

**INTERVENTI DI RECUPERO AMBIENTALE
DI CAVE
IN PROVINCIA DI PAVIA:
CRITERI E METODI PER LA LORO
SELEZIONE**

Tesi di laurea
In Scienze Geologiche Applicate
di DAVIDE NOTTI

Relatore: dott.sa Claudia Meisina
Correlatore: prof. Achille Piccio

Anno Accademico 2004 / 2005

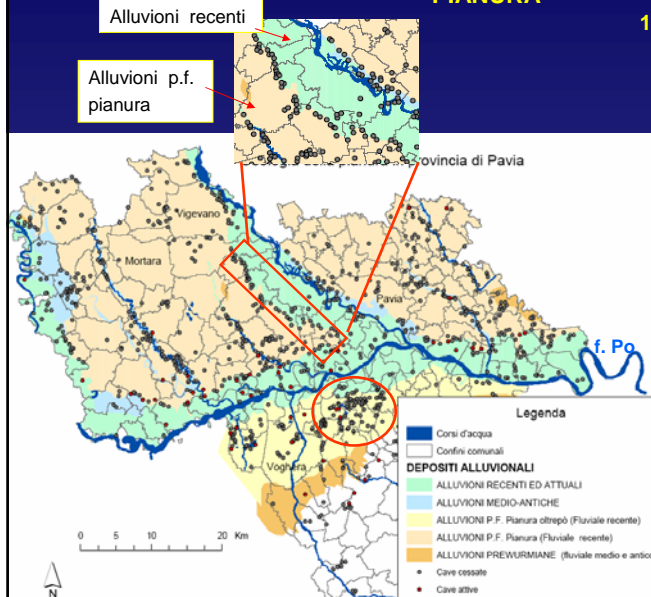
SCOPI DELLA TESI

**LA SCELTA DI UN NUMERO SELEZIONATO DI CAVE IN PROVINCIA
DI PAVIA SU CUI ESEGUIRE INTERVENTI DI RECUPERO TRAMITE:**

1. Studio del territorio in relazione all'attività estrattiva.
2. Analisi statistica del database delle cave.
3. Adozione dei criteri per la messa a punto di un modello per la selezione delle cave, con particolare attenzione alle problematiche geologico-ambientali.
4. Elaborazione del modello e controllo sul terreno dei risultati ottenuti e calibrazione del modello.
5. Analisi di dettaglio (in particolare sulla stabilità dei fronti) e interventi di recupero ambientale sulle cave selezionate.

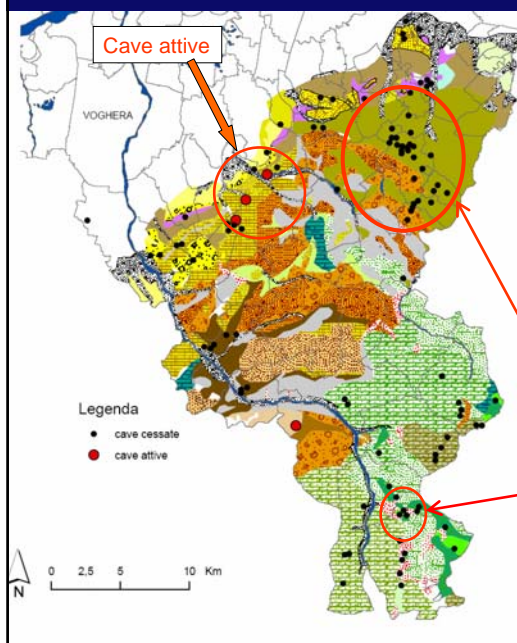
1. Studio del territorio

CAVE E ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELLA ZONA DI PIANURA



1. Nella Lomellina e nel Pavese le cave sono in prevalenza a tipologia "arretramento di terrazzo" per l'estrazione di sabbia e ghiaia, in particolare sono presenti nei terrazzi del Po, del Ticino e di altri corsi d'acqua.
2. Nell'Oltrepò le cave estraggono argilla con metodologia a fossa, in particolare nella zona a NE di Voghera.

