminata, con bivalvi e orizzonti pelitici rossi (*Mb. di Siusi*); calcari micritici e peliti marnose varicolori (*Oolite a Gasteropodi*); areniti fini e peliti rosse in spessori elevati (*Mb. di Campil*); calcari micritici con peliti grigio-verdi e rosse (*Mb. di Val Badia*); calcari micritici marnosi e peliti rosse (*Mb. di Cencenighe*); globalmente: *Fm. di Werfen*; depositi di piattaforma mista. *Oolitic limestones; grey, sometimes marly limestones in cm-dm-thick beds, intercalated with marls; yellow-ocherous, well bedded dolostones and dolomitic limestones; grey and light brown, laminated micritic limestones with bivalves and a reddish shaly intercalation; thin micritic limestones, shales and varicoloured marly shales; thick, fine grained sandstones and red shales; micritic limestones with a red intercalation; oolitic limestones alternating with dolosiltstones, and varicoloured shales: mixed carbonate-clastic platform. Triassico inf.*

Successione paleozoica post-ercinica Post-hercynian Paleozoic sequence

- 6c** Calcari scuri con frequenti bioclasti, in strati netti dm talora intercalati a sottili livelli marnosi (*Fm. a Bellerophon*): depositi di piattaforma carbonatica. *Dark grey limestones with frequent bioclasts in dm-thick beds, sometimes interbedded with thin marly layers: carbonate platform deposits. Permiano sup.*
- 6b** Gessi saccharoidi biancastri e laminati, alternati a dolomie nere spesso brecciate (*Fm. a Bellerophon*): depositi di laguna evaporitica. *Whitish saccharoidal laminated gypsum, alternating with dark, often brecciated, dolostones: evaporitic lagoonal deposits. Permiano sup.*
- 6a** Ruditi rossastre con clasti carbonatici (*Breccia di Tarvisio*) o quarzoso-litici (*Conglomerato di Sesto*) in strati dm e banchi m; areniti fini in strati dm alternate a peliti rosse con caliche (*Arenaria di Val Gardena*): depositi di conoidi alluvionali passanti a piana alluvionale con locali condizioni di *sabkha*. *Reddish breccias and conglomerates, with carbonate clasts or quartz-rich lithic fragments, in dm-m-thick beds; fine grained sandstones alternating with red shales: alluvial fan deposits grading laterally into lower flood plain and sabkha environments. Permiano sup.*
- 5b** Biocalcareni e biomicriti algali a foraminiferi alternate a peliti marnose in strati dm (*Fm. a Pseudoschwagerina inf. e sup.*); peliti grigie e rosse alternate ad areniti quarzoso-micacee in banchi e sporadici conglomerati quarzosi (*Fm. di Val Dolce*); calcari e calcari dolomitici grigio chiari e rosati massicci (*Calcare del Trogkofel*; complessivamente: *Gruppi di Rattendorf e del Trogkofel*): depositi di piattaforma carbonatica. *Biocalcarenes and biomicrites with algae and forams, alternating with marly shales in dm-thick beds; grey and red shales interbedded with quartz-mica-rich sandstones in m-thick beds, with rare quartz conglomerates; light grey and pinkish, massive limestones and dolomitic limestones: carbonate platform deposits. Carbonifero sup. - Permiano inf.*
- 5a** Conglomerati polimictici in strati dm-m alternati ad areniti litiche e peliti grigio scure e giallastre (*Fm. del Bombaso*); areniti quarzoso-micacee e peliti grigio scure alternate a biocalcareni ad alghe e fusuline in strati dm e a conglomerati quarzosi in banchi m-dm (*Fm. di Meledis, Fm. del Pizzul, Fm. del Corona, Fm. dell'Auernig, Fm. del Carnizza = Gruppo di Pramollo*): depositi di piattaforma mista. *Polymictic conglomerates in dm-m-thick strata, alternating with lithic arenites and dark grey and yellowish shales; quartz-mica-rich sandstones and dark grey shales, alternating with biocalcarenes with algae and fusulinids in dm-thick strata, and with quartz-rich conglomerates in m-thick beds: mixed clastic-carbonate platform deposits. Carbonifero sup.*

Successione tardo-ercinica Late Hercynian sequence

- 4c** laloclastiti, diabasi e lave basaltiche, talora a *pillow*, tufti (*Fm. del Dimòn*): manifestazioni di vulcanismo sottomarino. *Hyaloclastites, diabases and basaltic lavas, sometimes pillowed, tuffites: submarine volcanism products. Carbonifero sup. p.p.*
- 4b** Areniti feldspatiche in strati cm-dm, alternate a peliti grigie e verdi (*arenarie di M. Terzo*); argilliti rosse e verdi anchimetamorfiche inglobanti le vulcaniti 4c (*Fm. del Dimòn*): depositi sottomarini, localmente turbiditici, dovuti perlopiù a smantellamento di apparati vulcanici. *Feldspatic sandstones in cm-dm-thick beds, alternating with grey and green shales; red and green anchimetamorphic argillites with volcanic explosive breccias: submarine, locally turbiditic, deposits due to the erosion of volcanic effusive centers. Carbonifero sup. p.p.*
- 4a** Areniti quarzose e peliti grigio scure turbiditiche in strati cm-dm, talora in facies anchimetamorfica e, alla base, breccie e conglomerati a clasti radiolaritici o calcarei, inglobanti livelli di keratofiri e rari olistoliti carbonatici (*Fm. del Hochwipfel*): depositi sottomarini profondi connessi a smantellamento di aree emerse. *Quartz-rich sandstones and dark grey shales in cm-dm-thick beds, locally in anchimetamorphic facies; especially at the base of the unit, breccias and conglomerates with clasts of radiolarites and carbonates, with keratophyes levels and rare, carbonate olistoliths; localized plant remains are also present: submarine, turbiditic slope deposits. Carbonifero sup. p.p.*
- 3b** Calcisiltiti, calcareniti e micriti da grigio scure a nere in strati dm parzialmente dolomitizzati, biomicriti nodulari in strati sottili con interstrati marnosi rosso cupo (*Rosso Goniatico*), calcareniti e calcisiltiti grigie e grigio-giallastre in strati cm-m; calcari micritici grigi, rosa e nocciola, in strati cm-dm con frequenti rilegature argillitiche ocree (*Calcari a Goniatti e Climerie*): depositi di scarpata e di bacino. *Dark grey to black mudstones, calcisiltites and calcarenites, in dm-thick, partially dolomitized beds; thin bedded, nodular, bioclastic micritic limestones with dark red marly interbeds; grey and yellowish-grey calcarenites and calcisiltites in cm-dm-thick strata, pink and light brown micritic limestones in cm-dm-thick beds with frequent ocherous intercalations: scarp and basin units. Devoniano - Carbonifero inf.*
- 3a** Calcari massicci grigio chiari in banchi metrici, calcari algali (*calcare massiccio del M. Coglians, calcari a Pentamerus, Stringocephalus, Amphipora*) con crinoidi, stromatoporoidi, tetracoralli e tabulati: facies di scogliera s.l. *Light grey limestones in m-thick beds, algal-rich limestone, with crinoids, stromatoporoids, tetracorals and tabulate corals: carbonate platform margin. Devoniano inf. - med.*



Argilliti a graptoliti e rare radiolariti da grigio scure a nere, marne calcaree, calcari micritici nodulari e ferruginosi rossastri ad Orthoceratidi alternati a rare biospatiti (*Fm. del Cocco*): unità varie di piattaforma mista, ricche in fossili, in facies da pelagica (*calcarei ad Orthoceras*) a neritica (*livello a Cardiola, strati a Megaerella, marne a trilobiti*). *Black argillites with graptolites and rare, dark grey and black radiolarites, calcareous marls, nodular, ferruginous, reddish micritic limestones with Orthoceras alternating with rare biosparites: mixed clastic-carbonate platform, pelagic and neritic facies. Siluriano.*



Siltiti ed arenarie quarzose grigio-verdastre in strati cm-dm, talora con intercalazioni di conglomerati e calcareniti e limitati spessori di calcari micritici nodulari con rilegature argillitiche ocracee e calcareniti molto fossilifere: depositi di ambiente sublitorale (*Fm. dell'Uqua*). *Grey-ocherous siltstones and Quartz-rich sandstones, in cm-dm-thick strata, sometimes intercalated with conglomerates and calcarenites and thin nodular micritic limestones with shaly ocherous partings and fossiliferous calcarenites: sublittoral environment. Ordoviciano sup.*

Basamento ercinico metamorfico della Catena Paleocarnica occidentale
Western Paleocarnic Chain Hercynian metamorphic Basement



Metareniti e metapeliti grigio verdastre (*Fm. di Fleòns e Fm. della Val Visdende*) con intercalazioni di metaruditi (*Conglomerato di Cima Vallona*); metacalcari massicci e metacalcari dolomitici listati, policromi; marmi massicci bianchi o grigiastri; metacalcari nodulari chiari a rilegature pelitiche brune o verdastre; sottili livelli di metavulcaniti e metavulcanoclastiti basiche: facies metamorfica degli scisti verdi di basso grado. *Metasandstones and grey-greenish slates with rare metarudites; red, yellowish, dark brown and greenish banded dolomitic metalimestones, massive white or greyish marbles; light grey, nodular metalimestones with dark brown and greenish partings; thin metavulcanite and basic metavolcanoclastite layers: green schist metamorphic facies. Ordoviciano (?) - Devoniano medio-sup.*

- 
 Giacitura: suborizzontale, subverticale, inclinata 10°+45°, inclinata 45°+80°, rovesciata
Bedding: subhorizontal, subvertical, inclined, overturned
- 
 Asse di anticlinale *Anticline Axial plane trace*
- 
 Asse di sinclinale *Syncline Axial plane trace*
- 
 Chiusura di piega *Fold closure*
- 
 Faglia diretta *Normal fault*
 a - Sepolta o presunta *Buried or inferred*
- 
 Faglia inversa *Reverse fault*
 a - Sepolta o presunta *Buried or inferred*
- 
 Faglia verticale e/o trascorrente *Vertical and/or Strike-slip fault*
 a - Sepolta o presunta *Buried or inferred*
- 
 Sovrascorrimento principale *Main overthrust*
 a - Sepolto o presunto *Buried or Inferred*
- 
 Sovrascorrimento secondario o faglia inversa *Minor overthrust or Reverse fault*
 a - Sepolto o presunto *Buried or inferred*
- 
 Klippen
- 
 Finestra tettonica *Tectonic window*
- 
 Limite stratigrafico *Stratigraphic boundary*
 a - incerto *inferred*
- 
 Cordone morenico *Moraine*
- 
 Area con fenomeni carsici *Karstic area*
- 
 a - Orlo della nicchia di paleofrana; b - di frana recente
 a - *Edge of ancient landslide; b - modern landslide*
- 
 a - Accumulo di paleofrana; b - di frana recente
 a - *Ancient landslide accumulation; b - Modern landslide*
- 
 Conoide alluvionale *Alluvial fan*
- 
 Conoidi alluvionali dei torrenti Cellina e Meduna *Cellina and Meduna alluvial fans*
- 
 Orlo di terrazzo *Alluvial terrace*
 a - con scarpata alta più di 20 m *with a scarp higher than 20 m*

-  Miniera abbandonata (per i simboli vedi Note illustrative)
Abandoned Mine (refer to Explanatory Notes)
-  Cava attiva: **A** pietre ornamentali; **B** calcari (per cementi, carbonato di Ca...); **C** gessi; **D** ghiaie e sabbie; **E** sabbie e/o argille
Active quarry: A ornamental stones; B limestones; C gypsum; D sands and gravels; E sands and or clays
-  Pozzo per ricerca di idrocarburi *Exploration well for hydrocarbon*
-  Linea delle risorgive *Northern limit of spring line*
-  Affioramento roccioso sottomarino *Submarine rocky outcrop*

Tessiture del dominio continentale *Continental domain textures*

-  Sedimenti limoso-argillosi talora con sabbie e ghiaie subordinate
Silts and clays, sometimes with sands and gravels
-  Sedimenti sabbioso-limosi talora con ghiaie subordinate
Sands and silts, sometimes with gravels
-  Sedimenti sabbiosi talora con ghiaie e limi subordinati
Sands, sometimes with gravels and silts
-  Sedimenti ghiaioso-sabbiosi talora con limi subordinati
Sands and gravels, sometimes with silts
-  Sedimenti ghiaiosi talora con sabbie e limi subordinati
Gravels, sometimes with sands and silts
-  Sedimenti ghiaiosi, con sabbie e limi in percentuali varie, spesso inglobanti blocchi
Heterogeneous sediments, mainly gravels, sometimes with sands and silts, often incorporating blocks

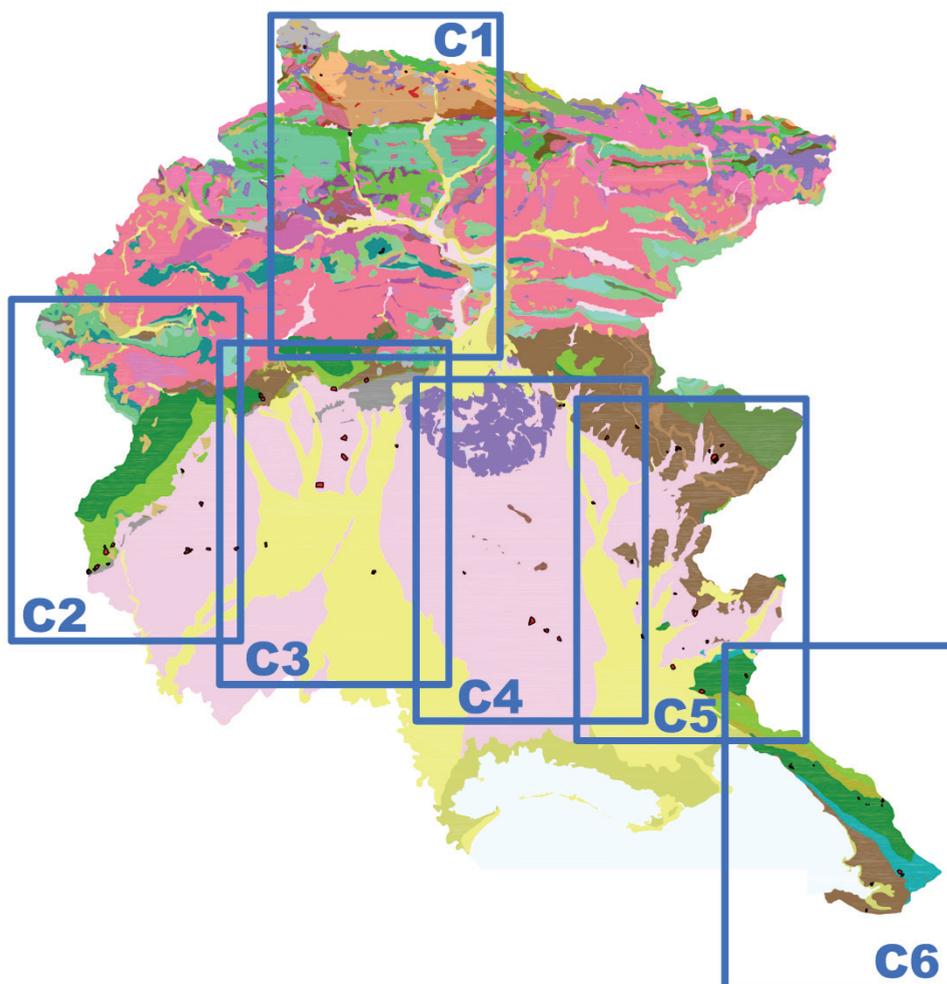
Tessiture dei domini marini e lagunari *Marine and lagoonal domains textures*

-  Sedimenti pelitici di colore grigio scuro, grigio verde o nero, argille molto molli
Dark grey, greenish grey or black clays. Soft clay
-  Sedimenti pelitico-sabbiosi di colore grigio verdastro o cenere, grigio plumbeo o nerastro
Greenish grey, grey or blackish sands and clay
-  Sedimenti pelitici molto sabbiosi di colore verdastro o nerastro
Greenish or blackish very sandy clay
-  Sedimenti sabbioso-pelitici di colore grigio scuro
Dark grey sands and clays
-  Sedimenti sabbiosi di colore grigio chiaro-beige, a granulometria media-medio fine sottoriva (sabbie litorali) media al largo (sabbie di piattaforma)
Light grey-brownish sands; medium and medium-fine sands (littoral), medium sands (shelfal)

