

- le tensioni massime ammissibili nel calcestruzzo e nelle barre di acciaio;
- le regole pratiche di progettazione e di esecuzione degli elementi strutturali, riguardanti la posizione e le sezioni minime delle armature metalliche dei pilastri, delle travi, delle solette e, inoltre, le tecniche di giunzione delle barre, l'interfero e il copriferro, il disarmo ecc.;
- le norme complementari relative ai solai misti, che precisano le caratteristiche dimensionali richieste ai travetti di calcestruzzo armato e ai blocchi forati in laterizio;
- altre indicazioni relative, per esempio, alle prove di carico delle strutture.

Le norme tecniche indicano inoltre i metodi e le procedure di calcolo ammessi per il dimensionamento e la verifica della sicurezza delle strutture in calcestruzzo armato ordinario e in calcestruzzo armato precompresso.

Metodi di calcolo

I metodi di calcolo consentiti dalle norme tecniche sono i seguenti:

- metodo delle tensioni ammissibili;
- metodo semiprobabilistico degli stati limite.

Metodo delle tensioni ammissibili

In base a questo metodo (detto anche metodo tradizionale) gli elementi della struttura vengono dimensionati in modo che le tensioni interne indotte dai carichi si mantengano al di sotto di determinate tensioni ammissibili.

Metodo semiprobabilistico degli stati limite

Gli stati limite sono quelle condizioni statiche superate le quali la struttura non è più in grado di soddisfare i requisiti di funzionalità (stati limite di esercizio) e i requisiti di resistenza (stati limite ultimi). In particolare:

- gli stati limite di esercizio corrispondono ai casi nei quali viene superato il limite elastico e si verifica la formazione di fessurazione, deformazione e altri degradi;
- gli stati limite ultimi corrispondono ai casi che si avvicinano alle estreme possibilità di resistenza del materiale, oltre le quali, pur non avvenendo ancora il crollo, viene pregiudicata la staticità della struttura.

Questo metodo consiste appunto nel verificare che, ai fini della sicurezza, l'effetto delle azioni esterne (sollecitazioni o tensioni, spostamenti o deformazioni) non superi i valori limite pertinenti per gli stati limite considerati.

Normativa antisismica

Legge 2 febbraio 1974, n. 64 sostitutiva della legge n. 1684/1962 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche

Questa normativa fornisce, per le zone dichiarate soggette a rischio sismico, le prescrizioni complementari da seguire nella progettazione e realizzazione, rispetto a quanto riportato nella legge 1086/1971. Tutto questo attraverso l'emanazione di decreti ministeriali riportanti specifiche norme tecniche.

Tra i più significativi e i più importanti per le costruzioni edili si citano i seguenti decreti ministeriali:

- d.m. ll.pp. 3 dicembre 1987, relativo alla produzione di elementi prefabbricati;
- d.m. ll.pp. 20 novembre 1987, “Norme tecniche per la progettazione, collaudo degli edifici in muratura e per il consolidamento”;
- d.m. ll.pp. 11 marzo 1988, “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce - Prescrizioni per l’esecuzione, progettazione e collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”. In merito a tale decreto si fa presente che il 9 gennaio 1996 è stata emanata la circolare n. 218 sulle “Istruzioni applicative nella redazione geologica e della relazione geotecnica”;
- d.m. 14 febbraio 1992 concernente i criteri e le modalità di progettazione e verifica di strutture in c.a. normale, precompresso ed acciaio con il metodo delle tensioni ammissibili;
- d.m. 9 gennaio 1996 indica i criteri e le modalità di progettazione e verifica di strutture in c.a. normale, precompresso ed acciaio con il metodo semiprobabilistico agli stati limite;
- d.m. ll.pp. 16 gennaio 1996, “Norme tecniche sulle costruzioni in zone sismiche e criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”. Costituisce parte integrante di detto decreto la circolare ministeriale ll.pp. nella quale si forniscono le istruzioni relative alla applicazione del sopra citato decreto. Sono altresì riportate le azioni del vento da assumere e nella circolare esplicativa si specificano i criteri da adottare per le specifiche verifiche.

