

BIAGIO PARISI

Scheda sul sito >

CONTROLLI E PROVE SUI MATERIALI PER L'EDILIZIA

IN CANTIERE E IN LABORATORIO



Dario Flaccovio Editore

Biagio Parisi

Controlli e prove sui materiali per l'edilizia in cantiere e in laboratorio



Dario Flaccovio Editore

Biagio Parisi

CONTROLLI E PROVE SUI MATERIALI PER L'EDILIZIA IN CANTIERE E IN LABORATORIO

ISBN 9788857902692

© 2014 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686

www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Prima edizione: marzo 2014

Parisi, Biagio <1948->

Controlli e prove sui materiali per l'edilizia in cantiere e in laboratorio / Biagio Parisi. -

Palermo : D. Flaccovio, 2014.

ISBN 978-88-579-0269-2

1. Materiali da costruzione – Controllo.

691 CDD-22

SBN PAL0266383

CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo, marzo 2013

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

INDICE*Premessa**Introduzione***1. Materiali lapidei**

1.1. Generalità	pag.	37
1.1.1. Proprietà delle pietre	»	38
1.1.2. Impiego di rocce come materiali naturali da costruzione	»	39
1.2. Norme di riferimento sui materiali lapidei e sulle pietre naturali	»	41
1.3. Progettazione	»	41
1.4. Direzione dei lavori	»	42
1.5. Controlli e prove	»	42
1.5.1. Controllo delle caratteristiche dei prodotti lapidei	»	43
1.6. Prove	»	44
1.6.1. Determinazione del peso di volume	»	45
1.6.2. Determinazione della massa volumica reale, della massa volumica apparente e delle porosità totale e aperta	»	46
1.6.2.1. Determinazione della porosità aperta e della massa volumica apparente	»	47
1.6.2.2. Determinazione della massa volumica reale	»	49
1.6.2.3. Determinazione della porosità totale	»	50
1.6.3. Determinazione del peso specifico	»	51
1.6.3.1. Grado di compattezza	»	52
1.6.4. Determinazione del coefficiente di imbibizione	»	53
1.6.5. Determinazione del coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità	»	54
1.6.6. Gelività	»	56
1.6.7. Resistenza a compressione	»	60
1.6.7.1. Determinazione della resistenza su provini regolari	»	61
1.6.7.2. Determinazione della resistenza a compressione di pietre aventi dimensioni diverse e forma irregolare usate in difese idrauliche e in strutture di regolazione	»	65
1.6.7.3. Determinazione dell'indice di resistenza a punzonamento	»	65
1.6.8. Determinazione della curva sforzi-deformazioni e del modulo elastico	»	66
1.6.9. Resistenza all'abrasione (o all'usura)	»	70
1.6.10. Resistenza al rotolamento	»	71
1.6.11. Resistenza a flessione	»	72
1.6.12. Resistenza a scorrimento o a taglio	»	74
1.6.12.1. Prova di taglio diretto	»	75
1.6.13. Prova d'urto o di tenacità	»	76
1.6.14. Prova di resistenza chimica	»	77
1.6.15. Determinazione del coefficiente di dilatazione termica	»	77
1.6.16. Prova di durezza	»	78
1.6.17. Prove triassiali	»	79

2. Materiali per pavimentazioni

2.1. Generalità	»	81
2.1.1. Proprietà	»	81
2.2. Norme	»	81
2.3. Progettazione	»	81
2.4. Direzione dei lavori	»	82
2.5. Controlli e prove	»	82
2.5.1. Resistenza a rottura	»	83
2.5.2. Prova di rottura all'urto	»	83
2.5.3. Prova di rottura a flessione	»	84
2.5.4. Resistenza all'usura per attrito radente	»	84
2.5.5. Resistenza all'usura al getto di sabbia	»	86

Controlli e prove sui materiali per l'edilizia in cantiere e in laboratorio

2.5.6.	Prova di gelività	»	87
2.5.7.	Prova di impronta	»	87
2.6.	Cubetti di pietra	»	88
2.6.1.	Cubetti per apparecchiature ad arco	»	88
2.6.2.	Cubetti per corsi rettilinei	»	90
2.6.3.	Controlli	»	90
2.6.4.	Prove	»	91
2.6.4.1.	Resistenza alla compressione	»	91
2.6.4.2.	Gelività	»	91
2.6.4.3.	Resistenza all'usura	»	92
2.6.4.4.	Resistenza all'urto	»	92
2.7.	Pietrischi, pietrischetti, graniglie, sabbie e additivi per costruzioni stradali	»	92
2.7.1.	Definizioni	»	92
2.7.2.	Requisiti di accettazione dei pietrischi	»	94
2.7.3.	Requisiti di accettazione dei pietrischetti e delle graniglie	»	94
2.7.4.	Requisiti di accettazione delle sabbie	»	95
2.7.5.	Requisiti di accettazione degli additivi	»	95
2.7.6.	Impiego	»	95
2.7.7.	Campioni	»	96
2.7.8.	Preparazione dei provini	»	98
2.7.9.	Prove	»	98
2.7.9.1.	Analisi granulometrica	»	99
2.7.9.2.	Peso specifico reale	»	99
2.7.9.3.	Indice dei vuoti di pietrischetti e graniglie	»	99
2.7.9.4.	Coefficiente di imbibizione	»	100
2.7.9.5.	Porosità	»	101
2.7.9.6.	Coefficiente di qualità	»	102
2.7.9.7.	Coefficiente I.S.S.	»	102
2.7.9.8.	Potere legante	»	103
2.7.9.9.	Coefficiente di frantumazione	»	103
2.7.9.10.	Perdita per decantazione	»	104
2.7.9.11.	Idrofilia	»	104
2.7.9.12.	Resistenza a compressione	»	105
2.7.9.13.	Gelività	»	106
2.7.9.14.	Resistenza all'usura	»	106
2.7.9.15.	Resistenza al rotolamento	»	107
2.8.	Piastrelle smaltate	»	107
2.8.1.	Verifica ortometrica	»	107
2.8.2.	Resistenza al cavillo	»	108
2.8.3.	Durezza dello smalto	»	108
2.8.4.	Assorbimento d'acqua	»	108
2.8.5.	Flessione	»	109
2.8.6.	Urto	»	109
2.8.7.	Abrasione	»	109
2.9.	Piastrelle da rivestimento	»	109
 3. Sovrastrutture stradali			
3.1.	La sovrastruttura (o pavimentazione)	»	111
3.1.1.	Sovrastruttura rigida	»	111
3.1.2.	Sovrastruttura flessibile	»	113
3.1.2.1.	Macadam	»	113
3.1.2.1.1.	Prova di tipo Deval	»	114
3.1.2.2.	Composizione della sovrastruttura stradale di tipo flessibile	»	115
3.1.2.3.	Costituenti del conglomerato bituminoso	»	117
3.2.	Aggregati litici (o lapidei)	»	118
3.2.1.	Prove sull'aggregato grosso	»	119
3.2.2.	Prove sull'aggregato fino	»	120
3.2.2.1.	Determinazione dell'equivalente in sabbia	»	120

3.2.3.	Filler	»	122
3.2.3.1.	Prova con acido cloridrico diluito	»	122
3.2.3.2.	Determinazione della levigabilità	»	123
3.3.	Leganti	»	123
3.3.1.	Bitumi solidi e semisolidi	»	124
3.3.1.1.	Prova di penetrazione	»	125
3.3.1.2.	Determinazione del punto di rammollimento	»	127
3.3.1.3.	Determinazione del punto di rottura di Fraass	»	128
3.3.1.4.	Prova di duttilità	»	129
3.3.1.5.	Determinazione del punto di infiammabilità	»	130
3.3.1.6.	Prova di solubilità in solfuro di carbonio	»	130
3.3.1.7.	Prova di volatilità	»	130
3.3.1.8.	Prova sul contenuto di paraffina	»	130
3.3.1.9.	Prova di adesione a pietre	»	131
3.3.2.	Bitumi ossidati	»	131
3.3.3.	Bitumi liquidi o flussanti	»	131
3.3.3.1.	Viscosità Redwood	»	132
3.3.3.2.	Determinazione del punto di infiammabilità	»	132
3.3.3.3.	Prova di distillazione frazionata	»	132
3.3.3.4.	Prove sul residuo	»	133
3.3.4.	Emulsioni bituminose	»	133
3.3.4.1.	Composizione	»	134
3.3.4.2.	Viscosità Engler	»	134
3.3.4.3.	Omogeneità	»	134
3.3.4.4.	Sedimentazione	»	135
3.4.	Miscele di inerti con leganti	»	135
3.4.1.	Stabilizzazione	»	135
3.4.2.	Comportamento dei leganti bituminosi	»	135
3.4.3.	Misti	»	136
3.5.	Conglomerati bituminosi	»	136
3.5.1.	Determinazione della composizione	»	137
3.5.1.1.	Gussasphalt	»	137
3.5.2.	Calcolo percentuale dei vuoti (o della porosità)	»	138
3.5.3.	Campioni di conglomerati bituminosi	»	138
3.5.4.	Peso di volume di miscele di aggregati con bitume (o catrame)	»	139
3.5.5.	Contenuto di legante nelle miscele di bitume e aggregati	»	141
3.5.6.	Prova Marshall (o di stabilità)	»	143
3.5.7.	Determinazione dell'indice dei vuoti	»	145
3.5.8.	Determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura di miscela di aggregati e bitume	»	146
4.	Laterizi		
4.1.	Generalità	»	151
4.2.	Norme sui laterizi	»	151
4.3.	Progettazione	»	153
4.3.1.	Mattoni pieni e semipieni	»	153
4.3.2.	Mattoni forati	»	158
4.3.3.	Laterizi da copertura	»	160
4.4.	Direzione dei lavori	»	162
4.4.1.	Determinazione della percentuale di foratura e area media della sezione di un foro nei laterizi	»	162
4.5.	Laterizi per solai	»	163
4.6.	Cotto per pavimentazioni	»	169
4.7.	Principali laterizi	»	169
4.7.1.	Numero dei blocchi da prelevare per l'esecuzione delle prove sui laterizi da solaio in base alle caratteristiche	»	170
4.8.	Tolleranze dimensionali	»	171
4.8.1.	Tolleranze mattoni pieni e semipieni, comuni e da paramento	»	171

Controlli e prove sui materiali per l'edilizia in cantiere e in laboratorio

4.8.2.	Tolleranze forati per murature.....	»	171
4.8.3.	Tolleranze blocchi per solai	»	172
4.8.4.	Tolleranze tavelle	»	173
4.8.5.	Tolleranze tavelloni e sottotegole	»	174
4.8.6.	Limiti di accettazione di elementi in laterizio per coperture	»	175
4.8.7.	Requisiti e prove	»	176
4.9.	Mattoni pieni e semipieni, mattoni e blocchi forati per muratura	»	177
4.9.1.	Volume netto e percentuale dei vuoti su laterizi per murature.....	»	178
4.9.2.	Massa volumica (peso specifico)	»	180
4.9.3.	Resistenza a compressione di mattoni e blocchi per murature	»	181
4.9.3.1.	Resistenza a compressione di mattone pieno o semipieno.....	»	182
4.9.3.2.	Resistenza a compressione di mattone forato	»	184
4.9.4.	Resistenza al gelo.....	»	185
4.9.5.	Prova di imbibizione	»	185
4.9.6.	Inclusione di calce.....	»	187
4.9.7.	Prova di efflorescenza.....	»	187
4.9.8.	Coefficiente di dilatazione lineare nei blocchi di laterizi per solai	»	189
4.9.9.	Prova di punzonamento sui blocchi di laterizi forati	»	190
4.9.10.	Prova di dilatazione per umidità sui blocchi di laterizi forati	»	192
4.10.	Blocchi forati per solai	»	194
4.10.1.	Percentuale di foratura su laterizi per solai	»	195
4.10.2.	Prove di base.....	»	195
4.10.2.1.	Prova di compressione	»	196
4.10.2.1.1.	Resistenza a compressione dei laterizi in direzione dei fori	»	196
4.10.2.1.2.	Resistenza a compressione dei laterizi in direzione trasversale ai fori	»	200
4.10.2.1.3.	Modulo di elasticità nei laterizi	»	202
4.10.2.1.4.	Prova di resistenza a trazione per flessione	»	204
4.10.2.2.	Prova di durezza	»	206
4.10.2.3.	Prova di flessione	»	207
4.11.	Tavelle e tavelloni.....	»	208
4.11.1.	Prova di flessione	»	208
4.11.2.	Resistenza al gelo	»	209
4.11.3.	Prova di imbibizione	»	209
4.12.	Prove sugli elementi di copertura	»	209
4.12.1.	Determinazione del carico di rottura a flessione.....	»	209
4.12.2.	Determinazione della permeabilità all'acqua.....	»	210
4.12.3.	Determinazione della resistenza al gelo con cicli alterni	»	210
4.12.4.	Determinazione della resistenza al gelo con porosimetro a penetrazione di mercurio	»	211
4.12.5.	Determinazione del peso (massa convenzionale)	»	211
4.12.6.	Determinazione delle inclusioni calcaree	»	211
4.12.7.	Determinazione della planarità	»	212
4.12.8.	Determinazione della lunghezza e della larghezza	»	212
4.12.9.	Determinazione dell'ortometria	»	212
4.13.	Tegole piane e curve.....	»	213
4.13.1.	Tegole piane	»	213
4.13.1.1.	Dimensioni di massimo ingombro	»	213
4.13.1.2.	Larghezza utile	»	214
4.13.1.3.	Controllo del passo.....	»	214
4.13.1.4.	Prova di flessione	»	214
4.13.1.5.	Prova d'urto.....	»	216
4.13.1.6.	Resistenza al nasello.....	»	216
4.13.1.7.	Impermeabilità	»	216
4.13.2.	Tegole curve (coppi)	»	217
4.13.2.1.	Lunghezza della tegola.....	»	217
4.13.2.2.	Larghezza della tegola.....	»	217
4.13.2.3.	Prova di flessione	»	218
4.13.2.4.	Prova d'urto	»	218
4.13.2.5.	Impermeabilità	»	219