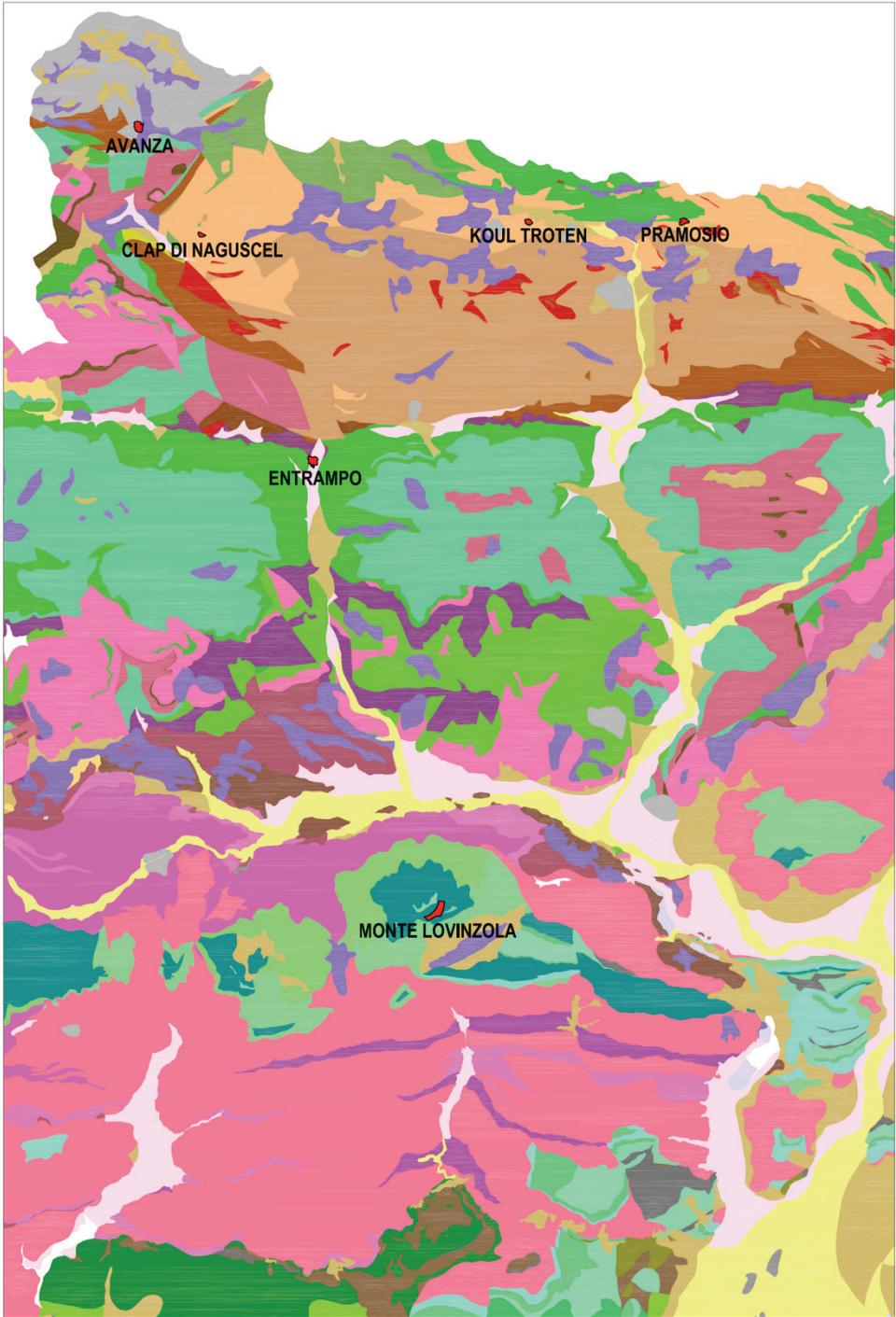
 Cave con decreto vigente o, in caso contrario, istruttoria in corso.

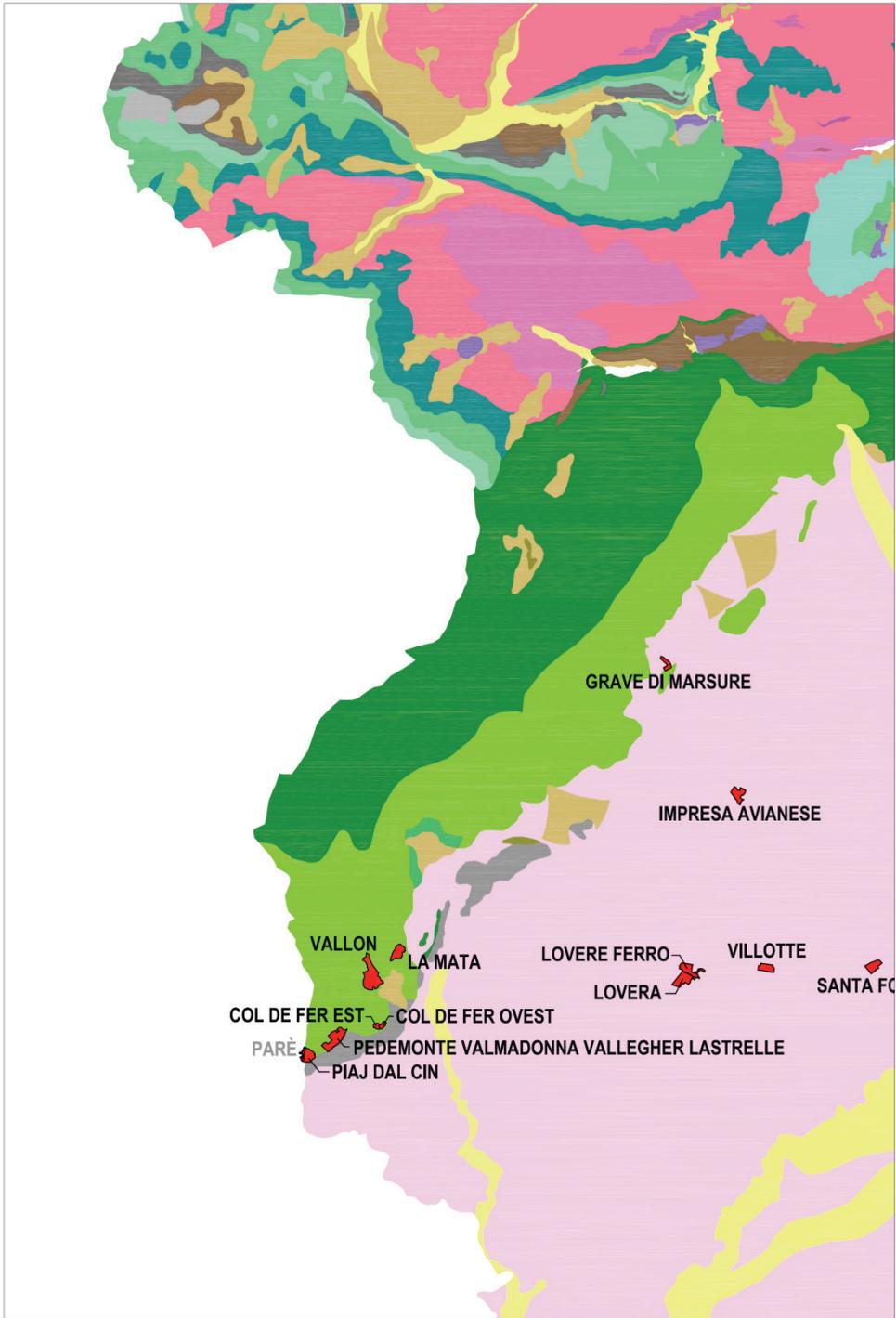
ALLEGATO C

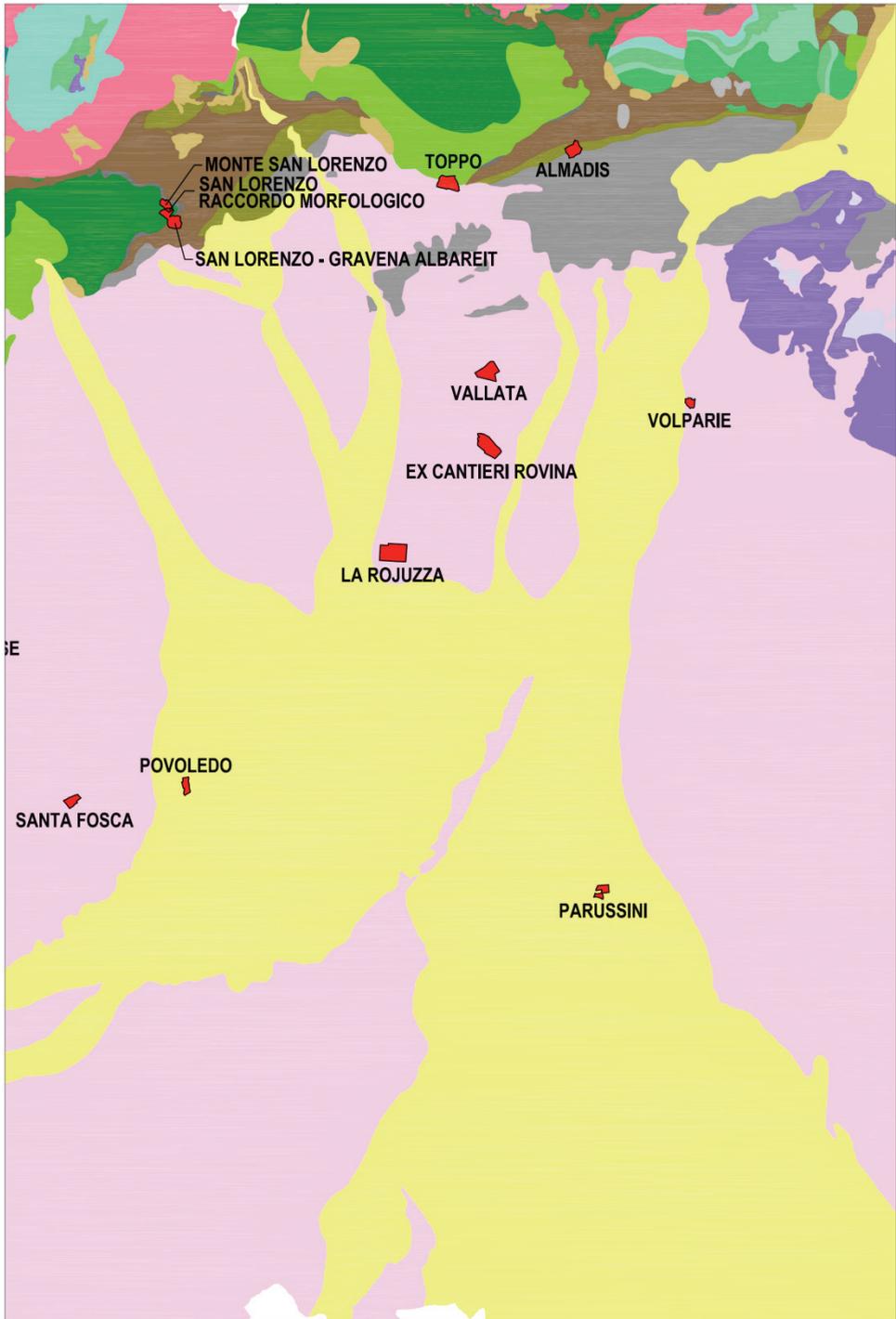
UBICAZIONE DELLE CAVE ATTIVE SU CARTA LITOLOGICA



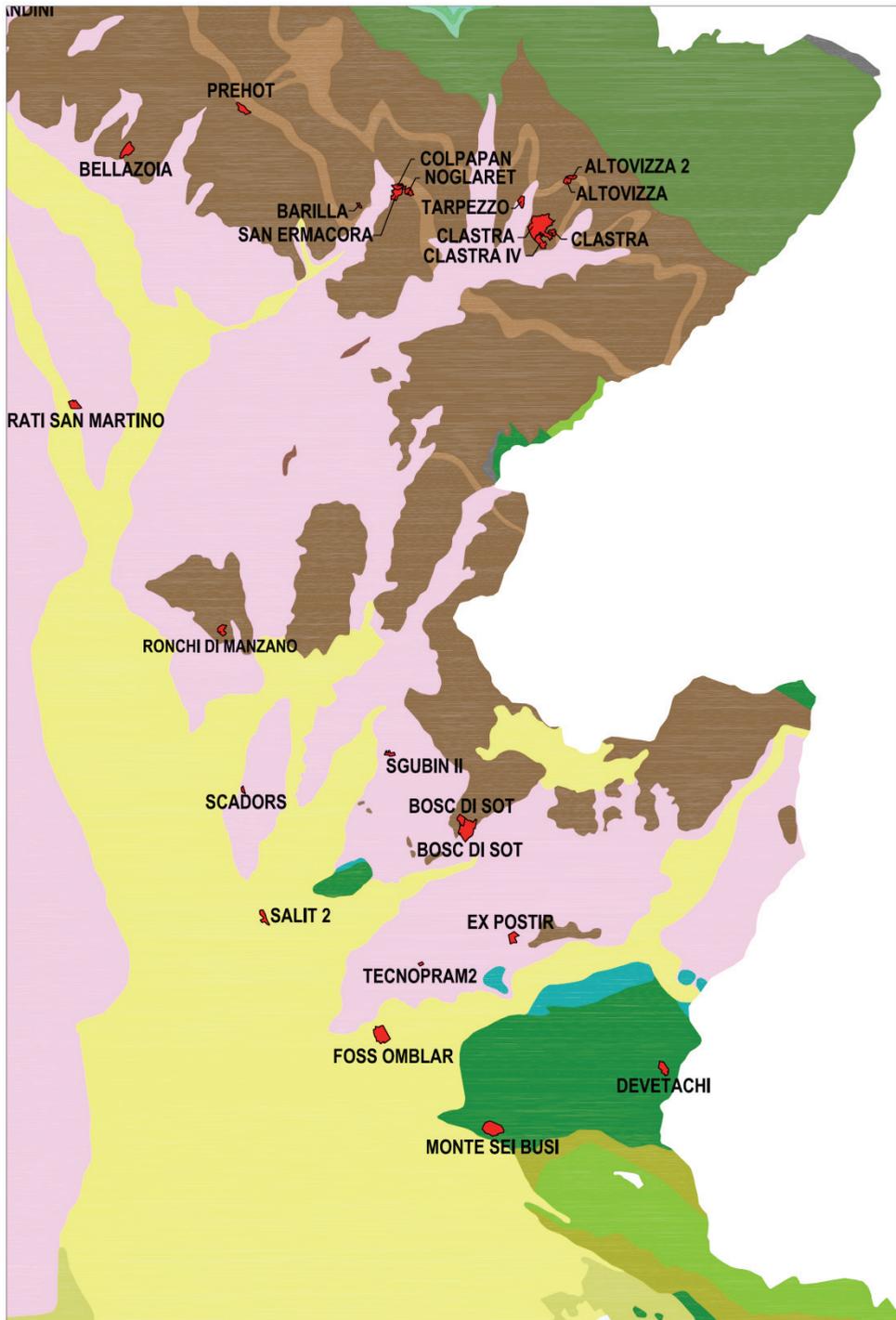
Dati estratti dal WebGIS della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, integrati con i dati forniti dal Servizio geologico, Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (Aggiornamento al febbraio 2010) ed ubicati sulla Carta Litologica del Friuli Venezia Giulia (Scala 1:150.000).

