



na - Agglomerati urbani di recente formazione



- Specificazioni (attrezzature di quartiere)**
- ESISTENTI**
 - interesse comune
 - istruzione
 - istruzione superiore
 - parcheggi
 - spazi pubblici
 - REPENTE**
 - interesse comune
 - istruzione
 - istruzione superiore
 - parcheggi
 - spazi pubblici
 - varie destinazioni
 - integrate
 - VARIANTE OCCIDENTALE**
 - attrezzatura esistente
 - attrezzatura repente



**PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
MISSIONE 4 ISTRUZIONE E RICERCA**

Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione dagli asili nido alle Università
Investimento 3.3: "Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole"



**INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE
CON INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STRUTTURALE ED EFFICIENTAMENTO
ENERGETICO DELL'EDIFICIO SEDE DELL'ASILO NIDO - 25° CIRCOLO
COMUNALE "MARCO POLO" SITO IN VIA MARCO POLO N. 30**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Il Progettista: **Ing. Valerio Manzi** Responsabile del Procedimento: **Arch. Alfonso Ghezzi**

CUP: **B63C22000350006**

DESCRIZIONE ELABORATO: **Inquadramento urbanistico** COD. ELABORATO: **1**

REDAZIONE VERIFICA APPROVAZIONE DATA: **MAGGIO 2022**



COMUNE DI NAPOLI

FUTURA

LA SCUOLA PER L'ITALIA DI DOMANI



Unione Europea



Ministero dell'Istruzione



Italia domani

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE4-ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università
Investimento 3.3: "Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole"



**INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE
CON INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STRUTTURALE ED EFFICIENTAMENTO
ENERGETICO DELL'EDIFICIO SEDE DELL'ASILO NIDO – 25° CIRCOLO
COMUNALE "MARCO POLO" SITO IN VIA MARCO POLO N. 30**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Il Progettista:
Ing. Valerio Manzi

Responsabile del Procedimento:
Arch. Alfonso Ghezzi

CUP: B63C22000350006

DESCRIZIONE ELABORATO:

Stato dei luoghi

COD.
ELABORATO

2

SCALA:

1:100

REDAZIONE:

VERIFICA:

APPROVAZIONE:

DATA:

MAGGIO 2022

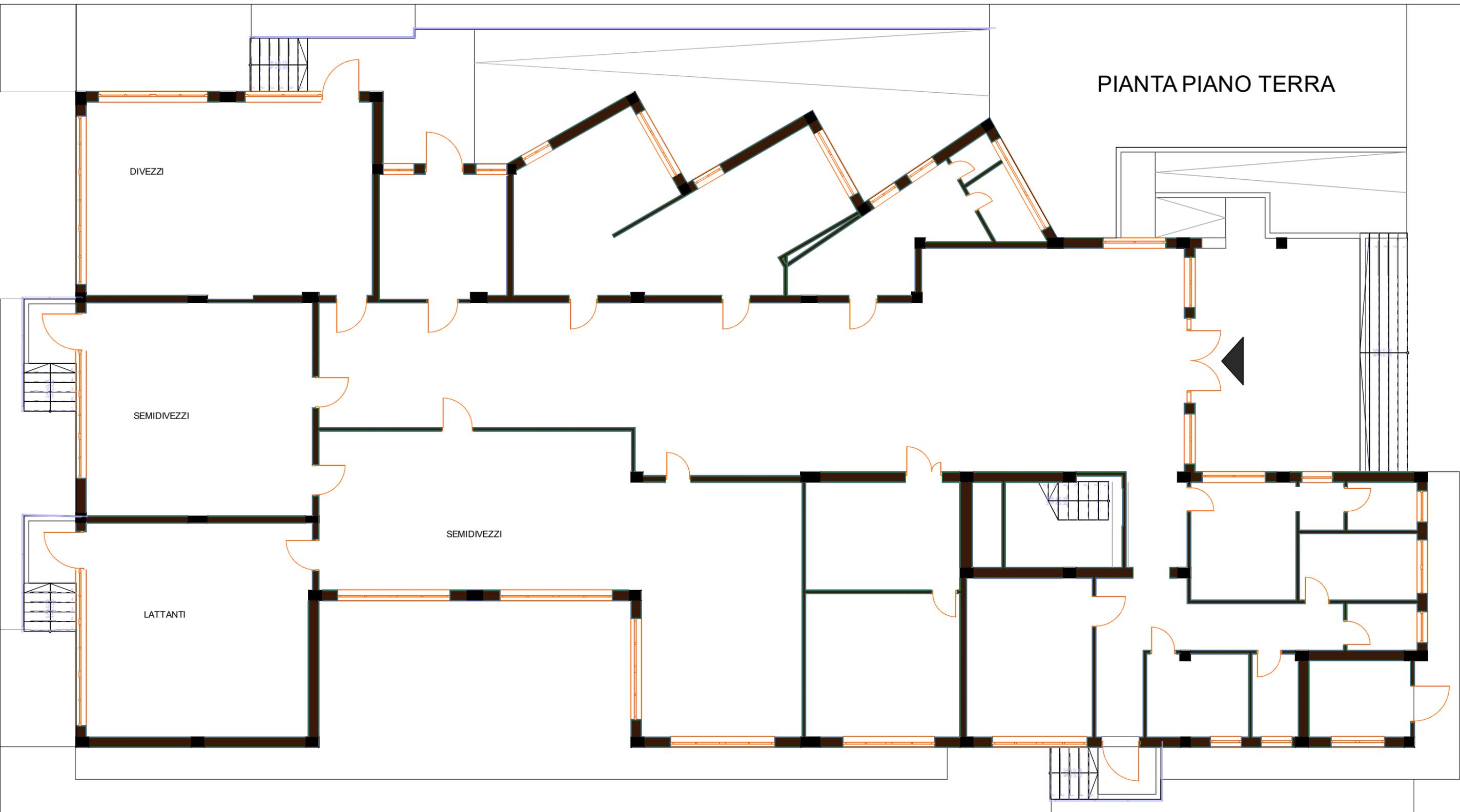
PIANTA PIANO TERRA

DIVEZZI

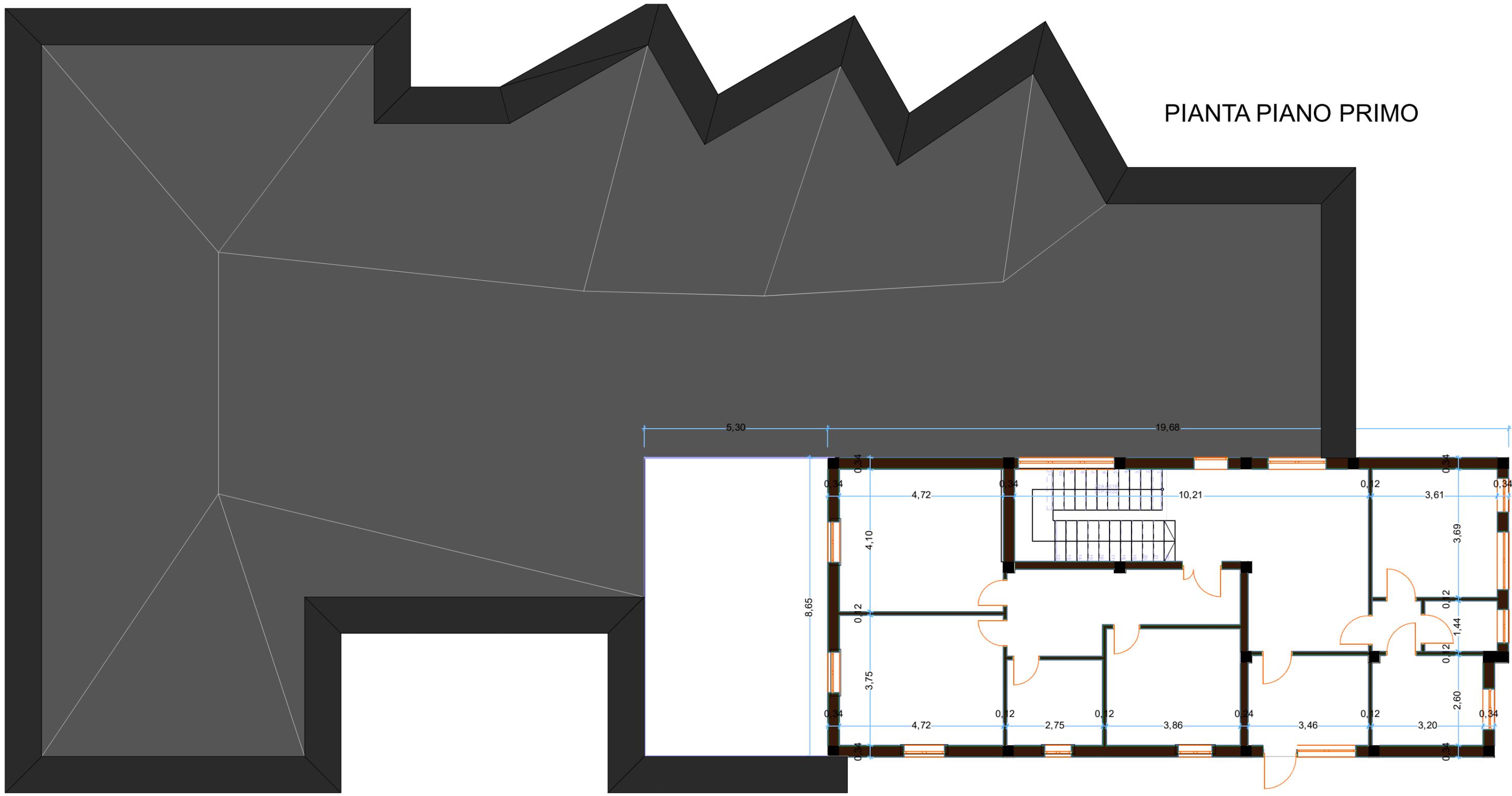
SEMIDIVEZZI

LATTANTI

SEMIDIVEZZI



PIANTA PIANO PRIMO





COMUNE DI NAPOLI

FUTURA

LA SCUOLA PER L'ITALIA DI DOMANI



PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE4-ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università
Investimento 3.3: "Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole"



**INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE
CON INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STRUTTURALE ED EFFICIENTAMENTO
ENERGETICO DELL'EDIFICIO SEDE DELL'ASILO NIDO – 25° CIRCOLO
COMUNALE "MARCO POLO" SITO IN VIA MARCO POLO N. 30**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Il Progettista:
Ing. Valerio Manzi

Responsabile del Procedimento:
Arch. Alfonso Ghezzi

CUP: B63C22000350006

DESCRIZIONE ELABORATO:

Relazione interventi strutturali

COD.
ELABORATO

B

SCALA:

REDAZIONE:

VERIFICA:

APPROVAZIONE:

DATA:

MAGGIO 2022

Sommario

1. INTRODUZIONE.....	2
2. ANALISI STORICO CRITICA E DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO	2
3. SISMICITÀ STORICA DEL SITO.....	6
4. PROCEDURA NORMATIVA.....	14
4.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI.....	14
4.2 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA	15
4.3 RACCOLTA DATI E INDAGINI PRELIMINARI.....	16
4.4 CLASSIFICAZIONE DELL'EDIFICIO	18
4.5 REQUISITI DI SICUREZZA.....	19
4.6 AZIONE SISMICA (DOMANDA).....	20
4.7 CAPACITÀ	23
5. INDICATORI DI RISCHIO SISMICO	23
6. ANALISI STATICA NON LINEARE	25
7. ANALISI CONOSCITIVA E INDAGINI SPECIFICHE	34
7.1 RILIEVI E ANALISI DOCUMENTALE.....	34
7.2 INDAGINI SCLEROMETRICHE.....	39
7.3 INDAGINI CON PACOMETRO	39
7.4 INDAGINI DISTRUTTIVE	40
8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E CARICHI APPLICATI	43
9. ANALISI DEI CARICHI	45
10. VERIFICHE NUMERICA ED ANALISI.....	50
11. RISULTATI DELLE VERIFICHE DELLO STATO DI FATTO	51
12. ATTRIBUZIONE CLASSE DI RISCHIO SISMICO AI SENSI D.M. 58 28/02/2017	54
13. VALUTAZIONI A SEGUITO DELL'ANALISI CONDOTTA : VULNERABILITA' SISMICA	59
14. VITA NOMINALE RESTANTE E PERIODO DI INTERVENTO.....	60
15. DESCRIZIONE PROPOSTA DI INTERVENTO	62

1. INTRODUZIONE

Al fine della valutazione della sicurezza ai sensi della NTC 2018 dell'edificio scolastico, asilo nido "Marco Polo", ubicato in via Marco Polo, 30, in Napoli, si è proceduto alla verifica dei livelli di sicurezza dell'edificio esistente, volta a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla suddetta normativa.

La valutazione della sicurezza, argomentata con apposita relazione, deve permettere di stabilire se:

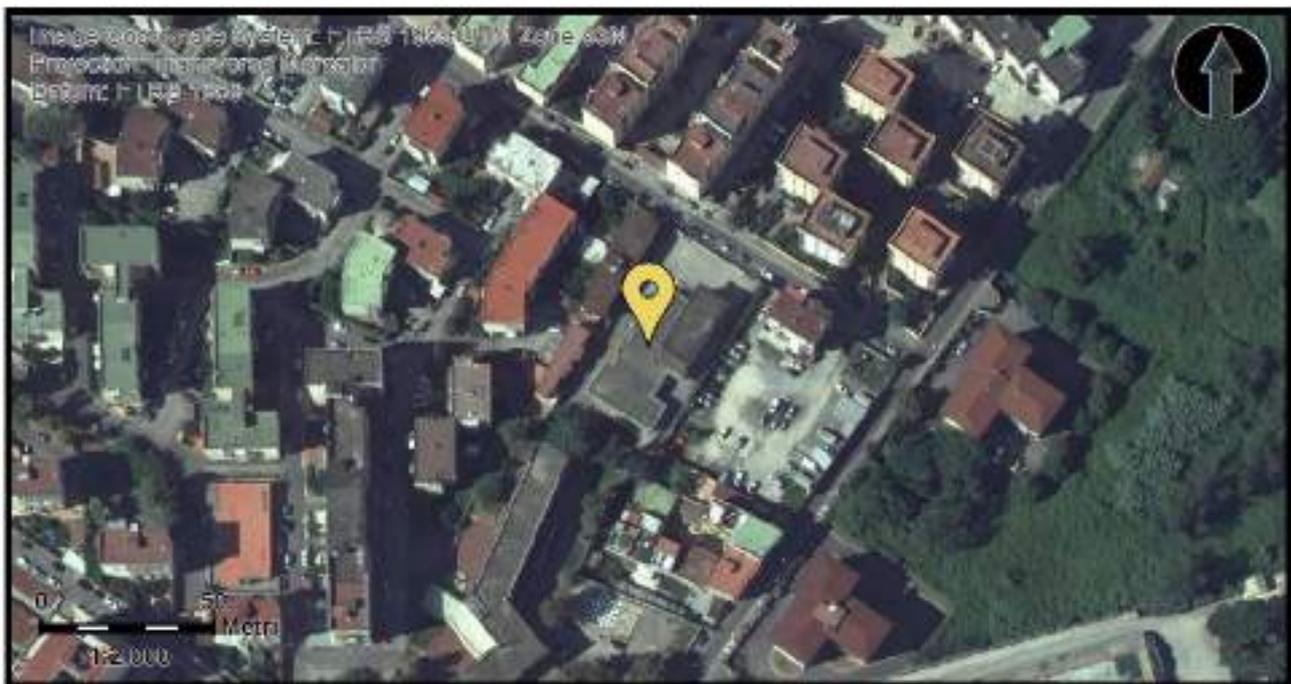
- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.

2. ANALISI STORICO CRITICA E DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

L'edificio sede dell'Asilo nido "Marco Polo" é costituito da una costruzione in c.a. realizzata presumibilmente negli anni '70 -'80 del secolo scorso.

L'edificio scolastico si compone di un corpo unico con una struttura portante in c.a. che si sviluppa in parte su un unico livello fuori terra e in parte su due livelli fuori terra (piano terra e piano primo) con un piano interrato. Il piano primo è la porzione di fabbricato destinato ad alloggio ex-custode. Il fabbricato ha una forma irregolare costituita dall'unione di parallelepipedi con l'ingombro massimo in pianta di circa 20 m di larghezza e 44 m di lunghezza; la copertura è piana.

Di seguito si riportano i dati relativi al bene in oggetto:



Latitude: 40,816411
 Longitude: 14,191502
 CRS: WGS84 --- WKID: 4326 (EPSG)



via Marco Polo, 30 - 80124
 MUNICIPALITA': 10
 QUARTIERE: Fuorigrotta

DENOMINAZIONE EDIFICIO:
Atto nido "Marco Polo"

ISTITUTO:
 25° Circolo Comunale

NUMERO DI ALUNNI: 57

INFORMAZIONI GENERALI

EPOCA DI COSTRUZIONE: dal 1973 al 1987
 TIPOLOGIA COSTRUTTIVA: Struttura in cemento armato
 STRUTTURE
 PORTANTI ORIZZONTALI: Solaio in cemento armato e laterizi
 EDIFICIO VINCOLATO: -

PRINCIPALI DATI DIMENSIONALI

SUPERFICIE COPERTA (mq): 730,87
 SUPERFICIE LORDA
 COMPLESSIVA (mq): 1.714,74
 ALTEZZA INTERPIANO (m): 3,00
 ALTEZZA TOTALE (m): 4,50

VOLUME COMPLESSIVO
 STIMATO (mc): 5.075,22
 PIANI INTERRATI (n): 1
 PIANI FUORI TERRA (n): 2
 PIANI TOTALI (n): 3

Di seguito si riporta una documentazione fotografica.



Figura 1 – Vista esterna.





Figure 2, 3 e 4 – Viste esterne

- [Zona sismica di riferimento – vecchia classificazione](#)
2° categoria
- [Eventuale collaudo sismico/statico dell'immobile e prove](#)

Gli esiti della ricerca documentale presso i competenti uffici non hanno fornito alcun elemento utile a riguardo.

- [Interventi eseguiti successivamente alla realizzazione dell'edificio scolastico](#)

Gli esiti della ricerca documentale presso i competenti uffici non hanno fornito alcun elemento utile a riguardo. Dai rilievi in situ effettuati non sembrano essere stati eseguiti significativi interventi strutturali che ne hanno modificato il comportamento

in caso di sisma.

L'edificio, da quanto è stato dichiarato dall'Ente proprietario, non assume rilievo fondamentale per le finalità di Protezione Civile, però, proprio per la sua destinazione a scuola, assume rilevanza rispetto alle conseguenze di un eventuale collasso ed è pertanto da ritenersi **Edificio Rilevante**.

Per gli effetti della determinazione dell'azione sismica di progetto, pertanto, si farà riferimento allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) definito come:

***Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.*

Nel seguito pertanto si assumeranno le seguenti posizioni:

Vita nominale per l'edificio	$V_N \geq 50$ anni
Classe d'uso	Classe III
Coefficiente d'uso	$C_U = 1,5$
Periodo di riferimento	$V_R = V_N \cdot C_U = 75$ anni

3. SISMICITÀ STORICA DEL SITO

La regione Campania, in particolar modo l'area dell'Appennino Campano, rappresenta una delle zone a più alta sismicità di tutta la penisola italiana. L'analisi della sismicità storica mostra che le aree a più elevata pericolosità corrispondono a quelle del Matese, del Sannio e dell'Irpinia.

ALCUNI DEI TERREMOTI PIU' DISTRUTTIVI NELL'ULTIMO MILLENNIO

Data	Intensità (MCS)	Effetti
1561 <i>19 agosto</i>	X	Due violenti terremoti furono avvertiti in una vasta area tra le provincie di Salerno e di Potenza. Vi furono gravi danni in molte località, con circa 500 morti.
1688 <i>5 giugno</i>	XI	Un fortissimo terremoto interessò l'Appennino meridionale, con gravi danni in molte località delle provincie di Benevento, Caserta, Avellino, Campobasso e Isernia. I danni maggiori, con crolli diffusi e circa 10.000 morti, si verificarono nel beneventano.
1694 <i>8 settembre</i>	XI	Terremoto in Irpinia, con gravissimi danni, crolli e circa 6.000 morti in molte località dell'avellinese e del potentino. Danni anche nelle provincie di Salerno, Matera e Foggia.
1702 <i>14 marzo</i>	X	Un violento terremoto colpì il Sannio e l'Irpinia. Gravissimi danni, con crolli e circa 400 morti, furono segnalati nell'area tra le provincie di Benevento, ed Avellino. Leggeri danni anche a Napoli, nel casertano e nel foggiano.
1752 <i>29 novembre</i>	X	Un violento terremoto, seguito da repliche per circa un anno, fu avvertito in una vasta area dell'Appennino meridionale. Causò gravi danni al patrimonio edilizio di numerose località delle provincie di Benevento ed Avellino. La zona più danneggiata fu l'Irpinia; i morti superarono il migliaio.
1853 <i>9 aprile</i>	X	Un altro violento terremoto colpì l'Appennino meridionale ed in particolare l'Irpinia e le alte valli dei fiumi Sele e Ofanto. I morti furono poco più di una decina.
1883 <i>28 luglio</i>	X	Fortissimo terremoto a Casamicciola e nella parte occidentale dell'isola d'Ischia, avvertito in un'area piuttosto limitata; le vittime furono più di 2.300.
1930 <i>23 luglio</i>	X	Un violento terremoto, seguito per circa un anno da repliche, interessò l'Irpinia. Gravi danni, con crolli e circa 1500 morti, si verificarono in numerose località tra le provincie di Avellino, Potenza e Foggia.
1980 <i>23 novembre</i>	X	Un violento terremoto colpì l'Irpinia e la Basilicata, causando gravissimi danni in un centinaio di località: le vittime furono circa 3.000 e i feriti quasi 10.000.

