



LA PRODUZIONE E L'IMPIEGO DI AGGREGATI RICICLATI

**PROVE E CONTROLLI IN CORSO D'OPERA NELLA
COSTRUZIONE DI STRADE, UNI EN 11531-1:2014**

Relatore: dott. geol. Pasquale Zambito – CaveTest srl

Cenni storici



1963

Viene emanata la CNR-UNI 10006-“Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre”.

2002

La norma viene revisionata aggiungendo un'appendice relativa ai misti granulari con aggregati riciclati e artificiali

01 marzo 2003

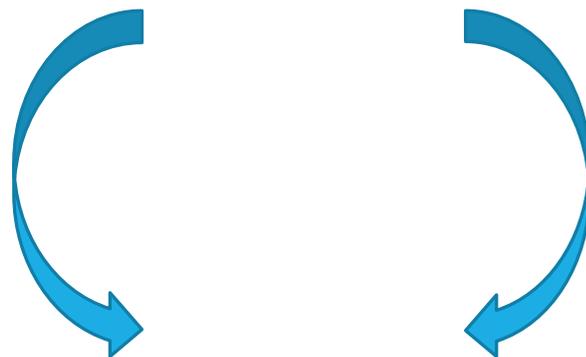
La norma viene ritirata e sostituita dalle norme:

UNI EN 13242

UNI EN ISO 14688-1

UNI EN 13285

UNI ritira la norma 10006 pensando che fosse sostituita dalle norme UNI EN 13242, UNI EN 13285 e UNI EN ISO 14668



Le norme si occupano SOLO di procedure per la corretta classificazione degli aggregati e indica le norme con cui eseguire le prove di caratterizzazione delle proprietà geometriche, fisiche e chimiche



La norma fornisce uno schema generale per la classificazione dei terreni in situ

SONO ASSENTI CONTROLLI, LA FREQUENZA E I LIMITI PRESTAZIONALI DI
ACCETTAZIONE
SIA DELLE TERRE SIA DEGLI AGGREGATI



UNI 11531-1:2014

Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture

CRITERI PER L'IMPIEGO DEI MATERIALI

Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati



SOMMARIO

La norma contiene:

- ISTRUZIONI utili per l'applicazione in Italia delle UNI EN ISO 14688, UNI EN 13242, UNI 13285
- ragguagli sulla classificazione delle terre, sulla designazione degli aggregati e sui criteri per la verifica di conformità
- Indica i valori di riferimento per le caratteristiche tecniche in relazione a ciascuna destinazione d'impiego.

CAMPO DI APPLICAZIONE

E' finalizzata alla scelta di terre e miscele idonee alla costruzione di opere atte a sopportare, con adeguata capacità STRUTTURALE, RESISTENZA E DURABILITA', il transito dei mezzi utilizzati nei trasporti terrestri e aerei (**STRADE, FERROVIE, AEROPORTI, TERMINALI DI TRASPORTO, INTERPORTI, PIAZZALI, PARCHEGGI E SIMILI**).

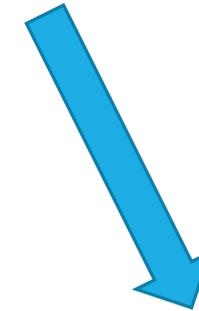
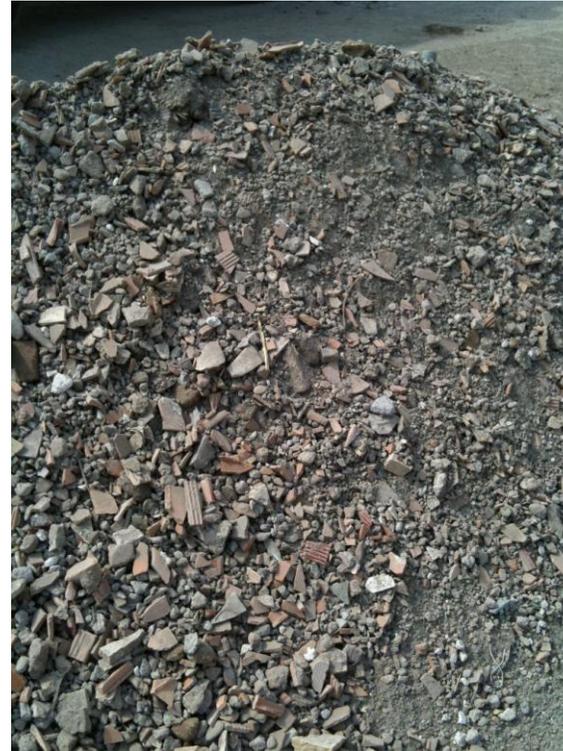
MISCELE NON LEGATE DI AGGREGATI RICICLATI