Ordinanza 20 marzo 2003, n. 3274 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica

L’ordinanza n. 3274/2003 disciplina la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti al medesimo tipo di azioni. L’obiettivo fondamentale della norma è di assicurare che in caso di evento sismico sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi della Protezione Civile. Rispetto alla normativa nazionale precedente, basata su concetti di carattere convenzionale e puramente prescrittivi, l’ordinanza 3274 punta ad una impostazione esplicitamente prestazionale, nelle quale gli obiettivi della progettazione che la norma si prefigge vengano dichiarati, ed i metodi utilizzati allo scopo (procedure di analisi strutturale e di dimensionamento degli elementi) vengano singolarmente giustificati. A tal fine, novità di assoluto rilievo è l’adozione di un solo e unico metodo per le procedure di calcolo e verifica strutturale, il “metodo agli stati limite” con il conseguente abbandono definitivo del “metodo delle tensioni ammissibili”. Si tratta del recepimento del cosiddetto “Eurocodice 8” e cioè la normativa europea sulla progettazione antisismica.

Ulteriore novità è quella legata al rischio sismico, esteso ora a tutto il territorio nazionale, suddiviso in 4 zone sismiche classificate sulla base del picco di massima accelerazione orizzontale (Pga): dalla zona 1, cioè quella a più alto rischio, alla zona 4, quella a rischio minore.

Nelle prime tre zone è obbligatoria la progettazione antisismica e le singole Regioni

hanno facoltà di accettare o modificare la classificazione attuale e di imporre le regole antisismiche anche nella zona 4.

In precedenza non tutto il territorio era considerato sismico; la parte sismica era classificata con tre fasce di sismicità crescenti: 6 – 9 – 12 con relativi obblighi tecnico-costruttivi, rapportati in tabelle presenti nella parte tecnologica (pag. 419) cui si rimanda il lettore. Infine altro punto trattato dall'ordinanza è l'esigenza di individuare gli edifici esistenti da sottoporre a verifica per evidenziare e indicare interventi correttivi. A tal fine questi edifici sono classificati in 3 categorie di importanza decrescente: strategici (ospedali, municipi, caserme V.V.F.); di rilievo fondamentale (scuole, teatri); potenzialmente rilevanti. Le suddette verifiche andranno completate nei prossimi cinque anni.

Ordinanza 10 maggio 2005, n. 3431

L'ordinanza n. 3431/2005 detta ulteriori modifiche e integrazioni alla precedente ordinanza n. 3274/2003, e ne proroga di ulteriori 3 mesi il periodo sperimentale di applicazione. L'entrata in vigore a carattere vincolante delle nuove norme sismiche è tralato quindi all'8 agosto 2005.

Subiscono variazioni gli allegati tecnici che definiscono le disposizioni normative per edifici e ponti.

Il nuovo testo conferma lo schema generale della 3274 anche se presenta alcune modifiche e correzioni di dettaglio, peraltro già contenute nelle bozze da tempo in circolazione.

Il periodo di proroga è stato ulteriormente esteso da Ordinanze successive fino all'emanazione del testo unitario per la normativa tecnica sulle costruzioni (Testo Unico) nel 23 settembre 2005. L'Ordinanza non è quindi mai entrata in vigore come norma vincolante, il suo impianto generale resta tuttavia confermato dalle nuove norme.

D.M. 14 settembre 2005 - Testo unitario per la normativa tecnica sulle costruzioni

Rappresenta la legge di riferimento per l'ingegneria civile. La legge identifica i livelli di sicurezza e le prestazioni delle costruzioni, unificando sia le norme relative al comportamento e alla resistenza dei materiali e delle strutture, sia quelle relative alla definizione delle azioni e dei loro effetti.

La nuova norma ha carattere prestazionale, fissa cioè le azioni esterne da considerare, i livelli di sicurezza da raggiungere e le prestazioni minime attese per le strutture, e definisce le responsabilità dei diversi attori coinvolti nel processo di costruzione (committente, progettista e direttore dei lavori). La norma non prescrive formule o procedure di dettaglio demandandone la scelta al progettista o, per i parametri rilevanti ai fini della sicurezza, al concerto progettista/committente. Il vincolo resta solo quello di basarsi su regole o procedure ampiamente consolidate o adeguatamente giustificate. Per quanto riguarda più specificamente l'analisi sismica, viene ripresa la caratterizzazione delle azioni con l'impostazione generale introdotta dalle ordinanze 3274 e 3431.