ATTIVITÀ ESTRATTIVA E ASPETTI GEOLOGICI NELLA ZONA COLLINARE E MONTUOSA



1. L'attività estrattiva attualmente è ridotta, sono presenti solo alcune cave per l'estrazione di livelli cineritici usati come correttivi nella produzione del cemento dalla formazione delle Marne di Monte Lumello.
2. Le cave cessate mostrano che nel passato erano principalmente sfruttati:
 - Calcarì dalla formazione della Val Luretta per la produzione di cemento in valle Versa.
 - Le serpentiniti come rocce ornamentali nella zona del Brallo
 - In misura minore sono presenti cave di arenarie, gesso

CAVE E IDROGEOLOGIA

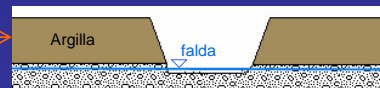
La conoscenza del sistema acquifero permette di conoscere le possibili interazioni dell'attività estrattiva

➤ Nella Lomellina e nel Pavese la prima falda raggiunge i valori minimi di soggiacenza nelle zone in prossimità dei corsi d'acqua principali. Le cave a fossa presenti in queste zone sono in genere sottofalda



➤ Le cave di terrazzo, di solito, possono al massimo intercettare qualche falda sospesa

➤ Nella pianura dell'Oltrepò è presente una copertura argilloso-limosa di spessore variabile che protegge la falda.



2. Analisi database delle cave

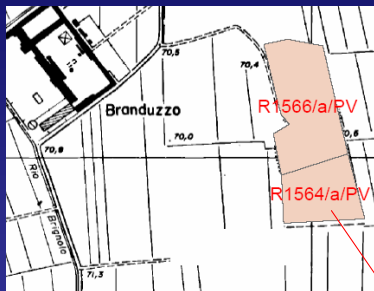
Sulla base delle informazioni contenute nel database delle cave attive e cessate della provincia di Pavia, integrate con i dati del Piano Cave (2005), del PTCP sono state fatte delle elaborazioni statistiche al fine di:

- Analizzare la relazione fra alcuni parametri di carattere geologico, ambientale, antropico ed economico e le cave cessate e attive.
- Individuare le differenze fra le varie macroaree estrattive (Lomellina, Pavese, Oltrepò pianura e Oltrepò montagna e collina)

La distribuzione statistica dei dati è stata, nella fase successiva, una delle basi per assegnare i valori di recuperabilità e suddividerli in classi

STRUTTURAZIONE DATABASE

- Il database, in base alle norme regionali (*DGR n°7/4492 del 4/5/2001*), è composto da un parte alfanumerica e da un parte grafica georeferenziata per essere usata in un ambiente GIS, un codice identificativo per ogni cava ha permesso di correlare i due database.



