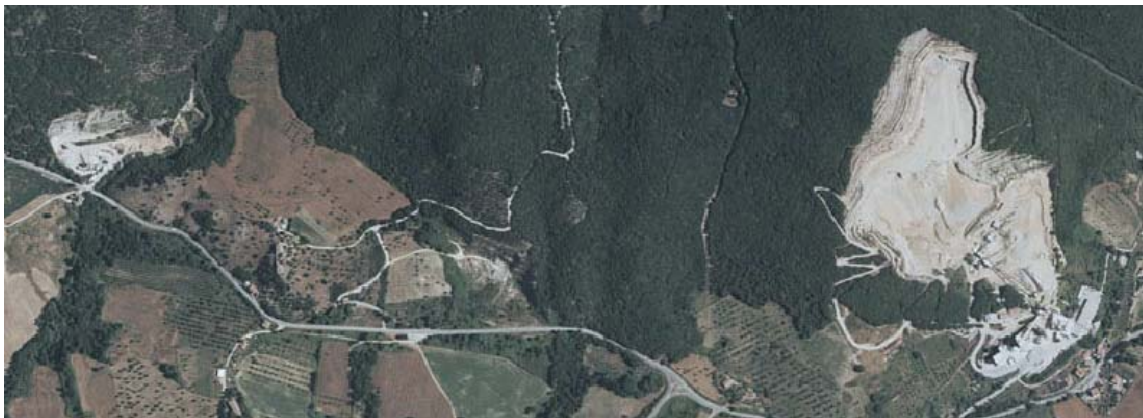




AZIENDA UNITA' SANITARIA LOCALE UMBRIA 2
Via Donato Bramante, 37 - 05100 Terni

OPERA



NUOVO OSPEDALE TERRITORIALE DEL COMPENSORIO DI NARNI E AMELIA

PROGETTISTI

COORDINAMENTO PROGETTUALE: **ARCH. BRACCIO ODDI BAGLIONI****LENZI CONSULTANT S.r.l.**

Progettazione Architettonica:

Arch. Braccio Oddi Baglioni
Arch. Marcella Fedele
Arch. Laura Grimaldi
Arch. Eleonora Smargiassi



Dasa-Register
EN ISO 9001 (2000)
RQ-1002-10

Via Adda 55 - 00198 Roma www.lenzi.biz - info@lenzi.biz**COOPROGETTI SOC. COOP**

Coordinamento Progettazione Ambientale:

Ing. Walter Tomassoli

Coordinamento Progettazione Impiantistica:

Ing. Valter Fabio Filippetti

Via della Piaggiola, 152 - 6024 Gubbio www.cooprogetti.it - staff@cooprogetti.it**GIOVANNI CUCINI ARCHITETTO**

studio rame architetture
HIO - SUNT - LEONES

Progettazione Architettonica Sostenibile:

Arch. Giovanni Cucini
Arch. Davide Brembilla

Via S. Alessandro, 3 - 24122 Bergamo www.straar.eu - segreteria@straar.eu**GROUPE6 ARCHITECTES**

Progettazione Architettonica:

Arch. Olivier Felix-Faure

Ing. Salvatore Carvelli

Cours de la Libération-Général de Gaulle, 98 - 38100 Grenoble
www.groupe6.fr - architectes@groupe6.fr

MAG 11	CONSEGNA PROGETTO		ARCH. MARCELLA FEDELE	ARCH. BRACCIO ODDI BAGLIONI
NOV 10	AGGIORNAMENTO		ARCH. MARCELLA FEDELE	ARCH. BRACCIO ODDI BAGLIONI
SET 09	ACCREDITAMENTO		ARCH. MARCELLA FEDELE	ARCH. BRACCIO ODDI BAGLIONI
NOV 08	CONSEGNA PROGETTO		ARCH. MARCELLA FEDELE	ARCH. BRACCIO ODDI BAGLIONI
DATA	OGGETTO	DISEGNATO	CONTROLLATO	APPROVATO

TIPO D'ELABORATO

DOCUMENTAZIONE

FASE D'INCARICO

AGGIORNAMENTO DEFINITIVO

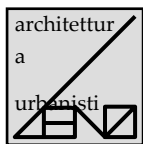
OGGETTO DELLA TAVOLA

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE

N° ELABORATO

RLZ 03

FILE: TR01D_V_RLZ03_r1.dwg

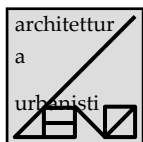


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	INDICE

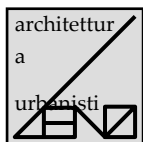
PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato RLZ 03

Relazione tecnica e di calcolo – STRUTTURE



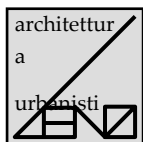
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	INDICE



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	INDICE

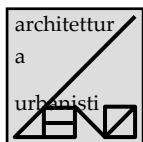
INDICE

1	INTRODUZIONE	5
1.1	Inquadramento del progetto	5
1.2	Descrizione delle strutture del corpo nuovo ospedale	6
1.3	Descrizione delle strutture del parcheggio	13
1.4	Descrizione delle strutture della centrale tecnologica	13
1.5	Criteri progettuali	15
1.6	Prestazioni attese e metodo di calcoli	16
1.7	Organizzazione della relazione	17
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	19
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	21
4	ANALISI DEI CARICHI	25
4.1	Forze di gravità	25
4.1.1	<i>Pesi propri dei materiali</i>	25
4.1.2	<i>Pesi propri dei solai</i>	25
4.1.3	<i>Sovraccarichi accidentali</i>	27
4.1.4	<i>Carichi permanenti</i>	28
4.1.5	<i>Carichi permanenti solaio piano tipo</i>	28
4.2	Carico della neve	33
4.3	Azione del vento	34
4.4	Azione sismica	34
4.5	Combinazione delle azioni	40
4.5.1	<i>Stato limite ultimo – SLV</i>	40
4.5.2	<i>Stato limite di esercizio – SLE</i>	41
5	METODOLOGIA DI CALCOLO	43
5.1	Premessa	43
5.2	Combinazione delle azioni	43



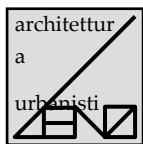
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	INDICE

5.3	Descrizione del modello di calcolo per la struttura in elevazione	43
5.4	Metodologia di calcolo della capacità portante della fondazione	44
6	VERIFICA DELL'OSPEDALE	49
6.1	Premessa	49
6.2	Risultati dell'analisi modale	50
6.3	Spostamenti per la struttura in elevazione	52
6.4	Verifica degli elementi strutturali	58
6.4.1	Verifica dei pali di fondazione	58
6.4.2	Solai	68
6.4.3	Verifica delle travi	70
6.4.4	Verifica dei pilastri	75
6.4.5	Dimensionamento dei muri contro terra	80
6.4.6	Dimensionamento delle strutture metalliche in copertura	86
6.4.7	Dimensionamento delle passerelle metalliche	89
7	PARCHEGGIO	95
7.1	Premessa	95
7.2	Strutture di fondazione	97
7.3	Strutture orizzontali	98
7.4	Strutture verticali	103
7.4.1	Muri di contenimento	103
7.4.2	Pilastri	106
7.5	Verifica globale degli elementi strutturali	108
8	CENTRALE TECNOLOGICA	111
8.1	Premessa	111
8.2	Solai	111
8.3	Travi principali	113
8.4	Pilastri	115
8.5	Muri	116
9	VASCA ANTINCENDIO	121



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	INDICE

9.1	Premessa	121
9.2	Verifica delle strutture orizzontali	122
9.3	Verifica delle strutture verticali	123
10	SISTEMAZIONI ESTERNE	129
10.1	Premessa	129
10.2	Muri di sostegno a gradoni	129
10.3	Muri in gabbioni	131
APPENDICE: LICENZA DEL PROGRAMMA DI CALCOLO		133



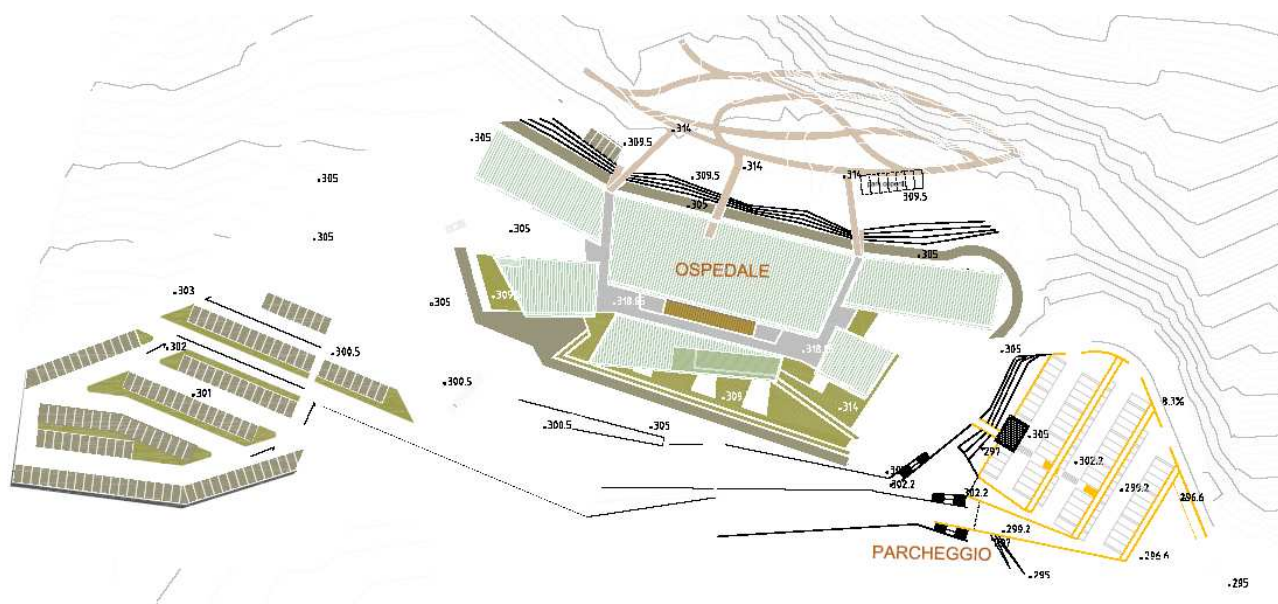
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	1 INTRODUZIONE

1 INTRODUZIONE

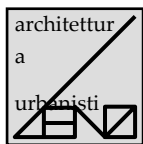
1.1 Inquadramento del progetto

Nella presente relazione sono riportati i calcoli strutturali del nuovo Ospedale di Narni Amelia. L'area su cui sorgerà il nuovo complesso ospedaliero è illustrata nella planimetria generale dell'intervento che consente di apprezzare l'andamento della quota topografica (compresa tra 295,0 e 320,0 metri s.l.m) e su cui si indicano le strutture principali:

- il nuovo ospedale,
- il parcheggio multipiano,
- la centrale tecnologica,
- la vasca antincendio.



Planimetria generale della soluzione di progetto



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	1 INTRODUZIONE

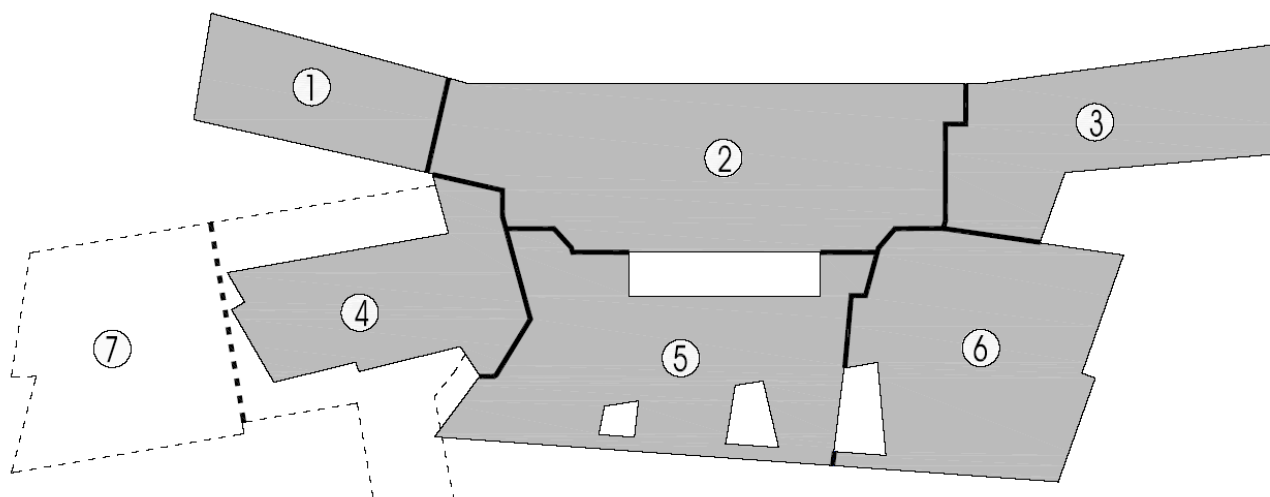
1.2 Descrizione delle strutture del corpo nuovo ospedale

Il nuovo ospedale si compone di 7 corpi strutturalmente indipendenti, ma collegati a livello di fondazione. L'impronta dell'intero ospedale è di circa 9500mq.

Uno schema dei vari corpi è riportato nella figura successiva (gli ingombri si riferiscono al primo solaio di ogni corpo). Le dimensioni principali in pianta dei vari corpi (sempre riferendosi al piano del primo solaio) sono le seguenti:

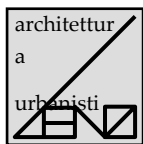
- corpo 1: ~ 16m x 48m;
- corpo 2: ~ 26m x 69m;
- corpo 3: ~ 16m x 52m;
- corpo 4: ~ 17m x 41m;
- corpo 5: ~ 24m x 60m;
- corpo 6: ~ 33m x 37m;
- corpo 7: ~ 37m x 37m.

In altezza i vari corpi si presentano in modo diverso: sostanzialmente regolari i corpi 1, 2, 3 e 7 (caratterizzati da una riduzione della superficie ai piani superiori); più movimentati i corpi 4, 5 e 6.



Schema strutturale dei corpi che compongono il nuovo ospedale di Narni-Amelia

La natura e le caratteristiche dei terreni di fondazione superficiali, rendono necessario prevedere fondazioni di tipo profondo su pali, collegati tra loro da un grigliato di travi in c.a.. Le indagini geologiche effettuate hanno permesso di accertare che nell'area in esame vi è una successione

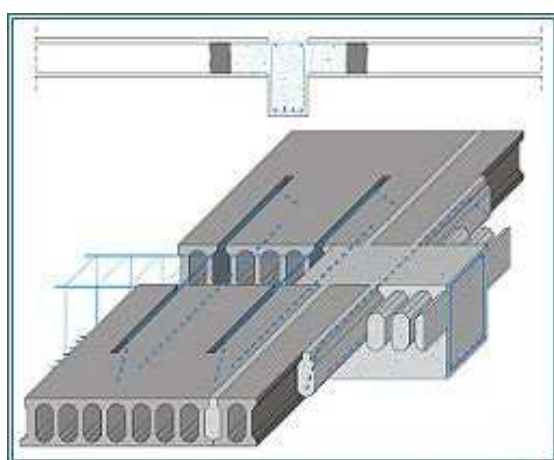


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	1 INTRODUZIONE

stratigrafica di due principali litologie (oltre uno strato superficiale di collusioni limose e ghiaioso limose e sabbie argillolimose): argille e ghiaie.

I pali dovranno essere spinti sino ad intestarsi all'interno di strati incoerenti (ghiaie), in grado di garantire valori elevati delle portate, con deformazioni molto contenute.

