

CONVENZIONE TRA
LA FONDAZIONE ITALIANA GEOMETRI
ED IL CENTRO STUDI PLINIVS- LUPT
DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
STIPULATA IN DATA 29.12.2014



OGGETTO:

STUDIO INDIRIZZATO A DARE UN CONTRIBUTO DI CHIAREZZA ALLA DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE E DEI LIMITI GEOMETRICO- MECCANICI DELLE STRUTTURE CHE RISPONDANO ALLA DICITURA DI "MODESTE COSTRUZIONI CIVILI IMPRONTATE A CARATTERE DI SEMPLICITÀ STRUTTURALE" IN MURATURA, CEMENTO ARMATO, LEGNO E ACCIAIO, CON RIFERIMENTO ALLE COMPETENZE PROFESSIONALI DEI DIPLOMATI DEGLI ISTITUTI TECNICI, SETTORE TECNOLOGICO, INDIRIZZO "COSTRUZIONI, AMBIENTE E TERRITORIO" (CAT), IN MATERIA DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE

RELAZIONE CONCLUSIVA

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	5
2	GRUPPO DI LAVORO	7
3	GLI ISTITUTI TECNICI "Costruzioni, Ambiente e Territorio" (CAT).....	8
3.1	I Nuovi Istituti Tecnici nella Riforma della Scuola Secondaria Superiore	8
3.2	Il Nuovo Istituto Tecnico "Costruzioni, Ambiente e Territorio" (CAT)	10
3.3	La disciplina "Progettazione, Costruzioni e Impianti"	13
3.4	Analisi di alcuni libri di testo.....	14
3.5	La progettazione strutturale antisismica	16
4	REQUISITI MINIMI DEL CORSO DI "PROGETTAZIONE, COSTRUZIONE E IMPIANTI"	19
5	LIMITAZIONI GENERALI IN MERITO ALLE CONOSCENZE ED ABILITA' ACQUISITE DURANTE IL CORSO DI STUDI CAT.....	22
5.1	Premessa	22
5.2	Geometria.....	22
5.3	Carichi.....	24
5.4	Vita nominale e classi d'uso	24
5.5	Tipologia di analisi strutturale.....	25
5.6	Condizioni geotecniche del sottosuolo	25
6	LIMITAZIONI SPECIFICHE RIFERITE ALLA PROGETTAZIONE DI STRUTTURE IN MURATURA, CEMENTO ARMATO, LEGNO E ACCIAIO.....	26
6.1	Strutture in Muratura.....	26
6.1.1	Premessa.....	26
6.1.2	Conoscenze ed abilità "specifiche" previste nel D.P.R. 15/03/2010, art. 8, comma 3	26
6.1.3	Problematiche nella progettazione delle costruzioni in muratura.....	27
6.1.4	Limitazioni specifiche	28
6.2	Strutture in Cemento Armato	30
6.2.1	Premessa	30
6.2.2	Conoscenze ed abilità "specifiche" previste nel D.P.R. 15/03/2010, art. 8, comma 3	30
6.2.3	Problematiche nella progettazione delle costruzioni in cemento armato	30
6.2.4	Limitazioni specifiche	32
6.3	Strutture in Legno.....	33
6.3.1	Premessa.....	33
6.3.2	Conoscenze ed abilità "specifiche" previste nel D.P.R. 15/03/2010, art. 8, comma 3	33
6.3.3	Problematiche nella progettazione delle costruzioni in legno	33

6.3.4	Limitazioni specifiche	34
6.3.5	Strutture a pannelli	35
6.3.6	Edifici Blockbau	37
6.3.7	Strutture a telaio pesante	37
6.3.8	Solai	38
6.4	Strutture in Acciaio	39
6.4.1	Premessa	39
6.4.2	Conoscenze ed abilità "specifiche" previste nel D.P.R. 15/03/2010, art. 8, comma 3	39
6.4.3	Problematiche nella progettazione delle costruzioni in acciaio	40
6.4.4	Limitazioni specifiche	42
6.5	Opere geotecniche	46
6.5.1	Premessa	46
6.5.2	Conoscenze ed abilità "specifiche" previste nel D.P.R. 15/03/2010, art. 8, comma 3	46
6.5.3	Problematiche nella progettazione delle opere geotecniche	46
6.5.4	Limitazioni specifiche	47
7	LIMITAZIONI IN MERITO ALLE STRUTTURE ESISTENTI	49
	BIBLIOGRAFIA	51
	APPENDICE A: Analisi strutture in muratura	53
	APPENDICE B: Analisi strutture in cemento armato	63
	APPENDICE C: Analisi strutture in legno	75
	APPENDICE D: Analisi strutture in acciaio	125

1 INTRODUZIONE

Le competenze dei Geometri in materia di progettazione strutturale, vengono definite per la prima volta dal Regio Decreto n°274 dell'11 febbraio 1929, che stabilisce per essi competenze professionali concernenti *progetto, direzione e vigilanza di modeste costruzioni civili*.

Da allora, numerose leggi e sentenze sul tema sono state emesse. A causa del non sempre ottimale coordinamento tra le diverse discipline normative e le differenti interpretazioni che ne sono state date, si è prodotto un notevole contenzioso in relazione alle attribuzioni professionali dei tecnici non laureati, con riguardo alle quali le sentenze della giurisprudenza si sono dimostrate non sempre univoche.

Nel corso degli anni, all'intricato panorama giuridico, è andato sovrapponendosi l'avanzamento tecnico- scientifico delle discipline in materia di progettazione strutturale e geotecnica, che nell'ultimo decennio ha coinciso con un'importante evoluzione della normativa italiana. A seguito del terremoto del Molise del 31 ottobre 2002, è stata adottata l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri OPCM n.3274/2003¹, che, per la prima volta, recepisce i contenuti degli Eurocodici, rendendo obbligatorio il calcolo semiprobabilistico agli stati limite e le analisi dinamiche con spettri di risposta. L'OPCM 3274, attraverso il Decreto n.3685/2003², classifica tutto il territorio nazionale come sismico, suddividendolo in quattro zone a pericolosità sismica decrescente. La norma segna il passaggio tra le norme di vecchia e nuova concezione, cioè tra le normative puramente prescrittive e la nuova impostazione prestazionale, nella quale gli obiettivi della progettazione che la norma si prefigge vengono dichiarati ed i metodi utilizzati allo scopo vengono singolarmente giustificati. Un ulteriore sviluppo è segnato dal decreto che contiene le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008³), entrato in vigore il 1° luglio 2009, a seguito del terremoto de' L'Aquila dell'aprile 2009. Esso ha introdotto una sensibile variazione della filosofia delle verifiche, oltre al concetto di pericolosità sismica locale (è abbandonata la concezione del territorio italiano diviso in zone sismiche ed è formulata una completa zonizzazione mediante adozione di un reticolo i cui vertici sono dotati di caratteristiche puntuali di pericolosità sismica). La Riforma della Scuola Secondaria Superiore ha previsto che, a partire dalle classi prime dell'anno scolastico 2010/2011, fossero attivati i Nuovi Istituti Tecnici (oltre che i Nuovi Licei e i Nuovi Istituti Professionali).

Il DPR N.88/ 2010⁴ dispone che il vecchio "Istituto Tecnico per Geometri" sia sostituito dal nuovo Istituto Tecnico, Settore Tecnologico, Indirizzo "Costruzioni, Ambiente e Territorio" (CAT). I programmi di studio dei diplomati CAT risultano più aggiornati e vicini alla concezione di progettazione strutturale delle NTC 2008.

¹ Ordinanza del Consiglio dei Ministri OPCM n. 3274 del 20 Marzo 2003 (G.U. n. 72 del 08/05/2003), recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

² Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile n. 3685² del 21 ottobre 2003 (G.U. n.252 del 29/10/2003) "Disposizioni attuative all'art. 2, commi 2, 3, 4 l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri OPCM n. 3274 del 20 Marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

³ Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 (G.U. n. 29 del 04/02/2008) "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2008).

⁴ Decreto del Presidente della Repubblica 15 marzo 2010, n. 88. Regolamento recante norme per il riordino degli istituti tecnici a norma dell'articolo 64, comma 4, del decreto-legge 25 giugno 2008, n.112,convertito,con modificazioni, dalla legge 6 agosto 2008, n. 133 (GU n.137 del 15-6-2010 - Suppl. Ordinario n. 128). Entrata in vigore del provvedimento: 16/06/2010.

A tal proposito, il presente studio ha l'obiettivo di fornire un supporto tecnico scientifico che possa individuare i limiti delle competenze professionali in materia di progettazione strutturale dei diplomati CAT.

Il documento analizza le indicazioni ministeriali su conoscenze e abilità di tematiche attinenti la progettazione strutturale, nonché il grado di approfondimento della trattazione di tali argomenti in recenti ed aggiornati libri di testo della disciplina "Progettazione, Costruzioni e Impianti", impartita agli studenti dell'Istituto Tecnico CAT.

Da questa disamina, si è estratto un elenco dettagliato degli argomenti trattati, in termini di conoscenze impartite, che definiscano la preparazione di base su temi di progettazione strutturale del corso di "Progettazione, Costruzioni e Impianti". Sulla base di questi, oltre che di opportune considerazioni scientifiche (corroborate da analisi riportate nelle Appendici B, C, D, E), si sono valutati i possibili ambiti di competenza per i diplomati CAT in materia di progettazione strutturale. Questi sono definiti attraverso la proposta di limitazioni generali e di dettaglio per ciascuno dei materiali strutturali esaminati (muratura, cemento armato, legno e acciaio), più innanzi descritti.

In ultima istanza, il documento costituisce un supporto tecnico/scientifico per le decisioni più opportune che potranno essere assunte nelle sedi competenti al fine di disciplinare l'ambito di competenza dei diplomati CAT con riferimento alla progettazione strutturale, nella direzione tracciata dai pronunciamenti giurisprudenziali, che hanno spesso individuato nella complessità strutturale il limite della competenza dei tecnici diplomati.

2 GRUPPO DI LAVORO

COORDINATORE

Prof. *Giulio ZUCCARO* Università degli Studi di Napoli Federico II

RESPONSABILI UNITA'

Prof. <i>Stefano AVERSA</i>	Università degli Studi di Napoli Parthenope	- GEOTECNICA
Prof. <i>Raffaele LANDOLFO</i>	Università degli Studi di Napoli Federico II	- ACCIAIO
Prof. <i>Maurizio PIAZZA</i>	Università degli Studi di Trento	- LEGNO
Prof. <i>Andrea PROTA</i>	Università degli Studi di Napoli Federico II	- CEMENTO ARMATO
Prof. <i>Giulio ZUCCARO</i>	Università degli Studi di Napoli Federico II	- MURATURA

GRUPPO DI LAVORO

Prof. <i>Stefano AVERSA</i>	Università degli Studi di Napoli Parthenope
Ing. <i>Nicola CHIEFFO</i>	Università degli Studi di Napoli Federico II
Arch. <i>Filomena DATO</i>	Università degli Studi di Napoli Federico II
Dott. Ing. <i>Daniela DE GREGORIO</i>	Università degli Studi di Napoli Federico II
Dott. Ing. <i>Gianmaria DI LORENZO</i>	Università degli Studi di Napoli Federico II
Dott. Ing. <i>Antonio FORMISANO</i>	Università degli Studi di Napoli Federico II
Dott. Ing. <i>Raffaele FRASCADORE</i>	Università degli Studi di Napoli Federico II
Ing. <i>Thomas GIOVANNINI</i>	Università degli Studi di Trento
Prof. <i>Raffaele LANDOLFO</i>	Università degli Studi di Napoli Federico II
Prof. <i>Maurizio PIAZZA</i>	Università degli Studi di Trento
Prof. <i>Andrea PROTA</i>	Università degli Studi di Napoli Federico II
Prof. <i>Giulio ZUCCARO</i>	Università degli Studi di Napoli Federico II

3 GLI ISTITUTI TECNICI "COSTRUZIONI, AMBIENTE E TERRITORIO" (CAT)

3.1 I Nuovi Istituti Tecnici nella Riforma della Scuola Secondaria Superiore

La Riforma della Scuola Secondaria Superiore ha previsto che, a partire dalle classi prime dell'anno scolastico 2010/2011, fossero attivati i **Nuovi Istituti Tecnici** (oltre che i Nuovi Licei e i Nuovi Istituti Professionali).

Il Regolamento (D.P.R., N.88, 15 marzo 2010) che disciplina il riordino degli istituti tecnici esplicita il nesso tra l'identità degli Istituti tecnici e gli indirizzi dell'Ue nel richiamare la Raccomandazione del Parlamento e del Consiglio d'Europa 18 dicembre 2006 sulle "Competenze chiave per l'apprendimento permanente" e la Raccomandazione 23 aprile 2008 sulla costituzione del "Quadro europeo delle qualifiche per l'apprendimento permanente" (dall'inglese "European Qualifications Framework", EQF). Esso definisce otto livelli articolati in **conoscenze**, **abilità** e **competenze**. Ciascuno degli 8 livelli è definito da una serie di descrittori che indicano i risultati dell'apprendimento (Tab.1).

Le **conoscenze** costituiscono il risultato dell'assimilazione di informazioni attraverso l'apprendimento. Le conoscenze sono un insieme di fatti, principi, teorie e pratiche relative ad un settore di lavoro o di studio. Nel contesto del Quadro europeo delle qualifiche le conoscenze sono descritte come teoriche e/o pratiche.

Le **abilità** costituiscono le capacità di applicare conoscenze e di utilizzare know-how per portare a termine compiti e risolvere problemi. Nel contesto del Quadro europeo delle qualifiche le abilità sono descritte come cognitive (comprendenti l'uso del pensiero logico, intuitivo e creativo) o pratiche (comprendenti l'abilità manuale e l'uso di metodi, materiali, strumenti)

Le **competenze** costituiscono la comprovata capacità di utilizzare conoscenze, abilità e capacità personali, sociali e/o metodologiche, in situazioni di lavoro o di studio e nello sviluppo professionale e personale. Nel contesto del Quadro Europeo delle Qualifiche le competenze sono descritte in termini di responsabilità e autonomia

Con il riordino degli istituti si passa a **2 settori** ed **11 indirizzi** (Tab. 2). I percorsi formativi hanno la seguente struttura:

- a) un **primo biennio** articolato, per ciascun anno, in 660 ore di attività e insegnamenti di istruzione generale e in **396 ore di attività e insegnamenti obbligatori di indirizzo**, ai fini dell'assolvimento dell'obbligo di istruzione di cui al regolamento adottato con decreto del Ministro della pubblica istruzione 22 agosto 2007, n. 139 e dell'acquisizione dei saperi e delle competenze di indirizzo in funzione orientativa, anche per favorire la reversibilità delle scelte degli studenti;
- b) un **secondo biennio** articolato, per ciascun anno, in 495 ore di attività e insegnamenti di istruzione generale e in **561 ore di attività e insegnamenti obbligatori di indirizzo**;
- c) un **quinto anno** articolato in 495 ore di attività e insegnamenti di istruzione generale e in **561 ore di attività e insegnamenti obbligatori di indirizzo**.

Il secondo biennio ed il quinto anno costituiscono un triennio nel quale, oltre all'area di istruzione generale comune a tutti i percorsi, i contenuti scientifici, economico-giuridici e tecnici delle aree di indirizzo vengono approfonditi ed assumono connotazioni specifiche che consentono agli studenti di raggiungere un'adeguata competenza professionale di settore, idonea anche per la prosecuzione degli studi a livello di istruzione e formazione superiore con particolare riferimento all'esercizio delle professioni tecniche.

Tabella 1. Descrittori (conoscenze, abilità e competenze) che definiscono i livelli all'interno del Quadro Europeo delle qualifiche. Ciascuno degli 8 livelli è definito da una serie di descrittori che indicano i risultati dell'apprendimento relativi alle qualifiche per quel livello.