Gran parte dei terremoti distruttivi verificatosi sono localizzati principalmente su una stretta fascia lungo la cresta occidentale della catena appenninica; le strutture sismogenetiche di tali terremoti sono distribuite lungo l'asse longitudinale di tale catena. In particolare si ricordano il terremoto del 5 dicembre 1456, il più forte dell'Italia centro-meridionale con epicentro nel settore molisano, quello del giugno 1688 nel Beneventano e quello del 1857 in Irpinia (vedi Tabella1).

La sismicità della città di Napoli non è elevata. In particolare è soggetta sia agli effetti dei terremoti di origine vulcano-tettonica delle aree dei Campi Flegrei e del Vesuvio, e sia ai terremoti di origine appenninica, i cui effetti possono raggiungere intensità decisamente più elevate e tale da includere il territorio comunale di Napoli nella seconda

¹ Censimento di vulnerabilità degli edifici pubblici, strategici e speciali nelle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia - VOLUME II: DATI REGIONALI (a cura di: A. Martinelli, L. Corazza) - gndt.ingv.it/Pubblicazioni/Lsu_96/vol_2/cam_n.PDF

categoria sismica, ovvero la categoria caratterizzata da “media sismicità”.

Il concetto di zona sismica fu introdotto dal R.D. n.431 del 1927, pertanto, come visibile

nella figura a lato, il territorio del comune di Napoli non era classificato come sismico all’epoca della costruzione dell’edificio in esame.

Purtroppo, solo alla fine degli anni ’70, dopo che il Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR attivato a seguito del terremoto del Friuli del 1976 aveva dato grande impulso a studi specifici, si è arrivati a definire mappe di pericolosità basate su dati e procedure scientificamente validi. Sulla base di tali mappe si è proceduto, tra il 1981 e il 1984, a classificare una gran parte del territorio nazionale

precedentemente ritenuto non sismico, estendendo dal 25% al 45% circa la parte di territorio italiano classificato in una delle tre categorie previste, tra cui anche il Comune di Napoli.

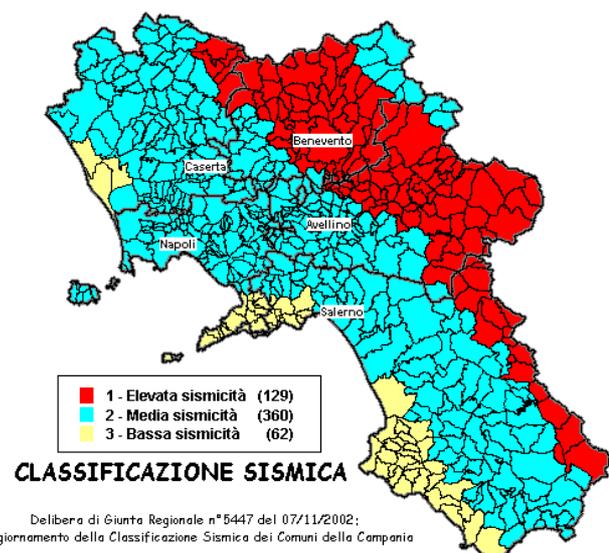
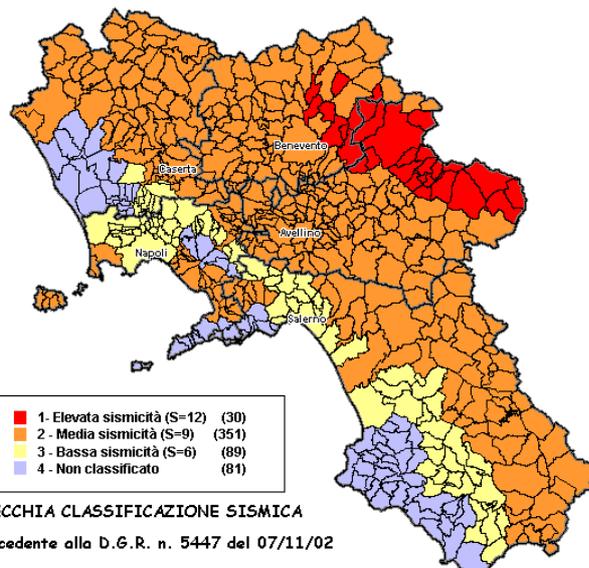
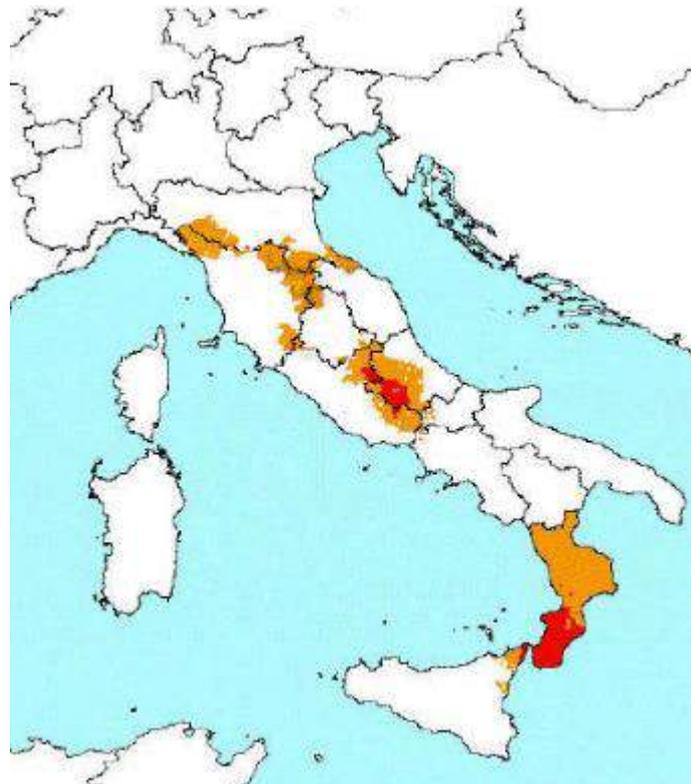
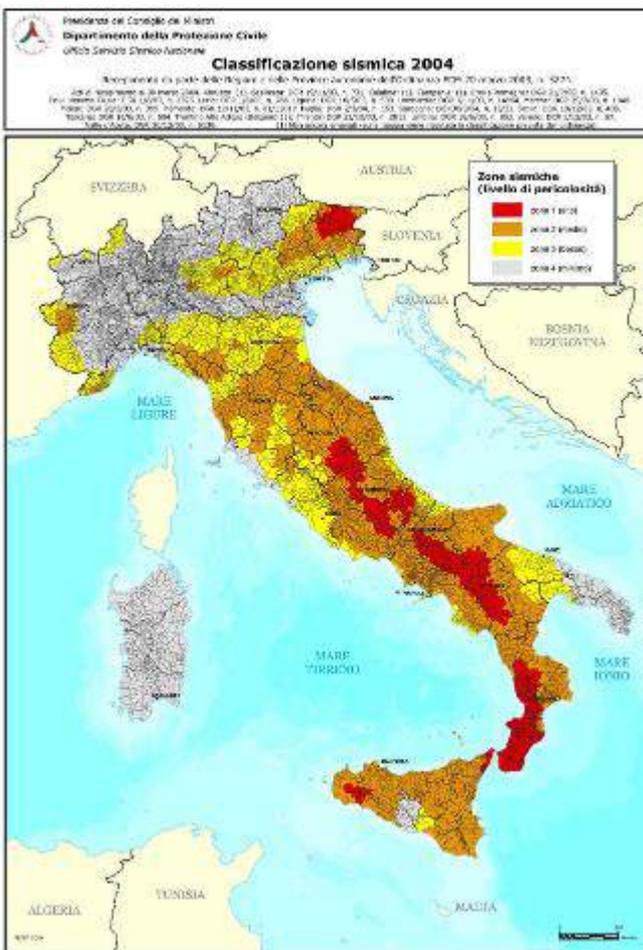


Figura 5 - REGIONE CAMPANIA Giunta Regionale - Seduta del 7 novembre 2002 - Deliberazione N. 5447 - Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania

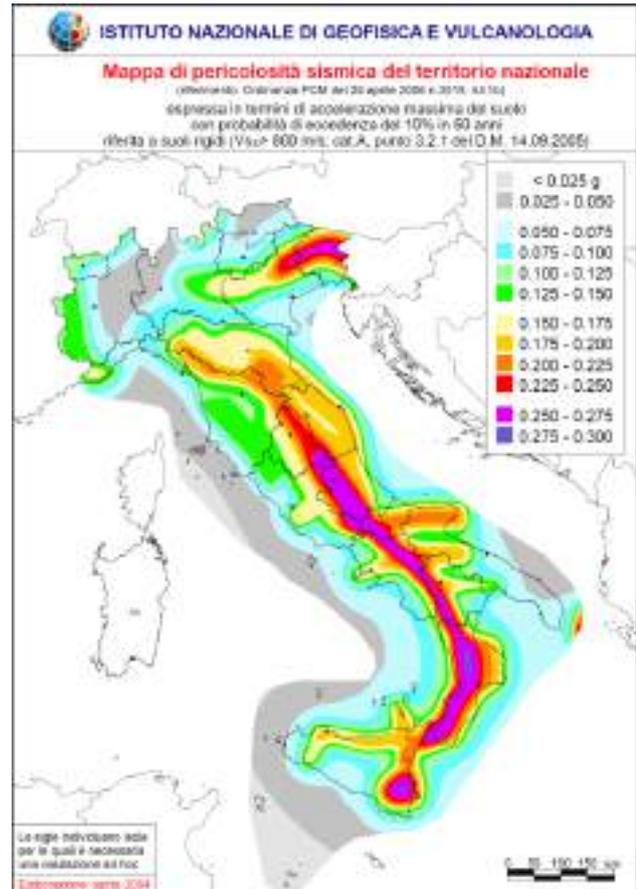
CODICE ISTAT	COMUNE	DATA DI PRIMA CLASSIFICAZIONE	VECCHIA CLASSIFICAZIONE	NUOVA CLASSIFICAZIONE	VARIAZIONE TRA VECCHIA E NUOVA CLASSIFICAZIONE
15063037	ISCHIA	07/03/1981	2	2	=
15063038	LACCO AMENO	07/03/1981	2	2	=
15063039	LETTERE	07/03/1981	2	3	-1
15063040	LIVERI	07/03/1981	2	2	=
15063041	MARANO DI NAPOLI	03/06/1981	3	2	1
15063042	MARIGLIANELLA	03/06/1981	3	2	1
15063043	MARIGLIANO	03/06/1981	3	2	1
15063092	MASSA DI SOMMA	07/03/1981	2	2	=
15063044	MASSA LUBRENSE		N.C.	3	1
15063045	MELITO DI NAPOLI	03/06/1981	3	2	1
15063046	META		N.C.	3	1
15063047	MONTE DI PROCIDA	07/03/1981	2	2	=
15063048	MUGNANO DI NAPOLI	03/06/1981	3	2	1
15063049	NAPOLI	03/06/1981	3	2	1
15063050	NOLA	07/03/1981	2	2	=

Stralcio tabella aggiornamento della classificazione sismica Comuni prov. di Napoli

La classificazione sismica del territorio campano ha subito negli anni alcuni aggiornamenti; in particolare con delibera 5447 del 7 novembre 2002 tutti i comuni campani risultarono classificati come sismici, compresi gli 81 comuni che non erano stati classificati nel 1981, anno al quale risale l'ultima classificazione sismica della Campania. Per quanto riguarda il comune di Napoli, questi ha subito variazione di una categoria a seguito dell'approvazione della D.G.R. n. 5447, passando da zona 3 a zona 2, definita di Media sismicità. Successivamente con la classificazione sismica del territorio nazionale, effettuata ai sensi dell'ordinanza n.3274 del 20 marzo 2003, l'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone indicate con i numeri da 1 (a maggior rischio) e 4 (a minor rischio); in questa classificazione furono recepite, per il territorio Campano, quanto stabilito dalla Delibera n.5447.



Classificazione sismica 2004



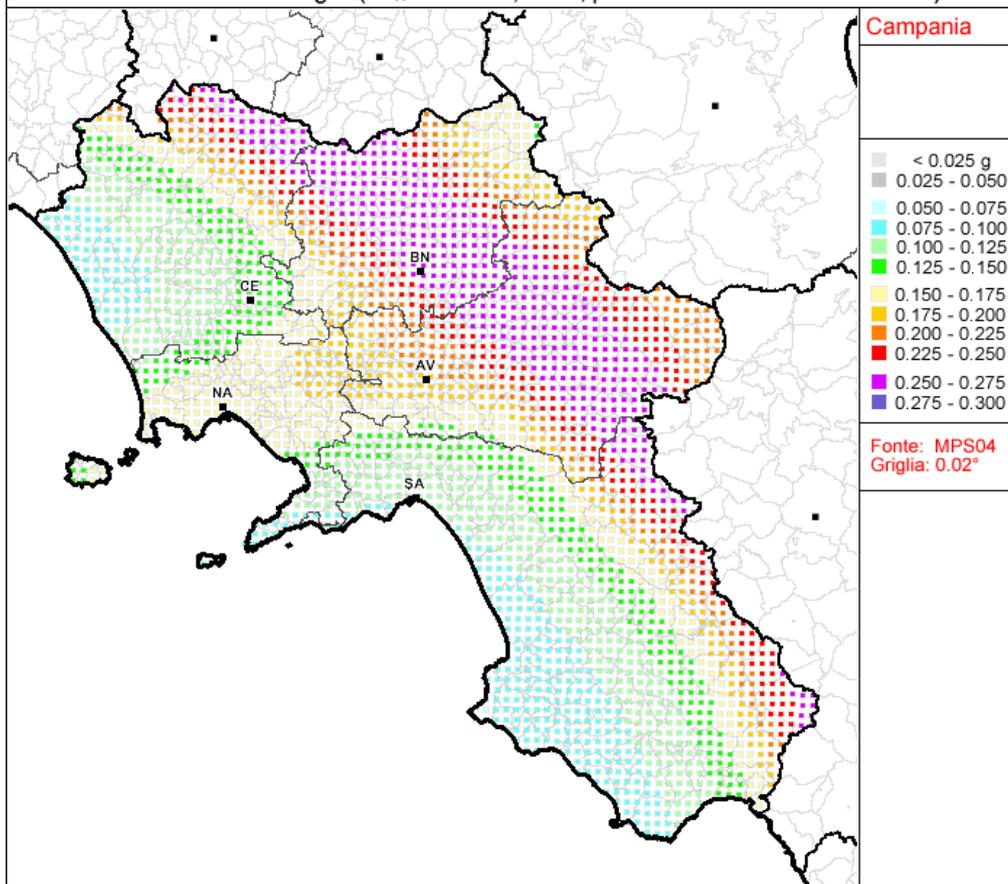
Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.

In seguito con l'entrata in vigore della nuova normativa nazionale (DM 2008) si è di fatto messo fine al sistema della "classificazione sismica" e si è passati ad una mappatura o microzonazione di pericolosità sismica con la definizione di un reticolo di riferimento (10751 nodi). In questo modo, la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.



Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)
espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



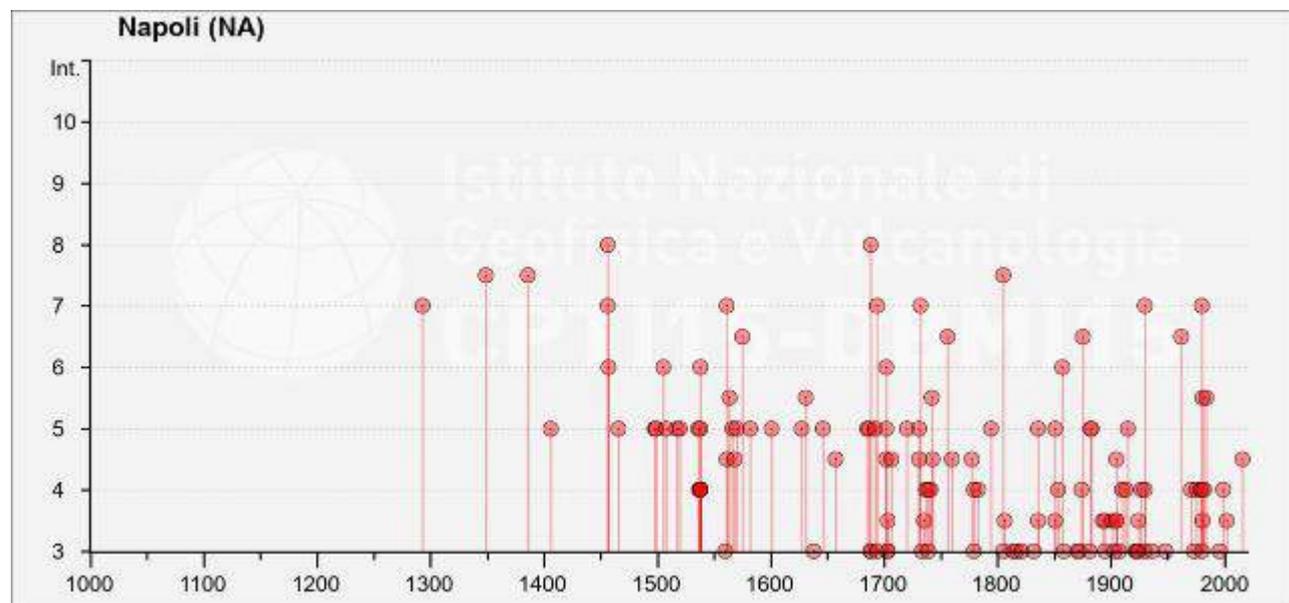
Mappa di pericolosità sismica della **Regione Campania** e del **Comune di Napoli** (P_{VR} 10% - SLV).

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa rappresentativa della Storia sismica, con l'elenco degli eventi sismici registrati nel territorio di Napoli del Database Macrosismico Italiano CPTI15-DBM152, versione 2.0 (dal 1000 al 2017).

CPTI15 è un prodotto scientifico dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia la cui realizzazione ha richiesto anni di lavoro e raccoglie il frutto della ricerca di diversi autori di diversi enti. Rovida A., Locati M., Camassi R., Loli, B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>

² Rovida A., Locati M., Camassi R., Loli, B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>

4	1819 08 07 02 04	Irpinia Basilicata	376	5 3.76
1	1813 05 04 15 05	Salerno	505	7-3 5.35
5	1819 01 15 06 57 4	Merica	1047	31 1.00
10	1815 08 23 18 07	Marigliano	18	7 5.07
F	1818 07 08 28 04	Isola di Strophili	13	5 8 4.68
2-3	1819 08 22 08 10	Avella	142	6 1 3.22
5	1877 07 26 17 17 0	Val Bojardo	139	6-7 3.38
3	1823 11 05 12 10	Apennino napleso-lucano	28	3 4.73
0	1826 03 26 20 10	Stabia	12	1 1.00
2-4	1824 02 09 05 42	Irpinia	0	4 4.71
2	1825 05 24 13 33 0	Molise occidentale	50	7 3.28
1	1827 08 28 07 50	Stabia	58	3 4.90
10*	1827 11 28 10 04 1	Colli Abruati	38	7 4.89
1	1830 04 27 01 44	Salerno	70	7 4.58
1	1830 07 23 00 03	Irpinia	347	20 3.61
3	1839 05 30 07 13	Stigliano	288	8 3.83
Int.	Anno Mo Gi Se M1 M2 M3	Area epicentrale	MDE	Io Mw
3	1875 01 03 13 07	Valle Padusa	10	5-7 1.05
3	1881 06 10 11 11 2	Garcano	29	7-8 3.35
5	1916 05 22 23 19 3	Garcano	27	8 4.64
A-1	1987 06 21 13 19	Tegreta	587	5 3.75
10	1983 11 05 23 09 5	Abatella centrale	22	4.38
5	1971 05 06 23 05 0	Irpinia	69	5 1.95
F	1971 11 25 10 49 3	Alta Val d'Agri	17	5 4.29
3	1972 05 03 14 30 2	Apennino napleso-lucano	29	5-6 4.75
4	1975 06 10 10 11	Garcano	31	6 3.72
2	1977 07 24 10 49 2	Irpinia	19	5 8 3.57
5	1979 05 03 14 10 3	Trinita	100	5-8 4.44
4	1979 09 10 21 39 3	Vallesella	394	10 3.55
3	1980 06 14 10 16 3	Merica	33	5-8 4.55
7	1989 11 23 10 56 0	Irpinia Basilicata	1894	10 3.14
4	1979 11 03 17 14 2	Capri Basilicata	14	6 4.77
3-4	1981 01 09 10 12 3	Irpinia Basilicata	8	5 8 3.28
3-9	1981 01 14 17 47 4	Monti di Stabia	29	1 8 4.88
4	1982 03 24 10 44 0	Coste di Pisciotta	125	7-8 3.23
10*	1984 04 20 03 02 3	Umbria settentrionale	700	7 3.62
5-6	1984 05 07 17 56	Monti della Meta	311	8 3.65
3	1979 04 03 13 34 2	Capri	337	6 4.59
4	1984 10 08 05 41 0	Area umbra	38	5 3.24
3-4	2002 11 01 13 09 0	Palio	138	7 3.72
F	2003 06 01 15 45 1	Palio	701	5 4.44
F	2010 08 21 11 36 3	Monti della Meta	333	10 4.19
4	2014 10 28 13 18 0	Vallesella	17	6.07
4-5	2016 10 30 11 46 1	Vallesella	174	4.81



4. PROCEDURA NORMATIVA

4.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

- D.M. 17 gennaio 2018 “Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni”
- **circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “**Norme tecniche per le costruzioni**”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- D.M. 14 gennaio 2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”
- O.P.C.M. n. 3431 del 03/05/2005 “Ulteriori modifiche ed integrazioni all’O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003...”
- O.P.C.M. n. 3362 del 08/07/2004 e n. 3376 del 17/09/2004 “Modalità di attivazione del Fondo per interventi straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri, istituito ai sensi dell'art. 32-bis del D.L. 269/2003, convertito, con modificazioni, dalla Legge 326/2003”
- O.P.C.M. n. 3728 del 29/12/2008 “Modalità di attivazione del Fondo per interventi straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri, istituito ai sensi dell'art. 32-bis del D.L. 269/2003, convertito, con modificazioni, dalla Legge 326/2003 ed incrementato con la Legge 244/2007”
- D.C.P.C. n. 3685 del 21/10/2003 “Disposizioni attuative dell’art. 2, commi 2, 3 e 4, dell’O.P.C.M. n. 3274”
- D.G.R.V. n. 3645 del 28/11/2003
- Circolare del Dipartimento della Protezione Civile DPC/SISM/0031471 del 21/04/2010
- Circolare del Dipartimento della Protezione Civile DPC/SISM/0075499 del 07/10/2010
- Circolare del Dipartimento della Protezione Civile DPC/SISM/0083283 del 04/11/2010
- Scheda di sintesi della verifica sismica di edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico (per NTC 2018)
- Scheda di sintesi della verifica sismica di “livello1” o di “livello 2” per gli edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico (per O.P.C.M. 3274/2003)

4.2 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Le modalità di verifica delle costruzioni nuove sono basate sull'uso di coefficienti di sicurezza parziali da applicare alle azioni e alle caratteristiche meccaniche dei materiali, concepiti e calibrati per tener conto dell'intero processo che va dalla progettazione, con imposizione di dati progettuali su azioni e materiali, alla concreta realizzazione, con l'obiettivo di realizzare, attraverso processi di produzione controllati nelle diverse sedi, una costruzione fedele, per quanto possibile, al progetto. Nelle costruzioni esistenti è cruciale la conoscenza della struttura (geometria e dettagli costruttivi) e dei materiali che la costituiscono (calcestruzzo, acciaio, mattoni, malta). È per questo che viene introdotta un'altra categoria di fattori, i "fattori di confidenza", strettamente legati al livello di conoscenza conseguito nelle indagini conoscitive, e che vanno preliminarmente a ridurre i valori medi di resistenza dei materiali della struttura esistente, per ricavare i valori da adottare, nel progetto o nella verifica, e da ulteriormente ridurre, quando previsto, mediante i coefficienti parziali di sicurezza.

Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza, si distinguono i tre livelli di conoscenza:

- *LC1* (Conoscenza Limitata): si intende raggiunto quando siano stati effettuati il rilievo geometrico, verifiche in situ limitate sui dettagli costruttivi ed indagini in situ limitate sulle proprietà dei materiali; il corrispondente fattore di confidenza è $FC = 1,35$;
- *LC2* (Conoscenza Adeguata): si intende raggiunto quando siano stati effettuati il rilievo geometrico, verifiche in situ estese sui dettagli costruttivi ed indagini in situ estese sulle proprietà dei materiali; il corrispondente fattore di confidenza è $FC = 1,20$;
- *LC3* (Conoscenza Accurata): si intende raggiunto quando siano stati effettuati il rilievo geometrico, verifiche in situ esaustive sui dettagli costruttivi ed indagini in situ esaustive sulle proprietà dei materiali; il corrispondente fattore di confidenza è $FC = 1,00$.

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- ***Geometria;***
- ***Dettagli costruttivi;***
- ***Proprietà dei materiali.***

Il livello di conoscenza acquisito determina il metodo di analisi e i fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali.

Tabella C8.5.IV - Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

La conoscenza della costruzione in c.a. oggetto della verifica è di fondamentale importanza ai fini di una adeguata analisi, e può essere conseguita con diversi livelli di approfondimento, in funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, dell'analisi storica e delle indagini sperimentali. Tali operazioni saranno funzione degli obiettivi preposti ed andranno ad interessare tutto o in parte la costruzione, a seconda della ampiezza e della rilevanza dell'intervento previsto.

In linea con la tabella C8A.5.IV sono state eseguite le prove in situ tali da raggiungere per il un **livello di conoscenza LC2**, e quindi un Fattore di confidenza pari ad : **FC=1.20**.

4.3 RACCOLTA DATI E INDAGINI PRELIMINARI

Raccolta dati

Le fonti da considerare per la acquisizione dei dati necessari sono:

- documenti di progetto con particolare riferimento a relazioni geologiche, geotecniche e strutturali ed elaborati grafici strutturali, computi metrici;
- eventuale documentazione acquisita in tempi successivi alla costruzione o relative alla realizzazione di varianti, strutturali e non (ristrutturazioni, miglioramento o adeguamento sismico, ecc.);
- relazione e certificati di collaudo, compresi quelli delle prove sui materiali;
- ricognizione diretta;
- rilievo strutturale geometrico e dei dettagli esecutivi;
- prove in situ e in laboratorio.

Gli ultimi due punti corrispondono al maggior approfondimento richiesto nella fase successiva a questa. Il rilievo strutturale geometrico richiede tanto più impegno quanto più è carente la documentazione acquisita.

Per ogni edificio si acquisiscono le seguenti informazioni:

- descrizione della struttura (geometria generale, tipologia della struttura, materiali costituenti le strutture verticali e orizzontali);
- descrizione dello stato generale di conservazione e dell'eventuale quadro fessurativo rilevato;
- anno o epoca di progettazione;
- anno o epoca di inizio lavori;
- anno o epoca di completamento dei lavori;
- anno e tipo di interventi successivi al completamento dell'opera, con particolare attenzione agli interventi che hanno variato la struttura, rafforzandola (miglioramento, adeguamento sismico) o indebolendola (sopraelevazioni, creazione di piani porticati, riorganizzazione delle aperture nelle pareti murarie portanti);
- storia sismica dell'edificio, con riferimento agli eventi subiti ed agli eventuali danni rilevati.

Nel caso di carenza di documentazione progettuale, è opportuno procedere ad una progettazione simulata dell'edificio utilizzando le norme, i materiali e la classificazione sismica in vigore all'epoca della progettazione originaria.

Ricognizione visiva e rilievo diretto

L'attendibilità della documentazione disponibile è accertata con ricognizione visiva. Questa consente di completare la descrizione dell'edificio, con rilievo diretto in sostituzione o integrazione della documentazione di cui sopra, mediante le seguenti informazioni:

- identificazione delle strutture di fondazione;
- identificazione delle categorie di suolo secondo quanto indicato al punto 3.2.3 delle NTC 2018;
- dimensioni geometriche degli elementi strutturali e organizzazione dei collegamenti;
- possibili difetti locali dei materiali;
- possibili difetti nei particolari costruttivi (dettagli delle armature, eccentricità

travi-pilastro, eccentricità pilastro- pilastro, collegamenti trave-colonna e colonna-fondazione, etc.);

- norme impiegate nel progetto originale incluso il valore delle azioni sismiche di progetto;
- descrizione della destinazione d'uso attuale e futura dell'edificio con identificazione della categoria di importanza, secondo i punti 2.5 e 4.7 dell'O.P.C.M. n. 3431/2005;
- rivalutazione dei carichi variabili, in funzione della destinazione d'uso;
- natura ed entità di eventuali danni subiti in precedenza e sulle riparazioni effettuate.

La quantità e qualità dei dati acquisiti determina il metodo di analisi e i valori dei fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali da adoperare nelle verifiche di sicurezza.

Inoltre si rivolge l'attenzione all'eventuale presenza di eventuali dissesti preesistenti o in evoluzione, riportando il quadro fessurativo e inquadrandone la causa.

4.4 CLASSIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

Vita nominale

Al par. 2.4.1 delle NTC 2018 viene definita la vita nominale di un'opera strutturale V_N come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è riportata nella Tab. 2.4.I.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite (NTC 2018, par. 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;
- **Classe III:** **Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi;**

- *Classe IV*: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità.

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Secondo le NTC 2018, par. 2.4.3, le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

4.5 REQUISITI DI SICUREZZA

Nei confronti delle azioni sismiche, gli stati limite di esercizio sono:

Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- *Stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed

impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti possono essere eseguiti con riferimento ai soli Stati Limite Ultimi (SLU). Le verifiche agli SLU possono riguardare la condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, la condizione di collasso (SLC).

Per la valutazione degli edifici esistenti, oltre all'analisi sismica globale, da effettuarsi con i metodi previsti dalle norme di progetto per le nuove costruzioni, è da considerarsi anche l'analisi dei meccanismi locali.

4.6 AZIONE SISMICA (DOMANDA)

Le NTC 2018 adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base" (in seguito denominata semplicemente *pericolosità sismica*), in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC).

La *pericolosità sismica* costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. I risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_{C^*} : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* e per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati dalla *pericolosità sismica*, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica;
- F_0 e T_{C^*} i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dalle NTC 2018 sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di *pericolosità sismica* disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Tale operazione deve essere possibile per tutte le vite di riferimento e tutti gli stati limite considerati dalle NTC; a tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica TR , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri TR e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tabella 3.2.1 – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Qualora la attuale *pericolosità sismica* su *reticolo di riferimento* non contempli il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e alla P_{V_R} fissate, il valore del generico parametro p (a_g, F_0, T_C^*) ad esso corrispondente può essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella *pericolosità sismica*, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

Nella quale:

p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato;
 T_{R1}, T_{R2} sono i periodi di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori p_1 e p_2 del generico p .

I valori dei parametri a_g, F_0, T_C^* relativi alla *pericolosità sismica* su *reticolo di riferimento* nell'*intervallo di riferimento* sono forniti nelle tabelle riportate nell'Allegato B alle NTC 2018.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del *reticolo di riferimento*, i valori dei parametri p (a_g, F_0, T_C^*) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del *reticolo di riferimento* contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

Nella quale:

p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame;

p_i è il valore di p nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;

d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

Sulla base di quanto esposto nel presente paragrafo, in riferimento all'Allegato A NTC 2018, si può determinare la *Domanda*, definendo, per gli stati limite considerati nella verifica, i:

- valori delle accelerazioni di picco al suolo: PGA_{DLC} , PGA_{DLV} , PGA_{DLD} , PGA_{DLO} ;
- valori dei periodi di ritorno associati all'azione sismica: T_{RDLC} , T_{RDLV} , T_{RDLD} , T_{RDLO} ,

rispettivamente per SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso), SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita), SLD (Stato Limite di Danno), *SLO* (Stato Limite di Operatività).

4.7 CAPACITÀ

Si richiede di determinare i valori di accelerazione al suolo ($PGA_{\mathcal{D}}$) e di periodo di ritorno (T_{RC}) corrispondenti al raggiungimento degli stati limite considerati nell'analisi. Per quanto riguarda gli edifici in muratura in classe d'uso I e II, si può effettuare la verifica ai soli SLU, in particolare allo SLV.

Le grandezze che caratterizzano la Capacità sono le seguenti:

- accelerazioni di picco al suolo: PGA_{CLC} , PGA_{CLV} , PGA_{CLD} , PGA_{CLO} ; periodi di ritorno associati all'azione sismica: T_{RCLC} , T_{RCLV} , T_{RCLD} , T_{RCLO} , rispettivamente per SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso), SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita), SLD (Stato Limite di Danno), SLO (Stato Limite di Operatività).

La PGA si determina comprendendo gli effetti eventuali di amplificazione locale (SS, ST e CC).

5. INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Si definiscono due tipi di indicatori di rischio: il primo dato dal rapporto fra capacità e domanda in termini di PGA ed il secondo espresso dall'analogo rapporto fra i periodi di ritorno dell'azione sismica.

Il primo rapporto è concettualmente lo stesso utilizzato come indicatore di rischio per le verifiche sismiche effettuate fino a tutto il 2007, quindi in coerenza con gli Allegati dell'Ordinanza 3274 e ss.mm.e ii. Tale indicatore, nel nuovo quadro normativo di riferimento determinatosi con il Decreto Ministeriale del 17.1.2018 non è sufficiente a descrivere compiutamente il rapporto fra le azioni sismiche, vista la maggiore articolazione della definizione di queste ultime. Esso, tuttavia, continua a

rappresentare una “scala di percezione” del rischio, ormai largamente utilizzata e con la quale è bene mantenere una affinità.

Viene quindi introdotto il secondo rapporto, fra i periodi di ritorno di Capacità e Domanda. Quest’ultimo, però, darebbe luogo ad una scala di rischio molto diversa a causa della conformazione delle curve di pericolosità (accelerazione o ordinata spettrale in funzione del periodo di ritorno), che sono tipicamente concave. Al fine di ottenere una scala di rischio simile alla precedente, il rapporto fra i periodi propri viene elevato ad un coefficiente “a” = 0,41 ottenuto dall’analisi statistica delle curve di pericolosità a livello nazionale.

In definitiva avremo i seguenti indicatori di rischio:

- ζ_{uc} è un indicatore del rischio collasso,
- ζ_{uv} del rischio per la vita,
- ζ è un indicatore del rischio di inagibilità dell’opera
- ζ_{eo} del rischio di non operatività.

Valori prossimi o superiori all’unità caratterizzano casi in cui il livello di rischio è prossimo a quello richiesto dalle norme; valori bassi, prossimi a zero, caratterizzano casi ad elevato rischio. La nuova normativa contenuta nel DM 17/01/2018, per quello che riguarda gli stati limite da considerare per la valutazione della sicurezza strutturale di un edificio, specifica chiaramente che “[...] in presenza di azioni sismiche, gli SLU e gli SLE sono quelli precisati nel § 3.2.1”, dove vengono elencati sostanzialmente due stati limite di esercizio (Stato Limite di Operatività (SLO), Stato Limite di Danno (SLD)) e due stati limite ultimi (Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), Stato Limite di Prevenzione del Collasso (SLC)). Tuttavia, la norma sottolinea anche che “Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi”. Infatti, nel capitolo 8, al paragrafo 8.3 delle NTC 2018 si precisa che la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLU, salvo che per le costruzioni in classe d’uso IV, per le quali sono richieste anche le verifiche agli SLE specificate al § 7.3.6 delle NTC 2018; in quest’ultimo caso potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti. Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) secondo quanto specificato al § 7.3.6 delle NTC 2018.

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto ζ_E tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione. Per cui i parametri di cui sopra sono stati calcolati in relazione ai tre stati limite citati come in termini di accelerazioni (PGA) sono:

- stato limite di operatività (α_{SLO}) = PGA_{LO}/PGA 81%
- stato limite di danno (α_{SLD}) = PGA_{LD}/PGA 63%
- stato limite di salvaguardia della vita (α_{SLV}) = PGA_{LV}/PGA 10%

Mentre in termini di periodo di ritorno risultano essere:

- $\zeta_{SLO} = (T_{R,SLO} / T_{RIF,SLO})^a$
- $\zeta_{SLD} = (T_{R,SLD} / T_{RIF,SLD})^a$
- $\zeta_{SLV} = (T_{R,SLV} / T_{RIF,SLV})^a$

dove l'esponente "a" è pari ad $(1/2,43) = 0,41$.

In particolare il parametro di interesse è quello relativo allo SLV ovvero, nelle due formulazioni:

$$\zeta_{SLV} = PGA_{LV}/PGA \text{ 10\%}$$

$$\zeta_{SLV} = (T_{R,SLV} / T_{RIF,SLV})^a$$

Una delle novità più rilevanti del capitolo 8 delle nuove NTC, ovvero il testo del § 8.4.2 (Intervento di miglioramento) riporta, tra l'altro:

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6 ...

6. ANALISI STATICA NON LINEARE

L'analisi statica non lineare consiste nell'applicare alla struttura i carichi gravitazionali e, per la direzione considerata dell'azione sismica, un sistema di forze orizzontali distribuite, ad ogni livello della costruzione. Il profilo di forze utilizzato può essere di diverse combinazioni: proporzionalmente alle forze d'inerzia, alle altezze o ai modi di vibrare. Tali forze vengono applicate sulla struttura, sia in direzione positiva che negativa e fino al raggiungimento delle condizioni di collasso locale o globale, lo spostamento orizzontale del punto di controllo. Il un punto di controllo viene scelto in prossimità del centro di massa

dell'ultimo livello dellacostruzione.

Gli elementi lineari in c.a. (cordoli, travi di accoppiamento) possono essere caratterizzati da un comportamento bilineare elastico perfettamente plastico, con resistenza equivalente al limite elastico e spostamenti al limite elastico e ultimo definiti per mezzo della risposta flessionale o a taglio. I vari meccanismi determinano la redistribuzione delle rigidezze e, di conseguenza, delle sollecitazioni.

La risoluzione del sistema viene eseguita con il metodo di Newton-Raphson.

Il risultato consiste in un diagramma ("curva di capacità"), dove in ascissa viene riportato lo spostamento di un punto di controllo (al livello della copertura) e in ordinata la forza totale orizzontale applicata alla struttura. Dalla curva di capacità è possibile ricavare la "capacità di spostamento" della struttura.

La verifica globale della struttura si considera soddisfatta se la capacità di spostamento è maggiore della "domanda di spostamento".

$$d_{max}^* = S_{De}(I^*) \quad \text{per } I^* \geq I_c$$

$$d_{max}^* = \left(\frac{S_{De}(T^*)}{q^*} \right) \left[1 + (q^* - 1) \frac{T_c}{T^*} \right] \quad \text{per } T^* < T_c$$

dove:

- d_{max}^* : domanda di spostamento;
- $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^*}{k^*}}$: il periodo del sistema equivalente ad un grado di libertà;
- T_c : periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;
- $m^* = \sum_i m_i \phi_i$: massa partecipante del sistema equivalente;
- k^* : rigidezza secante del sistema equivalente ad un grado di libertà;
- $q^* = S_e(T^*) \frac{m^*}{F_y}$: rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente;
- $S_{De}(T^*)$: valore dello spettro di risposta elastico degli spostamenti in corrispondenza del periodo T^* ;
- $S_e(T^*)$: valore dello spettro di risposta elastico delle accelerazioni in corrispondenza del periodo T^* ;
- m_i : massa di ogni impalcato della struttura;
- ϕ_i : vettore che rappresenta il primo modo di vibrare della struttur
- F_y : forza di snervamento del sistema equivalente. |

Il calcolo viene eseguito separatamente nelle due direzioni principali della struttura considerando due distribuzioni di forze applicate al baricentro delle masse di ogni

impalcato: una di forze proporzionali alle masse ed una di forze proporzionali all'altezza degli impalcati (analisi statica lineare). Nel primo caso le forze sono computate secondo le seguenti formule:

$$F_{ij} = \frac{F_H W_i}{\sum W_i}$$

dove $F_H = S_d(T_i) W_{tot} \lambda$.

Nel secondo caso le forze sono computate secondo le seguenti formule:

$$F_{ij} = \frac{F_H W_i z_i}{\sum W_i z_i}$$

dove:

- z_i : quota dell'impalcato;
- $S_d(T_i)$: ordinata spettro di risposta;
- $\lambda = 0.85 (N_{piani} \geq 3 - T_i \leq 2 T_c)$ oppure 1.00 (in tutti gli altri casi);
- $W_i = G_i + \sum_j \psi_{ij} Q_{ij}$.

L'analisi non lineare statica richiede che al sistema strutturale reale sia associato un sistema strutturale equivalente non lineare. Nel caso in cui il sistema equivalente sia ad un grado di libertà, a questo sistema strutturale equivalente si applicano i carichi gravitazionali e, per la direzione considerata dell'azione sismica, in corrispondenza degli orizzontamenti della costruzione, forze orizzontali proporzionali alle forze d'inerzia aventi risultante (taglio alla base) F_b . Al raggiungimento delle condizioni di collasso locale o globale, lo spostamento orizzontale d_c di un punto di controllo coincidente con il centro di massa dell'ultimo livello della costruzione (sono esclusi eventuali torrini).

Vanno considerati anche punti di controllo alternativi, come le estremità della pianta dell'ultimo livello, quando sia significativo l'accoppiamento di traslazioni e rotazioni. Il diagramma $F_b - d_c$ rappresenta la curva di capacità della struttura.

Si devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) di seguito illustrate.

Gruppo 1 - Distribuzioni principali:

se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75% si applica una delle due distribuzioni seguenti:

distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.4.2, utilizzando come seconda distribuzione la a) del Gruppo 2,

distribuzione corrispondente a un andamento di accelerazioni

proporzionale alla forma del modo fondamentale di vibrare nella direzione considerata; in tutti i casi può essere utilizzata la distribuzione corrispondente all'andamento delle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento calcolate in un'analisi dinamica lineare, includendo nella direzione considerata un numero di modi con partecipazione di massa complessiva non inferiore allo 85%. L'utilizzo di questa distribuzione è obbligatorio se il periodo fondamentale della struttura è superiore a $1,3 T_C$.

Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie:

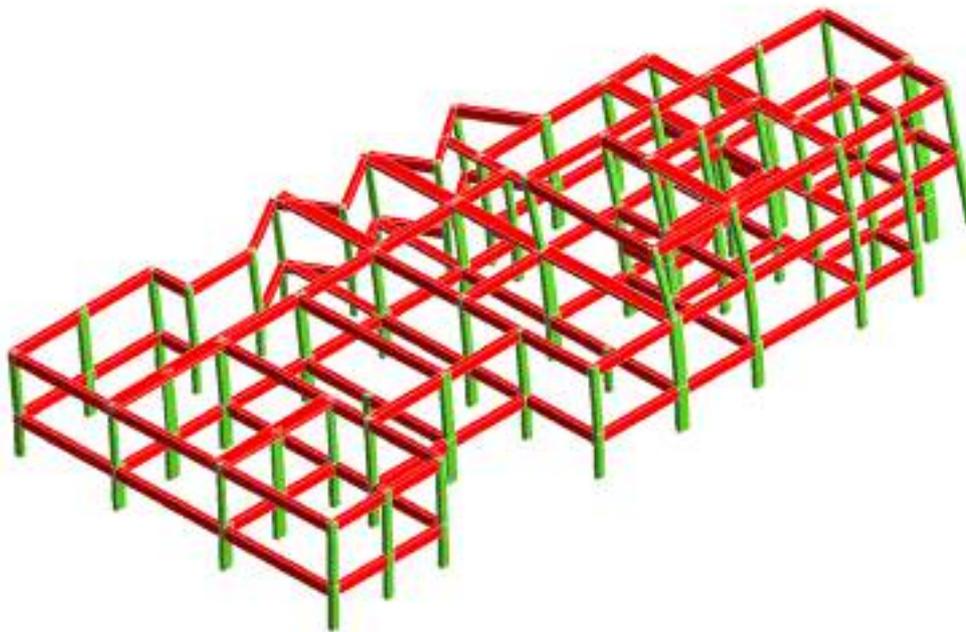
distribuzione di forze, desunta da un andamento uniforme di accelerazioni lungo

l'altezza della costruzione;

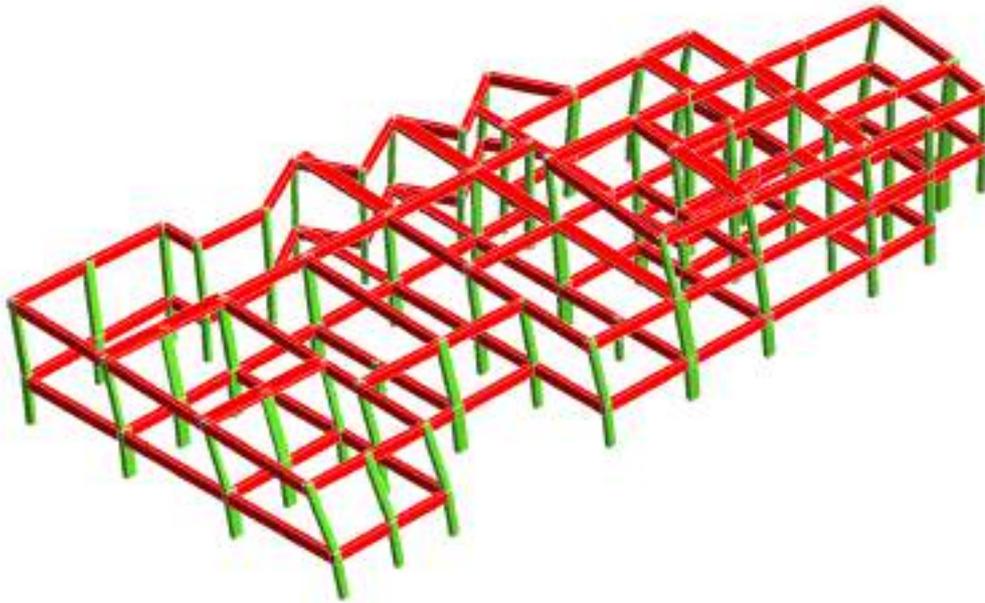
distribuzione adattiva, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura;

distribuzione multimodale, considerando almeno sei modi significativi.

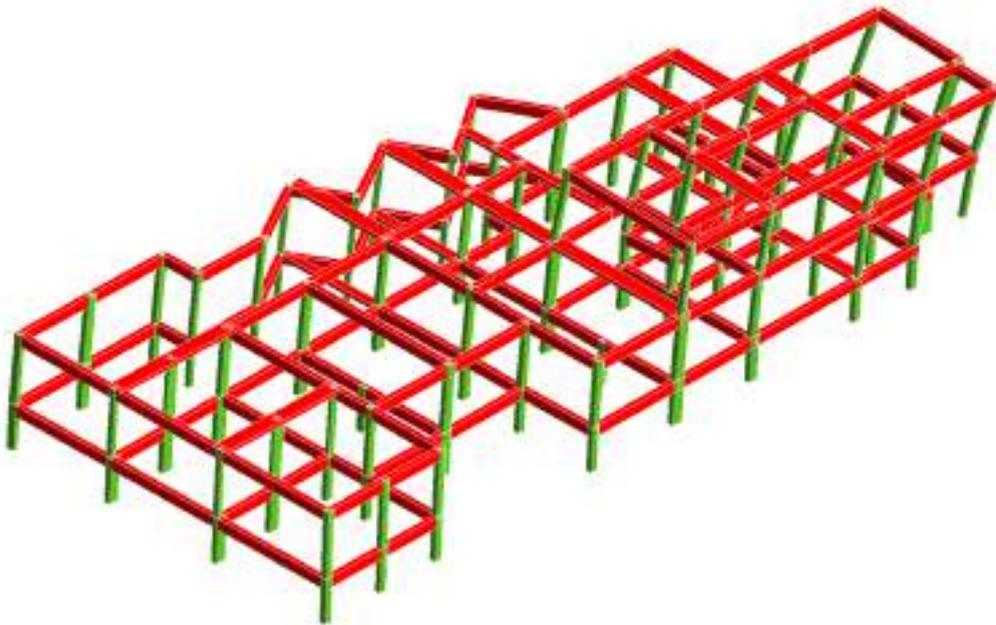
RAPPRESENTAZIONE MODI DI VIBRARE



MODO N. 1



MODO N. 2



MODO N. 3

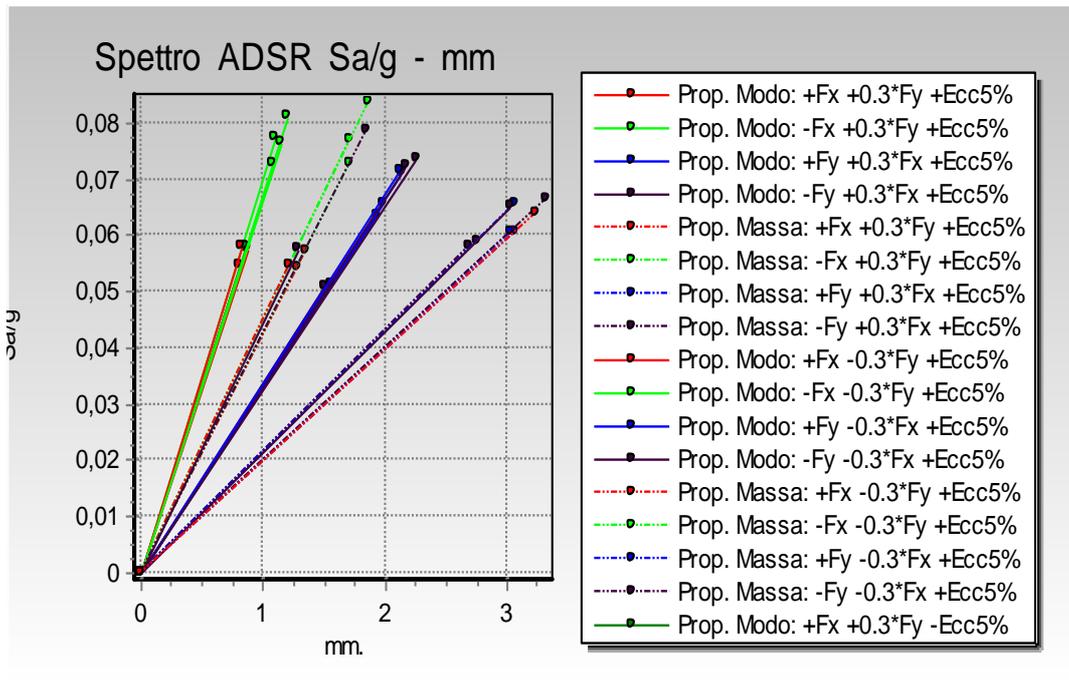
La valutazione della risposta non lineare globale della struttura viene condotta applicando il metodo N2, attraverso la costruzione della curva di capacità bilinearizzata con pianerottolo di snervamento orizzontale della struttura nello spazio ADSR e confrontando questa con la domanda inelastica valutata attraverso gli spettri inelastici relativi ai tre livelli di danno. Questa procedura è sviluppata nel software CDSWIN che è stato impiegato nell'analisi PUSH OVER. Il Software inoltre procede con analisi incrementale di tipo "event by event" che tiene conto del collasso dei vari elementi strutturali man mano che questi si verificano, valutando la necessaria redistribuzione delle azioni attraverso la tecnica dello scarico generale (riconfigurazione della matrice di rigidità tangente). Sulla scorta delle risultanze della analisi lineare svolta in precedenza e procedendo con il software CDSWIN nella analisi non lineare della nostra struttura si è avuta conferma del fatto che sono diffusamente presenti numerosi elementi/meccanismi fragili localizzati in modo particolare in corrispondenza dei nodi.

Coe.sic.instab.	1.5
nmax iterazioni	30
comb. molt.crit.	0
rig.geo.trazione	NO
Analisi PushOver	
Spost.Massimo (m)	0.8
Concentraz Eventi	0.01
Iteraz.Max passo	150
Num.Max.Collassi	1
Effetti P-Delta	NO
Nodo CLS	Senza Confinamento
Gr. Sovr.Nodi Acc	1.2
Collasso Cls	Tutte
Tipo Distribuzione	Prop.ModoPrincip
Riprese Getto	IGNORA
Push+Post-Ver.	NO
Tipo PushOver	Concentr. CDS
VerifNonNin su	Nessuna
Param. OPENSEES	
Tipo Calcolo	Piccoli Spost
Tipo OutPut	CDS
Numero Passi	100
Tolleranza	-3
Nmax Iteraz.	1000
TipoRisoluz.	Newton Krylov

Verifiche elementi fragili a Taglio travi- pilastri e verifiche nodi non confinati

Per tutti i modelli analizzati, l'esame delle Tabelle dei dati generali contenuti nei tabulati di calcolo (cui si rimanda), si evidenzia che nelle prime analisi non lineari, nelle quali a vario titolo e combinazione, sono tenuti in conto i comportamenti di tipo fragile dei diversi elementi, le curve di capacità mostrano che i collassi a taglio (in particolare in corrispondenza dei nodi perimetrali) si verificano tutti quando le curve di pushover relative alle specifiche condizioni di analisi si trovano nel tratto iniziale ed andamento praticamente lineare per cui la crisi avviene quando la struttura si trova ancora in campo elastico. In definitiva, collassi fragili così diffusi renderebbero praticamente inutilizzabili le risorse di duttilità che la struttura riuscirebbe a mobilitare mediante la plasticizzazione degli altri elementi, la quasi totalità dei quali si trovano ancora in campo elastico.

CURVE DI CAPACITA'



Curve di capacità ADSR.

Condizioni di carico per stati limite sismici

Tabella percorsi di carico analisi PUSHOVER	
push. n.	percorso di carico
1	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fx+0.3*Fy+Ecc5% - dir.0°
2	Distrib.Forze Prop.Modolo:-Fx+0.3*Fy+Ecc5% - dir.180°
3	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fy+0.3*Fx+Ecc5% - dir.90°
4	Distrib.Forze Prop.Modolo:-Fy+0.3*Fx+Ecc5% - dir.270°
5	Distrib.Forze Prop.Massa:+Fx+0.3*Fy+Ecc5% - dir.0°
6	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fx+0.3*Fy+Ecc5% - dir.180°
7	Distrib.Forze Prop.Massa:+Fy+0.3*Fx+Ecc5% - dir.90°
8	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fy+0.3*Fx+Ecc5% - dir.270°
9	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fx-0.3*Fy+Ecc5% - dir.0°
10	Distrib.Forze Prop.Modolo:-Fx-0.3*Fy+Ecc5% - dir.180°
11	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fy-0.3*Fx+Ecc5% - dir.90°
12	Distrib.Forze Prop.Modolo:-Fy-0.3*Fx+Ecc5% - dir.270°
13	Distrib.Forze Prop.Massa:+Fx-0.3*Fy+Ecc5% - dir.0°
14	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fx-0.3*Fy+Ecc5% - dir.180°
15	Distrib.Forze Prop.Massa:+Fy-0.3*Fx+Ecc5% - dir.90°
16	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fy-0.3*Fx+Ecc5% - dir.270°
17	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fx+0.3*Fy-Ecc5% - dir.0°
18	Distrib.Forze Prop.Modolo:-Fx+0.3*Fy-Ecc5% - dir.180°
19	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fy+0.3*Fx-Ecc5% - dir.90°
20	Distrib.Forze Prop.Modolo:-Fy+0.3*Fx-Ecc5% - dir.270°
21	Distrib.Forze Prop.Massa:+Fx+0.3*Fy-Ecc5% - dir.0°
22	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fx+0.3*Fy-Ecc5% - dir.180°
23	Distrib.Forze Prop.Massa:+Fy+0.3*Fx-Ecc5% - dir.90°
24	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fy+0.3*Fx-Ecc5% - dir.270°

25	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fx-0.3*Fy-Ecc5% - dir.0°
26	Distrib.Forze Prop.Modolo:-Fx-0.3*Fy-Ecc5% - dir.180°
27	Distrib.Forze Prop.Modolo:+Fy-0.3*Fx-Ecc5% - dir.90°
28	Distrib.Forze Prop.Modolo:-Fy-0.3*Fx-Ecc5% - dir.270°
29	Distrib.Forze Prop.Massa:+Fx-0.3*Fy-Ecc5% - dir.0°
30	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fx-0.3*Fy-Ecc5% - dir.180°
31	Distrib.Forze Prop.Massa:+Fy-0.3*Fx-Ecc5% - dir.90°
32	Distrib.Forze Prop.Massa:-Fy-0.3*Fx-Ecc5% - dir.270°

Tabella combinazioni di carico 1/3 A1 - SLV / SLD															
Peso Strutturale	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Abitazioni	1,50	1,05	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Var.Amb.affol.	1,50	1,05	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Var.Scale	1,50	1,05	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Var.Neve h<=1000	0,75	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Var.Coperture	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00	0,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00	0,00	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30
Sisma direz. grad 0	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
Sisma direz. grad 90	0,00	0,00	0,30	0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	-0,30

Tabella combinazioni di carico 2/3 A1 - SLV / SLD															
Peso Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Abitazioni	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Var.Amb.affol.	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Var.Scale	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Var.Neve h<=1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Var.Coperture	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	1,00	-1,00	1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30
Corr. Tors. dir. 90	-0,30	0,30	0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00
Sisma direz. grad 0	-1,00	-1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
Sisma direz. grad 90	-0,30	-0,30	-0,30	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabella combinazioni di carico 3/3 A1 - SLV / SLD				
Peso Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Abitazioni	0,30	0,30	0,30	0,30
Var.Amb.affol.	0,60	0,60	0,60	0,60
Var.Scale	0,60	0,60	0,60	0,60

Var.Neve h<=1000	0,00	0,00	0,00	0,00
Var.Coperture	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	-0,30	0,30	-0,30	0,30
Corr. Tors. dir. 90	-1,00	-1,00	1,00	1,00
Sisma direz. grd 0	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
Sisma direz. grd 90	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00

Tabella combinazioni di carico 1/3 RARE - SLE		
Peso Strutturale	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00
Var.Abitazioni	1,00	0,70
Var.Amb.affol.	1,00	0,70
Var.Scale	1,00	0,70
Var.Neve h<=1000	0,50	1,00
Var.Coperture	1,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00	0,00

Tabella combinazioni di carico 2/3 FREQUENTI - SLE		
Peso Strutturale	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00
Var.Abitazioni	0,50	0,30
Var.Amb.affol.	0,70	0,60
Var.Scale	0,70	0,60
Var.Neve h<=1000	0,00	0,20
Var.Coperture	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00	0,00

Tabella combinazioni di carico 3/3 PERMANENTI - SLE	
Peso Strutturale	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00
Var.Abitazioni	0,30
Var.Amb.affol.	0,60
Var.Scale	0,60
Var.Neve h<=1000	0,00
Var.Coperture	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00

7. ANALISI CONOSCITIVA E INDAGINI SPECIFICHE

7.1 RILIEVI E ANALISI DOCUMENTALE

Le analisi svolte, utilizzate come basi informative per l'analisi sismica dell'edificio, comprendono ricerche conoscitive bibliografiche sulle caratteristiche geologiche della zona soggetta a verifica, analisi dei documenti progettuali rintracciati presso gli enti competenti, e indagini specifiche effettuate sull'opera per determinare le caratteristiche dei materiali costituenti.



Individuazione edificio oggetto di Verifica

L'edificio sede dell'**Asilo nido "Marco Polo"** é costituito da una costruzione in c.a. realizzata presumibilmente negli anni '70 -'80 del secolo scorso.

L'edificio scolastico si compone di un corpo unico con una struttura portante in c.a. che si sviluppa in parte su un unico livello fuori terra e in parte su due livelli fuori terra (piano terra e piano primo) con un piano interrato. Il piano primo é la porzione di fabbricato destinato ad alloggio ex-custode. Il fabbricato ha una forma irregolare costituita dall'unione di parallelepipedi con l'ingombro massimo in pianta di circa 20 m di larghezza e 44 m di lunghezza; la copertura é piana.

a. SISMICITA' DEL SITO

La definizione dell'azione sismica viene eseguita a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, definita a sua volta in termini di "accelerazione orizzontale

massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4.” Le forme spettrali sono definite invece, per ciascuna probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento, a partire dai tre parametri validi per sito rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma sono dati i valori dei tre parametri sopra citati, per tutti i siti considerati, in base ad un reticolo di riferimento basato su periodi di ritorno compresi nell'intervallo 30 anni/2.475 anni. Come già accennato precedentemente, la norma individua quattro stati limite (con la possibilità di ridurre l'analisi fino ad un solo stato limite ultimo, nel caso di strutture esistenti), che in ordine crescente sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO);
- Stato Limite di Danno (SLD);
- Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV);
- Stato Limite di Prevenzione del Collasso (SLC).