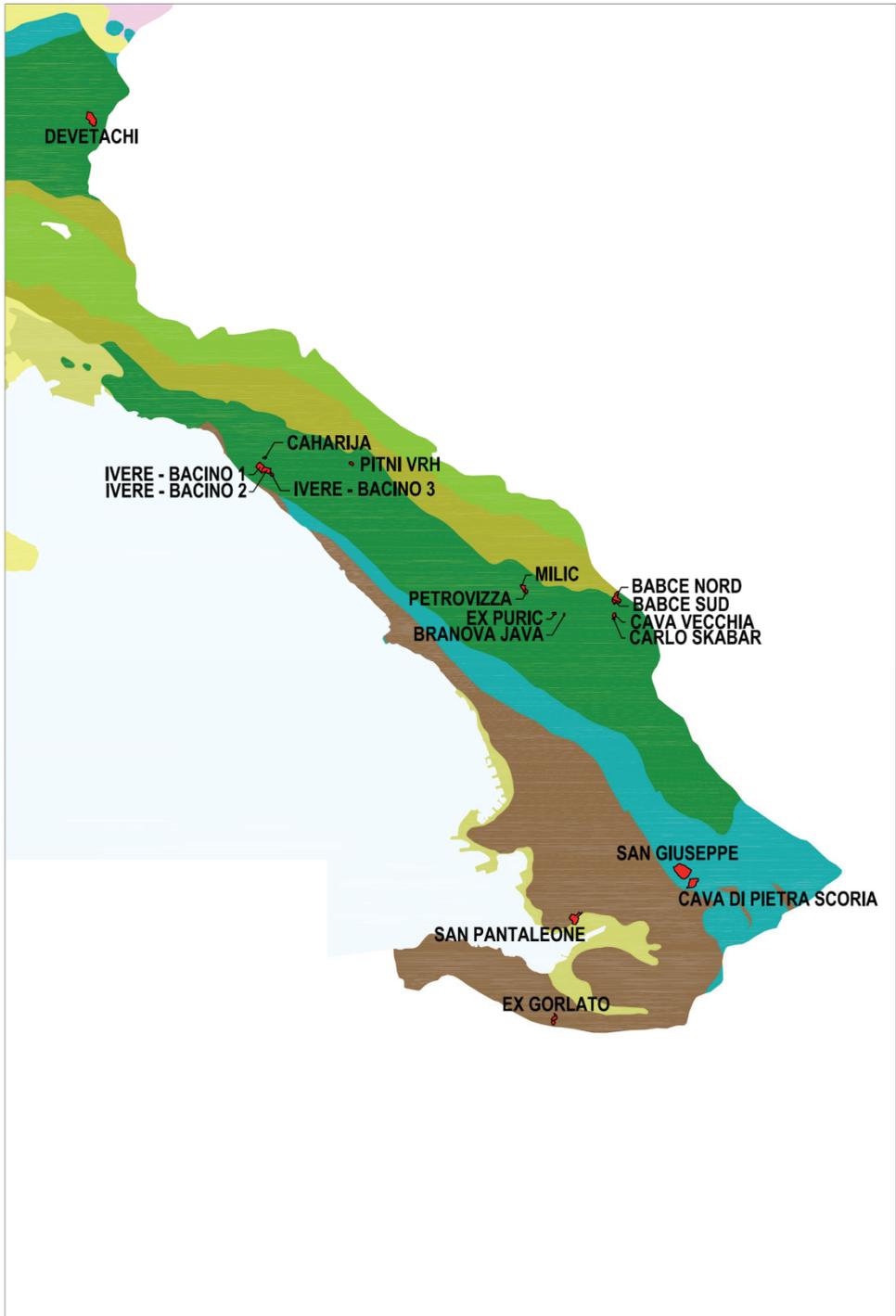












LEGENDA

 Cave con decreto vigente o, in caso contrario, istruttoria in corso.

 30) Aree di bonifica e di riporto artificiale

 29) Sedimenti del settore marino e lagunare

 28) Detriti di falda recenti ed attuali

 27) Sedimenti palustri e lacustri, talora torbosi

 26) Sedimenti alluvionali del settore montano, della pianura e litoranei

 25) Sedimenti alluvionali del settore montano e dell'anfiteatro morenico del Tagliamento

 24) Sedimenti fluvio-glaciali ed alluvionali dell'alta pianura friulana

 23) Depositi morenici del settore montano e dell'anfiteatro morenico del Tagliamento

 22) Detriti di falda antichi

 21) Conglomerati alluvionali poligenici ed eterometrici ad abbondante matrice e cemento carbonatico

 20b) Marne silteose grigie a bivalvi - alternanze di areniti e siltiti grigie a gasteropodi - conglomerati poligenici ed eterometrici prevalenti, siltiti ed arenarie

 20a) Breccie calcaree e conglomerati massicci - calcareniti grossolane, siltiti e arenarie grigie con resti fossili; localmente livelli conglomeratici a ciottoli carbonatici, selciferi e metamorfici

 19b) Alternanze pellico-arenacee con calciruditi e calcareniti talora in potenti banchi carbonatici - alternanze di areniti e/o siltiti con marne calcareo-silicee con clasti di quarzo e selce, e livelli carbonatici di modesto spessore

 19b) Alternanze pellico-arenacee e areniti

 19ba) Alternanze pellico-arenacee e areniti

 19a) Calcisiltiti grigie con banchi di breccia ed areniti nella parte sup. - calcareniti con breccie e calciruditi - alternanze arenaceo-pelliche, con orizzonti di breccia - pelli rossastre e arenarie grigie intercalate - arenarie con orizzonti calciclastici

 18) Calcarei grigi, nocciola e brunastri a stratificazione metrica o indistinta molto fossiliferi - Brecciole carbonatiche e marne debolmente arenacee con nummulliti

 17c) Calcarei bioclastici biancastri, massicci con abbondanti rudiste, talora con intercalazioni di calcari micritici - Breccie calcaree massicce

 17b) Breccia a clasti dolomitici, grigie e farinose - dolomie chiare cristalline, scure polverulente, compatte con lamine nere - dolomie nere saccaroidi - dolomie con lenti di breccie e calcari rosso matton-giallastro - calcari grigi a rudiste

 17a) Marne e calcari marnosi rossastri a frattura scagliosa, debolmente nodulari, alla base livelli di calcari marnosi grigi locali olistoliti carbonatici - breccie calcaree in bancate massicce con clasti da cm a m di calcari con frammenti di rudiste

 16c) Calcarei stratificati, biancastri, grigi e nocciola, porcellanacei, con strutture di emersione, talora con breccie, argille residuali e stromatoliti - depositi di piattaforma relativamente proietta, di ambiente lagunare e di piana di marea

 16b) Calcarei massicci di scogliera ricchi di faune. Talora, alla sommità, tasche bauxitiche

 16a) Calcarei micritici e calcareniti con selce policroma - calcari nodulari grigio-verde e rossi, con selce rossa e ammoniti - calcari micritici nocciola e grigi con selce grigia o biancastra - calciruditi, calcareniti, calcari micritici grigi con selce scura

 15c) Calcarei oolitico-bioclastici alternati a calcari micritici pelagici con rari noduli di selce alla base

 15b) Calcarei grigi selciferi con livelli marnosi ; calcari e dolomie grigio scuri, con selce e livelli marnosi; calcari micritici e marnosi varicolori, nodulari, con selce scura ed intersfrati pellici bruno-verdastri

 15ba) Calcarei micritici nerastri con rari livelli marnosi, frequenti slumps

 15a) Calcarei micritici grigi alternati a calcari stromatolitici spesso dolomitizzati, calcari oolitici biancastri e calcari a oncoidi

 14) Calcarei micritici grigio chiari fossiliferi alternati a calcari stromatolitici, organizzati in cicli peritidali

 13c) Dolomie chiare cristalline, e dolomie stromatolitiche organizzate in cicli peritidali localmente, al tetto, breccie dolomitiche

 13ca) Intercalazioni di dolomie laminate scure, ricche in sostanza organica

 13b) Dolomie grigio scure fittamente stratificate, selcifere alla base, con livelli pellici bituminosi; localmente breccie non classate, in sequenze torbiditiche di scarpata

 13a) Dolomie grigie con intercalazioni marnose

 12c) Dolomie e calcari scuri ricchi di fossili - calcari e marne - calcari dolomitici - dolomie grigie

 12b) Dolomie marnose grigie, dolomie chiare vacuolari e livelli marnosi - breccie dolomitiche - gessi saccaroidi bianchi, grigi e rosati, ricchi di impurità argillose spesso in lamine mm-ntimiche

 12a) Arenarie violette e argille silteose varicolori; dolomie e calcari dolomitici ben stratificati

 11) Calcarei scuri ben stratificati alternati a marne in strati sottili con rare areniti tuftiche verdi alla base sporadiche lenti di carbone

 10b) Vulcaniti basiche nerastre e grigio-verdastre

 10a) Calcarei rossi ad Ammoniti calcari marnosi, argilliti e tufti calcari nodulari selciferi, arenarie e siltiti tufacee depositi terrigeno-tuftici e piroclastici calcareniti e calciruditi grigie alternate a pelli marnose bruno nerastre

 9) Dolomie e calcari dolomitici grigio-chiari sia ben stratificati sia a stratificazione indistinta

 8b) Ruditi terrigene - calcari scuri nodulari, alternati a marne - biomcritici, marne, siltiti e breccie carbonatiche - calcari marnosi nodulari e siltiti rossastre - calcari micritici con intercalazioni tuftiche - calcari arenacei, pellici, ed areniti

 8a) Dolomie e calcari dolomitici biancastri, compatti - dolomie e calcari dolomitici nettamente stratificati pelmicritici, calcari dolomitici e dolomicritici laminate, spesso vacuolari

 7) Calcarei oolitici - calcari marnosi grigi e marne - dolomie e calcari dolomitici giallo-ocracei - micritici grigie e nocciola, laminate - calcari micritici e pellici marnose varicolori - areniti fini e pelli rosse - calcari micritici - Ooliti e pellici varicolori

 6c) Calcarei scuri con frequenti bioclasti dati da foraminiferi, gasteropodi, lamellibranchi e alghe talora intercalati a sottili livelli marnosi

 6b) Gessi saccaroidi biancastri e laminati, alternati a dolomie nere spesso brecciate

 6a) Ruditi rossastre con clasti carbonatici - Ruditi rossastre con clasti quarzoso-iltici - Areniti fini alternate a pelli rosse con caliche

 5b) Biocalcarenti e biomcritici algali alternate a pelli marnose - pelli grigie e rosse alternate ad areniti quarzoso-micacee - calcari e calcari dolomitici grigio chiari e rosati massici

 5a) Conglomerati alternati ad areniti e pellici grigie e giallastre - areniti quarzoso-micacee e pellici grigio scure alternate a biocalcarenti ad alghe e fusuline e a conglomerati quarzosi in banchi

 4c) Ialoclastiti, diabasi e lave basaltiche, talora a pillow lava, tufti

 4d) Areniti feldspatiche alternate a pelli grigie e verdi - Argilliti rosse e verdi anchimetamorfiche inglobanti le vulcaniti 4c

 4a) Areniti quarzose e pellici grigio scure torbiditiche localmente in facies anchimetamorfica e, specie alla base, breccie e conglomerati a clasti radiolaritici o calcarei, con inglobati livelli di keratoliti e rari grossi olistoliti carbonatici

 3b) Calcisiltiti, calcareniti e micriti da grigio scure a nere, biomcritici nodulari in strati sottili con intersfrati marnosi rosso cupo, gialli e grigi - calcareniti e calcisiltiti grigie e giallastre - calcari micritici grigi, rosa e nocciola

 3a) Calcarei massicci grigio chiari, calcari algali caratterizzati dalla presenza di crinoidi, stromatopodi, tetracoralli e tabulati

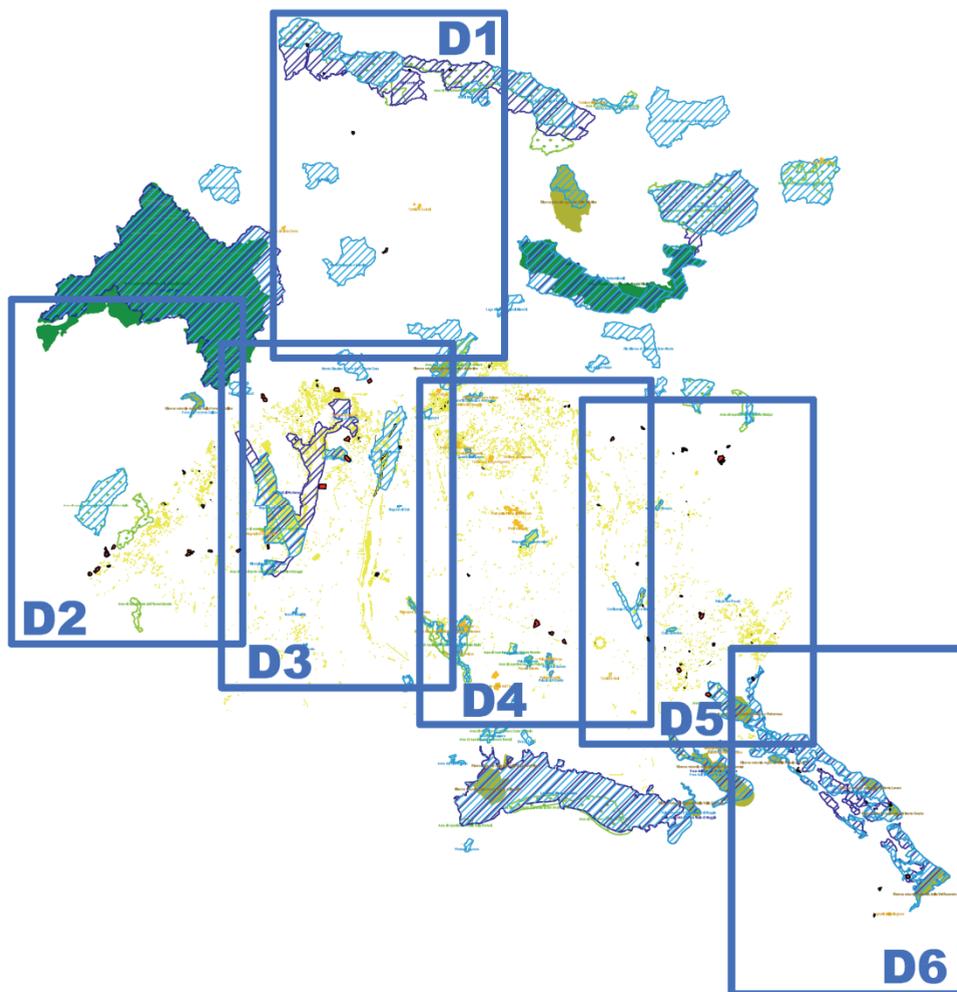
 2b) Argilliti e rare radiolariti da grigio scure a nere, marne calcaree, calcari micritici nodulari e ferruginosi rossastri ad Orthoceratidi alternati a rare biospatti

 2a) Siltiti ed arenarie quarzose grigio-verdastre - con intercalazioni di conglomerati e calcareniti e limitati spessori di calcari micritici nodulari con rilegature argillitiche ocracee e calcareniti molto fossilifere