REQUISITI DI IDONEITA'



UNI EN 13242:2008 (Marcatura CE)



D.Lgs n. 152 del 03 Aprile 2006

Le miscele ottenute con tali aggregati sono idonee per i differenti impieghi SE rispettano i requisiti dei prospetti indicati dalla norma

MISCELE NON LEGATE DI AGGREGATI RICICLATI

Miscele non legate di aggregati riciclati		Impieghi					
		Colmate/rinterri		Corpo del rilevato		Sottofondo	
Caratteristica	Norma di prova	Requisito	Frequenza minima di prova in fase di stesa	Requisito	Frequenza minima di prova in fase di stesa	Requisito	Frequenza minima di prova in fase di stesa
Designazione della miscela	UNI EN 13285	0/63	20 000 m ³	0/63	5 000 m ³	0/31,5	2 000 m ³
Sopravaglio della miscela	UNI EN 933-1	<i>OC</i> ₇₅	20 000 m ³	<i>OC</i> ₈₅	5 000 m ³	<i>OC</i> ₇₅	2 000 m ³
Contenuto massimo dei fini	UNI EN 933-1	-		<i>UF</i> ₃₅	5 000 m ³	<i>UF</i> ₁₅	2 000 m ³
Granulometria della miscela	UNI EN 933-1	<i>G</i> _N	20 000 m ³	<i>G</i> _N	5 000 m ³	<i>G</i> _U	2 000 m ³
Appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	-		<i>FI</i> ₅₀	50 000 m ³	<i>FI</i> ₃₅	2 000 m ³
Qualità dei fini		-		<i>MB</i> ₅	5 000 m ³	<i>MB</i> ₅	2 000 m ³
Qualità dei fini (alternativo)		-		<i>SE</i> ₂₀	5 000 m ³	<i>SE</i> ₃₀	2 000 m ³
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	-		<i>LA</i> ₅₀	50 000 m ³	<i>LA</i> ₄₅	20 000 m ³
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	-		<i>SS</i> _{0,2}	5 000 m ³	<i>SS</i> _{0,2}	2 000 m ³

MISCELE NON LEGATE DI AGGREGATI RICICLATI

Contenuto di frammenti di conglomerati cementizi, manufatti in calcestruzzo, malte, elementi lapidei naturali anche derivanti da murature, sfridi di cava o pietrisco tolto d'opera, materiali legati idraulicamente, vetro.	UNI EN 933-11	$R_{cug_{50}}$	20 000 m ³	$R_{cug_{50}}$	5 000 m ³	$R_{cug_{70}}$	2 000 m ³
Contenuto di vetro	UNI EN 933-11	-		$R_{g_{5-}}$	5 000 m ³	$R_{g_{5-}}$	2 000 m ³
Contenuto di materiali bituminosi	UNI EN 933-11	-		$R_{a_{30-}}$	5 000 m ³	$R_{a_{10-}}$	2 000 m ³
Contenuto di materiale galleggiante: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, polistirolo, sostanze organiche eccetto bitume,	UNI EN 933-11	FL_{10-}	20 000 m ³	FL_{10-}	5 000 m ³	FL_{5-}	2 000 m ³
Contenuto di terreno vegetale, metalli, legno non galleggiante, plastica, gomma, gesso, cartongesso, e altri materiali non galleggianti non litoidi	UNI EN 933-11	X_{1-}	20 000 m ³	X_{1-}	5 000 m ³	X_{1-}	2 000 m ³
Massa volumica max. con energia Proctor modificata	UNI EN 13286-2	-		√	5 000 m ³	√	2 000 m ³
Portanza CBR dopo 4 d di imbibizione su provini costipati con umidità ±2% dell'ottimo al 94% della massa volumica massima all'energia Proctor modificata	UNI EN 13286-47	-		-		≥10	50 000 m ³
Rigonfiamento CBR	UNI EN 13286-47	-		-		≤1%	50 000 m ³

