

10 LA LAVORAZIONE DEI MATERIALI LAPIDEI



INDICATORI

Dislocazione delle cave di materiali lapidei nel territorio provinciale
Variazione del numero di cave di materiali lapidei negli ultimi anni
Quantitativi estratti per anno suddivisi per tipologia negli ultimi anni
Distribuzione delle ditte di lavorazione nel territorio provinciale
Quantitativi importati ed esportati in provincia
Quantitativi di prodotto lavorato suddiviso per tipologia
Quantitativi di rifiuti totali del distretto prodotti negli ultimi anni
Dislocazione e numero di discariche per rifiuti della lavorazione del marmo e del granito
Quantitativi di rifiuti smaltiti in discarica, per anno
Quantitativi di rifiuti recuperati
Numero di aziende soggette al controllo delle emissioni
Valori medi di concentrazione di COD, manganese e conducibilità nella discarica 2A della ditta Dasty
Valori medi di concentrazione di COD, manganese e conducibilità nella discarica 2A della ditta C.R.A.V.E.R.

AUTORI

CLAUDIO MANSOLDO
OTTORINO PIAZZI

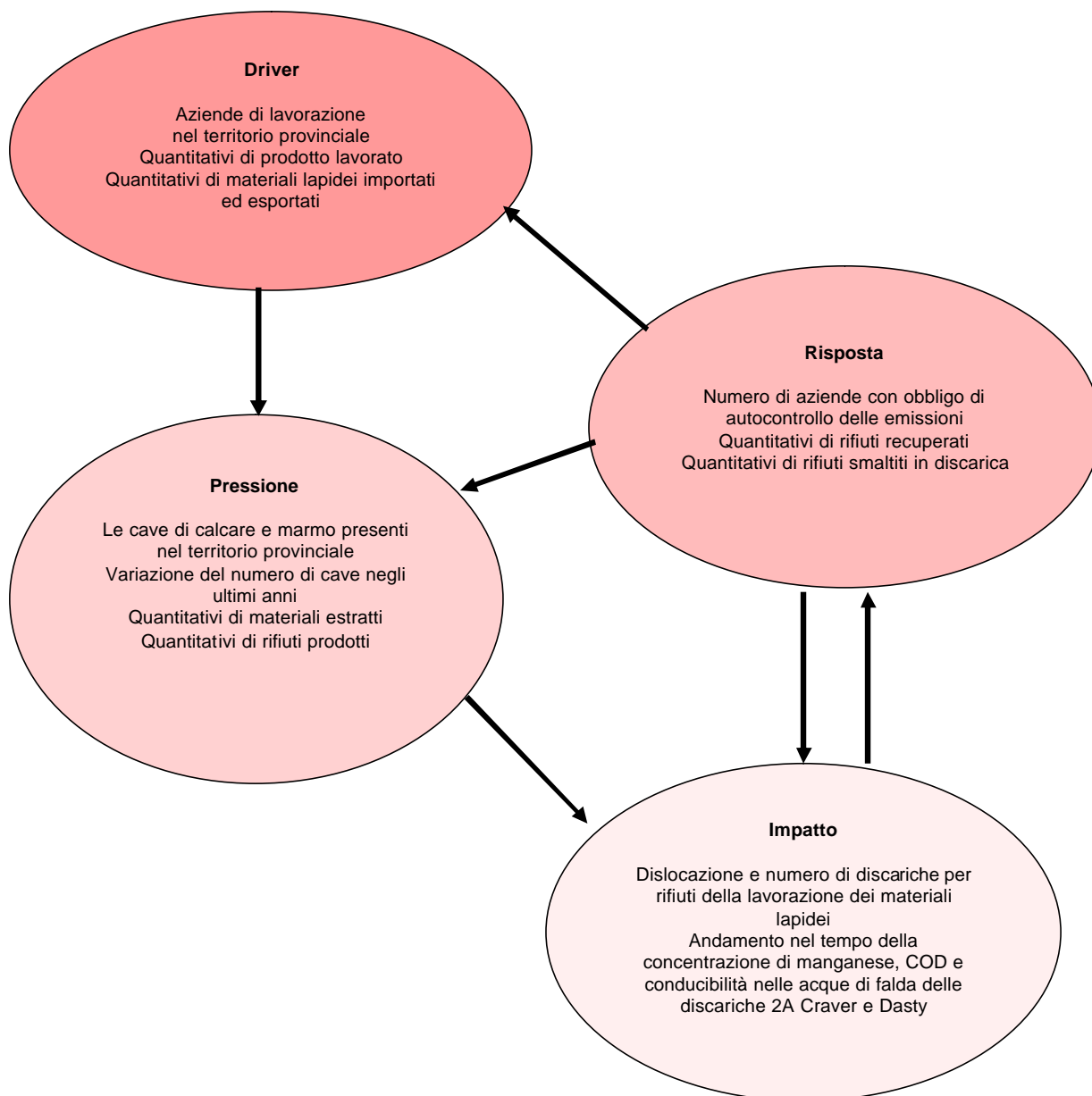
COLLABORATORI

GIUSEPPE REGINA
SABRINA POLI
FABRIZIO BOSCO

10.1 Introduzione

La provincia di Verona è stata fino dall'antichità sede di attività di sfruttamento di materiali lapidei. Tali attività sono concentrate nel territorio della Lessinia e dell'adiacente Valpolicella, aree geografiche in cui ancor oggi la caratteristica architettura delle abitazioni ne testimonia l'importanza. Le pietre ornamentali estratte dalle colline e dalle montagne veronesi sono conosciute per il loro pregio, e sono state, e ancor oggi sono usate, per rivestire ed abbellire palazzi e monumenti con una diffusione che, da un ambito locale, si è ormai estesa a quello mondiale.

10.2 Indicatori caratteristici



10.3 L'estrazione dei materiali lapidei

10.3.1 Introduzione

I materiali lapidei estratti in provincia di Verona possono essere suddivisi in due categorie: le pietre da taglio o lucidabili, ed i materiali lapidei per l'industria.

I principali giacimenti di pietre da taglio o lucidabili si rinvennero nelle formazioni calcaree del Giurassico e del Cretaceo superiore del Monte Baldo ma soprattutto della Lessinia. Dalle formazioni calcaree giurassiche provengono la gran parte dei calcari lucidabili un tempo ed attualmente estratti nel veronese: il Bronzetto, Il Rosa del Garda, la Breccia Pernice, il Giallo Reale, il Rosso Verona. Dalla formazione cretacea della Scaglia Rossa si ricava la Pietra di Prun o Lastame, calcare sia da taglio che lucidabile tipico della Lessinia occidentale.

I materiali lapidei per uso industriale vengono estratti da formazioni sia calcaree che vulcaniche. I calcari da calce e per l'edilizia vengono estratti dalle formazioni giurassiche dei calcari grigi e del Gruppo di S. Vigilio. I calcari marnosi della formazione del biancone vengono invece estratti per la fabbricazione di granulati industriali e per cementi. Infine i basalti di camino vengono estratti per la realizzazione di granulati per massicciate ferroviarie, per la confezione di conglomerati bituminosi speciali e per l'industria della lana di roccia.

10.3.2 Gli indicatori utilizzati

Nome indicatore	DPSIR	Obiettivo	Disponibilità dati	Situazione attuale
Dislocazione delle cave di materiali lapidei nel territorio provinciale	P	Quali sono le zone della provincia dove più è estesa l'attività di cava?	☺	☹
Variazione del numero di cave di materiali lapidei negli ultimi anni	P	E' variato il numero di siti di sfruttamento delle risorse lapidee in provincia?	☺	☹
Quantitativi estratti per anno suddivisi per tipologia negli ultimi anni	P	E' variata la produzione dei materiali lapidei in provincia?	☺	☹

L'estrazione dei materiali lapidei**Dislocazione delle cave di materiali lapidei**

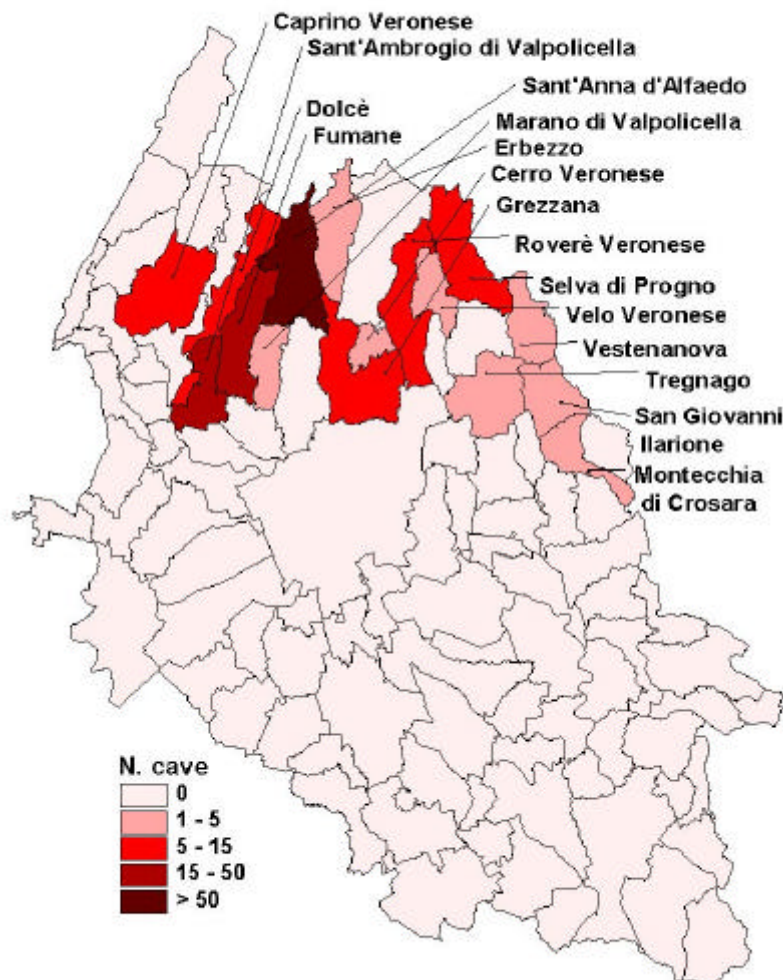
Attualmente nella Regione Veneto l'attività estrattiva è regolamentata da una apposita legge regionale, la L. R. n.44/82. Tale normativa prevede che l'autorizzazione per l'esercizio di nuove cave o per l'ampliamento di cave esistenti sia rilasciata dalla Giunta Regionale sentiti i pareri del Comune, della Commissione Tecnica Provinciale per l'attività di cava e della Commissione Tecnica Regionale per le attività estrattive. Gli strumenti di pianificazione dell'attività estrattiva previsti dalla legge citata non sono mai divenuti operativi. Si possono comunque individuare, nell'ambito della nostra provincia, zone o comuni nei quali l'attività di estrazione di materiali lapidei risulta concentrata, come evidenziato dal seguente grafico.