Livelli EQF	CONOSCENZE	ABILITÀ	COMPETENZE	TIPOLOGIA DI QUALIFICAZIONE
Livello 1	Conoscenze generali di base	Abilità di base necessarie a svolgere mansioni /compiti semplici	Lavoro o studio, sotto la diretta supervisione, in un contesto strutturato	Diploma di licenza conclusiva del ciclo di istruzione
Livello 2	Conoscenza pratica di base in un ambito di lavoro o di studio	Abilità cognitive e pratiche di base necessarie all'uso di informazioni pertinenti per svolgere compiti e risolvere problemi ricorrenti usando strumenti e regole semplici	Lavoro o studio sotto la supervisione con una certo grado di autonomia	Certificazione delle competenze di base acquisite in esito all'assolvimento dell'obbligo di istruzione
Livello 3	Conoscenza di fatti, principi, processi e concetti generali, in un ambito di lavoro o di studio.	Una gamma di abilità cognitive e pratiche necessarie a svolgere compiti e risolvere problemi scegliendo e applicando metodi di base, strumenti, materiali ed informazioni	Assumere la responsabilità di portare a termine compiti nell'ambito del lavoro o dello studio; adeguare il proprio comportamento alle circostanze nella soluzione dei problemi,	Attestato di qualifica di operatore professionale
Livello 4	Conoscenza pratica e teorica in ampi contesti in un ambito di lavoro o di studio	Una gamma di abilità cognitive e pratiche necessarie a risolvere problemi specifici in un campo di lavoro o di studio	Sapersi gestire autonomamente, nel quadro di istruzioni in un contesto di lavoro o di studio, di solito prevedibili, ma soggetti a cambiamenti; sorvegliare il lavoro di routine di altri, assumendo una certa responsabilità per la valutazione e il miglioramento di attività lavorative o di studio	Diploma professionale di tecnico, Diploma liceale, Diploma di istruzione tecnica , Diploma di istruzione professionale, Certificato di specializzazione tecnica superiore
Livello 5	Conoscenza teorica e pratica esauriente e specializzata, in un ambito di lavoro o di studio e consapevolezza dei limiti di tale conoscenza	Una gamma esauriente di abilità cognitive e pratiche necessarie a dare soluzioni creative a problemi astratti	Saper gestire e sorvegliare attività nel contesto di attività lavorative o di studio esposte a cambiamenti imprevedibili; esaminare e sviluppare le prestazioni proprie e di altri	Diploma di tecnico superiore
Livello 6	Conoscenze avanzate in un ambito di lavoro o di studio, che presuppongano una comprensione critica di teorie e principi	Abilità avanzate, che dimostrino padronanza e innovazione necessarie a risolvere problemi complessi ed imprevedibili in un ambito specializzato di lavoro o di studio	Gestire attività o progetti, tecnico/professionali complessi assumendo la responsabilità di decisioni in contesti di lavoro o di studio imprevedibili; assumere la responsabilità di gestire lo sviluppo professionale di persone e gruppi	Laurea, Diploma Accademico di I livello
Livello 7	Conoscenze altamente specializzata, parte delle quali all'avanguardia in un ambito di lavoro o di studio, come base del pensiero originario e/o della ricerca; consapevolezza critica di questioni legate alla conoscenza all'interfaccia tra ambiti diversi	Abilità specializzate, orientate alla soluzione di problemi, necessarie nella ricerca e/o nell'innovazione al fine di sviluppare conoscenze e procedure nuove e integrare la conoscenza ottenuta in ambiti diversi	Gestire e trasformare contesti di lavoro o di studio complessi, imprevedibili che richiedono nuovi approcci strategici; assumere la responsabilità di contribuire alla conoscenza e alla prassi professionale e/o di verificare le prestazioni strategiche dei gruppi	Laurea Magistrale, Diploma Accademico di II livello, Master universitario di I livello, Diploma Accademico di specializzazione (I), Diploma di perfezionamento o master (I)
Livello 8	Le conoscenze più all'avanguardia in un ambito di lavoro o di studio e all'interfaccia tra settori diversi	Le abilità e le tecniche più avanzate e specializzate, comprese le capacità di sintesi e di valutazione, necessarie a risolvere problemi complessi della ricerca e/o dell'innovazione e ad estendere e ridefinire le conoscenze o le pratiche professionali esistenti	Dimostrare effettiva autorità, capacità di innovazione, autonomia, integrità tipica dello studioso e del professionista e impegno continuo nello sviluppo di nuove idee o processi all'avanguardia in contesti di lavoro, di studio e di ricerca	Dottorato di ricerca, Diploma accademico di formazione alla ricerca, Diploma di specializzazione, Master universitario di secondo livello, Diploma accademico di specializzazione (II), Diploma di perfezionamento o master (II)

Tabella 2. Tabella di confluenza dei percorsi degli Istituti Tecnici previsti dall'ordinamento previgente (D.P.R., N.88, 15 marzo 2010, Allegato D).

NUOVO ORDINAMENTO	INDIRIZZO	VECCHIO ORDINAMENTO
ISTITUTO TECNICO SETTORE ECONOMICO	Amministrazione, finanza e marketing	Istituto tecnico commerciale; Istituto tecnico per periti aziendali e corrispondenti in lingue estere;
	Turismo	Istituto tecnico per le attività sociali Istituto tecnico per il turismo
ISTITUTO TECNICO, SETTORE TECNOLOGICO	Meccanica, mecatronica ed energia	Istituto tecnico industriale (indirizzi di meccanica)
	Trasporti e logistica	Istituto tecnico nautico e Istituto tecnico aeronautico
	Elettronica ed elettrotecnica	Istituto tecnico industriale (indirizzo di elettrotecnica e automazione)
	Informatica e telecomunicazioni	Istituto tecnico industriale (indirizzo di informatica)
	Grafica e comunicazione	Istituto tecnico industriale (indirizzo telecomunicazioni, arti grafiche)
	Chimica, materiali e biotecnologie	Istituto tecnico industriale (indirizzo di chimica)
	Sistema Moda	Istituto tecnico industriale (indirizzi di arti tessili)
	Agraria, agroalimentare e agroindustria	Istituto tecnico agrario
<u>Costruzioni, ambiente e territorio</u>	<u>Istituto tecnico per geometri</u> Istituto tecnico industriale (indirizzi di edilizia)	

3.2 Il Nuovo Istituto Tecnico "Costruzioni, Ambiente e Territorio" (CAT)

Il D.P.R., N.88, 15 marzo 2010 dispone (Tab.2) che il vecchio "Istituto Tecnico per Geometri" sia sostituito dal nuovo Istituto Tecnico, Settore Tecnologico, Indirizzo "Costruzioni, Ambiente e Territorio" (CAT).

Il profilo del diplomato nell'indirizzo CAT (D.P.R., N.88, 15 marzo 2010, Allegato B) è il seguente:

- egli ha competenze nel campo dei materiali, delle macchine e dei dispositivi utilizzati nelle industrie delle costruzioni, nell'impiego degli strumenti per il rilievo, nell'uso dei mezzi informatici per la rappresentazione grafica e per il calcolo, nella valutazione tecnica ed economica dei beni privati e pubblici esistenti nel territorio e nell'utilizzo ottimale delle risorse ambientali;
- egli possiede competenze grafiche e progettuali in campo edilizio, nell'organizzazione del cantiere, nella gestione degli impianti e nel rilievo topografico;
- egli ha competenze nella stima di terreni, di fabbricati e delle altre componenti del territorio, nonché dei diritti reali che li riguardano, comprese le operazioni catastali;
- egli ha competenze relative all'amministrazione di immobili.

Il Diplomato nell'indirizzo CAT è in grado di:

- collaborare, nei contesti produttivi d'interesse, nella progettazione, valutazione e realizzazione di organismi complessi, operare in autonomia nei casi di modesta entità;
- intervenire autonomamente nella gestione, nella manutenzione e nell'esercizio di organismi edilizi e nell'organizzazione di cantieri mobili, relativamente ai fabbricati;
- prevedere, nell'ambito dell'edilizia ecocompatibile, le soluzioni opportune per il risparmio energetico, nel rispetto delle normative sulla tutela dell'ambiente, e redigere la valutazione di impatto ambientale;
- pianificare ed organizzare le misure opportune in materia di salvaguardia della salute e sicurezza nei luoghi di vita e di lavoro;

- collaborare nella pianificazione delle attività aziendali, relazionare e documentare le attività svolte.

A conclusione del percorso quinquennale, il Diplomato nell'indirizzo CAT consegue i risultati di apprendimento descritti nel D.P.R., N.88, 15 marzo 2010 (§2.3 dell'Allegato A), di seguito specificati in termini di competenze (Tab.3).

1. Selezionare i materiali da costruzione in rapporto al loro impiego e alle modalità di lavorazione.
2. Rilevare il territorio, le aree libere ed i manufatti, scegliendo le metodologie e le strumentazioni più adeguate ed elaborare i dati ottenuti.
3. Applicare le metodologie della progettazione, valutazione e realizzazione di costruzioni e manufatti di modeste entità, in zone non sismiche, intervenendo anche nelle problematiche connesse al risparmio energetico nell'edilizia.
4. Utilizzare gli strumenti idonei per la restituzione grafica di progetti e di rilievi.
5. Tutelare, salvaguardare e valorizzare le risorse del territorio e dell'ambiente.
6. Compiere operazioni di estimo in ambito privato e pubblico, limitatamente all'edilizia e al territorio.
7. Gestire la manutenzione ordinaria e l'esercizio di organismi edilizi.
8. Organizzare e condurre i cantieri mobili nel rispetto delle normative sulla sicurezza.

La Riforma della Scuola Secondaria Superiore ha introdotto, inoltre, il CAT ad articolazione "Geotecnico", che sostituisce l'Istituto tecnico industriale, indirizzi di edilizia, dell'ordinamento previgente. Esso approfondisce la ricerca e sfruttamento degli idrocarburi, dei minerali di prima e seconda categoria e delle risorse idriche. In particolare, tratta dell'assistenza tecnica e della direzione di lavori per le operazioni di coltivazione e di perforazione.

Il Quadro orario degli Istituti Tecnici "Costruzioni, Ambiente e Territorio", definito dal D.P.R., N.88, 15 marzo 2010 (Allegato B), è indicato in Figura 1.

"COSTRUZIONI, AMBIENTE E TERRITORIO": ATTIVITÀ E INSEGNAMENTI OBBLIGATORI					
DISCIPLINE	ore				
	1° biennio		2° biennio		3° anno
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
Scienze integrate: Fisica di cui in comprensoria	90	90			
	60*				
Scienze integrate: Chimica di cui in comprensoria	90	90			
	60*				
Tecnologie e tecniche di rappresentazione grafica di cui in comprensoria	90	90			
	60*				
Tecnologie Informatiche di cui in comprensoria	90				
	60*				
Scienze e tecnologie applicate**		90			
Complementi di matematica			33	33	
Gestione del cantiere e sicurezza dall'ambiente di lavoro			66	66	66
"COSTRUZIONI, AMBIENTE E TERRITORIO"					
Progettazione, Costruzioni e Impianti			231	198	231
Geopedologia, Economia ed Estimo			99	132	132
Topografia			132	132	132
ARTICOLAZIONE "GEOTECNICO"					
Geologia e Geologia applicata			165	165	165
Topografie e costruzioni			99	99	132
Tecnologie per la gestione del territorio e dell'ambiente			198	198	198
Totale ore annue di attività e insegnamenti di indirizzo di cui in comprensoria	396	396	561	561	561
	252*		504*		330*
Totale complessive ore	1086	1086	1056	1056	1056

* L'attività di didattica di laboratorio caratterizza gli insegnamenti dell'area di indirizzo del settore degli istituti tecnici; le ore indicate con asterisco sono riferite alle attività di laboratorio che prevedono la contemporanea presenza di insegnamenti socio-pratici e attività scolastiche, nell'ambito della loro autonomia didattica e organizzativa, secondo programmi in ore di comprensoria nell'ambito del primo biennio e del complessivo triennio sulla base del relativo monte-ore.

** I risultati di apprendimento della disciplina denominata "Scienze e tecnologie applicate", compresa fra gli insegnamenti di indirizzo del primo biennio, si riferiscono all'insegnamento che caratterizza, per il maggior numero di ore, il suddetto biennio. Per quanto concerne l'articolazione delle cattedre, si rinvia all'articolo 8, comma 2, lettera a).

Figura 1. Quadro orario degli Ist. Tecn. "Costruzioni, Ambiente e Territorio" (D.P.R., N.88, 15 marzo 2010, Allegato B).

Tabella 3. Istituti Tecnici "Costruzioni, Ambiente e Territorio". Competenze, Conoscenze e Abilità della disciplina "Progettazione, Costruzioni e Impianti" (Art. 8, comma 2, lettera d), D.P.R. N. 88 del 15 marzo 2010).

Disciplina "PROGETTAZIONE, COSTRUZIONI E IMPIANTI"

SECONDO BIENNIO E QUINTO ANNO

COMPETENZE

- Selezionare i materiali da costruzione in rapporto al loro impiego e alle modalità di lavorazione.
- Applicare le metodologie della progettazione, valutazione e realizzazione di costruzioni e manufatti di modeste entità, in zone non sismiche, intervenendo anche nelle problematiche connesse al risparmio energetico nell'edilizia.
- Utilizzare gli strumenti idonei per la restituzione grafica di progetti e di rilievi.
- Identificare e applicare le metodologie e le tecniche della gestione per progetti.
- Redigere relazioni tecniche e documentare le attività individuali e di gruppo relative a situazioni professionali.

SECONDO BIENNIO

CONOSCENZE

- Comportamento elastico e post-elastico dei materiali.
- Elementi delle costruzioni ed evoluzione delle tecniche costruttive, anche in relazione agli stili architettonici e ai materiali.
- Principi della normativa antisismica.
- Classificazione sismica del territorio italiano.
- Impostazione strutturale di edifici nuovi con caratteristiche di antisismicità.
- Relazioni tra le forze che agiscono su elementi strutturali, calcolo vettoriale.
- Condizioni di equilibrio di un corpo materiale, geometria delle masse, teorema di Varignon.
- Caratteristiche e classificazione delle sollecitazioni.
- Strutture isostatiche, iperstatiche e labili. Metodo delle forze per l'analisi di strutture iperstatiche.
- Classificazione degli stati limite e calcolo con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.
- Calcolo di semplici elementi costruttivi.
- Tipologie delle opere di sostegno.
- Elementi di composizione architettonica.
- Norme, metodi e procedimenti della progettazione di edifici e manufatti.
- Principi e standard di arredo urbano.
- Principi di sostenibilità edilizia.
- Processi di innovazione tecnologica nell'edilizia.
- Caratteristiche del piano di manutenzione di un organismo edilizio.
- Tipologie di impianti a servizio delle costruzioni; norme, materiali e tecnologie.

ABILITÀ

- Collaborare nell'esecuzione delle prove tecnologiche sui materiali nel rispetto delle norme tecniche.
- Applicare i principi del controllo di qualità dei materiali ed i metodi del controllo statistico di accettazione.
- Riconoscere i legami costitutivi tensioni/deformazioni nei materiali.
- Riconoscere i principali elementi costruttivi di un edificio.
- Applicare i criteri e le tecniche di base antisismiche nella progettazione di competenza.
- Verificare le condizioni di equilibrio statico di un edificio.
- Comprendere la funzionalità statica degli elementi strutturali al fine di progettargli e dimensionarli correttamente.
- Analizzare reazioni vincolari e le azioni interne in strutture piane con l'uso del calcolo vettoriale.
- Comprendere le problematiche relative alla stabilità dell'equilibrio elastico.
- Calcolare le sollecitazioni riconoscendo le tensioni interne dovute a compressione, trazione, taglio e flessione.
- Analizzare, calcolare e verificare semplici strutture isostatiche e iperstatiche.
- Individuare ed applicare le norme relative ai singoli impianti di un edificio.
- Valutare le caratteristiche funzionali e i principi di sostenibilità degli impianti.
- Adottare criteri costruttivi per il risparmio energetico negli edifici.
- Consultare e applicare il piano di manutenzione di un organismo edilizio.
- Progettare o riprogettare impianti a servizio delle costruzioni partendo dall'analisi di casi dati.

QUINTO ANNO

CONOSCENZE

- Storia dell'architettura in relazione ai materiali da costruzione, alle tecniche costruttive e ai profili socio-economici.
- Principi della normativa urbanistica e territoriale.
- Competenze istituzionali nella gestione del territorio.
- Norme tecniche delle costruzioni (D.M. 14/1/2008), strutture in cemento armato, murature, murature armate e legno e responsabilità professionali in cantiere.
- Codice appalti e contratti pubblici.

ABILITÀ

- Riconoscere e datare gli stili architettonici caratterizzanti un periodo storico.
- Impostare la progettazione secondo gli standard e la normativa urbanistica ed edilizia.
- Riconoscere i principi della legislazione urbanistica e applicarli nei contesti edilizi in relazione alle esigenze sociali.

E' importante osservare che il D.P.R. 88/2010, con riferimento ai punti caratterizzanti **competenze, abilità e conoscenze** della disciplina "Progettazione, Costruzioni e Impianti" (Tab. 3), in materia di progettazione strutturale, presenta delle incongruenze.

Le **conoscenze** e le **abilità** previste includono: risoluzione di strutture isostatiche ed iperstatiche; sollecitazioni semplici e composte; metodo agli stati limite; problemi di stabilità; analisi di semplici strutture in muratura, cemento armato e legno; principi di progettazione antisismica. Si evidenzia l'assenza dell'analisi del problema della torsione, la trattazione limitata degli argomenti di Geotecnica ed il mancato riferimento alle strutture in acciaio.

Dunque, mentre da un lato le **conoscenze** e le **abilità** indicate nel D.P.R. 88/2010 conferiscono al diplomato CAT la formazione di base per la progettazione strutturale antisismica di strutture semplici, dall'altro lato, il medesimo decreto confina le **competenze** del diplomato CAT all'applicazione di "metodologie della progettazione, valutazione e realizzazione di costruzioni e manufatti di modeste entità, in zone non sismiche" e considerato che, oggi, il territorio italiano è classificato interamente come sismico, il diplomato CAT non potrebbe in nessun caso occuparsi di progettazione strutturale, neanche con riferimento alle **modeste costruzioni civili** (R.D. n. 274 dell'11 febbraio 1929).

3.3 La disciplina "Progettazione, Costruzioni e Impianti"

Il quadro orario degli Istituti Tecnici CAT (Fig.1) prevede, tra le attività e gli insegnamenti obbligatori di indirizzo, la disciplina **Progettazione, Costruzioni e Impianti**. Essa è presente nel 2° biennio (231 e 198 ore, rispettivamente, durante il 3° e il 4° anno) e nel 5° anno (231 ore), con un impegno orario annuo di circa il 20% del totale complessivo di ore.

Secondo le "Schede disciplinari del Secondo biennio e quinto anno" (Art. 8, comma 2, lettera d), D.P.R. N. 88 del 15 marzo 2010), il docente di "Progettazione, costruzioni e impianti" concorre a far conseguire allo studente, al termine del percorso quinquennale, i seguenti risultati di apprendimento relativi al profilo educativo, culturale e professionale:

- riconoscere, nei diversi campi disciplinari studiati, i criteri scientifici di affidabilità delle conoscenze e delle conclusioni che vi afferiscono;
- riconoscere gli aspetti geografici, ecologici, territoriali, dell'ambiente naturale ed antropico, le connessioni con le strutture demografiche, economiche, sociali, culturali e le trasformazioni intervenute nel tempo;
- riconoscere il valore e le potenzialità dei beni artistici ed ambientali per una loro corretta fruizione e valorizzazione;
- utilizzare le reti e gli strumenti informatici nelle attività di studio, ricerca ed approfondimento disciplinare.

La disciplina, nell'ambito della programmazione del Consiglio di classe, concorre al raggiungimento dei risultati di apprendimento indicati in Tabella 3, espressi in termini di **competenze, conoscenze e abilità**.