Testo unico delle costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008)

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, approvate con il d.m. 14 gennaio 2008 e pubblicate sulla *Gazzetta Ufficiale* n. 29 del 4 febbraio 2008, sono entrate in vigore il 5 marzo 2008; inoltre l'art. 20 del decreto legge 248/2007, convertito con la l. n. 31/2008,

disciplina il periodo transitorio, durante il quale sarà possibile utilizzare le precedenti normative sismiche (d.m. 1996 e d.m. 14 settembre 2005), termine prorogato fino al 30 giugno 2009. La nuova normativa, che stabilisce i criteri di progettazione delle strutture portanti degli edifici e delle opere infrastrutturali secondo il metodo di calcolo semiprobabilistico degli stati limite, dovrà essere applicata obbligatoriamente da subito solo per le verifiche tecniche e le nuove progettazioni degli interventi relativi a:

- edifici di interesse strategico e alle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile (caserme, autostrade, strade statali, ecc.);
- edifici ed opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (edifici pubblici, edifici suscettibili di grande affollamento, ecc.).

Il tradizionale metodo delle tensioni ammissibili sarà applicabile invece solo nell'ambito delle zone sismiche n. 4 a bassa sismicità (punto 2.7 del decreto).

Le nuove Norme Tecniche trattano i seguenti temi:

- Principi fondamentali;
- Azioni sulle costruzioni: sismica, vento, neve, temperatura, incendio, esplosioni, urti;
- Costruzioni civili e industriali: calcestruzzo, acciaio, calcestruzzo-acciaio, legno, muratura; ponti stradali e ferroviari;
- Progettazione geotecnica: pendii, fondazioni, opere in sotterranei discariche;
- Progettazione antisismica: calcestruzzo, acciaio, calcestruzzo-acciaio, legno, muratura;
- Costruzioni esistenti: valutazione della sicurezza, classificazione degli interventi, analisi storico-critica, rilievo, materiali;
- Collaudo statico;
- Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo;
- Materiali e prodotti per uso strutturale.

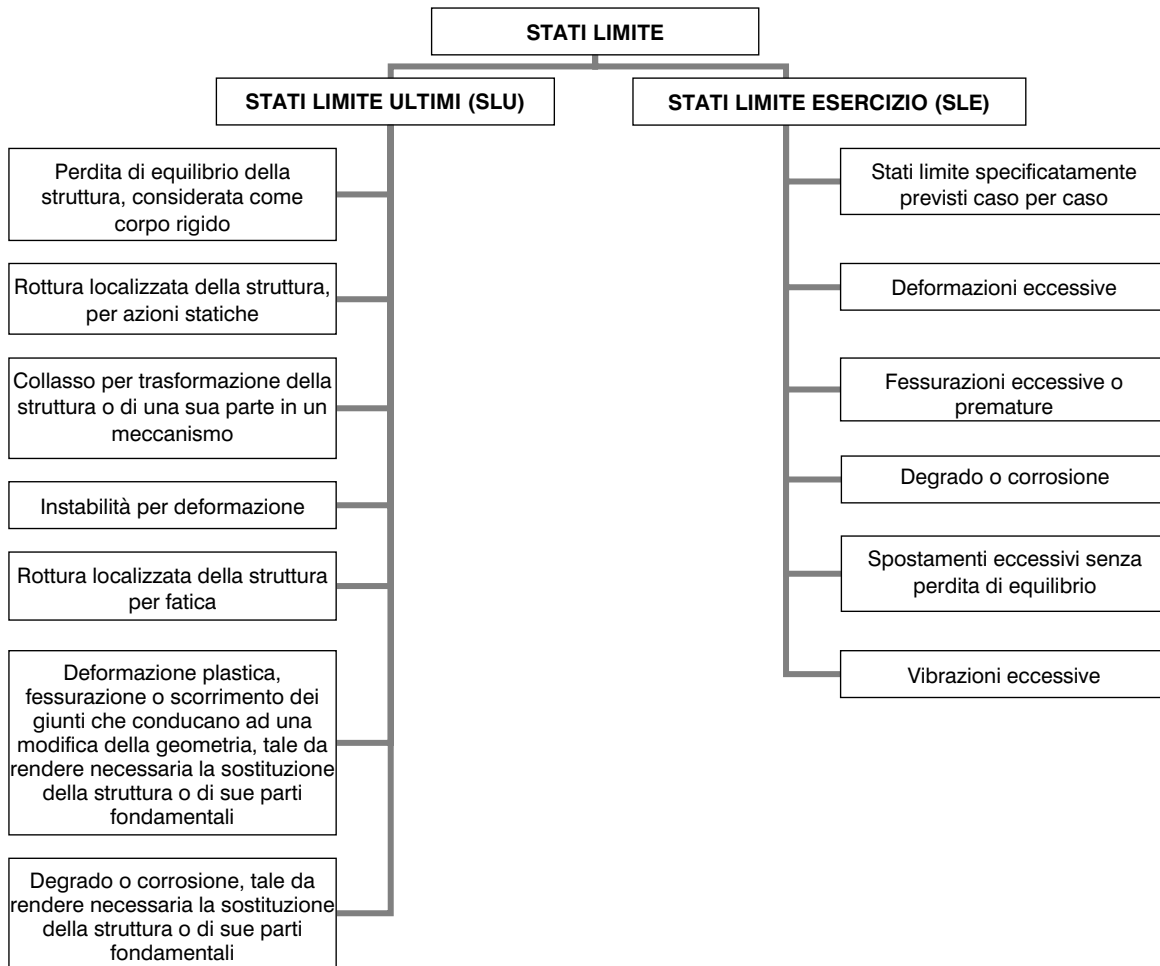
Fra le novità di rilievo, rispetto alle norme precedenti, va sicuramente segnalata:

- la definizione dei parametri sismici in funzione delle coordinate geografiche del sito e della classe d'uso della costruzione;
- leggere variazioni nell'impostazione dei fattori di combinazione delle azioni;
- ridefinizione dei parametri relativi alla verifica della capacità portante delle fondazioni;
- ridefinizione delle modalità di verifica a taglio degli elementi in c.a.;
- definizione delle regole pratiche di progettazione note come gerarchia delle resistenze e dei parametri che regolano il conseguimento delle classi ad alta e bassa duttilità;
- variazioni nelle espressioni del fattore di struttura, introduzione dell'analisi pushover come metodo complementare o alternativo per la verifica di sicurezza delle costruzioni soggette a sisma.

Stati limite: principi generali e glossario

Secondo il metodo degli stati limite, la sicurezza nei riguardi di situazioni limite ultime e/o di esercizio delle strutture viene garantita, per quanto possibile, su base statistica.

Gli stati limite si suddividono in due categorie: Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite di Servizio (SLS) o di Esercizio (SLE): le situazioni usuali sono descritte nella seguente schematizzazione.



Per stato limite si intende lo stato raggiunto il quale la struttura o parte di essa non è più in grado di assolvere alla sua funzione o non soddisfa più le condizioni per le quali è stata progettata.

Gli SLU definiscono situazioni estreme, corrispondenti al valore estremo della capacità portante. Gli SLS/SLE sono relazionati alle condizioni di impiego normale della struttura. Nell'eventualità di presenza di cicli di carico di notevole intensità è necessaria anche la verifica nei riguardi della formazione di meccanismi da collasso incrementale.

Le azioni, indicate generalmente con la lettera "F", necessarie alla determinazione delle sollecitazioni o delle caratteristiche delle sollecitazioni, indicate generalmente con la lettera "S", possono essere in grado di indurre stati limite in una struttura e possono essere ricondotte a tre categorie.

In dettaglio:

- Si definisce "azione" F ogni causa o insieme di cause (carichi permanenti, carichi

variabili, deformazioni impresse, agenti chimico- fisici, ecc.) capaci di indurre stati limite in una struttura.