I principali poli estrattivi si concentrano:

- ▶ in Lessinia nei comuni di Fumane e S. Anna d'Alfaedo con la produzione tipica della "pietra di Prun" (nota anche con i nomi di "pietra della Lessinia" o "calcare lastrolare");
- ▶ nei comuni di S. Ambrogio di Valpolicella e Caprino Veronese con la produzione del marmo "rosso Verona";
- ▶ nella Lessinia orientale (Selva di Progno, Rovere Veronese, Velo Veronese) dove si estrae in prevalenza il marmo "giallo reale".

Materiali litoidi ad uso industriale vengono estratti nel comune di Dolcé (calcari per calce), Grezzana (calcari per granulati) e nella Val d'Alpone (basalti).

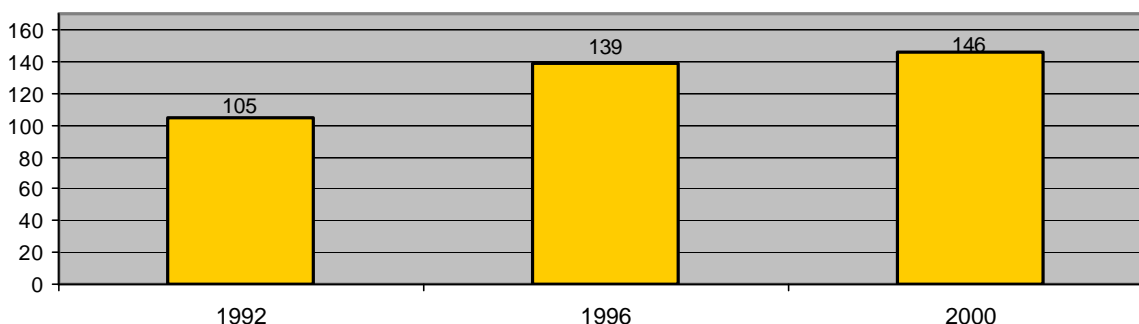
Fig. 10.3.1 – Distribuzione delle cave di materiali lapidei nel territorio provinciale.(Fonte: Camera di Commercio Industria ed Artigianato di Verona)



L'estrazione dei materiali lapidei**Variazione del numero di cave di materiali lapidei**

Nell'anno 2000 si contavano in provincia 146 cave autorizzate di materiali lapidei; alla fine dell'anno 2001, 80 sono risultate non produttive. Le cave in cui si è avuta attività di estrazione, nello stesso anno, hanno consentito una produzione di materiali per 1'199'891 tonnellate, suddivise in 935'343 tonnellate di calcare e in 264'548 tonnellate di marmo bianco o colorato. La quota relativa ai materiali calcarei comprende l'estrazione di calcare da taglio e colorato (pietra di Prun), calcare in pezzame per costruzione o per la produzione di calce e cemento, la produzione di pietrisco e l'estrazione di calcare da macinazione per usi industriali. La quota relativa ai marmi comprende l'estrazione in blocchi, oppure in pezzame e granulati, e infine la produzione di pietrisco di cava.

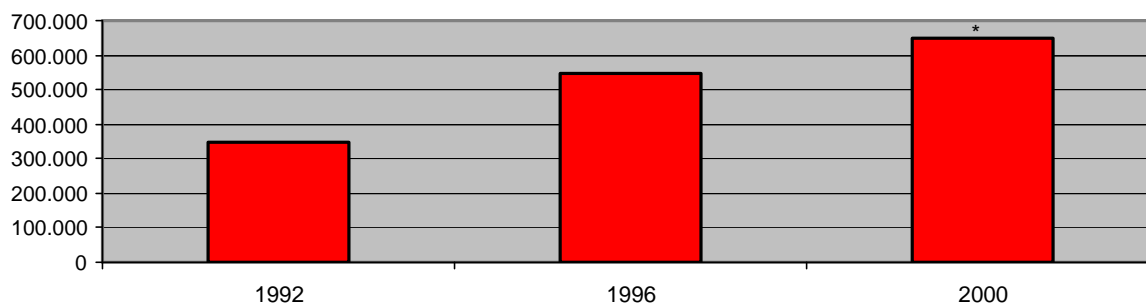
Fig. 10.3.2 - Andamento nel tempo del numero di cave di materiali lapidei in provincia di Verona (Fonte: Provincia di Verona – Settore Cave)

**L'estrazione dei materiali lapidei****Quantitativi estratti per anno suddivisi per tipologia**

La produzione di materiali lapidei ha avuto, negli ultimi anni, un graduale incremento in relazione all'introduzione di un rinnovamento tecnologico che ha comportato, nelle attività di cava, l'introduzione di un'elevata meccanizzazione e un'accresciuta richiesta del mercato. Contemporaneamente anche il numero di siti autorizzati per l'estrazione di marmo e calcare lastrolare è aumentato.

Le aziende di estrazione locali contribuiscono per una quota percentualmente ridotta al rifornimento dell'industria della lavorazione del lapideo nella provincia di Verona. I materiali lavorati sono infatti per lo più di provenienza esterna, nazionale ed internazionale, ad esempio i graniti. Il materiale estratto localmente viene solo in parte lavorato in provincia, mentre la parte rimanente viene esportato in blocchi allo stato grezzo o come materia prima per l'industria.

Fig. 10.3.3 - Andamento nel tempo della quantità di materiali lapidei estratti espressi in m³ (Fonte: Provincia di Verona – Settore Cave)



* dato desunto dal valore in tonnellate applicando un fattore di conversione pari a 1,85

10.4 La lavorazione dei materiali lapidei

10.4.1 Introduzione

Dal punto di vista petrografico il marmo è una roccia calcarea che, per effetto di metamorfismo termico, ha assunto una struttura cristallina. Il granito è una roccia eruttiva di tipo intrusivo caratterizzata da un elevato contenuto di silice, spesso maggiore del 70% e dalla presenza di feldspati alcalini e di miche. L'agglomerato è una pietra composta di produzione industriale, formata da materiali lapidei di varia natura (granito, marmo, quarzo, sabbie silicee, basalti) legati con resine polimeriche o con cementi.

La localizzazione dell'industria lapidea interessa l'area nord del veronese, in particolare le zone della Valpolicella e della Valpantena dove si trova il nucleo principale delle imprese che estraggono e lavorano prodotti lapidei e insiste anche una parte rilevante della produzione italiana di agglomerati. Le centinaia di aziende che effettuano la lavorazione delle pietre ornamentali coprono nel complesso più del 20% del totale nazionale dei marmi e più del 40% dei graniti.

Alla provincia di Verona spetta poi il primato assoluto del settore degli agglomerati, con più del 95% della produzione nazionale.