Tra le **conoscenze** definite dal D.P.R., N.88, 15 marzo 2010, si evidenziano i seguenti argomenti utili alla progettazione strutturale (indicati in grassetto nella Tab. 3):

- **comportamento elastico e post-elastico dei materiali;**
- **elementi delle costruzioni ed evoluzione delle tecniche costruttive, anche in relazione agli stili architettonici e ai materiali;**
- **principi della normativa antisismica;**
- **classificazione sismica del territorio italiano;**
- **impostazione strutturale di edifici nuovi con caratteristiche di antisismicità;**

- relazioni tra le forze che agiscono su elementi strutturali, calcolo vettoriale;
- condizioni di equilibrio di un corpo materiale, geometria delle masse, teorema di Varignon;
- caratteristiche e classificazione delle sollecitazioni;
- strutture isostatiche, iperstatiche e labili, metodo delle forze per l'analisi di strutture iperstatiche;
- classificazione degli stati limite e calcolo con il metodo semiprobabilistico agli stati limite;
- calcolo di semplici elementi costruttivi;
- tipologie delle opere di sostegno;
- norme, metodi e procedimenti della progettazione di edifici e manufatti;
- norme tecniche delle costruzioni (D.M. 14/1/2008), strutture in cemento armato, murature, murature armate e legno e responsabilità professionali in cantiere.

Questi elementi si traducono nelle seguenti **abilità**:

- collaborare nell'esecuzione delle prove tecnologiche sui materiali nel rispetto delle norme tecniche;
- applicare i principi del controllo di qualità dei materiali ed i metodi del controllo statistico di accettazione;
- riconoscere i legami costitutivi tensioni/deformazioni nei materiali;
- riconoscere i principali elementi costruttivi di un edificio;
- applicare i criteri e le tecniche di base antisismiche nella progettazione di competenza;
- verificare le condizioni di equilibrio statico di un edificio;
- comprendere la funzionalità statica degli elementi strutturali al fine di progettarli e dimensionarli correttamente;
- analizzare reazioni vincolari e le azioni interne in strutture piane con l'uso del calcolo vettoriale;
- comprendere le problematiche relative alla stabilità dell'equilibrio elastico;
- calcolare le sollecitazioni riconoscendo le tensioni interne dovute a compressione, trazione, taglio e flessione;
- analizzare, calcolare e verificare semplici strutture isostatiche e iperstatiche;
- impostare la progettazione secondo gli standard e la normativa urbanistica ed edilizia;

3.4 Analisi di alcuni libri di testo

Il grado di approfondimento con il quale vengono trattate le tematiche in materia di progettazione strutturale riportate nelle indicazioni ministeriali è stato valutato attraverso l'analisi di alcuni libri di testo della disciplina "Costruzioni, progettazione e impianti".

I volumi esaminati sono i seguenti. Essi sono stati redatti con riferimento alle rinnovate esigenze di insegnamento e studio per la disciplina sopra indicata, per il secondo biennio e il quinto anno degli Istituti Tecnici Tecnologici indirizzo Costruzioni, Ambiente, Territorio.

- Amerio C., Alasia U., Pugno M. (2014). *Progettazione Costruzioni Impianti per il secondo biennio degli Istituti Tecnici indirizzo Costruzioni Ambiente Territorio*. Sei Editrice.
- Di Pasquale S., Messina C., Paolini L., Klaus Koenig G., Furiozzi B., Brunetti F. (2013). *Progettazione Costruzioni Impianti*. Le Monnier Scuola.
- Zavarella V., Leti E., Veggetti P. (2012). *Progettazione Costruzioni Impianti per Costruzioni, ambiente e territorio*. Zanichelli.

Gli argomenti comuni ai tre volumi sono i seguenti. In grassetto sono evidenziati i temi in materia di progettazione strutturale.

- Per il Secondo Biennio:
 - **Materiali per l'edilizia- classificazione e proprietà** (materiali lapidei, ceramici, i leganti, le malte, il calcestruzzo, il calcestruzzo armato, materiali metallici, materiali plastici, il vetro, il legno, prodotti vernicianti, materiali isolanti, tecniche di unione).
 - Impianti per l'architettura sostenibile.
 - Le barriere architettoniche.
 - Elementi degli spazi interni (pareti, pavimenti, rivestimenti e controsoffitti).
 - Impianti domestici (telecomunicazioni, elettrico, illuminazione, gas, idrosanitari, riscaldamento, climatizzazione).
 - Protezione al fuoco e al rumore.
 - Progetto degli spazi interni (caratteristiche degli ambienti domestici).
 - **Vettori e forze.**
 - **Geometria delle masse e momento statico e d'inerzia.**
 - **Forze in equilibrio e vincoli.**
 - **Travature reticolari (caratteristiche e basi di calcolo).**
 - **Caratteristiche dei materiali.**
 - **Studio delle travi inflesse isostatiche (travi appoggiate agli estremi, travi a mensola, travi su due appoggi con uno sbalzo alle estremità, travi Gerber).**
 - **Sollecitazioni semplici (sforzo normale, taglio semplice, flessione retta, flessione deviata, torsione semplice).**
 - **Sollecitazioni composte (flessione retta e taglio, sforzo normale e flessione retta, sforzo normale e flessione deviata, sforzo normale- flessione retta e taglio).**
 - **Il carico di punta e metodo omega.**
 - **Le deformazioni elastiche (per sforzo normale e per flessione, linea elastica, Mohr, risoluzioni di travi isostatiche appoggiate e sbalzo).**
 - **Travi iperstatiche (a una campata, continue,).**
 - **Le strutture a telaio.**
 - **Le azioni sulle costruzioni e analisi dei carichi.**
 - **Elementi strutturali (archi, telai, strutture reticolari e capriate, strutture a guscio, volte).**
 - **Sistemi costruttivi (costruzioni in legno e in muratura, costruzioni con ossatura in cemento armato, costruzioni con ossatura in acciaio, sistemi costruttivi industrializzati).**
 - **Elementi della costruzione (tipi di fondazione: dirette, indirette, continue, discontinue).**
 - **Strutture portanti verticali (muratura in pietra, laterizio, blocchi di calcestruzzo, muratura armate, muratura di calcestruzzo armato, pilastri) e prestazioni delle strutture (resistenza ai carichi, trasmittanza, inerzia e condensa).**
 - **Solai (legno, acciaio, laterizi, calcestruzzo armato, lamiera grecata) e prestazioni dei solai (resistenza ai carichi, potere fono isolante e resistenza al fuoco).**
 - Tamponamenti e finiture esterne.
 - Coperture.
 - Scale e parapetti (il progetto della scala e prestazioni).
 - Ascensori, montacarichi e scale mobili.

- Infissi esterni.
- I tipi edilizi.
- Le infrastrutture impiantistiche (trattamento acque, riscaldamento e climatizzazione, antincendio, inquinamento acustico).
- Recupero edilizio (culture e norme, consolidamento risanamento e recupero).
- Per il 5°Anno:
 - Impostazione del calcolo strutturale: le basi del progetto e metodi di calcolo (la modellazione, le azioni, resistenza e sicurezza, metodo alle tensioni ammissibili, metodo semiprobabilistico agli stati limite, combinazione delle azioni).
 - Il calcestruzzo armato (caratteristiche dei materiali, verifiche).
 - Le strutture in cemento armato (elementi verticali e orizzontali, collegamenti verticali, coperture).
 - Il legno (verifiche di resistenza, elementi strutturali e strutture in legno).
 - Acciaio (caratteristiche, metodo agli stati limite, strutture).
 - Le murature (schemi strutturali, caratteristiche, verifica agli stati limite ultimi).
 - Meccanica del terreno.
 - Le fondazioni.
 - Spinte delle terre e dei muri di sostegno.
 - Sistemi strutturali e azioni orizzontali (modellazione dell'azione sismica).
 - Progettazione antisismica (analisi statica lineare).
 - Strutture in zona sismica (edifici con struttura in cemento armato, acciaio, muratura, isolamento sismico, legno, fondazioni, muri di sostegno, gli interventi sull'esistente).
 - La storia della costruzione.
 - La gestione del territorio (la pianificazione urbanistica, vincoli urbanistici).

Dall'elenco riportato, si evince che gli argomenti trattati includono: risoluzione di strutture isostatiche ed iperstatiche; sollecitazioni semplici e composte; metodo agli stati limite; problemi di stabilità; analisi di semplici strutture in muratura, cemento armato, legno ed acciaio; principi di progettazione antisismica con riferimento all'analisi statica lineare.

Si evidenzia l'assenza dell'analisi del problema della torsione. Analogamente, gli argomenti di Geotecnica sono trattati solo in modo limitato sia per lo scarso approfondimento dedicato ai concetti di base sia per le tipologie di opere prese in considerazione (fondazioni superficiali e muri di sostegno) sia ancora per le verifiche trattate (esclusivamente verifiche allo SLU).

3.5 La progettazione strutturale antisismica

La prevenzione sismica si può realizzare attraverso l'utilizzo di due strumenti: la classificazione sismica e la normativa antisismica.

La normativa antisismica riguarda i criteri per costruire una struttura in modo da ridurre la sua tendenza a subire un danno, in seguito ad un evento sismico.

Dal 1908, anno del devastante terremoto di Messina e Reggio Calabria, fino al 1974, in Italia i comuni sono stati classificati come sismici e sottoposti a norme restrittive per le costruzioni solo dopo essere stati fortemente danneggiati dai terremoti. In alcuni casi, si è assistito ad una declassificazione su richiesta paradossalmente degli stessi territori colpiti, come nel caso di 39 comuni dell'Irpinia, con la legge n. 1684 del 1962, solo un mese dopo la loro classificazione avvenuta in seguito al terremoto del 21 agosto 1962 (IX grado della scala MCS).

Con la legge n.64 del 2 febbraio 1974 si stabilisce che la classificazione sismica debba essere realizzata sulla base di comprovate motivazioni tecnico-scientifiche, attraverso decreti del Ministro per i Lavori Pubblici. Nel 1981 viene adottata la proposta di riclassificazione del territorio nazionale in tre categorie sismiche predisposta dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Progetto Finalizzato Geodinamica. Con appositi decreti ministeriali, tra il 1981 ed il 1984, il 45% del territorio nazionale risulta classificato ed è obbligatorio il rispetto di specifiche norme per le costruzioni. Metà del Paese, tuttavia, continua a non essere soggetta a questo obbligo⁵.

Il riordino della normativa in Italia inizia nel 2003, con l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri OPCM n.3274/2003⁶ che, a seguito del terremoto del Molise del 31 ottobre 2002, pochi mesi dopo il crollo della scuola di San Giuliano di Puglia, fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Si tratta di una disciplina transitoria in vista di un riordino organico della materia, necessario a colmare un vuoto normativo. Essa riclassifica le zone a rischio sismico, dopo quasi vent'anni dalla precedente classificazione, anche in considerazione degli eventi calamitosi accaduti in diverse regioni italiane. Essa recepisce, per la prima volta, i contenuti degli Eurocodici, rendendo obbligatorio il calcolo semiprobabilistico agli stati limite e le analisi dinamiche con spettri di risposta. La norma, attraverso il Decreto n.3685/2003⁷, classifica tutto il territorio nazionale come sismico, suddividendolo in quattro zone a pericolosità sismica decrescente. L'OPCM segna il passaggio tra le norme di vecchia e nuova concezione, cioè tra le normative puramente prescrittive e la nuova impostazione prestazionale, nella quale gli obiettivi della progettazione che la norma si prefigge vengono dichiarati ed i metodi utilizzati allo scopo vengono singolarmente giustificati. Un ulteriore sviluppo è segnato dal decreto che contiene le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008⁸), entrato in vigore il 1° luglio 2009, a seguito del terremoto de' L'Aquila dell'aprile 2009, e dalla Circolare n.617/2009⁹ recante le istruzioni per l'applicazione delle nuove norme. Esse hanno introdotto una sensibile variazione della filosofia delle verifiche, coerentemente con gli Eurocodici. Inoltre, esse presentano un'impostazione e contenuti all'avanguardia riguardo alla locale valutazione della pericolosità sismica del territorio nazionale (è abbandonata la concezione del territorio italiano diviso in zone sismiche ed è formulata una completa zonizzazione mediante adozione di un reticolo i cui vertici sono dotati di caratteristiche puntuali di pericolosità sismica) e, quindi, alle esigenze di una moderna progettazione sismoresistente delle opere di ingegneria civile da realizzare o ristrutturare in Italia, impostazione condivisa dal mondo accademico, professionale e produttivo- imprenditoriale. Infine, per la valutazione delle azioni sismiche sulle strutture, le NTC prevedono che si debba sempre tenere conto della Risposta Sismica Locale attraverso studi da condurre con metodologie diverse in funzione dell'importanza dell'opera e della complessità del sottosuolo ma, comunque (anche nella

⁵ Protezione Civile. "La normativa antisismica". <http://www.protezionecivile.gov.it>

⁶ Ordinanza del Consiglio dei Ministri OPCM n. 3274 del 20 Marzo 2003 (G.U. n. 72 del 08/05/2003), recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

⁷ Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile n. 3685⁷ del 21 ottobre 2003 (G.U. n.252 del 29/10/2003) "Disposizioni attuative all'art. 2, commi 2, 3, 4 l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri OPCM n. 3274 del 20 Marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

⁸ Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 (G.U. n. 29 del 04/02/2008) "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2008).

⁹ Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n.617 del 2 febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008 (G.U. n. 47 del 26/02/2009 – Suppl. Ordinario n. 27).

versione più semplificata delle *Classi di Sottosuolo*), basati sulla caratterizzazione meccanica ai fini sismici del terreno con cui interagiscono le opere.

I programmi di studio dei diplomati CAT risultano, invece, più vicini alla concezione di progettazione strutturale delle NTC 2008. Per quanto riguarda gli aspetti di progettazione geotecnica, pur osservando un adeguamento dei contenuti dei libri di testo ad alcune delle prescrizioni delle NTC 2008, si deve comunque evidenziare che non sono sufficientemente approfondite le conoscenze di base e sono trattate poche tipologie strutturali, limitatamente alle sole verifiche SLU.

A tal proposito, il presente studio ha l'obiettivo di fornire un supporto tecnico scientifico che possa individuare i limiti delle competenze professionali in materia di progettazione strutturale dei diplomati CAT.

Il documento analizza le indicazioni ministeriali su conoscenze e abilità di tematiche attinenti la progettazione strutturale, nonché il grado di approfondimento della trattazione di tali argomenti in recenti ed aggiornati libri di testo della disciplina "Progettazione, Costruzioni e Impianti", impartita agli studenti dell'Istituto Tecnico CAT.

4 REQUISITI MINIMI DEL CORSO DI "PROGETTAZIONE, COSTRUZIONE E IMPIANTI"

Con riferimento alle conoscenze impartite al diplomato CAT in materia di progettazione strutturale, le indicazioni ministeriali (D.P.R. N. 88 del 15 marzo 2010) danno delle indicazioni sintetiche degli argomenti da trattare nei corsi di "Progettazione, Costruzioni e Impianti" (Tab. 3). D'altra parte, da un'analisi di alcuni libri di testo, di dispense messe a disposizione dai docenti della materia e da brevi interviste con alcuni di essi, è emersa una evidente disomogeneità di interpretazione.

Per tale ragione, si è ritenuto utile mettere a punto il seguente elenco dettagliato di "requisiti minimi comuni", che definiscano, in termini di conoscenze impartite, il corso di "Progettazione, Costruzioni e Impianti". Si precisa che, i limiti di applicabilità della professione dei diplomati CAT, suggeriti in questo documento, presuppongono che tale distinta di argomenti sia effettivamente rappresentativa di quanto viene impartito agli studenti nel predetto corso. E' altresì auspicabile che tale elenco sia recepito ed utilizzato dai docenti dei corsi di "Progettazione, Costruzione ed Impianti".

a. Comportamento elastico e post-elastico dei materiali:

- conoscenza delle caratteristiche meccaniche del materiale muratura;
- conoscenza del materiale legno, delle tipologie di prodotti lignei da costruzione e delle problematiche legate all'uso del legno;
- conoscenza dei tipi di acciaio da carpenteria e delle principali prove di qualificazione e caratterizzazione meccanica;
- conoscenza di classi e legami costitutivi di calcestruzzo e barre metalliche di armatura;
- elementi di base di Meccanica delle Terre (proprietà fisiche; criterio di resistenza di Mohr Coulomb).

b. Elementi delle costruzioni ed evoluzione delle tecniche costruttive, anche in relazione agli stili architettonici e ai materiali:

- strutture in muratura;
- strutture in cemento armato;
- strutture in legno;
- strutture in acciaio.

c. Principi della normativa antisismica:

- verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio;
- regolarità in pianta ed in elevazione;
- classi d'uso e vita nominale;
- combinazione delle azioni;
- azione sismica;
- analisi statica equivalente.

d. Classificazione sismica del territorio italiano:

- spettri di risposta elastici e di progetto.

e. Impostazione strutturale di edifici nuovi con caratteristiche di antisismicità.

- ruolo degli orizzontamenti;
 - distribuzione delle azioni sismiche;
 - principio della gerarchia delle resistenze;
 - duttilità di materiale, sezione ed elemento in strutture in cemento armato;
 - disposizione dei controventi in edifici con schema pendolare.
- f. Relazioni tra le forze che agiscono su elementi strutturali, calcolo vettoriale.**
- reazioni vincolari;
 - carichi agenti;
 - equilibrio vettoriale.
- g. Condizioni di equilibrio di un corpo materiale, geometria delle masse, teorema di Varignon:**
- equilibrio grafico ed analitico di sistemi di travi; baricentro di figure geometriche regolari, momenti di inerzia, momenti centrifughi, moduli di resistenza, ellisse centrale d'inerzie e nocciolo centrale d'inerzia di figure piane.
- h. Caratteristiche e classificazione delle sollecitazioni:**
- sollecitazioni semplici (sforzo normale centrato, taglio, flessione retta, flessione deviata) e composte (presso-flessione retta; presso-flessione deviata; presso-flessione retta + taglio; presso-flessione deviata + taglio).
- i. Strutture isostatiche, iperstatiche e labili. Metodo delle forze per l'analisi di strutture iperstatiche:**
- analisi tenso- deformativa di travi inflesse isostatiche;
 - analisi tenso- deformativa di travi inflesse iperstatiche;
 - analisi tenso- deformativa di strutture a telaio;
 - studio delle travi reticolari.
- j. Classificazione degli stati limite e calcolo con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.**
- strutture in muratura ed il metodo agli stati limite;
 - strutture in cemento armato ed il metodo agli stati limite;
 - strutture in legno ed il metodo agli stati limite;
 - strutture in acciaio ed il metodo agli stati limite: tipi di stati limite e coefficienti di sicurezza parziali specifici per le costruzioni di acciaio.
- k. Calcolo di semplici elementi costruttivi.**
- calcolo dei possibili schemi strutturali di strutture in muratura (maschi, fasce, pannelli di nodo, archi, piattabande e architravi);
 - problemi di stabilità nelle murature;
 - verifica a taglio di connettori a gambo cilindrico per strutture in legno;
 - dimensionamento di sistemi di controvento nelle strutture in legno: tiranti in acciaio o elementi diagonali lignei;
 - momento a limite elastico e momento plastico di sezioni in acciaio;
 - stabilità nelle membrature in acciaio: classificazione dei fenomeni, l'instabilità elastica per carico di punta, cenni sulla instabilità degli elementi inflessi, influenza delle imperfezioni;
 - cenni sulla distribuzione degli sforzi nei collegamenti bullonati.

l. Tipologie delle opere di sostegno.