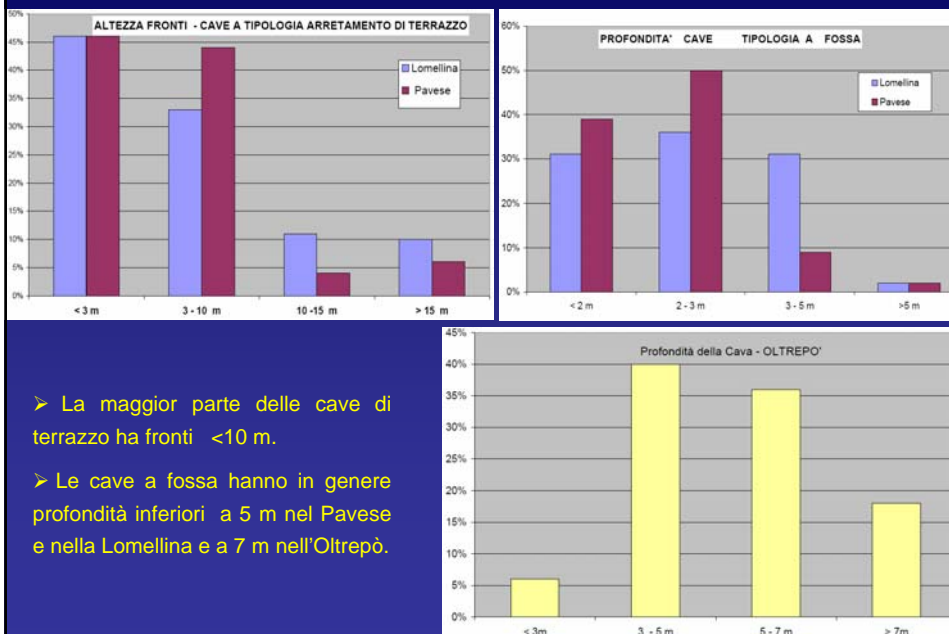
A1 Provincia:	A2 Comune:	A2_1 Cod. ISTAT:
Pavia	CASTELLETTO DI BRANDUZZO	18038
A3 Località:		A4 Denominazione ex cava:
Branduzzo Sud - Est		BRANDUZZO#1
Inserita in piano cave <input type="checkbox"/> No		
A9: Sezione CTR (scala 10.000) B8a2		
Coordinate baricentriche Gauss-Boaga :		
A10X:	A10Y:	
1507100	4968900	
Foto aerea <input type="checkbox"/> No		
A14: Data volo:	A15: Num. striscia:	A16: Num. foto:
A12: Tipo di cava		A13: per cave a cielo aperto
<input type="checkbox"/> A cielo aperto		<input type="checkbox"/> Altro
A14: Pendenza media del versante <input type="text"/> 0 gradi		
A15: Quota media della falda s.l.m. <input type="text"/> 0 m.		
Tipo di cava cessata <input type="text"/> Cava dismessa		
A5: 1: Delibera num. A5 2: Data		
6: Sigla della cava		
R1564/a/PV		

Limiti:

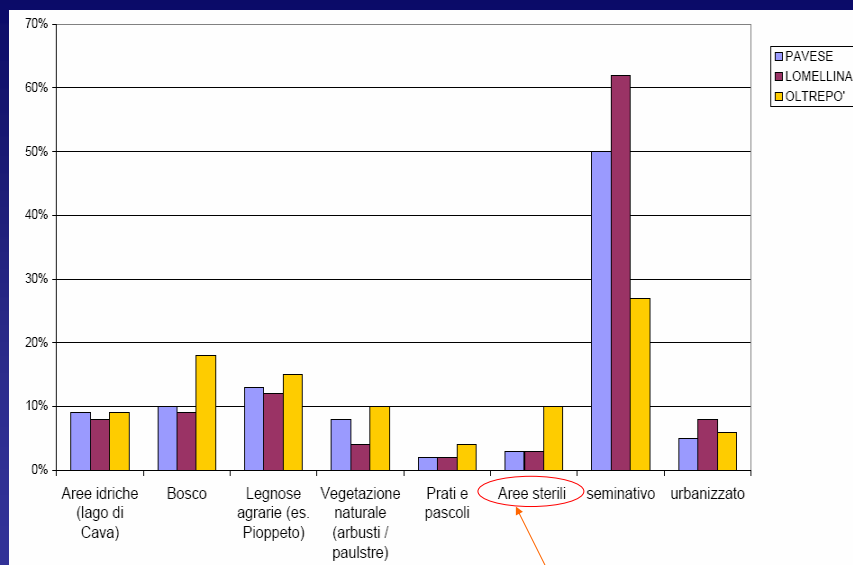
- Aggiornamento
- Imprecisione
- Mancanza di alcuni dati che si sono dovuti integrare da altre fonti