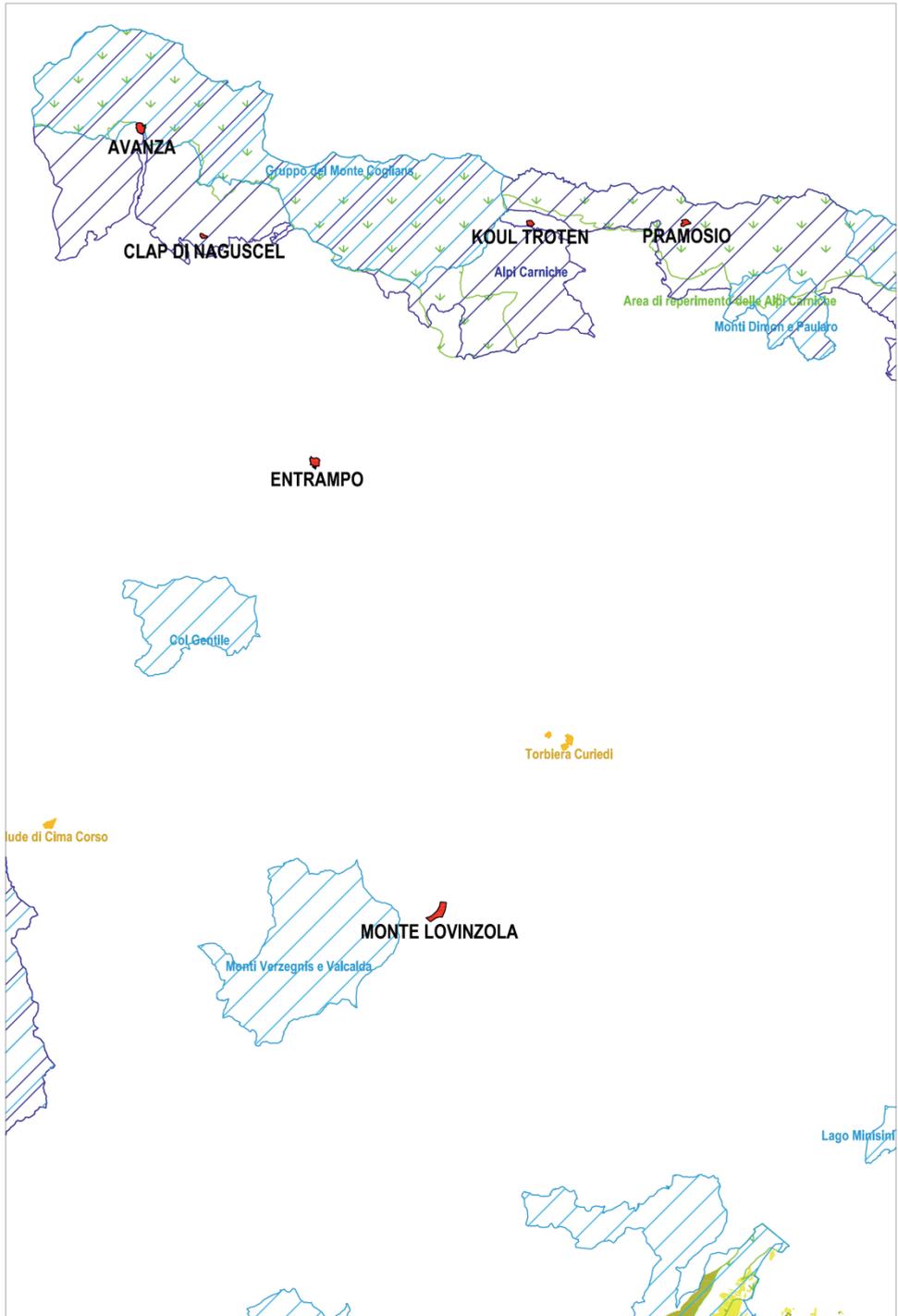
 1) Metareniti e metapeliti grigio verdastre con intercalazioni di metaruditi -metacalcarei massicci e metacalcarei dolomitici listati, rossi, giallastri, bruni o verdastri - marmi massicci bianchi o grigiastri - metacalcarei nodulari chiari

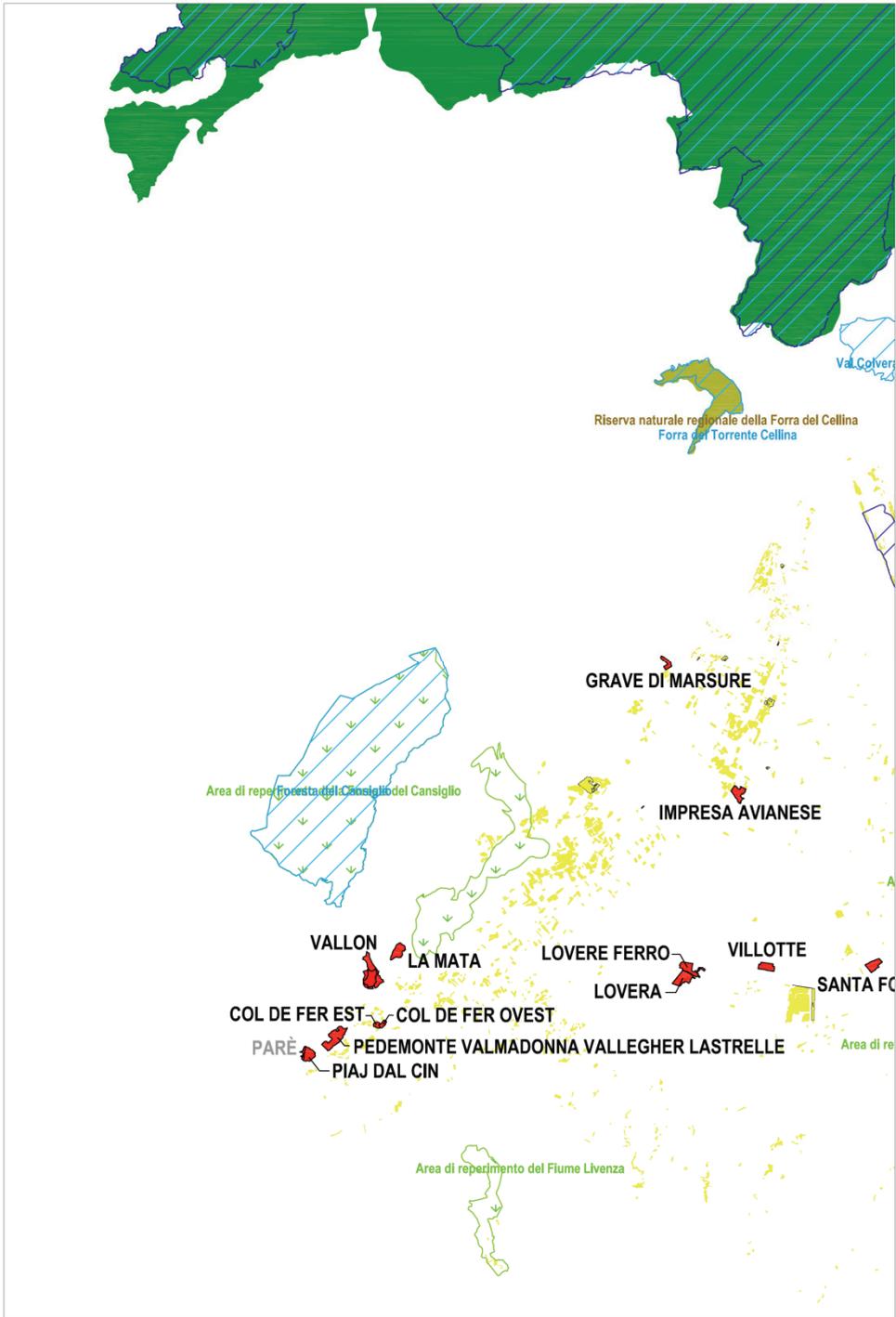
ALLEGATO D

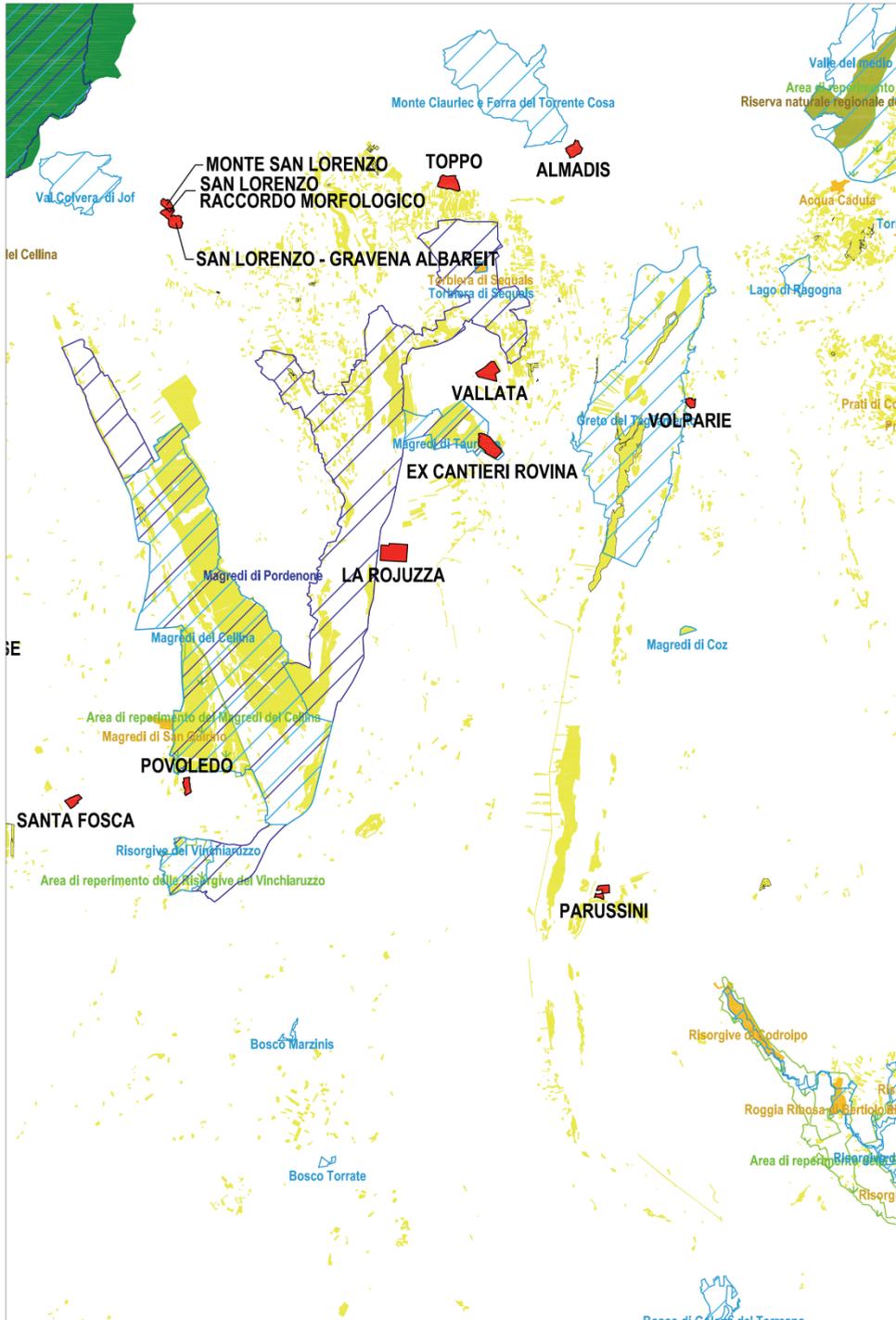
UBICAZIONE DELLE CAVE ATTIVE SU CARTA DEI VINCOLI AMBIENTALI

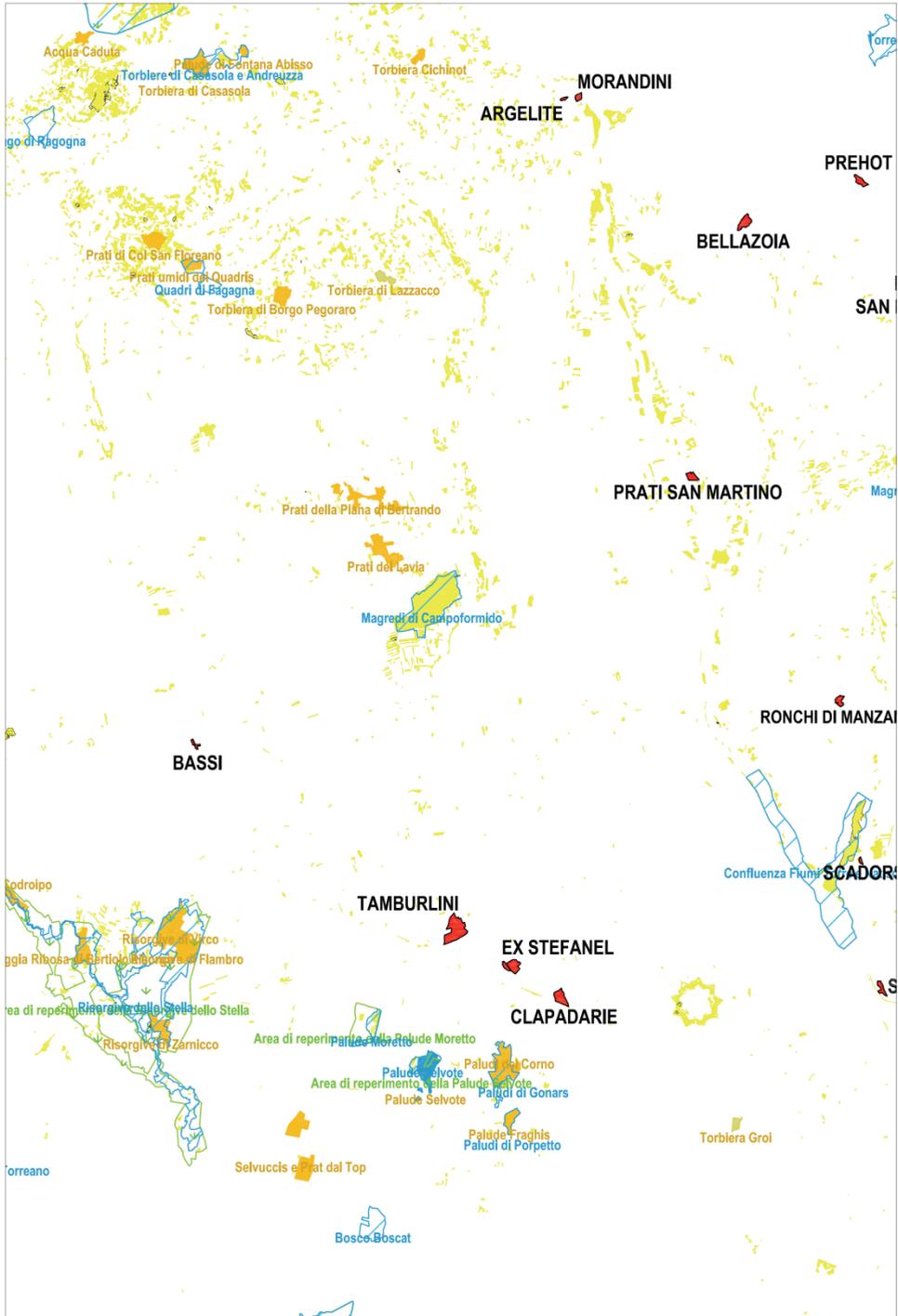


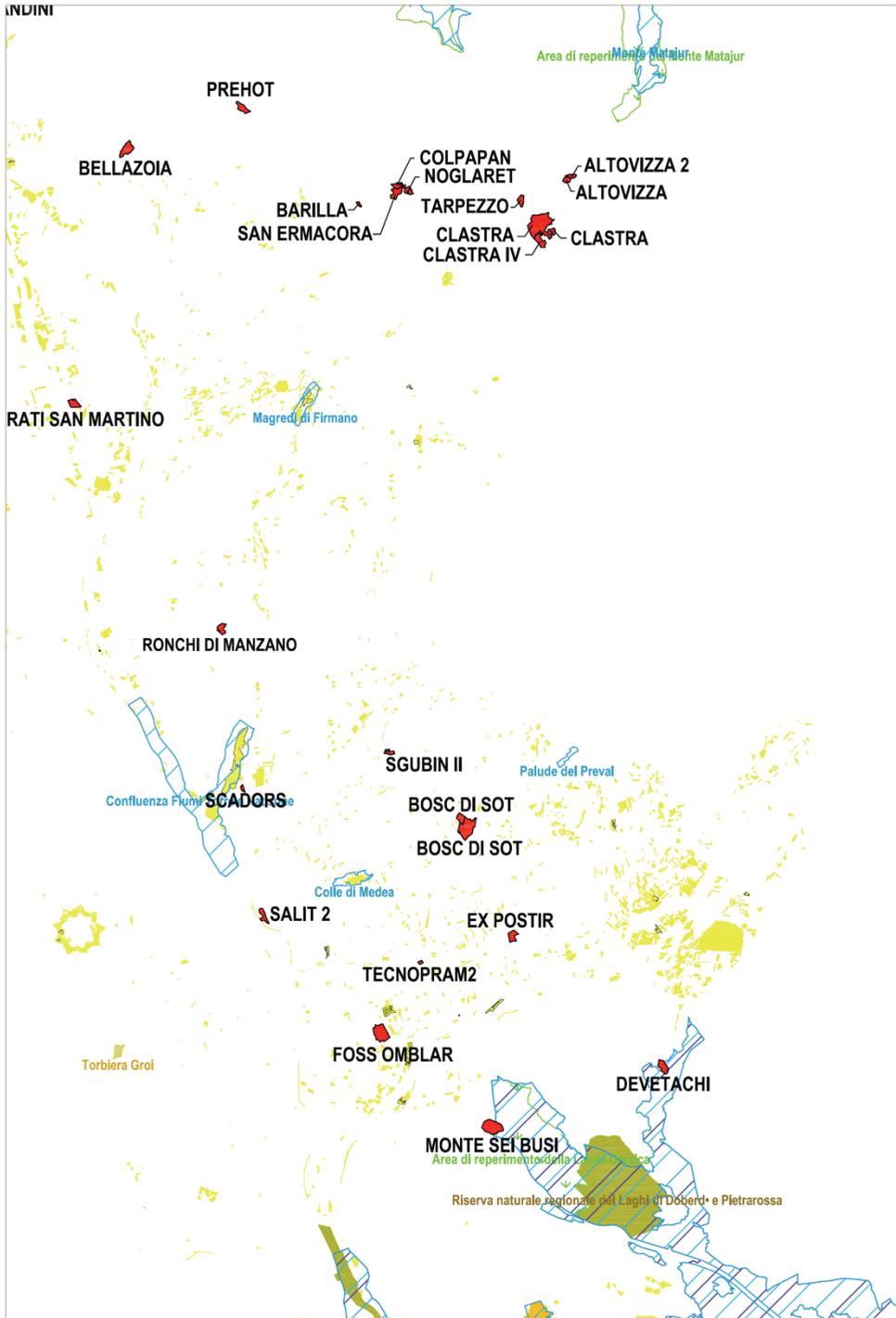
Dati estratti dal WebGIS della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ed integrati con i dati forniti dal Servizio geologico, Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (Aggiornamento al febbraio 2010).