- descrizione delle diverse tipologie di muri di sostegno;
- valutazione della spinta attiva sotto azioni statiche con il metodo di Coulomb;
- verifiche in fondazione (scorrimento, carico limite, ribaltamento);
- descrizione qualitativa di altre opere di sostegno.

m. Norme, metodi e procedimenti della progettazione di edifici e manufatti.

- progetto e verifica di semplici edifici in muratura, in accordo con limitazioni indicate nei §6 e 7 del presente documento;
- progetto e verifica di semplici edifici in cemento armato, in accordo con limitazioni indicate nei §6 e 7 del presente documento;
- progetto e verifica di semplici edifici in legno, in accordo con limitazioni indicate nei §6 e 7 del presente documento;
- progetto e verifica di semplici edifici in acciaio, in accordo con limitazioni indicate nei §6 e 7 del presente documento;
- verifica carico limite delle fondazioni superficiali in condizioni di carico e sottosuolo semplificate.

n. Norme tecniche delle costruzioni (D.M. 14/1/2008), strutture in cemento armato, murature, murature armate e legno e responsabilità professionali in cantiere¹⁰.

- verifiche di strutture in muratura, cemento armato, legno e acciaio;
- verifica SLU delle fondazioni superficiali.

¹⁰ Si osservi che, nel titolo n. "Norme tecniche delle costruzioni (D.M. 14/1/2008), strutture in cemento armato, murature, murature armate e legno e responsabilità professionali in cantiere", riportato nel D.P.R. N. 88 del 15 marzo 2010, manca l'esplicito riferimento alle strutture in acciaio, pur essendo esse analizzate nei libri di testo presi a riferimento.

5 LIMITAZIONI GENERALI IN MERITO ALLE CONOSCENZE ED ABILITA' ACQUISITE DURANTE IL CORSO DI STUDI CAT

5.1 Premessa

I seguenti limiti generali di applicabilità delle possibili competenze in materia di progettazione strutturale, per i diplomati dei Nuovi Istituti Tecnici, Settore Tecnologico, Indirizzo "Costruzioni, Ambiente e Territorio" (CAT), derivano dall'analisi delle conoscenze e delle abilità indicate nel D.P.R., N.88/2010 e dall'analisi dei libri di testo indicati nel paragrafo 3.4.

Ad essi si associano le ulteriori limitazioni riportate nei paragrafi 6.1.4, 6.2.4, 6.3.4, 6.4.4 e 6.5.4, rispettivamente, per strutture in muratura, cemento armato, legno, acciaio e opere geotecniche.

5.2 Geometria

Le limitazioni geometriche desunte sono il risultato delle seguenti osservazioni.

- Secondo il R.D. 274/2010, i Geometri hanno competenza professionale relativamente a **progetto, direzione e vigilanza di modeste costruzioni civili**.
- Il concetto di "modestia", sotto il profilo strutturale, può essere associato anche a quello di **regolarità strutturale**. In tal senso, la Normativa Tecnica per le Costruzioni (NTC, 2008 - DM 14 gennaio 2008) individua le regolarità in pianta e in altezza (§7.2.2).

Per quanto riguarda gli edifici, una costruzione è **regolare in pianta** se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

- a) la configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze;
- b) il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4;
- c) nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25 % della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione;
- d) gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti.

Sempre riferendosi agli edifici, una costruzione è **regolare in altezza** se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

- e) tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione;
- f) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base;
- g) nelle strutture intelaiate progettate in Classe di Duttività "Bassa" (CD "B") il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti;

- h) eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.
- Per le costruzioni in muratura, le NTC, 2008 (§4.5.6.4) definiscono **edifici semplici** quelli aventi le seguenti limitazioni:
 - a) le pareti strutturali della costruzione siano continue dalle fondazioni alla sommità;
 - b) nessuna altezza interpiano sia superiore a 3,5m;
 - c) il numero di piani non sia superiore a 3 (entro e fuori terra) per costruzioni in muratura ordinaria ed a 4 per costruzioni in muratura armata;
 - d) la planimetria dell'edificio sia inscrittibile in un rettangolo con rapporti fra lato minore e lato maggiore non inferiore a 1/3;
 - e) la snellezza della muratura, secondo l'espressione (4.5.1), non sia in nessun caso superiore a 12;
 - f) il carico variabile per i solai non sia superiore a 3,00kN/m².

Sulla base delle precedenti osservazioni, in materia di competenze per la progettazione strutturale, per i diplomati dei Nuovi Istituti Tecnici, Settore Tecnologico, Indirizzo "Costruzioni, Ambiente e Territorio" (CAT), si propongono le seguenti limitazioni geometriche generali, da integrare con le limitazioni di carattere specifico indicate nei § 6.1.4, 6.2.4, 6.3.4, 6.4.4 e 6.5.4, rispettivamente, per strutture in muratura, cemento armato, legno, acciaio e opere geotecniche.

REGOLARITA' IN PIANTA

- La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidità.
- La pianta sia contenuta in un quadrato di lato pari a 20m.
- Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 3.
- Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione.
- Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti.

REGOLARITA' IN ALTEZZA

- Tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione.
- Nessuna altezza di interpiano sia superiore a 3,5m.
- Per il numero di piani si rimanda alle indicazioni specifiche riportate nei paragrafi § 6.1.4, 6.2.4, 6.3.4, 6.4.4 e 6.5.4, rispettivamente, per strutture in muratura, cemento armato, legno, acciaio e opere geotecniche.
- Massa e rigidità rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidità non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidità si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in

muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base.

- Nelle strutture intelaiate progettate in Classe di Duttilità "Bassa" (CD "B") il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti.
- Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante.

5.3 Carichi

Assumendo un carico variabile massimo q_k per i solai pari a 3.00kN/m^2 , in accordo con le NTC 2008 (NTC 2008, §3.1.14), le categorie di edificio rientranti nelle limitazioni sono le seguenti:

- **A.** Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e i relativi servizi, e gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento), $q_k=2.00\text{kN/m}^2$;
- **B1.** Uffici non aperti al pubblico, $q_k=2.00\text{kN/m}^2$;
- **B2.** Uffici aperti al pubblico, $q_k=3.00\text{kN/m}^2$;
- **C1.** Ambienti suscettibili di affollamento, tipo ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole, $q_k=3.00\text{kN/m}^2$;
- **H1.** Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione, $q_k=0.50\text{kN/m}^2$;
- **H2.** Coperture praticabili, $q_k\leq 3.00\text{kN/m}^2$.

Le indicazioni generali ivi riportate devono essere integrate con quelle di carattere specifico indicate nei § 6.1.4, 6.2.4, 6.3.4, 6.4.4 e 6.5.4, rispettivamente, per strutture in muratura, cemento armato, legno, acciaio e opere geotecniche.

5.4 Vita nominale e classi d'uso

La **vita nominale** di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Si suggerisce di limitare la progettazione strutturale per i diplomati dei Nuovi Istituti Tecnici, Settore Tecnologico, Indirizzo CAT, alle "Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva" ed alle "Opere ordinarie", rispettivamente, caratterizzate da una Vita Nominale di 10 e 50 anni (NTC 2008, §2.4.1).

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, si suggerisce di limitare la progettazione strutturale per i diplomati dei Nuovi Istituti Tecnici, Settore Tecnologico, Indirizzo CAT, agli edifici appartenenti alle seguenti **classi d'uso** (NTC 2008, §2.4.2):

- **classe I:** costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **classe II:** costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali.

Le indicazioni generali ivi riportate devono essere integrate con quelle di carattere specifico indicate nei § 6.1.4, 6.2.4, 6.3.4, 6.4.4 e 6.5.4, rispettivamente, per strutture in muratura, cemento armato, legno, acciaio e opere geotecniche.

5.5 Tipologia di analisi strutturale

L'attuale normativa italiana (NTC 2008), prevede quattro diverse possibili verifiche sismiche: analisi statica lineare, analisi dinamica modale, analisi statica non lineare ed analisi dinamica non lineare.

Con riferimento alle competenze in materia di progettazione strutturale per i diplomati dei Nuovi Istituti Tecnici, Settore Tecnologico, Indirizzo CAT, si suggerisce sulla base degli argomenti trattati nei volumi esaminati (Zavanella et al., 2012), l'adozione dell'analisi statica lineare, quale del metodo di analisi della risposta sismica delle strutture adottato.

A questo proposito, si rilevano delle discordanze tra i libri di testo esaminati. Non tutti riportano in maniera dettagliata l'argomento. Ciò richiede un'importante precisazione: affinché sia possibile, per i diplomati CAT, l'analisi sismica di un edificio semplice, è indispensabile che l'ANALISI STATICA LINEARE divenga argomento obbligatorio dei corsi di "Progettazione, Costruzione e Impianti".

Si rammenta che questo tipo di analisi è applicabile per le sole costruzioni la cui risposta sismica, in ogni direzione principale, non dipenda significativamente dai modi di vibrare superiori. Essa consiste nell'applicazione di forze statiche equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica e può essere effettuata per costruzioni che rispettino i requisiti specifici, a condizione che il periodo del modo di vibrare principale nella direzione in esame (T_1) non superi $2,5T_C$ o T_D e che la costruzione sia regolare in altezza (NTC 2008, §7.3.3.2), avendo indicato con: T_C il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali, e T_D il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro stesso.

5.6 Condizioni geotecniche del sottosuolo

Con riferimento alle competenze in materia di progettazione geotecnica per i diplomati dei Nuovi Istituti Tecnici, Settore Tecnologico, Indirizzo CAT, non particolarmente sviluppate nel campo della caratterizzazione meccanica delle terre e delle indagini geotecniche, si ritiene che il campo di azione si debba limitare ad alcune tipologie di opere, di cui si dirà più estesamente nel seguito (§6.5), che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, per le quali, parafrasando quanto riportato al §6.2.2 delle NTC 2008, la progettazione possa essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili.

6 LIMITAZIONI SPECIFICHE RIFERITE ALLA PROGETTAZIONE DI STRUTTURE IN MURATURA, CEMENTO ARMATO, LEGNO E ACCIAIO

6.1 Strutture in Muratura

6.1.1 Premessa

Oggetto del presente paragrafo è l'individuazione di limitazioni specifiche riferite alla progettazione di strutture in muratura, sulla base delle conoscenze e delle abilità acquisite durante il corso di studio dai diplomati dell'Istituto Tecnico CAT.

Allo scopo sono state analizzate le indicazioni ministeriali riportate nel Regolamento recante norme per il riordino degli istituti tecnici (D.P.R., N.88, 15 marzo 2010), nonché il grado di approfondimento della trattazione di tali argomenti in recenti ed aggiornati libri di testo della disciplina "Progettazione, Costruzioni e Impianti", impartita agli studenti CAT.

In ultima istanza, allo scopo di evidenziare eventuali incongruenze tra le problematiche connesse alla progettazione delle costruzioni in muratura e le conoscenze ed le abilità dei diplomati CAT, è stato prodotto uno studio specifico (riportato nell'Appendice A), costituito dall'analisi statica di opportuni modelli di edifici in muratura.

6.1.2 Conoscenze ed abilità "specifiche" previste nel D.P.R. 15/03/2010, art. 8, comma 3

Tra le conoscenze definite dal D.P.R., N.88, 15 marzo 2010 per la disciplina "Progettazione, Costruzioni e Impianti", impartita agli studenti CAT, si evidenziano i seguenti argomenti utili alla progettazione strutturale di edifici in muratura (Tab. 3):

- comportamento elastico e post-elastico dei materiali;
- elementi delle costruzioni ed evoluzione delle tecniche costruttive, anche in relazione agli stili architettonici e ai materiali;
- principi della normativa antisismica;
- classificazione sismica del territorio italiano;
- impostazione strutturale di edifici nuovi con caratteristiche di antisismicità;
- relazioni tra le forze che agiscono su elementi strutturali, calcolo vettoriale;
- condizioni di equilibrio di un corpo materiale, geometria delle masse, teorema di Varignon;
- caratteristiche e classificazione delle sollecitazioni;
- strutture isostatiche, iperstatiche e labili, metodo delle forze per l'analisi di strutture iperstatiche;
- classificazione degli stati limite e calcolo con il metodo semiprobabilistico agli stati limite;
- calcolo di semplici elementi costruttivi;
- norme, metodi e procedimenti della progettazione di edifici e manufatti;
- norme tecniche delle costruzioni (NTC 2008, D.M. 14/1/2008), strutture in muratura.

Questi elementi si traducono, in particolare, nelle seguenti **abilità**:

- riconoscere i legami costitutivi tensioni/deformazioni nei materiali;
- riconoscere i principali elementi costruttivi di un edificio;
- applicare i criteri e le tecniche di base antisismiche nella progettazione di competenza;
- verificare le condizioni di equilibrio statico di un edificio;
- comprendere la funzionalità statica degli elementi strutturali al fine di progettarli e dimensionarli correttamente;
- comprendere le problematiche relative alla stabilità dell'equilibrio elastico;

- calcolare le sollecitazioni riconoscendo le tensioni interne dovute a compressione, trazione, taglio e flessione;
- analizzare, calcolare e verificare semplici strutture isostatiche e iperstatiche;
- impostare la progettazione secondo gli standard e la normativa urbanistica ed edilizia.

Il grado di approfondimento degli argomenti sopra citati è stato valutato attraverso l'esame dei seguenti libri di testo. Essi sono stati redatti con riferimento alle rinnovate esigenze di insegnamento e studio per la disciplina "Progettazione, Costruzioni e Impianti", per il secondo biennio e il quinto anno degli Istituti Tecnici Tecnologici indirizzo Costruzioni, Ambiente, Territorio.

- Amerio C., Alasia U., Pugno M. (2014). Progettazione Costruzioni Impianti per il secondo biennio degli Istituti Tecnici indirizzo Costruzioni Ambiente Territorio. Sei Editrice.
- Di Pasquale S., Messina C., Paolini L., Klaus Koenig G., Furiozzi B., Brunetti F. (2013). Progettazione Costruzioni Impianti. Le Monnier Scuola.
- Zavanella V., Leti E., Veggetti P. (2012), Progettazione Costruzioni Impianti per Costruzioni, ambiente e territorio. Zanichelli.

Gli argomenti trattati comuni ai tre volumi includono: risoluzione di strutture isostatiche ed iperstatiche; sollecitazioni semplici e composte; metodo agli stati limite; problemi di stabilità; analisi di semplici strutture in muratura; e principi di progettazione antisismica con riferimento all'analisi statica lineare.

In particolare, per le murature vengono illustrati: **schemi strutturali, caratteristiche meccaniche, verifiche archi, architravi e piattabande, problemi di stabilità e verifiche agli stati limite ultimi (pressoflessione nel piano e fuori dal piano, taglio e per carichi concentrati).**

6.1.3 Problematiche nella progettazione delle costruzioni in muratura

La muratura è un materiale composito caratterizzato da disomogeneità, anisotropia, scarsa resistenza a trazione e legame tenso- deformativo di tipo non lineare. Nella prassi progettuale, è ormai consolidata l'assunzione di materiale continuo omogeneo macroscopicamente equivalente al materiale composito.

La crisi di un elemento in muratura soggetto in zona sismica può verificarsi:

- per pressoflessione nel piano, con rottura per schiacciamento o ribaltamento;
- per taglio nel piano, con rottura per fessurazione diagonale o per taglio scorrimento;
- per pressoflessione fuori dal piano, con meccanismi a piastra o ad arco.

In aggiunta, le pareti in muratura risultano sensibili ad effetti geometrici del secondo ordine, a causa della relativa snellezza nei confronti delle azioni fuori dal piano e della trascurabile resistenza a trazione.

Tutti questi aspetti, anche se in via semplificata, vengono trattati nei libri di testo analizzati ed indicati nel paragrafo 6.1.2.

Allo scopo di individuare problematiche nella progettazione sismica delle costruzioni in muratura non superabili con le conoscenze dei diplomati CAT, si sono condotte analisi statiche lineari su più di 350 modelli di edifici in muratura aventi le caratteristiche geometriche di regolarità in pianta ed in elevazione indicate nel §5.2., con numero di piani variabile da 1 a 3, per quattro diverse zone sismiche (0.05g, 0.15g, 0.25g, 0.3g).

Le analisi hanno mostrato la necessità di limitare la progettazione sismica ad edifici in muratura di soli tre piani (incluso un eventuale interrato o seminterrato), aventi specifiche caratteristiche di regolarità in pianta ed in elevazione con riferimento alla sismicità dell'area.

6.1.4 Limitazioni specifiche

Gli argomenti indicati nelle indicazioni ministeriali e i risultati desunti dalle analisi riportate nell'Allegato B, suggeriscono le seguenti limitazioni per le costruzioni in muratura ordinaria:

- strutture regolari in pianta ed in elevazione in accordo alle indicazioni della NTC 2008;
- pareti strutturali della costruzione continue dalle fondazioni alla sommità;
- in ciascuna delle due direzioni, pareti resistenti alle azioni orizzontali con interasse non superiore a 7m;
- nessuna altezza interpiano superiore a 3.5m;
- **numero di piani non superiore a 3 (eventuale interrato o seminterrato compreso)** con le prescrizioni aggiuntive indicate in Tabella 4;
- snellezza della muratura, secondo l'espressione (4.5.1) della NTC 2008, non superiore a 12 e, dunque, spessore delle murature sempre maggiore di 30cm;
- carico variabile per i solai non superiore a 3.00kN/m².