Miscele non legate di aggregati riciclati		Impieghi					
		Strato anticapillare		Fondazione non legata		Base non legata	
Caratteristica	Norma di prova	Requisito	Frequenza minima di prova in fase di stesa	Requisito	Frequenza minima di prova in fase di stesa	Requisito	Frequenza minima di prova in fase di stesa
Portanza CBR dopo 4 d di imbibizione su provini costipati con umidità $\pm 2\%$ dell'ottimo al 99% della massa volumica massima all'energia Proctor modificata	UNI EN 13286-47	-				≥ 100	20 000 m ³
Rigonfiamento CBR	UNI EN 13286-47	-		$\leq 1\%$	20 000 m ³	$\leq 1\%$	20 000 m ³
Perdita di resistenza dopo cicli di gelo e disgelo ^{*)}	UNI EN 1367-1	-		$\Delta S_{LA} \leq 30$	10 000 m ³	$\Delta S_{LA} \leq 30$	10 000 m ³
^{*)} La prova può essere omessa per zone di impiego non soggette al gelo, oppure se l'assorbimento d'acqua dell'aggregato, determinato secondo l'appendice B della UNI EN 1097-6:2008, risulta minore di 0.5% ($WA_{24} - 0,5$).							
Il simbolo \surd indica che la caratteristica deve essere determinata, ma non deve rispondere a un requisito.							
Il simbolo - indica che la determinazione della caratteristica può essere omessa.							

RACCOMANDAZIONI PER LA POSA IN OPERA E LA CONDUZIONE DEI CONTROLLI



MISCELE NON LEGATE DI AGGREGATI RICICLATI: Prove e controlli



La norma specifica che:

«in relazione alla **VARIABILITA'** della provenienza (ORIGINE dei costituenti) dalla quale può conseguire disuniformità del comportamento in opera, **POSSONO** essere impiegati **UNICAMENTE** se facenti parte di lotti previamente caratterizzati.»

I risultati delle prove sono rappresentativi del **LOTTO ANALIZZATO** e non possono rappresentare la produzione di **UN ANNO**

MISCELE NON LEGATE DI AGGREGATI RICICLATI: Prove e controlli

COSTITUZIONE DEI LOTTI

CUMULI DI FORMA CONICA COSTITUITI PER CADUTA DALL'ALTO
(sono quelli più soggetti a segregazione)

CUMULI PIATTI ED ESTESI A SUPERFICIE PIANA ED ORIZZONTALE
(sono da preferirsi poiché vengono omogenizzati sia nella fase di scarico sia
nella fase di carico)

ECCEZIONALMENTE un lotto può essere costituito dal materiale contenuto nel
singolo veicolo impiegato per il trasporto





Cumulo di forma conica



Cumulo in forma piatta ed estesa

MISCELE NON LEGATE DI AGGREGATI RICICLATI: Prove e controlli



COSTIPAMENTO

Il costipamento, o compattazione, è l'operazione meccanica di addensamento di un materiale granulare

FATTORI CHE INFLUENZANO LA COMPATTAZIONE

RIGIDEZZA DEL SUPPORTO

METODO DI COMPATTAZIONE

ENERGIA CONFERITA

CONTENUTO D'UMIDITA'

SPESSORE DELLO STRATO

FATTORI CHE INFLUENZANO LA COMPATTAZIONE



CONTENUTO D'UMIDITA'



Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio – COSTIPAMENTO PROCTOR UNI EN 13286-2

SCOPO:

Relazione tra il contenuto d'acqua e la massa volumica a secco di miscele legate e non legate dopo il costipamento Proctor.

PRINCIPIO:

All'interno di uno stampo con dimensioni note viene costipato del materiale granulare mediante un pestello dal peso variabile in funzione della dimensione granulometrica.

RISULTATI:

- Massa volumica a secco costipata, in Mg/m^3
- contenuto d'acqua ottimale, in %

METODI DI PROVA PER LA DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA E DEL CONTENUTO DI ACQUA DI RIFERIMENTO DI LABORATORIO - COSTIPAMENTO PROCTOR