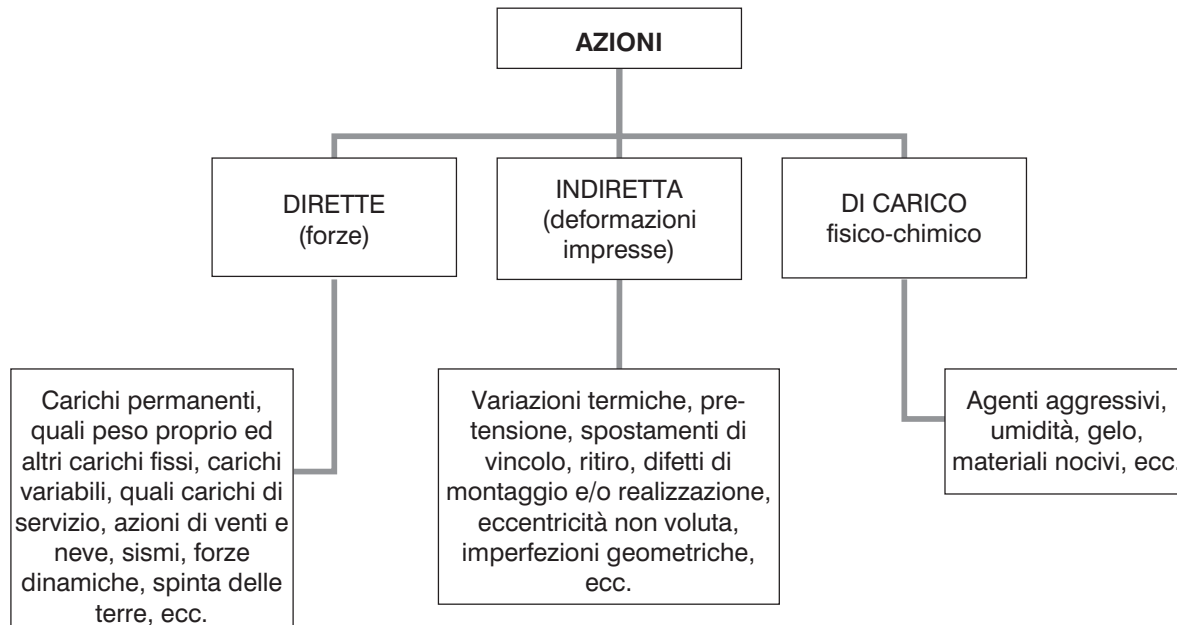
- Si definisce “sollecitazione” o “caratteristica della sollecitazione” S ogni effetto od insieme di effetti interni (forza normale, momento flettente, forza di taglio, ecc.) che, a causa delle azioni, si determinano nella struttura.

Più in generale si potrà indicare con “S” ogni “effetto od insieme di effetti” (ivi comprese deformazioni, aperture di fessure, ecc.) indotti dalle azioni sulla struttura.

Quindi, considerando i pesi propri degli elementi costituenti la struttura, carichi permanenti, sovraccarichi variabili per gli edifici, variazioni termiche ed igrometriche, cedimenti di vincoli, azioni sismiche e dinamiche in genere, azioni eccezionali, si può tracciare il seguente schema:



Per ognuna delle tre categorie fornite si possono esplicitare le seguenti informazioni:



Relativamente alle combinazioni di carico si possono identificare due tipologie e raggruppamenti: combinazioni agli stati limite ultimi (SLU) e combinazioni agli stati limite di servizio o, che è lo stesso, esercizio (SLS oppure SLE).

Si può tracciare lo schema di seguito riportato.



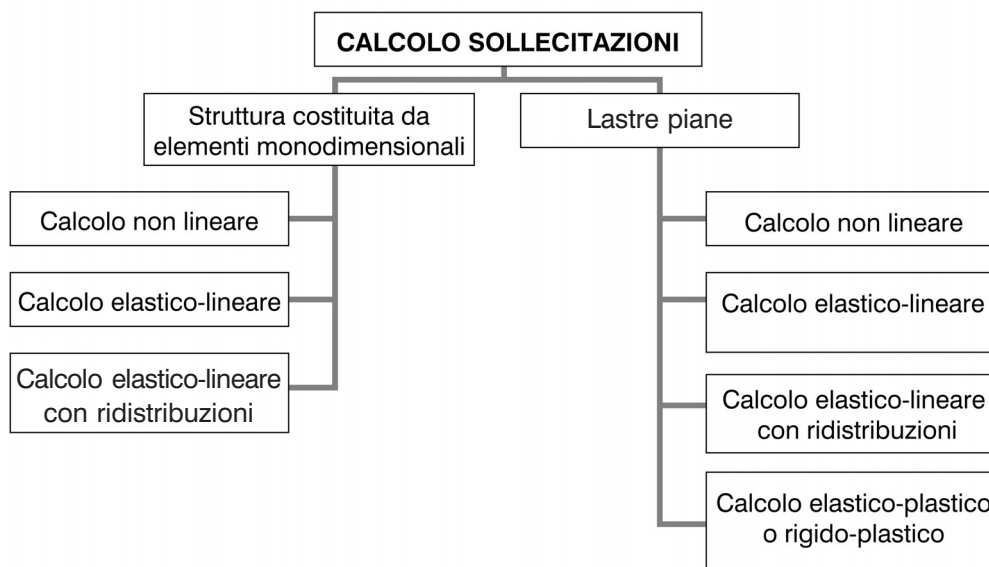
Si tenga presente che le azioni eccezionali (quali urti, uragani, esplosioni, sismi in zona non sismica, ecc.) agli SLU sono da considerarsi solo quando espressamente prescritte dalla norma.