Le strutture in elevazione sono costituite da telai in c.a. da solai alveolari precompressi, ad eccezione dei corpi E e G e del piano interrato del corpo D dove si prevedono solai del tipo a predalles gettati in opera.



Solaio alveolare con lastre prefabbricate e solaio a predalles

Le strutture in elevazione dei vari corpi sono separate mediante giunti dimensionati con adeguati margini per garantire il disaccoppiamento delle risposte e l'assorbimento degli spostamenti orizzontali relativi tra i vari corpi. Anche nelle condizioni più severe rappresentate dall'azione sismica.

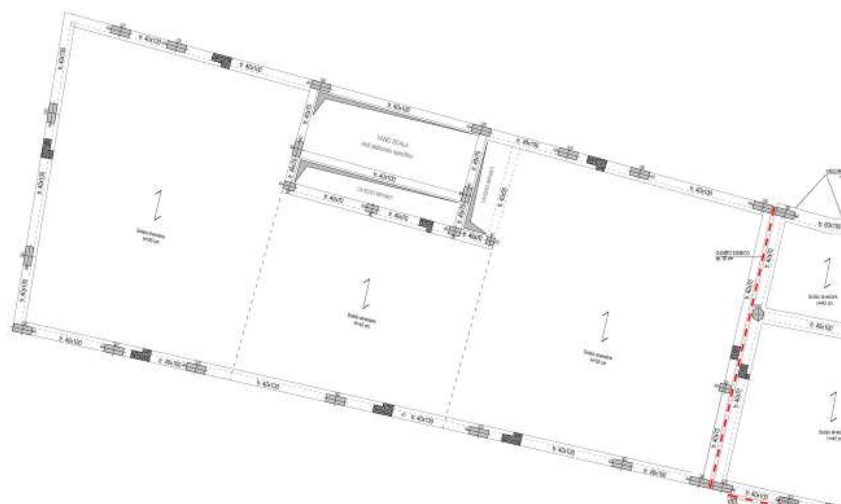
Le sezioni resistenti degli elementi strutturali principali (travi e pilastri) sono state definite in funzione della tipologia di solaio.

Per i corpi con i solai prefabbricati i pilastri hanno sezione rettangolare e dimensioni variabili a seconda dei carichi agenti. Le travi che portano i solai sono ad L (nel caso di travi di bordo) o a T rovesciata (nel caso di travi centrali), così da consentire l'appoggio dei solai prefabbricati. Per le parti con solai a predalles, invece, i pilastri adottati hanno sezioni sia rettangolari, di dimensioni variabili tra 60x40 e 40x40, sia circolari di diametro 60cm. Le travi portanti sono in altezza, mentre quelle parallele alla tessitura dei solai sono a spessore.

Nelle figure seguenti si riportano alcuni stralci dei disegni strutturali, cui si rimanda per maggiori dettagli.



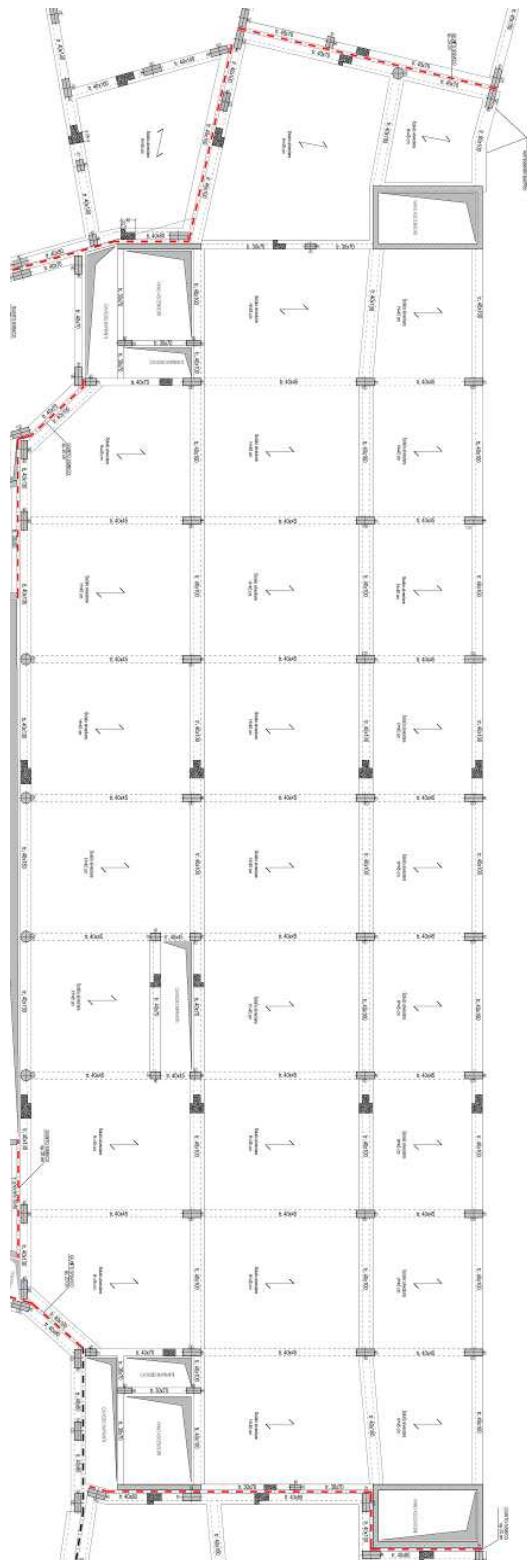
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	1 INTRODUZIONE



Carpenteria Corpo 1



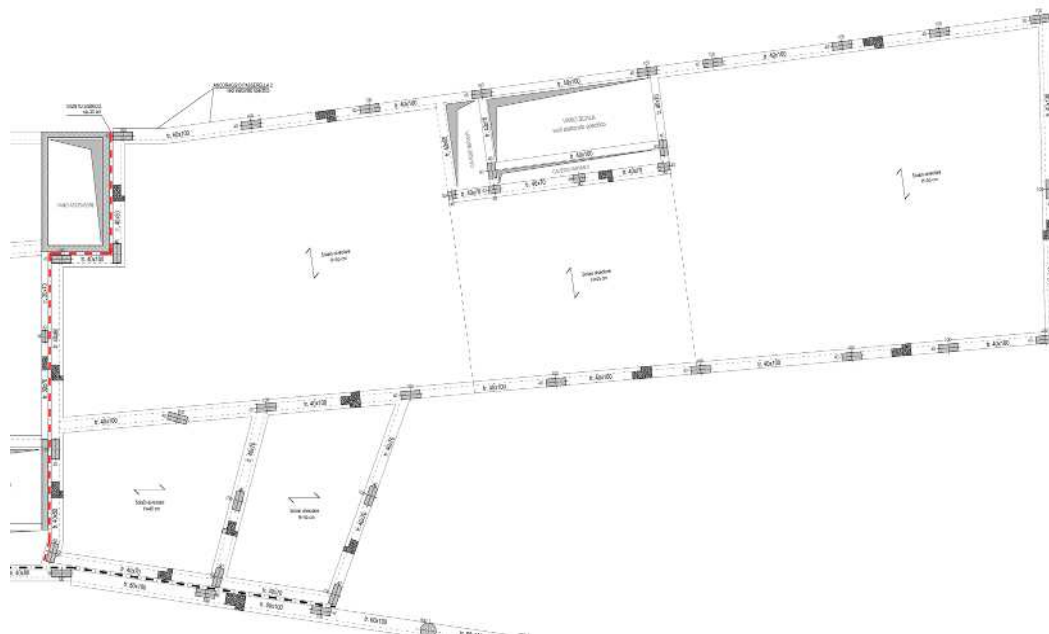
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	1 INTRODUZIONE