4.14. Materiali per pavimentazioni.....	»	219
4.14.1. Prova d'urto.....	»	219
4.14.2. Prove chimiche.....	»	220
4.15. Materiali refrattari.....	»	220
4.15.1. Prova di compressione.....	»	221
4.15.2. Prova di cedimento a caldo.....	»	221
4.15.3. Prova di inalterabilità delle dimensioni.....	»	221
4.15.4. Prova di refrattarietà.....	»	221
4.15.5. Comportamento alla variazione di temperatura.....	»	222
 5. Aggregati		
5.1. Generalità.....	»	223
5.1.1. Proprietà.....	»	225
5.2. Norme di riferimento.....	»	228
5.3. Progettazione.....	»	229
5.4. Direzione lavori.....	»	231
5.4.1. Campionatura.....	»	231
5.4.2. Controllo della natura petrografica.....	»	233
5.4.3. Controllo delle impurità terrose.....	»	235
5.4.4. Controllo delle impurità organiche.....	»	236
5.4.5. Controllo del tenore di umidità.....	»	238
5.4.5.1. Misura dell'umidità mediante essiccamento.....	»	239
5.4.5.2. Misura dell'umidità mediante il volume.....	»	240
5.4.6. Determinazione della massa volumica (peso specifico).....	»	240
5.4.6.1. Determinazione della massa volumica reale media.....	»	241
5.4.6.2. Peso della unità di volume degli inerti per calcestruzzo.....	»	242
5.4.6.3. Determinazione della massa volumica media del granulo.....	»	243
5.4.6.3.1. Determinazione della massa volumica media del granulo per aggregato fine (sabbia).....	»	243
5.4.6.3.1.1. Determinazione della massa volumica reale dei granuli ai sensi della CNR BU n. 64/78.....	»	244
5.4.6.3.2. Determinazione della massa volumica media del granulo per aggregato grosso (ghiaia).....	»	245
5.4.6.4. Determinazione della massa volumica apparente dei granuli di un aggregato.....	»	249
5.4.6.5. Determinazione della massa volumica apparente di un aggregato addensato.....	»	254
5.4.6.6. Determinazione della massa volumica media apparente in mucchio.....	»	255
5.4.7. Determinazione del coefficiente di forma.....	»	257
5.4.8. Determinazione dell'indice di forma degli aggregati.....	»	260
5.4.9. Determinazione del coefficiente di appiattimento.....	»	262
5.4.10. Analisi granulometrica.....	»	266
5.4.10.1. Analisi granulometrica degli inerti per calcestruzzo.....	»	266
5.4.11. Determinazione del modulo di finezza.....	»	275
5.4.12. Prova dell'equivalente in sabbia.....	»	277
5.4.13. Resistenza a compressione.....	»	278
5.4.14. Resistenza all'abrasione (prova Los Angeles).....	»	278
5.4.15. Assorbimento di acqua dei granuli di un aggregato.....	»	282
5.4.16. Coefficiente di imbibizione.....	»	287
5.4.17. Gelività.....	»	287
5.4.18. Altre prove.....	»	288
5.4.18.1. Determinazione della durezza (metodo di Mohs).....	»	288
5.4.18.2. Prova di degradabilità.....	»	289
5.4.18.3. Controllo delle impurità saline.....	»	289
5.4.18.4. Reattività agli alcali.....	»	290
5.4.18.5. Acqua di impasto.....	»	290
5.4.18.6. Valore blu di metilene.....	»	290
5.5. Categorie e limiti di accettazione degli aggregati (fonte AITEC).....	»	292

Controlli e prove sui materiali per l'edilizia in cantiere e in laboratorio

6. Leganti

6.1.	Generalità	»	295
6.2.	Leggi sui leganti idraulici	»	295
6.3.	Norme UNI sui leganti	»	296
6.4.	Progetto	»	296
6.5.	Direzione lavori	»	296
6.5.1.	Pozzolane	»	297
6.5.1.1.	Prove	»	298
6.5.1.1.1.	Prove fisiche	»	298
6.5.1.1.1.1.	Determinazione del grado di granulosità	»	298
6.5.1.1.1.2.	Prova di presa	»	299
6.5.1.1.1.3.	Prova di trazione	»	300
6.5.1.1.1.4.	Prova a compressione	»	302
6.5.1.1.2.	Prove pratiche	»	303
6.5.2.	Calci aeree	»	304
6.5.2.1.	Prove	»	305
6.5.2.1.1.	Prova di determinazione del rendimento in grassello	»	305
6.5.2.1.2.	Prova di determinazione dei residui al vaglio 900 maglie/cm ² e 4900 maglie/cm ²	»	307
6.5.2.1.3.	Prova di stabilità di volume	»	307
6.5.3.	Leganti idraulici	»	308
6.5.3.1.	Generalità	»	308
6.5.3.2.	Progetto	»	310
6.5.3.3.	Classi normalizzate	»	312
6.5.3.4.	Direzione lavori	»	312
6.5.3.4.1.	Tipi di cemento	»	313
6.5.3.4.1.1.	Controllo di accettazione	»	313
6.5.3.4.2.	Quantità dei componenti nei cementi	»	314
6.5.3.4.3.	Classificazione di resistenza dei cementi	»	315
6.5.3.5.	Prove	»	316
6.5.3.5.1.	Prove sui cementi	»	316
6.5.3.5.1.1.	Prove su cementi in polvere	»	317
6.5.3.5.1.1.1.	Prova di finezza	»	317
6.5.3.5.1.2.	Definizione di pasta normale di cemento	»	320
6.5.3.5.1.2.1.	Prova di indeformabilità su pasta normale	»	321
6.5.3.5.1.2.2.	Prova di espansione in autoclave dei cementi	»	323
6.5.3.5.1.2.3.	Determinazione del tempo di inizio presa	»	325
6.5.3.5.1.2.4.	Determinazione del calore di idratazione	»	329
6.5.4.	Gesso per intonaco	»	330
6.5.4.1.	Prove	»	330
6.5.4.1.1.	Determinazione della granulometria	»	330
6.5.4.1.1.1.	Impasto normale	»	331
6.5.4.1.1.2.	Tempi di presa	»	332
6.5.4.1.1.3.	Espansione lineare	»	334
6.5.4.1.2.	Determinazione delle caratteristiche meccaniche	»	335
6.5.4.1.2.1.	Resistenza a flessione	»	335
6.5.4.1.2.2.	Durezza	»	337
6.5.4.1.2.3.	Resistenza a compressione	»	337

7. Malte

7.1.	Generalità	»	339
7.2.	Malte per muratura	»	341
7.3.	Prove sulle malte	»	342
7.3.1.	Sabbia normale	»	343
7.3.1.1.	Prova di resistenza a flessione	»	347
7.3.1.2.	Resistenza a compressione	»	349

8. Muratura

8.1. Generalità	» 353
8.2. Norme sulle murature	» 354
8.3. Progetto	» 354
8.4. Direzione lavori	» 358
8.4.1. Resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali.....	» 359
8.4.1.1. Valori da assumere nei calcoli	» 359
8.4.1.2. Controllo in cantiere	» 360
8.4.1.3. Controllo in stabilimento	» 361
8.4.1.3.1. Resistenza caratteristica a compressione degli elementi nella direzione dei carichi	» 361
8.4.1.3.2. Resistenza di rottura a compressione degli elementi nella direzione ortogonale a quella dei carichi verticali e nel piano della muratura	» 361
8.4.2. Resistenza caratteristica a compressione nel piano della muratura e nella direzione ortogonale ai carichi verticali	» 362
8.5. Murature formate da elementi resistenti artificiali	» 363
8.5.1. Determinazione dell'assorbimento di acqua	» 363
8.5.2. Determinazione sperimentale della resistenza a compressione di una muratura	» 363
8.5.2.1. Tecnica dei martinetti piatti	» 367
8.5.3. Determinazione della resistenza allo scorrimento – Shove test	» 372
8.5.4. Determinazione della resistenza caratteristica a compressione in base alle caratteristiche dei componenti	» 372
8.5.5. Determinazione della resistenza caratteristica a taglio della muratura in assenza di tensioni normali	» 374
8.5.5.1. Determinazione della resistenza caratteristica a taglio della muratura in presenza di tensioni di compressione	» 376
8.5.6. Resistenza a trazione delle murature	» 376
8.6. Murature formate da elementi resistenti naturali	» 377
8.6.1. Descrizione e designazione di un elemento per muratura di pietra naturale	» 377
8.6.2. Moduli di elasticità secanti	» 378
8.7. Prove non distruttive su murature esistenti	» 378
8.7.1. Endoscopia	» 379
8.7.2. Termografia	» 380
8.7.3. Prove soniche/ultrasoniche	» 381
8.7.4. Prove sclerometriche	» 381
8.7.5. Prove di penetrazione	» 382
8.7.6. Prove di pull-out	» 382
8.7.7. Georadar	» 382
8.7.8. Carotaggio	» 383
8.8. Muratura armata	» 384
8.9. Tabelle pratiche	» 384

9. Conglomerato cementizio

9.1. Generalità	» 387
9.1.1. Aggregati	» 388
9.1.2. Cemento	» 391
9.1.3. Acqua	» 392
9.1.3.1. Quantità di acqua richiesta	» 392
9.1.4. Additivi	» 393
9.1.5. Aggiunte	» 395
9.1.6. Tipi di calcestruzzo	» 396
9.1.7. Confezionamento del cls	» 400
9.2. Norme generali sui conglomerati	» 401
9.2.1. Norme UNI sul controllo del conglomerato cementizio	» 402
9.3. Progetto	» 403
9.3.1. Composizione del calcestruzzo	» 405

Controlli e prove sui materiali per l'edilizia in cantiere e in laboratorio

9.3.2.	Rapporto acqua/cemento.....	»	406
9.3.2.1.	Progetto della miscela.....	»	407
9.3.3.	Caratteristiche del calcestruzzo.....	»	407
9.3.4.	Progettazione impostata sulle prestazioni.....	»	414
9.4.	Direzione lavori.....	»	415
9.4.1.	Controllo della bolla di consegna.....	»	417
9.4.2.	Prove sul cls fresco.....	»	419
9.4.2.1.	Controllo della lavorabilità.....	»	422
9.4.2.1.1.	Durabilità.....	»	424
9.4.2.1.2.	Valori del copriferro.....	»	425
9.4.2.1.2.1.	Definizione classe di consistenza.....	»	429
9.4.2.1.2.2.	Classificazione del cls in funzione della classe di consistenza.....	»	429
9.4.2.1.3.	Fattori che influenzano la lavorabilità.....	»	429
9.4.2.1.4.	Perdita di lavorabilità.....	»	429
9.4.2.1.5.	Prescrizione della classe di consistenza.....	»	431
9.4.2.1.6.	Prova di consistenza (o di abbassamento al cono).....	»	431
9.4.2.1.6.1.	Regola di Lyse.....	»	434
9.4.2.1.6.2.	Rapporto a/c.....	»	436
9.4.2.1.7.	Prova di determinazione della consistenza. Prova Vebè.....	»	437
9.4.2.1.8.	Prova di determinazione della consistenza mediante l'indice di compattabilità.....	»	438
9.4.2.1.9.	Prova di determinazione della consistenza mediante la prova di spandimento alla tavola a scosse (slump flow test).....	»	440
9.4.2.2.	Massa volumica.....	»	442
9.4.2.2.1.	Prova su cls fresco.....	»	442
9.4.2.2.2.	Prova su cls indurito.....	»	444
9.4.2.2.3.	Determinazione con sfioratore.....	»	446
9.4.2.2.4.	Determinazione con picnometro.....	»	446
9.4.2.3.	Controllo della composizione del cls fresco.....	»	447
9.4.2.4.	Determinazione del contenuto di aria inglobata.....	»	453
9.4.2.4.1.	Metodo volumetrico a colonna d'acqua.....	»	454
9.4.2.4.2.	Metodo a pressione con manometro.....	»	456
9.4.2.5.	Determinazione dei tempi di inizio e fine presa del cls.....	»	457
9.4.2.6.	Determinazione acqua di impasto essudata (bleeding).....	»	458
9.4.2.7.	Determinazione dell'omogeneità del calcestruzzo.....	»	460
9.4.2.8.	Stagionatura.....	»	460
9.4.2.8.1.	Controllo delle differenze di temperatura durante la stagionatura.....	»	463
9.4.2.8.2.	Stagionatura ordinaria.....	»	464
9.4.2.8.3.	Effetto del tempo e dell'umidità.....	»	464
9.4.2.8.4.	Stagionatura accelerata con vapore a bassa pressione.....	»	465
9.4.2.8.5.	Maturazione dei getti.....	»	466
9.4.2.9.	Prescrizioni per il calcestruzzo.....	»	467
9.4.2.9.1.	Vita utile di progetto della struttura.....	»	469
9.4.3.	Prove sul cls indurito.....	»	470
9.4.3.1.	Prescrizioni relative al cls confezionato con processo industrializzato.....	»	474
9.4.3.2.	Provini per controllo resistenza a compressione.....	»	478
9.4.4.	Provini confezionati con cls fresco.....	»	478
9.4.4.1.	Prelievo dei campioni.....	»	478
9.4.4.2.	Dimensioni dei provini.....	»	480
9.4.4.2.1.	Tolleranze.....	»	481
9.4.4.3.	Prelievi e controllo di accettazione.....	»	485
9.4.4.3.1.	Controllo di accettazione.....	»	487
9.4.4.3.1.1.	Tempi di consegna dei provini a un laboratorio.....	»	489
9.4.4.3.1.2.	Controllo di tipo A.....	»	490
9.4.4.3.1.3.	Controllo di tipo B.....	»	491
9.4.4.3.2.	Conseguenze del controllo della resistenza.....	»	493