LEGENDA

-  **CAVE CON DECRETO VIGENTE O, IN CASO CONTRARIO, ISTRUTTORIA IN CORSO**

-  **SIC**
-  **ZPS**

-  **PRATI STABILI**

-  **AREE DI REPERIMENTO**

-  **PARCHI REGIONALI**

-  **BIOTOPI**

-  **RISERVE NATURALI**

ALLEGATO E

ANAGRAFICA DELLE CAVE ATTIVE

Dati estratti dal WebGIS della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ed integrati con i dati forniti dal Servizio geologico, Direzione centrale ambiente e lavori pubblici, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (Aggiornamento al febbraio 2010).

NOME CAVA	CLASSIFICA	COMUNE	PROV.	MATERIALE
BOSC DI SOT	GO/CAV/002	Cormons	GO	argilla
BOSC DI SOT	GO/CAV/003	Cormons	GO	argilla
SGUBIN II	GO/CAV/006	Cormons	GO	argilla
DEVETACHI	GO/CAV/007	Doberdò del Lago	GO	calcare
MONTE SEI BUSI	GO/CAV/008	Ronchi dei Legionari	GO	calcare
SALIT 2	GO/CAV/009	Medea	GO	ghiaia
FOSS OMBLAR	GO/CAV/019	Villesse - Romans d'Isonzo	GO	ghiaia
EX POSTIR	GO/CAV/023	Farra d'Isonzo	GO	ghiaia
TECPRAM 2	GO/CAV/28	Mariano del Friuli	GO	ghiaia
GRAVE DI MARSURE	PN/CAV/004	Aviano	PN	ghiaia
IMPRESA AVIANESE	PN/CAV/005	Aviano	PN	ghiaia
COL DE FER OVEST	PN/CAV/008	Caneva	PN	calcare
COL DE FER EST	PN/CAV/008b	Caneva	PN	calcare
VALLON	PN/CAV/009	Caneva	PN	calcare
LA MATA	PN/CAV/010	Caneva	PN	calcare
ALMADIS	PN/CAV/016	Clauzetto/Castelnuovo	PN	calcare
SAN LORENZO - Gravena Albareit	PN/CAV/024	Maniago	PN	calcare
SAN LORENZO - Racc. morfologico	PN/CAV/024	Maniago	PN	calcare
LOVERE FERRO	PN/CAV/027	Roveredo in Piano	PN	ghiaia
LOVERA	PN/CAV/029	Roveredo in Piano	PN	ghiaia
TOPPO	PN/CAV/037	Travesio	PN	calcare
VALLATA	PN/CAV/040	Spilimbergo	PN	ghiaia
VILLOTTE	PN/CAV/052	S. Quirino	PN	ghiaia
LA ROJUZZA	PN/CAV/054	Spilimbergo	PN	ghiaia
EX CANTIERI ROVINA	PN/CAV/064	Spilimbergo	PN	ghiaia
PIAJ DAL CIN	PN/CAV/071	Caneva	PN	calcare
MONTE SAN LORENZO	PN/CAV/072	Frisanco	PN	calcare
POVOLEDO	PN/CAV/075	Cordenons	PN	ghiaia
SANTA FOSCA	PN/CAV/076	Cordenons	PN	ghiaia
PEDEMONTE/VALMADONNA/ LASTRELLE	PN/CAV/078	Caneva	PN	calcare
CAHARIJA	TS/CAV/001	Duino Aurisina	TS	pietra ornamentale
PITNY VRH	TS/CAV/013	Duino Aurisina	TS	pietra ornamentale
CARLO SKABAR	TS/CAV/015	Monrupino	TS	pietra ornamentale
PETROVIZZA	TS/CAV/017	Sgonico-Monrupino	TS	pietra ornamentale
EX PURIC	TS/CAV/019	Monrupino	TS	pietra ornamentale
BABCE NORD	TS/CAV/020	Monrupino	TS	pietra ornamentale
BRANOVA JAVA	TS/CAV/021	Monrupino	TS	pietra ornamentale
BABCE SUD	TS/CAV/022	Monrupino	TS	pietra ornamentale
CAVA DI PIETRA SCORIA	TS/CAV/023	Trieste	TS	calcare
SAN GIUSEPPE	TS/CAV/024	Trieste - S. Dorligo della Valle	TS	calcare
SAN PANTALEONE	TS/CAV/026	Trieste	TS	calcare
EX GORLATO	TS/CAV/028	Muggia	TS	pietra ornamentale
IVERE	TS/CAV/030	Duino Aurisina	TS	pietra ornamentale
CAVA VECCHIA	TS/CAV/031	Monrupino	TS	pietra ornamentale
MILIC	TS/CAV/035	Sgonico	TS	pietra ornamentale

NOME CAVA	DATA	SCADENZA	SCHEDA		VINCOLI TERRITORIALI											
			VOLUME (m ³)	AREA (m ²)	ID	PA	ZPS	SIC	ARIA	IBA	AREP	PRST	RISNA	PARNAT		
BOSC DI SOT	1/8/2002	1/8/2019	2.650.000	197.500	X	X										
BOSC DI SOT	8/6/2007	22/8/2009	160.000	140.660	X	X										
SGUBIN II	25/3/2002	25/3/2016	245.400	40.000												
DEVETACHI	20/9/2001	20/9/2009	1.417.555	97.000	X	X	PX	PX								
MONTE SEI BUSI	7/12/2007	7/12/2012	1.220.133	106.798	X	X	PX	PX								
SALIT 2	2/4/2008	7/5/2011	53.000	12.500		X			AX							
FOSS OMBLAR	7/3/2007	7/3/2020	1.458.605	30.370		X										
EX POSTIR	2/7/2004	2/7/2013	304.672	40.636												
TECPRAM 2	10/7/2008	10/7/2011	32.000	17.500												
GRAVE DI MARSURE	10/5/2005	10/5/2008	138.500	64.864												
IMPRESA AVIANESE	2/8/2004	31/7/2011	1.202.000	164.263												
COL DE FER OVEST	1/12/2004	1/12/2009	292.567	35.000	X	X										
COL DE FER EST	6/9/2006	6/9/2011	112.335	36.671	X	X										
VALLON	29/6/2009	29/6/2029	6.000.000	473.793	X	X										
LA MATA	10/3/2005	10/3/2020	5.926.246	170.845	X	X										
ALMADIS	12/9/2002	12/9/2021	1.888.000	233.640						AX						
SAN LORENZO - Gravena Albareit	14/11/2003	11/9/2016	1.553.200	205.408	X	X				AX						
SAN LORENZO - Racc. morfologico	25/3/2004	25/3/2014	687.279	21.681	X	X				AX						
LOVERE FERRO	17/6/2008	17/6/2016	629.816	185.908												
LOVERA	25/5/2004	25/5/2012	952.000	211.718												
TOPPO	9/3/2010	9/3/2015	8.000.000	320.000	X	X										
VALLATA	20/9/2006	6/4/2010	1.907.400	326.700						X						
VILLOTTE	5/11/2007	5/11/2017	712.560	127.400												
LA ROJUZZA	4/5/2004	2/7/2007	689.235	500.807						X						
EX CANTIERI ROVINA	9/7/1998	9/7/2010	2.930.000	404.230			X	X					X			
PIAJ DAL CIN	21/4/2006	9/2/2008	222.322	138.551	X	X										
MONTE SAN LORENZO	20/2/2007	24/1/2012	2.620.145	84.829	X	X										
POVOLEDO	17/8/2004	17/8/2017	991.270	123.697												
SANTA FOSCA	24/1/2007	24/1/2020	1.007.881	146.086												
PEDEMONTE/VALMADONNA/ LASTRELLE	14/1/2008	14/1/2013	533.366	312.700	X	X										
CAHARIJA	3/3/1998	3/3/2008	75.800	8.200												
PIATNY VRH	8/2/2007	14/1/2008	0	13.500			CX									
CARLO SKABAR	14/5/2007	14/5/2017	68.300	4.510	X	X	X	X							X	
PETROVIZZA	26/6/2002	26/6/2011	59.242	13.780	X	X	PX	PX								
EX PURIC	21/4/2006	21/4/2011	52.800	8.221	X	X	X									
BABCE NORD	31/10/2001	10/3/2021	75.011	53.500	X	X	X	PX							PX	
BANOVA JAVA	2/12/2003	2/12/2012	34.701	5.615	X	X	X	X								
BABCE SUD	29/3/2004	29/3/2014	22.000	28.950	X	X	X	X							X	
CAVA DI PIETRA SCORIA	7/4/2006	2/10/2009	200.000	36.990	X	X	CX	AX								
SAN GIUSEPPE	8/8/2002	8/8/2025	800.000	202.000	X	X	CX	AX								
SAN PANTALEONE	3/6/2003	20/3/2006	300.000	75.000												
EX GORLATO	1/8/2002	1/8/2012	248.000	14.185	X	X										
IVERE	10/9/2001	25/7/2017	965.401	118.600												
CAVA VECCHIA	14/4/2003	17/4/2016	350.000	14.000	X	X	X	X							X	
MILIC	1/8/2005	1/8/2015	207.800	24.860	X	X	AX	AX								

VINCOLI TERRITORIALI

ID	Idrogeologico	IBA	Important Bird Area	X	compresa
PA	Paesaggistico	AREP	Area di reperimento	AX	adiacente
ZPS	Zona di protezione speciale	PRST	Prati stabili	CX	a contatto
SIC	Sito di importanza comunitaria	RISNA	Riserva naturale	PX	parzialmente compresa
ARIA	Area di rilevante interesse ambientale	PARNAT	Parco naturale		

NOME CAVA	CLASSIFICA	COMUNE	PROV.	MATERIALE
EX STEFANEL	UD/CAV/008	Bicinicco/Castion di S.	UD	ghiaia
TAMBURLINI	UD/CAV/012	Bicinicco/Castion di S.	UD	ghiaia
PARUSSINI	UD/CAV/025	Codroipo	UD	ghiaia
PREHOT	UD/CAV/030	Faedis	UD	pietra ornamentale
CLAP DI NAGUSCEL	UD/CAV/033	Forni Avoltri	UD	pietra ornamentale
AVANZA	UD/CAV/034	Forni Avoltri	UD	pietra ornamentale
CLAPADARIE	UD/CAV/039	Gonars	UD	ghiaia
BASSI	UD/CAV/045	Lestizza	UD	ghiaia
RONCHI DI MANZANO	UD/CAV/049	Manzano	UD	argilla
ENTRAMPO	UD/CAV/054	Ovaro	UD	gesso
PRAMOSIO	UD/CAV/057	Paluzza	UD	pietra ornamentale
KOUL TROTEN	UD/CAV/060	Paluzza	UD	pietra ornamentale
ARGELITE	UD/CAV/075	Reana del Rojale	UD	argilla
MORANDINI	UD/CAV/076	Reana del Rojale	UD	argilla
VOLPARIE	UD/CAV/082	S. Daniele del Friuli	UD	ghiaia
TARPEZZO	UD/CAV/086	S. Pietro al Natisone	UD	pietra ornamentale
CLASTRA IV	UD/CAV/089	S. Leonardo	UD	pietra ornamentale
CLASTRA	UD/CAV/090	S. Leonardo	UD	pietra ornamentale
CLASTRA	UD/CAV/091	S. Leonardo	UD	pietra ornamentale
ALTOVIZZA	UD/CAV/093	S. Pietro al Natisone	UD	pietra ornamentale
BARILLA	UD/CAV/103	Torreano di Cividale	UD	pietra ornamentale
COLPAPAN	UD/CAV/106	Torreano di Cividale	UD	pietra ornamentale
SAN ERMACORA	UD/CAV/107	Torreano di Cividale	UD	pietra ornamentale
MONTE LOVINZOLA	UD/CAV/112	Verzegnis	UD	pietra ornamentale
ALTOVIZZA 2	UD/CAV/135	S. Pietro al Natisone	UD	pietra ornamentale
PRATI SAN MARTINO	UD/CAV/147	Remanzacco	UD	ghiaia
SCADORS	UD/CAV/151	S. Giovanni al Natisone	UD	ghiaia
NOGLARET	UD/CAV/152	Torreano	UD	pietra ornamentale
BELLAZOIA	UD/CAV/153	Attimis	UD	argilla

NOME CAVA	DATA	SCADENZA	SCHEDA		VINCOLI TERRITORIALI											
			VOLUME (m³)	AREA (m²)	ID	PA	ZPS	SIC	ARIA	IBA	AREP	PRST	RISNA	PARNAT		
EX STEFANEL	30/12/2005	30/12/2010	425.500	191.300												
TAMBURLINI	11/2/2002	31/12/2013	4.356.000	475.270												
PARUSSINI	6/2/1997	6/2/2009	595.000	164.850											AX	
PREHOT	13/9/2006	13/9/2009	595.000	164.850	X	X										
CLAP DI NAGUSCEL	24/8/2009	24/8/2014	70.000	28.320	X	X	X									
AVANZA	16/4/2007	31/12/2026	550.000	72.000	X	X	PX	AX							AX	
CLAPADARIE	24/7/2006	24/7/2011	490.000	167.800												
BASSI	13/4/2006	14/4/2009	490.000	167.800												
RONCHI DI MANZANO	27/6/2005	20/7/2008	157.391	72.000	X	X										
ENTRAMPO	22/10/2001	23/8/2011	429.863	95.900	X	X										
PRAMOSIO	2/5/2007	2/5/2012	121.000	52.700	X	X	X								X	
KOUL TROTEN	4/11/2009	4/11/2014	100.000	39.870	X	X	CX									
ARGELITE	19/5/2008	10/4/2010	116.000	20.030	X	X			X							
MORANDINI	24/4/2007	30/10/2009	190.000	68.000	X	X			X							
VOLPARIE	21/6/2005	3/6/2008	850.000	91.100				AX								
TARPEZZO	22/10/2001	22/10/2016	388.000	62.600	X	X										
CLAstra IV	22/10/2004	2/11/2015	505.000	40.000	X	X										
CLAstra	17/10/2007	17/10/2027	700.000	516.570	X	X										
CLAstra	29/5/2003	29/5/2008	81.500	38.450	X	X										
ALTOVIZZA	4/9/2002	4/9/2014	165.000	10.400	X	X										
BARILLA	21/8/2006	21/8/2009	84.500	13.600	X	X										
COLPAPAN	2/4/2001	13/12/2010	90.300	57.370	X	X										
SAN ERMACORA	29/7/2004	29/7/2024	759.900	109.000	X	X										
MONTE LOVINZOLA	18/8/1999	18/8/2019	189.500	631.400	X	X										
ALTOVIZZA 2	9/3/2004	9/3/2014	230.000	35.200	X	X										
PRATI SAN MARTINO	23/6/2005	3/5/2010	741.332	84.730												
SCADORS	4/5/2005	22/2/2011	155.000	21.350												VX
NOGLARET	23/5/2005	23/5/2015	382.800	53.500	X	X										
BELLAZOIA	24/1/2007	24/1/2022	903.027	148.260	X	X										

VINCOLI TERRITORIALI

ID	Idrogeologico	IBA	Important Bird Area	X	compresa
PA	Paesaggistico	AREP	Area di reperimento	AX	adiacente
ZPS	Zona di protezione speciale	PRST	Prati stabili	CX	a contatto
SIC	Sito di importanza comunitaria	RISNA	Riserva naturale	PX	parzialmente compresa
ARIA	Area di rilevante interesse ambientale	PARNAT	Parco naturale		