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab.3.2.I:

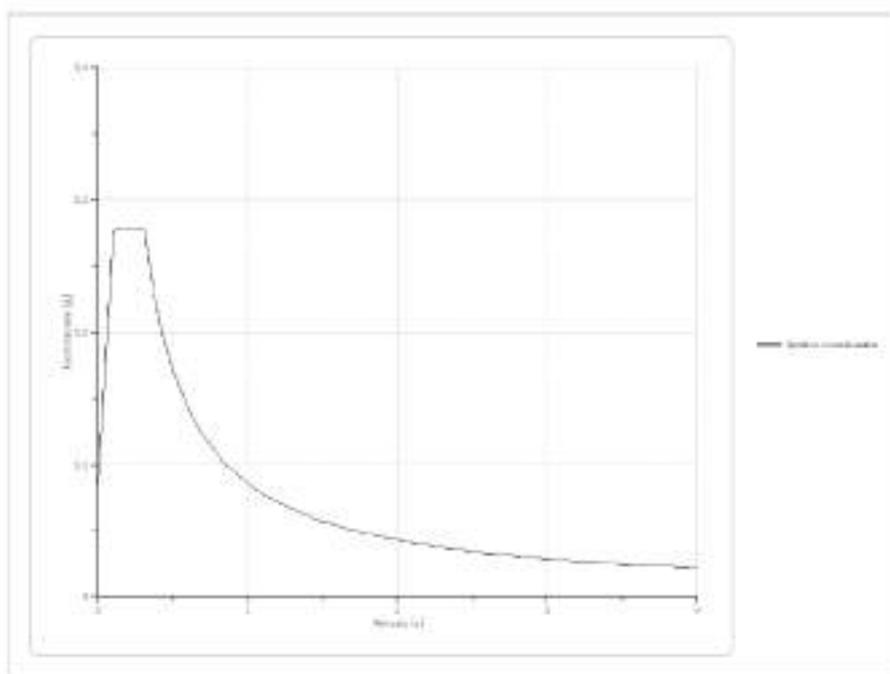
Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 1: NTC2018 Tabella 3.2.I Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite

L'attuale pericolosità sismica su reticolo di riferimento è strutturata in forma di tabella nella quale sono riportati i valori di riferimento dei tre parametri fondamentali (ag, F0 e Tc*), in relazione ad alcuni periodi di ritorno. Per un qualunque punto del territorio non

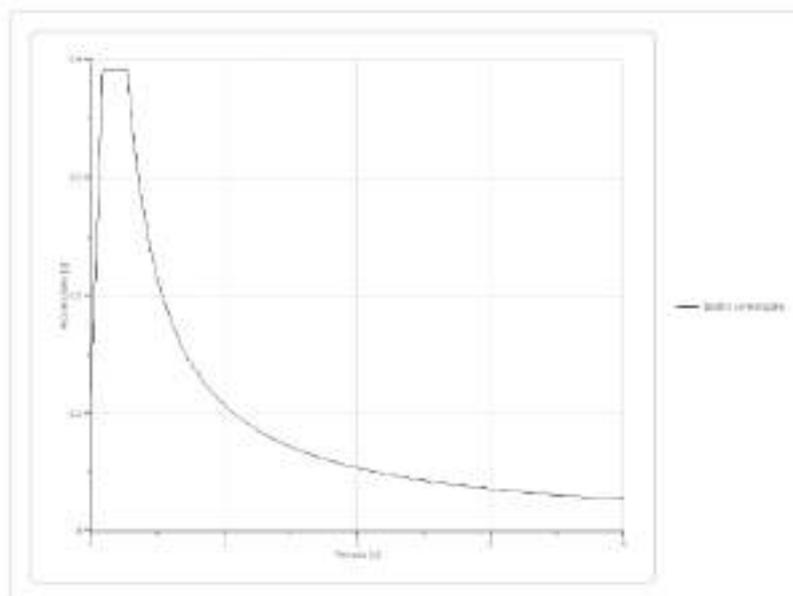
ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri: a_g , F_0 e T_c^* , possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. Nel caso in esame l'azione sismica è stata calcolata mediante risposta sismica locale, di conseguenza non si è tenuto conto della costruzione dello spettro secondo i tre parametri sopracitati. I fattori di amplificazione stratigrafici e topografici non vengono adoperati per scalare la domanda, ma questo perché, con la risposta sismica locale, tali strati e topografia influenzano difatti la risposta. Di seguito viene riportato un estratto sintetico dello studio della risposta sismica locale (per maggiore dettaglio si rimanda all'elaborato dedicato)



Parametri spettro normalizzato

A_g [g]	F_0	T_c^*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.086	3.247019	--	0.103	0.308	1.943	0.086	0.278	1.587

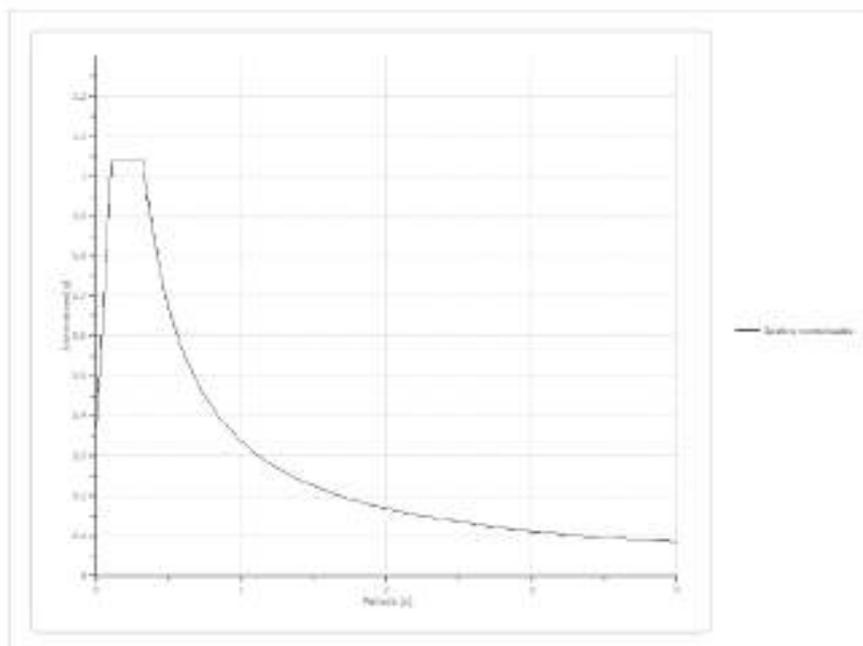
Spettro normalizzato allo SLO



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.116	3.377974	--	0.091	0.274	2.064	0.116	0.391	1.610

Spettro normalizzato allo SLD



Parametri spettro normalizzato

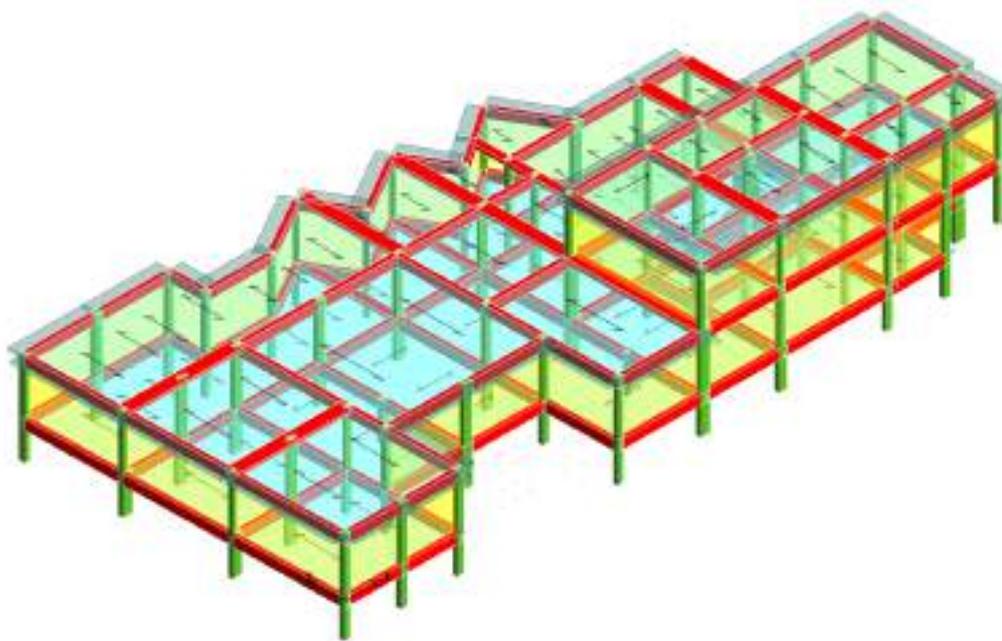
Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.371	2.796343	--	0.108	0.324	3.086	0.371	1.039	1.934

Spettro normalizzato allo SLV

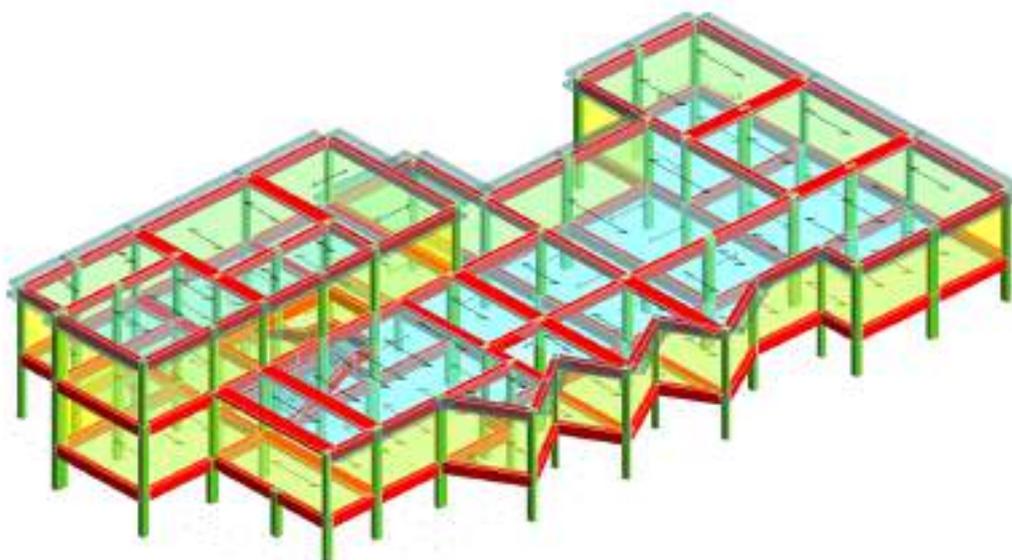
***b. IDENTIFICAZIONE DELL'ORGANISMO STRUTTURALE ED
INDAGINI EFFETTUATE***

L'edificio sede dell'Asilo nido "Marco Polo" é costituito da una costruzione in c.a. realizzata presumibilmente negli anni '70 -'80 del secolo scorso.

L'edificio scolastico si compone di un corpo unico con una struttura portante in c.a. che si sviluppa in parte su un unico livello fuori terra e in parte su due livelli fuori terra (piano terra e piano primo) con un piano interrato. Il piano primo é la porzione di fabbricato destinato ad alloggio ex-custode. Il fabbricato ha una forma irregolare costituita dall'unione di parallelepipedi con l'ingombro massimo in pianta di circa 20 m di larghezza e 44 m di lunghezza; la copertura é piana.



Modello strutturale.



Modello strutturale.

Sono state eseguite indagini sia distruttive che non sugli elementi in calcestruzzo armato tramite l'utilizzo di sclerometro e pacometro.

Va riscontrato inoltre che le NTC 2018 impongano le verifiche sismiche e quindi un grado di sicurezza anche per quegli elementi che, anche non strutturali, possono, crollando, provocare danno alle persone il tutto come indicato al § 7.2.3 delle NTC 2018. In tale punto infatti, si legge che *“Per elementi costruttivi non strutturali s'intendono quelli con rigidezza, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale e quelli che, pur non influenzando la risposta strutturale, sono ugualmente significativi ai fini della sicurezza e/o dell'incolumità delle persone.*

Nel nostro caso non è stato riscontrato all'analisi visiva alcun accorgimento atto a scongiurare l'espulsione dei pannelli di tamponatura e/o il ribaltamento delle tramezze interne. Va sottolineato, per completezza, che tali accorgimenti potrebbero essere stati realizzati anche in modo non direttamente visibile durante i sopralluoghi.

7.2 INDAGINI SCLEROMETRICHE

La prova si basa sulla corrispondenza esistente tra il carico unitario di rottura a compressione e la durezza superficiale del calcestruzzo, misurata quest'ultima in termini di energia elastica residua a seguito dell'urto di una massa mobile con la superficie dell'elemento da indagare. Lo strumento con cui viene effettuata la prova è lo *sclerometro*, ovvero un apparecchio meccanico consistente un maglio di acciaio caricato a molla che, quando viene rilasciato, colpisce un pistone di acciaio a contatto con la superficie del calcestruzzo indagato; la distanza di rimbalzo del martello viene misurata su una scala lineare applicata al telaio dello strumento.



Figura 4 - Battuta sclerometrica

La prova, per ogni punto di analisi, è stata ripetuta diverse volte e il valore di resistenza del calcestruzzo è stato ottenuto dalla media dei valori riscontrati.

7.3 INDAGINI CON PACOMETRO

Il pacometro è uno strumento digitale che permette di rilevare in maniera non distruttiva la presenza, la direzione e il diametro delle barre di armatura all'interno di elementi in calcestruzzo armato, oltre alla misura dello spessore del copriferro e dell'interferro.



E' basato sulla produzione di un campo magnetico ad impulsi in prossimità del punto da

indagare sulla superficie esterna del calcestruzzo; un segnale di ritorno perviene allo strumento se nel calcestruzzo esiste una barra d'armatura d'acciaio; l'intensità del segnale è direttamente proporzionale alla dimensione della barra e inversamente proporzionale alla distanza della barra stessa dalla superficie del calcestruzzo (copriferro). Appoggiando lo strumento su un punto della superficie esterna del calcestruzzo è quindi possibile accertare se

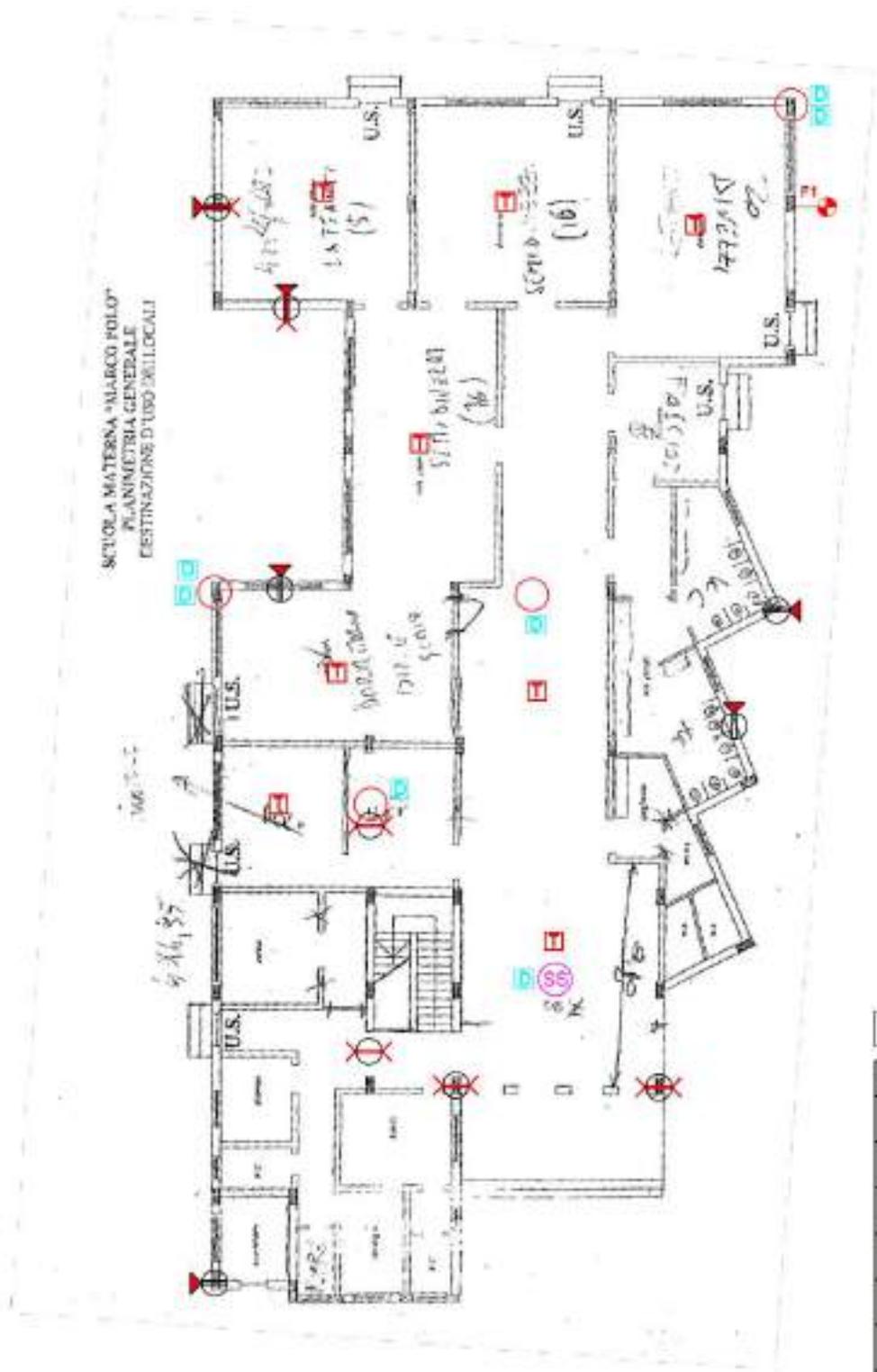
Figura 5- Indagine con pacometro

all'interno esiste una barra d'acciaio e, nel caso positivo, avere la misura del copriferro e del diametro della barra stessa.

7.4 INDAGINI DISTRUTTIVE

La conoscenza della struttura non si è limitata alle sole indagini non distruttive con sclerometro e pacometro, ma si sono eseguite a cure del laboratorio autorizzato [ex art. 59](#), (Geoconsultlab) anche indagini distruttive sugli elementi portanti in misura adeguata al raggiungimento del Livello di Conoscenza [LC2](#).

Si è eseguito il prelievo di carote di calcestruzzo e barre di acciaio sulle quali sono state realizzate le prove di resistenza meccanica rispettivamente a compressione per le carote di calcestruzzo e a trazione per le barre di acciaio, dalle quali si è potuto determinare il valore di resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo ed il valore di snervamento e rottura caratteristico delle barre di acciaio.



10.23.327 Asilo nido Marco Polo
PIANTA PIANO TERRA

LEGENDA	
INDAGINI SUI MATERIALI	
SAGGIO elementi in c.a.	○
SAGGIO suolo	SS
PACOMETRE	P
SONDRE (acrometri+altazim)	⊗
CAROTAGGIO + SONDRE (con carbonatazione carota)	⊗
CAROTAGGIO (con carbonatazione carota)	⊗
TERMOGRAFIA	T
PRELIEVO FERRO	F
PROVA DUROMETRICA	D
INDAGINI GEOGNOSTICHE	
Prospezioni Sismiche MASW	-----

PIANTA PIANO TERRA CON UBICAZIONE INDAGINI



10.23.327 Asilo nido Marco Polo
PIANTA PIANO PRIMO

PIANTA PIANO PRIMO CON UBICAZIONE INDAGINI

LEGENDA	
INDAGINI SUI MATERIALI	
SAGGIO elementi in c.a.	○
SAGGIO calce	⊗
PACOMETRIE	P
SONREB (sismometri+ultrasuoni)	⊗
CAROTTAGGIO + SONREB (con carbonatationi carota)	⊗
TERMOGRAFIA	T
PRELIEVO FERRO	⊗
PROVA DUREZZA	D
INDAGINI GEOGNOSTICHE	
Prospettivi Sismiche MASW	◆◆◆◆

I risultati ottenuti si possono sintetizzare come di seguito riportato (per una visione più dettagliata si rimanda all'elaborato dedicato):

Risultati prove di schiacciamento carote:

RISULTATI DELLE PROVE SU CAMPIONI CILINDRICI

N°	SIGLA	N. VERBALE	H- DIAM. (mm)		Giri di Maturaz. (***)	Massa Volumica (Kg/mc)	Carico (KN)	Resistenza Unitaria (N/mmq)	Data Preleva.	Data Prova	Tipo rottura (*)	(**) Camp. Resil.	POSIZIONE PRELIEVO SIGLA PRELIEVO
			H	DIAM.									
1	87 /1	1	95	94	0	2268,1	292,50	29,19	09/12/2021	25/01/2022	S	SI	C1PIL.-Pilastro P.Terra
2	87 /2	1	188	94	0	2269,3	149,60	21,56	09/12/2021	25/01/2022	S	SI	C2PIL.-Pilastro P.Terra
3	87 /3	1	188	94	0	2241,5	118,80	17,12	09/12/2021	25/01/2022	S	SI	C3PIL.-Pilastro P.Terra
4	87 /4	1	189	94	0	2269,7	133,50	19,24	09/12/2021	25/01/2022	S	SI	C4TR.-Trave P.Terra
5	87 /5	1	188	94	0	2273,1	149,90	21,61	09/12/2021	25/01/2022	S	SI	C5TR.-Trave P.Terra
6	87 /6	1	188	94	0	2284,5	192,60	27,76	09/12/2021	25/01/2022	S	SI	C6TR.-Trave P.Terra
7	87 /7	1	188	94	0	2242,5	130,20	18,77	09/12/2021	25/01/2022	S	SI	C1PIL.-Pilastro P.Primo
8	87 /8	1	189	94	0	2242,0	141,00	20,32	09/12/2021	25/01/2022	S	SI	C2PIL.-Pilastro P.Primo
9	87 /9	1	188	94	0	2261,6	157,80	22,75	10/12/2021	25/01/2022	S	SI	C3TR.-Trave P.Primo
10	87 /10	1	188	94	0	2260,3	171,00	24,65	10/12/2021	25/01/2022	S	SI	C4TR.-Trave P.Primo

Risultati prove a trazione sulle barre di armatura

RISULTATI DELLE PROVE SU TONDINI DI ACCIAIO

SIGLA	DESCRIZIONE	DIAPETRO (*) INSCRITTO (mm)	CARICO UNITARIO DI SERRAMENTO (N/mm²)	CARICO UNITARIO DI ROTTURA (N/mm²)	Agf (%)	FY/FYK (f_y/f_{yk})	FT/FY	DIAPETRO MATERNO	N.Verbaie
1/ 87	FTTR08(acciaio)	7.96	422,31	597,13	13,10	0.94	1.414		1
2/ 87	FTTR08(acciaio)	7.93	413,56	585,19	13,59	0.92	1.415		1

Questi valori sono stati opportunamente elaborati per ricavare i valori medi da utilizzare in fase di calcolo che verranno scontati dei coefficienti relativi ai materiali e al fattore di confidenza relativo al livello di conoscenza raggiunto.

8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E CARICHI APPLICATI

Per la valutazione della resistenza del calcestruzzo in opera, avendo a disposizione i dati delle carote, è necessario passare dal dato sperimentale alle resistenze mediante elaborazioni numeriche, che tengano conto di numerosi fattori: dimensioni del campione, direzione del getto rispetto al prelievo, disturbo del materiale in fase di prelievo, modalità di conservazione della campione, eventuale presenza di barre nel prelievo.

In letteratura scientifica ci sono svariati metodi di correlazione di tali parametri, nel caso specifico si sono scelti i principali metodi conosciuti e di comprovata validità, ovvero:

- Metodo A.C.I. (Association Concrete Institute)
- Metodo Prof. Masi

- Metodo B.S. (British Standard 1881)
- Metodo C.S. (Concrete Society)

Nella tabella seguente sono riassunti i valori di resistenza sperimentali.

Nr. Prova	Res. a compressione [MPa]	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Umidità	D ferri [mm]	Dist. ferri [mm]	Dir. Perf.
1	29.19	94	95	D	-	-	O
2	21.56	94	188	D	-	-	O
3	17.12	94	188	D	-	-	O
4	19.24	94	189	D	-	-	O
5	21.61	94	188	D	-	-	O
6	27.76	94	188	D	-	-	O
7	18.77	94	188	D	-	-	O
8	20.32	94	189	D	-	-	O
9	22.75	94	188	D	-	-	O
10	24.65	94	188	D	-	-	O

Nella tabella seguente sono riassunti i valori corretti.