UNI EN 13286-2:2010



Data esecuzione della prova: 31/01/2017

Prova associata al rapporto di prova n. 16577 del 15/02/2017

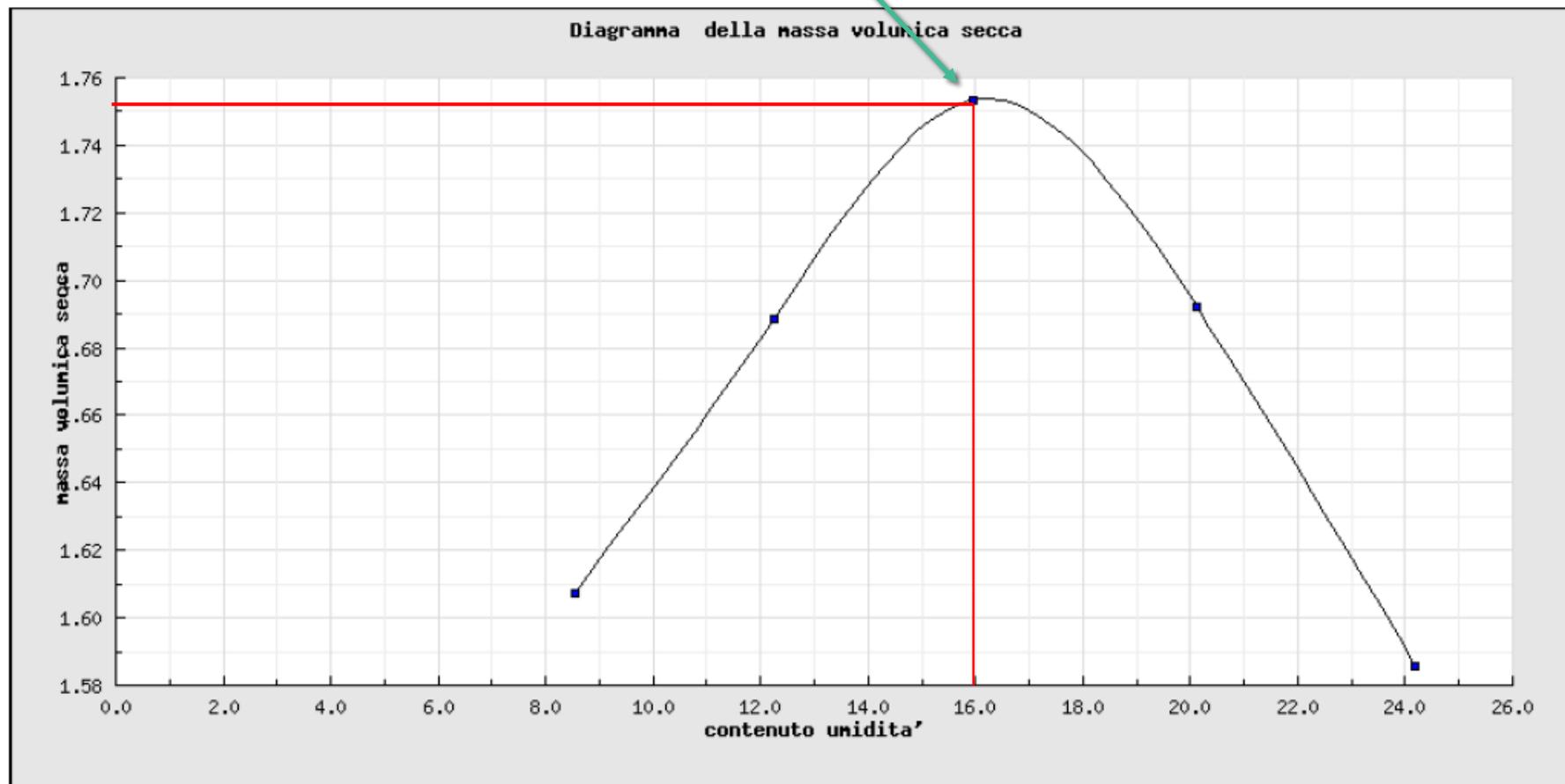
Tipo di stampo:	modificato B
Trattenuto al setaccio da 63 mm, in %:	0
Trattenuto al setaccio da 31.5 mm, in %:	8,5
Trattenuto al setaccio da 16 mm, in %:	34,9

Provino n°	1	2	3	4	5
Peso lordo umido, in g	14.508,0	14.827,0	15.119,0	15.118,0	14.985,0
Peso netto umido, in g	3.699,0	4.018,0	4.310,0	4.309,0	4.175,5
Massa volumica umida, in Mg/m ³	1,745	1,895	2,033	2,033	1,970
Contenuto d'acqua W, in %	8,5	12,2	16,0	20,1	24,2
Massa volumica secca, in Mg/m ³	1,608	1,689	1,753	1,692	1,586

Densità massima secca, in Mg/m ³ :	1,753
Umidità di costipamento ottimale, in %:	16,0



Densità massima secca



**PESO SPECIFICO DI UNA TERRA IN SITU
CNR B.U. 22/72**

SCOPO:

La prova consiste nel determinare il rapporto tra il peso di una terra (SECCO) nella sua sede ed il suo volume.