ALLEGATO F

CARATTERISTICHE MERCEOLOGICHE DELLE PRINCIPALI PIETRE ORNAMENTALI ESTRATTE NELLA REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

			PIETRE ORNAMENTALI			
DENOMINAZIONE COMMERCIALE			AURISINA CHIARA	AURISINA FIORITA		
NOMI ALTERNATIVI				NABRESINA BRECCIATA		
FOTO						
CARATTERI GEOLOGICI			Calcarei del Cretacico superiore	Calcarei del Cretacico superiore		
CARATTERI PETROGRAFICI			Fine brecciola calcarea di origine organogena	Brecciola calcarea di origine organogena		
DESCRIZIONE MICROSCOPICA			Biomicrite	Bioclastite		
DESCRIZIONE MACROSCOPICA			<p>Calcare a tinta di fondo grigio-nocciola uniformemente diffusa su cui spicca una rada macchiatura più marcata, determinata da resti fossiliferi sminuzzati (principalmente Lamellibranchi e Rudiste). Gli allungamenti dei resti fossiliferi tendono a disporsi subparallelamente alla stratificazione.</p>	<p>Calcare molto compatto che presenta una diffusa tinta di fondo grigio-nocciola su cui spicca una notevole fioritura determinata da grossi e piccoli frammenti di resti fossili di organismi di scogliera, quali Radioliti, Ippuriti giganti, Neitee e Chondrodonte. La massa di fondo microcristallina costituisce la matrice sia di un tritume minutissimo di resti fossili, sia di frammenti di fossili di maggiori dimensioni (intorno ai 5-8 cm) preferibilmente di colore marroncino, marroncino grigiastro e talora bianco. I resti delle conchiglie che si presentano con fioriture molto allungate ed appiattite e leggermente ricurve, disponendosi con i loro allungamenti subparalleli, indicano molto chiaramente la giacitura dei piani di sedimentazione.</p>		
COMPOSIZIONE CHIMICA			CaCO ₃ 99,51% MgCO ₃ 0,41% FeCO ₃ 0,08%	CaCO ₃ 99,12% MgCO ₃ 0,83% FeCO ₃ 0,04%		
			(1)	(1)		
PROPRIETÀ TECNICHE	MASSA VOLUMICA APPARENTE (Kg/m ³)		EN 1936	2630 (2)	2636 (2)	
	ASSORBIMENTO D'ACQUA (%)		EN 13755			
	MODULO ELASTICO (MPa)		UNI 9724/8			
	POROSITÀ APERTA (%)		EN 1936			
	IMBIBIZIONE		COEF. DI IMBIBIZIONE	11,8‰ (3)	10,6‰ (3)	
	DUREZZA	PROVA DI USURA PER ATTRITO RADENTE			3,37 mm (7)	3,22 mm (7)
		MICRODUREZZA KNOOP (MPa)			1,76 mm (8)	1,6 mm (8)
		INDICE DI DISUNIFORMITÀ ALLA DUREZZA		UNI 9724/6		

DENOMINAZIONE COMMERCIALE		AURISINA CHIARA		AURISINA FIORITA				
P.TEC.	TERMICHE	COEFFICIENTE DI DILATAZIONE LINEARE TERMICA (°C)		0,0043 mm/ml/°C (11)		0,0044 mm/ml/°C (11)		
		RESISTENZA AL FUOCO						
PROPRIETÀ TECNICHE	RESISTENZA A SOLLECITAZIONI MECCANICHE	RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa)	EN 1926 UNI 9742/3	181,42 (4)	1172,11 (9)	142,69 (4)	124,39 (9)	
		RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa) DOPO PROVE DI GELO/DISGELO	EN 12371 UNI 9742/3	176,91 (5)	171,13 (10)	157,59 (5)	125,82 (10)	
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa)	EN 12372 UNI 9742/5	14,81 (6)		13,44 (6)		
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa) DOPO CICLI GELO/DISGELO	EN 12371					
		CARICO DI ROTTURA IN CORRISPONDENZA DEI FORI DI FISSAGGIO (N)	EN 13364					
		RESISTENZA ALL'ABRASIONE (mm)	EN 1341 App.C EN 1342 App.B EN 1344 App.C EN 1344 App.D					
		RESISTENZA ALLO SCIVOLAMENTO (USRV)	PIANO SEGA	EN 1341 App.D EN 1342 App.C				
			LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)					
			PIANO FIAMMATO					
			PIANO BOCCIARDATO					
	PIANO LEVIGATO DIAMANTE							
PIANO LEVIGATO A FLEX								
PIANO FIAMMATO E SPAZZOLATO								
PIANO RIGATO								
FINITURA SUPERFICIALE LUCIDA (SRV BAGNATO)	EN 14231							
RESISTENZA ALL'URTO	H MIN DI CADUTA (cm) LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)	UNI U32.07.248.0	34 (12)		31 (11)			
OTTICHE	LUCENTEZZA							
	LUMINESCENZA				Spiccate doti di cromaticità e brillantezza			
LAVORAZIONI SUPERFICIALI APPLICABILI	Piano sega							
	Levigatura		X		X			
	Lucidatura		X		X			
	Trattamenti a urto		X		X			
	Bocciardatura							
	Spuntatura							
	Spazzolato							
Fiammatura								
Sabbatura								
PRINCIPALI IMPIEGHI	Impieghi esterni		X					
	Impieghi interni		X		X			
MARCATURA CE			X		X			
COLLOCAZIONE	Collocazione geografica		Carso triestino		Carso triestino			
	Località di estrazione		Aurisina		Aurisina			

			PIETRE ORNAMENTALI		
DENOMINAZIONE COMMERCIALE			AURISINA GRANITELLO	ROMAN STONE	
NOMI ALTERNATIVI			AURISINA GALLERIA	AURISINA ROMANA	
FOTO					
CARATTERI GEOLOGICI			Calcarei del Cretacico superiore	Calcarei del Cretacico superiore	
CARATTERI PETROGRAFICI			Brecciola calcarea di origine organogena	Finissima brecciola di origine organogena	
DESCRIZIONE MICROSCOPICA			Bioclastite		
DESCRIZIONE MACROSCOPICA			<p>Calcare con tinta d'insieme grigio-nocciola piuttosto marcata, determinata dalla presenza di un fitto tritume di resti fossiliferi distribuiti con grandissima omogeneità. Tali frammenti, appartenenti per lo più a Radioliti, Ippuriti ed Ostree, sono macroscopicamente di dimensioni variabili da circa 1 mm a circa 8 mm; essi hanno di solito un aspetto granulare a spigoli mediamente vivi. Per tale motivo questo marmo è stato chiamato "granitello", in quanto la sua struttura imita nell'aspetto la "struttura granulare olocristallina" propria dei graniti e di altre rocce di origine eruttiva intrusiva. Presenza di letti subparalleli costituiti da granuli di dimensioni minori, intervallati variamente da letti più potenti di granuli a maggiori dimensioni; il passaggio dagli uni agli altri è piuttosto sfumato. Tra i granuli appare talora qualche piccola cribrosità dovuta probabilmente a diagenesi incompleta.</p>	<p>Calcare compatto la cui massa di fondo ha un colore grigio chiaro, tendente debolmente al nocciola, su cui spicca una fittissima ed omogenea punteggiatura di color grigio-nocciola più marcato, distribuita con grande omogeneità. La punteggiatura è determinata da un tritume di resti fossiliferi appartenenti per la maggior parte ad organismi di scogliera (Lamellibranchi) ridotti a frammenti attorno al millimetro e, più raramente, attorno a pochi millimetri. Anche in questa roccia i frammenti degli organismi tendono a disporsi con i loro allungamenti parallelamente ai letti di sedimentazione, sebbene ciò non sia sempre agevolmente osservabile a causa delle piccole dimensioni dei frammenti. La compattezza è notevole in quanto non si nota la benchè minima vacuolarità nè la presenza di riempimenti di origine secondaria, a causa di una cementazione carbonatica veramente completa. Alla percussione presenta un caratteristico suono bronzeo molto marcato, come molti marmi del Carso.</p>	
COMPOSIZIONE CHIMICA			CaCO ₃ 99,41% MgCO ₃ 0,41% FeCO ₃ Ins. in HCL tracce (1)	CaCO ₃ 99,18% MgCO ₃ 0,41% FeCO ₃ 0,03% (1)	
PROPRIETÀ TECNICHE	MASSA VOLUMICA APPARENTE (Kg/m ³)		EN 1936	2624 (2)	2644 (2)
	ASSORBIMENTO D'ACQUA (%)		EN 13755		
	MODULO ELASTICO (MPa)		UNI 9724/8		
	POROSITÀ APERTA (%)		EN 1936		
	IMBIBIZIONE		COEF. DI IMBIBIZIONE	12‰ (3)	13‰ (3)
	PROVA DI USURA PER ATTRITO RADENTE			3,35 mm (7)	32,24 mm (7)
	DUREZZA	MICRODUREZZA KNOOP (MPa)		UNI 9724/6	1,7 (8)
INDICE DI DISUNIFORMITÀ ALLA DUREZZA					

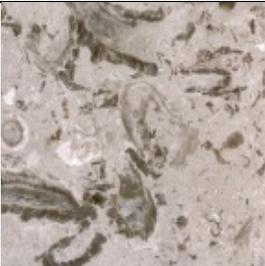
DENOMINAZIONE COMMERCIALE			AURISINA GRANITELLO		ROMAN STONE			
P. TEC.	TERMICHE	COEFFICIENTE DI DILATAZIONE LINEARE TERMICA (°C)	0,0037 mm/ml/°C (11)		0,0043 mm/ml/°C (11)			
		RESISTENZA AL FUOCO						
PROPRIETÀ TECNICHE	RESISTENZA A SOLLECITAZIONI MECCANICHE	RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa)	EN 1926 UNI 9742/3	150,73 (4)	142,20 (9)	170,05 (4)	161,22 (9)	
		RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa) DOPO PROVE DI GELO/DISGELO	EN 12371 UNI 9742/3	147,2 (5)	144,35 (10)	157,4 (5)	162,69 (10)	
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa)	EN 12372 UNI 9742/5	13,7 (6)		18,63 (6)		
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa) DOPO CICLI GELO / DISGELO	EN 12371					
		CARICO DI ROTTURA IN CORRISPONDENZA DEI FORI DI FISSAGGIO (N)	EN 13364					
		RESISTENZA ALL'ABRAZIONE (mm)	EN 1341 App.C EN 1342 App.B EN 1344 App.C EN 1344 App.D					
		RESISTENZA ALLO SCIVOLAMENTO (USRV)	PIANO SEGA	EN 1341 App.D EN 1342 App.C				
			LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)					
			PIANO FIAMMATO					
			PIANO BOCCIARDATO					
			PIANO LEVIGATO DIAMANTE					
			PIANO LEVIGATO A FLEX					
			PIANO FIAMMATO E SPAZZOLATO					
			PIANO RIGATO					
		FINITURA SUPERFICIALE LUCIDA (SRV BAGNATO)	EN 14231					
RESISTENZA ALL'URTO	H MIN DI CADUTA (cm)	UNI U32.07.248.0	35 (11)		34 (11)			
	LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)							
OTTICHE	LUCENTEZZA	Doti di cromaticità esaltate dalla lucidatura						
	LUMINESCENZA							
LAVORAZIONI SUPERFICIALI APPLICABILI	Piano sega							
	Levigatura		X			X		
	Lucidatura		X			X		
	Trattamenti a urto		X			X		
	Bocciardatura							
	Spuntatura							
	Spazzolato							
	Fiammatura							
Sabbatura								
PRINCIPALI IMPIEGHI	Impieghi esterni		X			X		
	Impieghi interni		X			X		
MARCATURA CE								
COLLOCAZIONE	Collocazione geografica		Carso triestino		Carso triestino			
	Località di estrazione		Aurisina		Aurisina			

			PIETRE ORNAMENTALI			
DENOMINAZIONE COMMERCIALE			FIOR DI MARE	REPEN CLASSICO CHIARO		
NOMI ALTERNATIVI						
FOTO						
CARATTERI GEOLOGICI			Calcarei del Cretacico superiore	Calcarei del Cretacico superiore		
CARATTERI PETROGRAFICI			Brecciola calcarea di origine organogena	Calcare fossilifero		
DESCRIZIONE MICROSCOPICA			Bioclastite a cemento micritico	Biomicrite bio ed intraclastica		
DESCRIZIONE MACROSCOPICA			<p>Calcare compatto a tinta di fondo grigia, tendente al nocciola, fittamente punteggiata da una intensa e completa fioritura dovuta a tritume di resti fossiliferi, prevalentemente Lamellibranchi, quali Radioliti, Caprine, Chondrodonte. Le dimensioni dei frammenti fossiliferi sono maggiori rispetto a quelle dei frammenti costituenti l'Aurisina granitello. Il loro colore varia dal grigio-marrone al bianco (raramente). I resti fossili sminuzzati si presentano sovente con forme allungate delle dimensioni massime di circa 2-3 cm, disposte subparallelamente al piano di sedimentazione.</p>	<p>Calcare molto compatto che presenta analogie cromatiche, petrogenetiche e strutturali con il più noto Repen classico Zolla. Si differenzia per una minore intensità del colore di fondo, tendente ad un grigio più chiaro, ed inoltre per una minor fioritura delle bande scure date dai resti fossili che sono più radi e di dimensioni minori. Spesso si nota uno spiccato subparallelismo della frazione organica con l'andamento della stratificazione. Le lievi differenze cromatiche e strutturali non variano però la compattezza dell'insieme che, anche da un semplice esame superficiale, risulta elevata ed omogenea.</p>		
COMPOSIZIONE CHIMICA			CaCO ₃ 98,7% MgCO ₃ 0,87% FeCO ₃ 0,03	CaCO ₃ 97,89% MgCO ₃ 1,71% FeCO ₃ 0,04%		
			(1)	(1)		
PROPRIETÀ TECNICHE	MASSA VOLUMICA APPARENTE (Kg/m ³)		EN 1936	2696 (2)	2681 (2)	
	ASSORBIMENTO D'ACQUA (%)		EN 13755			
	MODULO ELASTICO (MPa)		UNI 9724/8			
	POROSITÀ APERTA (%)		EN 1936			
	IMBIBIZIONE		COEF. DI IMBIBIZIONE	6,4‰ (3)	2,5‰ (3)	
	DUREZZA	PROVA DI USURA PER ATTRITO RADENTE			4,82 mm (7)	2,79 mm (7)
					1,7 (8)	1,57 (8)
		MICRODUREZZA KNOOP (MPa)		UNI 9724/6		
		INDICE DI DISUNIFORMITÀ ALLA DUREZZA				

DENOMINAZIONE COMMERCIALE			FIOR DI MARE		REPEN CLASSICO CHIARO			
P. TEC.	TERMICHE	COEFFICIENTE DI DILATAZIONE LINEARE TERMICA (°C)	0,004 mm/ml/°C (11)		0,0042 mm/ml/°C (11)			
		RESISTENZA AL FUOCO						
PROPRIETÀ TECNICHE	RESISTENZA A SOLLECITAZIONI MECCANICHE	RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa)	EN 1926 UNI 9742/3	137,29 (4)	119,94 (9)	18,53 (4)	178,67 (9)	
		RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa) DOPO PROVE DI GELO / DISGELO	EN 12371 UNI 9742/3	145,14 (5)	118,37 (10)	176,52 (5)	153,47 (10)	
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa)	EN 12372 UNI 9742/5	12,944 (6)		16,67 (6)		
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa) DOPO CICLI GELO / DISGELO	EN 12371					
		CARICO DI ROTTURA IN CORRISPONDENZA DEI FORI DI FISSAGGIO (N)	EN 13364					
		RESISTENZA ALL'ABRAZIONE (mm)	EN 1341 App.C EN 1342 App.B EN 1344 App.C EN 1344 App.D					
		RESISTENZA ALL'USCIVOLAMENTO (USRV)	PIANO SEGA	EN 1341 App.D EN 1342 App.C				
			LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)					
			PIANO FIAMMATO					
			PIANO BOCCIARDATO					
			PIANO LEVIGATO DIAMANTE					
			PIANO LEVIGATO A FLEX					
			PIANO FIAMMATO E SPAZZOLATO					
PIANO RIGATO								
FINITURA SUPERFICIALE LUCIDA (SRV BAGNATO)	EN 14231							
RESISTENZA ALL'URTO	H MIN DI CADUTA (cm) LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)	UNI U32.07.248.0	34 (11)		39 (11)			
OTTICHE	LUCENTEZZA		Spiccate doti di brillantezza e cromaticità con lucidatura a specchio		Effetti cromatici notevoli con la lucidatura			
	LUMINESCENZA							
LAVORAZIONI SUPERFICIALI APPLICABILI	Piano sega							
	Levigatura		X			X		
	Lucidatura		X			X		
	Trattamenti a urto		X			X		
	Bocciardatura							
	Spuntatura							
	Spazzolato							
Fiammatura								
Sabbiatura								
PRINCIPALI IMPIEGHI	Impieghi esterni		X			X		
	Impieghi interni		X			X		
MARCATURA CE								
COLLOCAZIONE	Collocazione geografica		Carso triestino			Carso triestino		
	Località di estrazione		Rupingrande			Monrupino e S.Pelagio		