Nr. Prova	A.C.I. [MPa]	Masi [MPa]	B.S. 1881 [MPa]	C.S. [MPa]	EN-NTC-C.S.LL.PP. [MPa]	Media [MPa]
1	26.61	25.80	26.88	30.49	28.57	27.67
2	22.56	23.72	21.56	28.03	25.36	24.25
3	17.91	20.54	17.12	22.26	20.14	19.59
4	20.13	23.12	19.26	25.05	22.68	22.05
5	22.61	23.77	21.61	28.09	25.42	24.30
6	29.04	30.54	27.76	36.09	32.66	31.22
7	19.64	22.52	18.77	24.40	22.08	21.48
8	21.26	22.38	20.34	26.45	23.95	22.88
9	23.80	25.03	22.75	29.58	26.76	25.58
10	25.79	27.12	24.65	32.05	29.00	27.72

Per l'utilizzo dei metodi di analisi indicati dalla Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 al punto 8.7.4.2 i valori da utilizzare risultano essere i seguenti:

Descrizione	Valore [MPa]
Resistenza media fcm / FC	24.67
Resistenza media fcm * FC	24.67

Dove il fattore di confidenza FC è assunto pari a: 1.00.

Il valore medio delle prove distruttive su carote che è stato utilizzato ai fini delle verifiche risulta pari a **24,6 N/mm²** ovvero 246 Kg/cm²

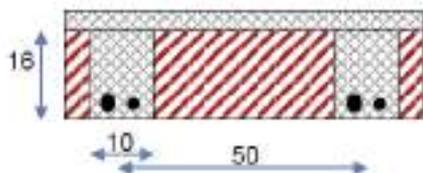
Per quanto riguarda l'acciaio, dalle prove di trazione risulta un valore medio della tensione di snervamento pari a **417,5 N/mm²** e una tensione di rottura pari a **591 N/mm²**.

Il solaio di piano è di tipo laterocemento con travetti gettati in opera di dimensioni 20+4cm, mentre il solaio di copertura è di tipo laterocemento con travetti gettati in opera 16+4cm e 25+5cm.

SOLAIO COPERTURA PIANO TERRA

SOLAIO LATEROCEMENTO GETTATO IN OPERA

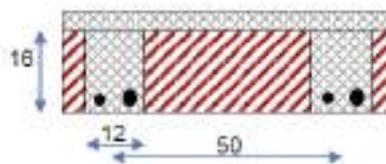
Armatura travetti: 1 Φ 18 + 1 Φ 16



SOLAIO COPERTURA PIANO PRIMO

SOLAIO LATEROCEMENTO GETTATO IN OPERA

Armatura travetti: 1 Φ 16 + 1 Φ 8



Per il peso dei solai sono stati inseriti, i parametri determinati dalla tipologia di solaio, dallo spessore dello stesso e della soletta collaborante, dall'interasse dei travetti e dal peso specifico dei materiali che li compongono.

I valori di calcolo utilizzati per effettuare le verifiche, adottando un fattore di confidenza pari a 1,2, sono quindi:

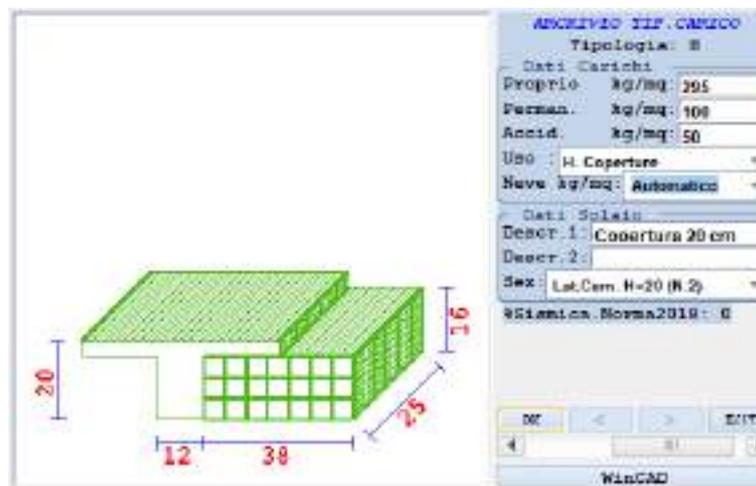
CALCESTRUZZO E ACCIAIO	
Mod.El. kg/cmq	273098
Coeff. Poisson	0.2
Peso Sp. kg/mc	2500
DATI DA PROVINI	
fcm kg/cmq	246.7
fsm kg/cmq	4175

9. ANALISI DEI CARICHI

Solaio interpiano I° IMPALCATO

Analisi dei carichi						
Solaio Interpiano						
Solaio Latero cemento con travetti gettati in opera						
	Numero	H	Largh.	Lungh.	Peso	Totale
	[-]	[m]	[m]	[m]	[KN/m ³]	[KN/m ²]
G ₁	Soletta		0.04	1.00	25	1.00
	Travetti	2	0.20	0.10	25	1.00
	Laterizi	2	0.20	0.40	8	1.28
					Tot.	3.28
G ₂	Massetto		0.04	1.00	15	0.60
	Pavimento					0.30
	Incidenza tramezzi					1.00
					Tot.	1.90
Q	Ambienti affollati				Tot.	3.00

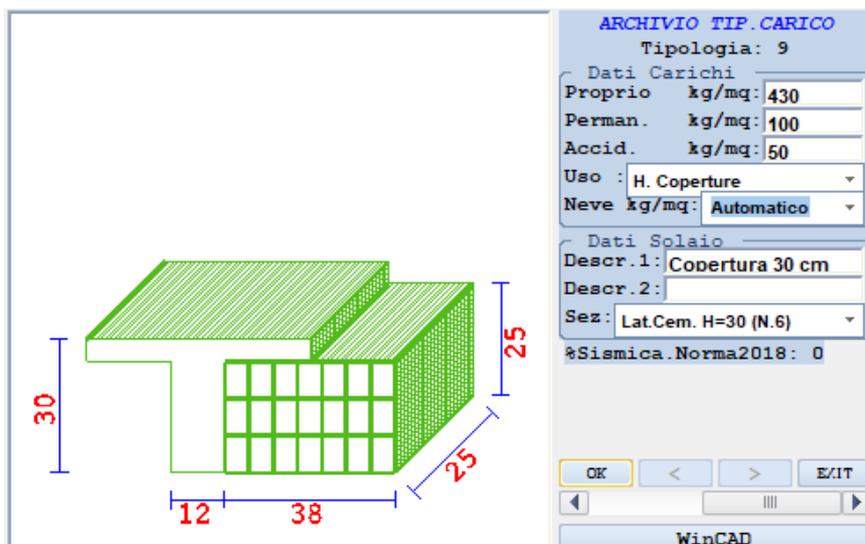
Analisi dei carichi solaio interpiano piano I° IMPALCATO



Solaio di copertura 20cm II° IMPALCATO

Analisi dei carichi						
Solaio di copertura						
Solaio Latero cemento con travetti gettati in opera 20 cm						
	Numero	H	Largh.	Lungh.	Peso	Totale
	[-]	[m]	[m]	[m]	[KN/m ³]	[KN/m ²]
G ₁	Soletta		0.04	1.00	25	1.00
	Travetti	2	0.16	0.12	25	0.96
	Laterizi		0.16	0.38	8	0.97
					Tot.	2.93
G ₂	Massetto		0.05	1.00	18	0.75
	Impermeabilizzazione		0.005			0.03
	Intonaco		0.01			0.18
					Tot.	0.96
Q	Variabili Copertura				Tot.	0.50
Q _{neve}	Carichi Neve				Tot.	0.48

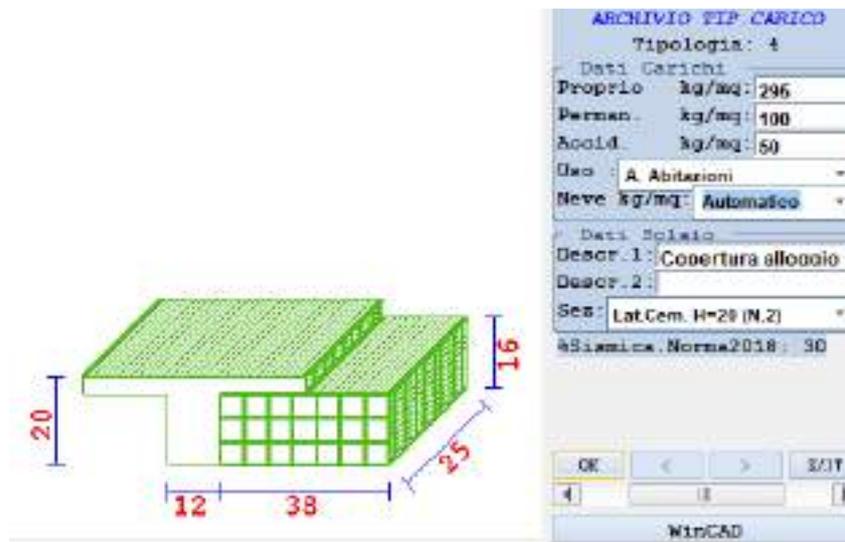
Analisi dei carichi solaio di copertura 20cm II° IMPALCATO



Solaio di copertura 30 cm II° IMPALCATO

Analisi dei carichi							
Solaio di copertura							
Solaio Latero cemento con travetti gettati in opera 20 cm							
		Numero	H	Largh.	Lungh.	Peso	Totale
		[-]	[m]	[m]	[m]	[KN/m ³]	[KN/m ²]
G ₁	Soletta		0.05	1.00		25	1.25
	Travetti	2	0.25	0.12		25	1.50
	Laterizi		0.25	0.38		8	1.52
						Tot.	4.27
G ₂	Massetto		0.05	1.00		18	0.75
	Impermeabilizzazione		0.005				0.03
	Intonaco		0.01				0.18
						Tot.	0.96
Q	Variabili Copertura					Tot.	0.50
Q _{neve}	Carichi Neve					Tot.	0.48

Analisi dei carichi solaio di copertura 30cm II° IMPALCATO



Solaio di copertura III° IMPALCATO

Analisi dei carichi							
Solaio di copertura							
Solaio Latero cemento con travetti gettati in opera							
		Numero	H	Largh.	Lungh.	Peso	Totale
		[-]	[m]	[m]	[m]	[KN/m ³]	[KN/m ²]
G ₁	Soletta		0.04	1.00		25	1.00
	Travetti	2	0.16	0.12		25	0.96
	Laterizi	2	0.16	0.38		8	0.97
						Tot.	2.93
G ₂	Massetto		0.05	1.00		18	0.75
	Impermeabilizzazione		0.005				0.03
	Intonaco		0.01				0.18
						Tot.	0.96
Q	Variabili Copertura					Tot.	0.50
Q _{neve}	Carichi Neve					Tot.	0.48

Analisi dei carichi solaio di copertura III° IMPALCATO

Analisi dei carichi						
Scala trave a ginocchio						
Rampa						
	Numero	H	Largh.	Lungh.	Peso	Totale
	[-]	[m]	[m]	[m]	[KN/m ³]	[KN/m ²]
G ₁	Soletta		0.05	1.00		1.25
	Gradini	0.30	0.16	0.30	1	2.00
					Tot.	3.25
G ₂	Pavimento					0.45
	Inconaco		0.01			0.18
					Tot.	0.63
Q	Variabili					Tot. 4.00

Analisi dei carichi Scala trave a ginocchio Rampa

Analisi dei carichi							
Scala Pianerottolo							
Soletta piena							
	Numero	H	Largh.	Lungh.	Area	Peso	Totale
	[-]	[m]	[m]	[m]	[m ²]	[KN/m ³]	[KN/m ²]
G ₁	Soletta		0.15	1.00		25	3.75
						Tot.	3.75
G ₂	Pavimento						0.45
	Inconaco		0.01			18	0.18
						Tot.	0.63
Q	Variabili						Tot. 4.00

Analisi dei carichi Pianerottolo

Analisi dei carichi					
Tamponature doppia fodera					
	Numero	H	Largh.	Peso	Totale
	[-]	[m]	[m]	[KN/m ³]	[KN/m ²]
G ₂	Laterizio interno		0.10	8	0.80
	Laterizio esterno		0.15	8	1.20
	Intonaco		0.04	18	0.72
				Tot.	2.72

Analisi dei carichi tomponatura

- Carico da neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture, ove presente, è stato valutato mediante la seguente espressione di normativa:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \quad (\text{Cfr. §3.3.7})$$

in cui si ha:

q_s = carico neve sulla copertura;

μ_i = coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr.§ 3.4.5);

q_{sk} = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], fornito al (Cfr.§ 3.4.2) delle N.T.C. 2018. per un periodo di ritorno di 50 anni;

C_E = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr.§ 3.4.3);

C_t = coefficiente termico di cui al (Cfr.§ 3.4.4).

Date le caratteristiche dell'edificio, il carico da vento è stato trascurato.

Per la zona di Napoli il carico neve sulla copertura, attribuendo tutti i valori relativi alla condizione specifica risulta pari a **48 Kg/m²** ovvero al minimo previsto dalla normativa.

10. VERIFICHE NUMERICA ED ANALISI

L'analisi statica non lineare consiste nell'applicare alla struttura i carichi gravitazionali e, per la direzione considerata dell'azione sismica, un sistema di forze orizzontali distribuite, ad ogni livello della costruzione. Il profilo di forze utilizzato può essere di diverse combinazioni: proporzionalmente alle forze d'inerzia, alle altezze o ai modi di vibrare. Tali forze vengono applicate sulla struttura, sia in direzione positiva che negativa e fino al raggiungimento delle condizioni di collasso locale o globale, lo spostamento orizzontale del punto di controllo. Il un punto di controllo viene scelto in prossimità del centro di massa dell'ultimo livello della costruzione.

Si devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) di seguito illustrate.

Gruppo 1 - Distribuzioni principali:

se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75% si applica una delle due distribuzioni seguenti:

distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.4.2, utilizzando come seconda distribuzione la a) del Gruppo 2,

distribuzione corrispondente a un andamento di accelerazioni proporzionale alla forma del modo fondamentale di vibrare nella direzione considerata; in tutti i casi può essere utilizzata la distribuzione corrispondente all'andamento delle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento calcolate in un'analisi dinamica lineare, includendo nella direzione considerata un numero di modi con partecipazione di massa complessiva non inferiore allo 85%. L'utilizzo di questa distribuzione è obbligatorio se il periodo fondamentale della struttura è superiore a 1,3 TC.

Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie:

distribuzione di forze, desunta da un andamento uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;

distribuzione adattiva, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura;

distribuzione multimodale, considerando almeno sei modi significativi.

11. RISULTATI DELLE VERIFICHE DELLO STATO DI FATTO

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

1) Per i carichi statici: METODO DELLE DEFORMAZIONI;

2) Per i carichi sismici: metodo dell'ANALISI DINAMICA LINEARE CON FATTORE DI COMPORTAMENTO DIFFERENZIATO PER ELEMENTI DUTTILI E FRAGILI.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

Analisi sismica della struttura

La valutazione di sicurezza consiste nel determinare l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza richiesti delle Norme, definiti dai coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sui materiali. L'entità dell'azione sismica sostenibile è denominata Capacità, l'entità dell'azione sismica attesa è denominata Domanda. Entrambe vanno determinate per due stati limite considerati (SLO ed SLV, oppure SLD ed SLV etc...).

Un modo sintetico ed esaustivo per esprimere l'entità dell'azione sismica e quindi di Capacità e Domanda è il relativo periodo di ritorno T_R , tuttavia è opportuno riportare i risultati della valutazione anche in termini di accelerazione massima orizzontale al

suolo. Vengono quindi calcolati i valori di accelerazione al suolo (PGA_C) e di periodo di ritorno (T_{RC}) corrispondenti al raggiungimento dei diversi stati limite:

- PGA_{SLC} = capacità per lo stato limite di prevenzione del collasso (SLC)
- PGA_{SLV} = capacità per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV)
- PGA_{SLD} = capacità per lo stato limite di danno (SLD)
- PGA_{SLO} = capacità per lo stato limite di operatività (SLO)

Analogamente per i periodi di ritorno T_R i cui indici diventano T_{RSLC} , T_{RSLV} , T_{RSLD} e T_{RSLO} rispettivamente per gli stati limite SLC, SLV, SLD ed SLO. Si ricorda che la verifica per la SLO è richiesta per le opere in classe IV, quella per lo SLD per le opere di classe III. La verifica per lo SLU può essere effettuata nei confronti dello SLV o SLC.

L'indice di rischio può essere espresso sia in come rapporto tra capacità e domanda in termini di PGA che di periodi di ritorno dell'azione sismica. Il primo rapporto è concettualmente lo stesso utilizzato come indicatore di rischio per le verifiche sismiche effettuate fino a tutto il 2007, quindi coerente con gli Allegati dell'Ordinanza 3274 e ss.mm.e ii. Per il secondo, visto che darebbe luogo ad una scala di rischio molto diversa a causa della conformazione delle curve di pericolosità (accelerazione o ordinata spettrale in funzione del periodo di ritorno).

In definitiva avremo i seguenti indicatori di rischio:

- ζ_{uc} è un indicatore del rischio collasso,
- ζ_{uv} del rischio per la vita,
- ζ_{ed} è un indicatore del rischio di inagibilità dell'opera,
- ζ_{eo} del rischio di non operatività.

Valori prossimi o superiori all'unità caratterizzano casi in cui il livello di rischio è prossimo a quello richiesto dalle norme; valori bassi, prossimi a zero, caratterizzano casi ad elevato rischio. Per quello che riguarda gli stati limite da considerare per la valutazione della sicurezza strutturale di un edificio la norma specifica chiaramente che “[...] in presenza di azioni sismiche, gli SLU e gli SLE sono quelli precisati nel § 3.2.1”, dove vengono elencati sostanzialmente due stati limite di esercizio (Stato Limite di Operatività (SLO), Stato Limite di Danno (SLD)) e due stati limite ultimi (Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), Stato Limite di Prevenzione del Collasso (SLC)). Tuttavia, la norma sottolinea anche che “Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed

è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi”. Infatti, nel capitolo 8, al paragrafo 8.3 delle NTC 2018 si precisa che la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLU, salvo per le costruzioni in classe d’uso IV, per le quali sono richieste anche le verifiche agli SLE specificate al § 7.3.6 delle NTC 2018. In quest’ultimo caso potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti.

Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) secondo quanto specificato al § 7.3.6 delle NTC 2018. **Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione (sostanzialmente lo stesso di α).** Per cui i parametri di cui sopra sono stati calcolati in relazione ai quattro stati limitecitali come in termini di accelerazioni (PGA) sono:

- ζ_{SLO} stato limite di operatività (α_{SLO}) = PGA_{LO}/PGA 81%
- ζ_{SLD} stato limite di danno (α_{SLD}) = PGA_{LD}/PGA 63%
- ζ_{SLV} stato limite di salvaguardia della vita (α_{SLV}) = PGA_{LV}/PGA 10%
- ζ_{SLC} stato limite di collasso(α_{SLC}) = PGA_{LC}/PGA

5%Mentre in termini di periodo di ritorno risultano essere:

- $\zeta_{SLO} = T_{R,SLO} / T_{RIF,SLO}$
- $\zeta_{SLD} = T_{R,SLD} / T_{RIF,SLD}$
- $\zeta_{SLV} = T_{R,SLV} / T_{RIF,SLV}$
- $\zeta_{SLC} = T_{R,SLC} / T_{RIF,SLC}$

Per l’edificio in esame tali parametri, calcolati mediante analisi statica non lineare della struttura, risultano essere:

RISULTATI GLOBALI

Numero PushOver	PgaSLO/Pga81%	PgaSLD/Pga63%	PgaSLV/Pga10%	PgaSLC/Pga5%
1	.099	.073	.023	0
2	.132	.098	.03	0
3	.132	.098	.03	0
4	.099	.073	.023	0
5	.099	.073	.023	0
6	.148	.11	.034	0
7	.148	.11	.034	0

8	.132	.098	.03	0
9	.082	.061	.019	0
10	.148	.11	.034	0
11	.132	.098	.03	0
12	.099	.073	.023	0
13	.115	.085	.026	0
14	.165	.122	.038	0
15	.148	.11	.034	0
16	.148	.11	.034	0
17	.099	.073	.023	0
18	.132	.098	.03	0
19	.148	.11	.034	0
20	.148	.11	.034	0
21	.099	.073	.023	0
22	.148	.11	.034	0
23	.165	.122	.038	0
24	.165	.122	.038	0
25	.099	.073	.023	0
26	.132	.098	.03	0
27	.148	.11	.034	0
28	.165	.122	.038	0
29	.115	.085	.026	0
30	.165	.122	.038	0
31	.165	.122	.038	0
32	.165	.122	.038	0
Min. PgaSL/Pga%	.082	.061	.019	0

Numero PushOver	PgaSLO/Pga81%	PgaSLD/Pga63%	PgaSLV/Pga10%
Min. PgaSL/Pga%	0.82	0.061	0.019

INDICE DI RISCHIO MINIMO ALLO SLV : $\zeta_E = 0,019$

12. ATTRIBUZIONE CLASSE DI RISCHIO SISMICO AI SENSI D.M. 58 28/02/2017

La **classe di rischio sismico** di un edificio è definita da **otto fasce** che vanno dalla più bassa con la lettera G, alla più alta, definita con A+ e la sua determinazione può avvenire con **due metodi**: semplificato o convenzionale.

Il **metodo semplificato** si basa su valutazioni indicative relativamente a soli edifici in muratura attraverso l'uso di tabelle qualificative.

Il **metodo convenzionale**, invece, si basa sulla determinazione dell'indicatore di rischio sismico definito dalle Norme Tecniche ed è da intendersi come il metodo di riferimento.