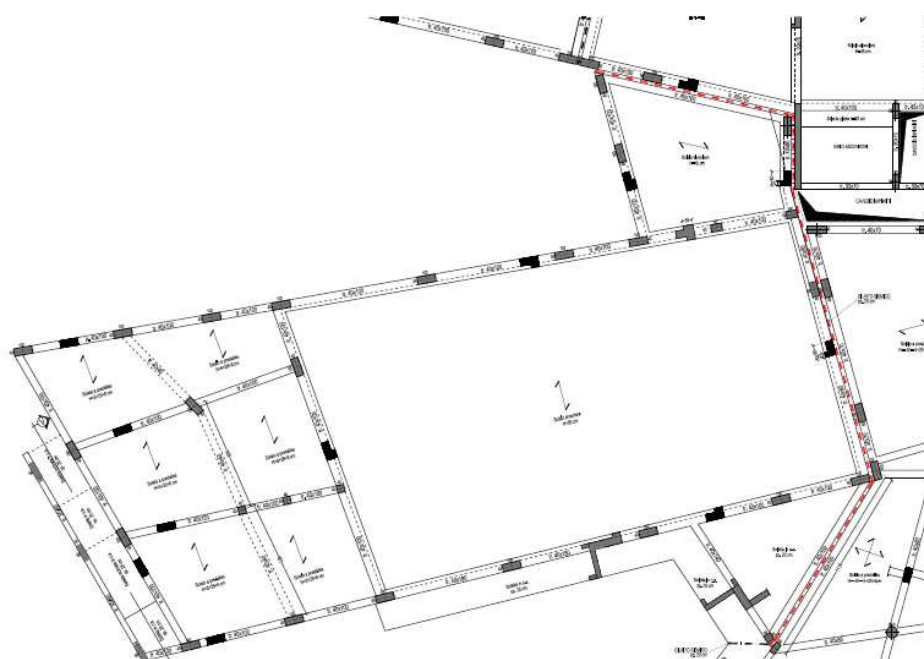
Carpenteria Corpo 2



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	1 INTRODUZIONE



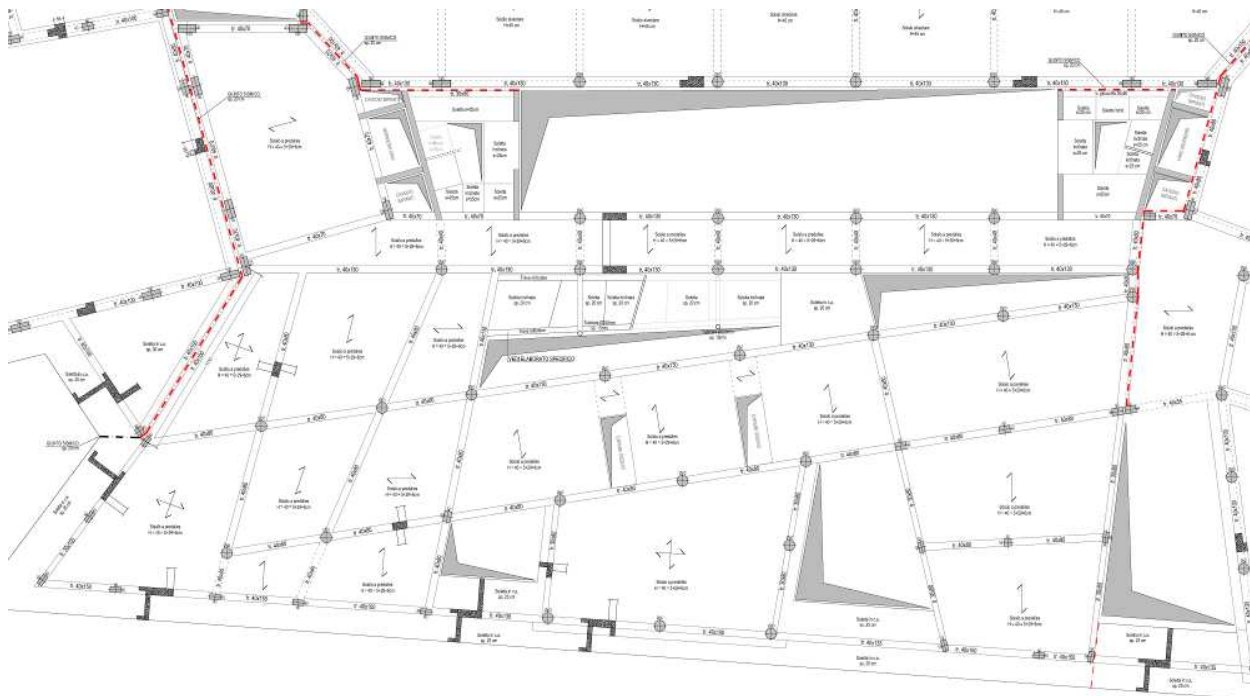
Carpenteria Corpo 3



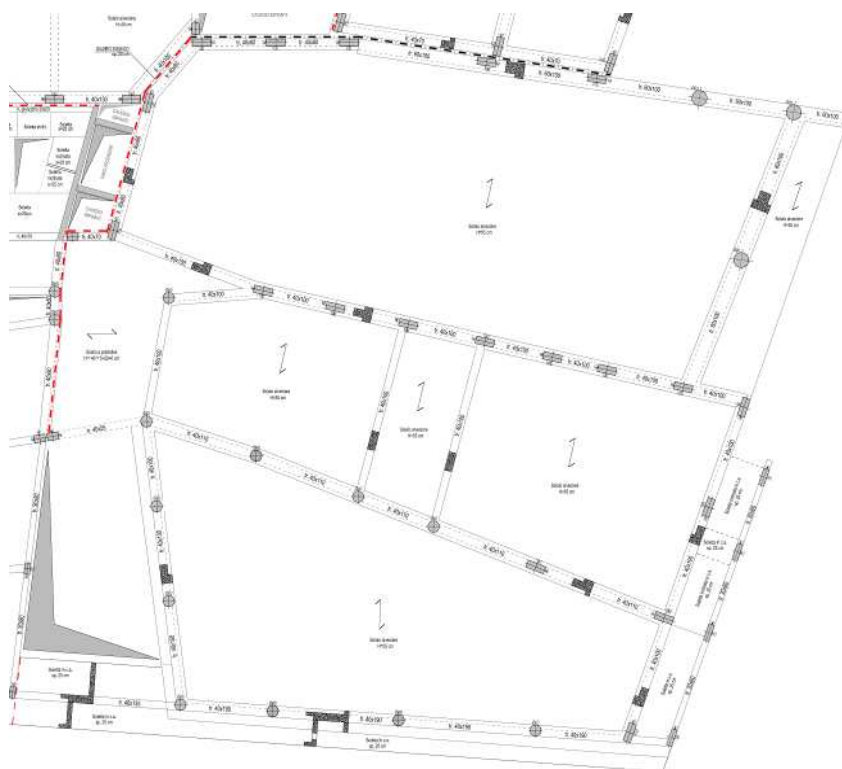
Carpenteria Corpo 4



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	1 INTRODUZIONE



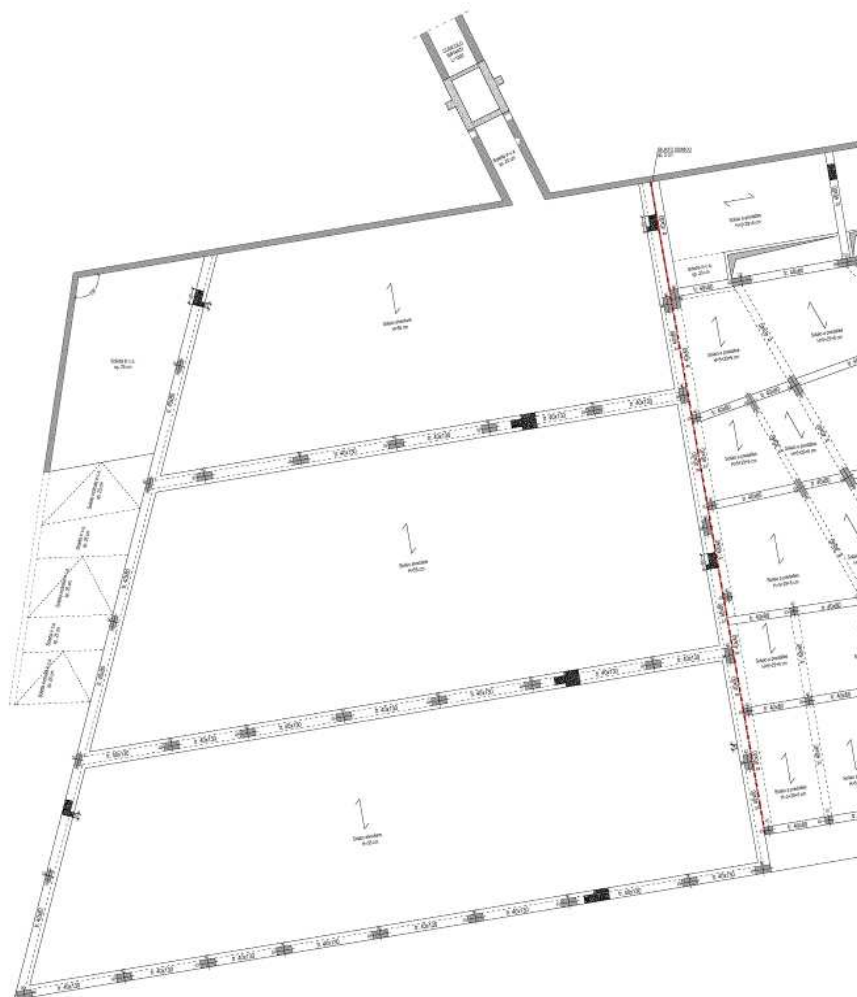
Carpenteria Corpo 5



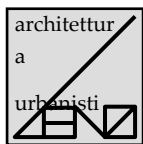
Carpenteria Corpo 6



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	1 INTRODUZIONE



Carpenteria Corpo 7



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	1 INTRODUZIONE

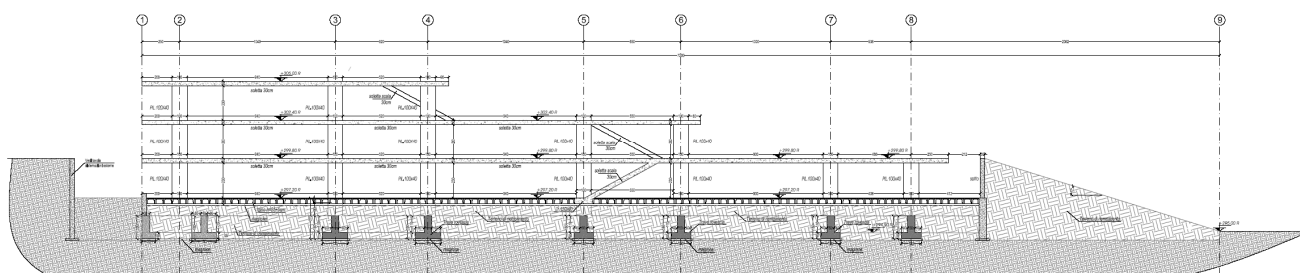
1.3 Descrizione delle strutture del parcheggio

Il **parcheggio** prevede 3 livelli coperti ed uno a raso. L'interpiano è pari a 2.7m e l'impronta sul suolo è di circa 3000mq.

Le strutture di fondazione sono costituite da un grigliato di travi rovesce in c.a. Le strutture in elevazione sono costituite da pilastri in c.a. e da una soletta piena di 30 cm. La maglia è stata definita in funzione delle esigenze funzionali del parcheggio.

I pilastri adottati hanno sezione rettangolare: pari a 60x100 nel piano inferiore ed a 40x100 nei restanti due piani. La soletta è armata in entrambe le direzioni.

Nella figura seguente è mostrata la sezione rimandando tipo; per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati corrispondenti.



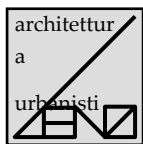
1.4 Descrizione delle strutture della centrale tecnologica

La **centrale tecnologica** si sviluppa su due livelli con un interpiano di 5.0 m. I due livelli sono sfalsati per seguire l'andamento del terreno. La superficie coperta del primo livello è circa pari a 450mq e quella del secondo livello è circa pari a 250mq.

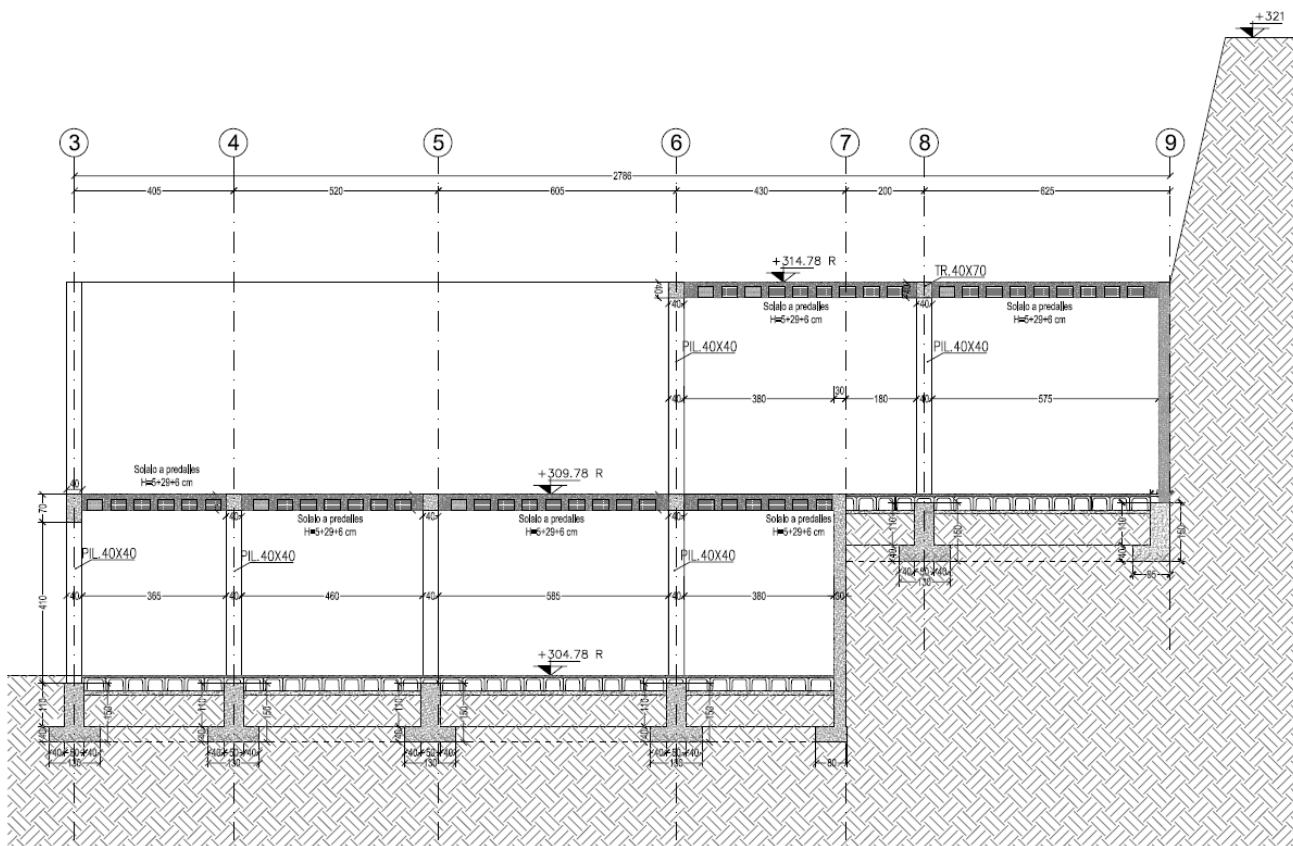
Le strutture di fondazione sono costituite da un grigliato di travi rovesce in c.a. Le strutture in elevazione sono costituite da pilastri in c.a. con solai a predalles. La maglia è stata definita in ragione delle esigenze funzionali.

I pilastri hanno sezione 40x40 e le travi hanno sezioni 40x40 o 40x70. Lo spessore del solaio è pari a 40cm.

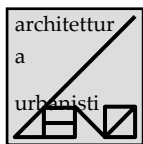
Nella figura seguente è mostrata la sezione rimandando tipo; per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati corrispondenti.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	1 INTRODUZIONE



Sezione della centrale tecnologica



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	1 INTRODUZIONE

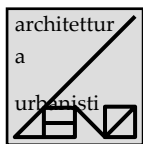
1.5 Criteri progettuali

Le strutture dell'intervento in oggetto sono state concepite in accordo con i principi contenuti nelle nuove "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008.

La soluzione progettuale coniuga la **sicurezza strutturale** con le **esigenze architettoniche e funzionali** di un ospedale. Con sicurezza strutturale si intende la **stabilità dell'opera** nel suo complesso (fondazione e elevazione) valutata in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale dell'opera. In questo caso determinante è l'azione del sisma, di cui si parlerà con maggiore dettaglio nel seguito. Per le esigenze architettoniche e funzionali si evidenzia come, in ragione della continua evoluzione degli standard normativi e tecnologici, la **flessibilità di utilizzo e la reversibilità degli spazi** siano caratteristiche imprescindibili per un complesso ospedaliero.

In tale ottica sono state effettuate le scelte che hanno portato a definire il sistema strutturale. Le principali caratteristiche sono riportate nell'elenco seguente:

- le strutture di fondazione sono costituite da palificate collegate tra loro da un grigliato di travi in c.a. La previsione di fondazioni profonde è resa necessaria dalla natura e dalle caratteristiche dei terreni di fondazione superficiali e dall'esigenza di raggiungere gli strati più profondi, capaci di garantire gli elevati valori delle portate ammissibili;
- le strutture in elevazione sono state dimensionate per garantire la classe di duttilità B (con riferimento alle prescrizioni OPCM3274 e smi) coniugando sia le esigenze strutturali (per un'opera strategica quale l'ospedale è opportuno puntare più sulla resistenza che sulla duttilità) che quelle funzionali (l'utilizzo di sole travi in altezza richiesto per la classe di duttilità A limita eccessivamente le caratteristiche di flessibilità e reversibilità limitando la possibilità di futuri cambiamenti nell'assetto distributivo);
- i solai sono ad alta resistenza in modo da permettere grandi luci, limitare il numero di pilastri e, di conseguenza, garantire una maggiore flessibilità e reversibilità degli spazi progettati;
- l'altezza di interpiano è stata definita in modo da garantire un ampio spazio per gli impianti, al fine di facilitarne la manutenzione sia ordinaria che straordinaria.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	1 INTRODUZIONE

1.6 Prestazioni attese e metodo di calcoli

Rispetto alla normativa utilizzata nel progetto preliminare, dell'ospedale, la nuova normativa comporta un rilevante cambiamento soprattutto per quanto concerne le prestazioni richieste in zona sismica.

In particolare i principali cambiamenti consistono in: (a) una chiara definizione del periodo di riferimento per l'opera in esame rispetto al quale devono essere calcolate le azioni sismiche (par. 2.4 del DM08); (b) una nuova definizione dell'azione sismica riferimento, in funzione delle coordinate geografiche del sito di costruzione e non più su una classificazione a zone del territorio italiano.

Il periodo di riferimento dell'opera è funzione della vita nominale, V_N , e della classe d'uso, cui corrisponde in coefficiente C_U , nel caso in esame, tali parametri sono rispettivamente pari a 100 anni (*grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica*) IV classe (*edifici con funzioni pubbliche o strategiche importanti, ...*), cui corrisponde un coefficiente C_U pari a 2.0. Il periodo di riferimento è quindi pari a:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 2.0 = 200 \text{ anni}.$$

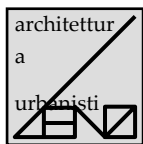
La nuova classificazione sismica è riportata in appendice alla Norma e si intende qui richiamata.

In generale le prestazioni richieste dalla Norme e garantite dal progetto sono rappresentate dai seguenti stati limiti e dalle relative combinazioni dei carichi:

- stato limite di esercizio: $1.0 G + 1.0 Q,$
- stato limite ultimo per i carichi permanenti: $1.3 G + 1.5 Q,$
- operatività per un evento sismico con periodo di ritorno pari a 200 anni: $G + 0.3 Q + E_{SLD},$
- stabilità per un evento sismico con periodo di ritorno pari a 1500 anni: $G + 0.3 Q + E_{SLU}$

dove G si riferisce ai carichi permanenti ed ai pesi propri, Q ai sovraccarichi accidentali ed E all'azione sismica da combinarsi per le due direzioni principali secondo la regola del 100/30, che richiede di sommare al risultato ottenuto in una direzione il 30% del risultato ottenuto per l'altra direzione; G , Q ed E rappresentano i valori caratteristici dei carichi. E_{SLD} e E_{SLU} si riferiscono rispettivamente all'azione sismica relativa allo stato limite di danno ed allo stato limite ultimo.

I valori dei carichi permanenti e dei sovraccarichi accidentali sono riportati nel seguito della presente relazione. E' bene evidenziare come il valore del carico neve in copertura risulta minore del carico accidentale considerato per la copertura, per cui il carico neve viene trascurato, in accordo con quanto espressamente prescritto dalla normativa ("*i sovraccarichi accidentali non vanno cumulati, sulle medesime superfici, con quelli relativi alla neve*").



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	1 INTRODUZIONE

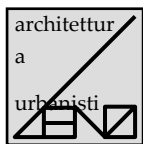
1.7 Organizzazione della relazione

I prossimi due capitoli della relazione sono dedicati rispettivamente all'elenco delle normative vigenti (Capitolo 2) ed alla descrizione delle caratteristiche meccaniche dei materiali adottati (Capitolo 3).

Il capitolo 4 riporta l'analisi dei carichi ed il capitolo 5 presenta il metodo adottato per il calcolo delle sollecitazioni e la verifica degli elementi strutturali.

I capitoli successivi si riferiscono ai corpi campioni considerati per le verifiche e per ciascuno si riportano i risultati dell'analisi modale, i risultati delle deformazioni in presenza di azione sismica e la verifica degli elementi strutturali più sollecitati. Il capitolo 6 è dedicato al Corpo 2 dell'ospedale ed è stato assunto a modello per gli altri corpi dell'ospedale; il capitolo 7 riporta invece i calcoli per il parcheggio; il capitolo 8 per la centrale tecnologica; il capitolo 9 per la vasca antincendio; il capitolo 10 per i muri di sostegno delle sistemazioni esterne.

I dati dei modelli di calcolo e i risultati delle analisi sono riportati nell'elaborato CLC01.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli statici sviluppati nel seguito sono stati svolti nella piena osservanza delle normative vigenti; in particolare si sono osservate le prescrizioni contenute nella nuova normativa delle costruzioni:

Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, “Norme tecniche per le costruzioni”, S.O. n°30 della Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008 n°29

L'applicazione delle nuove norme è chiaramente motivata dall'importanza dell'opera in oggetto.

Per completezza di riportano le norme precedenti, comunque rispettate:

D.M. del 9/1/1996 – “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche”;

Circolare n°252 del 15/10/1996 - Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al D.M. 9/01/1996;

D.M. 16/1/1996: Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”;

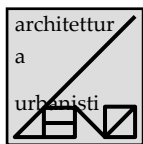
Circolare n°156 AA.GG./STC del 04/7/1996 - Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” di cui al D.M. 9/01/1996;

Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale - “Istruzioni tecniche sul calcestruzzo strutturale. Linee guida”. Dicembre 1996;

D.M. 16/1/1996: “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;

Circolare n°65AA.GG./STC del 10/04/1997 - Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche” di cui al D.M. 16/1/1996;

Ordinanza n°3431 del 3/05/2005 di integrazione e modifica dell'ordinanza n°3274 del 20/03/2003



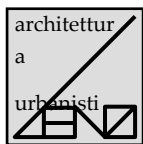
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Ordinanza 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"

Decreto 21/10/2003 - Disposizioni attuative dell'art.2, commi 2,3,4, dell'ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi....."