			PIETRE ORNAMENTALI		
DENOMINAZIONE COMMERCIALE			REPEN CLASSICO ZOLLA	BRECCIA CARSICA	
NOMI ALTERNATIVI				BRECCIA ITALIANA o NAPOLEON SLIVIA	
FOTO					
CARATTERI GEOLOGICI			Calcari del Cretacico superiore	Calcari del Cretacico superiore	
CARATTERI PETROGRAFICI			Calcare fossilifero	Breccia calcarea poligenica	
DESCRIZIONE MICROSCOPICA			Biosparite secondaria da ricristallizzazione di un'originaria biomicrite	Breccia calcarea grossolana	
DESCRIZIONE MACROSCOPICA			<p>Calcare molto compatto, a tinta grigio-violacea, tendente talora al nocciola, su cui spicca una caratteristica fioritura di colore grigio-marrone determinata da resti fossili prevalentemente di Caprine, Radioliti, Ostree. Questi resti di organismi si trovano distribuiti piuttosto omogeneamente in letti con andamento subparallelo al piano di sedimentazione. I frammenti degli organismi visibili macroscopicamente hanno in genere l'aspetto di scagliette allungate e leggermente arcuate e sono di dimensioni variabili da qualche centimetro al millimetro.</p>	<p>Breccia calcarea molto compatta costituita da un impasto omogeneo di elementi detritici carbonatici a spigoli vivi e di dimensioni variabili dal millimetro a qualche decina di cm; le dimensioni medie più frequenti si aggirano però attorno agli 8-9 cm. I frammenti rocciosi costituenti la breccia sono intimamente a contatto e dotati di una tinta nocciola di base con sfumature dal grigio, al marrone, al bianco e talora al roseo; in certi casi contengono evidenti resti fossili di organismi quali Radioliti, Ippuriti, Ostree e Miliodonti. L'insieme è di aspetto molto piacevole per policromia ed accostamenti di tinte e sfumature diverse che pur tuttavia danno un'impressione di grande omogeneità ed uniformità. Talora i contorni degli elementi detritici sono marcati da linee di sutura di aspetto stilolitico; tali suture sono in genere ben saldate e solo raramente sono percepibili al tatto.</p>	
COMPOSIZIONE CHIMICA			<p>CaCO₃ 98,84% MgCO₃ 0,83%</p> <p>(1)</p>	<p>CaCO₃ 99,61% MgCO₃ 2,11% FeCO₃ 0,11%</p> <p>(1)</p>	
PROPRIETÀ TECNICHE	MASSA VOLUMICA APPARENTE (Kg/m ³)		EN 1936	2694 (2)	2698 (2)
	ASSORBIMENTO D'ACQUA (%)		EN 13755		
	MODULO ELASTICO (MPa)		UNI 9724/8		
	POROSITÀ APERTA (%)		EN 1936		
	IMBIBIZIONE		COEF. DI IMBIBIZIONE	0,9‰ (3)	1,35‰ (3)
	DUREZZA	PROVA DI USURA PER ATTRITO RADENTE		2,66 mm (7)	2,37 mm (7)
				1,5 (8)	2,6 (8)
		MICRODUREZZA KNOOP (MPa)		UNI 9724/6	
		INDICE DI DISUNIFORMITÀ ALLA DUREZZA			

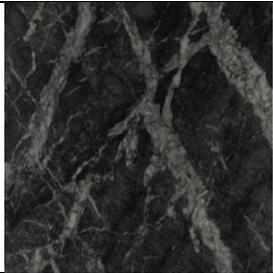
DENOMINAZIONE COMMERCIALE			REPEN CLASSICO ZOLLA		BRECCIA CARSICA			
P. TEC.	TERMICHE	COEFFICIENTE DI DILATAZIONE LINEARE TERMICA (°C)		0,0041 mm/ml/°C (11)		0,0045 mm/ml/°C (11)		
		RESISTENZA AL FUOCO						
PROPRIETÀ TECNICHE	RESISTENZA A SOLLECITAZIONI MECCANICHE	RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa)		EN 1926 UNI 9742/3	193,78 (4)	184,86 (9)	177,11 (4)	177,21 (9)
		RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa) DOPO PROVE DI GELO / DISGELO		EN 12371 UNI 9742/3	195,05 (5)	199,96 (10)	184,17 (5)	162,30 (10)
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa)		EN 12372 UNI 9742/5	20,1 (6)		11,18 (6)	
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa) DOPO CICLI GELO / DISGELO		EN 12371				
		CARICO DI ROTTURA IN CORRISPONDENZA DEI FORI DI FISSAGGIO (N)		EN 13364				
		RESISTENZA ALL'ABRASIONE (mm)		EN 1341 App.C EN 1342 App.B EN 1344 App.C EN 1344 App.D				
		RESISTENZA ALLO SCIVOLAMENTO (USRV)	PIANO SEGA					
			LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)					
			PIANO FIAMMATO					
			PIANO BOCCIARDATO					
			PIANO LEVIGATO DIAMANTE					
			PIANO LEVIGATO A FLEX					
			PIANO FIAMMATO E SPAZZOLATO					
PIANO RIGATO								
FINITURA SUPERFICIALE LUCIDA (SRV BAGNATO)		EN 14231						
RESISTENZA ALL'URTO	H MIN DI CADUTA (cm)		UNI	41 (11)		34 (11)		
	LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)		U32.07.248.0					
OTTICHE	LUCENTEZZA		Effetti cromatici notevoli con la lucidatura		Peculiari effetti di cromatismo e brillantezza dopo la lucidatura			
	LUMINESCENZA							
LAVORAZIONI SUPERFICIALI APPLICABILI	Piano sega							
	Levigatura		X		X			
	Lucidatura		X		X			
	Trattamenti a urto		X		X			
	Bocciardatura							
	Spuntatura							
	Spazzolato							
	Fiammatura							
Sabbatura								
PRINCIPALI IMPIEGHI	Impieghi esterni		X					
	Impieghi interni		X		X			
MARCATURA CE								
COLLOCAZIONE	Collocazione geografica		Carso triestino		Carso triestino			
	Località di estrazione		Monrupino		Slivia			

			PIETRE ORNAMENTALI			
DENOMINAZIONE COMMERCIALE			LUMACHELLA	MASEGNO DI MUGGIA		
NOMI ALTERNATIVI			CHIOCCIOLATO			
FOTO						
CARATTERI GEOLOGICI			Calcari del Cretacico superiore	Formazione marnoso-arenacea eocenica (Flysch)		
CARATTERI PETROGRAFICI			Calcare bituminoso brecciato di origine organogena	Arenaria - grovaccia		
DESCRIZIONE MICROSCOPICA						
DESCRIZIONE MACROSCOPICA			<p>Calcare a colore di fondo bruno scuro, tendente al nero, su cui spicca un'intensa fioritura determinata dalla presenza di grossi resti di organismi o di tritume degli stessi; questi resti hanno in genere un colore marrone chiaro tendente al nocciola. I frammenti fossili maggiori possono anche raggiungere le dimensioni di circa 10 cm; talora la fioritura è maggiormente marcata dal concentrarsi di calcite bianca in plaghette, specialmente come riempimento di cavità proprie degli scheletri dei resti fossili. Presente qualche singola vena riempita da calcite di origine secondaria. Presenza di sostanze bituminose e qualche vacuolo in corrispondenza dei resti fossili di dimensioni maggiori..</p>	<p>Litotipo calcareo a struttura eterogenea per la locale presenza di microfratture che risultano essere ricementate da calcite. La sua tessitura è clastica, e le dimensioni granulometriche dei clasti costituenti risultano essere tipiche di una arenite fine (minori di 0,2 mm). Il supporto è granulare. I componenti allochimici sono costituiti da intraclasti bacinali costituiti da micrite microcristallina talora associati a masserelle di ossidi (circa il 10% dei costituenti la sezione) e bioclasti mal individuabili generalmente ricristallizzati e deformati (placche di echinodermi). I componenti terrigeni o extrabacinali (circa il 60% dei costituenti la sezione), hanno dimensioni minori di 0,2 mm con forme variabili da spigoloso a subarrotondato, e sono costituiti da Quarzo mono e policristallino, Feldspati in alcuni casi in fase di alterazione, Biotite spesso deformata, lacinie di Muscovite, Zirconi, Epidoto, Rutile in nidi, rara Clorite, e raro Granato. I componenti ortochimici sono: cemento carbonatico di tipo sparitico, talora microsparitico, ossidi e idrossidi, glauconite e raro calcedonio.</p>		
COMPOSIZIONE CHIMICA			<p>CaCO₃ 99,12% MgCO₃ 0,83% FeCO₃ 0,04% Ins. in HCL tracce</p>	<p>SiO₂ 36,95% CaO 30,34% Fe₂O₂ 1,31% Al₂O₃ 4,11% MgO 1,45% So₃ 1,05% Calcination 24,94% N.D. 0,05%</p>		
			(1)	(1)		
PROPRIETÀ TECNICHE	MASSA VOLUMICA APPARENTE (Kg/m ³)		EN 1936	2636 (2)	2720	
	ASSORBIMENTO D'ACQUA (%)		EN 13755			
	MODULO ELASTICO (MPa)		UNI 9724/8			
	POROSITÀ APERTA (%)		EN 1936			
	IMBIBIZIONE		COEF. DI IMBIBIZIONE	10,6‰ (3)		
	DUREZZA	PROVA DI USURA PER ATTRITO RADENTE			3,22 mm (7)	
					1,6 (8)	2,7 (8)
MICRODUREZZA KNOOP (MPa)		UNI 9724/6				
		INDICE DI DISUNIFORMITÀ ALLA DUREZZA				

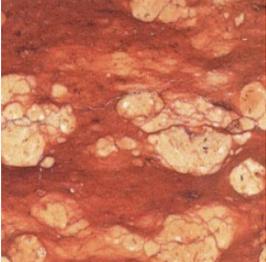
DENOMINAZIONE COMMERCIALE			LUMACHELLA	MASEGNO DI MUGGIA		
P.TEC.	TERMICHE	COEFFICIENTE DI DILATAZIONE LINEARE TERMICA (°C)		0,0044 mm/ml/°C (11)	0,004 mm/ml/°C	
		RESISTENZA AL FUOCO				
PROPRIETÀ TECNICHE	RESISTENZA A SOLLECITAZIONI MECCANICHE	RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa)	EN 1926UNI 9742/3	142,69 (4)	182	
		RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa) DOPO PROVE DI GELO / DISGELO	EN 12371 UNI 9742/3	157,59 (5)	175	
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa)	EN 12372 UNI 9742/5	13,44 (6)	25,7	
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa) DOPO CICLI GELO / DISGELO	EN 12371		25,6	
		CARICO DI ROTTURA IN CORRISPONDENZA DEI FORI DI FISSAGGIO (N)	EN 13364			
		RESISTENZA ALL'ABRASIONE (mm)	EN 1341 App.C EN 1342 App.B EN 1344 App.C		20,6	
		RESISTENZA ALLO SCIVOLAMENTO (USRV)	PIANO SEGA	EN 1344 App.D		
			LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)			56
			PIANO FIAMMATO			
			PIANO BOCCIARDATO	EN 1341 App.D		
			PIANO LEVIGATO DIAMANTE	EN 1342 App.C		
			PIANO LEVIGATO A FLEX			
			PIANO FIAMMATO E SPAZZOLATO			
			PIANO RIGATO			
FINITURA SUPERFICIALE LUCIDA (SRV BAGNATO)	EN 14231					
RESISTENZA ALL'URTO	H MIN DI CADUTA (cm)		31			
	LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)	UNI U32.07.248.0				
OTTICHE	LUCENTEZZA					
	LUMINESCENZA					
LAVORAZIONI SUPERFICIALI APPLICABILI	Piano sega					
	Levigatura		X	X		
	Lucidatura		X			
	Trattamenti a urto		X			
	Bocciardatura			X		
	Spuntatura			X		
	Spazzolato					
	Fiammatura			X		
Sabbatura			X			
PRINCIPALI IMPIEGHI	Impieghi esterni		X	X		
	Impieghi interni		X	X		
MARCATURA CE						
COLLOCAZIONE	Collocazione geografica		Carso triestino	Muggia		
	Località di estrazione		Aurisina	S. Barbara di Muggia Loc. Renice (TS)		

			PIETRE ORNAMENTALI			
DENOMINAZIONE COMMERCIALE			PIETRA PIASENTINA	FIOR DI PESCO CARNICO		
NOMI ALTERNATIVI						
FOTO						
CARATTERI GEOLOGICI			Brecciola calcarea appartenente al Flysch eocenico.	Calcari di scogliera devoniani leggermente metamorfosati		
CARATTERI PETROGRAFICI			Brecciola calcarea	Marmo con tonalità che variano dal grigio, al rosa al bianco, con venature di color bianco avorio e grana grossolana (UNI EN 12407)		
DESCRIZIONE MICROSCOPICA			Biosparite / biomicrite			
DESCRIZIONE MACROSCOPICA			Brecciola ad elementi calcarei di colore variabile dal grigio scuro al marrone al bianco; molto compatta, senza vacui e con rare fratture cementate da calcite bianca. In base alle dimensioni dei clasti carbonatici vengono distinte 3 varietà: GRANA FINE (calcarenite, costituita da frammenti che hanno dimensioni del mm e che danno al "marmo" un colore grigio scuro con fitta punteggiatura nocciola scuro), GRANA MEDIA (clasti generalmente spigolosi con dimensioni variabili tra 1-8 mm immersi in pasta di fondo di color grigio scuro) e GRANA GROSSA (calciruditi, frammenti calcarei con dimensioni fra 2 e 17 mm).	Calcare cristallino fettucciato di bianco violaceo o di rosa violaceo con venature rosee e giallognole. Le delicate macchie roseo violacee sono dovute a pigmentazione ematitico-manganesifera		
COMPOSIZIONE CHIMICA			CaCO ₃ 93,80% 94,25% MgCO ₃ Ass. <1% FeCO ₃ 1,10% 1,30% Ins in HCL sost. argillose, feldspati, quarzo, calcedonio, glauconite, apatite, tormalina, rarissimi granati e minerali opachi (13)	CaCO ₃ 97,31% 98,71% MgCO ₃ 0,56% 1,44% FeCO ₃ 0,14% 0,56% Ins. in HCL 0,24% 1,51% (19)		
PROPRIETÀ TECNICHE	MASSA VOLUMICA APPARENTE (Kg/m ³)	EN 1936	2690 (14)		2690 (34)	
	ASSORBIMENTO D'ACQUA (%)	EN 13755	0,21 (14)	0,16 (14)(18)		
	MODULO ELASTICO (MPa)	UNI 9724/8	Esec min (14)	Esec max (14)		
			58400 per Co=89	95000 per Co=148		
			Etg min (14)	Etg max (14)		
			55200 per Co=125	88600 per Co=134		
	POROSITÀ APERTA (%)	EN 1936				0,3 (34)
	IMBIBIZIONE	COEF. DI IMBIBIZIONE	da 0,5809 a 0,8257 % rif. al volume (19)			1,2‰
	DUREZZA	PROVA DI USURA PER ATTRITO RADENTE		5,52 (14)(20)		
				0,58 (14)(21)		
MICRODUREZZA KNOOP (MPa)		UNI 9724/6	1829 (14)			
INDICE DI DISUNIFORMITÀ ALLA DUREZZA	1,35 (14)					