Tabella 4. Costruzioni in muratura. Limitazioni della resistenza caratteristica del materiale e del rapporto minimo fra lato minore e lato maggiore del rettangolo che circonda la planimetria dell'edificio, in funzione del numero di piani.

Numero piani	Materiale (fk)	Zona sismica I	Zona sismica II	Zona sismica III	Zona sismica IV
		(0,30g)	(0,25g)	(0,15g)	(0,05g)
1	-	1/3	1/3	1/3	1/3
2	> 20daN/cm ²	1/2	1/3	1/3	1/3
3	> 20daN/cm ²	-	1/2	1/3	1/3

Si rammenta, inoltre, in accordo con le indicazioni delle NTC 2008 (§7.8.1.9), che per edifici con le seguenti caratteristiche, **ricadenti in zona 2, 3 e 4, non è obbligatorio effettuare alcuna analisi e verifica di sicurezza:**

- a. regolarità in pianta ed in elevazione, secondo il §7.2.2. delle NTC 2008;
- b. pareti strutturali della costruzione continue dalle fondazioni alla sommità;
- c. nessuna altezza interpiano superiore a 3.5m;
- d. numero di piani non superiore a 3 (entro e fuori terra) per costruzioni in muratura ordinaria;
- e. planimetria dell'edificio inscritto in un rettangolo con rapporti fra lato minore e lato maggiore non inferiore a 1/3;
- f. snellezza della muratura, secondo l'espressione (4.5.1), non superiore a 12;
- g. carico variabile per i solai non superiore a 3.00kN/m²;
- h. in ciascuna delle due direzioni siano previsti almeno due sistemi di pareti di lunghezza complessiva, al netto delle aperture, ciascuno non inferiore al 50% della dimensione della costruzione nella medesima direzione. Nel conteggio della lunghezza complessiva possono essere inclusi solamente setti murari che rispettano i requisiti geometrici della tabella 7.8.II delle NTC 2008 (Tab. 4). La distanza tra questi due sistemi di pareti in direzione ortogonale al loro sviluppo longitudinale in pianta sia non inferiore al 75% della dimensione della costruzione nella medesima direzione (ortogonale alle pareti). Almeno il 75% dei carichi verticali sia portato da pareti che facciano parte del sistema resistente alle azioni orizzontali;
- i. per ciascun piano il rapporto tra area della sezione resistente delle pareti e superficie lorda del piano non sia inferiore ai valori indicati nella tabella 7.8.III delle NTC 2008 (Tab. 5), in funzione del numero di piani della costruzione e della sismicità del sito, per ciascuna delle due direzioni ortogonali;

- j. ad ogni piano, sia realizzato un cordolo continuo all'intersezione tra solai e pareti. I cordoli debbono avere altezza minima pari all'altezza del solaio e larghezza almeno pari a quella del muro; è consentito un arretramento massimo di 6 cm dal filo esterno. L'armatura corrente non deve essere inferiore a 8cm^2 , le staffe debbono avere diametro non inferiore a 6mm ed interasse non superiore a 25 cm. Travi metalliche o prefabbricate costituenti i solai debbono essere prolungate nel cordolo per almeno la metà della sua larghezza e comunque per non meno di 12cm ed adeguatamente ancorate ad esso. In corrispondenza di incroci d'angolo tra due pareti perimetrali sono prescritte, su entrambe le pareti, zone di parete muraria di lunghezza non inferiore a 1 m, compreso lo spessore del muro trasversale. Al di sopra di ogni apertura deve essere realizzato un architrave resistente a flessione efficacemente ammortato alla muratura (§7.8.5.1, NTC 2008);
- k. deve inoltre risultare, per ogni piano:

$$\sigma = N/A \leq 0.25f_k/\gamma_m \quad (1)$$

ove: N è il carico verticale totale alla base di ciascun piano dell'edificio corrispondente alla somma dei carichi permanenti e variabili (valutati ponendo $\gamma_G=\gamma_Q=1$), A è l'area totale dei muri portanti allo stesso piano e f_k è la resistenza caratteristica a compressione in direzione verticale della muratura.

Tabella 5. Requisiti geometrici delle pareti resistenti al sisma (Tabella 7.8.II, NTC 2008).

Tipologie costruttive	t_{\min} [mm]	$\lambda=(h_0/t)_{\max}$	$(l/h')_{\min}$
Muratura ordinaria, realizzata con elementi in pietra squadrata	300	10	0.5
Muratura ordinaria, realizzata con elementi artificiali	240	12	0.4
Muratura armata, realizzata con elementi artificiali	240	15	qualsiasi
Muratura ordinaria, realizzata con elementi in pietra squadrata, in siti ricadenti in zona 3 e 4	240	12	0.3
Muratura realizzata con elementi artificiali semipieni, in siti ricadenti in zona 4	200	20	0.3
Muratura realizzata con elementi artificiali pieni, in siti ricadenti in zona 4	150	20	0.3

Tabella 6. Area pareti resistenti in ciascuna direzione ortogonale per costruzioni semplici (Tabella 7.8.III, NTC 2008).

Tipo di struttura	Numero di piani	Accelerazione di picco del terreno $a_r/5$									
		$\leq 0.07g$	$\leq 0.10g$	$\leq 0.15g$	$\leq 0.20g$	$\leq 0.25g$	$\leq 0.30g$	$\leq 0.35g$	$\leq 0.40g$	$\leq 0.45g$	$\leq 0.475g$
Muratura ordinaria	1	3.5%	3.5%	4.0%	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.0%	6.0%	6.5%
	2	4.0%	4.0%	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	6.5%	6.5%	7.0%
	3	4.5%	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%			
Muratura armata	1	2.5%	3.0%	3.0%	3.0%	3.5%	3.5%	4.0%	4.0%	4.5%	4.5%
	2	3.0%	3.5%	3.5%	3.5%	4.0%	4.0%	4.5%	5.0%	5.0%	5.0%
	3	3.5%	4.0%	4.0%	4.0%	4.5%	5.0%	5.5%	5.5%	6.0%	6.0%
	4	4.0%	4.5%	4.5%	5.0%	5.5%	5.5%	6.0%	6.0%	6.5%	6.5%

6.2 Strutture in Cemento Armato

6.2.1 Premessa

Scopo dello studio relativo alle costruzioni in cemento armato è stato quello di mettere in luce, con strumenti di calcolo più avanzati di quelli che sono utilizzabili dai diplomati CAT, gli aspetti critici della progettazione in zona sismica di strutture in cemento armato con conoscenze limitate solo ad alcuni principi elementari. A tal fine, si è eseguito uno studio consistente nel dimensionamento e nella verifica di un set di edifici in c.a., al variare dei seguenti parametri:

- numero di piani;
- numero di campate;
- presenza e posizione della scala;
- accelerazione sismica.

Gli edifici oggetto di analisi ed i risultati ottenuti sono esposti e commentati nell'Appendice B del presente studio.

Sulla base del nuovo programma degli Istituti CAT, si è valutata la possibilità, limitatamente a specifici casi, di progettare la struttura in cemento armato anche solo con minime conoscenze di ingegneria sismica, in particolare analizzando le capacità di resistenza sismica di un edificio progettato con la filosofia tipica della progettazione per soli carichi gravitazionali, ma che rispettasse i requisiti minimi (geometrici e meccanici) richiesti dalle NTC 2008.

Nello studio proposto, si è adottato il metodo di analisi dinamica lineare, non risultando rispettate, per i diversi modelli esaminati, le verifiche di regolarità strutturale enunciate al §7.2.2 delle NTC 2008.

6.2.2 Conoscenze ed abilità "specifiche" previste nel D.P.R. 15/03/2010, art. 8, comma 3

Considerando il nuovo programma degli Istituti CAT ed alcuni testi specifici relativamente alla materia di "Progettazione, Costruzione e Impianti", si evince che in essi vengono trattati alcuni argomenti di base che permettono di approcciarsi alla progettazione di edifici in cemento armato. In tal senso, indagando sul livello di approfondimento che si persegue durante il corso di studi per gli allievi geometri, non si può ammettere che, una volta diplomati ed abilitati all'esercizio della professione, essi siano pronti ad affrontare efficacemente tutte le fasi necessarie ad una progettazione consapevole. Ciò comporta che le possibilità dei diplomati CAT di progettare edifici in c.a., in un Paese come quello italiano, ormai riconosciuto ovunque sismico, sia legata alla necessità di dover imporre delle limitazioni, che possano indicare quale può essere il campo di azione entro il quale agire con consapevolezza e con un carico di responsabilità legali commisurate alle competenze tecniche acquisite durante il corso di studi.

6.2.3 Problematiche nella progettazione delle costruzioni in cemento armato

La progettazione di una struttura parte dalla definizione e quindi dall'analisi di un modello di calcolo che ne simula il comportamento sotto azioni statiche e dinamiche. Per gli edifici, in particolare, la normativa vigente, permette l'utilizzo di quattro metodologie di calcolo che presentano livello di definizione e impegno computazionale progressivamente crescente. Tra questi, il metodo più semplice è l'analisi statica lineare (detto anche metodo pseudostatico) che consiste nell'applicazione statica di forze equivalenti al sisma. Il prezzo da pagare per la semplicità di detto metodo è l'applicabilità ai soli casi per cui risultano rispettati i criteri di regolarità enunciate al §7.2.2 delle NTC2008. L'analisi statica lineare si presta all'applicazione su edifici che presentano regolarità della maglia strutturale, forme in pianta semplici, scale non troppo rigide ed inserite in posizione tale da generare la minima eccentricità tra il baricentro delle masse e delle rigidità. Quando per motivi architettonici non è possibile rendere "regolare" la struttura

dell'edificio si può ricorrere al metodo dell'analisi dinamica lineare, con la quale si tiene debitamente conto di tutti gli effetti non colti in una analisi statica lineare (effetti dovuti ai modi di vibrare superiori al primo).

Il predimensionamento delle sezioni trasversali degli elementi portanti di un telaio in c.a., a seguito degli obblighi normativi, può essere eseguito mediante la verifica allo Stato Limite di Danno (SLD), in quanto, essendo la verifica SLD un controllo sugli spostamenti laterali interpiano, permette di regolare la rigidità laterale minima da attribuire ad un edificio. In alcuni casi, la verifica allo SLD può essere anche maggiormente penalizzante rispetto a quella allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

Eseguendo le verifiche allo SLU, oltre al controllo sulle dimensioni geometriche delle sezioni trasversali degli elementi resistenti, si dimensionano le armature longitudinali e trasversali. Considerando i pilastri, la normativa vigente impone dei quantitativi minimi e massimi di armatura longitudinale. Il limite inferiore, ovviamente, si rispetta inserendo una quantità minima di armatura. Se, per necessità imposte dalle verifiche, si eccede il limite superiore bisogna incrementare l'area della sezione trasversale dell'elemento resistente. Per le travi, l'armatura longitudinale è regolata da un limite inferiore per quel che riguarda la percentuale di armatura tesa, mentre per l'armatura compressa si ha un limite inferiore legato al quantitativo di armatura tesa inserita. Tali limiti, oltre a garantire la presenza di una quantità di armatura minima, permettono di progettare con coerenza rispetto ai criteri di duttilità necessari in una progettazione con regole antisismiche.

Un controllo fondamentale introdotto dalle nuove norme, per eliminare fenomeni di crisi fragile, è il criterio di gerarchia delle resistenze (GdR), sia nei confronti delle resistenze a taglio e flessione legate al singolo elemento strutturale, che nei confronti della resistenza a pressoflessione tra travi e pilastri. In particolare, il controllo sulla GdR Taglio-Flessione consente di escludere rotture premature a taglio (meccanismo fragile) del singolo elemento rispetto a quelle per flessione (meccanismo duttile). Diversamente, il controllo sulla GdR Trave-Pilastro consente di escludere la formazione di cerniere presso-flessionali sui pilastri prima che sulle travi, in modo da evitare l'instaurarsi di schemi strutturali labili, che mettono a serio rischio la sicurezza delle persone, oltre che la stabilità dell'edificio. Nella pratica tecnica, la GdR Taglio-Flessione, il più delle volte, si traduce in un infittimento del passo delle staffe o, comunque, in un incremento dell'armatura specifica a taglio minima necessaria a resistere alle sollecitazioni che derivano dall'analisi. Il rispetto della GdR Trave-Pilastro, invece, nelle maggior parte dei casi, porta a dover incrementare la capacità a pressoflessione dei pilastri in modo da superare la resistenza delle travi convergenti nello stesso pilastro. A tale ultima evenienza è legata la necessità di dovere proporzionare le dimensioni e le armature delle travi in maniera tale da ottenere una capacità resistente a flessione di poco superiore alle sollecitazioni derivanti dall'analisi, in modo da evitare sezioni trasversali e armature eccessive per i pilastri.

Le armature trasversali vanno progettate sia per resistenza che per rispetto dei quantitativi minimi legati a parametri geometrici degli elementi strutturali e delle armature longitudinali adottate; come spesso accade, anche nelle analisi parametriche svolte in questo studio, la quantità minima delle armature trasversali è legata ai requisiti minimi richiesti dalla norma.

Un aspetto fondamentale nello studio di un edificio in c.a. è la presenza ed il posizionamento in pianta delle scale. Le scale sono degli elementi strutturali che fungono da controvento alle maglie strutturali in cui vengono inserite, conferendo un incremento significativo di rigidità laterale al telaio. Dunque, la posizione della scala all'interno della pianta dell'edificio può essere molto penalizzante per le dimensioni degli elementi resistenti del telaio a causa dei possibili effetti torsionali che si generano. Infatti, ipotizzando una scala posizionata in modo da ridurre al minimo

l'eccentricità tra il baricentro delle masse e delle rigidezze, si riescono a minimizzare gli effetti torsionali e, dunque, diminuire l'impatto che tali effetti hanno sulle dimensioni delle sezioni trasversali e sulle armature degli elementi strutturali. Per esempio, in un edificio a pianta quadrata, una scala posizionata al centro porta a degli effetti torsionali poco influenti rispetto ad una scala posizionata in uno degli angoli dell'edificio.

6.2.4 Limitazioni specifiche

Sulla base di quanto esposto nel precedente paragrafo e dai risultati delle analisi svolte, si evidenzia il fatto che, per la progettazione degli edifici in c.a., si rendono necessarie specifiche conoscenze, in termini di metodi di analisi e verifica, non in possesso dei diplomati CAT all'atto del conseguimento del diploma e della relativa abilitazione all'esercizio della professione.

I motivi sono da ricercarsi, innanzitutto, nelle difficoltà insite nell'applicazione dei metodi di analisi che, specialmente nel caso di necessità di applicazione del metodo dinamico lineare, richiedono conoscenze di scienza delle costruzioni e di principi di ingegneria sismica non di base.

Dall'analisi dei risultati è emerso che anche per edifici monopiano i quantitativi minimi di armatura previsti dalla normativa non sempre sono sufficienti a soddisfare le verifiche, pertanto, anche per tipologie semplici, è necessaria una certa sensibilità strutturale al fine di soddisfare le richieste delle NTC 2008. L'utilizzo di minimi geometrici e di armatura potrebbe automaticamente garantire il soddisfacimento di tutte le verifiche previste dalle NTC 2008 per gli edifici in c.a., esclusivamente nel caso di strutture ad un piano con pianta compatta, ridotto numero di campate e luci tra le campate di contenute dimensioni, progettate in classe di duttilità bassa (rif. §7.2.1 delle NTC 2008) ed aventi fondazioni dirette.

Per gli edifici a due e più piani, si aggiungono le complicazioni, già enunciate nel precedente paragrafo, di inserimento ottimizzato della scala, del rispetto della gerarchia delle resistenze Trave-Pilastro, nonché delle verifiche allo stato limite di danno. Le analisi condotte hanno mostrato la necessità di dovere studiare già nella fase di predimensionamento la posizione ottimale delle scale al fine di garantire un comportamento strutturale che possa agevolare il rispetto delle tante regole restrittive, ma evidentemente necessarie, presenti dalle norme. Contestualmente, l'inserimento delle scale nel telaio dell'edificio comporta la generazione di elementi tozzi che, come mostrato dagli effetti indotti dai recenti terremoti, sono elementi soggetti a crisi di tipo fragile e, dunque, molto delicati da gestire in fase di progettazione. Elementi di questo tipo si ritrovano spesso anche nei tetti inclinati nelle parti più basse.

In merito alla gerarchia delle resistenze, in tutti i casi analizzati a due piani è stato necessario variare le dimensioni e le armature delle travi in diminuzione (quando possibile) o dei pilastri in aumento onde superare la verifica di resistenza. Ciò ha consentito di mettere in evidenza che il solo utilizzo di minime dimensioni geometriche e minimi di armatura non può garantire il rispetto di tale principio che assume fondamentale importanza ai fini del comportamento sismico delle costruzioni in cemento armato.

Analoghe conclusioni si sono tratte con riferimento allo stato limite di danno che richiede verifiche sugli spostamenti relativi di interpiano, il cui soddisfacimento non è garantibile, in linea generale, con un'impostazione progettuale per soli carichi gravitazionali.

Tali motivazioni spingono a concludere che non vi sono condizioni che consentano di definire un dominio all'interno del quale, sussistendo requisiti di semplicità strutturale, le conoscenze dei diplomati CAT possano consentire loro di progettare strutture in cemento armato a due o più piani.

6.3 Strutture in Legno

6.3.1 Premessa

Sulla base delle indicazioni ministeriali, contenute nel D.P.R. 15/03/2010, sono state individuate le capacità acquisite dai diplomati CAT. Nei limiti delle competenze acquisite, previo specifico controllo tramite opportune verifiche, i diplomati che abbiano conseguito il titolo di studio conformemente alle indicazioni ministeriali del D.P.R. 15/03/2010, sono in grado di occuparsi delle cosiddette **costruzioni semplici**: il documento delinea le possibili basi teoriche per la definizione delle stesse. La definizione di "costruzione semplice" non può essere fondata su pure e semplici considerazioni geometriche come avvenuto nel passato ma deve essere determinata sulla base di considerazioni scientifiche, supportate anche dall'analisi di una serie di casi studio riportati in Appendice C.