9.4.4.3.3.	Valore della resistenza cubica della carota	»	494
9.4.4.3.4.	In caso di contestazione sulle forniture – controlli di conformità.....	»	497
9.4.4.4.	Resistenza attuale.....	»	498
9.4.4.4.1.	Metodo British Concrete Society	»	499
9.4.4.4.2.	Metodo FEMA.....	»	500
9.4.4.5.	Confezionamento dei provini per prova di compressione.....	»	500
9.4.4.5.1.	Verbale di prelievo.....	»	502
9.4.4.6.	Stagionatura dei provini	»	503
9.4.4.6.1.	Stagionatura in condizioni definite di temperatura e umidità	»	503
9.4.4.6.2.	Stagionatura nelle condizioni ambientali della struttura	»	503
9.4.4.6.3.	Stagionatura accelerata	»	504
9.4.4.7.	Sformatura dei provini e successiva conservazione.....	»	504
9.4.4.7.1.	Trasporto dei provini	»	505
9.4.5.	Provini di cls già indurito.....	»	505
9.4.5.1.	Controlli e prova di resistenza a compressione.....	»	510
9.4.5.1.1.	Rottura a compressione di cubi di calcestruzzo.....	»	517
9.4.5.1.2.	Rottura a compressione di cilindri o carote di calcestruzzo	»	520
9.4.5.2.	Prova di resistenza a flessione.....	»	526
9.4.5.3.	Prova di compressione su monconi di provini rotti per flessione	»	530
9.4.5.4.	Resistenza a trazione	»	531
9.4.5.4.1.	Rottura per trazione indiretta (prova brasiliana) nel calcestruzzo.....	»	532
9.4.5.4.2.	Rottura per trazione diretta nel calcestruzzo	»	534
9.4.5.5.	Prova di estrazione pull-out.....	»	535
9.4.5.6.	Provini per la misura del modulo di elasticità.....	»	537
9.4.5.7.	Diagramma di deformazione del cls.....	»	538
9.4.5.8.	Controllo della composizione del cls indurito.....	»	540
9.4.6.	Prove non distruttive	»	541
9.4.6.1.	Misura del peso specifico del cls indurito.....	»	541
9.4.6.2.	Assorbimento di acqua a pressione atmosferica	»	543
9.4.6.3.	Assorbimento di acqua per immersione	»	545
9.4.6.4.	Resistenza a compressione con lo sclerometro	»	546
9.4.6.5.	Prova pacometrica	»	551
9.4.6.6.	Prova con gli ultrasuoni.....	»	552
9.4.6.7.	Metodo Sonreb	»	556
9.4.6.8.	Ritiro nel calcestruzzo	»	558
9.4.6.8.1.	Calcestruzzo confezionato con inerti della dimensione massima fino a 30 mm.....	»	558
9.4.6.8.2.	Calcestruzzo confezionato con inerti della dimensione massima oltre 30 mm.....	»	560
9.4.6.9.	Determinazione della profondità di carbonatazione.....	»	561
9.4.6.10.	Rottura a compressione su provini ricavati da microcarote di calcestruzzo	»	563
9.4.6.11.	Controlli dei calcestruzzi in opera.....	»	566
9.5.	Calcestruzzi ad alte prestazioni (A.P.) e calcestruzzi strutturali ad alta resistenza (A.R.)	»	567
9.6.	Durabilità e vita in servizio	»	568
9.7.	Degrado	»	574
9.8.	Calcestruzzi di aggregati leggeri	»	577
10. Acciaio			
10.1.	Generalità	»	581
10.2.	Norme generali e norme UNI per il controllo dell'acciaio.....	»	585
10.3.	Controlli.....	»	587
10.3.1.	Controlli da eseguire su acciai da precompresso	»	594
10.3.1.1.	Controlli sistematici in stabilimento	»	597

Controlli e prove sui materiali per l'edilizia in cantiere e in laboratorio

10.3.1.2.	Controlli nei centri di trasformazione	»	603
10.3.1.3.	Controlli di accettazione in cantiere.....	»	604
10.3.2.	Controlli da eseguire in stabilimento di barre e fili di acciaio trefolato	»	605
10.3.2.1.	Prove.....	»	605
10.4.	Acciai per strutture metalliche.....	»	607
10.4.1.	Acciai per strutture metalliche e per strutture composte.....	»	608
10.4.2.	Acciai laminati.....	»	611
10.4.3.	Acciaio per getti.....	»	613
10.4.4.	Acciaio per strutture saldate.....	»	613
10.4.5.	Processo di saldatura.....	»	613
10.4.6.	Bulloni.....	»	614
10.4.7.	Bulloni per giunzioni ad attrito	»	614
10.4.8.	Chiodi.....	»	615
10.4.8.1.	Controllo di accettazione.....	»	615
10.4.9.	Connettori a piolo.....	»	615
10.4.10.	Acciai inossidabili.....	»	615
10.4.11.	Specifiche per acciai da carpenteria in zona sismica	»	616
10.4.11.1.	Acciai zincati.....	»	620
10.5.	Controllo di accettazione degli acciai da cemento armato.....	»	620
10.5.1.	Procedure di controllo per acciai da c.a. ordinario – barre e rotoli.....	»	629
10.5.2.	Procedure di controllo per acciai da c.a. ordinario – reti e tralicci elettrosaldati	»	640
10.5.3.	Acciai inossidabili per c.a.	»	645
10.5.4.	Acciai zincati per c.a.	»	645
10.6.	Prove.....	»	646
10.6.1.	Prova di trazione	»	646
10.6.1.1.	Generalità	»	646
10.6.1.1.1.	Definizioni	»	647
10.6.1.1.1.1.	Acciaio per cemento armato normale	»	647
10.6.1.1.1.2.	Acciaio da costruzione.....	»	649
10.6.1.1.1.3.	Prodotti sottili: lamiere, nastri e prodotti piani di spessore 0,1÷3 mm	»	649
10.6.1.1.1.4.	Fili, barre e profilati con diametro o spessore < 4 mm	»	650
10.6.1.1.1.5.	Lamiere e prodotti piani di spessore ≥ 3 mm e fili, barre e profilati con diametro o spessore ≥ 4 mm	»	651
10.6.1.1.1.6.	Tubi.....	»	651
10.6.1.1.1.7.	Marcatura della lunghezza iniziale tra i riferimenti L_0	»	652
10.6.1.1.2.	Oggetto della prova	»	653
10.6.1.1.3.	Strumenti impiegati	»	653
10.6.1.1.4.	Modalità di esecuzione della prova di trazione	»	653
10.6.1.1.5.	Tratto utile.....	»	654
10.6.1.2.	Barre di acciaio per cemento armato.....	»	656
10.6.1.2.1.	Applicazione del carico	»	657
10.6.1.2.2.	Aspetto della frattura	»	657
10.6.1.2.3.	Carico di rottura.....	»	657
10.6.1.2.4.	Allungamento dopo rottura A_s	»	658
10.6.1.2.5.	Carico unitario di snervamento.....	»	660
10.6.1.2.5.1.	Definizione degli allungamenti	»	661
10.6.1.2.5.2.	Definizione dei carichi unitari di snervamento superiore e inferiore.....	»	662
10.6.1.2.5.3.	Definizione del carico unitario di scostamento dalla proporzionalità	»	663
10.6.1.2.5.4.	Definizione del carico unitario di allungamento	»	664
10.6.1.2.5.5.	Definizione del carico unitario di scostamento dalla proporzionalità e per la definizione del carico unitario di snervamento inferiore.....	»	665

10.6.1.2.5.6. Definizione di carico massimo	»	665
10.6.1.3. Prova di trazione su spezzoni di tondo liscio, con determinazione dell'area della sezione, dei carichi di snervamento e rottura, dell'allungamento percentuale a rottura.....	»	666
10.6.1.4. Prova di trazione su spezzoni di barre ad aderenza migliorata, con determinazione dell'area della sezione, dei carichi di snervamento e rottura, dell'allungamento percentuale a rottura....	»	674
10.6.1.5. Prova di trazione per reti e tralicci elettrosaldati, con determinazione dell'area della sezione, dei carichi di snervamento e rottura, dell'allungamento percentuale a rottura.....	»	676
10.6.1.6. Prova di trazione per reti metalliche a doppia torsione.....	»	679
10.6.1.6.1. Controlli di produzione in stabilimento.....	»	682
10.6.1.6.2. Documentazione di accompagnamento ed etichettatura.....	»	683
10.6.1.6.3. Accettazione in cantiere.....	»	683
10.6.1.6.4. Prove di laboratorio sui materiali durante il processo di fabbricazione	»	684
10.6.1.6.5. Prove sul filo metallico.....	»	684
10.6.1.6.6. Prove sui rivestimenti protettivi del filo.....	»	684
10.6.1.6.7. Prove sulla rete metallica.....	»	685
10.6.1.7. Prova di trazione su provini ricavati da profilati e lamiere, con determinazione dell'area della sezione, dei carichi di snervamento e rottura, dell'allungamento percentuale a rottura....	»	686
10.6.1.7. Prova di trazione su fili da precompresso, con determinazione dell'area della sezione, dei limiti 0,1% e 0,2%, dell'allungamento percentuale a rottura sotto carico massimo	»	693
10.6.1.8. Prova di trazione su trecce o trefoli da precompresso, con determinazione dell'area della sezione, del limite 1%, del carico di rottura	»	698
10.6.1.9. Prova di fatica su barre da precompresso.....	»	701
10.6.1.10. Modulo di elasticità normale negli acciai	»	702
10.6.1.11. Diagramma di deformazione negli acciai.....	»	702
10.6.1.12. Magnetometria o prova pacometrica.....	»	702
10.6.2. Prova di piegamento e raddrizzamento.....	»	703
10.6.2.1. Prova meccanica sugli acciai: piegamento a 180° a freddo	»	707
10.6.2.2. Prova meccanica sugli acciai: piegamento a 90° con raddrizzamento dopo riscaldamento	»	709
10.6.2.3. Numero di piegamenti alterni a rottura negli acciai.....	»	714
10.6.2.4. Prova di resistenza al distacco per reti e tralicci elettrosaldati.....	»	715
10.6.2.5. Prova di rilassamento a temperatura ordinaria sugli acciai da cemento armato precompresso	»	719
10.6.3. Prova di resilienza.....	»	721
10.6.3.1. Resilienza a freddo negli acciai.....	»	725
10.6.4. Prova di durezza.....	»	728
10.6.4.1. Metodo di Brinell.....	»	729
10.6.4.2. Metodo di Vickers	»	733
10.6.4.3. Metodo di Rockwell	»	735
10.6.4.4. Resistenza a rottura determinata con la prova di durezza	»	736
10.6.4.5. Prova di resistenza a fatica.....	»	737
10.6.4.6. Controlli sui prodotti laminati	»	737
10.6.4.6.1. Prove di qualificazione in stabilimento	»	737
10.6.5. Controllo su acciai per strutture metalliche	»	738
10.6.5.1. Prova di piegamento.....	»	740
10.6.5.2. Prova di duttilità.....	»	740
10.6.5.3. Prova di aderenza – metodo beam test.....	»	740
10.6.5.4. Prove di qualificazione dei procedimenti di saldatura	»	746
10.6.5.5. Analisi chimica.....	»	748
10.7. Travi tralicciate in acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante	»	748

Controlli e prove sui materiali per l'edilizia in cantiere e in laboratorio

11. Legno

11.1. Normativa di riferimento	»	751
11.2. Generalità	»	752
11.2.1. Caratteristiche del legno	»	752
11.2.2. Difetti del legname	»	754
11.2.2.1. Difetti di struttura	»	755
11.2.2.2. Difetti di taglio, di stagionatura e dovuti a trasporto errato, vento e neve	»	757
11.2.2.3. Difetti per alterazioni	»	757
11.2.2.4. Deformabilità	»	759
11.2.3. Classificazione dei legnami da costruzione	»	760
11.2.3.1. Caratteristiche meccaniche del legno	»	765
11.2.3.2. Procedure di qualificazione e accettazione	»	765
11.2.3.2.1. Legno massiccio (solid timber)	»	766
11.2.3.2.2. Legno strutturale con giunti a dita	»	767
11.2.3.2.3. Legno massiccio con sezioni rettangolari	»	768
11.2.3.2.4. Legno massiccio con sezioni irregolari	»	769
11.2.3.3. Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati	»	769
11.2.3.4. Forniture e documentazione di accompagnamento	»	770
11.2.4. Dimensioni e scostamenti ammessi per legname strutturale	»	771
11.2.4.1. Caratteristiche richieste	»	772
11.2.4.2. Sistema di classi di resistenza	»	773
11.2.4.2.1. Classificazione del legno strutturale	»	773
11.2.4.2.2. Applicazione del metodo alle tensioni ammissibili	»	777
11.2.4.3. Durabilità del legno e suoi derivati	»	777
11.3. Prove	»	779
11.3.1. Indagini fisiche	»	781
11.3.1.1. Determinazione del peso	»	781
11.3.1.2. Determinazione del peso specifico (massa volumica)	»	781
11.3.1.3. Umidità	»	781
11.3.1.4. Densità	»	783
11.3.1.5. Assorbimento	»	784
11.3.2. Prove normali	»	784
11.3.2.1. Prova di compressione	»	785
11.3.2.2. Prova di trazione	»	787
11.3.2.3. Prova per la determinazione del modulo di elasticità	»	789
11.3.2.4. Determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche determinate per provini in dimensioni d'uso	»	790
11.3.2.4.1. Determinazione del 5-percentile del campione	»	791
11.3.2.4.2. Determinazione del modulo di elasticità medio del campione	»	792
11.3.3. Prove speciali	»	793
11.3.3.1. Assorbimento di liquidi	»	793
11.3.3.1.1. Determinazione della quantità e della velocità di impregnazione a temperatura e pressione ordinarie, dopo un certo numero di ore	»	794
11.3.3.2. Variazione di volume con l'umidità	»	794
11.3.3.3. Prova di compressione nel senso normale alle fibre	»	795
11.3.3.4. Prova di flessione	»	796
11.3.3.5. Prova all'urto	»	799
11.3.3.6. Prova di taglio	»	800
11.3.3.7. Prova all'abrasione	»	803
11.3.3.8. Prove meccaniche su legname umido	»	804
11.3.3.9. Prove complementari	»	804
11.3.3.9.1. Metodo di Brinell	»	804
11.3.3.9.2. Metodo di Janka	»	804
11.3.4. Prove pratiche	»	805
11.3.4.1. Prove per pali di fondazione	»	805
11.3.4.2. Prove per pali di sostegno	»	805
11.3.4.3. Prove su colonne, travi, travicelli e tavolami	»	806