METODO:

Relazione tra il contenuto d'acqua e la massa volumica a secco di miscele legate e non legate dopo il costipamento Proctor.

ATTREZZATURA:

Volumometro a sabbia

Con questo metodo posso determinare il volume di sabbia necessario a riempire il volume di terra prelevato per determinare l'umidità ed il peso

Boccione n°	4		Umidità del terreno	
Peso boccione iniziale (g)	8987,0			
Peso boccione finale (g)	4080,0		Tara n°	1,000
Sabbia nel cono, nella piastra e nel foro (g)	4907,0		Peso (g)	479,1
Sabbia nella piastra e nel cono (g)	1567		PLU (g)	5110,0
Sabbia nel foro (g)	3340,0		PLS (g)	4574,0
Peso di vol. della sabbia (g/cm³)	1,392		W (%)	13,1
Volume del foro (cm³)	2399,4			Controllo temp. stufa
Recipiente n°	1			Trattenuto al ø 25 mm (g)
Tara (g)	592,5			
PLU (g)	5460			%
PNU (g)	4867,5			
Peso di volume umido terreno (g/cm³)	2,029		Grado di costipamento	
Peso di volume secco terreno (g/cm³)	1,794			Densità di riferimento (kg/dm³)
				Grado di costipamento (%)

TIPOLOGIA DI CONTROLLO E LIMITI DI ACCETTAZIONE

Strato	Grado di addensamento	Modulo di deformazione	M_d/M'_d
	% ρ_d max.	M_d [MPa]	
	UNI EN 13286-2 ¹⁾	²⁾	²⁾
Piano di posa del rilevato	≥95 Proctor modificato	≥20 Tra 0,05 e 0,15 MPa	
Anticapillare	≥95 Proctor modificato	≥20 Tra 0,05 e 0,15 MPa	≥ del valore determinato in campo prove
Rilevato	≥95 Proctor modificato	≥40 Tra 0,05 e 0,15 MPa	≥ del valore determinato in campo prove
Sottofondo	≥98 Proctor modificato	≥50 Tra 0,05 e 0,15 MPa	≥ del valore determinato in campo prove
Fondazione	≥98 Proctor modificato	≥100 Tra 0,15 e 0,25 MPa	≥ del valore determinato in campo prove
Base	≥100 Proctor modificato	≥100 Tra 0,25 e 0,35 MPa	≥ del valore determinato in campo prove

DETERMINAZIONE DEI MODULI M_d E M'_d MEDIANTE PROVA DI CARICO A DOPPIO CICLO CON
PIASTRA CIRCOLARE –
CNR BU 146-1992

SCOPO:

La prova consiste nel determinare il modulo di deformazione M_d che è una misura convenzionale della capacità portante di un terreno di sottofondo stradale;

Il valore di M_d è dato dalla seguente relazione:

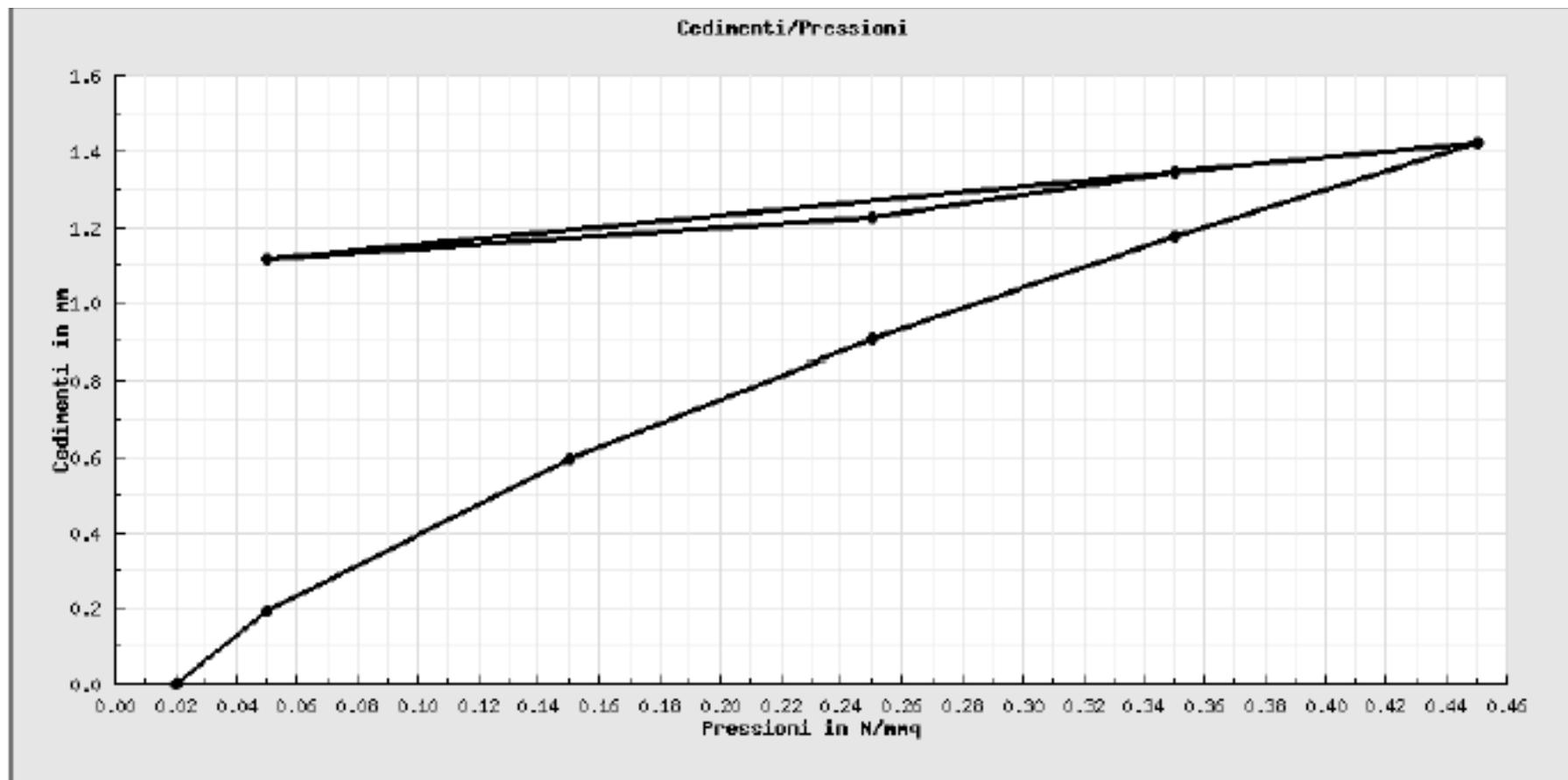
rapporto tra l'incremento di carico (pressione esercitata) ed l'incremento dei cedimenti:

$$M_d = \frac{\Delta P}{\Delta s} D$$



Diametro della piastra in mm	300
Md, in N/mm ²	112,5
Md ¹ , in N/mm ²	250,0
Md/Md ¹	0,45
Contenuto d'acqua	7,66
Temperatura dell'aria	28
Temperatura del suolo	21
Ciottoli con diametro > di 300 mm	assenti

Intervallo di carico su cui è stato calcolato il valore di Md in N/mm²: 0.25 - 0.35



Attrezzatura utilizzata:

Comparatore Mitutoyo 0,01/13 mm matricola:10072117 tarato il 13/03/2017 RdT R1171A07A0

Comparatore Mitutoyo 0,01/13 mm matricola:10072112 tarato il 13/03/2017 RdT R1171A0770

Comparatore Mitutoyo 0,01/13 mm matricola:10072115 tarato il 13/03/2017 RdT R1171A07D0

Cronometro dgt mod mtd 500 Geonaute matricola: A475993 tarato il 11/02/2014 RdT 508221/14

Mezzo di contrasto: Mezzo d'opera dalla massa complessiva di > 12,0 Mg.

CONCLUSIONI:

- è necessario stabilire quali materiali utilizzare già nella fase progettuale
- è necessario qualificare gli aggregati riciclati, in funzione dei lotti di produzione, anche secondo le indicazioni della UNI 11531-1:2014
- è necessario che i controlli siano eseguiti da personale qualificato
- è necessario che i produttori di aggregati riciclati si dotino di un fascicolo tecnico che riporti le informazioni sulle caratteristiche dell'aggregato

Grazie per l'attenzione