Il documento può pertanto essere considerato un supporto tecnico/scientifico per le decisioni più opportune che dovranno essere prese nelle sedi (*Ministeriali*) competenti.

6.3.2 Conoscenze ed abilità "specifiche" previste nel D.P.R. 15/03/2010, art. 8, comma 3

Dall'esame del testo di legge si è appurato che i "nuovi geometri" hanno acquisito:

- conoscenza delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 e delle relative Istruzioni per l'applicazione di cui alla Circolare n.617/CSLLPP del 02/02/2009;
- conoscenza del materiale legno: prodotti in legno da costruzione, proprietà del legno, problematiche del materiale ;
- capacità di verificare semplici membrature lignee agli Stati Limite Ultimi: verifica a trazione e compressione parallela alle fibre, compressione inclinata e perpendicolare alla fibratura, verifica a taglio, flessione retta e deviata e verifica a pressoflessione, verifica a instabilità degli elementi compressi e inflessi;
- capacità di verificare membrature in legno agli Stati Limite di Servizio.

6.3.3 Problematiche nella progettazione delle costruzioni in legno

Nella progettazione delle costruzioni in legno il progettista deve affrontare alcune problematiche particolari che giustificano le limitazioni poste nel presente documento.

Una prima problematica riguarda le trazioni ortogonali alla fibratura. La trazione perpendicolare alla fibratura rappresenta la sollecitazione più pericolosa sia per il carattere spiccatamente fragile della rottura sia per i bassissimi valori di resistenza del materiale. Le trazioni ortogonali nascono principalmente:

- a) in presenza di intagli e fori nella sezione dell'elemento;
- b) in presenza di carichi appesi;
- c) nelle travi cosiddette speciali: travi curve, trave centinate e nella zona d'apice delle travi a doppia rastremazione.

Alla luce di queste considerazioni, si intende escludere dalle competenze dei geometri il ricorso a elementi con la presenza di fori o intagli e l'impiego di "travi speciali" ad eccezione delle travi a semplice rastremazione e a doppia rastremazione nel rispetto dei limiti descritti in maniera estesa in Appendice C.

Un'altra problematica nella progettazione delle costruzioni in legno riguarda il progetto dei collegamenti e in particolare il dimensionamento di collegamenti a incastro. Queste problematiche limitano ad un piano l'altezza consentita per strutture a telaio pesante.

Ulteriore difficoltà che il progettista deve affrontare nel dimensionamento delle strutture in legno riguarda il comportamento igrometrico del legno: esso comporta un'attenta analisi dei dettagli costruttivi. Si veda a tal proposito quanto esposto in Appendice C riguardo le strutture Blockbau.

Significativo risulta essere inoltre il rapporto tra il modulo di elasticità E ed la resistenza del materiale presenta valori dell'ordine di 400-500. Questa caratteristica comporta una notevole importanza delle verifiche a deformazione degli elementi inflessi (travi e solai) e delle verifiche di stabilità dell'equilibrio.

6.3.4 Limitazioni specifiche

Sotto le ipotesi di cui al p.to 6.1.1, sono state individuate delle limitazioni specifiche per le tipologie costruttive consolidate di strutture in legno. Le limitazioni principali sono riassunte nell'Abaco di Tabella 7.

Tabella 7. Abaco di sintesi

TIPOLOGIE COSTRUTTIVE CONSOLIDATE	STRUTTURE A PANNELLI				BLOCKBAU (LOG HOUSE)				STRUTTURE A TELAIO PESANTE				SOLAI CALPESTABILI
	Strutture realizzate dall'assemblaggio di pannelli di tavole incrociate (X-LAM) e di pannelli intelaiati (balloon frame o platform frame) costituiti da intelature di elementi di legno a sezione ridotta ed interasse generalmente compreso tra 40 e 70 cm, cui sono collegati pannelli a base di legno ad entrambi i lati mediante chiodi o viti				Strutture realizzate mediante sovrapposizione di elementi lineari in legno massiccio, lamellare, bilama/trilama				Strutture a telaio in legno lamellare pesante, con controventi costituiti da tiranti metallici o elementi diagonali lignei. La copertura può essere costituita da travi piene, o travi rastremate (non sono ammesse travi centinate e curve).				Elementi orizzontali eseguiti con pannelli di tavole incrociate (X-LAM) o travi lignee. Sono inclusi i solai misti legno-calcestruzzo
Intensità sismica a_g [g]	≤0.30	≤0.25	≤0.15	≤0.05	≤0.30	≤0.25	≤0.15	≤0.05	≤0.30	≤0.25	≤0.15	≤0.05	-
Numero di piani	1	2	2	2	-	1	1	1	1	1	1	1	-
Altezza massima interpiano (o altezza a metà gronda) [m]	3,5	3,5	3,5	3,5	-	3	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5	-
Altezza massima edificio (misurata a metà gronda) [m]	3,5	7	7	7	-	3	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5	-
Lunghezza massima elementi orizzontali [m]	-	-	-	-	-	-	-	-	(*)	(*)	(*)	(*)	5
Superficie massima di piano [m ²]	200	200	200	200	200	200	200	200	100	100	100	100	200

(*) La limitazione è funzione dell'angolo di rastremazione della trave: si rimanda all'Appendice C.

In aggiunta a tali limitazioni sono stati individuati ulteriori criteri costruttivi e di calcolo:

- **DISPOSIZIONE DELLE PARETI:** le pareti strutturali in falso non sono ammesse.

- **STRUTTURE MISTE:** le strutture miste, in cui la resistenza sismica è affidata ad elementi di diversa tecnologia, non sono ammesse a meno che non siano presenti adeguati giunti tra i diversi sistemi strutturali;
- **FATTORE DI STRUTTURA:** la progettazione delle strutture deve essere svolta in "CD B". Con riferimento alle Nuove Norme Tecniche NTC 2014 (approvate dall'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in data 14/11/2014), le indicazioni NTC 2014 (Tab.8).

Tabella 8. Valori di q_0 indicati nelle NTC 2014 (Tab. 7.3.II).

Tipologia strutturale	q_0	
	CD "A"	CD "B"
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni	3,0	2,0
Strutture reticolari iperstatiche con giunti chiodati		
Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico	4,0	2,5
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi chiodati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni	5,0	3,0
Pannelli di parete incollati a strati incrociati, collegati mediante chiodi, viti, bulloni		
Strutture reticolari con collegamenti a mezzo chiodi, viti, bulloni		2,5
Strutture cosiddette miste, ovvero con intelaiatura (sismo-resistente) in legno e tamponature non portanti		
Strutture isostatiche in genere, compresi portali isostatici con mezzi di unione a gambo cilindrico, e altre tipologie strutturali		1,5

Al fine di definire in maniera più specifica le limitazioni poste in Tabella 7, sono state individuate per ciascuna tipologia costruttiva consolidate ulteriori prescrizioni costruttive.

6.3.5 Strutture a pannelli

6.3.5.1 Premessa

Si definiscono strutture a pannelli edifici la cui struttura verticale è costituita per lo più da pareti in grado di assorbire sia i carichi verticali derivanti dai solai, travi o da altri elementi strutturali sia le azioni orizzontali quali vento e azione sismica.

6.3.5.2 Edifici a pareti a pannelli di tavole incrociate (X-LAM)

Le strutture a pannelli di tavole incrociate (X-LAM) sono caratterizzate dall'assemblaggio di pannelli sia per gli orizzontamenti sia per le strutture verticali (Fig. 2).

Per pannelli X-LAM si intendono quei prodotti ottenuti per solo incollaggio di tavole di legno massiccio classificate, a vista o a macchina, secondo la resistenza e disposte a strati (almeno 3) inclinati a 90° fra di loro in modo da ottenere pannelli adatti all'uso strutturale nelle sole classi di servizio 1 e 2 (UNI EN 1995-1-1). Le tavole sono piallate, giuntate a dita in direzione longitudinale ed incollate fra di loro. Non necessariamente le tavole sono incollate lungo i bordi. La disposizione degli strati risulta sempre simmetrica rispetto al piano medio del pannello.

L'utilizzo di pannelli X-LAM all'interno di sistemi costruttivi trova spazio in diverse tipologie strutturali, assumendo comportamento flessionale a piastra (solai) o comportamento membranale a lastra (diaframma di piano, parete resistente a taglio).

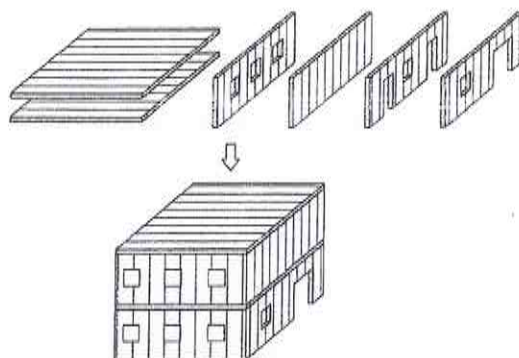


Figura 2. Struttura a pareti portanti XLAM.

6.3.5.3 Edifici a pareti portanti intelaiate

Il sistema a pannelli intelaiati (noto come *balloon frame* o *platform frame*, Fig.3) è formato da pareti la cui struttura è costituita da un telaio ligneo a sezione ridotta composto da un traverso superiore ed uno inferiore e montanti verticali (con interasse generalmente compreso tra 40 e 70 cm) in legno a cui viene affidata la trasmissione dei carichi verticali derivanti da elementi di solaio, travi o pareti superiori. Il controventamento nei confronti dei carichi orizzontali è garantito dalla presenza di pannelli strutturali collegati mediante chiodi o viti al telaio stesso.

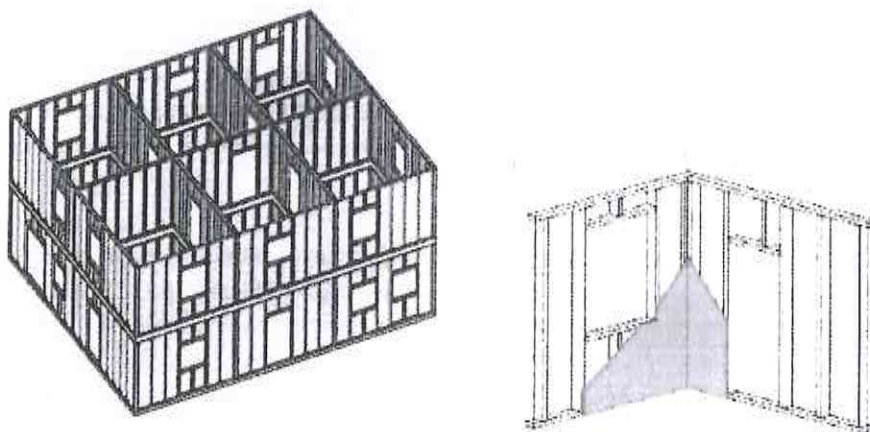


Figura 3. Edifici a pareti portanti intelaiate.

Prescrizioni costruttive: edifici a pannelli intelaiati

Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- 1) Il rivestimento deve essere presente su entrambi i lati;
- 2) La distanza massima dei connettori deve essere pari 150 mm per i chiodi e 200 mm per le viti;
- 3) I pannelli devono rispettare le seguenti condizioni:
 - i pannelli di particelle (UNI EN 312) devono avere uno spessore non inferiore a 13mm;
 - i pannelli di compensato (UNI EN 636) devono avere spessore non inferiore a 9mm;
 - i pannelli di OSB (UNI EN 300) devono avere spessore non inferiore ai 12mm.

6.3.6 Edifici Blockbau

Si definiscono strutture *Blockbau* (o *Log house*) gli edifici con pareti realizzate mediante sovrapposizione diretta di elementi strutturali lineari, in legno massiccio, lamellare, bi-/tri-lama, disposti orizzontalmente (Fig. 4).

La connessione tra pareti tra loro ortogonali – sia interne che d'angolo – è realizzata mediante giunti di carpenteria ottenuti dalla sagomatura degli elementi di parete.

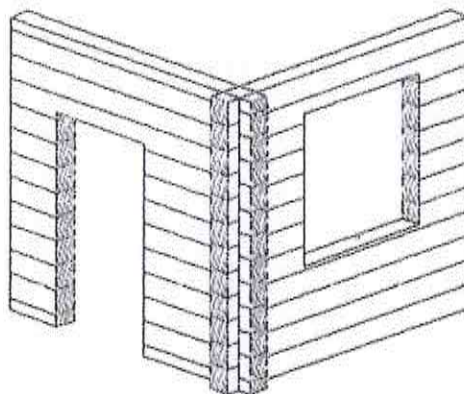


Figura 4. Edifici blockblau.

Prescrizioni costruttive: edificio Blockbau

Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- 1) nodi d'angolo: sono ammessi giunti d'angolo aventi una distanza massima pari a 6 m e lavorati a macchina;
- 2) in corrispondenza delle aperture e in corrispondenza dei giunti d'angolo devono essere previsti degli elementi di ancoraggio a trazione.

6.3.7 Strutture a telaio pesante

Le strutture a telaio sono costituite da un telaio in legno lamellare pesante con il compito di trasferire i carichi verticali e da controventi, costituiti da tiranti metallici o elementi diagonali lignei, ai quali sono trasferite le sollecitazioni orizzontali.

Gli elementi di copertura possono essere costituiti tra l'altro, da travi piene, travi reticolari o travi rastremate nelle limitazioni previste (non sono ammesse travi centinate e travi curve).

L'impiego di questa tipologia strutturale è limitata alla realizzazione di *carport* mentre non ne è ammesso l'impiego per la realizzazione di capannoni industriali (a causa ad esempio delle difficoltà di calcolo delle sollecitazioni dovute ai carroponti).

Prescrizioni costruttive: strutture a telaio pesante

L'impiego di travi a doppia rastremazione è ammesso qualora siano garantite le seguenti limitazioni sulla luce in funzione dell'angolo di rastremazione e della base della trave (Tab. 9).

Tabella 9: Limitazione sull'angolo di rastremazione e sulla luce delle travi a doppia rastremazione

base ≥ 200 mm	$3^\circ \leq \alpha \leq 5^\circ$	luce ≤ 13 m
base ≥ 200 mm	$5^\circ \leq \alpha \leq 10^\circ$	luce ≤ 9 m
base ≥ 180 mm	$3^\circ \leq \alpha \leq 5^\circ$	luce ≤ 13 m
base ≥ 180 mm	$5^\circ \leq \alpha \leq 10^\circ$	luce ≤ 8 m
base ≥ 160 mm	$3^\circ \leq \alpha \leq 5^\circ$	luce ≤ 12 m
base ≥ 160 mm	$5^\circ \leq \alpha \leq 10^\circ$	luce ≤ 7 m

6.3.8 Solai

Si definiscono solai gli elementi orizzontali/inclinati eseguiti con pannelli di tavole incrociate (X-LAM), travi lignee, inclusi i solai misti legno calcestruzzo.

Prescrizioni costruttive: solai

I solai devono poter essere assunti infinitamente rigidi. Questa ipotesi può essere assunta come valida nei seguenti casi:

- 1) solaio misto con soletta in calcestruzzo armato di almeno 50 mm di spessore collegata agli elementi strutturali in acciaio o in legno da connettori a taglio opportunamente dimensionati.
- 2) solaio a travetti con pannelli di controventamento a base di legno, OSB o compensato, nel rispetto delle seguenti caratteristiche:
 - i pannelli devono essere sfalsati;
 - lo spessore minimo dei pannelli dovrà essere pari a 12 mm per i pannelli OSB e 9 mm per i pannelli in compensato;
 - i pannelli devono essere fissati in modo uniformemente distribuito adottando una spaziatura massima lungo i bordi di 150 mm per i chiodi ad aderenza migliorata e per le viti.
- 3) solaio in X-LAM avente le seguenti caratteristiche:
 - pannelli con spessore minimo 120 mm;
 - ciascun pannello deve essere collegato attraverso connettori con passo massimo pari a 200 mm.

Nel caso di solai calpestabili è stata fissata una luce massima pari a 5m per limitare il fenomeno delle vibrazioni. Documenti normativi quali Eurocodice 5 o CNR DT 206/2007 impongono per i solai su cui sia previsto un intenso calpestio, limitazioni, tra le quali, un limite sulla frequenza naturale più bassa del solaio, di difficile verifica.

6.4 Strutture in Acciaio

6.4.1 Premessa

Sulla base delle attuali indicazioni normative, che definiscono i confini dell'esercizio professionale dei geometri (art. 16 R. D. 11 febbraio 1929, n. 274) e tenuto conto della recente riforma riguardante il nuovo ordinamento degli Istituti Tecnici relativamente al secondo biennio e al quinto anno (D.P.R. 15 marzo 2010, n. 88), nel seguito si individuano le limitazioni alla progettazione delle *Strutture in Acciaio* che possano rientrare nell'ambito delle modeste costruzioni civili. In particolare, individuate le problematiche specifiche alla progettazione delle costruzioni in acciaio, si descrivono le tipologie strutturali improntate a carattere di semplicità che possono, unitamente a limitazioni dimensionali, rispettare i criteri tecnici-quantitativi utilizzati dalla giurisprudenza per la definizione delle competenze professionali dei geometri. In allegato si riportano analisi parametriche volte a fornire indicazioni quantitative sulla scelta delle membrature da utilizzare per la progettazione di edifici in acciaio che rispettano le limitazioni proposte.

6.4.2 Conoscenze ed abilità "specifiche" previste nel D.P.R. 15/03/2010, art. 8, comma 3

Limitandosi al solo apprendimento formale, la progettazione strutturale è insegnata nella disciplina di Progettazione Costruzioni ed Impianti prevista nel secondo biennio ed al quinto anno dal nuovo Istituto Tecnico, Settore Tecnologico, Indirizzo "Costruzioni, Ambiente e Territorio" (CAT). Gli obiettivi formativi, le abilità e competenze sono definite nell'Allegato A.2 delle Linee Guida per il passaggio al Nuovo Ordinamento (Tab. 10).