10.4.2 Gli indicatori utilizzati

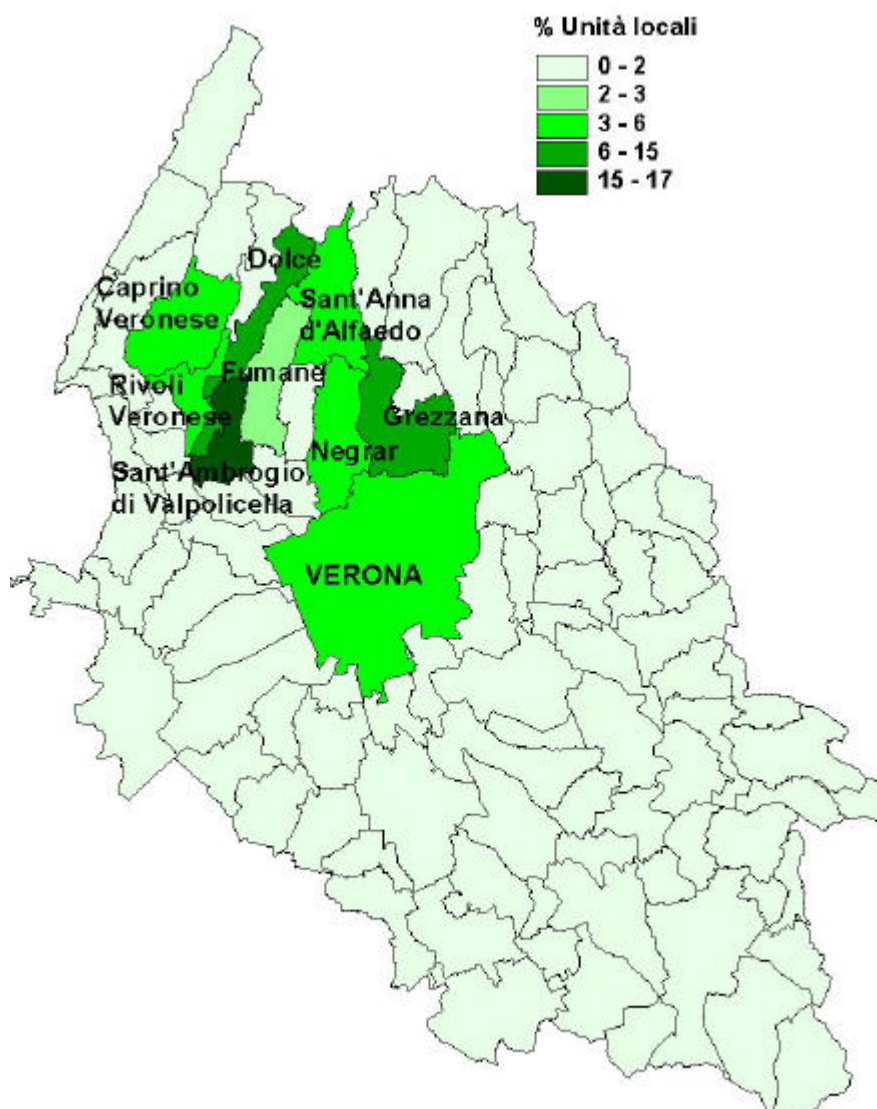
Nome indicatore	DPSIR	Obiettivo	Disponibilità dati	Situazione attuale
Distribuzione delle ditte di lavorazione nel territorio	D	Dove si concentra l'attività di lavorazione dei materiali lapidei in provincia?	☺	☹
Quantitativi importati ed esportati suddivisi per tipologia e macrocategorie	D	Qual'è l'incidenza dei materiali estratti localmente sul totale dei materiali lavorati?	☺	☹
Quantitativi di prodotto lavorato suddiviso per tipologia	D	Quali variazioni si evidenziano nella lavorazione dei materiali lapidei negli ultimi anni?	☺	☹

La lavorazione dei materiali lapidei

Distribuzione delle ditte di lavorazione nel territorio

Nel 1999 nel distretto veronese del lapideo operavano 527 imprese, di cui 43 occupate nell'estrazione di pietre e marmo e 484 nella lavorazione. In percentuale, il 7.7% di esse si dedicano ad attività di estrazione, mentre il restante 92.3% ad attività di lavorazione. Queste aziende si trovano dislocate per più del 90% nelle due vallate della Valpolicella e della Valpantena. Dal 1995 al 1999 si osserva una crescita del numero di aziende occupate nel settore, ad eccezione del 1999. La crescita in provincia di Verona è risultata del 3,54% nel quadriennio. Secondo le indicazioni dalla Camera di Commercio di Verona, nel 1999 il numero di addetti occupati nel settore è stato di 4815, per il 5% impegnati in aziende di estrazione e per il 95% in quelle di lavorazione. Le imprese hanno in media 9 addetti e si configurano come piccole imprese, maggiormente nel caso del comparto estrattivo dove le aziende contano in media 6 addetti. Un numero rilevante di queste aziende (311, pari a circa il 59%) sono imprese artigiane.

Fig. 10.4.1 – Distribuzione delle ditte di lavorazione dei materiali lapidei nel territorio provinciale. (Fonte: Camera di Commercio Industria ed Artigianato di Verona)



La lavorazione dei materiali lapidei
**Quantitativi importati ed esportati in provincia
suddivisi per tipologia e macrocategorie**

La provincia di Verona è diventata nel tempo uno dei maggiori centri di trasformazione mondiale di materiali lapidei. Nel suo territorio convergono materie prime di qualsiasi provenienza e tipo (dai marmi ai graniti), grazie anche alla localizzazione geografica, in un'area posta vicino al nord Europa ed in corrispondenza dell'incrocio degli assi di traffico est-ovest e nord-sud. La disponibilità di materia prima locale, che storicamente ha avuto un ruolo fondamentale nella nascita del sistema produttivo, ha attualmente assunto una posizione marginale rispetto all'elevata quantità di materiale proveniente da zone extraterritoriali.

Dall'osservazione dei due istogrammi di seguito prodotti, relativi ai movimenti in termini di importazioni ed esportazioni delle due fondamentali tipologie di materiali lapidei, il marmo ed il granito, è possibile ricavare alcune informazioni significative. Si nota infatti come nel caso del granito, la materia prima ormai prevalente in termini quantitativi, il prodotto lavorato esportato ed il prodotto grezzo importato siano dello stesso ordine di grandezza, a significare che il granito lavorato proviene tutto da aree esterne alla provincia di Verona. Nel caso del marmo, la tradizionale materia prima locale, l'industria marmifera è ancora rifornita, anche se solo in parte, dall'attività estrattiva locale, come si può desumere osservando la prevalenza dei quantitativi di prodotto lavorato esportato rispetto al prodotto grezzo importato.

Fig. 10.4.2 – Confronto dell'andamento nel tempo dei quantitativi di marmo grezzo importato ed esportato nonché delle relative quantità di marmo lavorato espressi in Kg. (Fonte: Camera di Commercio Industria ed Artigianato di Verona)

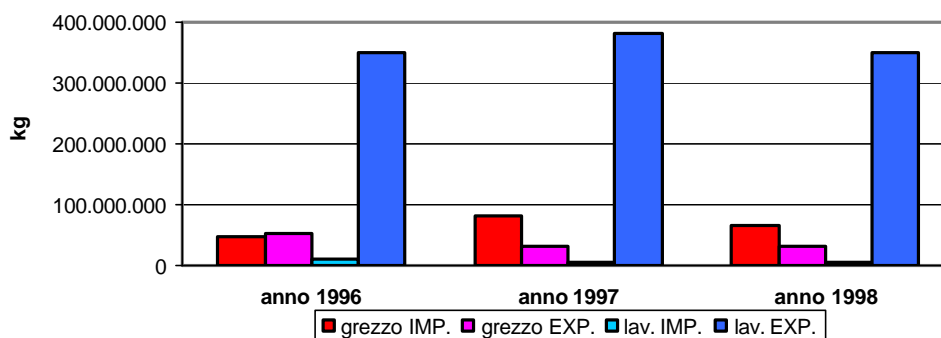
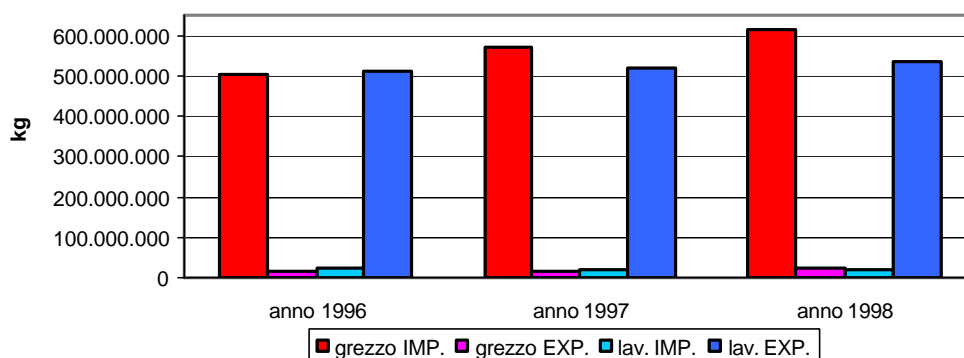


Fig. 10.4.3 – Confronto dell'andamento nel tempo dei quantitativi di granito grezzo importato ed esportato nonché delle relative quantità di granito lavorato espressi in Kg. (Fonte: Camera di Commercio Industria ed Artigianato di Verona)



La lavorazione dei materiali lapidei

Quantitativi di prodotto lavorato suddiviso per tipologia

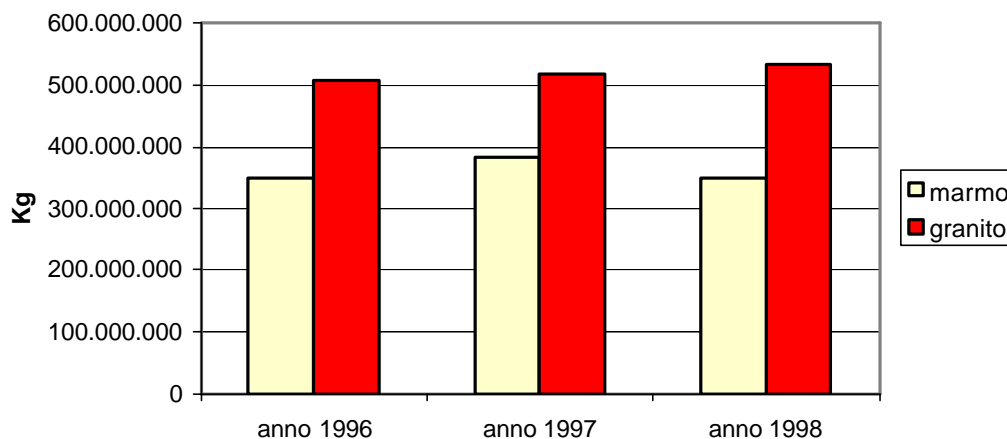
Per valutare i quantitativi di materiali lavorati, su base provinciale, un'indicazione attendibile può essere ottenuta considerando i dati relativi all'esportazione di prodotti finiti, dato che larga parte del materiale lavorato è destinato ad essere collocato fuori provincia. Nel 1999 tali quantitativi sono stati complessivamente di 883.600 tonnellate. Si nota come la tipologia di materiale lavorato in prevalenza sia il granito (per un 60% circa), prevalendo sul marmo che copre circa il restante 40 %.