11.3.4.4.	Prove non distruttive	»	807
11.3.4.4.1.	Resistografia	»	807
11.3.4.4.2.	Misura igrometrica	»	808
11.3.4.4.3.	Prova ultrasonica	»	808
11.3.4.5.	Prove sui legnami per pavimentazione stradale	»	808
11.3.4.6.	Prove su legnami per pavimenti interni e per ebanisteria	»	808
11.3.4.6.1.	Prova di durezza	»	809
11.3.4.6.2.	Prova di lucidatura	»	809
11.4.	Legno lamellare incollato (glulam)	»	809
11.4.1.	Resistenze di progetto	»	814
11.4.2.	Classi di durata	»	815
11.4.3.	Classi di servizio	»	815
11.5.	Legno strutturale con giunti a dita	»	816
11.5.1.	Controllo della produzione	»	817
11.5.1.1.	Ispezioni e prove	»	817
11.5.1.2.	In zona sismica	»	820
 12. Funi			
12.1.	Generalità	»	821
12.2.	Corde vegetali	»	821
12.3.	Funi metalliche	»	821
12.3.1.	Tipi principali	»	821
12.3.2.	Impiego	»	822
12.3.3.	Funi di forza	»	823
12.3.4.	Diametro dei fili della fune (d)	»	823
12.3.5.	Numero dei fili della fune (n)	»	824
12.3.6.	Diametro in mm della fune (δ) in funzione del diametro del tamburo (D)	»	824
12.3.7.	Diametro in mm del tamburo (d) in funzione del diametro della fune (δ)	»	824
12.3.8.	Esemplificazioni sull'uso e il controllo delle funi	»	824
12.3.8.1.	Esercizio delle verifiche e controlli	»	825
12.3.8.2.	Funi dei ponteggi sospesi motorizzati	»	826
12.3.8.3.	Ascensori	»	827
 13. Materiali compositi fibrorinforzati			
13.1.	Normativa di riferimento	»	831
13.2.	Generalità	»	831
13.3.	Progetto	»	832
13.3.1.	Sistemi di rinforzo	»	833
13.3.2.	Rinforzi di strutture in c.a.	»	834
13.3.3.	Rinforzo di strutture murarie	»	835
13.4.	Controllo dei materiali	»	836
13.4.1.	Specifiche tecniche per i laminati fibrorinforzati	»	836
13.5.	Controllo della produzione	»	837
13.5.1.	Controllo interno	»	837
13.5.2.	Controllo di enti terzi	»	838
13.6.	Controlli in cantiere	»	838
13.7.	Prove	»	839
13.7.1.	Prove sperimentali	»	839
13.7.2.	Prove semidistruttive	»	840
13.7.2.1.	Prova di strappo normale	»	840
13.7.2.2.	Prova di strappo a taglio	»	840
13.7.3.	Prove non distruttive	»	841
13.7.3.1.	Prove di tipo acustico	»	841
13.7.3.2.	Prove ultrasoniche ad alta frequenza	»	841
13.7.3.3.	Prove termografiche	»	841
13.7.3.4.	Prove in emissione acustica	»	841

Controlli e prove sui materiali per l'edilizia in cantiere e in laboratorio

13.7.3.5. Prove a collasso su elementi, travi e pilastri rinforzati	»	841
13.7.4. Prove di aderenza	»	842
14. Collaudo statico		
14.1. Generalità	»	843
14.2. Controlli e collaudo statico – costruzioni in legno	»	846
14.3. Controlli e collaudo statico – costruzioni esistenti	»	848
14.3.1. Prova con martinetto	»	849
14.3.2. Prova termografica	»	849
14.3.3. Prova con sonde soniche	»	850
14.3.4. Prova con georadar	»	850
14.4. Collaudo opere realizzate con reti metalliche a doppia torsione	»	850
14.5. Collaudare un'opera	»	850
14.5.1. Prove di carico	»	851
14.5.1.1. Strumenti impiegati	»	852
14.5.1.2. Carichi agenti sulle strutture	»	854
14.5.2. Esito delle prove	»	856
14.6. Accertamenti generali	»	857
14.6.1. Verifica delle murature	»	858
14.6.2. Verifica degli intonaci	»	858
14.6.3. Verifica dei pavimenti e dei rivestimenti	»	858
14.6.4. Verifica dei lavori in ferro	»	858
14.6.5. Verifica di isolamenti e impermeabilizzazioni	»	858
14.6.6. Verifica degli infissi	»	859
14.6.7. Verifica dei controsoffitti	»	859
14.6.8. Verifica degli impianti	»	859
14.6.9. Verifica degli impianti idrosanitari	»	859
14.6.10. Verifica dell'impianto elettrico	»	859
14.6.11. Verifica dell'impianto di riscaldamento	»	859
14.6.12. Verifica dell'impianto di condizionamento	»	859
14.6.13. Verifica degli impianti di sollevamento (ascensori, montacarichi, scale mobili)	»	860
14.7. Verifica delle strutture	»	860
14.7.1. Esecuzione prove di carico	»	860
14.7.1.1. Prove di carico su pali	»	861
14.7.1.2. Prove di carico su travi	»	861
14.7.1.3. Prove di carico su solai, rampe di scala, balconi	»	861
14.7.1.4. Solai in cemento armato tradizionali	»	862
14.7.1.5. Mensole	»	863
14.7.1.6. Strutture metalliche	»	863
14.7.1.7. Strutture in cemento armato	»	864
14.7.1.8. Edifici in muratura	»	864
14.7.1.9. Strutture in cui vengono impiegate fibre FRP	»	865
14.7.1.10. Edifici in legno	»	865
<i>Elenco di termini tecnici ricorrenti nel testo con il corrispettivo in lingua inglese</i>	»	867
<i>Bibliografia</i>	»	877

Premessa

Il presente testo affronta uno dei problemi più scottanti e di attualità cui ogni costruzione deve fare riferimento e si rivolge a quanti, a qualsiasi titolo, entrano a far parte della filiera per la realizzazione di un'opera di ingegneria, sia per quanto riguarda la produzione che la commercializzazione e l'impiego dei materiali, qualunque sia l'entità da realizzare. La conoscenza delle caratteristiche e delle proprietà dei materiali, specialmente di quelli strutturali, è fondamentale per progettare, realizzare e verificare costruzioni la cui qualità e sicurezza deve essere preceduta e seguita da controlli e prove. La necessità e la obbligatorietà di accertamento dei requisiti di materiali e prodotti, sia nei luoghi di produzione che in cantiere e/o in laboratorio, comportano una adeguata e consapevole cognizione dei criteri e delle pratiche che sottendono ad essi. Pertanto occorre che tutti i soggetti interessati applichino corrette modalità dal prelievo dei campioni sino all'acquisizione dei risultati delle prove e ai relativi controlli di accettazione.

Il libro mantiene la caratteristica di prontuario con pratica e rapida consultazione, recepisce le più recenti novità legislative e risulta aggiornato e ampliato nei contenuti rispetto alla precedente edizione. Rivolto ai tecnici tende ad aiutare il progettista nell'identificazione e descrizione dei materiali e dei loro componenti, il produttore nella qualificazione di materiali e prodotti (controllo di produzione), il direttore dei lavori nell'accettazione dei materiali mediante i controlli richiesti (controllo della documentazione e controllo in opera), il collaudatore nel difficile compito di accertamento finale.

Nel presente lavoro di ogni materiale preso in esame viene offerta una dettagliata descrizione dal punto di vista tecnologico e di impiego. Seguono per ciascuno una sintesi delle indicazioni relative alla progettazione e alla direzione dei lavori e un'ampia casistica di procedure e di prove; per ognuna di esse vengono specificati modalità di esecuzione, valori attesi, resoconti e contenuti della documentazione e dei certificati che devono accompagnare le forniture o vengono rilasciati dai laboratori ufficiali. Ciò è estremamente importante perché si è passati nell'evoluzione normativa da un sistema di tipo prescrittivo a un sistema di tipo prestazionale basato sul raggiungimento dei risultati e non sull'obbligo di adottare misure tecniche. Pertanto il sistema prestazionale richiede uno sforzo maggiore e una maggiore responsabilità pure in fase collaudo e in fase di esercizio di un'opera, dovendo verificare la rispondenza ai requisiti, ai livelli di funzionalità e alle prestazioni di progetto, con una periodicità definita, individuando i soggetti interessati, le loro competenze e le procedure che debbono attuare.

Gennaio 2014

Biagio Parisi

Introduzione

In queste pagine che si propongono come strumento di sintesi e di supporto all'attività professionale, vengono presentate le caratteristiche, le prove e gli accertamenti sui principali materiali impiegati nelle costruzioni, secondo la pratica di direzione, di cantiere e di laboratorio.

Il problema della qualificazione e della conseguente certificazione dei prodotti da costruzione, dal 01.07.2013, è regolato a livello europeo dal nuovo Regolamento (UE) n. 305/2011 del 09.03.2011 per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, che non ha bisogno di essere recepito da parte degli Stati membri.

Nell'ambito della certificazione dei prodotti da costruzione il Servizio Tecnico Centrale è stato individuato dal legislatore nazionale quale organismo di certificazione e di Benessere Tecnico ai fini dell'apposizione della marcatura CE sui prodotti da costruzione.

Al momento della immissione nel mercato di un prodotto da costruzione, il fabbricante deve redigere una *dichiarazione di prestazione* (DoP) con la quale egli si assume la responsabilità che il prodotto è conforme alle prestazioni dichiarate, che deve accompagnare il marchio CE¹.

Tale dichiarazione sostituisce la precedente *dichiarazione di conformità*.

All'art. 4 si legge che:

“1. Quando un prodotto da costruzione rientra nell'ambito di applicazione di una norma armonizzata o è conforme a una valutazione tecnica europea rilasciata per il prodotto in questione, il fabbricante redige una dichiarazione di prestazione all'atto dell'immissione di tale prodotto sul mercato.

2. Quando un prodotto da costruzione rientra nell'ambito di applicazione di una norma armonizzata o è conforme a una valutazione tecnica europea rilasciata per il prodotto in questione, le informazioni, sotto qualsiasi forma, sulla sua prestazione in relazione alle caratteristiche essenziali, come definite nella specifica tecnica armonizzata applicabile, possono essere fornite solo se comprese e specificate nella dichiarazione di prestazione, eccetto nei casi in cui, in conformità dell'articolo 5, non è stata redatta alcuna dichiarazione di prestazione.

3. Nel redigere la dichiarazione di prestazione, il fabbricante si assume la responsabilità della conformità del prodotto da costruzione a tale prestazione dichiarata. Salvo oggettive indicazioni contrarie, gli Stati membri presumono che la dichiarazione di prestazione redatta dal fabbricante sia precisa e affidabile.”

L'art. 5 contiene le *“Deroghe alla redazione della dichiarazione di prestazione”*.

¹ La Dichiarazione di Prestazione è cosa diversa dalla precedente Dichiarazione di Conformità, infatti quella attestava solo la conformità del prodotto a un certo processo di verifica, con la DoP il produttore, per ogni prodotto, deve certificare che quanto da lui realizzato risponde alle caratteristiche richieste dall'uso cui è destinato.

All'art. 6 il nuovo Regolamento indica il: “*Contenuto della dichiarazione di prestazione.*

1. La dichiarazione di prestazione descrive la prestazione dei prodotti da costruzione in relazione alle caratteristiche essenziali di tali prodotti, conformemente alle pertinenti specifiche tecniche armonizzate.

2. La dichiarazione di prestazione contiene in particolare le seguenti informazioni:

a) il riferimento del prodotto-tipo per il quale la dichiarazione di prestazione è stata redatta;

b) il sistema o i sistemi di valutazione e verifica della costanza della prestazione del prodotto da costruzione di cui all'allegato V;

c) il numero di riferimento e la data di pubblicazione della norma armonizzata o della valutazione tecnica europea usata per la valutazione di ciascuna caratteristica essenziale;

d) se del caso, il numero di riferimento della documentazione tecnica specifica usata ed i requisiti ai quali il fabbricante dichiara che il prodotto risponda.

3. La dichiarazione di prestazione contiene altresì:

a) l'uso o gli usi previsti del prodotto da costruzione, conformemente alla specifica tecnica armonizzata applicabile;

b) l'elenco delle caratteristiche essenziali secondo quanto stabilito nella specifica tecnica armonizzata per l'uso o gli usi previsti dichiarati; IT L 88/12 Gazzetta ufficiale dell'Unione europea 4.4.2011;

c) la prestazione di almeno una delle caratteristiche essenziali del prodotto da costruzione pertinenti all'uso o agli usi previsti dichiarati;

d) se del caso, la prestazione del prodotto da costruzione, espressa in livelli o classi, o in una descrizione, ove necessario sulla base di un calcolo, in relazione alle sue caratteristiche essenziali determinate conformemente all'articolo 3, paragrafo 3;

e) la prestazione delle caratteristiche essenziali del prodotto da costruzione concernenti l'uso o gli usi previsti, tenendo conto delle disposizioni relative all'uso o agli usi previsti nel luogo in cui il fabbricante intenda immettere il prodotto da costruzione sul mercato;

f) per le caratteristiche essenziali elencate, per le quali non sia dichiarata la prestazione, le lettere «NPD» (nessuna prestazione determinata);

g) qualora per il prodotto in questione sia stata rilasciata una valutazione tecnica europea, la prestazione, espressa in livelli o classi, o in una descrizione, del prodotto da costruzione in relazione a tutte le caratteristiche essenziali contenute nella corrispondente valutazione tecnica europea.