DENOMINAZIONE COMMERCIALE		PIETRA PIASENTINA		FIOR DI PESCO CARNICO					
P. TEC.	TERMICHE	COEFFICIENTE DI DILATAZIONE LINEARE TERMICA (°C)		6,6*10-6 (14)					
		RESISTENZA AL FUOCO							
PROPRIETA' TECNICHE	RESISTENZA A SOLLECITAZIONI MECCANICHE	RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa)	EN 1926UNI 9742/3	145 (14)	140 (13)	87	71,8*		
		RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa) DOPO PROVE DI GELO / DISGELO	EN 12371 UNI 9742/3	144 (14)	141 (13)	85	70,54*		
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa)	EN 12372 UNI 9742/5	30,5 (14)	28,01 (13) (29)	5,9 (37)	4,2* (37)		
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa) DOPO CICLI GELO / DISGELO	EN 12371	26,98	(13) (30)	5 (38)	3,5* (38)		
		CARICO DI ROTTURA IN CORRISPONDENZA DEI FORI DI FISSAGGIO (N)	EN 13364						
		RESISTENZA ALL'ABRASIONE (mm)	EN 1341 App.C EN 1342 App.B EN 1344 App.C EN 1344 App.D	18,5 (13)		22,7	23,9**		
		SCIVOLAMENTO (USRV)	PIANO SEGA	EN 1341 App.D EN 1342 App.C	(13)				
			LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)			63*	95 ^		
			PIANO FIAMMATO			60*	103 ^		
			PIANO BOCCIARDATO			67*	100 ^		
			PIANO LEVIGATO DIAMANTE			55*	92 ^		
			PIANO LEVIGATO A FLEX			56*	68 ^		
			PIANO FIAMMATO E SPAZZOLATO			60*	70 ^		
			PIANO RIGATO			85*	100 ^		
			FINITURA SUPERFICIALE LUCIDA (SRV BAGNATO)			EN 14231			27
RESISTENZA ALL'URTO	H MIN DI CADUTA (cm)	UNI U32.07.248.0	36,1 (14)						
	LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)		3,6 (14)						
OTTICHE	LUCENTEZZA								
	LUMINESCENZA								
LAVORAZIONI SUPERFICIALI APPLICABILI	Piano sega			X					
	Levigatura			X	X				
	Lucidatura			X	X				
	Trattamenti a urto			X					
	Bocciardatura			X	X				
	Spuntatura			X					
	Spazzolato			X	X				
	Fiammatura			X					
Sabbiatura				X					
PRINCIPALI IMPIEGHI	Impieghi esterni		X		X				
	Impieghi interni		X		X				
MARCATURA CE									
COLLOCAZIONE	Collocazione geografica		Cividale - Torreano		Forni Avoltri				
	Località di estrazione		Cividale - Torreano - San Leonardo - San Pietro al Natisone		Clap di Naguscel - Monte Avanza				

			PIETRE ORNAMENTALI		
DENOMINAZIONE COMMERCIALE			GRIGIO NAGUSCEL CARNICO	GRIGIO CARNICO	
NOMI ALTERNATIVI					
FOTO					
CARATTERI GEOLOGICI			Calcari compatti del Devoniano medio (23)	Calcari del Devonico leggermente metamorfosati	
CARATTERI PETROGRAFICI			Calcare cristallino di scogliera debolmente metamorfosato (23)	Calcare micritico fossilifero (UNI EN 12407:03)	
DESCRIZIONE MICROSCOPICA			Biosparite / biomicrite		
DESCRIZIONE MACROSCOPICA			Calcari compatti che hanno subito un ricristallizzazione, la quale ha eliminato pressochè totalmenti segni della primitiva stratificazione e ogni traccia di resti organici. La roccia è interessata da una fitta rete di fratture cementate da calcite spatica anedrale e da frequnti superfici stilolitiche e ramificazioni a pigmentazione carboniosa nerastra. Petrograficamente la roccia è caratterizzata da un fondo micritico, talvolta interessato da ricristallizzazione per lo più modesta. E' sempre presente una frazione allochimica, talora abbondante, rappresentata da bioclasti, resti organici (prevalenza Alge), più rari intraclasti e rarissimi sono i granuli di quarzo. (23)	Calcare compatto ben cristallizzato. Il colore di base è grigio (ora chiaro, ora scuro), intersecato da un fittissimo reticolo di vene più scure e talora quasi nere. Le linee di sutura sono perfettamente obliterate e si presentano con orientazione subparallela. Rare plaghe e vene calcitiche quasi bianche. Alcune varietà hanno un reticolo più o meno bianco, più o meno accentuato e ramificato.	
COMPOSIZIONE CHIMICA			CaCO ₃ 92,00% 96,00% MgCO ₃ 0,70% 3,00% FeCO ₃ 0,30% 0,40% Ins in HCL 1,60% 4,13% Costituito da sostanza argillosa, resti carboniosi, feldspati alterati, tracce di ossidi di ferro, pirite e tormalina. Raro il quarzo. (23)	CaCO ₃ 96,13% 99,02% MgCO ₃ assente 1,88% FeCO ₃ 0,11% 0,40% Ins. in HCL 0,38% 2,92% (19)	
PROPRIETÀ TECNICHE	MASSA VOLUMICA APPARENTE (Kg/m ³)		EN 1936	2700 (23)	2700 (24)
	ASSORBIMENTO D'ACQUA (%)		EN 13755		0,1 (35)
	MODULO ELASTICO (MPa)		UNI 9724/8		
	POROSITÀ APERTA (%)		EN 1936		0,3 (34)
	IMBIBIZIONE		COEF. DI IMBIBIZIONE	0,00113 (23)	da 0,0645 a 0,6934 % rif. al volume (19)
	DUREZZA	PROVA DI USURA PER ATTRITO RADENTE		5,52 (14)(20)	
		MICRODUREZZA KNOOP (MPa)		1829 (14)	
INDICE DI DISUNIFORMITÀ ALLA DUREZZA		UNI 9724/6	1,35 (14)		

DENOMINAZIONE COMMERCIALE		GRIGIO NAGUSCEL CARNICO		GRIGIO CARNICO				
P.TEC.	TERMICHE	COEFFICIENTE DI DILATAZIONE LINEARE TERMICA (°C)		0,0047 mm/ml/°C				
		RESISTENZA AL FUOCO		Classe A1				
PROPRIETÀ TECNICHE	RESISTENZA A SOLLECITAZIONI MECCANICHE	RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa)	EN 1926UNI 9742/3	143,17+	101,01*	144,75		
		RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa) DOPO PROVE DI GELO / DISGELO	EN 12371 UNI 9742/3	150,92+	90,02*			
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa)	EN 12372 UNI 9742/5			12,6	11* (37)	
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa) DOPO CICLI GELO / DISGELO	EN 12371			11,4	9,1* (41)	
		CARICO DI ROTTURA IN CORRISPONDENZA DEI FORI DI FISSAGGIO (N)	EN 13364			1485	1098* (44)	
		RESISTENZA ALL'ABRASIONE (mm)	EN 1341 App.C EN 1342 App.B EN 1344 App.C			22		
		RESISTENZA ALLO SCIVOLAMENTO (USRV)	EN 1344 App.D			71		
			PIANO SEGA					
			LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)					
			PIANO FIAMMATO					
			PIANO BOCCIARDATO	EN 1341 App.D EN 1342 App.C				
			PIANO LEVIGATO DIAMANTE					
			PIANO LEVIGATO A FLEX					
	PIANO FIAMMATO E SPAZZOLATO							
PIANO RIGATO								
FINITURA SUPERFICIALE LUCIDA (SRV BAGNATO)	EN 14231			71				
RESISTENZA ALL'URTO	H MIN DI CADUTA (cm) LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)	UNI U32.07.248.0						
OTTICHE	LUCENTEZZA							
	LUMINESCENZA							
LAVORAZIONI SUPERFICIALI APPLICABILI	Piano sega		X					
	Levigatura		X	X				
	Lucidatura		X	X				
	Trattamenti a urto							
	Bocciardatura							
	Spuntatura							
	Spazzolato							
	Fiammatura							
Sabbiatura								
PRINCIPALI IMPIEGHI	Impieghi esterni		X	X				
	Impieghi interni		X	X				
MARCATURA CE								
COLLOCAZIONE	Collocazione geografica			Paluzza				
	Località di estrazione			Pramosio				

		PIETRE ORNAMENTALI													
DENOMINAZIONE COMMERCIALE		ROSSO VERZEGNIS													
NOMI ALTERNATIVI		NOCE RADICA													
FOTO															
CARATTERI GEOLOGICI		Calcarei stratificati del Giurassico inferiore-medio													
CARATTERI PETROGRAFICI															
DESCRIZIONE MICROSCOPICA															
DESCRIZIONE MACROSCOPICA		Calcere rosso bruno nettamente stratificato ricco di frammenti bianchi di Crinoidi a forma pentagonale, e secondariamente gusci di Ammoniti e Belemniti. La forte colorazione è dovuta a pigmentazione ematitica o limonitica. Litotipo nel quale gli effetti del metamorfismo generale sono paragonabili piuttosto a quelli di una diagenesi spinta che di un vero metamorfismo, riducendosi essi alla obliterazione o quasi dei resti organici, e all'aver reso marmoree, semicristalline, le pareti più intensamente soggette a questa azione. (E' una delle varietà dei marmi rossi di Verzegnis)													
COMPOSIZIONE CHIMICA		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>CaCO₃</td> <td>90,60%</td> <td>97,36%</td> </tr> <tr> <td>MgCO₃</td> <td>ass.</td> <td>1,44%</td> </tr> <tr> <td>FeCO₃</td> <td>0,72%</td> <td>2,71%</td> </tr> <tr> <td>Ins in HCL</td> <td>1,24%</td> <td>4,66%</td> </tr> </tbody> </table> <p>(19)</p>		CaCO ₃	90,60%	97,36%	MgCO ₃	ass.	1,44%	FeCO ₃	0,72%	2,71%	Ins in HCL	1,24%	4,66%
CaCO ₃	90,60%	97,36%													
MgCO ₃	ass.	1,44%													
FeCO ₃	0,72%	2,71%													
Ins in HCL	1,24%	4,66%													
PROPRIETÀ TECNICHE	MASSA VOLUMICA APPARENTE (Kg/m ³)	EN 1936	2710-2720 (19)												
	ASSORBIMENTO D'ACQUA (%)	EN 13755	0,1 (45)												
	MODULO ELASTICO (MPa)	UNI 9724/8													
	POROSITÀ APERTA (%)	EN 1936													
	IMBIBIZIONE	COEF. DI IMBIBIZIONE	da 0,2089 a 0,7582 % rif. al volume (19)												
	DUREZZA	PROVA DI USURA PER ATTRITO RADENTE													
		MICRODUREZZA KNOOP (MPa)	UNI 9724/6												
INDICE DI DISUNIFORMITÀ ALLA DUREZZA															

DENOMINAZIONE COMMERCIALE			ROSSO VERZEGNIS		
P. TEC.	TERMICHE	COEFFICIENTE DI DILATAZIONE LINEARE TERMICA (°C)			
		RESISTENZA AL FUOCO			
PROPRIETA' TECNICHE	RESISTENZA A SOLLECITAZIONI MECCANICHE	RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa)		EN 1926 UNI 9742/3 143	
		RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE (MPa) DOPO PROVE DI GELO / DISGELO		EN 12371 UNI 9742/3 169	
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa)		EN 12372 UNI 9742/5 12,9 (48)	
		RESISTENZA ALLA FLESSIONE (MPa) DOPO CICLI GELO / DISGELO		EN 12371 12,2 (47)	
		CARICO DI ROTTURA IN CORRISPONDENZA DEI FORI DI FISSAGGIO (N)		EN 13364	
		RESISTENZA ALL'ABRAZIONE (mm)		EN 1341 App.C EN 1342 App.B EN 1344 App.C EN 1344 App.D 17,3	
		RESISTENZA ALLO SCIVOLAMENTO (USRV)	PIANO SEGA		
			LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)		58
			PIANO FIAMMATO		
			PIANO BOCCIARDATO		EN 1341 App.D EN 1342 App.C 71
			PIANO LEVIGATO DIAMANTE		
			PIANO LEVIGATO A FLEX		
			PIANO FIAMMATO E SPAZZOLATO		
			PIANO RIGATO		
		FINITURA SUPERFICIALE LUCIDA (SRV BAGNATO)		EN 14231	
		RESISTENZA ALL'URTO	H MIN DI CADUTA (cm)		
			LAVORO DI ROTTURA ALL'URTO (J)		UNI U32.07.248.0
OTTICHE	LUCENTEZZA				
	LUMINESCENZA				
LAVORAZIONI SUPERFICIALI APPLICABILI	Piano sega				
	Levigatura		X		
	Lucidatura		X		
	Trattamenti a urto				
	Bocciardatura		X		
	Spuntatura		X		
	Spazzolato		X		
	Fiammatura				
Sabbatura		X			
PRINCIPALI IMPIEGHI	Impieghi esterni		X		
	Impieghi interni		X		
MARCATURA CE					
COLLOCAZIONE	Collocazione geografica		Verzegnis		
	Località di estrazione		Monte Lovinzola		

Dove non specificato diversamente i valori sono da intendersi come valori medi

* valore minimo

+ valore massimo

** limite criticità

- (1) Determinazione quantitativa del calcio, del magnesio e del ferro eseguita mediante i metodi dell'EDTA. Presenza di aragonite controllata mediante la reazione di Meigen. (Carulli, Onofri – I Marmi del Carso)
- (2) Peso di volume indicativo del peso effettivo del materiale nelle sue condizioni naturali (Carulli, Onofri – I Marmi del Carso)
- (3) Coefficiente di imbibizione riferito al peso secondo le norme del R.D. n. 2232 del 16 novembre 1939 (Carulli, Onofri – I Marmi del Carso)
- (4) Prove condotte dall'Istituto di Scienza delle Costruzioni della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Trieste, secondo quanto stabilito dal R.D. n. 2232 del 16 novembre 1939 - campione di 7,1x7,1x7,1 cm allo stato naturale (Carulli, Onofri – I Marmi del Carso)
- (5) Esecuzione di 20 cicli di gelività con un criterio più drastico del R.D. n. 2232 del 1939 - campione di 7,1x7,1x7,1 cm allo stato naturale (Carulli, Onofri – I Marmi del Carso)
- (6) Prove condotte dal Laboratorio Prove e Materiali dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni dell'Università di Trieste secondo la norma ASTM C78/64 (Carulli, Onofri – I Marmi del Carso)
- (7) Resistenza all'usura all'attrito radente secondo Böhme, secondo la norma DIN 52108 (Carulli, Onofri – I Marmi del Carso)
- (8) Norme 1939 - da estrapolazione per confronto (Camera di Commercio Trieste - I marmi del Carso triestino)
- (9) Prove condotte dall'Istituto di Scienza delle Costruzioni della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Trieste, secondo quanto stabilito dal R.D. n. 2232 del 16 novembre 1939 - campione di 10x10x10 cm allo stato naturale (Carulli, Onofri – I Marmi del Carso)
- (10) Esecuzione di 20 cicli di gelività con un criterio più drastico del R.D. n. 2232 del 1939 - campione di 10x10x10 cm allo stato naturale (Carulli, Onofri – I Marmi del Carso)
- (11) Laboratorio di Pisa (Camera di Commercio Trieste - I marmi del Carso triestino)
- (12) Determinati per estrapolazione rispetto al Laboratorio di Pisa (Camera di Commercio Trieste - I marmi del Carso triestino)
- (13) Laboratorio del Marmo del Politecnico di Torino, ottobre 2003 (Bertagnin, Frangipane - Pietra Piasentina: tradizione e modernità)
- (14) Politecnico di Torino, Dipartimento di Georisorse e Territorio, 1997 (Bertagnin, Frangipane - Pietra Piasentina: tradizione e modernità)
- (19) Altobelli, Carulli, Del Cer, Onofri - I marmi del Friuli
- (20) Coefficiente di abrasione ottenuto con Tribometro tipo AMSLER
- (21) Coefficiente relativo di abrasione (granito di S.Fedelino / Pietra Piasentina) - Tribometro tipo Amsler
- (23) Caratteristiche litologiche fornite dal Dott. Geol. Silvano Sambo

Volume omaggio, vietata la vendita

Tipografia Nuove Arti Grafiche "Artigianelli" Scarl, Trento

Stampato a cura del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Trieste per conto della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici, Servizio Geologico

Copyright © 2010 Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