ALCUNE STATISTICHE SIGNIFICATIVE SULLE CAVE CESSATE

1. DIMENSIONI



2. USO DEL SUOLO



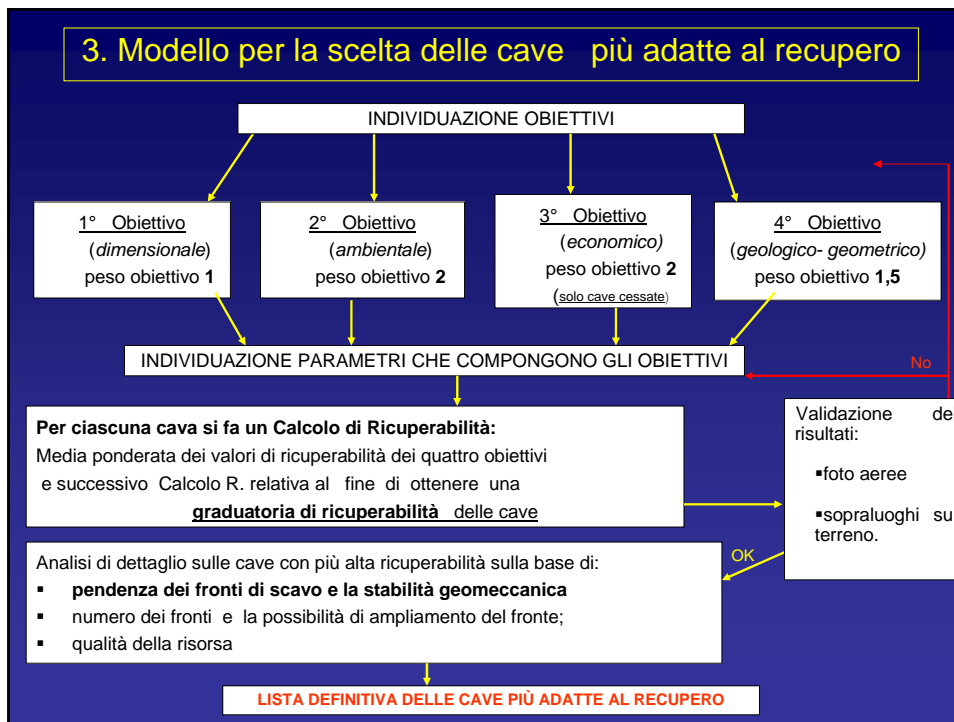
Cave con attività estrattiva cessata recentemente

3. INTERAZIONE FRA CAVE ED ELEMENTI DEL PAESAGGIO ED ANTROPICI

Cave in aree sottoposte a vincoli ambientali, o vulnerabili	PAVESE	LOMELLINA	OLTREPO'
Cave in zone ad interesse paesaggistico/ambientale.	38%	41%	35%
Cave poste a 150m da corso d'acqua (D.lgs 490/99 art. 146)	9%	9%	2%
Fasce fluviali P.A.I	A 5% B 4% C 8%	A 9% B 5% C 3%	A 0 B 0,8% C 13%
Cave in prossimità d'aree d'interesse (archeologico/paleontologico) <500m	14%	12%	18%
Cave a meno di 100m dalla viabilità	30%	18%	30%

DISTANZA DA CENTRI ABITATI	LOMELLINA	PAVESE	OLTREPO' pianura	OLTREPO' montagna/collina
<0,5 km	7%	8%	25%	5%
0,5 - 1 km	16%	25%	31%	14%
1- 2 km	40%	39%	36%	23%
Oltre 2 km	37%	27%	8%	58%

3. Modello per la scelta delle cave più adatte al recupero



OGNI OBIETTIVO INDIVIDUATO RAPPRESENTA UNA PROBLEMATICHE CHE RECA LA CAVA:

- Obiettivo 1 (**dimensionale**) PESO 1. E' formato da un solo parametro, e correla le dimensioni della cava ad un valore di ricuperabilità.
- Obiettivo 2 (**ambientale**) PESO 2. E' Formato dalla media ponderata di vari parametri riguardanti l'impatto cava-ambiente:
 1. vincoli ambientali;
 2. problemi di compatibilità con elementi ambientali;
 3. tipologia di cava.
- Obiettivo 3 (**economico**) PESO 2. E' usato solo per le cave cessate, indica la convenienza a procedere al recupero è formato dai parametri:
 1. Volume rimasto per l'escavazione;
 2. Interventi di recupero già effettuati;
 3. accessibilità del sito.
- Obiettivo 4 (**Geologico-geometrico**) PESO 1,5. Con i dati disponibili si cercato di individuare i parametri che hanno un'influenza sulla stabilità dei fronti o sulla vulnerabilità della falda:
 1. altezza dei fronti di scavo;
 2. profondità della cava;
 3. soggiacenza della falda.

ESEMPIO DI ATTRIBUZIONE DEI VALORI

L'obiettivo geologico-geometrico che ha un peso di 1,5 nella calcolo del valore di ricuperabilità finale, è formato da 3 parametri:

1. Altezza del fronte di scavo (peso 1):

Altezza del fronte p. 1	Indice ric.
< 3 m	1
3 - 10 m	1.5
10 - 15 m	1.8
> 15 m	2

2. Profondità della cava (peso 1):

Profondità cava	Indice ric.
< 3m	1
3 - 7 m	1.5
5 - 9 m	1.7
> 9 m	2

3. Soggiacenza della falda (peso 1):

Profondità falda p. 1	Indice ric.
Cava sottofalda	2
< 2m	1.8
2 - 6	1.6
6 - 10	1.3
> 10 m	1

Modello di calcolo:

1° Fase: Come viene calcolato il valore di R. per ciascuna cava

1) Per ogni obiettivo il Valore medio ricuperabilità calcolato per ogni cava, è dato dalla **MEDIA PONDERATA** dei vari **PARAMETRI**

$$R. \text{ Obiettivo X} = \frac{(\text{parametro 1} * \text{peso del parametro 1} + \dots + \text{parametro N} * \text{peso del parametro N})}{(\sum \text{pesi parametri})}$$

2) Il Valore di ricuperabilità **FINALE** per ciascuna cava, è dato dalla **MEDIA PONDERATA** dei vari **OBIETTIVI**

$$R. \text{ Finale} = \frac{(\text{obiettivo1} * \text{peso del obiettivo 1} + \dots + \text{obiettivo N} * \text{peso del parametro})}{(\sum \text{pesi obiettivi})}$$

Modello di calcolo:

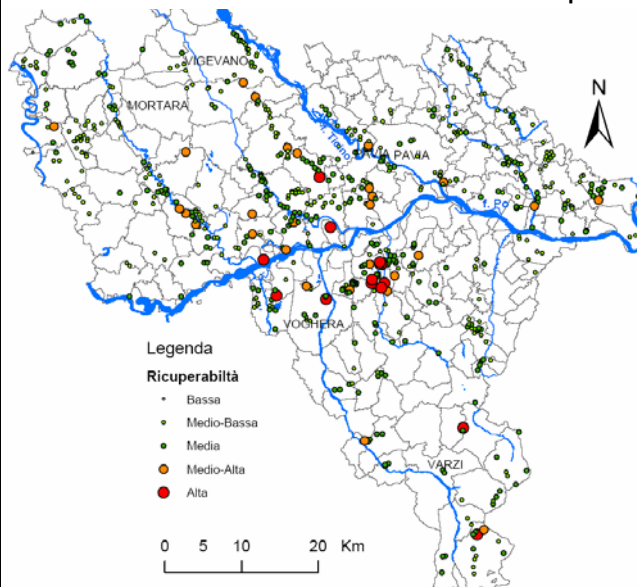
2° Fase: Attribuzione dei valori di ricuperabilità relativa

Si fa una **media** dei valori di ricuperabilità di tutte le cave e si calcola lo scarto c'è fra il valore di ricuperabilità medio e quello di ciascuna cava, in base alla distribuzione dei valori si sono ottenute cinque classi relative di ricuperabilità.