4. La dichiarazione di prestazione è redatta in base al modello di cui all'allegato III.” che viene riportato qui di seguito:

Per dare risposta al problema dell'utilizzo dei materiali, un tecnico delle costruzioni deve sapere ordinare e/o eseguire e/o gestire i risultati derivanti da controlli e prove da eseguire direttamente o da demandare ai laboratori ufficiali.

Ai sensi della Legge 05.11.1971 n. 1086, alla *Relazione a struttura ultimata* relativa ad opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica, bisogna allegare “*i certificati delle prove sui materiali impiegati*” emessi da laboratori. Il Decreto contenente le NTC 2008 prescrive che: “***I materiali ed i prodotti utilizzati nelle costruzioni devono rispondere ai requisiti indicati nelle presenti norme.***”

DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE

n.....

1. Codice di identificazione unico del prodotto-tipo:

2. Numero di tipo, lotto, serie o qualsiasi altro elemento che consenta l'identificazione del prodotto da costruzione ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 4:

3. Uso o usi previsti del prodotto da costruzione, conformemente alla relativa specifica tecnica armonizzata, come previsto dal fabbricante:

4. Nome, denominazione commerciale registrata o marchio registrato e indirizzo del fabbricante ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 5:

5. Se opportuno, nome e indirizzo del mandatario il cui mandato copre i compiti cui all'articolo 12, paragrafo 2:

6. Sistema o sistemi di valutazione e verifica della costanza della prestazione del prodotto da costruzione di cui all'allegato V:

7. Nel caso di una dichiarazione di prestazione relativa ad un prodotto da costruzione che rientra nell'ambito di applicazione di una norma armonizzata:

(nome e numero di identificazione dell'organismo notificato, se pertinente)

ha effettuato.....secondo il sistema.....

(descrizione dei compiti di parte terza di cui all'allegato V)

e ha rilasciato.....

(certificato di costanza della prestazione, certificato di conformità del controllo della produzione in fabbrica, relazioni di prova/calcolo – a seconda dei casi)

8. Nel caso di una dichiarazione di prestazione relativa ad un prodotto da costruzione per il quale è stata rilasciata una valutazione tecnica europea:

(nome e numero di identificazione dell'organismo di valutazione tecnica, se pertinente)

ha rilasciato.....

(numero di riferimento della valutazione tecnica europea)

in base a.....

(numero di riferimento del documento per la valutazione europea) IT 4.4.2011 Gazzetta ufficiale dell'Unione europea L 88/37

effettuata.....secondo il sistema.....

(descrizione dei compiti di parte terza di cui all'allegato V)

e ha rilasciato.....

(certificato di costanza della prestazione, certificato di conformità del controllo della produzione in fabbrica, relazioni di prova/calcolo – a seconda dei casi)

9. Prestazione dichiarata

10. La prestazione del prodotto di cui ai punti 1 e 2 è conforme alla prestazione dichiarata di cui al punto 9.

Si rilascia la presente dichiarazione di prestazione sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante di cui al punto 4.

Firmato a nome e per conto di:

(nome e funzioni)

(luogo e data del rilascio)

(firma)

NOTE RELATIVE ALLA TABELLA:

1. La colonna 1 contiene l'elenco delle caratteristiche essenziali definite dalle specifiche tecniche armonizzate per l'uso o gli usi previsti di cui al punto 3;

2. Per ciascuna caratteristica elencata nella colonna 1 e conformemente ai requisiti di cui all'articolo 6, la colonna 2 contiene la prestazione dichiarata, espressa in termini di livello, classe o mediante una descrizione, in relazione alle caratteristiche essenziali corrispondenti. Le lettere «NPD» (nessuna prestazione determinata) ove non sia dichiarata alcuna prestazione;

3. Per ciascuna caratteristica essenziale elencata nella colonna 1 la colonna 3 contiene:

a) il riferimento datato della norma armonizzata corrispondente e, se pertinente, il numero di riferimento della documentazione tecnica specifica o della documentazione tecnica appropriata utilizzata;

oppure

b) il riferimento datato del documento per la valutazione europea corrispondente, se disponibile, ed il numero di riferimento della valutazione tecnica europea utilizzata; Caratteristiche essenziali (cfr nota 1)

Prestazione (cfr. nota 2)

Specifiche tecniche armonizzate (cfr. nota 3)

Qualora sia stata usata la documentazione tecnica specifica, ai sensi dell'articolo 37 o 38, i requisiti cui il prodotto risponde:

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- **identificati** mediante la descrizione, a cura del fabbricante², del materiale stesso e dei suoi componenti elementari;
- **qualificati** mediante la documentazione di attestazione che preveda prove sperimentali per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche, effettuate da un ente terzo indipendente ovvero, ove previsto, autocertificate dal produttore secondo procedure stabilite dalle specifiche tecniche europee richiamate nel presente documento;
- **accettati** dal Direttore dei Lavori mediante controllo delle certificazioni di cui al punto precedente e mediante le prove sperimentali di accettazione previste nelle presenti norme per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche.

Tutte le prove che servono a definire le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche dei materiali strutturali devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, ovvero sotto il loro diretto controllo, sia per ciò che riguarda le prove di certificazione o qualificazione, che quelle di accettazione.

I laboratori dovranno fare parte dell'Albo dei Laboratori Ufficiali presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Il Servizio Tecnico Centrale attiverà un sistema di vigilanza presso i cantieri e i luoghi di lavorazione per verificare la corretta applicazione delle presenti disposizioni, ai sensi dell'art. 11 del DPR n. 246/93.

Nei casi in cui per materiali e prodotti per uso strutturale è prevista la marcatura CE ai sensi del DPR 21/4/1993 n. 246, ovvero la qualificazione secondo le presenti norme, la relativa 'attestazione di conformità' deve essere consegnata alla Direzione Lavori.

Negli altri casi, l'idoneità all'uso va accertata attraverso le procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei LL.PP., che devono essere almeno equivalenti a quelle delle corrispondenti norme europee armonizzate ovvero a quelle previste nelle presenti Norme Tecniche.

Il richiamo alle specifiche tecniche europee EN o nazionali UNI, ovvero internazionali ISO contenuto nella presente norma, deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata, salvo diversamente specificato.

Le proprietà meccaniche o fisiche dei materiali che concorrono alla resistenza strutturale debbono essere misurate mediante prove sperimentali, definite su insiemi statistici significativi."

Estremamente importante è il ruolo assegnato ai laboratori ufficiali, la cui attività è definita servizio di pubblica utilità; ad essi è demandata l'esecuzione e la certificazione delle prove sui materiali strutturali.

Tali laboratori, ai sensi dell'art. 20 della Legge n. 1086 del 05.11.1971, del DPR n. 380 del 06.06.2001 sono:

- i laboratori delle università, dei politecnici e delle facoltà di ingegneria e di architettura, degli istituti universitari di architettura;
- il laboratorio dell'Istituto sperimentale delle ferrovie dello stato di Roma;

² Il fabbricante o produttore è chi immette sul mercato un prodotto destinato a un determinato impiego assumendosene la responsabilità.

- il laboratorio dell'Istituto sperimentale stradale del Touring Club Italiano di Milano;
- il laboratorio di Scienza delle costruzioni del Centro studi ed esperienze dei servizi antincendi e di protezione civile di Roma;
- il Centro sperimentale dell'ANAS di Cesano (Roma);
- altri laboratori che il Ministero prima per i lavori pubblici e dopo delle infrastrutture e i trasporti, sentito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, può autorizzare con proprio decreto.

La Circ. 08.08.2010 n. 7617/STC detta i criteri per cui i laboratori³ possono eseguire prove nei settori A e B; prevede, inoltre, che gli stessi possano eseguire il campionamento dei materiali in cantiere o in sito e possano chiedere l'autorizzazione a svolgere e certificare altre specifiche prove, riconducibili a prescrizioni contenute nelle vigenti norme tecniche. Con la legge n. 134 del 07.08.2012 di conversione del decreto legge n. 83 del 22.06.2012, relativa alla modifica dell'art. 59 del DPR n. 380/2001 si è previsto che: *“Il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti può autorizzare, con proprio decreto, ai sensi del presente capo, altri laboratori ad effettuare: a) prove sui materiali da costruzione; b) prove di laboratorio su terre e rocce”*. Ed è stato espressamente stabilito l'obbligo dell'autorizzazione ministeriale per i laboratori per la certificazione del prelievo dei campioni e di alcune prove in situ; stante che le NTC 2008 prevedono che le indagini e le prove geotecniche, propedeutiche alla definizione del modello geotecnico, devono essere certificate da uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001; spettano ad essi le attività di prova da eseguire in situ e le attività di prova interne del laboratorio da effettuare sui campioni prelevati.

Norme di riferimento

Secondo la Direttiva Europea 98/34/CE del 22 giugno 1998, *norma* è la specifica tecnica approvata da un organismo riconosciuto a svolgere attività normativa per applicazione ripetuta o continua, la cui osservanza non sia obbligatoria e che appartenga ad una delle seguenti categorie:

- norma internazionale (ISO)
- norma europea (EN)
- norma nazionale (UNI).

Le norme definiscono le caratteristiche dimensionali, prestazionali, ambientali, di sicurezza, di organizzazione ecc. di un prodotto, processo o servizio.

Dal 1985 per i prodotti che richiedono l'applicazione del marchio CE, il legislatore si limita a definire, tramite Direttive, i requisiti essenziali relativi alla sicurezza e alla salute dei cittadini, demandando al CEN l'emanazione di norme che ne precisino le caratteristiche prestazionali e i metodi di prova.

³ La Circolare indica i requisiti che i laboratori devono possedere per potere ottenere l'autorizzazione (qualità dei locali, efficienza delle attrezzature, tarature delle macchine di prova, personale qualificato, indipendenza e accreditamento) e le garanzie che gli stessi debbono fornire (affidabilità, competenza, riproducibilità e ripetibilità dei risultati delle prove).

La Comunità Europea armonizza per mezzo di istituti di normazione le Direttive i cui requisiti stanno alla base delle legislazioni degli stati membri.

Le norme armonizzate stabiliscono le specifiche tecniche che servono alla progettazione e alla fabbricazione di prodotti rispondenti ai requisiti essenziali che vengono stabiliti.

L'applicazione delle Direttive è obbligatoria e rimanda a più tipi di documenti:

HD	Norma armonizzata ⁴ , basata su norme internazionali.
EN	Norma europea. EN: identifica le norme elaborate dal CEN (Comité Européen de Normalisation). Le norme EN devono essere obbligatoriamente recepite dai Paesi membri CEN e la loro sigla di riferimento diventa, nel caso dell'Italia, UNI EN; ENV - pre-norma europea.
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano.
CEN	Comitato Europeo di Normazione.
ISO	Organizzazione Internazionale di Normazione. ISO: individua le norme elaborate dall'ISO (International Organization for Standardization), che sono applicabili in tutto il mondo. Ogni Paese può adottarle come proprie norme nazionali. In Italia la sigla diventa UNI ISO (diventa UNI EN ISO se la norma è stata adottata anche a livello europeo).
UNI	Ente Nazionale Italiano di Unificazione (è l'organismo nazionale italiano di normazione). UNI: contraddistingue tutte le norme nazionali italiane e nel caso sia l'unica sigla presente significa che la norma è stata elaborata direttamente dalle Commissioni UNI o dagli Enti Federati.
UNI CEI	Norma elaborata e pubblicata congiuntamente da UNI e CEI.
UNI EN	Versione italiana della norma europea EN che recepisce senza varianti l'omonima norma internazionale ISO.
UNI ENV	Versione italiana delle norme europee sperimentali elaborate dal CEN.
UNI ISO	Versione italiana delle norme internazionali ISO che vengono elaborate dall'Organizzazione Internazionale di Normazione.
UNI EN ISO	Versione italiana delle norme europee EN.
UNI ENV ISO	Versione italiana delle norme europee sperimentali ENV che recepiscono senza varianti le omonime norme internazionali ISO.
UNI CEI EN	Nome elaborate dal CEI, risultato dei lavori del CEN.
UNI CEI EN ISO	Versione italiana delle norme europee EN che recepiscono senza varianti le omonime norme internazionali ISO.

⁴ Una norma armonizzata è una specifica tecnica adottata dagli organismi europei di normazione (su mandato della Commissione) si da essere utilizzata per verificare dei requisiti essenziali per l'immissione di un prodotto sul mercato. Una tale norma viene pubblicata sulla GUUE (Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea) e, dopo recepimento nazionale, sulla GU (Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana).