Il calcolo delle sollecitazioni, nelle strutture iperstatiche, si può effettuare ricorrendo a diverse metodologie.

Si possono distinguere le seguenti tipologie di strutture:

- strutture costituite da elementi monodimensionali (travi, pilastri, ecc.);
- lastre piane (solai, platee di fondazione, ecc.).

Per ognuna delle strutture indicate si possono considerare differenti metodi di calcolo. Lo schema riportato di seguito descrive l'iter di studio.



Il calcolo e la determinazione delle sollecitazioni nelle strutture iperstatiche, come premesso nello schema precedente, può essere effettuato in tre modi diversi:

- calcolo non lineare;
- calcolo elasto-plastico;
- calcolo elastico-lineare con ridistribuzioni.

Per le specifiche delle metodologie riportate si rimanda alla lettura di testi specialistici.

Si ricorda che l'esame di Stato per i laureati quinquennali e specialistici del nuovo ordinamento prevede il predimensionamento strutturale del progetto architettonico svolto; ebbene, le varie sedi e le commissioni che si sono succedute hanno interpretato in questi anni in varia maniera il dettato legislativo: in alcuni casi si è chiesta esclusivamente una relazione tecnologica, in altri un predimensionamento che doveva tener conto dei passaggi legati all'analisi dei carichi e alla verifica di corrette luci strutturali rispetto alla destinazione d'uso e alla tipologia strutturale prevista, altri ancora ove venivano richieste delle formule di calcolo più specifiche. Ad oggi, con la prova grafica e la prima prova scritta accorpate il primo giorno d'esame ed equiparate alla prova del vecchio ordinamento, sempre più spesso viene richiesta una relazione statica o tecnologica con eventuale verifica spannometrica delle luci previste in sede di progetto preliminare.

Pre-dimensionamento strutturale: la prima prova scritta dei laureati quinquennali e/o specialistici N.O.

Come si è già accennato, l'esame di abilitazione per laureati quinquennali e/o specialistici in architettura prevede, all'interno delle 8 ore a disposizione nel primo giorno d'esame, la redazione grafica del progetto scelto, tra quelli proposti, e una relazione che può riguardare varie aree tematiche, così come si evince dalla consultazione delle prove proposte nei vari anni, in varie sedi, riportate a titolo esemplificativo nel cd-rom allegato.

Nel caso di redazione di un tema progettuale le richieste che si sono susseguite sono state:

- una relazione progettuale che evidenzi gli aspetti generali dell'edificio proposto;
- una relazione che evidenzi, a grandi linee, il sistema statico-tecnologico-impiantistico utilizzato; in questo caso si può prendere spunto dalla classificazione funzionale del sistema tecnologico, oltre che dalle nozioni presenti nel capitolo della tecnologia;
- una relazione statica, ove sia evidenziato, anche con schemi, il sistema strutturale utilizzato, indicando i rapporti tra gli elementi e/o i dimensionamenti minimi previsti dalla normativa (dimensione minima del pilastro e del solaio in c.a.; rapporto dimensionale plinto/pilastro; rapporto altezza/luce trave; rapporto altezza/luce solaio; ecc., tutto ciò trattato nel capitolo della tecnologia);
- un vero e proprio predimensionamento semplificato di uno degli elementi di cui è composta la struttura.

Mentre per la risoluzione dei primi tre casi si rimanda al capitolo di tecnologia e a quanto riportato, a livello generale, per la redazione delle relazioni nel capitolo dedi-