Le imprese presentano una forte spinta verso i mercati esteri, dove in media viene esportato dal 50% al 90% del fatturato, e anche la percentuale che viene destinata al mercato nazionale viene a sua volta in gran parte esportato. Il mercato principale è il nord Europa, ed in particolare la Germania.

Il processo di sviluppo produttivo ed occupazionale dell'area sta attraversando nel periodo recente un rallentamento, per la sopravvenuta concorrenza di altre realtà produttive ad es. la Cina, la Spagna, la Francia e i Paesi dell'est europeo. Le imprese risentono dell'attuale situazione dei mercati internazionali ed attualmente esistono maggiori difficoltà ad operare; anche i margini economici per le aziende, nell'attuale contesto, non potranno più essere vantaggiosi come qualche anno fa.

Il distretto nell'ultimo periodo si sta organizzando tecnologicamente; sono infatti state create con sede a Volargne di Dolcé importanti strutture quali la Videomarmoteca ed il Centro prove ed analisi dei materiali lapidei. La prima funge da centro polifunzionale in cui vengono svolte attività di informazione, consulenza, ricerca e promozione a servizio degli operatori del settore; la seconda è dotata di un laboratorio con attrezzature di avanguardia per la valutazione delle caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche di ogni tipologia di pietra naturale.

Fig. 10.4.4 – Andamento nel tempo dei quantitativi di materiali lapidei lavorati esportati espressi in Kg. (Fonte: Camera di Commercio Industria ed Artigianato di Verona)



10.5 I rifiuti derivati dalla lavorazione dei materiali lapidei

10.5.1 Introduzione

L'attività delle numerose aziende del distretto consiste nella lavorazione di marmo e materiali lapidei per la produzione di semilavorati e prodotti finiti (lastre e mattonelle) destinate all'impiego nell'industria sia per opere interne (pavimentazioni) che esterne (facciate, scale, colonne).

Il ciclo di lavorazione è costituito da fasi successive che prevedono l'utilizzo di macchinari specifici. I blocchi squadrati o informi vengono tagliati in lastre per mezzo di telai, oppure in strisce dette "filagne" per mezzo di tagliablocchi. I telai sfruttano l'azione svolta dal movimento pendolare di lame in acciaio. Per il granito il taglio avviene in presenza di una miscela abrasiva, costituita da calce e graniglia metallica in sospensione acquosa, mentre per il marmo vengono utilizzate lame diamantate. Il taglio di strisce di granito e marmo avviene per mezzo di tagliablocchi con dischi diamantati.

Seguono una serie di trattamenti superficiali, diversi a seconda del materiale e dell'applicazione cui è destinato. La lucidatura è il trattamento più diffuso e viene condotto allo scopo di ottenere superfici lucide e speculari. Se si desidera conferire al piano segato un aspetto ruvido ma gradevole, specie per l'uso esterno, si ricorre invece ad operazioni quali la "fiammatura", la "bocciardatura", la "sabbatura". Nel caso i materiali presentino delle imperfezioni superficiali si ricorre ad operazioni di stuccatura; nel caso di imperfezioni più estese che possono rendere fragile la lastra, si esegue una "resinatura" dell'intera superficie della lastra. In certi casi si esegue anche un trattamento superficiale con acido cloridrico, per conferire alla superficie un aspetto antico.

Realizzato il trattamento di superficie, le lastre vengono tagliate nelle dimensioni desiderate per mezzo di dischi diamantati, infine sottoposte a finitura (lucidatura dei bordi, taglio in forme particolari, foratura).

Dalle attività di lavorazione derivano importanti quantità di rifiuti riconducibili a due tipologie principali: il cocciame ed i fanghi derivanti dalle acque di lavorazione, per i quali sono stati sviluppati modalità di gestione particolari, in ragione delle loro specificità e delle loro caratteristiche.

10.5.2 Gli indicatori utilizzati

Nome indicatore	DPSIR	Obiettivo	Disponibilità dati	Situazione attuale
Quantitativi di rifiuti del distretto prodotti negli ultimi anni	P	Qual'è l'incidenza dei rifiuti del distretto del lapideo sul totale dei rifiuti speciali prodotti in provincia?	☺	☹
Dislocazione e numero di discariche per rifiuti della lavorazione del marmo e del granito	I	E' sufficiente la presenza di siti di smaltimento autorizzati in provincia?	☺	☹
Quantitativi di rifiuti smaltiti in discarica	R	E' variata la produzione di rifiuti derivanti dalla lavorazione della pietra nel corso del tempo?	☺	☹
Quantitativi di rifiuti recuperati	R	E' in atto una tendenza all'aumento della quota dei rifiuti recuperati sul totale dei rifiuti prodotti?	☺	☺

I rifiuti derivati dalla lavorazione dei materiali lapidei**Quantitativi di rifiuti del distretto prodotti negli ultimi anni**

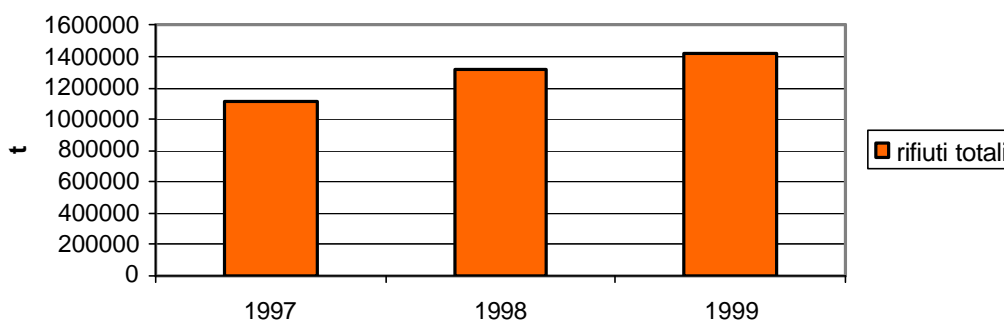
Il processo di lavorazione dei materiali lapidei genera due tipi di rifiuti: il cocciame ed i fanghi originati dalle acque di lavorazione, contraddistinti rispettivamente dai codici 010408 e 010413 del catalogo europeo dei rifiuti. Il cocciame è costituito dagli sfridi di materiale lapideo prodotti dalle operazioni di taglio dei blocchi e delle lastre, e dai pannelli di cemento che vengono interposti tra questi ed il carrello che li sostiene durante il taglio. Viene usualmente stoccato all'aperto in via provvisoria, per poi essere avviato allo smaltimento in discarica controllata per inerti, o per essere avviato al recupero in edilizia quale materiale inerte per conglomerati o pavimentazioni e sottofondi stradali, come previsto dal D.M. del 5/2/1998.

I fanghi di segazione vengono originati in quanto le macchine utensili che realizzano il ciclo produttivo operano asportazioni di materiale e la quasi totalità delle lavorazioni avviene ad umido per esigenze tecnologiche ed igienistiche, sottoponendo la zona di taglio ad un getto continuo di acqua per raffreddare l'utensile ed asportare la polvere prodotta. Per ridurre l'impatto sulle acque superficiali, legato allo scarico di acque inquinate, e nel contempo ridurre i consumi idrici, le aziende si sono dotate di sistemi di trattamento e ricircolo delle acque di lavorazione. I sistemi più semplici comprendono delle vasche di decantazione e/o sedimentatori verticali che producono acqua depurata e fanghi liquidi, caratterizzati da un tenore di secco di circa il 20%. Gli impianti più completi includono anche una linea di compattazione dei fanghi e di filtrazione dell'acqua mediante filtropresse, per ottenere un tenore di secco di oltre il 70%. L'acqua depurata riprende il ciclo di riutilizzo nell'attività, mentre i volumi persi per evaporazione e nei fanghi vengono periodicamente reintegrati. Sia nel bacino della Valpolicella che in quello della Valpantena si sono sviluppate delle realtà consorziali con la realizzazione di impianti centralizzati di filtropressatura, a cui convergono un notevole numero di aziende, conferendo il fango liquido tramite autobotti.

I fanghi sono costituiti da materiale lapideo asportato sotto forma di polvere dai vari utensili durante il taglio e la lucidatura, che può contenere tracce di metalli pesanti provenienti dagli utensili e anche dalla graniglia abrasiva esausta nel caso della segazione di blocchi di granito, e inoltre residui di solventi, in particolare stirene, derivanti dalle operazioni di stuccatura. Si stima che nel complesso la quota di materiale lapideo che si trasforma in rifiuti polverulenti costituisca circa il 25% del peso dei blocchi grezzi; ciò fa comprendere le dimensioni del problema del corretto smaltimento di tali scarti di lavorazione.