Alcune unità di misura e abbreviazioni utilizzate nel testo

1 kg	= 1 daN = 10 N
1 N	= 0,1 kg
1 kN	= 1000 N = 100 kg
1 t	= 10 kN
1 Pa	= 1 N/m ² = 10 ⁻⁶ N/mm ²
1 MPa	= 1 N/mm ² = 10 kg/cm ²
1 kg/cm ²	= 0,1 N/mm ² ≈ 1 atm
1 mega	moltiplica il valore per 1 milione di volte (10 ⁶)
1 giga	moltiplica il valore per 1 miliardo di volte (10 ⁹)
1 GPa	= 1 kN/mm ² = 1 N/mm ² × 10 ³
1 micron	divide il valore per un milione di volte (diviso per 10 ⁻⁶)
kg	= chilogrammo/i
l	= litro/i
s	= secondo/i o spessore o scarto quadratico medio
min	= minuto/i
h	= ora/e
d	= diametro
gg	= giorni
g	= grammi o giorno
t	= temperatura o tonnellate

Evoluzione normativa

Il Decreto del 31 luglio 2012 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, “Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l’applicazione degli Eurocodici”, riporta che:

“Le nuove norme tecniche per le costruzioni, approvate con il citato decreto ministeriale del 14 gennaio 2008, al Capitolo 1 «Oggetto», terzo capoverso, circa le indicazioni applicative per l’ottenimento delle prescritte prestazioni, stabiliscono che per quanto non espressamente specificato dalle stesse nuove norme tecniche per le costruzioni, ci si può riferire a normative di comprovata validità e ad altri documenti tecnici elencati nel Cap. 12 e che, in particolare, quelle fornite dagli Eurocodici con le relative Appendici Nazionali costituiscono indicazioni di comprovata validità e forniscono il sistematico supporto applicativo delle medesime norme.”

I MATERIALI

È responsabilità del produttore di materie prime mettere in circolazione materiali e prodotti conformi alle specifiche tecniche europee e/o nazionali.

Si fa riferimento al capitolo 11 delle NTC 2008 (Decr. Min. 14.01.2008), alle Istruzioni per la loro applicazione (Circolare n.617 del 02.02.2009) e alla richiesta marcatura CE

secondo la Direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita dall'Italia con DPR 246/93 e successive modifiche con DPR 499/97.

Il Regolamento UE n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 09.03.2011 (indicato con la sigla CPR = Regolamento Prodotti da Costruzione) fissa le condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione che abroga la Direttiva 89/106 del Consiglio ed è entrato pienamente in vigore in data 01.07.2013⁵.

Le NTC 2008 definiscono *“prodotto per uso strutturale qualsiasi materiale o prodotto che consenta ad un'opera, ove questo è incorporato, di soddisfare il requisito essenziale n. 1 Resistenza meccanica e stabilità”*.

La Direttiva europea definisce *“materiale da costruzione qualsiasi prodotto che venga incluso in modo stabile nelle costruzioni industriali, commerciali o di uso civile”*.

La differenza tra prodotto da costruzione e prodotto per uso strutturale è determinata dalla destinazione d'uso.

Per i prodotti per i quali è prevista la marcatura CE (ad esempio: cementi, aggregati, additivi, ecc.) la relativa attestazione deve essere consegnata al direttore dei lavori.

I materiali e i prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati univocamente a cura del produttore⁶, secondo le procedure applicabili;
- qualificati sotto la responsabilità del produttore;
- accettati in cantiere dal direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione. Il DL è tenuto ad accertare la corrispondenza dei prodotti forniti con le relative dichiarazioni.

Le NTC 2008 prevedono i seguenti tre casi.

A. Marcatura CE⁷

La marcatura CE si riferisce a materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata⁸ il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile solo se sono in possesso della marcatura CE.

⁵ Il CPR descrive sette requisiti di base delle opere di costruzione (RBC, ma citati spesso con la sigla inglese BWR, basic works requirements) che debbono essere soddisfatti: BWR 1. resistenza meccanica e stabilità, BWR 2. sicurezza in caso di incendio, BWR 3. igiene, salute e ambiente, BWR 4. sicurezza e accessibilità nell'uso, BWR 5. protezione contro il rumore, BWR 6. risparmio energetico e ritenzione del calore, BWR 7. uso sostenibile delle risorse naturali.

⁶ Produttore è chi immette sul mercato un determinato prodotto, destinato a un certo impiego, e se ne assume la responsabilità.

⁷ I prodotti marcati CE si presumono idonei all'impiego previsto per essi; quindi possono essere immessi sul mercato. La marcatura è seguita da: ultime due cifre dell'anno in cui è stata apposta la prima volta, numero di identificazione dell'organismo notificato, nome e indirizzo della sede legale del fabbricante o marchio di identificazione che ne consente l'identificazione, riferimento alla specifica tecnica armonizzata applicata, numero di riferimento della dichiarazione di prestazione, codice unico di identificazione del prodotto-tipo, uso previsto di cui alla specifica tecnica armonizzata applicata, livello o classe della prestazione dichiarata.

⁸ Le Norme Armonizzate (UNI EN) sono specifiche tecniche che vengono adottate dagli organismi europei di formazione, su mandato della Commissione, per essere utilizzate nella verifica dei requisiti essenziali che consentono la immissione dei prodotti sul mercato.

L'articolo 8 del CPR prevede che: *“la marcatura CE è apposta solo sui prodotti da costruzione per i quali il fabbricante ha redatto una dichiarazione di prestazione”*, pertanto se questa non è stata predisposta non viene apposta la marcatura CE.

Per i prodotti che presentano la marcatura CE (che deve essere apposta in modo visibile, leggibile e indelebile sul prodotto o su una etichetta applicata ad esso), siccome il fabbricante si assume la responsabilità della conformità del prodotto da costruzione alla dichiarazione di prestazione e della conformità ai requisiti applicabili previsti dal Regolamento n. 305/2011, il DL deve accertarsi del possesso della marcatura e deve richiedere a ciascun fornitore, per ogni prodotto, nel presente caso A la Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della norma europea specifica, nel caso C (specificato di seguito) lo specifico Benestare Tecnico Europeo. Inoltre egli deve verificare che il prodotto da accettare rientri nelle tipologie, classi e/o famiglie che sono previsti nella suddetta documentazione.

Nella nuova marcatura CE fissata dal Regolamento UE n. 305/2011 devono comparire:

- il numero di identificazione della DoP (dichiarazione di prestazione, dall'inglese Declaration of Performance);
- il “codice di identificazione del prodotto” previsto dalla DoP;
- il numero dell'ente/laboratorio notificato, anche nel caso di sistemi di attestazione 3;
- il numero di riferimento e la data di pubblicazione della norma di riferimento.

Se i prodotti sono mancanti della marcatura CE il DL deve accertarsi che esista e che sia valido l'Attestato di Qualificazione Nazionale (di cui al caso B seguente) oppure del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego nel caso C (trattato qui di seguito). Fermo restando la responsabilità del produttore, ove le forniture non siano conformi, il DL è tenuto a rifiutare tali prodotti, perché egli in cantiere, come recitano le NTC 2008 al punto 11, *“è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi”*.

Si ribadisce che il Regolamento UE n. 305/2011 fissa come criterio generale che il fabbricante deve redigere la DoP per ogni prodotto da costruzione prima dell'immissione sul mercato (la DoP si può redigere se il prodotto è coperto da una norma armonizzata (hEN di prodotto) o se è stata emessa una valutazione tecnica europea (ETA = European Technical Assessment) e se redige la DoP ha l'obbligo della marcatura CE (che deve essere sempre fornita all'acquirente⁹). Questo marchio è l'unico che attesti la conformità del prodotto ai requisiti applicabili della legislazione di armonizzazione comunitaria che lo richiede, altri marchi possono essere utilizzati se aiutano al miglioramento della protezione dell'utilizzatore del prodotto fornendo informazioni aggiuntive che non siano coperte dalla marcatura CE. Il fabbricante inoltre ha l'obbligo della verifica e della costanza di prestazione (AVCP). Il controllo della produzione in fabbrica deve essere operato da un organismo notificato-laboratorio di prova notificato che rilascia il relativo certificato di conformità, ispezionando lo stabilimento di produzione, sorvegliando e verificando in modo continuo la produzione stessa.

⁹ La DoP può essere fornita sia in forma cartacea che elettronica o messa a disposizione su un sito web. Essa deve essere accompagnata dalle istruzioni e informazioni sulla sicurezza.

Anche chi distribuisce un prodotto da costruzione è tenuto a verificare che lo stesso sia marcato CE e porti il logo e il nome del fabbricante oltre ad essere accompagnato dalla DoP e dalle istruzioni e informazioni sulla sicurezza. Egli inoltre è responsabile dell'immagazzinamento e del trasporto del prodotto in modo da non comprometterlo.

Un importatore deve assicurarsi che il fabbricante abbia ottemperato ai suoi obblighi.

B. Qualificazione nazionale

La Qualificazione Nazionale riguarda materiali e prodotti per uso strutturale (che non portano la marcatura CE) per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali invece sia prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle stesse NTC (l'Attestato di Qualificazione in questo caso viene rilasciato con la procedura prevista dalle Norme Tecniche ed ha validità 5 anni). È fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia optato volontariamente per la marcatura CE.

C. Marcatura CE con BTE o Certificato di Idoneità Tecnica

Questo caso riguarda materiali e prodotti per uso strutturale innovativi e non ricadenti in una delle tipologie A o B (si tratta dei casi non previsti nelle situazioni precedenti). In questo caso il produttore può pervenire alla marcatura CE in conformità a Benestare Tecnici Europei (ETA), o, in alternativa, dovrà essere in possesso di un Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego che viene rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale sulla base di linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

COMPITI DEL DIRETTORE DEI LAVORI IN FASE DI ACCETTAZIONE

Il DL deve accettare e mettere in opera solo prodotti conformi e accompagnati dalla corretta certificazione (o dichiarazione) del produttore. Deve controllare la presenza della qualificazione nei tre casi (A, B o C) anzidetti, deve richiedere sempre (per il caso A) la dichiarazione di conformità se si tratta di prodotti marcati CE, deve fare eseguire tutte le prove ritenute necessarie per l'opera in cui devono essere impiegati.

Per i materiali e i prodotti marcati CE: il DL deve accertarsi (caso A o caso C con ETA) del possesso della marcatura; deve richiedere per ogni prodotto (ad ogni fornitore) il Certificato o la Dichiarazione di Conformità (alla parte armonizzata della norma europea specifica per il caso A) o la Dichiarazione di Conformità al Benestare Tecnico Europeo (per il caso C); deve accertarsi che i prodotti impiegati rientrino tra quelli previsti nella suddetta documentazione.

Per i materiali e i prodotti non marcati CE: il DL deve accertarsi del possesso dell'Attestato di Qualificazione¹⁰ e della sua validità (per il caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (per il caso senza ETA) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale (STC) del Consiglio Superiore dei LL.PP.

¹⁰ Le NTC 2008 precisano che “Tutte le forniture di prodotti strutturali per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE devono essere accompagnate dall'Attestato di qualificazione”; tale attestato vale 5 anni, riporta un numero progressivo, oltre al nome dell'azienda e dello stabilimento, il marchio e i prodotti qualificati cui si riferisce. Bisogna fare attenzione, perché il DL è preposto alla vigilanza in cantiere e il controllo va fatto prima della messa in opera e le eventuali forniture non conformi debbono essere rifiutate.

La Direttiva per i prodotti da costruzione, come stabilito dalla Commissione, si applica a quelli che fanno parte del seguente elenco:

- adesivi e sigillanti;
- aggregati (naturali, da frantumazione, da processo industriale e riciclati);
- ancoraggi/ancorati (metallici, plastici, a iniezione, ecc.);
- apparecchi igienico-sanitari;
- appoggi strutturali e dispositivi anti-sismici;
- attrezzature fisse per la circolazione stradale;
- calcestruzzo, malta e loro componenti;
- camini, condotti e prodotti specifici;
- cementi, calci da costruzione e altri leganti idraulici;
- componenti (tubi, serbatoi, valvole, ecc.) per impianti gas, riscaldamento, acqua non potabile;
- coperture, lucernai, abbaini e prodotti accessori;
- facciate continue;
- generatori di calore;
- geotessili e prodotti affini (geotessili, geosintetici, geomembrane, geocompositi, geogriglie, georeti);
- membrane impermeabilizzanti;
- murature e prodotti correlati;
- pannelli a base di legno;
- pavimentazioni;
- perni per giunti strutturali;
- prodotti a base di gesso;
- prodotti di legno per costruzioni e loro accessori;
- prodotti di vetro piano/profilato, loro seconde lavorazioni e vetro in blocchi;
- prodotti e sistemi per l'evacuazione delle acque;
- prodotti e sistemi per l'isolamento termico;
- prodotti e sistemi a contatto con acqua destinata al consumo umano;
- prodotti e sistemi di acciaio per cemento armato e precompresso;
- prodotti metallici per impiego strutturale e loro accessori;
- prodotti per la costruzione di strade, aeroporti e altre aree trafficate;
- prodotti prefabbricati di calcestruzzo (per uso strutturale, semi-strutturale e non strutturale);
- reazione e resistenza al fuoco dei prodotti/elementi da costruzione;
- rivestimenti/finiture di pareti e soffitti;
- serramenti (normali ed industriali), partizioni, facciate continue e relativi accessori;
- sistemi di rivelazione, segnalazione ed estinzione incendi, sistemi per il controllo di fumo e di calore e sistemi di prevenzione e protezione dalle esplosioni;
- sistemi di scale prefabbricate (inclusi: gradini, pianerottoli, corrimani, barriere/parapetti, elementi di fissaggio, rivestimenti, ecc.).

L'*attestazione di conformità di un prodotto* (SAC) viene rilasciata a seguito di una serie di verifiche e di controlli effettuati su di esso e previsti da norme armonizzate che stabi-

liscono quale SAC applicare e definiscono le responsabilità del fabbricante e dell'ente notificatore.

L'attestazione di conformità coincide con il rilascio di uno dei seguenti documenti:

- Dichiarazione CE di conformità del fabbricante;
- Certificato CE del controllo di produzione;
- Attuazione di un sistema FPC;
- Certificato CE di conformità del prodotto.