	Valore ricuperabilità	Scarto percentuale dalla media	Ricuperabilità relativa
Cava 1	9,5	- 5%	Medio_bassa
Cava 2	10,5	+ 5%	Media
Cava 3	11	+ 31%	Medio_alta
Cava 4	8	- 20%	Bassa
Cava 5	15	+ 50%	Alta
MEDIA	10		

4. Risultati e controlli delle elaborazioni

Carta delle cave cessate classificate in base alla ricuperabilità



Sono state selezionate le cave aventi ricuperabilità **alta, e medio alta:**

- Per le cave cessate circa 50 dalle 936 iniziali (6%)
- Per le cave attive 5 cave delle iniziali 51 (10%)

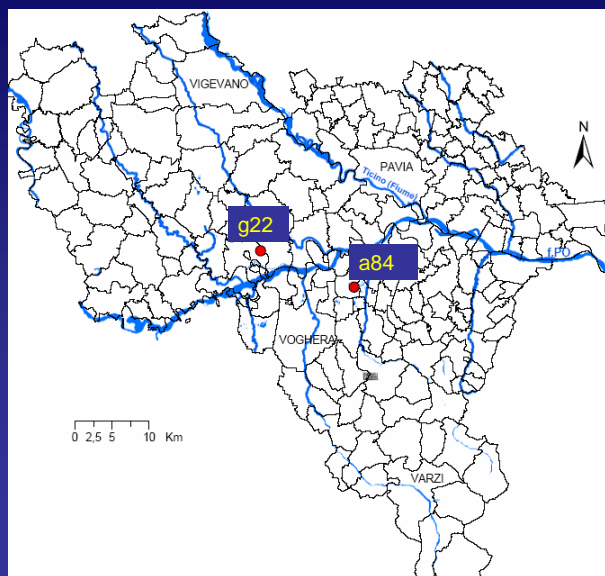
ESEMPI DI CAVE ADATTE A RECUPERO



5. Analisi di dettaglio e interventi di recupero ambientale

Tra le cave ad alta recuperabilità si sono scelti gli ambiti

- L'ambito estrattivo **a84** dove sono presenti cave attive e cessate in argilla a fossa, presso Castelletto di Branduzzo nell'Oltrepò.
- L'ambito **g22** costituito da una cava attiva in sabbia ad arretramento di terrazzo, presso Pieve Albignola nella Lomellina.



Area estrattiva a84 – Castelletto di Branduzzo

➤ Nell'ambito sono presenti molte cave sia attive sia cessate per l'estrazione di argille e limi per laterizi, con modalità a fossa.

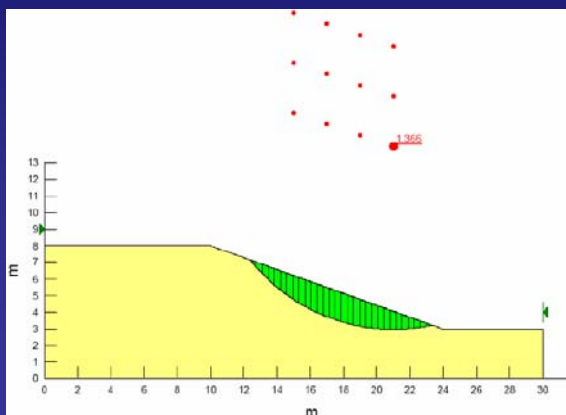
➤ La copertura superficiale argillo-limosa delle alluvioni del Piano Fondamentale dell'Oltrepò ha uno spessore medio di 8 m. Al di sotto sono presenti sabbia e ghiaia che ospitano una falda, che viene a giorno nelle cave più profonde.



ANALISI DI STABILITÀ (metodo tradizionale)

Si è fatta un'analisi di stabilità a lungo termine con il metodo di calcolo di "Morgestern e Price" tramite il software "Slope 4.22" su un fronte predisposto per il recupero con pendenza di 18° e utilizzando i dati geotecnici riportati in tabella derivati da prove su terreno un lavoro di Lusignani (1999).