D.M. Min. LL.PP. 11 Marzo 1988 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

Circolare Min. LL.PP. 24 settembre 1988 n°30483 - L. 2.2.74, n°64 - art. 1 D.M. 11.3.1988 - "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nella realizzazione delle strutture è prevista l'utilizzazione di materiali aventi le seguenti caratteristiche.

Calcestruzzo per strutture in fondazione e in elevazione

Il calcestruzzo previsto per elementi in c.a. (sia in fondazione che in elevazione) ha classe di resistenza C28/35.

resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 18.42 \text{ MPa}$
resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = 1.26 \text{ MPa}$
modulo di elasticità	$E_c = 33722 \text{ MPa}$

Calcestruzzo per strutture prefabbricate (solai)

Il calcestruzzo previsto per elementi in c.a. prefabbricati ha classe di resistenza C45/55.

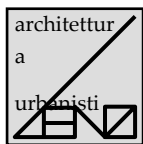
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 28.94 \text{ MPa}$
resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = 1.71 \text{ MPa}$
modulo di elasticità	$E_c = 42272 \text{ MPa}$

La resistenza al fuoco degli elementi deve essere almeno REI 120.

Acciaio ordinario per armatura lenta

Gli acciai utilizzati per i conglomerati armati sono barre tonde ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento ($\gamma_m=1.15$):

tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = 391.3 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica a trazione	$f_{tk} = 540 \text{ MPa}$
modulo di elasticità	$E_c = 206000 \text{ MPa}$



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Acciaio per carpenteria metallica

S275 (ex Fe 430 B) - acciai laminati di spessore inferiore a 40 mm

tensione caratteristica a snervamento $f_{yk} = 275 \text{ MPa}$

tensione caratteristica di rottura $f_{tk} = 430 \text{ MPa}$

resistenza di calcolo a trazione e compressione $f_{yd} = 275 \text{ MPa}$

S355 (ex Fe 510 B) - acciai laminati di spessore inferiore a 40 mm

tensione caratteristica a snervamento $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$

tensione caratteristica di rottura $f_{tk} = 510 \text{ MPa}$

resistenza di calcolo a trazione e compressione $f_{yd} = 275 \text{ MPa}$

Unioni bullonate

In base a quanto riportato nel prospetto 4-IIIb delle C.N.R. 100011 e confermato nella nuova normativa si hanno le seguenti caratteristiche meccaniche dei bulloni utilizzati:

Bulloni classe 10.9

resistenza a rottura per trazione $f_t = 1000 \text{ MPa}$

resistenza allo snervamento $f_y = 900 \text{ MPa}$

resistenza caratteristica di un bullone a trazione $f_{k,N} = 700 \text{ MPa}$

resistenza di calcolo a trazione $f_{d,N} = 700 \text{ MPa}$

resistenza di calcolo a taglio $f_{d,V} = 495 \text{ MPa}$

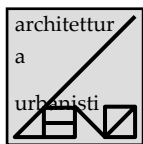
tensione ammissibile a trazione $\sigma_{b,adm} = 467 \text{ MPa}$

tensione ammissibile a taglio $\tau_{b,adm} = 330 \text{ MPa}$

Bulloni classe 8.8

resistenza a rottura per trazione $f_t = 800 \text{ MPa}$

resistenza allo snervamento $f_y = 640 \text{ MPa}$



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

resistenza caratteristica di un bullone a trazione	$f_{k,N} = 560 \text{ MPa}$
resistenza di calcolo a trazione	$f_{d,N} = 560 \text{ MPa}$
resistenza di calcolo a taglio	$f_{d,V} = 396 \text{ MPa}$
tensione ammissibile a trazione	$\sigma_{b,adm} = 373 \text{ MPa}$
tensione ammissibile a taglio	$\tau_{b,adm} = 264 \text{ MPa}$

Nota: resistenza al fuoco delle strutture in c.a.

La resistenza al fuoco delle strutture è garantita dai seguenti accorgimenti:

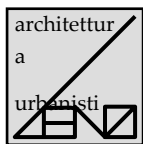
- Strutture verticali: Copriferro minimo pari a 30mm e Intonaco normale

La distanza a delle armature dal bordo è data dalla seguente espressione:

$$a = c + \Phi_{\text{long}}/2 + \Phi_{\text{trasv}} + S_{\text{intonaco}} = 30 + 10 + 10 + 15 = 65$$

dove c è il copriferro, Φ_{long} è il diametro dell'armatura longitudinale, Φ_{trasv} è il diametro dell'armatura trasversale, S_{intonaco} è lo spessore dell'intonaco;

- Le strutture orizzontali con solai prefabbricati garantiscono una resistenza REI 120;
- Le predalles delle strutture orizzontali con solai a predalles devono garantire una resistenza REI 120.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

4 ANALISI DEI CARICHI

Per il calcolo della struttura sono state prese in considerazione le seguenti azioni:

- a) forze di gravità : pesi propri, sovraccarichi permanenti e sovraccarichi variabili ;
- b) carico della neve;
- c) azione del vento;
- d) azione sismica.

4.1 Forze di gravità

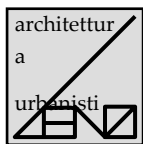
4.1.1 *Pesi propri dei materiali*

Per i materiali delle strutture si assumono i seguenti valori:

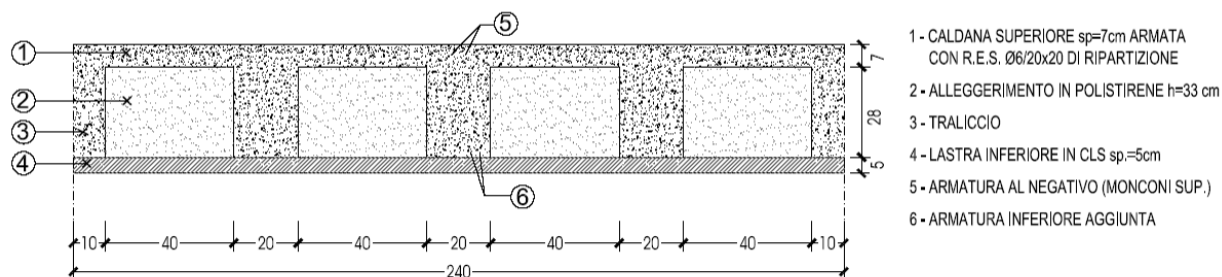
Calcestruzzo magro	= 22,0 kN/m ³
Conglomerato cementizio ordinario armato	= 25,0 kN/m ³
Acciaio	= 78,5 kN/m ³
Laterizio (pieno)	= 18,0 kN/m ³
Laterizio tipo Poroton	= 6,0 kN/m ³
Malta di calce	= 18,0 kN/m ³
Terreno	= 20,0 kN/m ³
Ghiaia	= 15,0 kN/m ³

4.1.2 *Pesi propri dei solai*

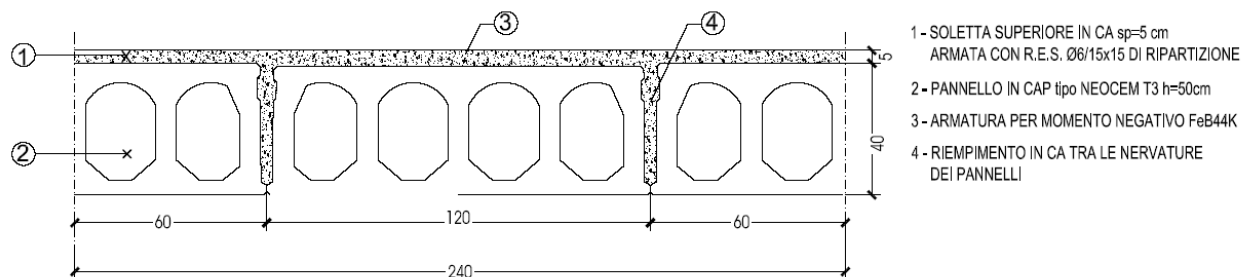
I solai previsti sono di diverse tipologie: alveolari precompressi con altezze pari a 45 e 55 cm; a predalles con altezza pari a 40 cm tessuti in una sola direzione o in entrambe le direzioni. Le sezioni sono schematicamente riportate nelle figure seguenti.



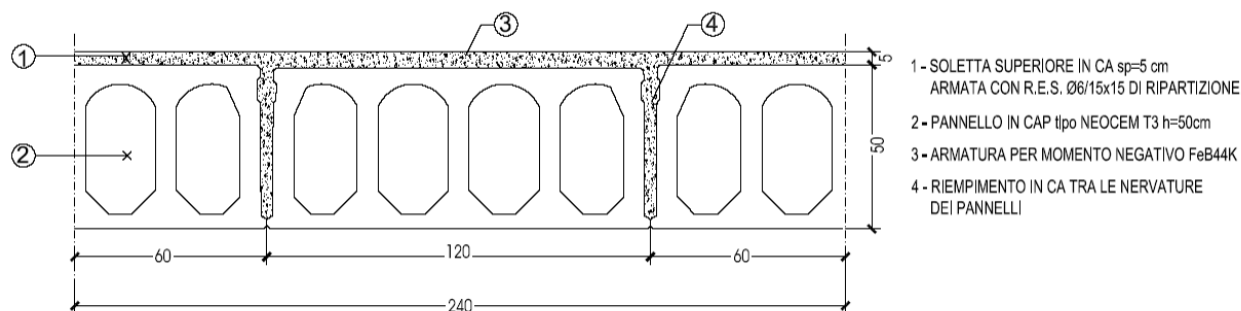
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI



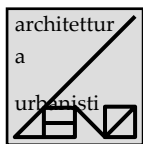
Solaio tipo a predalles 5+28 + 7 per un'altezza complessiva di 40cm



Solaio alveolare in cemento armato precompresso per un'altezza complessiva di 45cm



Solaio alveolare in cemento armato precompresso per un'altezza complessiva di 55cm



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

I pesi propri di solaio sono di seguito riportati

Solai di piano (H=5+28+7=40)

$$\text{peso proprio} = [0.05+0.07+((0.40 \times 0.28)/1.20)] \times 25.0 \quad \cong 5.5 \text{ kN/m}^2$$

Solai alveolare (H=45)

$$\text{peso proprio} \quad \cong 5.75 \text{ kN/m}^2$$

Solai alveolare (H=55)

$$\text{peso proprio} \quad \cong 7.55 \text{ kN/m}^2$$

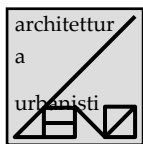
4.1.3 Sovraccarichi accidentali

Sulla base delle indicazioni normative sono stati assunti i seguenti valori dei sovraccarichi accidentali per i diversi ambienti:

copertura (non praticabile)	= 1,00 kN/m ²
copertura (praticabile, non soggetta ad affollamento)	= 2,00 kN/m ²
copertura (praticabile, soggetta ad affollamento)	= 3,00 kN/m ²
ambienti suscettibili di affollamento	= 3,00 kN/m ²
scale	= 4,00 kN/m ²

Valori diversi sono stati considerati per i solai di copertura e dei locali interni ove presenti macchinari particolari:

incidenza macchinari (copertura)	= 4,00 kN/m ²
incidenza macchinari (locali ospedalieri)	= 5,00 kN/m ²



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

4.1.4 Carichi permanenti

Il calcolo del carico complessivo sui solai di piano è stato riportato, per le tipologie presenti, nei paragrafi successivi. Il contributo dei tramezzi, del controsoffitto e degli impianti è valutato pari a:

incidenza controsoffitto	= 0,20 kN/m ²
incidenza tramezzature (cartongesso)	= 0,35 kN/m ²
incidenza canalizzazione impianti	= 0,15 kN/m ²
Totale	<u>≅ 0.70 KN/m²</u>

Il peso della tamponatura esterna è stato valutato pari a:

peso tamponatura esterna	= 7,00 kN/m
--------------------------	-------------

4.1.5 Carichi permanenti solaio piano tipo

I pacchetti al di sopra dei solai variano in funzione delle caratteristiche degli ambienti. Si individuano quattro tipologie principali: solai di fondazione, locali interni, coperture a verde, coperture locali tecnici.

Nel seguito si riporta l'analisi dei carichi unitamente e lo schema di ogni tipologia.

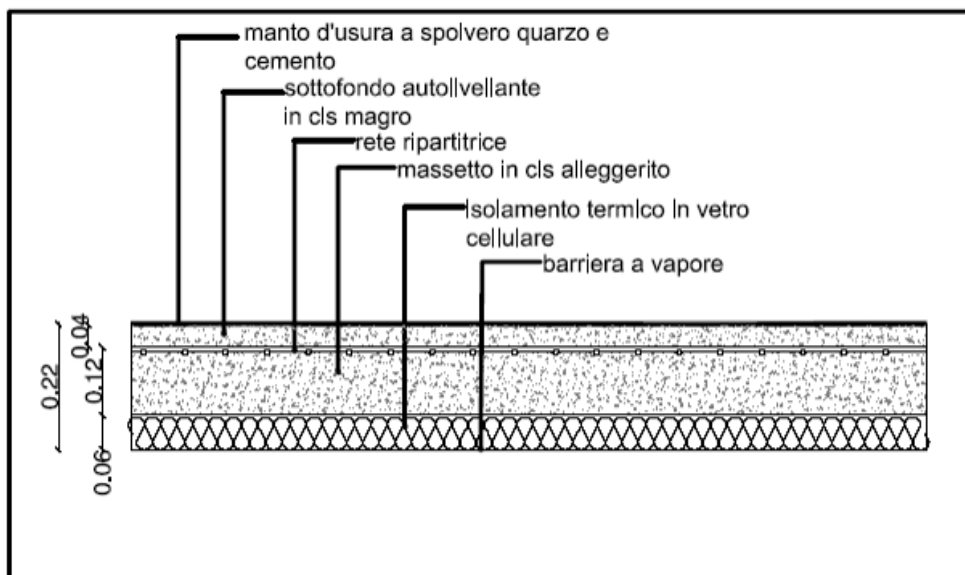
Pacchetto solai di fondazione (a piano interrato e a piano terra)

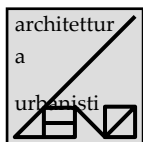
Incidenza controsoffitto, tramezzature, impianti =	≅ 0.70 kN/m ²
Isolamento termoacustico in vetro cellulare =	≅ 0.10 kN/m ²
Massetto in cls (0.12m) = 18 x 0.12	≅ 2.16 kN/m ²
Pavimentazione	≅ 0,80 KN/m ²
Totale	<u>G ≅ 3.76 KN/m²</u>