I sistemi di attestazione della conformità sono identificati con una delle sigle seguenti: 1, 1+, 2, 2+, 3, 4:

- *Sistema 1*: il produttore deve eseguire: controllo di produzione in fabbrica (FPC), ulteriori prove su campioni secondo un piano di prove prestabilito. L'organismo notificatore deve rilasciare certificazione di conformità del prodotto sulla base di: prove iniziali di tipo del prodotto (ITT), ispezione iniziale della fabbrica (certificazione FPC), sorveglianza continua (sorveglianza del FPC), valutazione e approvazione del controllo di produzione in fabbrica (audit-testing dei campioni). Il marchio CE deve essere accompagnato dalla dichiarazione di conformità del produttore e dal certificato di conformità del prodotto;
- *Sistema 1+*: il produttore deve eseguire: controllo di produzione in fabbrica (FPC), ulteriori prove su campioni secondo un piano di prove prestabilito. L'organismo notificatore deve rilasciare: certificazione di conformità del prodotto sulla base di: prove iniziali di tipo del prodotto (ITT), ispezione iniziale della fabbrica (FPC), sorveglianza continua (sorveglianza del FPC), valutazione e approvazione del controllo di produzione in fabbrica, prove su campioni prelevati in fabbrica (audit-testing dei campioni), sul mercato o in cantiere. Il marchio CE deve essere accompagnato dalla dichiarazione di conformità del produttore e dal certificato di conformità del prodotto;
- *Sistema 2*: il produttore deve eseguire: prove iniziali di tipo del prodotto (prove ITT – Initial Type Test), controllo di produzione in fabbrica (FPC – Factory Production Control). L'organismo notificatore deve rilasciare certificazione di conformità del prodotto sulla base di una ispezione iniziale. Il marchio CE deve essere accompagnato dalla dichiarazione di conformità del produttore e dalla certificazione del controllo di produzione in fabbrica;
- *Sistema 2+*: il produttore deve eseguire: ispezione iniziale in fabbrica (prove ITT), controllo di produzione in fabbrica (FPC), prove su campioni secondo un piano di prove prestabilito (si tratta di ulteriori prove). L'organismo notificatore deve rilasciare certificazione di conformità del prodotto sulla base di: prove iniziali di tipo del prodotto (prove ITT), ispezione iniziale della fabbrica (certificazione del FPC), sorveglianza continua (sorveglianza del FPC), valutazione e approvazione del controllo di produzione in fabbrica. Il marchio CE deve essere accompagnato dalla dichiarazione di conformità del produttore e dalla certificazione del controllo di produzione in fabbrica;

- *Sistema 3*: Il produttore deve eseguire: controllo di produzione in fabbrica (FPC). L'organismo notificatore deve rilasciare certificazione di conformità del prodotto sulla base di prove iniziali di tipo del prodotto (ITT). Il marchio CE deve essere accompagnato dalla dichiarazione di conformità del produttore;
- *Sistema 4*: il produttore deve eseguire: prove iniziali di tipo del prodotto (ITT), controllo di produzione in fabbrica (FPC). Il marchio CE deve essere accompagnato dalla dichiarazione di conformità del produttore.

Ne discende che la dichiarazione di conformità è sempre richiesta.

Certificazione ufficiale richiesta per le prove

SUI LATERIZI

- resistenza compressione in direzione dei fori e trasversale ai fori;
- resistenza a trazione per flessione;
- modulo di elasticità;
- determinazione della percentuale di foratura;
- coefficiente di dilatazione lineare;
- punzonamento;
- dilatazione per umidità.

SUGLI AGGREGATI PER CALCESTRUZZI

- peso dell'unità di volume;
- analisi granulometrica;
- durezza Mohs.

SUI LEGANTI

- prova di indeformabilità;
- prova di presa;
- determinazione della finezza di maturazione.

SUI CALCESTRUZZI

- peso dell'unità di volume;
- coefficiente di dilatazione lineare;
- prova di Abrams;
- rottura a compressione di cubi e cilindri;
- rottura a flessione;
- rottura per trazione diretta e indiretta;
- modulo di elasticità;
- diagramma di deformazione;
- ritiro.

SUGLI ACCIAI

- piegamento a freddo a 180°;
- piegamento con raddrizzamento dopo riscaldamento a 90°;
- resistenza al distacco per reti e tralicci elettrosaldati;
- modulo di elasticità normale;
- diagramma di deformazione;
- numero di piegamenti alterni a rottura;
- prova di resilienza di Charpy, a freddo e a temperatura ambiente;
- prova di aderenza su barre ad aderenza migliorata;
- prova a fatica per trazione-compressione;
- prova di rilassamento a temperatura ordinaria.

Su spezzoni di tondo liscio, su spezzoni ad aderenza migliorata, su reti e tralicci elettrosaldati, su lamiere e profilati

- determinazione area della sezione;
- determinazione carichi di snervamento e di rottura;
- determinazione dell'allungamento percentuale a rottura.

Su fili da c.a.p.

- determinazione area della sezione;
- determinazione limite 0,1%;
- determinazione allungamento percentuale.

Su trefoli da c.a.p.

- determinazione area della sezione;
- determinazione limite 0,1%;
- determinazione del carico di rottura.

Prove obbligatorie

SU CALCESTRUZZO

Per ogni miscela omogenea (con stesso R_{ck} , consistenza e componenti) si esegue la prova di compressione (su provini cubici o cilindrici):

Controllo	Campioni di prova per compressione
Tipo A fino a 100 m ³ di getto	3 prelievi di due cubi ciascuno = 6 cubi
Tipo A fino a 1500 m ³ di getto	3 prelievi di due cubi ciascuno + 1 prelievo per ogni giorno di getto = 6 cubi + 2 cubi per ogni giorno di getto
Tipo B oltre 1500 m ³ di getto	1 prelievo per ogni giorno di getto con almeno 15 prelievi (ciascuno di due cubi) = almeno 30 cubi

SU ACCIAIO

Per barre di armatura metallica (ogni 25 t di prodotto):

Controllo	Campioni di prova per trazione e piegamento
Prodotto proveniente dallo stesso stabilimento	Per ogni diametro e per ogni partita 3 barre dello stesso diametro, scelto tra quelli già testati (come deve risultare dalla documentazione del produttore)
Prodotto proveniente da stabilimenti diversi	Per ogni diametro e per ogni partita 3 barre dello stesso diametro, scelto tra quelli già testati (come deve risultare dalla documentazione del produttore)

Per reti e tralicci (ogni 25 t di prodotto):

Controllo	Campioni di prova per trazione e resistenza di distacco al nodo
Prodotto proveniente dallo stesso stabilimento	Per ogni diametro e per ogni partita 3 barre scelte tra quelle già testate (come deve risultare dalla documentazione del produttore), quando la trama e l'ordito sia delle reti che dei tralicci sono formate da fili elementari dello stesso diametro
	Per ogni diametro e per ogni partita – sia per le reti che per i tralicci – 3 barre dello stesso diametro, scelto tra quelle già testate (come deve risultare dalla documentazione del produttore)
Prodotto proveniente da stabilimenti diversi	3 barre per ogni diametro e per ogni partita se reti e tralicci hanno lo stesso diametro
	Per ogni diametro e per ogni partita – sia per le reti che per i tralicci – sia per la trama che per l'ordito se sono di diametro diverso

Per fili di acciaio (ogni 25 t di prodotto):

Controllo	Campioni di prova per trazione e piegamento
Prodotto proveniente dallo stesso stabilimento	3 fili dello stesso diametro, per ogni partita, scelti tra quelli già testati (come deve risultare dalla documentazione del produttore)
Prodotto proveniente da stabilimenti diversi	3 fili per ogni diametro e per ogni partita

Per profili di acciaio laminato:

Controllo	Campioni di prova per trazione, resilienza, analisi chimica
Stabilito dal Direttore Lavori	1 spezzone di profili completo lungo almeno 60 cm da cui si ricavano: 1 provetta per trazione 1 provetta per resilienza 1 provetta per analisi chimica – per strutture saldate

1. Materiali lapidei

1.1. Generalità

Il suolo e i prodotti derivati sono influenzati dalla localizzazione, dalla giacitura, dalla storia del sito, dalla presenza di acqua e altri agenti che ne influenzano le caratteristiche e la stabilità. Secondo l'impiego è necessario operare una selezione e una scelta oculata, evidenziandone le peculiarità e i parametri per un impiego ottimale. Al pari delle terre, infatti, le rocce sono materiali naturali, molto più antiche di altri materiali e nel tempo hanno subito modificazioni di tutti i tipi, meccaniche, termiche e chimiche. Si tratta di aggregati di minerali e per lo più sono composte (o eterogenee); raramente sono formate da un solo minerale, in tal caso si tratta di rocce semplici (o omogenee).

Dal punto di vista ingegneristico, tenendo conto della variabilità nella struttura e nelle proprietà, la risposta è diversa e viene valutata caso per caso, perché in un'opera si può impiegare la roccia come materiale da costruzione e la stessa può essere costruita sulla roccia o nella roccia. In ogni caso si tratta di valutare le proprietà, lo stato tensionale esistente e quello che si viene a creare con l'intervento umano, comprese le conseguenze che si vengono a generare.

A seconda di come si sono formate esse si distinguono in:

- *magmatiche*: rocce che derivano dal raffreddamento del magma e si suddividono in due tipi: rocce intrusive (come il granito, cristallizzate lentamente, in profondità) e rocce effusive (come il basalto e le pomici, cristallizzate in superficie con raffreddamento molto rapido);
- *sedimentarie*: originate per deposito e successiva compattazione di materiali provenienti dalla disgregazione e dall'alterazione di rocce preesistenti, i cui frammenti sono stati trasportati dagli agenti atmosferici;
- *metamorfiche*: derivate da rocce preesistenti che hanno subito, in tempi successivi, modificazioni e processi in profondità a elevate pressioni e temperature.

Di seguito sono indicate le definizioni principali degli elementi trattati in questo capitolo.

Materiale Qualità di materia solida che sia adatta all'impiego in una costruzione.

Pietra È il prodotto della frammentazione della roccia, che si può ottenere per via naturale (per azione degli agenti atmosferici) o per via artificiale (mediante una operazione di cavatura e/o di frantumazione).

Roccia Aggregato minerale che forma una massa geologicamente indipendente. Le rocce formano la litosfera, cioè la crosta terrestre.

Terra Tutti i grani di dimensioni e forma diverse che provengono dalla disgregazione delle rocce.

Terreno Il suolo nella sua conformazione geologica.

I materiali lapidei sono quelli che si ricavano da rocce di origine diversa e sono resi idonei per essere impiegati nelle costruzioni. Partendo dalla matrice lapidea, dalle rocce si possono ricavare blocchi di dimensioni diverse, ma possono pure essere frantumate ottenendo pietrischi, pietrischetti, aggregati, granulati, polveri di marmo. Ciò che caratterizza i materiali lapidei è il peso specifico, la durezza, la resistenza agli agenti atmosferici e al fuoco e di conseguenza la durevolezza, intesa quest'ultima come capacità di resistere all'azione chimica, fisica e biologica degli agenti esterni. Normalmente più una pietra è pesante maggiore è la sua resistenza.

Il *nome petrografico* delle rocce viene determinato ai sensi delle norme UNI EN 12670:2003 e UNI EN 12440:2000. Per roccia intatta si intende quella che non contiene significative fratture. In tutti i casi l'identificazione e la classificazione delle rocce vengono effettuate sulla base di osservazioni e di prove di laboratorio che vengono eseguite su campioni.

La natura petrografica influisce sulla forma, come pure influiscono la giacitura e il metodo impiegato per l'estrazione.

1.1.1. Proprietà delle pietre

Si distinguono nelle pietre proprietà tecniche e meccaniche, laddove per *proprietà tecniche* si intendono quelle che si riferiscono alle caratteristiche fisiche e alla resistenza agli agenti atmosferici, mentre per *proprietà meccaniche* quelle che si riferiscono alle sollecitazioni cui devono resistere.

PROPRIETÀ TECNICHE DELLE PIETRE

<i>Assorbimento</i>	Indica la quantità di acqua che la roccia assorbe per capillarità, quando è a contatto con l'acqua.
<i>Conducibilità</i>	Indica la resistenza che la roccia oppone a farsi attraversare dal calore.
<i>Durevolezza</i>	Indica la capacità di durare nel tempo, di resistere quindi all'azione degli agenti esterni che possono essere di origine meccanica, fisica o batteriologica.
<i>Durezza</i>	Indica la resistenza che la roccia oppone ad essere scalfita, incisa, segata.
<i>Forma</i>	Dipende dalla giacitura e dalle modalità di estrazione.
<i>Gelività</i>	Indica il comportamento della roccia all'azione del ghiaccio, soprattutto in riferimento ai cicli di gelo e disgelo. L'alternanza comporta la degradazione della roccia perché l'acqua gelando nelle fessure preme contro le pareti e ne accresce le dimensioni.
<i>Imbibizione</i>	Indica la quantità di acqua che la roccia assorbe quando è annegata nell'acqua e dipende dalla porosità. Interessa quando la roccia deve essere collocata al di sotto della falda acquifera.
<i>Omogeneità</i>	Dipende dalla struttura e dall'uniformità di composizione.
<i>Permeabilità</i>	Indica la capacità della roccia di farsi attraversare dall'acqua e dipende dalla porosità.
<i>Peso specifico</i>	Indica il peso dell'unità di volume.

Resistenza al fuoco

Indica la capacità della roccia di mantenersi integra nella forma e nella composizione quando si trova a contatto con una fiamma, quindi a temperature molto alte.

Volume

Dipende dalle dimensioni dei blocchi che si possono estrarre.

 PROPRIETÀ MECCANICHE DELLE PIETRE

Elasticità

Indica la proprietà che ha la roccia, come qualunque altro materiale, di deformarsi sotto carico e di riprendere la configurazione iniziale quando cessa la sollecitazione.