Tabella 10. Conoscenze ed abilità in ambito strutturale previste nella Disciplina di Progettazione, Costruzioni ed Impianti (Allegato A.2 delle Linee Guida per il passaggio al Nuovo Ordinamento)

Secondo Biennio	
Abilità	Competenze
<ul style="list-style-type: none"> • Principi, norme e metodi statistici di controllo di qualità di materiali ed artefatti • Comportamento elastico e post-elastico dei materiali. • Principi della normativa antisismica • Classificazione sismica del territorio italiano • Impostazione strutturale di edifici nuovi con caratteristiche di antisismicità. • Criteri e tecniche di consolidamento degli edifici esistenti. • Relazioni tra le forze che agiscono su elementi strutturali, calcolo vettoriale • Condizioni di equilibrio di un corpo materiale, geometria delle masse, teorema di Varignon. • Caratteristiche e classificazione delle sollecitazioni,. • Strutture isostatiche, iperstatiche e labili. Metodo delle forze per l'analisi di strutture iperstatiche • Classificazione degli stati limite e calcolo con il metodo semiprobabilistico agli stati limite. • Calcolo di semplici elementi costruttivi. • Principi di geotecnica • Tipologie delle opere di sostegno 	<ul style="list-style-type: none"> • Applicare i principi del controllo di qualità dei materiali ed i metodi del controllo statistico di accettazione. • Riconoscere i legami costitutivi tensioni/deformazioni nei materiali. • Riconoscere i principali elementi costruttivi di un edificio. • Applicare criteri e tecniche di analisi nei casi di recupero e riutilizzo di edifici preesistenti. • Applicare i criteri e le tecniche di base antisismiche nella progettazione di competenza. • Verificare le condizioni di equilibrio statico di un edificio • Comprendere la funzionalità statica degli elementi strutturali al fine di progettarli e dimensionarli correttamente • Analizzare reazioni vincolari e le azioni interne in strutture piane con l'uso del calcolo vettoriale • Comprendere le problematiche relative alla stabilità dell'equilibrio elastico • Calcolare le sollecitazioni riconoscendo le tensioni interne dovute a compressione, trazione, taglio e flessione. • Analizzare, calcolare e verificare semplici strutture isostatiche e iperstatiche
Quinto Anno	
Abilità	Competenze
<ul style="list-style-type: none"> • Norme tecniche delle costruzioni (D.M. 14/1/2008), strutture in cemento armato, murature, murature armate e legno, e responsabilità professionali in cantiere. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impostare la progettazione secondo gli standard e la normativa urbanistica ed edilizia

In sintesi nel biennio sono insegnati i principi di ingegneria sismica, di meccanica delle strutture ed i modelli per la verifica ed il dimensionamento di semplici elementi costruttivi. Al quinto anno vengono trattati i sistemi strutturali e la loro progettazione alla luce della vigente Norma Tecnica delle Costruzioni (D.M. 14/1/2008 o NTC08).

Esaminando in dettaglio l'Allegato 2 occorre rilevare che, a differenza delle altre tecnologie costruttive (cemento armato, murature, murature armate e legno), le "costruzioni in acciaio" non compaiono esplicitamente in alcun punto del documento. Di contro, se si analizzano i contenuti di alcuni libri di testo (§3.4) e/o esempi di materiale didattico relativo ai primi corsi di Progettazione, Costruzioni ed Impianti, disponibili anche on-line, si riscontra che il tema del progetto e della verifica delle costruzioni in acciaio viene sviluppato, seppure limitatamente al calcolo di singoli elementi ed in presenza di regimi di sollecitazione semplice. Nei succitati esempi, lo studio dei collegamenti è circoscritto all'analisi delle singole unioni elementari, sia bullonate che saldate, e non risultano assolutamente trattati i principi e le regole di progetto che governano la concezione ed il calcolo delle strutture in acciaio in zona sismica.

6.4.3 Problematiche nella progettazione delle costruzioni in acciaio

Le strutture in acciaio richiedono particolare attenzione in fase di concezione, progettazione e valutazione della sicurezza. In linea del tutto generale le problematiche riguardanti la progettazione di tali sistemi possono essere sintetizzate nei seguenti punti:

- Accurata concezione dei nodi e loro modellazione.
- Presenza in genere più ordini di elementi nel sottosistema portante orizzontale.
- Presenza di eventuali dispositivi di controventamento orizzontali e/o verticali ovvero evitare labilità nel sistema.
- Sensibilità del sistema strutturale e dei suoi elementi componenti nei riguardi dei fenomeni di instabilità globale e/o locale.
- Sensibilità della struttura nei confronti degli stati limite di esercizio di deformazione e vibrazione.
- Protezione dal fuoco e da fenomeni corrosivi.

Le strutture in acciaio, nascendo dall'assemblaggio di elementi prefabbricati (profilati e lamiere), necessitano di opportuni accorgimenti tecnologici per ripristinare la continuità delle membrature congiunte. Il grado di vincolo interno ed esterno influenza in modo rilevante il comportamento di tali sistemi che, in base alla rigidità flessionale dei nodi trave-colonna, possono infatti differenziarsi in telai a nodi rigidi, semi-rigidi e pendolari. La classificazione dei nodi, nonché la loro modellazione, può avvenire con procedure previste nella Parte 1-8 dell'Eurocodice 3 (UNI EN 1993-1-8:2008) non esplicitamente presenti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni e nella Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

Una ulteriore differenza rispetto ad altri sistemi costruttivi è data dalla presenza di più ordini di elementi nel sottosistema portante orizzontale. Le ridotte prestazioni in termini di luci coperte dai solai "ordinari" in lamiera grecata (2÷3m) comporta l'inserimento nell'impalcato di travi secondarie, generalmente non presenti nei sistemi in c.a. Inoltre in presenza di telai pendolari, caratterizzati da nodi trave-colonna assimilabili a cerniere interne, è necessario predisporre opportuni sistemi di controventamento orizzontali e verticali. La disposizione dei controventi richiede una attenta analisi cinematica "tridimensionale" eseguita a livello di impalcato (controventi orizzontali) e di sistema (controventi verticali).

Dall'elevata resistenza specifica degli acciai da carpenteria (resistenza/densità o peso specifico) consegue inoltre la dimensione esigua delle membrature che, per la loro snellezza, risultano sensibili ai fenomeni di instabilità globali (ad es. instabilità flessionale per le colonne, instabilità

flesso-torsionale per le travi). Le verifiche d'instabilità degli elementi presso-inflessi avviene con procedure complesse basate sul calcolo di coefficienti di interazione, per i quali si rimanda appendice A (Metodo 1 Franco-Belga) e B (Metodo 2 Austro-Tedesco) della UNI EN 1993-1-1. Le Norme Tecniche per le Costruzioni non trattano direttamente tali verifiche, per le quali rimandano al §4.2.4.1.3.3 della Circ. n. 617/2009 in cui sono descritti un metodo semplificato (Metodo A), derivato dalle vecchie norme CNR ed un Metodo B coincidente sostanzialmente con il Metodo 2 della norma europea. La verifica di stabilità degli elementi inflessi, così come previsto nell'Eurocodice 3, può essere eseguita con un metodo generale ed uno specifico (implementato nelle NTC §4.2.4.1.3.2) per le sezioni a doppio T laminate o saldate. In entrambe i casi la verifica è subordinata al calcolo del momento critico (§ 4.2.4.1.3.2 Circ. 617/2009) che, per le travi in parete sottile, richiede la conoscenza di teorie strutturali avanzate, quali ad esempio la Teoria di Vlasov o delle aree settoriali necessaria allo studio della cosiddetta torsione non uniforme e/o ad ingobbamento impedito.

Particolarmente complesso e laborioso è inoltre il calcolo di sezioni di Classe 4 (sezioni snelle) le cui prestazioni sono condizionate dall'insorgere di prematuri fenomeni di instabilità locale. E' questo ad esempio il caso dei profili formati a freddo utilizzati per sistemi a pareti di aste (elementi primari) o come arcarecci (elementi secondari) di coperture industriali. La verifica di tali membrature è tratta nel § 4.2.12 della Circ. 617/2009 derivato dalla parte 1-3 dell'Eurocodice 3 (UNI EN 1993-1-3).

Il ridotto rapporto tra modulo elastico e resistenza, unitamente alla snellezza delle membrature, richiede inoltre particolare cautela nella esecuzione delle verifiche allo stato limite di esercizio (§ 4.2.2.1, NTC08). Accanto infatti alle classiche verifiche di deformabilità occorre spesso affiancare anche controlli sullo stato limite di vibrazioni che in molti casi (ad es. scale in acciaio) può condizionare in modo determinante il progetto. Occorre osservare che le procedure per il controllo di tale stato limite, non esplicitamente contenute nelle NTC e nella Circolare applicativa, richiedono la conoscenza, da parte dei progettisti, della dinamica delle strutture.

La corretta progettazione di una costruzione in acciaio non può inoltre prescindere dalla sua robustezza e durabilità. Nel primo caso la ridotta inerzia termica delle membrature rende ad esempio le costruzioni in acciaio vulnerabili in caso di incendio. Occorre in questi casi, ove previsto, eseguire verifiche di resistenza al fuoco per le quali le NTC al §4.2.11 rimandano direttamente alla parte 2 dell'Eurocodice 3 (UNI EN 1993-1-2). Lo studio della durabilità del manufatto può avvenire in fase di progetto per garantire la vita nominale assegnata all'opera ed in fase di valutazione, per stimare la vita residua della struttura. In entrambe tale studio richiede da parte del progettista la comprensione dei fenomeni corrosivi e delle strategie necessarie al loro controllo e/o mitigazione.

A tali problematiche occorre aggiungere quelle specifiche per la progettazione in zona sismica che in particolare riguardano l'analisi globale e l'applicazione delle regole di progetto e dei criteri di gerarchia delle resistenze per le strutture dissipative in acciaio. Per i sistemi sismo-resistenti in acciaio sono disponibili molteplici soluzioni progettuali alternative a quelle tradizionali che richiedono una conoscenza specialistica. Le Norme Tecniche per le Costruzioni consentono di adottare, accanto alle tradizionali tipologie a telaio a nodi rigidi (MRF) o agli schemi pendolari con controventi concentrici a croce di S. Andrea o a V rovescia (CBF), strutture con controventi eccentrici (EBF) o sistemi duali (strutture a telaio con controventi). Inoltre sono disponibili soluzioni innovative, non ancora completamente codificate, basate sull'uso di controventi dissipativi ad instabilità impedita (BRB) o pareti di taglio con lamiera d'acciaio (SPSW) ovvero telai con traversi reticolari (TMF).

6.4.4 Limitazioni specifiche

6.4.4.1 Generalità

In aggiunta alle limitazioni comuni a tutte le tecnologie costruttive (vedi Cap.6), affinché le costruzioni in acciaio possano ritenersi "modeste" debbono rispettare ulteriori condizioni che tengano conto, alla luce delle succitate problematiche progettuali, delle conoscenze ed abilità sviluppate dai geometri durante il loro percorso formativo.

Nel seguito si riportano quindi le limitazioni specifiche per le strutture di acciaio, partendo da quelle di carattere globale (limitazioni tipologiche) per poi passare a quelle di natura locale, legate cioè ai singoli elementi strutturali e ai nodi.

6.4.4.2 Limitazioni tipologiche (sistemi)

A livello di sistema le costruzioni modeste devono essere progettate e/o valutate con riferimento a tipologie strutturali convenzionali intese come schemi strutturali dal chiaro e noto funzionamento statico. Per tali sistemi è possibile inoltre eseguire un giudizio motivato di accettabilità dei risultati, così come previsto dal §10.2 delle NTC08, basato su calcoli semplici eseguiti con l'utilizzo di schemi notevoli presenti nella manualistica corrente.

Per gli edifici in acciaio, le tipologie ritenute convenzionali sono (Figura 5):

- Strutture intelaiate a nodi rigidi;
- Strutture intelaiate con schema pendolare e controventi concentrici ad X.

In entrambi i casi, in aggiunta alle limitazioni volumetriche e di regolarità, sono ritenuti modesti edifici di un solo piano, compreso quello entro terra, con **Classe d'Uso I** ovvero siano costruzioni con presenza solo occasionale di persone ed edifici agricoli.

La limitazione sul numero di piani nasce dalle complicazioni derivanti dall'applicazione della gerarchia delle resistenze (progetto a capacità o capacity design) a cui si aggiungono, per i sistemi intelaiati, complesse verifiche d'instabilità per gli elementi inflessi e presso-inflessi.

Le scale, laddove presenti, dovranno essere concepite in modo da non interagire con il sistema strutturale primario dell'edificio.

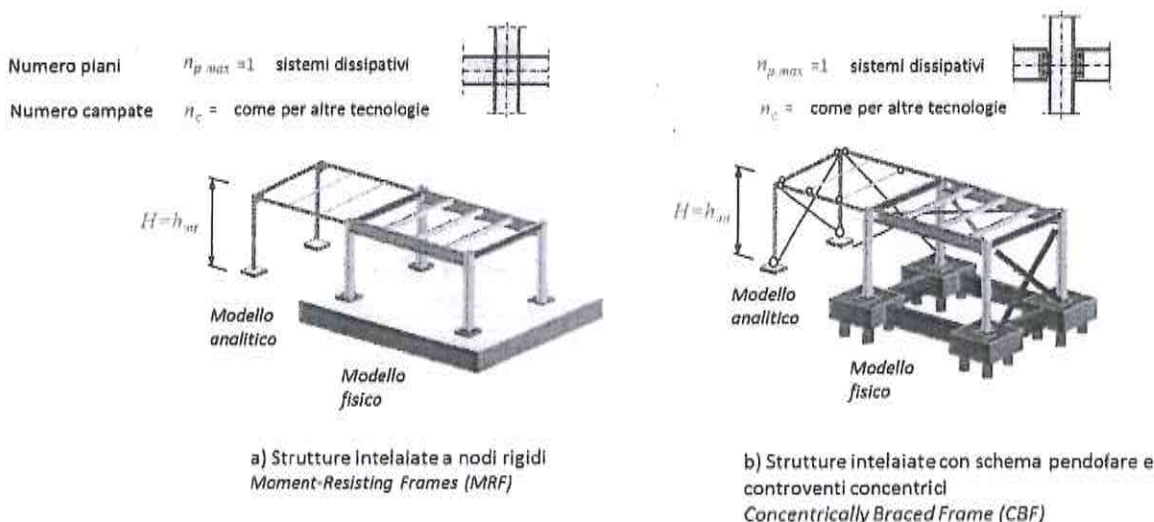


Figura 5. Tipologie strutturali convenzionali

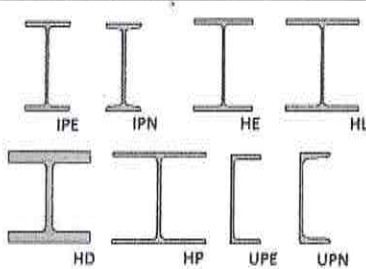


La limitazione sulla Classe d'Uso è una diretta conseguenza della limitata capacità di controllare e governare tutte le problematiche specifiche descritte in precedenza, sulle membrature, i

collegamenti ed i sistemi strutturali, problematiche che richiedono una formazione specialistica più elevata di quella acquisibile dai geometri durante il loro percorso di studi.

Per quanto concerne invece le limitazioni geometriche sulla maglia strutturale, in pianta (luci o campate nelle due direzioni principali) ed in elevazione (altezza di interpiano), nonché per quanto attiene i carichi di esercizio, si ritiene ragionevole adottare le stesse prescrizioni previste per le altre tecnologie costruttive.

6.4.4.3 Limitazioni sulle membrature (elementi)

A livello di membrature per le costruzioni modeste è consentito l'utilizzo dei profili laminati a caldo europei (6), per i quali sono forniti, nei sagomari, accanto alle proprietà geometriche e di massa, anche le classi delle sezioni parametrizzate al variare del tipo di sollecitazione e della qualità (grado) dell'acciaio.

Tipo	Classe (snellezza locale)
Profili laminati a caldo europei 	Classe 4 $\leq 203^{(*)}$ (ad es. profili sottili formati a freddo)
Laminati mercantili europei 	≤ 203
Tubolari e profili cavi 	≤ 203

Evitare l'utilizzo di sezioni snelle ovvero di Classe 4 (§4.2.3.1, NTC08) la cui capacità è valutata con complessi modelli (UNI EN 1993-1-3 ed UNI EN 1993-1-5)

Figura 6. Tipi di profili utilizzabili.

Per i succitati problemi di instabilità locale non devono essere utilizzati per gli elementi primari sezioni di classe 4. Inoltre non è consentito l'utilizzo di profili tailor-made, siano essi realizzati per composizione saldata o bullonata.

Per le membrature compresse valgono inoltre le limitazioni sulla snellezza globale che si ricorda non deve superare il valore limite di 200 per gli elementi principali. Per quanto riguarda gli elementi inflessi (travi) sarà necessario adottare in ciascuno dei sistemi strutturali in cui esse siano presenti provvedimenti atti ad impedire l'attivazione di fenomeni di instabilità flessio-torsionale. Ciò potrà ottenersi inserendo opportuni ritegni torsionali realizzati per mezzo di connettori, nel caso di solai in lamiera grecata con soletta collaborante, o diagonali in presenza di edifici con solai a secco (Figura 7).