I parametri da considerare con quest'ultimo metodo sono due: un parametro di sicurezza strutturale, chiamato **Indice di sicurezza (IS-V)** e un parametro economico chiamato **Perdita annua media attesa (PAM)**. Attraverso ognuno di essi si perviene ad una classe, la minore delle quali definisce la classificazione dell'edificio.

Il parametro **IS-V** era già stato definito anni prima con la Ordinanza della Protezione Civile n.3316 del 2004 (poi OPCM 3431 del 2005 e successive). Nella sostanza si tratta comunque del minor rapporto tra la capacità offerta dall'edificio e la domanda richiesta dal sisma di progetto per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Ciò può essere espresso in vari modi ma qui si richiede il rapporto in termini di **Peak Ground Acceleration (PGA)**.

In altre parole si tratta del rapporto tra l'accelerazione che l'edificio è in grado di sopportare al raggiungimento di un meccanismo di rottura definito per lo SLV e la corrispondente domanda.

Il parametro **PAM** invece valuta l'importo per riparare i danni prodotti dall'evento sismico durante la vita della costruzione in percentuale del Costo di ricostruzione (CR). Per determinarlo si deve integrare una curva in un grafico in cui i punti della spezzata sono funzione delle perdite economiche provocate da eventi che portano al raggiungimento di uno stato limite della struttura. Il grafico è espresso in funzione di λ , frequenza media annua di superamento dello stato limite.

L'attribuzione della Classe di Rischio può avvenire, come detto, attraverso uno dei due metodi, convenzionale o semplificato, seguendo le procedure nel seguito descritte. In entrambi i metodi è fatto utile riferimento al parametro PAM, che può essere assimilato al costo di riparazione dei danni prodotti dagli eventi sismici che si manifesteranno nel corso della vita della costruzione, ripartito annualmente ed espresso come percentuale del costo di ricostruzione.

Esso può essere valutato, così come previsto per l'applicazione del metodo convenzionale, come l'area sottesa alla curva rappresentante le perdite economiche dirette, in funzione della frequenza media annua di superamento (pari all'inverso del periodo medio di ritorno) degli eventi che provocano il raggiungimento di uno stato limite per la struttura. Tale curva, in assenza di dati più precisi, può essere discretizzata mediante una spezzata. Minore sarà l'area sottesa da tale curva, minore sarà la perdita media annua attesa (PAM).

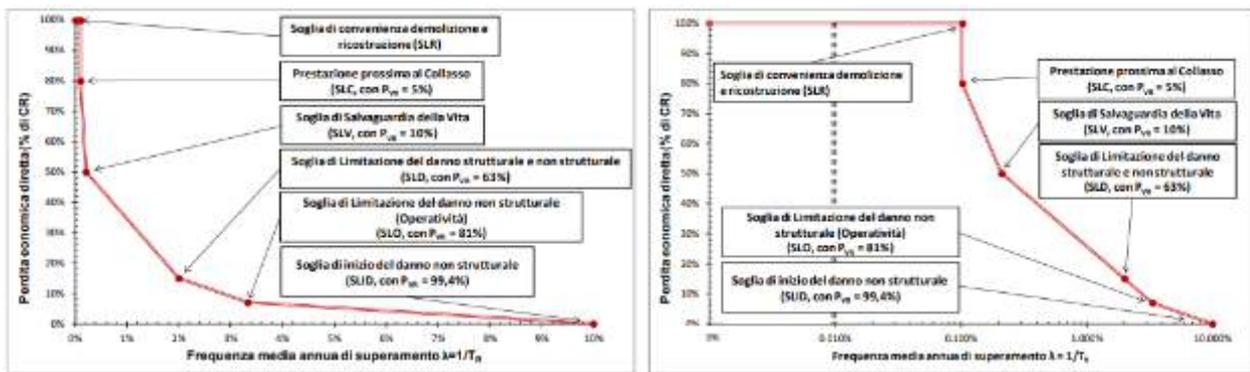


Figura 1– Andamento della curva che individua il PAM, riferito a una costruzione con vita nominale 50 anni e appartenente alla classe d’uso II. Nell’immagine a destra, per meglio individuare i punti prossimi all’asse delle ordinate, le ascisse sono in scala logaritmica.

Il metodo convenzionale assegna alla costruzione in esame una Classe di Rischio in funzione del parametro economico PAM e dell’indice di sicurezza della struttura IS-V. Per il calcolo di tali parametri (entrambi sono grandezze adimensionali, nel seguito espresse in %) è necessario calcolare, facendo riferimento al sito in cui sorge la costruzione in esame, le accelerazioni di picco al suolo per le quali si raggiungono gli stati limite SLO, SLD, SLV ed SLC, utilizzando le usuali verifiche di sicurezza agli stati limite previste dalle Norme

Perdita Media Annuata attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A^+_{PAM}
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	A_{PAM}
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B_{PAM}
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C_{PAM}
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D_{PAM}
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E_{PAM}
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F_{PAM}
$7,5\% \leq PAM$	G_{PAM}

Tabella 1 – Attribuzione della Classe di Rischio PAM in funzione dell’entità delle Perdite medie annue attese

Tecniche per le Costruzioni. Esso è dunque applicabile a tutti i tipi di costruzione previsti dalle suddette Norme Tecniche.

Al fine della assegnazione della Classe di Rischio, è necessario valutare preliminarmente la Classe PAM e la Classe IS-V in cui ricade la costruzione in esame.

I valori di riferimento per la definizione delle Classi PAM sono riportati in tabella 1

Convenzionalmente è possibile considerare periodi di ritorno dell’azione sismica inferiori a 30 anni, scalando proporzionalmente le ordinate dello spettro associato al periodo di ritorno di 30 anni. Tale procedura non si applica per periodi di ritorno inferiori a 10 anni. Analogamente, i valori di riferimento dell’indice di sicurezza da cui derivare la Classe IS-V, legata alla salvaguardia della vita umana, sono riportati in tabella 2.

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A_{IS-V}^+
$80\% \leq IS-V < 100\%$	A_{IS-V}
$60\% \leq IS-V < 80\%$	B_{IS-V}
$45\% \leq IS-V < 60\%$	C_{IS-V}
$30\% \leq IS-V < 45\%$	D_{IS-V}
$15\% \leq IS-V < 30\%$	E_{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F_{IS-V}

Tabella 2 – *Attribuzione della Classe di Rischio IS-V in funzione dell'entità dell'Indice di Sicurezza*

Per la valutazione della Classe PAM e della Classe IS-V della costruzione in esame, necessarie per l'individuazione della Classe di Rischio, è sufficiente fare uso dei metodi indicati dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, procedendo con i seguenti passi:

1) Si effettua l'analisi della struttura e si determinano i valori delle accelerazioni al suolo di capacità, $PGAC(SLi)$, che inducono il raggiungimento degli stati limite indicati dalla norma (SLC, SLV, SLD, SLO). È possibile, in via semplificata, effettuare le verifiche limitatamente allo SLV (stato limite per la salvaguardia della vita) ed allo SLD (stato limite di danno).

2) Note le accelerazioni al suolo, PGA_C , che producono il raggiungimento degli stati limite sopra detti, si determinano i corrispondenti periodi di ritorno, Tr_C , associati ai terremoti che generano tali accelerazioni.

3) Per ciascuno dei periodi sopra individuati, si determina il valore della frequenza media annua di superamento $\lambda = 1/Tr_C$. È utile sottolineare che, per il calcolo del tempo di ritorno Tr_C associato al raggiungimento degli stati limite di esercizio (SLD ed SLO) è necessario assumere il valore minore tra quello ottenuto per tali stati limite e quello valutato per lo stato limite di salvaguardia della vita. Si assume, di fatto, che non si possa raggiungere lo stato limite di salvaguardia della vita senza aver raggiunto gli stati limite di operatività e danno.

4) Si definisce Stato Limite di Inizio Danno (SLID), quello a cui è comunque associabile una perdita economica nulla in corrispondenza di un evento sismico e il cui periodo di ritorno è assunto, convenzionalmente, pari a 10 anni, ossia $\lambda = 0,1$.

5) Si definisce Stato Limite di Ricostruzione (SLR) quello a cui, stante la criticità generale che presenta la costruzione al punto da rendere pressoché impossibile l'esecuzione di un intervento diverso dalla demolizione e ricostruzione, è comunque associabile una perdita economica pari al 100%. Convenzionalmente si assume che tale

stato limite si manifesti in corrispondenza di un evento sismico il cui periodo di ritorno è pari a quello dello Stato Limite dei Collasso (SLC).

6) Per ciascuno degli stati limite considerati si associa al corrispondente valore di λ il valore della percentuale di costo di ricostruzione secondo la seguente tabella 3:

Stato Limite	CR(%)
SLR	100%
SLC	80%
SLV	50%
SLD	15%
SLO	7%
SLID	0%

Tabella 3 – Percentuale del costo di ricostruzione (CR), associata al raggiungimento di ciascuno stato limite

7) Si valuta il PAM (in valore percentuale), ovvero l'area sottesa alla spezzata individuata dalle coppie di punti (λ , CR) per ciascuno dei sopra indicati stati limite, a cui si aggiunge il punto ($\lambda=0$, CR=100%), mediante la seguente espressione:

$$PAM = \sum_{i=2}^5 [\lambda(SL_i) - \lambda(SL_{i-1})] * [CR(SL_i) + CR(SL_{i-1})] / 2 + \lambda(SLC) * CR(SLR)$$

dove l'indice "i" rappresenta il generico stato limite (i=5 per lo SLC e i=1 per lo SLID) (6) .

8) Si individua la Classe PAM, mediante la tabella 1 che associa la classe all'intervallo di valori assunto dal PAM.

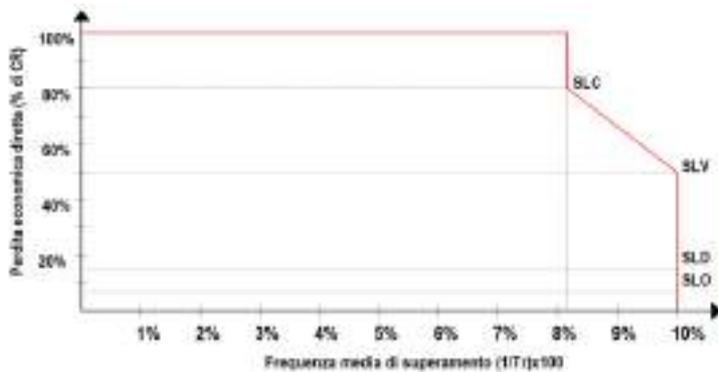
9) Si determina l'indice di sicurezza per la vita IS-V, ovvero il rapporto tra la PGA_C (di capacità) che ha fatto raggiungere al fabbricato lo stato limite di salvaguardia della vita umana e la PGA_D (di domanda) del sito in cui è posizionato la costruzione, con riferimento al medesimo stato limite.

10) Si individua la Classe IS-V, mediante la tabella 2 che associa la classe all'intervallo di valori assunto dall'Indice di sicurezza per la vita IS-V, valutato come rapporto tra la PGA_C (SLV) e PGA_D (SLV).

11) Si individua la Classe di Rischio della costruzione come la peggiore tra la Classe PAM e la Classe IS-V.

Il valore della Classe di Rischio attribuita a ciascuna costruzione, come detto, può essere migliorato a seguito di interventi che riducono il rischio della costruzione e, quindi, che incidono sul valore PAM e/o sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia della vita, valutato come rapporto tra la PGA_C (SLV) e PGA_D (SLV).

STRUTTURA ESISTENTE			
MECCANISMO	CLASSE	ISV	PAM
Globale	G	1.91812	9.93



Classe di rischio sismico ottenuta Cat=G, determinata da una Perdita Media Annuale pari a 9.93% e un IS-V = 1,91%

13. VALUTAZIONI A SEGUITO DELL'ANALISI CONDOTTA : VULNERABILITA' SISMICA

Verifica per azioni sismiche e vulnerabilità relativa: Dall'analisi dei risultati di calcolo strutturale sul modello tridimensionali della struttura, utilizzando le caratteristiche meccaniche dei materiali secondo quanto riportato nei capitoli dedicati alle indagini in sito, emerge che l'edificio oggetto di verifica presenta notevoli carenze dal punto di vista sismico con valori dell'indice di rischio sismico minimo allo SLV molto bassi ovvero pari a 0.019 calcolato con l'analisi statica non lineare.

VALORE DI ζ_E SLV = 0,019

CLASSE DI RISCHIO SISMICO: G

Valori così bassi si verificano per l'immediata crisi a taglio (rottture fragili) a carico di numerosi elementi portanti della struttura quali nodi non confinati e pilastri tozzi che risultano particolarmente vulnerabili.

A seguito dell'analisi effettuata, seguendo la corrente normativa tecnica, si può affermare che l'edificio in esame presenta un coefficiente ζ_E minore di 0.8 (valore corrispondente all'adeguamento sismico – rif. 8.4.3 NTC 2018) ed anche a 0.6 (valore minimo di miglioramento sismo per gli edifici scolastici – rif 8.4.2 NTC 2018) pertanto necessitano di interventi atti al miglioramento rispetto alle azioni sismiche.

Vulnerabilità elementi non strutturali cap. 7.2.3 NTC 2018. L'edificio in esame per sua fattura e dimensioni non è in grado di garantire la sicurezza sotto l'azione sismica richiesta come visto con valori notevolmente bassi dell'indice di rischio. È plausibile che i pannelli di tamponamento esterno, con l'attuale configurazione, vengano, durante l'evento sismico, espulsi. Questo, oltre che, ovviamente, escludere ogni loro partecipazione ed aiuto a contrastare le forze sismiche, li rende incompatibili per la fruizione in sicurezza dell'immobile in caso di sisma. Problema analogo è costituito dai paramenti di tamponamento interno che, pur non avendo funzione portante possono pregiudicare l'integrità degli utenti.

14. VITA NOMINALE RESTANTE E PERIODO DI INTERVENTO

Il concetto di **vita nominale**, dal punto di vista del committente, presenta notevoli difficoltà di comprensione. Questo perché la sua applicazione vuole rappresentare tutto il corso della vita di una struttura, sia per quanto riguarda la durabilità, sia per il calcolo dell'azione sismica di riferimento. Ancora più complicato è il concetto se applicato agli **edifici esistenti**. In particolare, per stabilire l'**azione sismica** si utilizza la vita nominale per calcolare il **tempo di ritorno** dell'azione sismica, in funzione della **probabilità di superamento** P_{vr} per un dato stato limite. Quindi, utilizzando la **distribuzione di Poisson**, si ipotizza che in una data finestra temporale (**periodo di riferimento** V_r) è previsto che mediamente si verifichi **almeno un terremoto** di una data intensità (**accelerazione** a_g) avente un dato **tempo di ritorno** T_r (frequenza media annua $\lambda = 1/T_r$). L'accelerazione a_g viene ricavata dalle **curve di pericolosità sismica** in funzione di P_{vr} , considerando lo stato limite da analizzare.

$$V_N \rightarrow V_r = V_N \cdot C_u \rightarrow T_r = \frac{-V_r}{\ln(1 - P_{vr})} \rightarrow a_g$$

Dopo queste precisazioni, definiamo in maniera più completa i due tipi di durata:

Vita nominale → numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali;

Periodo di riferimento → periodo convenzionale di valutazione delle azioni sismiche.

Nel caso della **valutazione della vulnerabilità** di un edificio esistente, il concetto di "**vita nominale**" viene modificato trasformandolo dapprima in "**vita nominale restante**" (vedi parere 6 CTS della Regione Emilia-Romagna 27/07/2010), e poi in "**tempo di intervento**" T_{int} per un dato meccanismo vulnerabile (circolare DPC/SISM/83283 del 4/11/2010). La **vita nominale restante** è un parametro relativo solo alla perdita economica dei beni e non alla perdita di vite umane, pertanto la decisione di posticipare degli interventi sarà legata solo alla disponibilità economica da parte del committente. Il **tempo di intervento** dovrebbe essere utilizzato per programmare e differire nel tempo gli interventi da realizzare.

C'è da considerare che questo parametro è stato formulato principalmente per ripartire in maniera più corretta ed opportuna i fondi pubblici.

Operativamente, per una **struttura esistente** si dovrà calcolare:

1. **Resistenza** in termini di **accelerazione** (PGA_r)
2. **Tempo di ritorno** TrR della PGA_r
3. **Tempo di intervento** T_{int} considerando anche C_u

E, quindi, calcolare il tempo di intervento con la seguente espressione:

$$T_{int} = -\frac{TrR}{C_u} \ln(1 - P_{vr})$$

Nel caso specifico in esame avremo:

- $\zeta_E = 0.019$ cui corrisponde
- $Tr_C = 5$ anni
- $C_u = 1,5$

Per cui:

$$T_{int} = - (5/1,5) \times \ln (1- 0.1) = 0,35\text{anni ovvero } 4,2 \text{ mesi}$$

Vuol dire che per i prossimi 8,7 anni c'è la probabilità del 10% che la struttura in seguito ad un terremoto distruttivo (che avviene ogni 475 anni – SLV), possa subire danni importanti.

In base alla DPC/SISM/83283 per T_{int} superiore a 30 anni si ritiene non necessaria un'immediata programmazione degli interventi. Se T_{int} invece risulta minore o uguale a 2

anni si configura un “particolare elemento di rischio” che implica l’**urgenza** degli interventi.

Nel caso in cui T_{int} risulti nullo, la verifica non è risultata soddisfatta neanche per i soli carichi statici ed è obbligatorio intervenire immediatamente. In ogni caso il **parametro T_{int} è utile per la programmazione degli interventi** per il relativo periodo, considerando anche la possibilità di fare un piano di emergenza in caso di sisma.

Il tempo di intervento è comunque da intendere in **termini probabilistici**.

E’ bene sottolineare al committente che vista l’imprevedibilità dei terremoti, il posticipare gli interventi necessari comporta l’assunzione di determinati rischi ma, anche, che fornire il tempo di intervento non vuol dire che l’incolumità della struttura è assicurata in quel lasso temporale.

15. DESCRIZIONE PROPOSTA DI INTERVENTO

Le strutture in c.a. esistenti, spesso progettate per i soli carichi verticali, sono caratterizzate da bassi quantitativi di armatura longitudinale nei pilastri rispetto alle armature a taglio. Inoltre essendo la discriminante principale il carico verticale, anche le travi risultano abbondantemente armate in direzione longitudinale e a taglio rispetto ai pilastri. Queste condizioni descritte si identificano in modo chiaro nel meccanismo di collasso “travi forti – colonne deboli”.

In generale gli interventi di consolidamento possono essere raggruppati in due grandi famiglie:

- Interventi sul comportamento globale
- Interventi di rinforzo locale

Con i primi si interviene modificando la risposta della struttura, agendo sul periodo di vibrazione e sulla ripartizione delle sollecitazioni in modo da ridurre la domanda di progetto sugli elementi esistenti (Inserimento di pareti strutturali; Inserimento di controventi in acciaio (anche dissipativi); Utilizzo di isolatori sismici.

Con i secondi si mira ad aumentare la resistenza e la duttilità di alcuni elementi (preferibilmente in maniera sistematica) in modo da modificare in maniera minima il comportamento della struttura (Ringrossi con incamiciatura in calcestruzzo; Incamiciatura con profili in acciaio; Metodo CAM; Rinforzi con FRP.

[Interventi sul comportamento globale](#)

Ogni struttura possiede delle caratteristiche di risposta all'azione sismica intrinseche alla sua geometria, materiali, distribuzione delle masse e delle rigidezze. Tutto ciò si traduce nello studio e la valutazione dei modi di vibrare della struttura e dei periodi di vibrazione. L'utilizzo dell'analisi con spettro di risposta evidenzia come dal periodo di vibrazione dipende l'azione sismica subita dalla struttura. Nella gran parte dei casi le strutture in c.a. posseggono periodi di vibrazioni compresi nel plateau dove l'accelerazione sismica è massima. L'intervento potrebbe essere progettato in modo da: A. Ridurre il periodo fondamentale - B. Aumentare il periodo fondamentale

In generale, le operazioni che si possono attuare in ambito globale sono le seguenti: Riduzione dell'irregolarità degli edifici; Riduzione delle masse; Variazioni di rigidezza e smorzamento del sistema; Aggiunta di elementi strutturali; Irrigidimento degli orizzontamenti; Modifica della distribuzione delle azioni mediante giunti tecnici

- ***Interventi di rinforzo locale***

Un approccio alternativo di rinforzo strutturale riguarda l'intervento su singoli elementi strutturali isolati. Gli interventi, come detto in precedenza, mirano ad aumentare la duttilità e le capacità dissipative degli elementi. I più comuni sono: Incamiciature in c.a.; Incamiciatura in acciaio; Rinforzi con metodo CAM Rinforzi con FRP. Questi tipi di interventi possono essere utilizzati sia su travi, su pilastri e anche sui nodi strutturali.

- ***Interventi proposti per il miglioramento sismico dell'edificio***

Le "Norme tecniche delle costruzioni", aggiornate nel 2018, definiscono come interventi di miglioramento sismico tutti i lavori che hanno come scopo quello di **aumentare la sicurezza di un edificio** e la sua resistenza a un'azione sismica. L'edificio in esame la presenza di **gravi carenze strutturali**, a cui spesso si accompagna l'**uso di materiali di qualità scadente**, ha contribuito a rendere vulnerabili molti di questi edifici, che non sono stati progettati per resistere alla furia distruttiva di un terremoto. Basti pensare ai danni provocati dai più importanti eventi sismici che hanno colpito la nostra Penisola. In un Paese ad alto rischio sismico come il nostro, è opportuno eseguire un intervento di miglioramento sismico per **mettere in sicurezza gli edifici già esistenti**, senza aspettare l'insorgere di danni a seguito di eventi del genere. Gli interventi di miglioramento sismico non prevedono che il livello di sicurezza dell'edificio raggiunga il 100%: secondo l'attuale normativa, è sufficiente che avvenga un **effettivo miglioramento delle condizioni di sicurezza della struttura**. Per essere "effettivo" il miglioramento deve essere riscontrabile a seguito di una valutazione sulla sicurezza dell'intera struttura nel suo insieme.