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

PACCHETTO SOLAI DI FONDAZIONE



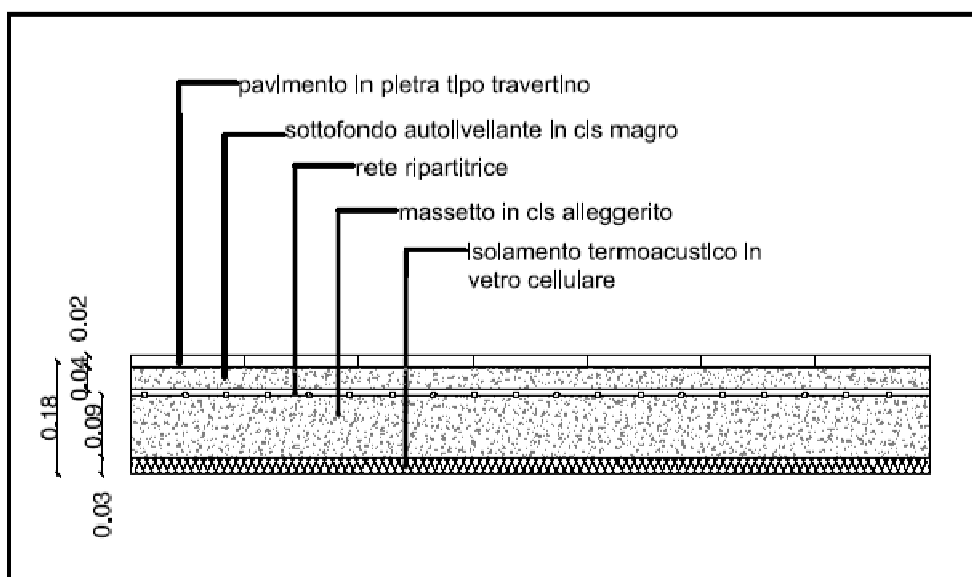


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

Pacchetto locali interni

Incidenza controsoffitto, tramezzature, impianti =	$\cong 0.70 \text{ kN/m}^2$
Isolamento termoacustico in vetro cellulare =	$\cong 0.04 \text{ kN/m}^2$
Massetto in cls (0.09 + 0.04m) = 18 x 0.13	$\cong 2.34 \text{ kN/m}^2$
Pavimentazione	$\cong 0,80 \text{ kN/m}^2$
Totale	<u>G</u> $\cong 3.88 \text{ kN/m}^2$

PACCHETTO SOLAI INTERNI



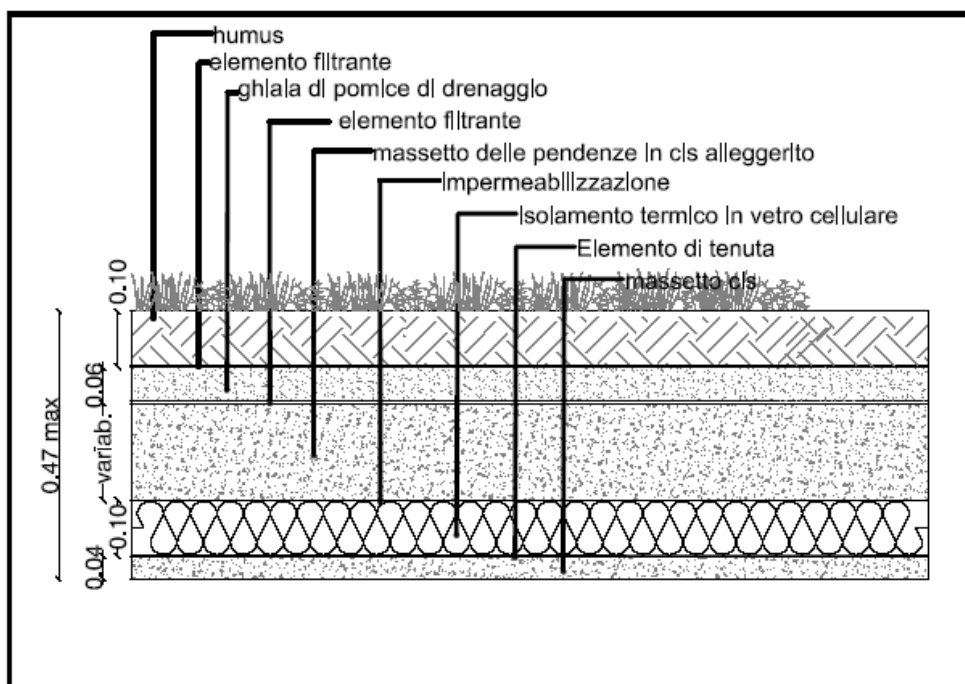


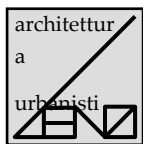
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

Pacchetto coperture a verde

Incidenza controsoffitto, impianti =	$\cong 0.35 \text{ kN/m}^2$
Isolamento termoacustico in vetro cellulare =	$\cong 0.12 \text{ kN/m}^2$
Massetto pendenze in cls alleggerito(0.17m) = 10×0.17	$\cong 1.70 \text{ kN/m}^2$
Ghiaia di drenaggio (0.06m) = 15×0.06	$\cong 0,90 \text{ kN/m}^2$
Terreno (0.10m) = 20×0.10	$\cong 2,00 \text{ kN/m}^2$
Totale	<u>G</u> $\cong 5.07 \text{ kN/m}^2$

PACCHETTO COPERTURE A VERDE





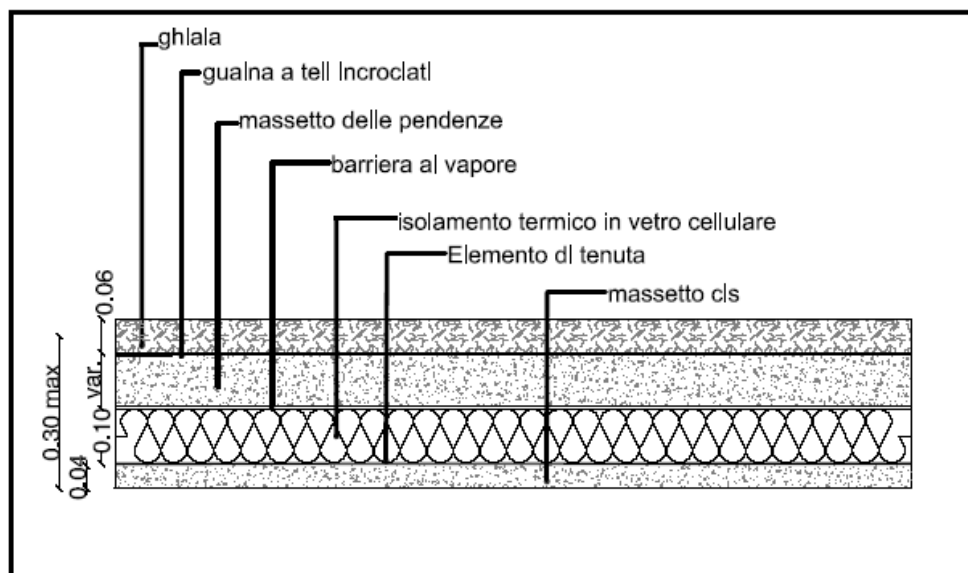
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

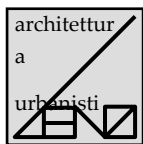
I pacchetti di copertura dei locali tecnici si presentano con diverse finiture: con pavimento industriale, a ghiaia e in legno. Nell'analisi dei carichi è stata considerato il caso più sfavorevole: finitura a ghiaia.

Pacchetto copertura locali tecnici con finitura a ghiaia

Incidenza tramezzature =	$\cong 0.35 \text{ kN/m}^2$
Isolamento termoacustico in vetro cellulare =	$\cong 0.12 \text{ kN/m}^2$
Massetto in cls (0.10 + 0.04 m) = 18 x 0.14	$\cong 2.52 \text{ kN/m}^2$
Pavimentazione	$\cong 0,90 \text{ kN/m}^2$
Totale	<u>G</u> $\cong 3.89 \text{ kN/m}^2$

PACCHETTO COPERTURA LOCALI TECNICI





committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

4.2 Carico della neve

Il **carico da neve** sulle coperture, per la Zona 3 nella quale è localizzata la struttura oggetto dell'intervento, è valutato con la seguente espressione proposta dalle norme prese in considerazione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

q_s è il carico neve sulla copertura;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura, fornito al successivo § 3.4.5;

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], fornito al successivo § 3.4.2 per un periodo di ritorno di 50 anni;

C_E è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.3 delle Norme tecniche;

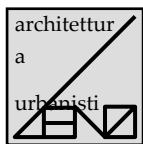
C_t è il coefficiente termico di cui al § 3.4.4 delle Norme tecniche;

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

Il carico risultante è pari a: **q_s = 0.61 kN/m²**.

In via cautelativa, si è scelto di calcolare il carico della neve anche con la normativa precedente, il DM96. In questo caso il carico neve risultante è pari a: **q_s = 1.21 kN/m²**.

Data l'elevata differenza dei due valori e le possibili correzioni che verranno apportate alla nuova normativa si è scelto di adottare un valore intermedio pari a **1.00 kN/m²**.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

4.3 Azione del vento

Il carico dovuto al vento risulta decisamente inferiore rispetto al carico corrispondente all'azione sismica. Le relative verifiche sono pertanto omesse.

4.4 Azione sismica

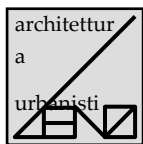
L'analisi sismica è stata effettuata in riferimento al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sul S.O. n°30 della Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008 n°29.

Nella norma citata l'azione sismica in un punto della superficie del suolo è descritta attraverso un'accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie (per diversi stati limite). Lo spettro di risposta di progetto da adottare nel calcolo delle sollecitazioni, viene definito in un secondo momento in funzione dello spettro di risposta elastico, dalle caratteristiche geomorfologiche del sottosuolo e dalle caratteristiche del sistema strutturale.

Con riferimento alla precedente classificazione in zone (OPCM3274 e s.m.i) l'area in oggetto era classificata come Zona 3.

I parametri più significativi sono:

- **Periodo di riferimento per l'azione sismica** funzione della vita nominale dell'opera e del coefficiente di uso;
- **Accelerazione orizzontale, a_g , amplificazione spettrale, F_0 , periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, T^*c** , definiti in funzione del sito dove sorge la costruzione in base agli studi dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) per i diversi stati limite;
- **Coefficiente di amplificazione topografica, S_T** , funzione della pendenza del sito, e **Categoria del profilo stratigrafico** del suolo di fondazione da cui dipende il coefficienti amplificazione stratigrafica, S_s , e la forma dello spettro attraverso le formule e le tabelle presenti in normativa (Formule 3.2.4-5-7-8-9; Tabelle 3.2.V e 3.2.VII);
- **Coefficiente di duttilità** della struttura da cui dipende il fattore **q** , che riduce le ordinate spettrali in relazione alla capacità della struttura di entrare in campo non-lineare e **Smorzamento** della struttura da cui dipende il fattore **η** , che altera lo spettro per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali diversi dal 5%.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento per il calcolo dell'azione sismica è pari al prodotto della vita nominale, V_N , per il coefficiente di uso, C_U .

$$V_R = V_N \times C_U$$

La vita nominale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura purché soggetta alla manutenzione ordinaria deve poter essere usata per lo scopo alla quale è destinata.

<i>Tipi di costruzione</i>		V_N
1	Opere provvisorie, provvisionali, strutture in fase costruttiva	< 10
2	Opere ordinarie, ponti o opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	> 50
3	Grandi opere, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	> 100

Il coefficiente d'uso è invece determinato in relazione alla classe di uso secondo la seguente tabella.

<i>Classe di uso</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
Coefficiente C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite: Classe I: costruzioni con presenza occasionale di persone; 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. Industrie con attività pericolose per l'ambiente; Classe IV: costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità.

In accordo alla Committenza si è scelto di considerare la vita nominale pari a 100 anni e la classe d'uso IV; la vita utile di riferimento è quindi pari a:

$$V_R = V_N \times C_U = 100 \times 2.0 = 200 \text{ anni}$$

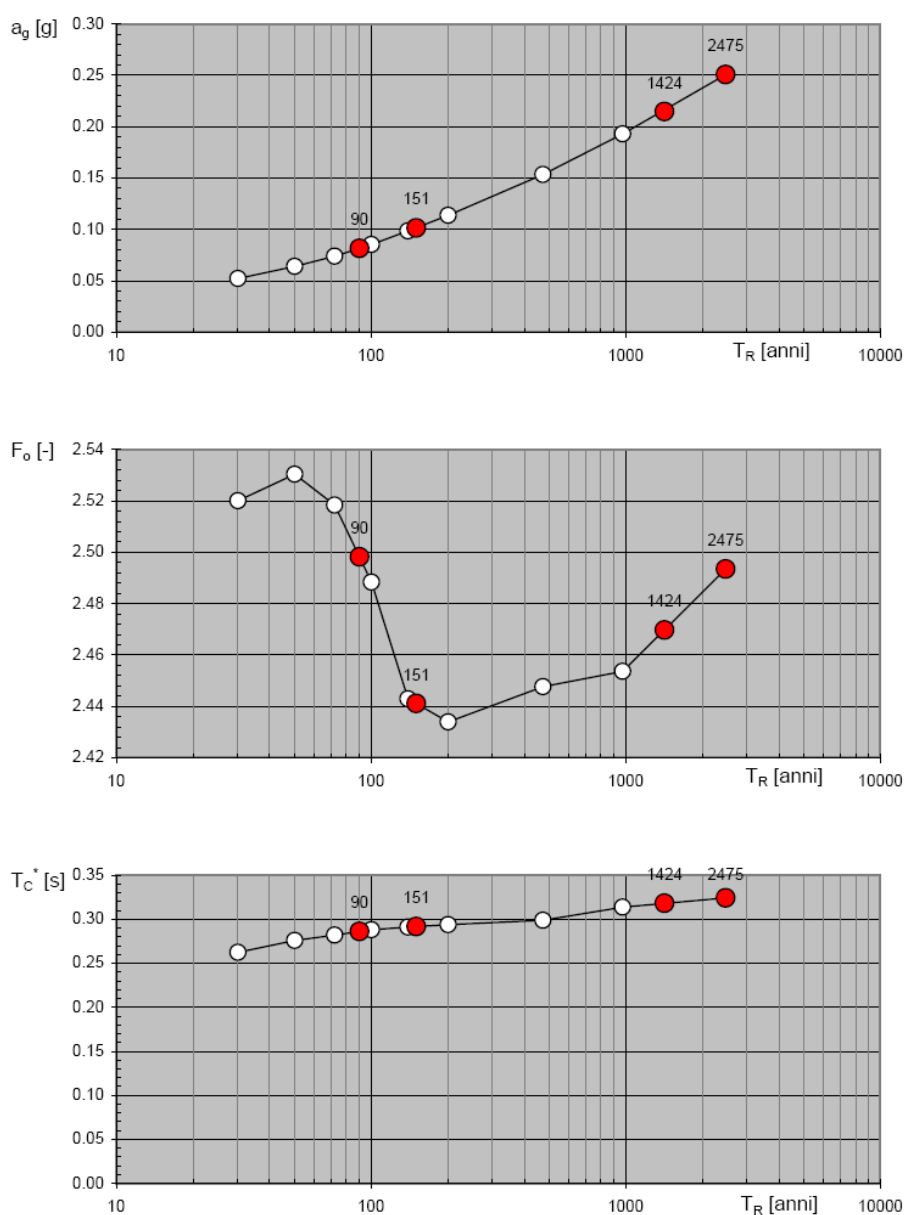


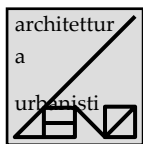
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

Accelerazione orizzontale, a_g , amplificazione spettrale, F_0 , periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, T_c^*

La nuova normativa definisce la pericolosità sismica di un sito in funzione di tre parametri fondamentali. Nella figura seguente si rappresenta la variabilità dei tre parametri in funzione del periodo di ritorno.

Variabilità dei parametri caratteristici del sito in esame: accelerazione alla base, fattore di amplificazione, periodo dello spettro a velocità costante





committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

Coefficiente di amplificazione topografica, S_T , e Categoria del profilo stratigrafico

Per il calcolo del coefficiente di amplificazione topografica il DM08 distingue il caso di configurazioni complesse per le quali è necessario eseguire specifiche analisi di riposta sismica locale dal caso di configurazioni semplici per la quali suggerisce di adottare la classificazione riportata in tabella.