I quantitativi complessivi di rifiuti del distretto del lapideo veronese nel triennio 1997-1999 sono riportati nel grafico seguente. Essi ammontano mediamente a circa 1.1-1.500.000 tonnellate per anno, con un andamento in crescita nel periodo di osservazione, e di questi la quantità largamente prevalente è rappresentata dai fanghi. Si deve sottolineare che le quantità di rifiuti da avviare al recupero o allo smaltimento risultano inferiori a quelle prodotte, in quanto la statistica non distingue tra fanghi allo stato liquido, che rappresentano una frazione importante di tutti i fanghi prodotti, ed i fanghi filtropressati, che sono la forma suscettibile di recupero o di smaltimento in discarica. Questi ultimi, essendo privati di circa il 50% dell'acqua contenuta e resi palabili, determinano di conseguenza un apporto ponderale ridotto rispetto ai fanghi di origine. I fanghi ottenuti dalle operazioni di filtropressatura ammontano quindi a circa 8-900.000 tonnellate/anno, pari a circa 500-600.000 metri cubi sulla base di un peso specifico medio di 1.8 tonns/mc.

Fig. 10.5.1 – Andamento nel tempo dei quantitativi di rifiuti derivanti dalla lavorazione dei materiali lapidei prodotti espressi in tonnellate (Fonte: ARPAV)



I rifiuti derivati dalla lavorazione dei materiali lapidei	Dislocazione e numero di discariche per rifiuti della lavorazione del marmo e del granito
---	--

I fanghi prodotti dalla lavorazione dei materiali lapidei, come d'altronde anche il cocciame, sono classificati in base alle normative vigenti come rifiuti speciali inerti e, trattandosi di materiali naturali che non vengono sostanzialmente modificati dalle lavorazioni di taglio e lucidatura, possono trovare recapito finale nelle discariche di seconda categoria tipo A, a condizioni che siano preventivamente resi palabili e non gocciolanti (con umidità inferiore al 30%) per garantire la stabilità del deposito. Le caratteristiche di palabilità e la stabilizzazione sono suscettibili di miglioramento nel tempo anche in ragione della carbonatazione della calce contenuta nei fanghi che avviene, nell'arco di qualche giorno, ad opera dell'anidride carbonica atmosferica.

Particolari considerazioni devono essere fatte per i fanghi provenienti dalla lavorazione degli agglomerati, che rappresentano una quota minore ma importante dell'intera produzione di rifiuti del distretto, pari attualmente a circa 100.000 metri cubi/anno, e tendenzialmente in crescita per le aumentate potenzialità produttive degli impianti e per i risultati positivi del comparto. Tali fanghi devono essere necessariamente smaltiti in discariche per rifiuti speciali di seconda categoria tipo B, dato il loro contenuto in polistirene pari a circa il 5-10% in peso, con una presenza non trascurabile di stirene monomero.

In provincia di Verona, l'attuale destinazione dei fanghi, ad eccezione di quelli da agglomerati, è rappresentata da una serie di discariche di tipo A, elencate nella figura 10.9 dove, per ciascun impianto, sono riportati anche i relativi volumi autorizzati e residui. Tali impianti sono soggetti in genere ad un turn-over abbastanza rapido, e solo una parte di essi è ubicata in zone prossime ai siti produttivi, per la difficoltà di reperire siti idonei e con capacità ricettive adeguate. Tali fattori contribuiscono ad un aggravio dei costi di smaltimento per l'incidenza delle spese di trasporto del materiale. La capacità residua attuale delle discariche non è del tutto soddisfacente e i tempi di esaurimento si prospettano abbastanza ravvicinati.

Per quanto riguarda i fanghi da agglomerati, non esistono in provincia siti di discarica autorizzati per il conferimento. L'attuale destinazione di questi rifiuti è rappresentata da un impianto in provincia di Brescia; nella regione Lombardia vige infatti una normativa che permette il conferimento di questi fanghi in particolari discariche 2A, purché presentino idonee caratteristiche per quanto riguarda il test di cessione con anidride carbonica.

Fig. 10.5.1 – Elenco delle discariche autorizzate per rifiuti del distretto lapideo, con indicazione dei volumi autorizzati e residui in metri cubi al 31.12.2001 (Fonte: Provincia di Verona)

DISCARICHE DI SECONDA CATEGORIA TIPO A			
Ditta	Comune	Volume autorizzato	Volume residuo
A.T.C. di Tezza C.A.	Grezzana	80.000	1.000
BONESINI FRANCO	S.Anna d'Alfaedo	12.000	9.950
BUSATO F.LLI	Grezzana loc. Pilon	27.000	0
BUSATO F.LLI	Grezzana loc. Calcari		0
COMUNE CAPRINO V.SE	Caprino V.se	107.000	0
CONSORZIO LA PIETRA	S.Anna d'Alfaedo	52.000	10.000
CONSORZIO MARMISTI	Illasi	25.500	6.700
ECOVALPANTENA	Verona loc. Pestrino	88.400	60.600
FERRO - DASTY	Verona loc. Cà Brusà	2.000.000	678.000
LONARDI - DASTY	Verona loc. La Rizza	309.300	32.000
BETON MIXER - DASTY	S. Pietro Incariano	728.000	155.000
C.R.A.VER.	S. Martino B.A.	350.000	30.000
C.R.A.VER.	Verona loc. Vaio Bisano	48.000	0
GUARDINI PIETRE	S.Anna d'Alfaedo	13.400	300
MARMI MINCIO	Valeggio sul Mincio	72.000	16460
MARMI MONTEGRAPPA	Grezzana	18.100	0
MIGNOLLI ALFONSO	S.Anna d'Alfaedo	12.800	6.800
PIETRA DELLA LESSINIA	S.Anna d'Alfaedo	11.000	3.300
TECO	Grezzana	40.000	30.000
DISCARICHE DI SECONDA CATEGORIA TIPO B			
AS.MA.VE	Verona loc. San Massimo	237.000	0
*BUSATO F.LLI (ex Rover - 2B)	Grezzana loc. Portello	57.000	20.000

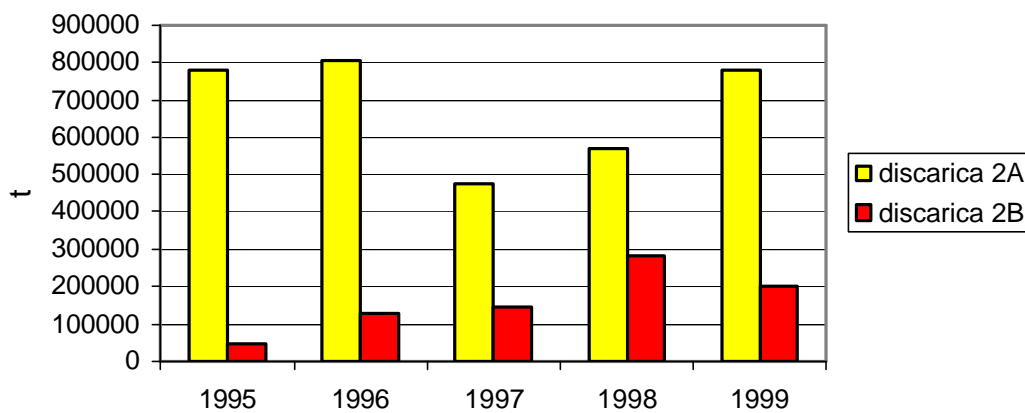
*discarica 2B in passato, attualmente discarica 2A

I rifiuti derivati dalla lavorazione dei materiali lapidei**Quantitativi di rifiuti smaltiti in discarica, per anno, negli ultimi anni**

Le quantità di rifiuti del distretto veronese della lavorazione dei materiali lapidei avviati allo smaltimento in discarica sono stati, nel periodo di tempo di osservazione (anni 1995-1999), compresi tra le 800.000 e le 900.000 tonnellate per anno. Si osserva una certa stabilità nei dati, con la sola anomalia rilevata nel 1997 in cui si sono registrati quantitativi inferiori.

La maggior parte dei rifiuti ha trovato recapito in discariche di seconda categoria tipo A per rifiuti speciali inerti; una quantità ridotta, ma crescente in termini percentuali negli ultimi anni, in cui risulta maggiore del 20%, è stata smaltita in discariche di seconda categoria tipo B. Tale tendenza deriva anche da una maggior attenzione per il rispetto del limite massimo di concentrazione di inquinanti, e segnatamente di stirene, consentito nelle discariche per rifiuti inerti (tale sostanza non deve essere presente nel rifiuto oltre i limiti di rilevabilità strumentale).

Fig. 10.5.2 – Andamento nel tempo dei quantitativi di rifiuti derivanti dalla lavorazione dei materiali lapidei smaltiti in discarica ((Fonte: MUD anni 1995-1999 bonificati – ARPAV))



I rifiuti derivati dalla lavorazione dei materiali lapidei**Quantitativi di rifiuti recuperati**

In conformità ai principi del D. Lgs. 22/97, si sono sviluppate negli ultimi anni iniziative dirette a favorire una riduzione della quantità di rifiuti prodotti ed a promuovere modalità di recupero dei rifiuti del distretto del lapideo.