Difatti, a differenza degli interventi locali, questa tipologia di interventi apporta modifiche

al comportamento strutturale di un edificio: variazioni di rigidezza, di resistenza o duttilità, dovute alla modifica o all'inserimento di elementi strutturali. Quando gli interventi strutturali mirano a raggiungere il livello di sicurezza richiesto dalla normativa vigente, parliamo, invece, di adeguamento sismico.

Ai sensi del capitolo 8.4.2 delle NTC 2018 per gli edifici scolastici (ovvero edifici in classe III) il valore di z e a seguito degli interventi di miglioramento deve risultare non minore di 0.6 per cui sarà questo il nostro target di verifica.

Per l'edificio in esame si sono riscontrate una serie di fragilità locali da eliminare per migliorare le prestazioni sismiche globali.

Gli interventi necessari per a risoluzione delle criticità che è possibile ipotizzare in questa fase sono:

- **Confinamento nodi trave pilastro** con piastre in acciaio o FRP
- **Intervento di rinforzo con FRP** a taglio e flessione dei pilastri o incamiciatura in c.a. con betoncino tixotropico ad alta resistenza;
- **Intervento di rinforzo con FRP** a taglio e flessione delle travi;
- **Intervento di demolizione** delle travi a ginocchio ed eliminazione dei pilastri tozzi delle scale con successiva realizzazione di scala in acciaio o scale in c.a. giuntate;
- **Rifacimento di tutti i solai ammalorati** mediante demolizione e ricostruzione;
- **Intervento antiribaltamento** delle tamponature esterne con reti in fibra di vetro;
- **Eventuale intervento antisfondellamento** nelle zone maggiormente vulnerabili.

I rinforzi realizzati con FRP consistono in placcaggi e fasciature in modo da perseguire:

- **Aumento della resistenza a taglio** (eliminazione collassi "fragili")
- **Aumento della duttilità** delle zone critiche
- **Aumento della resistenza a flessione**

Anche i rinforzi con FRP sono di tipo "selettivo", pertanto è possibile ottimizzare l'intervento in modo da raggiungere l'obiettivo di rendere l'elemento "duatile". I materiali fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) a fibre continue sono materiali compositi che mostrano un comportamento prevalentemente elastico lineare fino al collasso. Rispetto ad altri materiali da costruzione più comuni, gli FRP presentano caratteristiche di leggerezza, elevate proprietà meccaniche, e non subiscono la corrosione. Inoltre presentano il vantaggio che la loro applicazione non comporta aumenti di spessore degli elementi strutturali. Questo tipo di materiale si trova in commercio secondo varie forme: lamine, barre, tessuti. Per le applicazioni legate al rinforzo di strutture esistenti le forme più

comuni sono i tessuti bidirezionali, i quali si adattano facilmente alla superficie sui quali vengono applicati.

La famiglia degli FRP è formata dai principali tipi di polimeri: fibre di vetro (GFRP), fibre di carbonio (CFRP) e fibre aramidiche (AFRP).

L'applicazione di queste fibre viene effettuata mediante una matrice (resina epossidica), la quale consente la perfetta adesione con il supporto sottostante in calcestruzzo. In effetti, la resistenza finale del "pacchetto" fibra-matrice-supporto è spesso penalizzata dal distacco del calcestruzzo secondo il fenomeno della "delaminazione".

Il rinforzo a taglio viene realizzato mediante l'applicazione di "fasce" ortogonali all'asse dell'elemento (trave o pilastro) e può essere utilizzato per ripristinare i criteri della gerarchia delle resistenze. Il rinforzo nel suo complesso deve essere valutato considerando i contributi del calcestruzzo e dell'eventuale armatura trasversale metallica presente, secondo la relazione:

$$V_{Rd} = \min\{V_{Rd,s} + V_{Rd,f}, V_{Rd,c}\}$$

dove $V_{Rd,s}$ e $V_{Rd,f}$ sono la capacità a taglio-trazione dell'armatura trasversale di acciaio e quella del sistema di rinforzo FRP, mentre $V_{Rd,c}$ è la capacità a taglio-compressione del calcestruzzo.

Il rinforzo a flessione viene realizzato applicando nelle zone da rinforzare una o più lamine preformate, oppure in alternativa, uno o più strati di tessuto impregnati in situ. Il rinforzo a flessione è da utilizzare per elementi strutturali soggetti ad un momento flettente di progetto maggiore della corrispondente resistenza. Nel caso di elementi "duttili", l'aumento della resistenza a flessione potrebbe creare un meccanismo di tipo "fragile", pertanto è spesso necessario accoppiare anche il rinforzo a taglio. L'aumento della resistenza a flessione è indicato nel caso in cui siamo in presenza di elementi con debole armatura, in quanto la presenza di elevate quantità di armatura esistente rende inefficace il contributo dell'FRP. Nel caso delle travi, il consolidamento può essere utilizzato anche per superare deficit di resistenza ai carichi gravitazionali. In questo caso, essendo il rinforzo di FRP applicato su una struttura già sollecitata, si deve tenere conto dello stato di deformazione della struttura all'atto dell'applicazione.

Per i nodi travi-pilastro l'intervento con FRP risulta, rispetto ad altre soluzioni, di facile realizzazione in quanto l'applicazione oltre ad essere esterna all'elemento strutturale, si adatta alle diverse forme geometriche del nodo. Come ogni rinforzo con fibre è importante creare un supporto il più omogeneo e resistente possibile.



FUTURA

LA SCUOLA PER L'ITALIA DI DOMANI

COMUNE DI NAPOLI



PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE4-ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università
Investimento 3.3: "Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole"



**INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE
CON INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STRUTTURALE ED EFFICIENTAMENTO
ENERGETICO DELL'EDIFICIO SEDE DELL'ASILO NIDO – 25° CIRCOLO
COMUNALE "MARCO POLO" SITO IN VIA MARCO POLO N. 30**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Il Progettista:
Ing. Valerio Manzi

Responsabile del Procedimento:
Arch. Alfonso Ghezzi

CUP: B63C22000350006

DESCRIZIONE ELABORATO:

Stima sommaria dei lavori

COD.
ELABORATO

C

SCALA:

REDAZIONE:

VERIFICA:

APPROVAZIONE:

DATA:

MAGGIO 2022

DESCRIZIONE INTERVENTI		
N.	Descrizione opera	Costo intervento
1	spicconatura di intonaco a vivo di muro compreso l'onere di esecuzione anche a piccole zone e spazzolatura delle superfici	€ 53.953,84
2	rimozione di manto impermeabile e massetto di allettamento	€ 76.170,12
3	rimozione di impianti termici comprensivo di tubazioni	€ 30.468,05
4	demolizioni di tramezzature e avvicinamento al luogo di carico	€ 31.737,55
5	trasporto a rifiuto e movimentazione delle macerie edilizie prodotte in cantiere	€ 125.045,95
	A	€ 317.375,50
6	ricostruzione tramezzature con blocchi di laterizio forato	€ 66.014,10
7	Intonaco grezzo o rustico su pareti e soffitti anche a volta, interno ed esterno, costituito da un primo strato di rinzaffo steso fra predisposte guide (comprese nel prezzo) e da un secondo strato della medesima malta tirato in piano a frattazzo rustico, steso con frattazzo e cazzuola, dello spessore complessivo non inferiore a 15 mm. Rasatura delle superfici e pitturazione mediante prodotti lavabili	€ 45.702,07
8	Realizzazione di cappotto termico con insufflaggio di isolante in lana di vetro sp. 8 cm nell'intercapedine tra fodera esterna e fodera interna in laterizio	€ 139.645,22
9	Intonaci e pitturazione esterne con prodotti silossanici	€ 27.929,04
	Realizzazione di cappotto termico con pannelli in lana di vetro sp. minimo 10 cm per la copertura	€ 35.038,26
10	Impermeabilizzazione solaio di copertura con guaina bituminosa in doppio strato spessore 4mm e 3mm	€ 41.131,86
11	Sostituzione degli infissi esistenti con nuovi infissi con telaio metallico a taglio termico con triplo vetro e doppia camera con gas argon	€ 152.340,24
	B	€ 507.800,80
12	Incremento di resistenza dei pilastri non verificati a taglio/pressoflessione con incamiciatura in c.a. mediante posa in opera di cassero, getto integrativo opportunamente armato e connessione agli elementi preesistenti.	€ 137.106,22
13	Incremento di resistenza dei nodi, travi e pilastri in c.a. mediante fasciatura in FRP. L'intervento progettato prevede l'utilizzo di un tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato Hardwire ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio fissati su una micro rete in fibra di vetro	€ 116.794,18
	C	€ 253.900,40
14	Ristrutturazione impianto di riscaldamento con sostituzione del generatore esistente con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche sui radiatori esistenti	€ 111.589,23
15	Sostituzione dei boiler elettrici esistenti per produzione ACS con nuovo boiler a pompa di calore	€ 27.421,24
16	Realizzazione di impianto fotovoltaico di potenza 10 kW da installare in copertura	€ 23.803,16
17	Sostituzione dei corpi illuminanti con nuovi a LED	€ 27.611,67
	D	€ 190.425,30
	TOTALE LAVORI (A+B+C+D)	€ 1.269.502,00



COMUNE DI NAPOLI

FUTURA

**LA SCUOLA
PER L'ITALIA DI DOMANI**



Unione Europea



Ministero dell'Istruzione



Italiadomani

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE4-ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università
Investimento 3.3: "Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole"



**INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE
CON INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STRUTTURALE ED EFFICIENTAMENTO
ENERGETICO DELL'EDIFICIO SEDE DELL'ASILO NIDO – 25° CIRCOLO
COMUNALE "MARCO POLO" SITO IN VIA MARCO POLO N. 30**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Il Progettista:
Ing. Valerio Manzi

Responsabile del Procedimento:
Arch. Alfonso Ghezzi

CUP: B63C22000350006

DESCRIZIONE ELABORATO:

Prime indicazioni e misure per la stesura de
piani di sicurezza

COD.
ELABORATO

D

SCALA:

REDAZIONE:

VERIFICA:

APPROVAZIONE:

DATA:

MAGGIO 2022

PREMESSA

Il presente documento fornisce le linee guida del Piano di Sicurezza e Coordinamento nell'ambito della redazione del progetto di fattibilità tecnica economica dell'intervento di messa in sicurezza ed efficientamento energetico dell'asilo nido comunale "Marco Polo" ubicato in Napoli nel quartiere Fuorigrotta alla Via Marco Polo n. 30.

In particolare, di seguito vengono raccolte le indicazioni di massima per poter redigere il piano di sicurezza e coordinamento dei lavori in oggetto e per poter dare in via estimativa una valutazione degli oneri di sicurezza. Il piano di sicurezza e coordinamento dovrà essere redatto in conformità a quanto previsto dall'art. 100 del D. Lgs. 81/08 e quindi dall'Allegato XV; il fascicolo dell'opera secondo l'Allegato XVI allo stesso Decreto.

Nel seguito viene quindi fornita un'analisi preliminare del rischio mediante l'evidenziazione dei rischi specifici per ogni singola lavorazione, prescrizioni e schede relative al corretto utilizzo di attrezzature e mezzi d'opera al fine di garantire il rispetto delle norme per la prevenzione infortuni e la tutela della salute dei lavoratori.

I contenuti del presente documento dovranno essere ampliati ed integrati nell'ambito della redazione della successiva fase progettuale in ottemperanza a quanto previsto negli artt. 35 e 41 del D.P.R. 554/99 e s.m.i.

Tutti i soggetti interessati dal lavoro, maestranze e figure responsabili, dovranno essere resi edotti sui rischi specifici e sulle misure di sicurezza previste.

Il Piano di Sicurezza che sarà sviluppato con i successivi livelli di progettazione prenderà in considerazione ed approfondirà la salvaguardia dell'incolumità delle maestranze addette ai lavori ed i rischi interferenti con il contesto in cui è ubicata l'opera.

DESCRIZIONE SOMMARIA DEI LAVORI

Il presente intervento riguarda sia opere finalizzate alla messa in sicurezza dell'edificio che opere inerenti la riqualificazione energetica.

Di seguito si riportano gli interventi di consolidamento strutturale che hanno come obiettivo quello di incrementare la capacità sismica dell'edificio, ottenendo l'adeguamento dell'edificio nei confronti dei carichi sismici:

- Confinamento nodi trave pilastro con piastre in acciaio o FRP
- Intervento di rinforzo con FRP a taglio e flessione dei pilastri o incamiciatura in c.a. con betoncino tixotropico ad alta resistenza;
- Intervento di rinforzo con FRP a taglio e flessione delle travi;
- Intervento di demolizione delle travi a ginocchio ed eliminazione dei pilastri tozzi delle scale con successiva realizzazione di scala in acciaio o scale in c.a. giuntate;
- Rifacimento di tutti i solai ammalorati mediante demolizione e ricostruzione;
- Intervento antiribaltamento delle tamponature esterne con reti in fibra di vetro;
- Eventuale intervento antisfondellamento nelle zone maggiormente vulnerabili.

Quanto agli interventi di efficientamento energetico si riportano di seguito quelli necessari ad incrementare l'efficienza energetica dell'edificio in oggetto e precisamente:

- Realizzazione di cappotto termico con pannelli in lana di vetro sp. minimo 8 cm per le tamponature verticali

- Realizzazione di cappotto termico con pannelli in lana di vetro sp. minimo 10 cm per la copertura
- Sostituzione degli infissi esistenti con nuovi infissi con telaio metallico a taglio termico con triplo vetro e doppia camera con gas argon
- Ristrutturazione impianto di riscaldamento con sostituzione del generatore esistente con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche sui radiatori esistenti
- Sostituzione dei boiler elettrici esistenti per produzione ACS con nuovi boiler a pompa di calore
- Sostituzione dei corpi illuminanti con nuovi a LED

PREDISPOSIZIONI E PRINCIPI DI CARATTERE GENERALE ED ELEMENTI PER L'APPLICAZIONE E GESTIONE DEL PSC

La prima parte del PSC sarà dedicata a prescrizioni di carattere generale che, in particolare, saranno sviluppate secondo i seguenti punti:

- Premessa del Coordinatore per la sicurezza
- Modalità di presentazione di proposte di integrazione o modifiche da parte dell'Impresa esecutrice al Piano di sicurezza redatto dal Coordinatore per la progettazione
- Obbligo alle Imprese di redigere il Piano operativo di sicurezza complementare e di dettaglio
- Elenco dei numeri telefonici utili in caso di emergenza
- Quadro generale con i dati necessari alla notifica (da inviare all'organo di vigilanza territorialmente competente, da parte del Committente)
- Struttura organizzativa tipo richiesta all'Impresa (esecutrice dei lavori)
- Referenti per la sicurezza richiesti all'Impresa (esecutrice dei lavori)
- Requisiti richiesti per eventuali ditte Subappaltatrici
- Requisiti richiesti per eventuali Lavoratori autonomi
- Verifiche richieste dal Committente
- Documentazioni riguardanti il Cantiere nel suo complesso (da custodire presso gli uffici del cantiere a cura dell'Impresa)
- Descrizione dell'Opera da eseguire, con riferimenti alle tecnologie ed ai materiali impiegati
- Aspetti di carattere generale in funzione della sicurezza e Rischi ambientali
- Considerazioni sull'Analisi, la Valutazione dei rischi e le procedure da seguire per l'esecuzione dei lavori in sicurezza
- Tabelle riepilogative di analisi e valutazioni in fase di progettazione della sicurezza
- Rischi derivanti dalle attrezzature.
- Modalità di attuazione della valutazione del rumore

ELEMENTI COSTITUTIVI DEL PSC PER FASI DI LAVORO

La seconda parte del PSC dovrà comprendere nel dettaglio prescrizioni, tempistica e modalità di tutte le fasi lavorative ed in particolare dovrà sviluppare i seguenti punti:

- Cronoprogramma generale di esecuzione dei lavori
- Cronoprogramma di esecuzione lavori di ogni singola opera
- Fasi progressive e procedure più significative per l'esecuzione dei lavori contenuti nel programma con elaborati grafici illustrativi

- Procedure comuni a tutte le opere provvisoriale
- Procedure comuni a tutte le opere di demolizione
- Distinzione delle lavorazioni per aree
- Schede di sicurezza collegate alle singole fasi lavorative programmate, con riferimenti
- Lavoratori previsti, interferenze, possibili rischi, misure di sicurezza, cautele e note, eccetera
- Elenco non esaustivo di macchinari ed attrezzature tipo (con caratteristiche simili a quelle da utilizzare)
- Indicazioni alle Imprese per la corretta redazione del Piano Operativo per la Sicurezza (POS)
- Schede di sicurezza per l'impiego di ogni singolo macchinario tipo, fornite a titolo esemplificativo e non esaustivo (con le procedure da seguire prima, durante e dopo l'uso).

FASCICOLO DELL'OPERA

Per garantire la conservazione ed il corretto svolgimento delle funzioni a cui è destinata l'opera, riducendo al minimo i disagi per l'utente, si intende redigere un Fascicolo dell'Opera che dovrà essere redatto in modo tale che possa facilmente essere consultato, prima di effettuare qualsiasi intervento d'ispezione o di manutenzione dell'opera.

Esso dovrà contenere:

- un programma degli interventi d'ispezione ;
- un programma per la manutenzione dell'opera progettata in tutti i suoi elementi;
- una struttura che possa garantire una revisione della periodicità delle ispezioni e delle manutenzioni nel tempo in maniera da poter essere modificata in relazione alle informazioni di particolari condizioni ambientali rilevate durante le ispezioni o gli interventi manutentivi effettuati;
- le possibili soluzioni per garantire interventi di manutenzione in sicurezza;
- le attrezzature e i dispositivi di sicurezza già disponibili e presenti nell'opera;
- indicazioni sui rischi potenziali che gli interventi d'ispezione e quelli di manutenzione comportano, dovuti alle caratteristiche intrinseche dell'opera (geometria del manufatto, natura dei componenti tecnici e tecnologici, sistema tecnologico adottato, etc.)
- indicazioni sui rischi potenziali che gli interventi d'ispezione e quelli di manutenzione comportano, dovuti alle attrezzature e sostanze da utilizzare per le manutenzioni;
- i dispositivi di protezione collettiva o individuale che i soggetti deputati alla manutenzione devono adottare durante l'esecuzione dei lavori;
- raccomandazioni di carattere generale.

RACCOMANDAZIONI IN SITUAZIONI COVID - 19

In relazione alle situazioni di pericolo venutasi a creare con la diffusione del COVID-19 ed in conformità alle recenti disposizioni legislative, dovrà essere redatto un piano che descriva l'adozione di tutte le misure per il contenimento della diffusione del COVID-19 in cantiere, disciplinando con lo stesso tutte le misure di sicurezza che devono essere adottate dalle imprese appaltatrici, fornitrici, dai lavoratori autonomi e da terzi che accedono abitualmente o occasionalmente in cantiere.

Il COVID-19 rappresenta un rischio biologico generico, per il quale occorre adottare misure uguali per tutta la popolazione. Obiettivo del piano è rendere gli ambienti di lavoro un luogo sicuro in cui i lavoratori possano svolgere le attività lavorative. A tal riguardo, devono essere forniti tutti gli accorgimenti necessari che devono essere adottati per contrastare la diffusione del COVID-19.



FUTURA

LA SCUOLA PER L'ITALIA DI DOMANI

COMUNE DI NAPOLI



PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE4-ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università
Investimento 3.3: "Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole"



**INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE
CON INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STRUTTURALE ED EFFICIENTAMENTO
ENERGETICO DELL'EDIFICIO SEDE DELL'ASILO NIDO – 25° CIRCOLO
COMUNALE "MARCO POLO" SITO IN VIA MARCO POLO N. 30**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Il Progettista:
Ing. Valerio Manzi

Responsabile del Procedimento:
Arch. Alfonso Ghezzi

CUP: B63C22000350006

DESCRIZIONE ELABORATO:

Elenco elaborati

COD.
ELABORATO

0

SCALA:

REDAZIONE:

VERIFICA:

APPROVAZIONE:

DATA:

MAGGIO 2022

ELENCO ELABORATI**Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica: Messa in sicurezza e riqualificazione funzionale con interventi di adeguamento strutturale ed efficientamento energetico dell'edificio sede dell'asilo nido - 25° circolo comunale "Marco Polo" sito in via Marco Polo n. 30****Elaborati grafici**

N.	DESCRIZIONE ELABORATO	SCALA	REV.
1	Inquadramento urbanistico	1:1.000	0
2	Stato di fatto	1:100	0
3	Progetto degli interventi strutturali - pianta piano interrato	1:100	0
4	Progetto degli interventi strutturali - pianta piano terra	1:100	0
5	Progetto degli interventi strutturali - pianta piano primo	1:100	0

Elaborati fascicolati

A	Relazione tecnica	–	0
B	Relazione interventi strutturali	–	0
C	Stima sommaria dei costi	–	0
D	Prime indicazioni e misure per la stesura dei piani di sicurezza	–	0
E	Quadro economico	–	0
F	Cronoprogramma dei lavori e della spesa	–	0