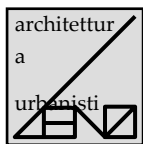
<i>Categoria</i>	<i>Caratteristiche della superficie topografica</i>	<i>S_T</i>
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15\%$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15\%$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i compresa tra il 15% ed il 30%	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30\%$	1.4

Nel caso in oggetto ci ritroviamo in una configurazione semplice caratterizzata da una pendenza media maggiore del 15%. Il coefficiente di amplificazione topografica è quindi pari a 1.2.

In base ai sondaggi geognostici ed alle prove geofisiche effettuate il profilo stratigrafico del suolo di fondazione appartiene alla categoria A. Rimandando alla relazione geologica e geotecnica per maggiori dettagli nella tabella seguente si riporta la classificazione proposta in normativa.

Suolo	Descrizione	V_{S30}	N_{SPT}	c_u
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi (eventuali strati di alterazione superficiale con spessore massimo di 5m)	$>800\text{m/s}$	-	-
B	Sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti	$360-800\text{m/s}$	>50	$>250\text{kPa}$
C	Sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza	$180-360\text{m/s}$	15-50	70-250kPa
D	Granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti	$<180\text{m/s}$	<15	15-70kPa
E	Strati superficiali alluvionali (spessore compreso tra 5 e 20m, giacenti su un substrato rigido)	<360	-	-

I valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica, S_s , e di amplificazione del periodo T_c , C_c , sono quindi entrambi pari a 1.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

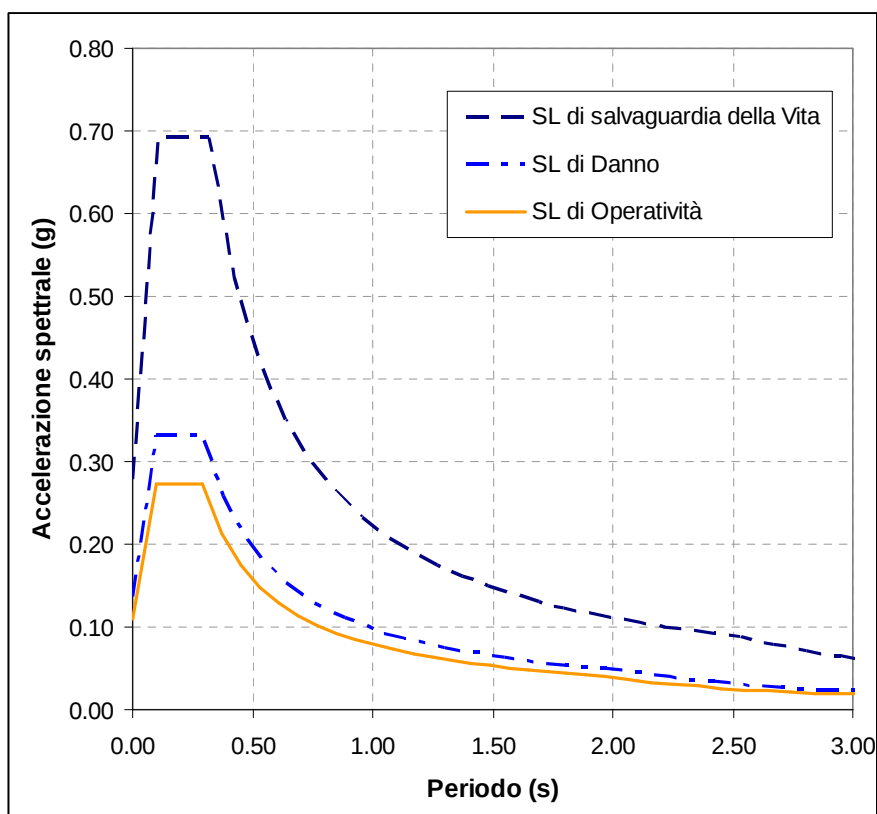
Spettri di risposta per gli stati limite di salvaguardia della vita (SLV), di danno (SLD) e di operatività (SLO)

Nella tabella seguente si riportano, per i diversi stati limite, il periodo di ritorno ed i valori dei principali parametri calcolati per il periodo di riferimento, le caratteristiche topografiche e stratigrafiche determinate nei paragrafi precedenti.

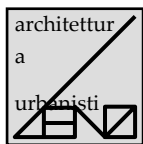
I corrispondenti spettri elastici di risposta per il sito in esame sono mostrati nella figura.

Valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^ per i periodi di ritorno associati a ciascuno stato limite*

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	120	0.092	2.464	0.290
SLD	201	0.114	2.434	0.294
SLV	1898	0.233	2.482	0.321
SLC	2475	0.251	2.493	0.324



Spettri elastici per i diversi stati limite caratterizzati per le condizioni stratigrafiche e topografiche



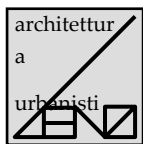
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

Coefficiente di duttilità e coefficiente di smorzamento delle strutture

Il coefficiente di duttilità delle strutture, q , è funzione della tipologia strutturale adottata, q_0 , della classe di duttilità, K_D , e della configurazione geometrica dell'edificio, K_R . L'equazione riportata in normativa è la seguente:

$$q = q_0(K_D) \cdot K_R.$$

<i>Corpi</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Duttilità</i>	<i>Regolarità</i>	q_0	α_u/α_1	K_D	q
1	telaio più campate e più piani	B	Sì	$3.0 \alpha_u/\alpha_1$	1.3	1	3.9
2	telaio più campate e più piani	B	Sì	$3.0 \alpha_u/\alpha_1$	1.3	1	3.9
3	telaio più campate e più piani	B	Sì	$3.0 \alpha_u/\alpha_1$	1.3	1	3.9
4	telaio più campate e più piani	B	No	$3.0 \alpha_u/\alpha_1$	1.3	0.8	3.12
5	telaio più campate e più piani	B	No	$3.0 \alpha_u/\alpha_1$	1.3	0.8	3.12
6	telaio più campate e più piani	B	No	$3.0 \alpha_u/\alpha_1$	1.3	0.8	3.12
7	telaio ad un piano	B	Sì	$3.0 \alpha_u/\alpha_1$	1.1	1	3.3
Parcheggio	telaio più campate e più piani	B	Sì	$3.0 \alpha_u/\alpha_1$	1.3	1	3.9
Centrale tecnologica	telaio più campate e più piani	B	No	$3.0 \alpha_u/\alpha_1$	1.3	0.8	3.12



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

4.5 Combinazione delle azioni

In accordo alle prescrizioni normative sono state considerate le combinazioni di carico riportate nel seguito rispettivamente per gli stati limite ultimi e gli stati limiti di danno.

4.5.1 Stato limite ultimo – SLV

Sono state suddivise le combinazioni di carico in combinazioni non sismiche e combinazioni sismiche.

Per le prime, la combinazione dei carichi allo SLU è data dalla seguente espressione:

$$G_d + Q_d = \gamma_g G_k + \gamma_q [Q_{1k} + \sum_i (\psi_{0i} Q_{ki})]$$

dove: G_k il valore caratteristico delle azioni permanenti

Q_{1k} il valore caratteristico dell'azione variabile di base

Q_{ki} i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti

$\gamma_g = 1.3$ (1.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)

$\gamma_q = 1.5$ (1.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)

ψ_{0i} = fattore di combinazione allo stato limite ultimo (valore indicato dalla normativa italiana = 0,7)

Di fatto si esaminano le seguenti combinazioni, senza riduzione dei sovraccarichi accidentali dovuti alla non contemporaneità dell'azione:

$$1,3 G_k + 1,5 Q_{k,verticali}$$

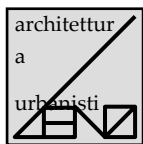
Le combinazioni dei carichi allo SLU per i carichi dovuti al sisma agente in direzione X ed in direzione Y sono dati dalle seguenti espressioni:

$$E_{dx} = \gamma_E E_x + \gamma_g G_k + \gamma_q \sum_i (\psi_{0i} Q_{ki}) = \gamma_E (S_x + 0.3 S_y) + \gamma_g G_k + \gamma_q \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

$$E_{dy} = \gamma_E E_y + \gamma_g G_k + \gamma_q \sum_i (\psi_{0i} Q_{ki}) = \gamma_E (S_y + 0.3 S_x) + \gamma_g G_k + \gamma_q \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

dove: i coefficienti parziali sono pari a: $\gamma_E = 1.0$, $\gamma_g = 1.0$, $\gamma_q = 1.0$;

$E_{x,y}$ è l'azione sismica agente in direzione X (o Y) per lo stato limite in esame e la classe di importanza della struttura che comprende una quota parte,



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	4 ANALISI DEI CARICHI

convenzionalmente posta pari al 30% dell'azione sismica agente nella direzione ortogonale;

ψ_{2i} è il fattore di combinazione delle azioni variabili pari a 0.6 nel caso in esame

4.5.2 Stato limite di esercizio – SLE

Le combinazioni delle azioni allo stato limite di esercizio sono anch'esse suddivise in non sismiche e sismiche.

Per le combinazioni non sismiche le espressioni sono riportate nel seguito:

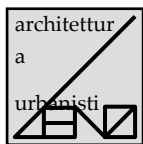
- b1) combinazioni rare $G_k + Q_{1k} + \sum_i(\psi_{0i} Q_{ki})$
- b2) combinazioni frequenti $G_k + \psi_{11} Q_{1k} + \sum_i(\psi_{2i} Q_{ki})$
- b3) combinazioni quasi permanenti $G_k + \sum_i(\psi_{2i} Q_{ki})$

Con i soliti significati dei simboli.

Utilizzando per i coefficienti Ψ_0 , Ψ_1 e Ψ_2 i valori indicati dalla normativa italiana, risulta:

- b1) combinazioni rare $G_k + Q_{k,verticali}$
- b2) combinazioni frequenti $G_k + 0,6 Q_{k,verticali}$
- b3) combinazioni quasi permanenti $G_k + 0,3 Q_{k,verticali}$

Per le combinazioni sismiche agli SLE, valgono le stesse espressioni riportate per gli stati limite ultimi, variando unicamente l'intensità dell'azione secondo quanto riportato nel paragrafo 4.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	5 METODOLOGIA DI CALCOLO

5 METODOLOGIA DI CALCOLO

5.1 Premessa

In questo capitolo si illustrerà la metodologia di calcolo seguita per il dimensionamento delle strutture e per la verifica delle fondazioni. In particolare si illustreranno i criteri guida per la modellazione numerica

Nel capitolo successivo (capitolo 6) si riportano i calcoli di verifica riferiti al corpo principale dell'ospedale; i risultati sono stati estesi per analogia agli altri corpi.

Nel capitolo 7 si presentano i calcoli di dimensionamento per il parcheggio.

5.2 Combinazione delle azioni

I calcoli delle sollecitazioni sono stati eseguiti adottando un modello agli elementi finiti.

Nei paragrafi seguenti si riporta la descrizione del modello di calcolo adottato per la struttura in elevazione e di quello adottato per la struttura in fondazione. La differenza tra i due risiede semplicemente nelle condizioni di vincolo al piede della struttura in elevazione: nel primo caso l'edificio è stato schematizzato rigidamente connesso al suolo; diversamente, nel secondo caso, sono state adottate molle lineari unidirezionali per rappresentare il comportamento del terreno. In entrambi i casi il modello di calcolo utilizzato è di tipo elastico-lineare.

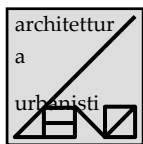
Il codice di calcolo agli elementi finiti utilizzato nell'analisi delle strutture oggetto della presente relazione è il SAP 2000 NonLinear della CSI® Inc., nella sua versione 10. In allegato si riporta copia della licenza.

5.3 Descrizione del modello di calcolo per la struttura in elevazione

Nella modellazione cinematica della struttura sono stati utilizzati elementi monodimensionali (tipo "frame") per schematizzare travi e pilastri ed elementi bidimensionali (tipo "shell") per i solai e per i setti.

Nel caso dei solai è stato assegnato uno spessore equivalente per rappresentare in modo adeguato la rigidezza dell'elemento.

Il comportamento delle sezioni in c.a. è stato modellato assumendo la rigidezza fessurata, pari ad alla metà della rigidezza della sezione non fessurata. Nel caso generale di $R_{ck}35$ si ha:



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	5 METODOLOGIA DI CALCOLO

$$E = \frac{1}{2} \cdot E_{R_{ck}} = \frac{1}{2} \cdot 11000 \cdot R_{ck}^{1/3} = 17969 \frac{N}{mm^2}.$$

Nel modello, l'azione del peso proprio dei vari elementi, è stata inserita come carico distribuito sugli elementi stessi, mentre il carico permanente ed accidentale è stato ripartito sugli elementi "shell" del solaio.

Le masse sono state assegnate ai relativi elementi combinando il peso proprio, il relativo permanente e una parte del carico accidentale coerentemente con quanto riportato in normativa.

5.4 Metodologia di calcolo della capacità portante della fondazione

La tipologia dell'opera, i carichi di progetto e, soprattutto, la natura e le caratteristiche dei terreni di fondazione superficiali, rendono necessario prevedere fondazioni di tipo profondo su pali trivellati.

I pali dovranno essere spinti sino ad intestarsi, dove possibile, all'interno di strati incoerenti, in grado di garantire valori elevati delle portate ammissibili, con deformazioni molto contenute.

I calcoli per la determinazione della resistenza di progetto dei pali di fondazione sono stati condotti con riferimento ad un'analisi agli stati limite, come previsto dalla Normativa vigente.

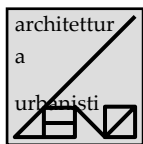
A tale riguardo si osserva che il Testo Unico permette di eseguire le verifiche con diversi approcci suddividendo i coefficienti di sicurezza parziali in tre categorie: coefficienti da applicare alle azioni (A), ai parametri dei materiali (M), alle resistenze (R).

Nel seguito si applica l'approccio 2 che prevede una unica combinazione di gruppi di coefficienti da adottare sia nelle verifiche strutturali che in quelle geotecniche.

Approccio 2: A1 + M1 + R3

Per le azioni i coefficienti parziali sono riportati nella seguente tabella.

Carichi	Effetto	Coeff. parziale	EQU	A1 - STR	A2 - GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	5 METODOLOGIA DI CALCOLO

Per i parametri geotecnici del terreno i coefficienti parziali sono riportati nella seguente tabella.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coeff. parziale	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1.0	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.0

Per la resistenza, invece, i coefficienti parziali sono definiti in relazione ai diversi stati limite ed i valori sono riportati nel seguito.

Per quanto riguarda lo Stato Limite Ultimo, in relazione alla tipologia del problema in oggetto, si è considerata la condizione di rottura o grave danno alla sovrastruttura provocata dall'abbassamento dei pali. Con riferimento quindi a tale condizione, che comprende come detto la rottura o grave danno alla sovrastruttura provocata dallo spostamento dei pali, deve essere verificata la seguente disuguaglianza:

$$F_d < R_d$$

dove: F_d è il carico assiale massimo di compressione assunto in progetto nelle verifiche allo stato limite ultimo; R_d è la resistenza di calcolo, somma di tutti i contributi alla capacità portante di progetto allo stato limite ultimo.

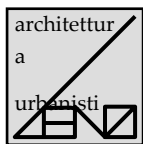
La capacità di progetto del palo di fondazione, o carico limite, R_d è dato dalla somma di due contributi:

$$R_d = R_{s,d} + R_{p,d}$$

dove $R_{s,d}$ è la resistenza laterale di progetto e $R_{p,d}$ è la resistenza alla punta di progetto.

A loro volta $R_{s,d}$ e $R_{p,d}$ si devono ricavare dai seguenti rapporti:

$$R_{s,d} = R_{s,k} / \gamma_s$$



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	5 METODOLOGIA DI CALCOLO

$$R_{b,d} = R_{b,k} / \gamma_b$$

dove $R_{s,k}$ e $R_{b,k}$ sono i valori delle resistenze caratteristiche e γ_s e γ_b sono i coefficienti di sicurezza parziali (DM2008 Tab. 6.4 II).