Resistenza a compressione

Indica la resistenza allo schiacciamento, con i carichi applicati ortogonalmente al piano naturale di giacitura.

Resistenza a trazione

Indica la resistenza alla trazione; ha valori molto bassi.

Resistenza a flessione

Indica la resistenza ai carichi agenti perpendicolarmente all'asse della roccia così come viene messa in opera. Dipende dalla natura della roccia e dalla sua giacitura naturale.

Resistenza a taglio

Indica la resistenza allo scorrimento nella direzione dello sforzo che viene applicato e dipende dalla giacitura naturale.

Resistenza all'urto

Indica la tenacità, ossia la capacità della roccia di resistere a colpi violenti. Dipende dalla struttura della roccia e dall'umidità.

1.1.2. Impiego di rocce come materiali naturali da costruzione

Premesso che una roccia non ha un comportamento elastico essa anche in situ pone problemi di stabilità e come tutti i materiali perde l'equilibrio quando raggiunge condizioni limite. Il fatto che sia soggetta alla formazione di faglie e giunti comporta che esistono delle zone deboli e linee preferenziali di rottura, pertanto i materiali per essere impiegati nelle costruzioni necessitano di indagini e di prove al fine di verificarne l'idoneità secondo la destinazione d'uso.

 MASSICCIAIE

Le massicciate vengono utilizzate per strade ordinarie o per ferrovie:

- per le strade: si usa ghiaia naturale prelevata da corsi d'acqua o pietrisco angoloso rullato. Le rocce usate non devono essere né troppo tenere, né troppo fragili (producono polveri), né troppo dure; le migliori sono le serpentine (molto plastiche), buoni i calcari duri e le dolomie;
- per le massicciate ferroviarie: occorrono rocce dure, non gelive, non alterabili facil-

mente, che non trattengono l'acqua. Ottime le rocce eruttive effusive, porfidi, basalti; buoni i calcari duri, le dolomie, i graniti.

SCOGLIERE

Le rocce usate come massi frangiflutti devono essere pesanti, compatte, tenaci, non attaccabili dall'acqua salmastra. Ottime le rocce eruttive, sia intrusive che effusive, i calcari, buone le arenarie.

MURATURE

Le murature si distinguono in:

- in pietra grezza (pezzi non squadrate): si usano materiali locali, di facile lavorazione, di sufficiente resistenza e durezza;
- in pietra concia (pezzi sbazzati, di forma parallelepipedica): si usano rocce lavorabili, non troppo dure. Buoni i porfidi, i calcari, le arenarie;
- in pietra da taglio (pezzi lavorati sulle facce): si usano rocce ben lavorabili, non troppo dure, non troppo porose, durevoli in relazione al clima di impiego, è importante il colore. Le più usate sono: calcari compatti, travertini, arenarie, graniti, sieniti, gneiss, rocce effusive (trachiti e basalti).

Le NTC 2008, al punto 4.5.2.2, specificano che: *“Gli elementi naturali sono ricavati da materiale lapideo non friabile o sfaldabile, e resistente al gelo; essi non devono contenere in misura sensibile sostanze solubili, o residui organici e devono essere integri, senza zone alterate o rimovibili”* ed al punto 4.5.2.3 riportano che: *“Nel caso di elementi naturali, le pietre di geometria pressoché parallelepipedica, poste in opera in strati regolari, formano le murature di pietra squadrate. L'impiego di materiale di cava grossolanamente lavorato è consentito per le nuove costruzioni, purché posto in opera in strati pressoché regolari: in tal caso si parla di muratura di pietra non squadrate; se la muratura in pietra non squadrate è intercalata, ad interasse non superiore a 1,6 m e per tutta la lunghezza e lo spessore del muro, da fasce di calcestruzzo semplice o armato oppure da ricorsi orizzontali costituiti da almeno due filari di laterizio pieno, si parla di muratura listata”*.

PAVIMENTAZIONI STRADALI

Per quanto riguarda le pavimentazioni stradali si deve distinguere tra:

- marciapiedi, portici: si usano arenarie o calcari lastriformi, non essendo richiesta una particolare resistenza;
- carreggiate: si richiede molta resistenza al logoramento, per cui si usano arenarie, graniti, porfidi, sieniti, dioriti, rocce eruttive effusive (trachiti, lave).

RIVESTIMENTI O COPERTURE

Per quanto riguarda i rivestimenti:

- per i tetti: si usano lastre di rocce scistose: lavagne, ardesie, filladi, scisti. Per costruzioni rustiche si impiegano pure quarziti, gneiss.

- per coperture di parapetti, davanzali di finestre, gradini, soglie, pianerottoli, balconi: i migliori sono gli gneiss, ma si usano pure calcari e marmo.

MATERIALI DA DECORAZIONE

Come materiale da decorazione si usano rocce adatte ad essere lucidate, scolpite, che variano con la lavorazione. Importante la lucidabilità, il colore, la durezza (soprattutto per esterni). I più usati sono i marmi colorati, monocromi o policromi, alabastri, porfidi, diaspri.

Per le rocce scolpibili si richiede uniformità di grana, durezza, resistenza al clima.

1.2. Norme di riferimento sui materiali lapidei e sulle pietre naturali

Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) Decr. 14.01.2008.

Istruzioni per l'applicazione delle NTC 2008 del 02.02.2009.

Regio Decreto 16.11.1939 n. 2232.

UNI 9725:1990: Prodotti lapidei. Criteri di accettazione.

UNI 9724-8:1992: Determinazione del modulo elastico semplice (monoassiale).

UNI EN 1925:2000: (raccomandata) indica un metodo per determinare il coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità delle pietre naturali.

UNI EN 1926:2000: Determinazione della resistenza a compressione.

UNI EN 1936:2001: Metodi di determinazione della massa volumica reale, della massa volumica apparente e delle porosità totale e aperta.

1.3. Progettazione

In generale progettare una struttura significa, dopo averne scelto lo schema migliore, studiarne gli elementi che formano un complesso organico e stabile, in modo da assicurare un margine di sicurezza sufficiente e adeguato all'importanza dell'opera. Si fa quindi riferimento alla forma geometrica, all'aspetto, ai materiali e ai sistemi costruttivi, oltre alle necessità economiche e funzionali dell'opera.

È necessario quindi definire i materiali, conoscerne le proprietà e individuare le caratteristiche che interessano la specifica applicazione, comprese le sollecitazioni indotte e i relativi valori di riferimento, adottando oculatamente i parametri tecnici per garantire durabilità e sicurezza. Tutto ciò facendo riferimento alla costituzione dei materiali, all'ambiente in cui vengono utilizzati, alla localizzazione specifica nella singola opera, alle azioni previste, alla loro modalità di applicazione, alla loro intensità e alla loro direzione.

Un materiale da costruzione secondo l'impiego cui è destinato deve avere proprietà che gli permettono di resistere, per un tempo ragionevole, a sollecitazioni meccaniche, chimiche e termiche; di lasciarsi attraversare da determinati flussi di energia; di assumere la forma e le dimensioni di progetto conservandole anche successivamente, con tolleranze predefinite, sotto carico e anche in condizioni avverse.

Un materiale può essere:

- omogeneo se costituito da una sola sostanza¹ oppure da più sostanze che formano una soluzione omogenea;
- eterogeneo se costituito da componenti insolubili tra loro che formano un sistema polifasico. L'eterogeneità è piuttosto comune nei materiali da costruzione.

Tabella 1.1. Moduli di elasticità di alcune rocce, in GPa (= kN/mm² = N/mm² × 10³)

Tipo di roccia	Elasticità
Arenarie	20÷80
Basalti	90÷120
Calcari teneri	5÷30
Calcari compatti	60÷100
Graniti, sieniti, dioriti	20÷100
Marmi saccaroidi	60÷100
Porfidi quarziferi	90÷110
Travertini	40÷70
Tufi vulcanici	3÷20

Tabella 1.2. Resistenza a compressione e peso specifico di alcune rocce

Tipo di roccia	Resistenza a compressione [N/mm ²]	Peso specifico [kN/m ³]
Arenarie	50÷120	18÷27
Basalti	150÷350	27,5÷32
Calcari teneri	10÷20	20÷24
Calcari compatti	80÷200	24÷27
Graniti, sieniti, dioriti	80÷200	27÷30
Marmi saccaroidi	70÷150	27÷27,5
Porfidi quarziferi	100÷250	25,5÷28,5
Travertini	40÷60	22÷25
Tufi vulcanici	4÷20	11÷17,5

1.4. Direzione dei lavori

È necessario impiegare i materiali come individuati in progetto, di caratteristiche pari o superiori alla scelte operate, effettuando i dovuti controlli che vengono eseguiti su campioni mediante le prove necessarie ad accertare quanto ad essi viene richiesto in termini di prestazioni, per l'idoneità e l'efficacia di ogni intervento.

1.5. Controlli e prove

Tenendo conto che dal punto di vista geologico una roccia è descritta dal punto di vista mineralogico e petrografico, mentre dal punto di vista ingegneristico in base alle proprietà meccaniche, per i materiali lapidei, caso per caso, si eseguono:

¹ Il termine *sostanza* si riferisce a una qualità di materia con composizione chimica ben definita. La maggior parte dei materiali è costituita da un insieme di sostanze.

- controllo delle caratteristiche dei singoli prodotti;
- prove per la determinazione del peso di volume, per la determinazione del peso specifico, per la determinazione del coefficiente di imbibizione, oltre a prove di gelività, resistenza a compressione, resistenza all'usura, resistenza al rotolamento, resistenza a flessione, prova d'urto.

1.5.1. Controllo delle caratteristiche dei prodotti lapidei

Il controllo viene eseguito ai sensi della norma UNI 9725:1990:

- sui grezzi di cava (blocchi regolari e informi)
- sui semilavorati (lastre grezze, ecc.)
- sui prodotti finiti (lastre lavorate, marmette, ecc.).

Il controllo di una fornitura può avvenire:

- secondo accordi tra committente e fornitore, i quali stabiliscono le caratteristiche da controllare, i limiti di accettazione, la frequenza dei controlli, l'attribuzione dei relativi oneri;
- sulla base di dichiarazione di conformità alla norma o a prescrizioni contrattuali.

La norma indica per i prodotti finiti e pronti per l'uso quali caratteristiche sono da considerare come fondamentali, quali come facoltative, quali come non significative, a seconda che la roccia debba essere impiegata per rivestimento all'interno o all'esterno, per pavimenti all'interno o all'esterno, per rivestimento di scale o per coperture.

Le caratteristiche da controllare saranno oggetto di prove da eseguire in laboratorio su un certo numero di provini.

Secondo l'impiego, delle pietre naturali nelle costruzioni (prodotti grezzi, semilavorati e finiti) interessa determinare le relative caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche.

PRODOTTI GREZZI

Le caratteristiche fondamentali da considerare sono, insieme al modulo di elasticità longitudinale, e a seconda dell'impiego, oltre alla denominazione petrografica, alle forme e alle dimensioni, alla massa volumica e al coefficiente di imbibizione, anche la resistenza a compressione, a flessione, al gelo, all'urto, all'usura.

Dimensioni e numero dei provini

- Per l'esecuzione delle prove concordate occorrono una o più serie di provini. Una serie di prove ogni 100 m³ forniti e per ogni consegna di almeno 50 m³ quando la fornitura si protrae oltre 12 mesi;
- le prove non si eseguono se il committente accetta i dati della scheda tecnica del fornitore e il controllo si limita alle dimensioni: i blocchi informi sono considerati a peso, gli altri debbono avere forma prossima a quella parallelepipedica.

Tolleranze

I blocchi devono rispettare le seguenti tolleranze: lunghezza 230÷330 cm, larghezza 110÷160 cm, altezza 90÷150 cm.

Criteri simili vengono indicati per i prodotti semilavorati e finiti. Però, per entrambi, in generale non si riesce a determinare né il modulo elastico né la resistenza a compressione, che invece si possono ricavare su campioni che vengano prelevati dal blocco di origine.

SEMILAVORATI

Le caratteristiche fondamentali da considerare sono, a seconda dell'impiego, oltre alla denominazione petrografica, alla forma e alle dimensioni, alla massa volumica e al coefficiente di imbibizione, anche la resistenza a flessione, all'urto, all'usura.

Tolleranze

Le lastre devono avere forma piana e spessore $2 \div 5$ cm, rispettando le seguenti tolleranze: fino a $3 \text{ cm} \pm 10\%$, oltre $3 \text{ cm} \pm 3 \text{ mm}$, profondità dei solchi di segazione massimo 2 mm.

PRODOTTI FINITI

Le caratteristiche fondamentali da considerare sono la denominazione petrografica, la forma e le dimensioni, e, a seconda dell'impiego, la resistenza a flessione, all'urto, all'usura.

Tutte le superfici previste devono essere lavorate con dimensioni fissate dal produttore e concordate tra le parti.

Tolleranze

Devono essere rispettate le seguenti tolleranze: su lunghezza e larghezza $\pm 1 \text{ mm}$, sullo spessore $\pm 2 \text{ mm}$ o inferiore se concordata tra le parti nel caso di prodotti da incollare o quando viene richiesto.

1.6. Prove

Le prove devono essere eseguite dai laboratori ufficiali.

Ai sensi dell'art. 5 del R.D. 16.11.1939 n. 2232, le prove da eseguire sono comprese fra le seguenti:

- determinazione del peso di volume;
- determinazione della massa volumica reale, della massa volumica apparente e delle porosità totale e aperta;
- determinazione del peso specifico;
- determinazione del coefficiente di imbibizione;
- determinazione del coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità;
- gelività;
- resistenza a compressione su elementi regolari e su pietre di dimensioni diverse, resistenza a punzonamento;
- determinazione della curva sforzi-deformazioni e del modulo elastico;
- resistenza all'abrasione o all'usura;
- resistenza al rotolamento;
- resistenza a flessione;