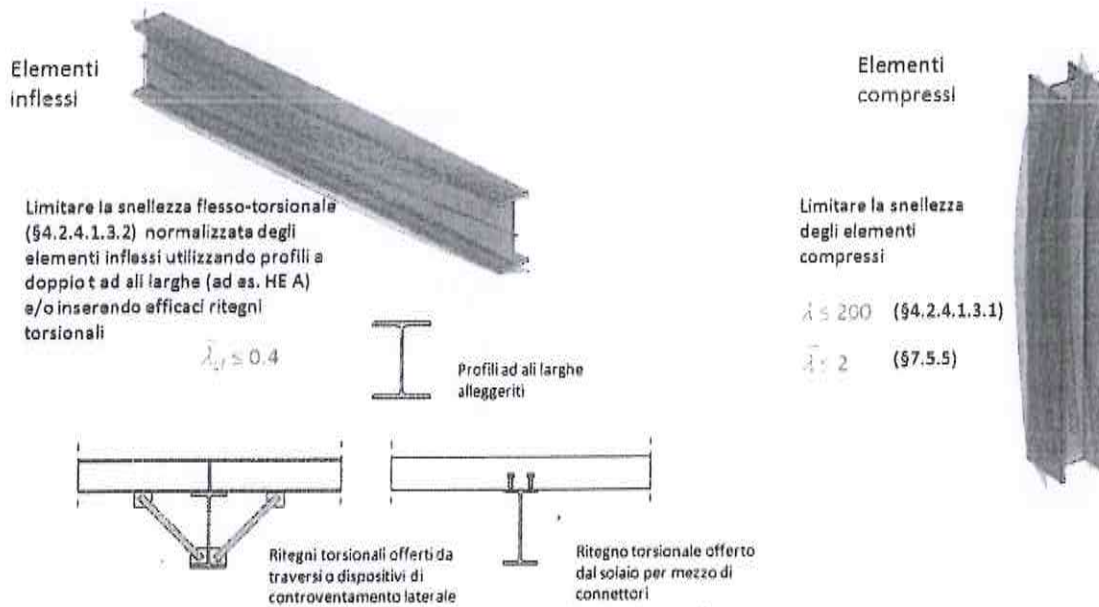


Figura 7. Limitazioni sulla snellezza.

6.4.4.4 Limitazioni sui nodi o aiuti (dettagli costruttivi)

I nodi vanno scelti in relazione alla tipologia strutturale adottata in modo da modellare perfettamente l'incastro nel caso dei sistemi a telaio e le cerniere nei sistemi pendolari con controventi concentrici a croce di S. Andrea. Nel primo caso il nodo dovrà essere necessariamente saldato, (Figura 8, nodo a) con saldature a piena penetrazione volte a ripristinare la resistenza delle lamiera congiunte, evitando in questo modo il calcolo del collegamento.

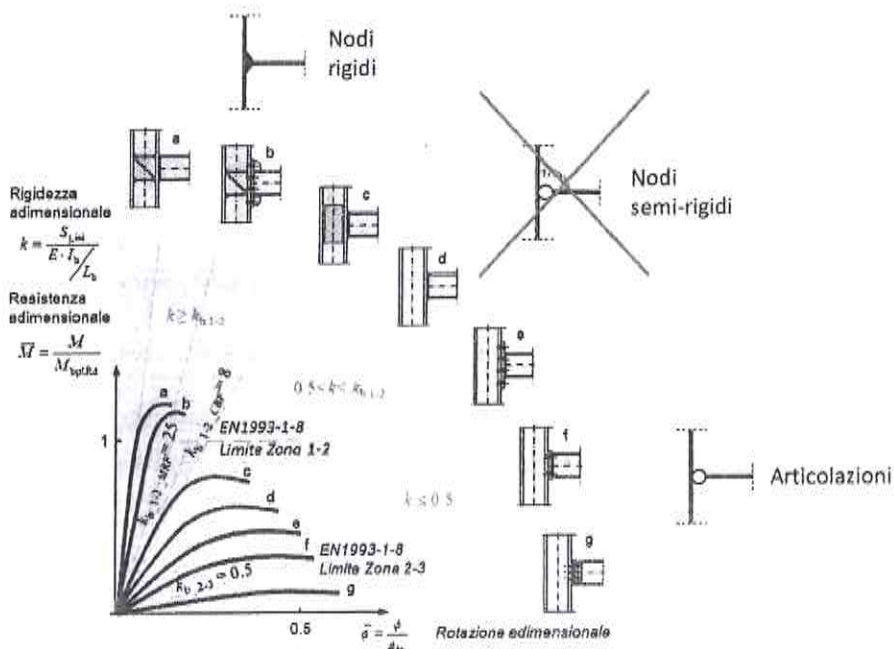


Figura 8. Limitazioni sui nodi trave colonna

Per i sistemi con controventi a X, le articolazioni dovranno essere realizzate con semplici unioni bullonate realizzate con angolari (nodo g, 8) e/o flange a filo (nodo f, 8).
Occorre evitare l'utilizzo di nodi semirigidi che andrebbero caratterizzati (modellati e verificati) applicando metodologie complesse che esulano dalle competenze dei geometri.

6.4.4.5 Sintesi sulle limitazioni specifiche

Riassumendo le limitazioni specifiche che riguardano le strutture in acciaio sono:

- *Geometria in pianta*: come per le altre tecnologie.
- *Geometria in alzato*: numero massimo di piani, compresi quelli entro terra, pari ad 1; altezza di piano come per le altre tecnologie.
- *Carichi*: come per le altre tecnologie.
- *Classe d'Uso*: I ovvero costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- *Tipologie*: strutture intelaiate a nodi rigidi, strutture con controventi concentrici ad X
- *Membrature*: profili standard non di classe 4 a cui è impedito lo svergolamento
- *Nodi o giunti*: rigidi di tipo saldato a completo ripristino o articolazioni realizzate con angolari bullonati

6.5 Opere geotecniche

6.5.1 Premessa

Come ben chiarito nei primi paragrafi del capitolo 6 delle NTC 2008 e ribadito nella Circolare attuativa pubblicata sulla G.U. del 26 Febbraio 2009, per Progettazione geotecnica si intende l'insieme delle attività progettuali che riguardano le costruzioni (ad esempio, le opere di sostegno) o le parti di costruzione (ad esempio, le fondazioni) che interagiscono con il terreno, gli interventi di miglioramento e di rinforzo del terreno, le opere in materiali sciolti (rilevati, argini, dighe di terra), i fronti di scavo, nonché lo studio della stabilità del sito nel quale si colloca l'opera (ad esempio, la stabilità dei pendii).

Il carattere non lineare e irreversibile del legame tensione-deformazione delle terre, fin da modestissimi livelli di deformazione, la sua dipendenza dalla storia tensionale e dai percorsi tensionali seguiti, l'interazione dello scheletro solido delle terre con i fluidi interstiziali, unitamente all'influenza delle tecnologie costruttive e delle fasi esecutive, oltre che dei modelli di calcolo che si intende utilizzare, condizionano profondamente la programmazione delle indagini (in sito e, spesso, anche in laboratorio); tale programmazione rientra, in base alle NTC 2008, nelle responsabilità del progettista. Al progettista compete anche l'interpretazione dei risultati delle indagini al fine della definizione di uno o più modelli geotecnici di sottosuolo da utilizzare nelle verifiche agli stati limite (ultimi e di esercizio) delle opere che interagiscono con il terreno.

L'insieme di queste attività (dalla programmazione delle indagini all'esecuzione delle verifiche) confluisce nella Relazione Geotecnica, che è uno degli elaborati previsti dalle NTC 2008 oltre che dal regolamento sugli Appalti, di cui D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 e successive variazioni e integrazioni.

6.5.2 Conoscenze ed abilità "specifiche" previste nel D.P.R. 15/03/2010, art. 8, comma 3

Considerando il nuovo programma degli Istituti Tecnici "Costruzioni, Ambiente e Territorio" e le conoscenze relative alla materia di "Progettazione, Costruzione e Impianti", è evidente che il grado di approfondimento delle conoscenze in Geotecnica è limitato sia con riferimento alla tipologia di opere e verifiche trattate, sia per quanto attiene le competenze di base necessarie sul comportamento meccanico delle terre e sulle indagini geotecniche, necessarie per una corretta progettazione delle opere stesse.

In particolare, tra le **conoscenze** definite dal D.P.R., N.88, 15 marzo 2010, solo una (Tipologie di Opere di Sostegno) è attribuibile chiaramente alla Geotecnica, tra l'altro con una perifrasi che lascia intendere soprattutto una descrizione delle opere piuttosto che delle verifiche da eseguire. Ovviamente, argomenti di Geotecnica potrebbero essere contenuti nelle altre due ampie **conoscenze** (D.P.R. N. 88, 15 marzo 2010):

- norme, metodi e procedimenti della progettazione di edifici e manufatti;
- norme tecniche delle costruzioni (D.M. 14/1/2008), strutture in cemento armato, murature, murature armate e legno e responsabilità professionali in cantiere.

6.5.3 Problematiche nella progettazione delle opere geotecniche

Con riferimento ai contenuti dei libri di testo della disciplina "Costruzioni, progettazione e impianti", di cui al §3.4, gli argomenti di interesse specifico per la progettazione geotecnica sono solo:

- Per il Secondo Biennio:
 - Elementi della costruzione (tipi di fondazione: dirette, indirette, continue, discontinue).

- Per il 5°Anno:
 - **Meccanica del terreno.**
 - **Le fondazioni.**
 - **Spinte delle terre e dei muri di sostegno.**
 - Strutture in zona sismica (edifici con struttura in cemento armato, acciaio, muratura, isolamento sismico, legno, **fondazioni, muri di sostegno**, gli interventi sull'esistente).

Il modesto spazio destinato agli argomenti di base limitati al capitolo "Meccanica del Terreno" rende impossibile un congruo approfondimento dei contenuti essenziali di questa importante parte della Geotecnica.

In particolare, almeno dall'analisi di un libro di testo, appare chiaro che non viene introdotto il fondamentale "principio delle tensioni (o degli sforzi) efficaci", non si distinguono le analisi in condizioni drenate e non drenate, non si tratta dei moti di filtrazione, non si accenna alla consolidazione, si descrivono in modo sommario le prove in sito e in laboratorio, si illustra il solo criterio di resistenza di Mohr-Coulomb in condizioni drenate (espresso però in termini di tensioni totali, come se fosse applicabile al solo caso di terreni "asciutti") senza alcun cenno a quello da utilizzare per le verifiche non drenate per analisi in tensioni totali (criterio di Tresca), si tratta in modo molto marginale della compressibilità e, ancor meno, della deformabilità delle terre, non si fa cenno agli aspetti di geotecnica sismica. Si limita la trattazione alle sole terre e non si considerano gli ammassi rocciosi.

Per quanto riguarda le opere e le relative verifiche (descritte, comunque, con riferimento alle NTC 2008) la trattazione si limita a:

- fondazioni dirette (superficiali), per le sole verifiche allo Stato limite ultimo e quelle strutturali degli elementi di fondazione;
- muri di sostegno, con riferimento esclusivo ai metodi di determinazione della spinta e delle verifiche SLU dell'opera.

Le verifiche SLE sono solo accennate; le altre tipologie di opere di sostegno sono solo descritte sommariamente; le fondazioni su pali non sono trattate. Non si considerano le altre opere e situazioni geotecniche: rilevati, scavi, pendii, argini, dighe, gallerie, ecc.

6.5.4 Limitazioni specifiche

In genere, la progettazione geotecnica richiede conoscenze di Meccanica delle terre e capacità di programmare e interpretare le indagini in sito e laboratorio (per la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo previsti dalle NTC 2008 al §6.2.2) maggiori di quelle maturabili nell'ambito del Corso di "Costruzioni, Progettazione e Impianti" previsto nell'ordinamento degli Istituti Tecnici "Costruzioni, Ambiente e Territorio". Per tale ragione si ritiene che possano rientrare nelle competenze dei Diplomatici presso tali Istituti Tecnici solo quelle situazioni, previste dal medesimo §6.2.2, nelle quali si tratta "di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico" per le quali "la progettazione può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali".

Inoltre, poiché nel Corso suddetto sono prese in considerazione le sole fondazioni superficiali e i soli muri di sostegno e - per tali opere - le sole verifiche SLU, le competenze dei Diplomatici dovranno essere ulteriormente limitate a queste sole tipologie strutturali, purché non si considerino rilevanti dal punto di vista progettuale le verifiche SLE. Ciò può essere vero per strutture modeste (ad esempio, le fondazioni degli edifici descritte nei paragrafi relativi ai diversi materiali di costruzione e i muri di sostegno di modesta altezza fuori terra), se realizzate in zone dove il sottosuolo è ben noto e non complesso.

Infine, coerentemente con quanto affermato negli altri paragrafi, il campo di operatività progettuale dei Diplomatici dovrebbe limitarsi alle zone di modesta sismicità.

7 LIMITAZIONI IN MERITO ALLE STRUTTURE ESISTENTI

Le NTC2008 (§8.4) individuano le seguenti categorie di intervento:

- interventi di **adeguamento** atti a consentire i livelli di sicurezza previsti dalle presenti norme;
- interventi di **miglioramento** atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle presenti norme;
- **riparazione o interventi locali** che interessino elementi locali.

Siccome, gli interventi di miglioramento e adeguamento devono essere sottoposti a collaudo statico, si suggerisce di limitare le competenze dei diplomati CAT ai soli **interventi locali**. "Rientrano in questa tipologia tutti gli interventi di riparazione, rafforzamento o sostituzione di singoli elementi strutturali (travi, architravi, porzioni di solaio, pilastri, pannelli murari) o parti di essi, non adeguati alla funzione strutturale che debbono svolgere, a condizione che l'intervento non cambi significativamente il comportamento globale della struttura, soprattutto ai fini della resistenza alle azioni sismiche, a causa di una variazione non trascurabile di rigidezza o di peso.

Può rientrare in questa categoria anche la sostituzione di coperture e solai, solo a condizione che ciò non comporti una variazione significativa di rigidezza nel proprio piano, importante ai fini della ridistribuzione di forze orizzontali, né un aumento dei carichi verticali statici. Interventi di ripristino o rinforzo delle connessioni tra elementi strutturali diversi (ad esempio tra pareti murarie, tra pareti e travi o solai, anche attraverso l'introduzione di catene/tiranti) ricadono in questa categoria, in quanto comunque migliorano anche il comportamento globale della struttura, particolarmente rispetto alle azioni sismiche"¹¹.

Tra gli interventi locali si annoverano, ad esempio, catene e tiranti, cucì e scuci, sarcitura delle lesioni, rafforzamento locale di nodi in c.a. non confinati, ripristino del copri ferro, riparazione di fessure, disinfestazione degli elementi lignei, consolidamento per semplice impregnazione di elementi in legno, ecc.

Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati e documentare che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti

Quindi, in merito alle strutture esistenti, si ammette esclusivamente la riparazione o la sostituzione di singoli elementi strutturali previa verifica dell'elemento riparato o sostitutivo, sempre che l'intervento non richieda una verifica globale dell'edificio.

¹¹ Circolare applicativa n. 617 del 2 febbraio 2009.

BIBLIOGRAFIA

- Amerio C., Alasia U., Pugno M. (2014). Progettazione Costruzioni Impianti per il secondo biennio degli Istituti Tecnici indirizzo Costruzioni Ambiente Territorio. Sei Editrice.
- Bernasconi A. e Piazza M. (2007). Prontuario 5, Il calcolo delle strutture in legno. Basi tecniche e esempi di applicazione. Promo_Legno, Febbraio 2007.
- Ceccotti A., Follesa M., Lauriola M.P. (2005). Le strutture di legno in zona sismica. C.L.U.T. Editrice, 2005.
- Del Monego L.. Edifici semplici in legno a pareti portanti: metodi semplificati per la distribuzione delle azioni orizzontali. Tesi di Laurea Magistrale, Università degli Studi di Trento, 2013/2014.
- Di Pasquale S., Messina C., Paolini L., Klaus Koenig G., Furiozzi B., Brunetti F. (2013). Progettazione Costruzioni Impianti. Le Monnier Scuola.
- Kanwal, J.S., Matsumura, S., Ohlemiller, K. Suga, N. (1994). Analysis of acoustic elements and syntax in communication sound emitted by mustached bats. J. Acoust. Soc. Am., 96(3): 1229-1254.
- Piazza M., Tomasi R., Modena R.. Strutture in legno (2005). Materiale calcolo e progetto secondo le nuove normative europee. Ulrico Hoepli, Milano, 2005.
- Furiozzi B., Messina C., Paolini L. (2010). Prontuario per il calcolo degli elementi strutturali, Le Monnier Scuola.
- Wood Frame Construction Manual for One- and Two- Family Dwellings, American Wood Council, 2015.
- Zanotelli M. (2012). Analisi sismica di edifici semplici in legno. Tesi di Laurea Magistrale, Università degli Studi di Trento, 2011/2012.
- Zavanella V., Leti E., Veggetti P. (2012). Progettazione Costruzioni Impianti per Costruzioni, ambiente e territorio. Zanichelli.
- Mazzolani F.M., Landolfo R., Della Corte G, Faggiano B., "Edifici con struttura in acciaio in zona sismica", Iuss Press, 2006.

Normative

- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27).
- D.P.R., N.88, 15 marzo 2010. Istituti Tecnici. Linee Guida per il passaggio al nuovo ordinamento. Regolamento recante norme concernenti il riordino degli istituti tecnici ai sensi dell'articolo 64, comma 4, del decreto legge 25 giugno 2008, n. 112, convertito dalla legge 6 agosto 2008, n. 133. registrato dalla Corte dei Conti il 1° giugno 2010, registro 9, foglio 215.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile n. 3685 del 21 ottobre 2003 (G.U. n.252 del 29/10/2013) "Disposizioni attuative all'art. 2, commi 2, 3, 4 l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri OPCM n. 3274 del 20 Marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Decreto del Presidente della Repubblica 15 marzo 2010, n. 88. Regolamento recante norme per il riordino degli istituti tecnici a norma dell'articolo 64, comma 4, del decreto-legge 25 giugno 2008, n.112,convertito,con modificazioni, dalla legge 6 agosto 2008, n. 133 (GU n.137 del 15-6-2010 - Suppl. Ordinario n. 128). Entrata in vigore del provvedimento: 16/06/2010.
- NTC 2008. Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 (G.U. n. 29 del 04/02/2008) "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2008).

NTC 2014. Norme tecniche per le costruzioni approvate dall'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in data 14/11/2014.

Ordinanza del Consiglio dei Ministri OPCM n. 3274 del 20 Marzo 2003 (G.U. n. 72 del 08/05/2003), recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

UNI EN 1995-1-1, Progettazione delle strutture in legno: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici.

CNR DT 206/2007, Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Strutture di Legno.

Linee guida per i controlli di accettazione in cantiere, UNI/TR 11499, Luglio 2013.

R.D. 11 febbraio 1929, n. 274. Regolamento per la professione di geometra (Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 15 marzo 1929).

Tariffa Professionale. Testo Unico della tariffa per le prestazioni professionali dei geometri legge 2 marzo 1949, N. 144 (supplemento ordinario G.U. 20.04.1949, n. 91).