Esistono difficoltà oggettive a ridurre la produzione dei rifiuti del settore intervenendo su processi che nel tempo si sono industrializzati e di cui si è spinta a buoni livelli l'ottimizzazione. Un importante passo in avanti si è ottenuto con l'estensione delle operazioni di disidratazione meccanica dei fanghi liquidi tramite filtropressatura in impianti realizzati presso i produttori o consortili, che ha permesso di ridurre di circa la metà i volumi di rifiuti da movimentare e gestire. Si pensi che fino a non molti anni fa i rifiuti venivano conferiti in discarica anche in forma liquida pompabile, pratica oggi non più permessa dalla legge.

La seconda importante direzione praticabile è quella di valorizzare il recupero di materiali di scarto, individuando settori in cui questi possono trovare valida collocazione e realizzando alternative allo smaltimento in discarica che risultino vantaggiose per le aziende anche economicamente. Questo percorso è stato avviato, dapprima timidamente, oggi con maggiore sicurezza. Esiste attualmente in provincia di Verona un impianto consortile di filtropressatura, in cui la totalità del fango di marmo è avviata al recupero. Ciò non avviene ancora per il fango da granito, anche se ciò sarà probabilmente possibile in futuro, poiché non esistono difficoltà insormontabili da superare.

L'alternativa allo smaltimento è ancora ridotta in termini quantitativi (una stima per il 2002 parla del 9-10% circa), questa quota potrebbe essere destinata a crescere nel breve e medio termine, vista l'aumentata richiesta di materie prime alternative a prezzi competitivi da parte di chi effettua il recupero, accertata, da una parte la compatibilità di questi materiali sostitutivi con i processi produttivi impiegati senza ripercussioni sulla qualità del prodotto finale, dall'altra la raggiunta consapevolezza degli operatori del marmo di poter abbattere i costi per lo smaltimento. La possibilità di incidere sui processi aziendali rimane comunque condizionata all'individuazione e possibilità di disporre di forme di incentivazione a vario livello, visti gli investimenti iniziali da compiere.

Le operazioni di pretrattamento per il recupero vengono effettuate, come sopra ricordato, in un impianto centralizzato dove il fango di marmo, raccolto in maniera differenziata dai vari produttori, viene conferito in forma liquida pompabile ed in parte già addensato; esso viene trasferito in una vasca di stoccaggio di adeguata capacità per realizzare una miscela omogenea, che consenta di ottenere un prodotto con caratteristiche costanti. Segue poi la filtropressatura del fango, che permette l'asportazione di una notevole percentuale di acqua, passando l'umidità del residuo dall'80 al 20-30%. Il prodotto viene successivamente addensato e sottoposto ad essiccamento, eliminando anche la quota residua di umidità.

Il fango di granito, raccolto separatamente, viene attualmente solo filtropressato in una linea produttiva separata; il suo trattamento richiede l'impiego di impianti dedicati, in quanto più abrasivo del marmo per il notevole contenuto in silice e la presenza di graniglia metallica, e di conseguenza sono necessari ulteriori investimenti economici.

I tipi di recupero possibili sono molteplici, in quanto l'elevata concentrazione di carbonato di calcio può rendere compatibile il fango di marmo essiccato con vari processi produttivi in sostituzione del calcare di cava. I settori produttivi in cui viene impiegato il carbonato di calcio sono numerosi: l'industria della plastica, della carta, della gomma, della ceramica, del cemento, del calcestruzzo, dei mangimi, dei concimi, del vetro, dell'acciaio, delle vernici, dei farmaci, degli intonaci e dei rivestimenti, infine in agricoltura come correttivo di acidità.

Le forme di recupero che nella realtà veronese si sono dimostrate fattivamente praticabili e sono attualmente realizzate sono, in ordine di importanza, le seguenti: utilizzo come materiali di riempimento nella produzione di guaine bituminose e materie plastiche; per desolfurazione dei fumi di combustione nei sistemi di filtrazione dell'aria; come materiale di riempimento nelle formulazioni degli strati di asfalto superficiale per pavimentazioni stradali.

I fanghi di natura carbonatica previamente essiccati possono, per le loro caratteristiche chimiche e mineralogiche e la loro distribuzione granulometrica molto fine, essere utilizzati come cariche minerali, purché preventivamente essiccati e sottoposti ad un controllo della granulometria.

Nel caso delle materie plastiche, materiali inerti sono addizionati come riempitivi o cariche allo scopo di consentire una riduzione dei costi del manufatto, e a volte anche per conseguire un miglioramento di alcune caratteristiche in relazione agli usi previsti. Uno dei materiali più utilizzati allo scopo è il carbonato di calcio ottenuto macinando il calcare di cava, posto in commercio con il nome di ventilato, che copre circa il 50% del mercato dei materiali riempitivi e rinforzanti a basso costo. Esso

può concorrere alla composizione dei prodotti finiti per circa il 10-50% in peso nel caso dei materiali termoplastici; percentuali anche superiori si hanno per quelli termoindurenti. Le maggiori possibilità di utilizzo si hanno nel caso dei prodotti ottenuti per stampaggio o estrusione per i quali non siano richiesti standard qualitativi molto elevati, per esempio i tubi in PVC non destinati a sopportare forti pressioni o sollecitazioni termiche, come quelli impiegati in edilizia o per la protezione di circuiti elettrici, che possono contenere fino al 60% in peso di carica.

Per gli stessi motivi, i fanghi carbonatici si prestano quale materie prime alternative per la realizzazione di materiali impiegati in edilizia, quali le guaine bituminose impermeabili, ed entrano anche per la loro ridotta granulometria nella composizione degli strati più superficiali di conglomerato bituminoso per pavimentazioni stradali.

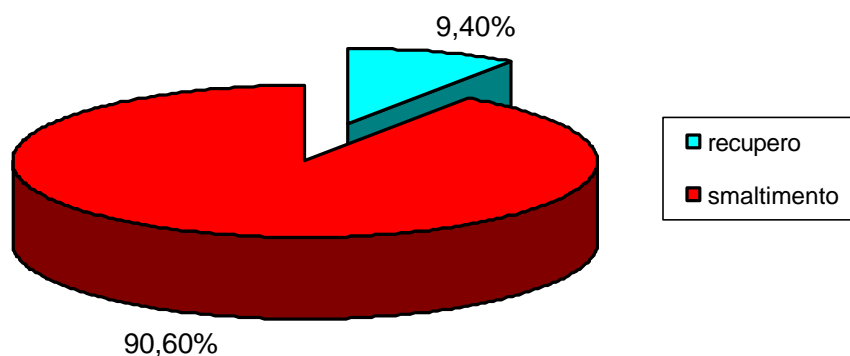
Un'altra importante possibilità di utilizzo dei fanghi di marmo è rappresentata dai sistemi di abbattimento degli ossidi di zolfo (SO_2 , SO_3) dai fumi di combustione. Tale opportunità diventa interessante economicamente nel momento in cui i costi di trasporto dei fanghi presso la più vicina centrale termica risultano inferiori ai costi trasporto e smaltimento in discarica. I processi di abbattimento si realizzano mettendo a contatto le emissioni gassose con opportuni reagenti in grado di trattenere gli SO_x tramite assorbimento o reazione chimica. Il calcare, utilizzato come tale, oppure calcinato (CaO) o calcinato e idratato [$\text{Ca}(\text{OH})_2$], si presta a questa funzione per la sua facilità a combinarsi con gli SO_x , unendo agli elevati rendimenti di depurazione il fatto di essere disponibile a basso costo e di non generare un residuo di difficile smaltimento. L'adozione di tali processi comporta la produzione di importanti quantità di fanghi costituiti da una miscela di solfito e solfato di calcio, che tuttavia sono suscettibili a loro volta di forme di recupero, nei cementifici per la produzione di clinker, di prodotti per l'edilizia in genere, per la formazione di rilevati e il recupero ambientale.

Esiste infine nell'impianto consortile citato una linea produttiva minore per la lavorazione del solo fango derivante da marmo di Carrara, che è costituito da carbonato di calcio quasi puro. Le caratteristiche di questo fango essiccato si prestano alla sua introduzione nei mangimi come integratore per l'alimentazione animale, dove viene impiegato in percentuali tra il 7-10%.

In definitiva, esistono concrete possibilità di indirizzare una quota rilevante dei rifiuti delle lavorazioni del distretto lapideo veronese in attività di recupero di materiali. Occorre tuttavia che le aziende del settore acquisiscano maggiore consapevolezza di queste opportunità, che richiedono invero notevoli investimenti per la realizzazione di impianti centralizzati di filtrazione ed essiccamento dei fanghi, con linee differenziate per il marmo ed il granito. A monte occorre riorganizzare nelle stesse aziende la gestione dei rifiuti, realizzando una raccolta differenziata del fango di calcare o di granito, e ciò comporta per le stesse il dotarsi di impianti di trattamento delle acque e sistemi di stoccaggio separati (vasche separate per le due tipologie di rifiuti liquidi pompabili, periodicamente prelevati con autobotti e conferiti all'impianto centralizzato). In alternativa, le aziende dovrebbero dotarsi di filtropresse dedicate per i fanghi di marmo o di granito.

Attualmente, solo una parte delle aziende del distretto si è dimostrata interessata a tali alternative allo smaltimento dei rifiuti in discarica, ma è possibile un allargamento dei consensi sulla scorta dei risultati positivi delle prime esperienze avviate, e di un'attenta valutazione della validità della soluzione in termini economici di rapporto costi benefici.