Dati Geotecnici	Valori
Angolo di attrito	23°
Coesione Drenata	0
Peso di Volume	19kN/m^3



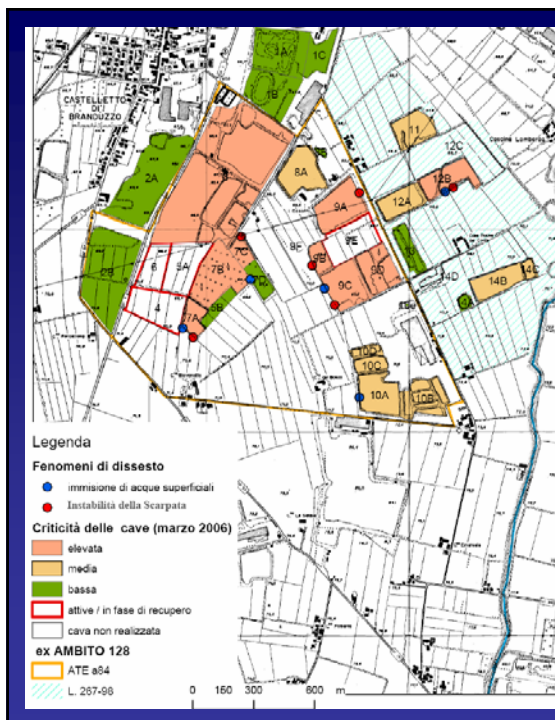
Il fattore di sicurezza minimo è risultato di **1,37**

ANALISI DI STABILITÀ

(Nuova normativa - DM 14/09/2005 Norme tecniche per le costruzioni)

- La **nuova normativa geotecnica** prevede che ci sia una riduzione in partenza dei valori di resistenza del terreno per un coefficiente stabilito da apposite tabelle. (es. la tangente dell'angolo d'attrito si divide per 1,25)
- La verifica di stabilità (o agli stati limite ultimi) per essere a norma deve dare un valore minimo di 1 nel rapporto fra forze stabilizzanti e destabilizzanti
- Nel caso specifico con lo stesso metodo di calcolo, ma usando la **NUOVA NORMATIVA GEOTECNICA** il F_s è 1,11.

Parametro	Coefficiente
Tangente dell'angolo di attrito ($\tan \varphi$)	1,25
Coesione efficace C'	1,25
Resistenza non drenata C_u	1,4
Peso di Volume γ	1



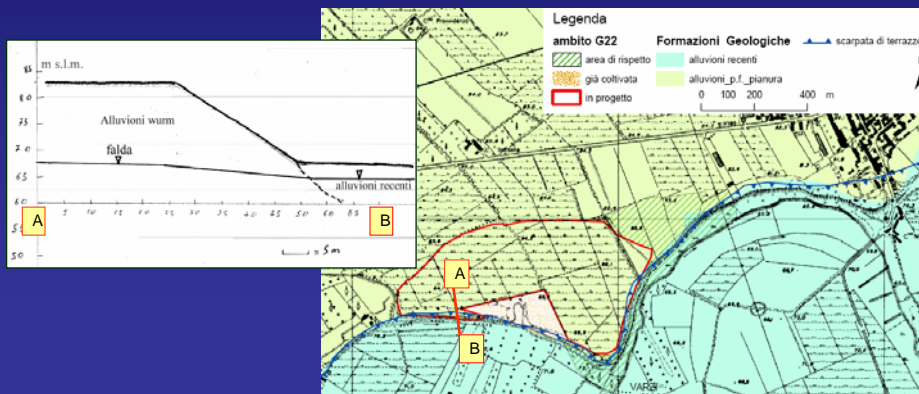
Esempio: confronto fra diverse situazioni di recupero

1. Le cave cessate che non hanno subito interventi di recupero adeguati ed hanno fronti con pendenze elevate, hanno mostrato evidenti fenomeni di instabilità, con piccole frane ed erosioni causate anche dalla mancata regimazione di acque superficiali.
2. Le cave che al contrario hanno subito un'adeguata sistemazione dei fronti, con pendenze simili a quelle proposte nel profilo di abbandono precedente, sono più stabili.