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
	γ_k	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Base	γ_b	1.0	1.45	1.15	1.0	1.7	1.35	1.0	1.6	1.3
Laterale (compr.)	γ_s	1.0	1.45	1.15	1.0	1.45	1.15	1.0	1.45	1.15
Totale	γ_t	1.0	1.45	1.15	1.0	1.6	1.3	1.0	1.55	1.25
Laterale (traz.)	γ_{ti}	1.0	1.6	1.25	1.0	1.6	1.25	1.0	1.6	1.25

I valori caratteristici delle resistenze alla punta e laterale $R_{b,k}$ e $R_{s,k}$ vengono determinati dalle resistenze di calcolo "minime" $R_{b,cal}$ e $R_{s,cal}$, ovvero relative alla situazione più gravosa tra quelle desunte dalle indagini, con le relazioni seguenti:

$$R_{b,k} = \frac{A_p \cdot (\sigma'_{vz} \cdot N_q + c' \cdot N_c)}{\xi_4}$$

$$R_{s,k} = \frac{\sum A_{li} \cdot \sigma'_{vi} \cdot K_i \cdot \tan \phi + \sum A_{li} \cdot \alpha \cdot c'_i}{\xi_4}$$

dove A_p indica l'area alla punta, σ'_{vz} la pressione efficace alla punta, N_q il fattore di capacità portante alla punta, A_l l'area laterale del palo nei vari strati i di terreno, σ'_{vi} la pressione efficace nell' i -esimo strato di terreno, K il coefficiente di spinta orizzontale, ϕ l'attrito del terreno, c'_i la coesione del terreno con α fattore di adesione per il cui calcolo di può fare riferimento alle Raccomandazioni A.G.I. sui pali di fondazione¹, ξ_4 il coefficiente di sicurezza parziale funzione del numero di indagini eseguite secondo le indicazioni riportate nella tabella seguente (NTC08).

¹ Caquot e Kerisel hanno proposto per α la seguente relazione: $\alpha = 1 + c_u^2 / (1 + 7 \cdot c_u^2)$ con c_u espresso in kgf/cm² cosicché $\alpha = 0.25$ per $c_u = 1$ kgf/cm². In genere si assume α variabile tra 0.5 e 0.85.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	5 METODOLOGIA DI CALCOLO

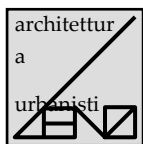
Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1.7	1.65	1.6	1.55	1.5	1.45	1.4
ξ_4	1.7	1.65	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Nel caso in esame si ha $\xi_4 = 1.7$ (che corrisponde ad una sola verticale indagata ad una profondità superiore alla lunghezza del palo).

Per quanto riguarda il valore di ϕ' da assumere nel calcolo della portanza, esso dovrà tener conto della densità relativa e del livello di tensione. Detto ϕ l'angolo di attrito del deposito indisturbato (prima dell'esecuzione del palo), si assume la seguente correzione (Kishida 1967) valida per pali trivellati:

$$\phi' = \phi - 3^\circ$$

dove ϕ' è l'angolo di attrito utilizzato nei calcoli; ϕ è l'angolo di attrito del deposito prima della realizzazione del palo.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

6.1 Premessa

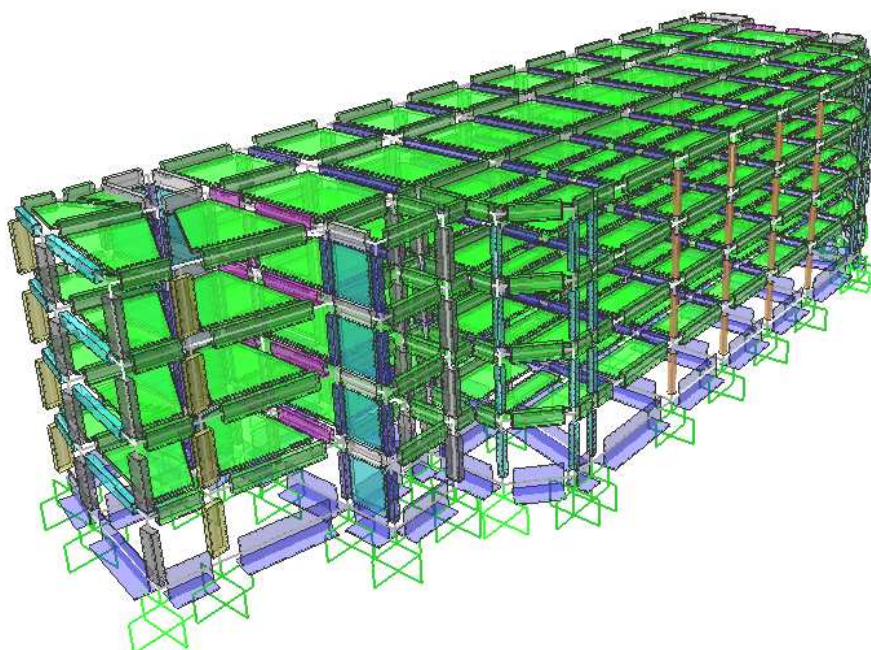
Per la verifica dell'ospedale si è scelto di esaminare il corpo 2.

I risultati delle sollecitazioni e delle deformazioni ottenuti dal modello di calcolo adottato sono riportati in forma elettronica, unitamente ai dati principali di input, nel CD allegato.

Nel seguito si riportano i risultanti più rilevanti ai fini delle verifiche; in particolare si riportano

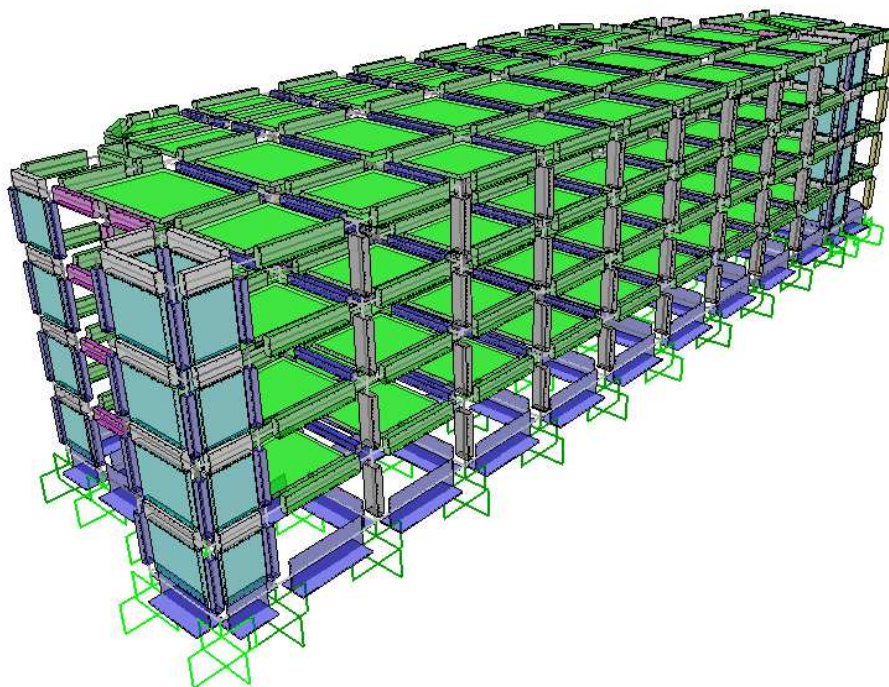
- i risultati dell'analisi modale (par. 6.2),
- le deformazioni della struttura in elevazione per le combinazioni di carico allo stato limite di esercizio ed allo stato limite ultimo (par. 6.5);
- la verifica degli elementi strutturali (par. 6.6).

Il modello di calcolo è rappresentato nelle figure seguenti.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

Vista tridimensionale del modello agli elementi finiti del Corpo 2



Vista tridimensionale del modello agli elementi finiti del Corpo 2

6.2 Risultati dell'analisi modale

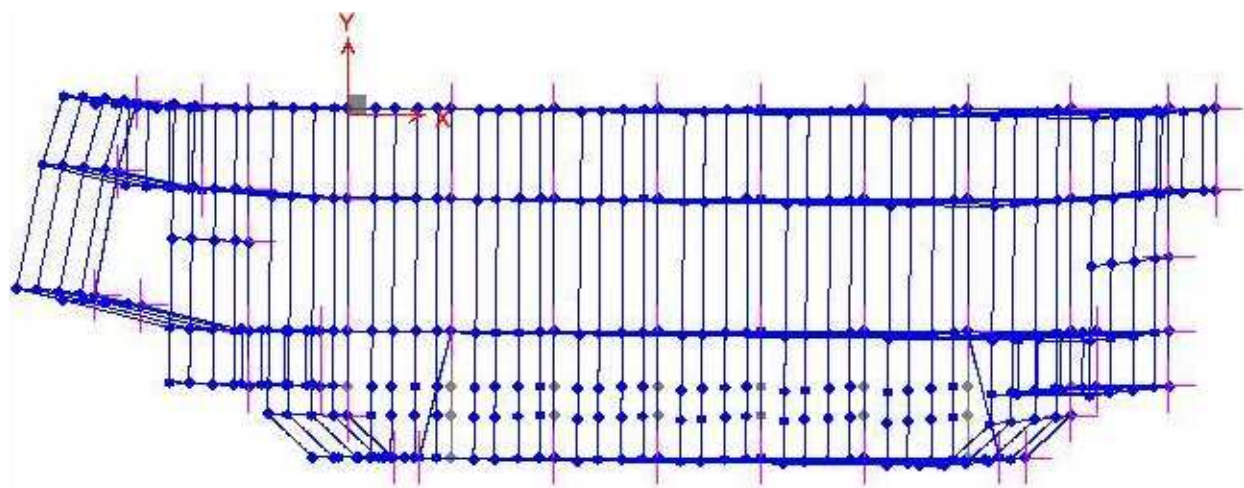
I risultati dell'analisi modale sono riportati in forma numerica nella tabella successiva ed in forma grafica, per quanto riguarda i modi principali, nelle figure successive.

Tabella. Periodi (in secondi) e masse partecipanti (in %) associate ai modi di vibrazione

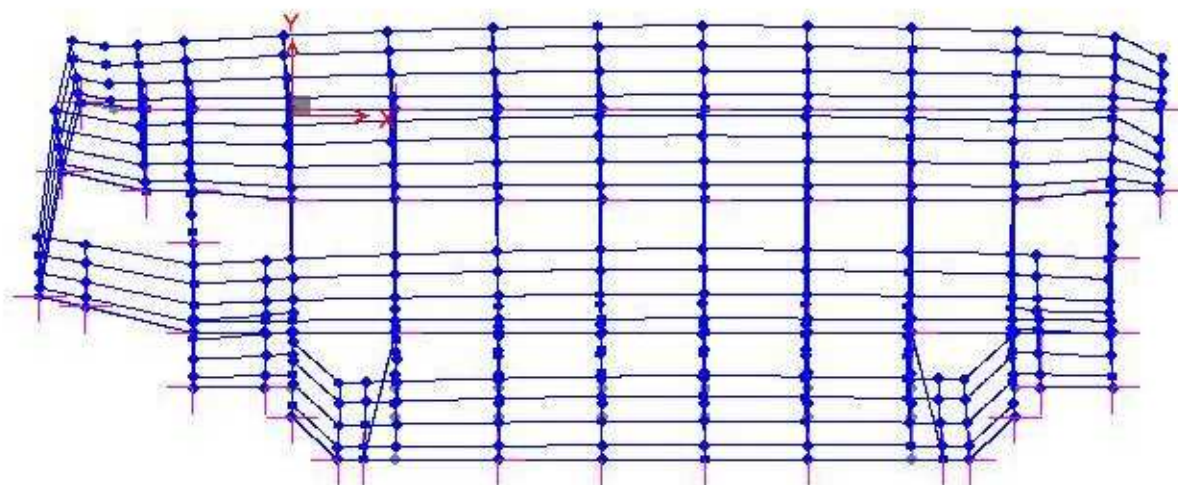
StepNum	Period	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
1	0.70	0,65	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00
2	0.52	0,00	0,64	0,00	0,66	0,64	0,00
3	0.36	0,00	0,00	0,62	0,66	0,64	0,62
4	0.21	0,00	0,01	0,00	0,66	0,66	0,62
5	0.21	0,00	0,00	0,00	0,66	0,66	0,62
6	0.21	0,11	0,02	0,00	0,77	0,67	0,62

committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

7	0.20	0,03	0,07	0,00	0,80	0,75	0,62
8	0.20	0,00	0,00	0.00	0,80	0,75	0,62
9	0.20	0,00	0,00	0.00	0.80	0.75	0,62
10	0.19	0,00	0,00	0.00	0.80	0.75	0,62
11	0.19	0,00	0,00	0.00	0.80	0.75	0,62
12	0.19	0,00	0,00	0.00	0.80	0.75	0,62

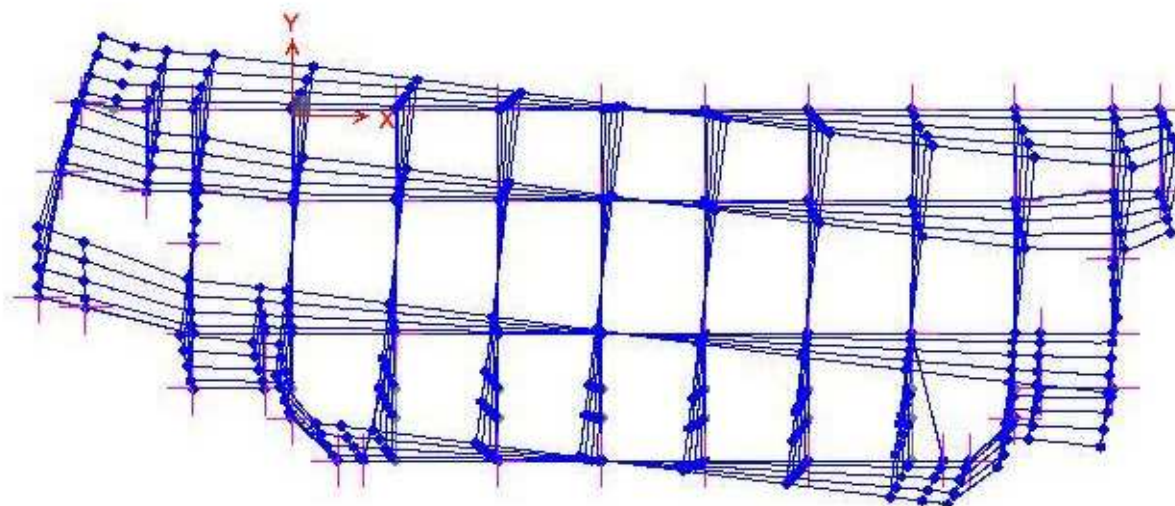


Deformata corrispondente al primo modo di vibrare: traslazione parallela ad X, T=0.70s



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

Deformata corrispondente al secondo modo di vibrare: traslazione parallela ad Y, $T=0.52s$



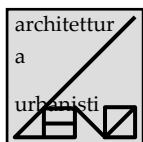
Deformata corrispondente al terzo modo di vibrare: rotazionale attorno all'asse Z, $T=0.356s$