Fig. 10.5.3 – Stima dei quantitativi previsti di fanghi derivanti dalla lavorazione dei materiali lapidei avviati al recupero nel 2002 (Fonte: ARPAV)



10.6 L'impatto sull'ambiente

10.6.1 Introduzione

Tra i potenziali impatti ambientali negativi del distretto produttivo del lapideo veronese, oltre agli aspetti legati al trattamento delle acque di lavorazione ed alla produzione di rifiuti, già diffusamente affrontati nei paragrafi precedenti, sono da tenere in considerazione i seguenti fattori:

- emissioni in atmosfera di polveri e sostanze organiche volatili
- traffico di mezzi pesanti
- rumore
- alterazioni ambientali significative presso i siti di deposito finale dei rifiuti (discariche).

In relazione alla possibilità di dispersione di polveri, il rischio è notevolmente ridotto poichè la maggior parte delle lavorazioni viene condotta ad umido, mentre le uniche lavorazioni che vengono realizzate a secco sono operazioni manuali di finitura. Presso queste postazioni di lavoro si ricorre all'installazione di sistemi di aspirazione adeguati per tutelare la salute degli operatori. L'aria aspirata, prima di essere convogliata all'esterno, viene trattata con sistemi di abbattimento a secco come i filtri a manica o ad umido, in entrambi i casi si possono ottenere risultati soddisfacenti se gli impianti sono sottoposti a regolare manutenzione. Polveri di maggiore granulometria vengono prodotte anche nelle operazioni di fiammatura e sabbiatura; nel primo caso le polveri sono asportate con il lavaggio dei materiali, nel secondo vengono in genere installati sistemi di abbattimento e recupero della sabbia abrasiva.

Un'altra fonte di rischio di inquinamento in atmosfera è collegato all'utilizzo nelle lavorazioni di prodotti contenenti sostanze volatili. Per le operazioni di stuccatura si fa ricorso in genere a prodotti a base di resina poliesteri stirenica (con contenuto in stirene monomero di circa il 20%) cui viene aggiunto come iniziatore un catalizzatore a base di perossido organico. Lo stirene per la maggior parte polimerizza nella formazione della resina; essendo un liquido volatile, una frazione viene dispersa nell'ambiente, in misura variabile in funzione del modo di applicazione e dei quantitativi in uso. Tali lavorazioni vengono condotte in postazioni con sistemi di aspirazione localizzata. I flussi di massa di stirene risultano tuttavia contenuti, ed è generalmente possibile rispettare i limiti di legge (D.M. 12 luglio 1990) senza predisporre sistemi di abbattimento delle sostanze organiche volatili. Anche i trattamenti con acido producono emissioni, in questo caso di vapori di acido cloridrico; è pertanto necessario installare punti di aspirazione localizzata per l'espulsione dei vapori all'esterno, previa eventuale depurazione degli stessi.

Gli impianti di discarica riservati ai rifiuti del distretto autorizzati nella provincia sono stati in precedenza illustrati. In sede di autorizzazione amministrativa vengono stabilite per ogni impianto una serie di previsioni progettuali e prescrizioni finalizzate a prevenire eventuali impatti negativi sull'ambiente derivanti dalle attività lavorative.

In particolare, vengono previsti controlli anche analitici, sui rifiuti in ingresso all'impianto, e presidi impiantistici mirati a tutelare le acque sotterranee e a prevenire la dispersione di polveri nelle aree circostanti. A protezione della risorsa acqua è prevista l'impermeabilizzazione del fondo della discarica con limo di granito a bassa permeabilità, e l'allestimento di piezometri per il monitoraggio delle acque di falda, ubicati a monte ed a valle della discarica. Si stabiliscono inoltre prescrizioni per impedire il trasporto eolico delle polveri nelle fasi di movimentazione dei mezzi e di trasporto del rifiuto in discarica.

Per quanto riguarda la tipologia dei rifiuti oggetto dello scarico (in prevalenza fanghi filtropressati derivanti dalla segazione di marmi e graniti), non potendo escludere la possibilità di smaltimenti irregolari, si dispongono controlli analitici, mirati in principalmente a verificare l'assenza di sostanze inquinanti che potrebbero derivare da taluni cicli di lavorazione (ad esempio metalli pesanti, solventi organici aromatici quali esempio lo stirene).

Tra i controlli che devono essere condotti è prevista l'analisi periodica del rifiuto da parte del gestore della discarica presso tutte le ditte che in essa conferiscono. Il gestore deve provvedere inoltre ad effettuare verifiche periodiche del livello di falda dei piezometri di controllo ed analisi chimiche delle acque prelevate.

10.6.2 Gli indicatori utilizzati

Nome indicatore	DPSIR	Obiettivo	Disponibilità dati	Situazione attuale
Numero di aziende con obbligo di autocontrollo delle emissioni	R	Quali e quanti sono gli impianti con obbligo di autocontrollo delle emissioni in atmosfera?	☺	☺
Valori medi di concentrazione di COD, manganese e conducibilità nella discarica di tipo 2A della ditta Dasty	I	E' possibile evidenziare la presenza di variazioni di rilievo della qualità delle acque falda incidenti l'area della discarica in esame?	☺	☺
Valori medi di COD, conducibilità e manganese nella discarica di tipo 2A della ditta C.R.A.V.E.R	I	E' possibile evidenziare un qualche trend nei valori di manganese e conducibilità nelle acque di falda incidenti l'area della discarica in esame?	☺	☺

L'impatto sull'ambiente**Numero di aziende con obbligo di autocontrollo delle emissioni**

Uno dei possibili impatti dannosi per l'ambiente dovuti all'attività delle industrie di lavorazione dei materiali lapidei è rappresentato dalle emissioni in atmosfera di polveri e sostanze organiche volatili.

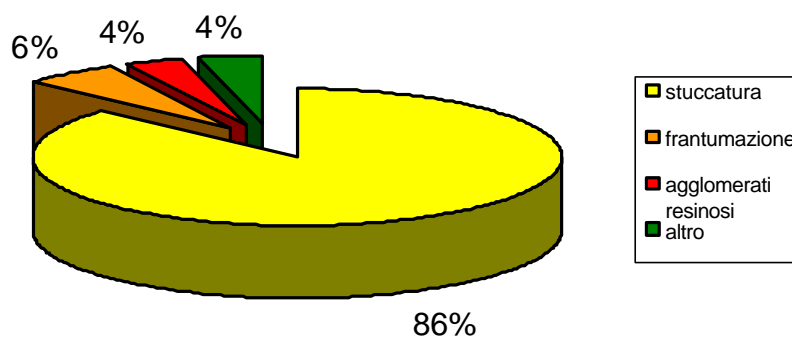
Le aziende del distretto sottoposte ad autorizzazione alle emissioni convogliate in atmosfera ai sensi del DPR 203/88 sono attualmente 106. E' possibile, sulla base del tipo di lavorazioni soggette ad autorizzazione, suddividerle in aziende che effettuano operazioni di:

- stuccatura (la maggior parte);
- frantumazione e/o macinazione di materiali lapidei di cava o provenienti da residui di lavorazione per la produzione di granulati e/o polveri;
- produzione di agglomerati, che comprende sia fasi di macinazione del materiale che l'emissione di sostanze organiche volatili nella formazione delle matrici resinose;
- altre attività collaterali, come produzione di abrasivi, mastici, lucidanti.

Esiste inoltre un problema generale di polverosità diffusa degli ambienti interni ed esterni, più difficile da controllare, che si accentua nei periodi di siccità. Questo fenomeno deriva dalla polvere dispersa in aria anche in forma di aerosol, dalla polvere depositata sulle superfici, dai fanghi in deposito e può essere in parte limitato con alcuni accorgimenti quali l'asfaltatura o copertura con cemento dei piazzali e la creazione di sistemi idonei di convogliamento e raccolta delle acque, per favorire il lavaggio e l'asportazione della polvere del materiale lavorato.

La presenza di queste problematiche è rilevante soprattutto nelle aziende che conducono attività di frantumazione e macinazione. Un recente approfondimento condotto dall'ARPAV su questo tipo di aziende, ha evidenziato la necessità di adeguamenti impiantistici dei sistemi di aspirazione, abbattimento e contenimento delle polveri. Per ridurre tali fenomeni, particolare importanza assumono la copertura dei piazzali, la conduzione delle operazioni di carico e scarico dei materiali in ambienti confinati, la pulizia periodica dell'area degli stabilimenti.

Fig. 10.6.1 – Ripartizione per tipologia di lavorazione delle aziende del distretto del lapideo veronese soggette ad autorizzazione alle emissioni in atmosfera ai sensi del DPR 203/88 (Fonte: ARPAV)

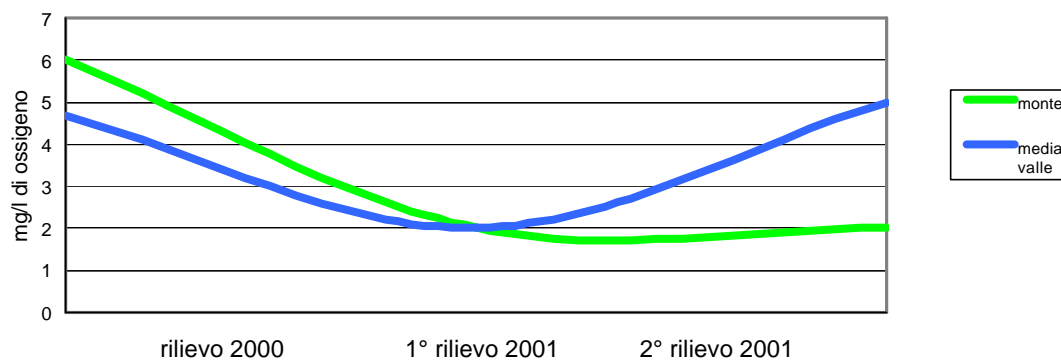


L'impatto sull'ambiente**Valori medi di COD, manganese e conducibilità nella discarica di tipo 2A della ditta Dasty.**

Vengono di seguito raffigurati alcuni risultati del monitoraggio delle acque di falda attivati dal 1999 presso la discarica Ferro-Dasty, ubicata nella zona sud del comune di Verona e al servizio del bacino della Valpolicella. Sono stati presi in considerazione i parametri giudicati maggiormente rappresentativi quali indicatori di eventuali situazioni di degrado delle acque di falda riconducibili alla discarica.