Area estrattiva g22 – Pieve Albignola

- E' una singola cava per l'estrazione di sabbia. La coltivazione avviene per arretramento della scarpata di terrazzo che separa le Alluvioni Recenti della valle del Po dalle Alluvioni del Piano Fondamentale della Pianura.
- Il fronte presenta un'altezza di circa 13 m suddivisa in due gradoni, con pendenza 30°
- La parte del giacimento parte sfruttata è costituita da sabbia medio-fine che si sviluppa al di sotto del suolo agrario ed a una di zona di alterazione di circa 2 m di spessore.



ANALISI DI STABILITÀ

Si sono fatte analisi di stabilità dei fronti a lungo termine tramite il software "Slope 4.22", ipotizzando due possibili profili di abbandono.

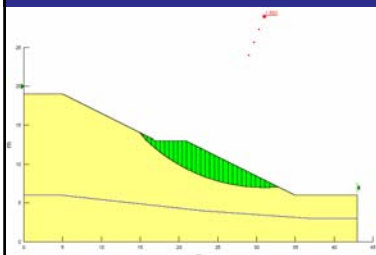
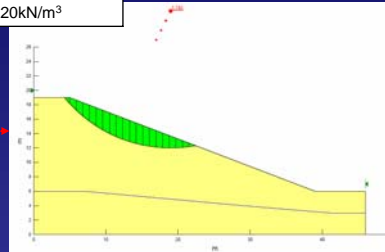
Dati	Geotecnici (da bibliografia)	Valori
	Angolo di attrito	30°
	Coesione Drenata	0
	Peso di Volume	20kN/m ³

Fronte unico con pendenza 20°.

Il Fattore di sicurezza calcolato con il metodo di "Morgestern e Price" è :

1,74 procedura tradizionale

1,34 applicando la nuova normativa



Fronte suddiviso in due gradoni con pendenza 25°.

Il Fattore di sicurezza calcolato con il metodo di "Morgestern e Price" è:

1,66 procedura tradizionale

1,28 applicando la nuova normativa

Area estrattiva g22 stato attuale



L'intervento di recupero ambientale consiste nel:

- Ridurre le pendenze;
- ricostruire il suolo agrario;
- controllare il drenaggio e l'erosione delle acque superficiali;
- reimpiantare la vegetazione naturale;

Cava g22 possibile intervento di recupero ambientale

- 1 - Terreno vegetale
- 2 - Sabbia
- 3 - Livello della falda
- 4 - Canale di guardia
- 5 - Canaletta di drenaggio

CONCLUSIONI

- E' stato elaborato un modello per la selezione delle cave da sottoporre a recupero in provincia di Pavia che verrà successivamente applicato dall'amministrazione locale (Provincia di Pavia).
- Il modello elaborato è di semplice applicazione e facilmente adattabile anche ad altri contesti geologici, tuttavia richiede un database di partenza il più possibile aggiornato.
- L'attribuzione dei pesi ai vari parametri e obiettivi dovrebbe essere fatta da persone con competenze diverse (geologiche, ambientali, economiche) per ridurre il grado di soggettività del modello.

- I controlli di terreno si rivelano importanti per calibrare il modello (ridefinendo i pesi, aggiornando i parametri) con il metodo dell'analisi a ritroso.
- Sulle cave selezionate è importante fare un'analisi di dettaglio prima di procedere al recupero ambientale. Il ruolo del geologo, è importante soprattutto in questa fase: bisogna individuare le problematiche di stabilità dei fronti e di vulnerabilità della falda tramite l'acquisizione di dati (geotecnici, idrogeologici) su terreno e in laboratorio.
- Il progetto di Recupero Ambientale dovrà essere elaborato in funzione della tipologia di cava, del contesto territoriale e delle problematiche emerse nelle analisi di dettaglio.