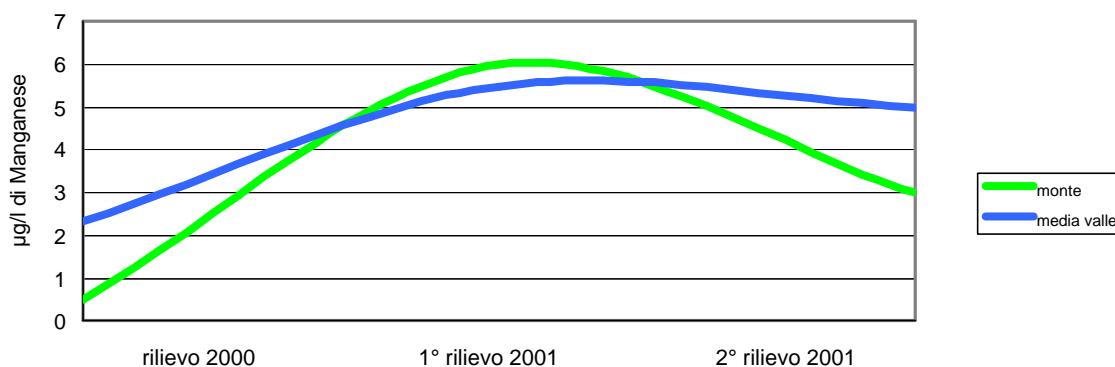
La domanda chimica di ossigeno (o C.O.D.) è un parametro che viene tipicamente determinato nei corpi idrici per valutare il carico di sostanza organica presente. Tale determinazione viene eseguita anche sulle acque di falda prelevate nell'intorno di discariche per rifiuti, e contribuisce ad evidenziare eventuali fenomeni di contaminazione connessi alla presenza dell'impianto. Il grafico seguente mostra che i valori di C.O.D. sono molto simili a monte e a valle dell'impianto; questo fatto tende a fare escludere l'ipotesi dei predetti fenomeni.

Figura 10.6.2: Confronto tra i valori di C.O.D. delle acque di falda, misurati in pozzi spia posti a monte ed a valle, rispetto al verso prevalente di scorrimento, presenti presso la discarica per rifiuti speciali inerti DASTY in località Bernascona – Comune di Verona. (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



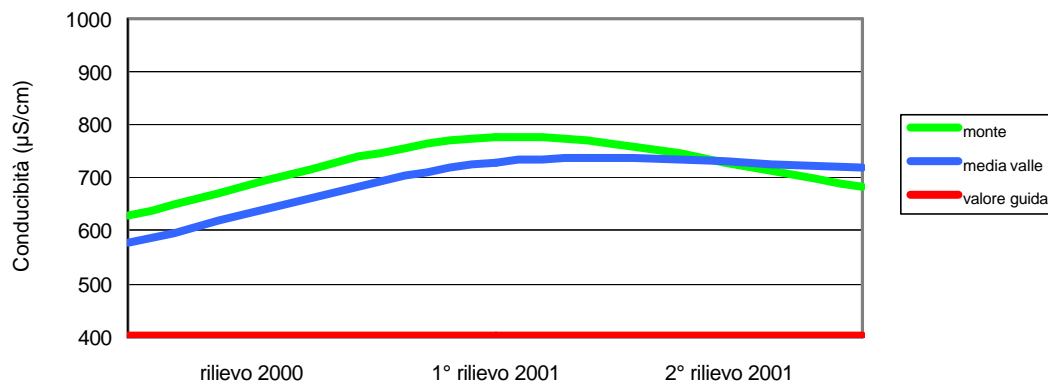
Il manganese rappresenta una delle specie metalliche determinate durante le campagne di monitoraggio eseguite sui pozzi-spia di impianti per lo smaltimento di rifiuti urbani o speciali. La concentrazione limite è fissata a 50 µg/l dal D. M. 471/99. I valori rilevati a monte e a valle dell'impianto risultano molto simili, e portano quindi ad escludere fenomeni di dispersione in falda dovuti alla presenza della discarica.

Figura 10.6.3: Confronto tra i valori di Manganese delle acque di falda, misurati in pozzi spia posti a monte ed a valle, rispetto al verso prevalente di scorrimento, presenti presso la discarica per rifiuti speciali inerti DASTY in località Bernascona – comune di Verona. (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



La conducibilità elettrica specifica fornisce informazioni relativamente all'eventuale carico inquinante presente in un corpo idrico, derivante dai sali in esso presenti. I percolati di discarica presentano tipicamente valori elevati di salinità, e pertanto la misura della conducibilità elettrica specifica è parametro importante per valutarne la eventuale dispersione in acque di falda. Il grafico riportato di seguito mostra come, nei pozzi di controllo nell'intorno della discarica in esame, la conducibilità elettrica specifica si mantenga quasi sempre superiore al valore guida stabilito a norma di legge (che non rappresenta comunque un valore limite). I valori rilevati e il loro andamento nel tempo sono molto simili per i pozzi a monte e a valle dell'impianto e ciò tende a far escludere l'ipotesi di una dispersione di specie ioniche in falda.

Figura 10.6.4: Confronto tra i valori di conducibilità elettrica specifica delle acque di falda, misurati in pozzi spia posti a monte ed a valle, rispetto al verso prevalente di scorrimento, presenti presso la discarica per rifiuti speciali inerti DASTY in località Bernascona – comune di Verona. (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



L'impatto sull'ambiente**Valori medi di conducibilità e manganese nella discarica di tipo 2A della ditta C.R.A.V.E.R.**

Vengono di seguito illustrati alcuni risultati del monitoraggio delle acque di falda attivati dal 1999 presso la discarica C.R.A.VER. di S. Martino Buon Albergo, a servizio del bacino della Valpantena. Sono stati presi in considerazione i parametri giudicati più rappresentativi ed indicatori di eventuali situazioni di degrado delle acque di falda riconducibili alla discarica.

Alla luce dei risultati analitici, qui in parte rappresentati, si osserva che:

- durante il periodo di monitoraggio (1999-2001) non si sono registrati superamenti dei limiti previsti dalle norme di riferimento (D.M. 471/99, D.P.R. 236/88) per nessuna delle specie chimiche considerate;
- nello stesso periodo di tempo di osservazione non si riscontrano variazioni di rilievo nel raffronto monte-valle della concentrazione dei parametri chimici considerati;
- non è possibile evidenziare manifeste situazioni in cui sia rintracciabile un andamento di peggioramento nel tempo dello stato qualitativo delle acque di falda per i parametri chimici considerati.

Figura 10.6.5: Confronto tra i valori di conducibilità elettrica specifica delle acque di falda, misurati in pozzi spia posti a monte ed a valle, rispetto al verso prevalente di scorrimento, presenti presso la discarica per rifiuti speciali inerti CRAVER in comune di San Martino Buon Albergo. (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)

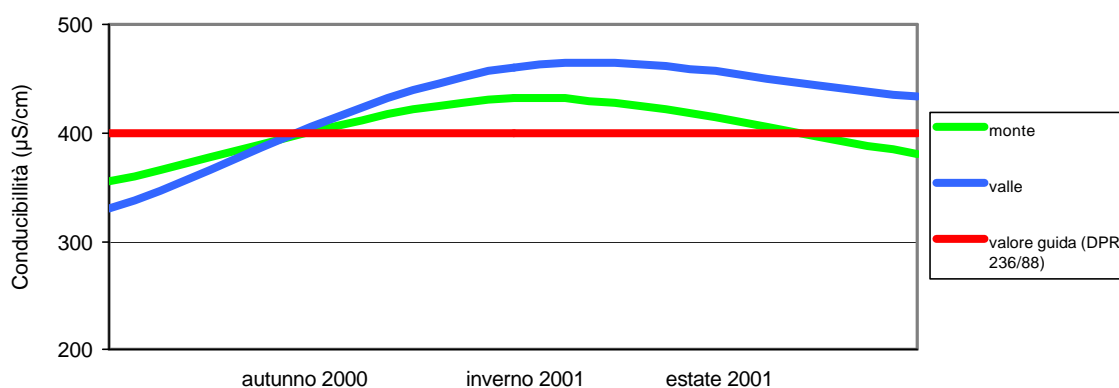


Figura 10.6.6: Confronto tra le concentrazioni di manganese delle acque di falda, misurati in pozzi spia posti a monte ed a valle, rispetto al verso prevalente di scorrimento, presenti presso la discarica per rifiuti speciali inerti CRAVER in comune di San Martino Buon Albergo. (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)



[Ritorna all'indice](#)