6.3 Spostamenti per la struttura in elevazione

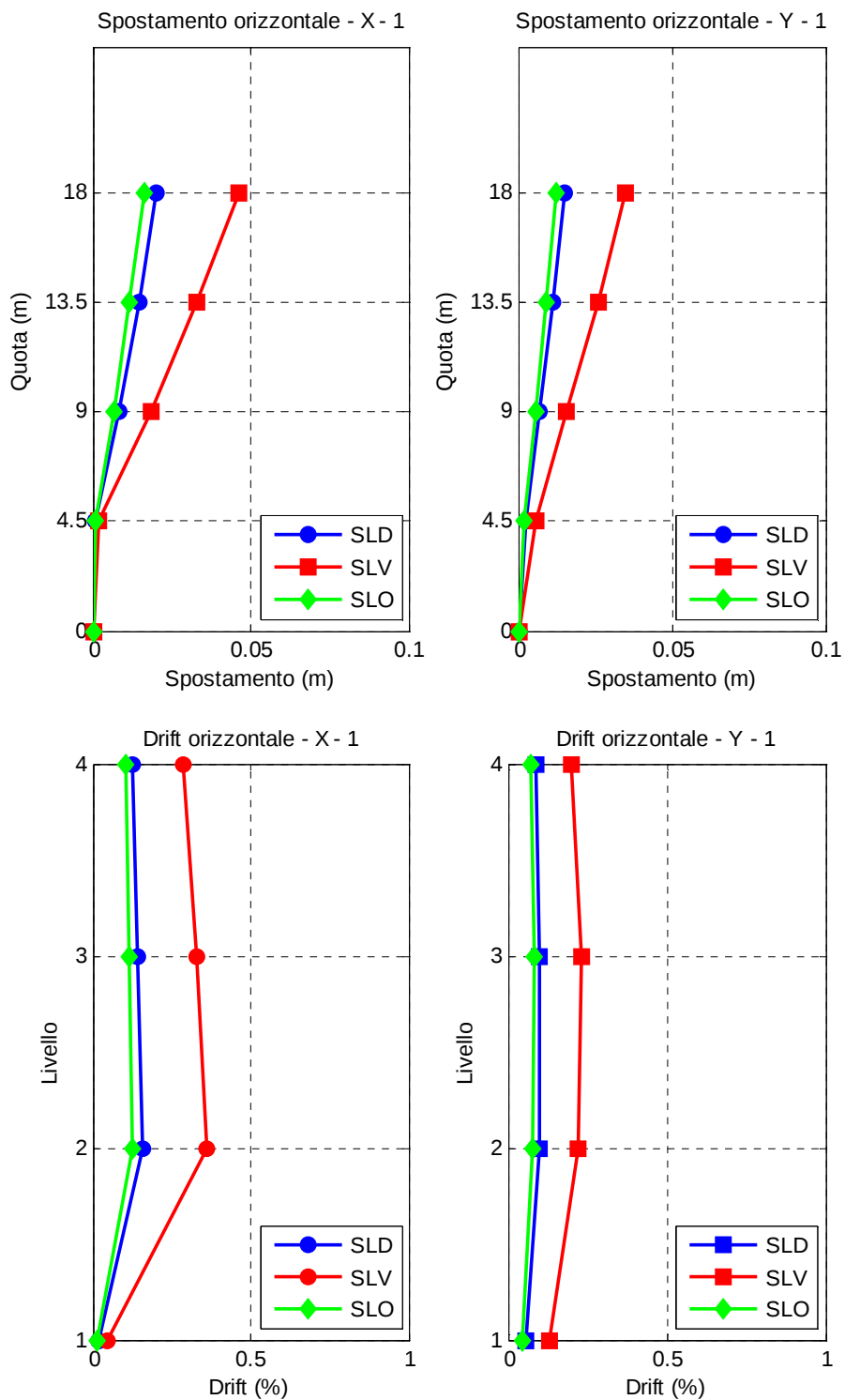
Gli spostamenti per le varie combinazioni di carico sono riportati nell'allegato. Nel seguito si riportano gli spostamenti massimi in caso di sisma rispettivamente per lo stato limite di danno e per lo stato limite ultimo.

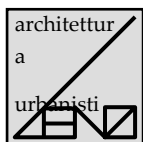
Per ogni stato limite sono stati considerati 5 punti di controllo. Per ogni punto sono riportati 4 grafici: lo spostamento assoluto e lo spostamento di interpiano, entrambi nelle due direzioni principali X e Y.

Dalla lettura dei grafici si nota che i limiti normativi sono ampiamente rispettati. Il massimo drift è circa pari a 0.5%; lo spostamento massimo in sommità è circa pari a 5cm.

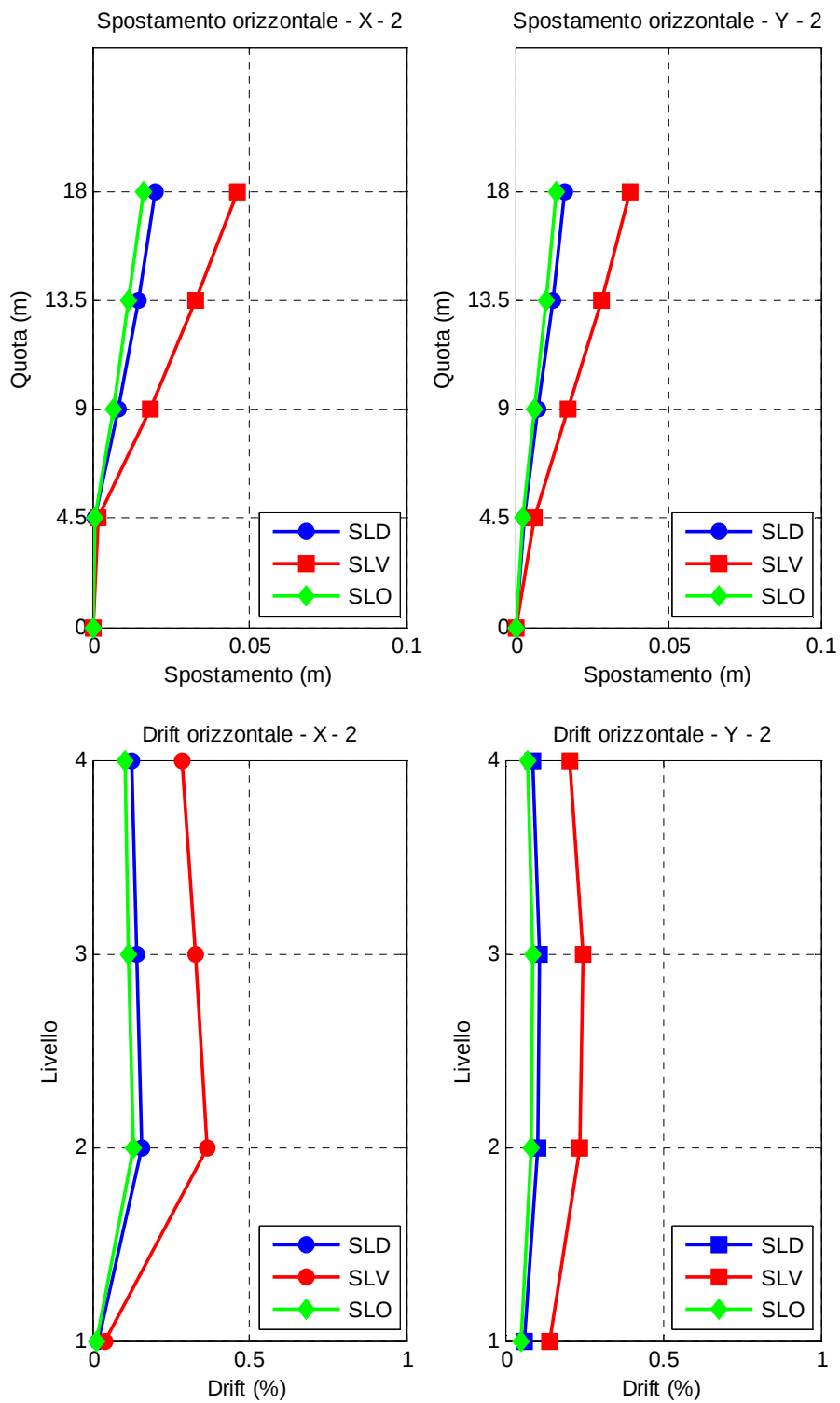


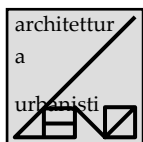
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE



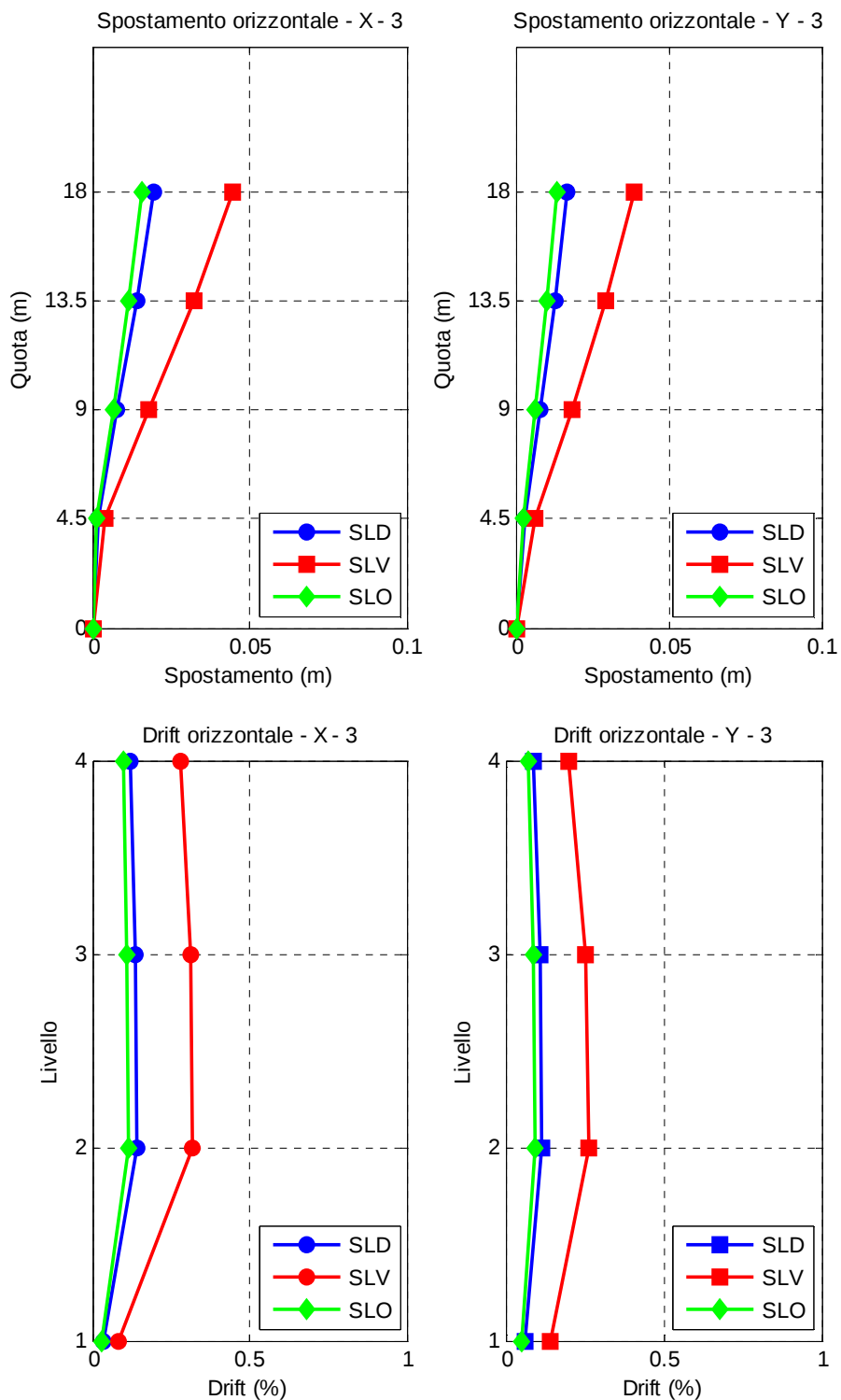


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

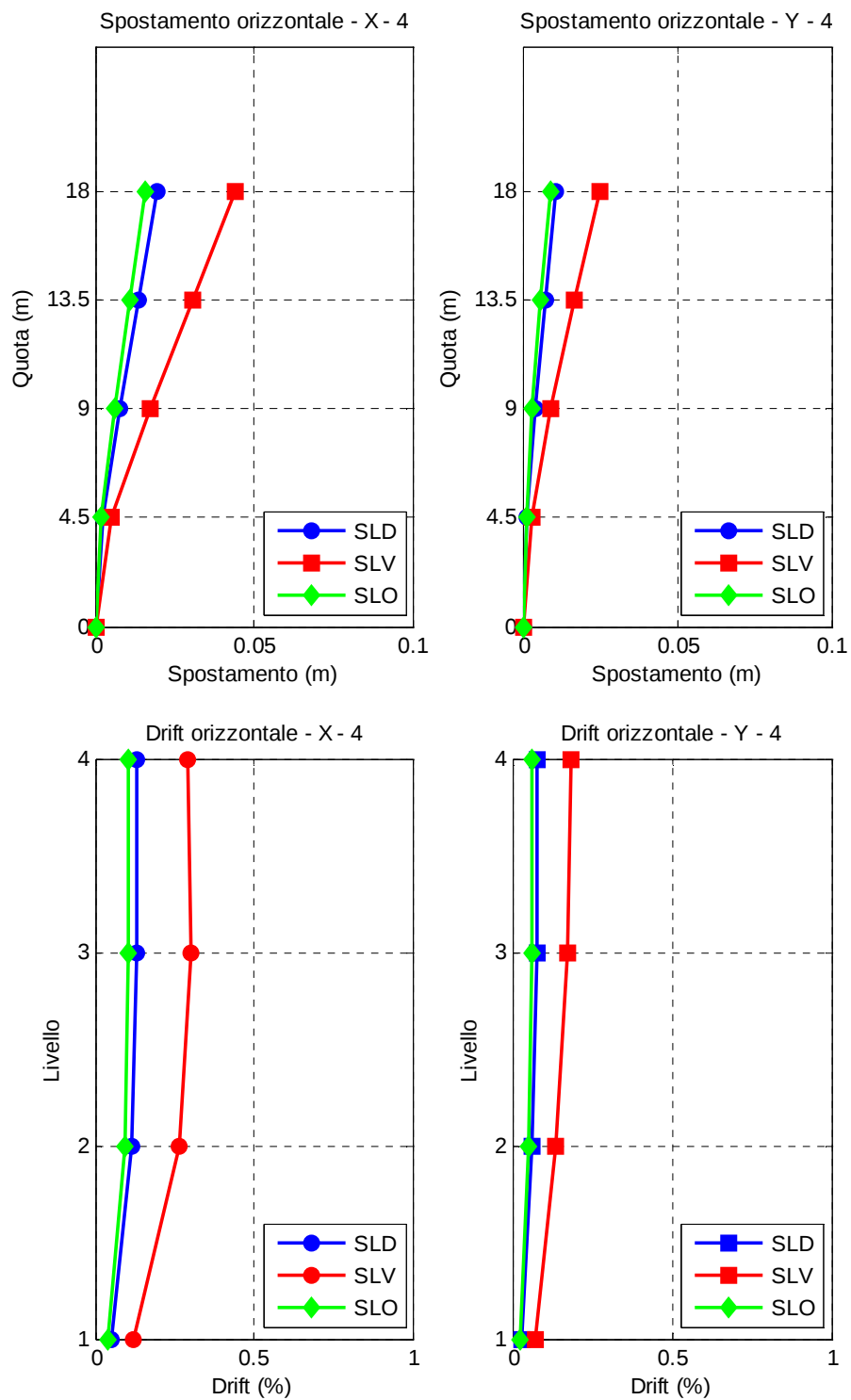


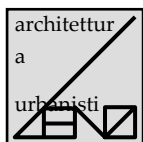


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

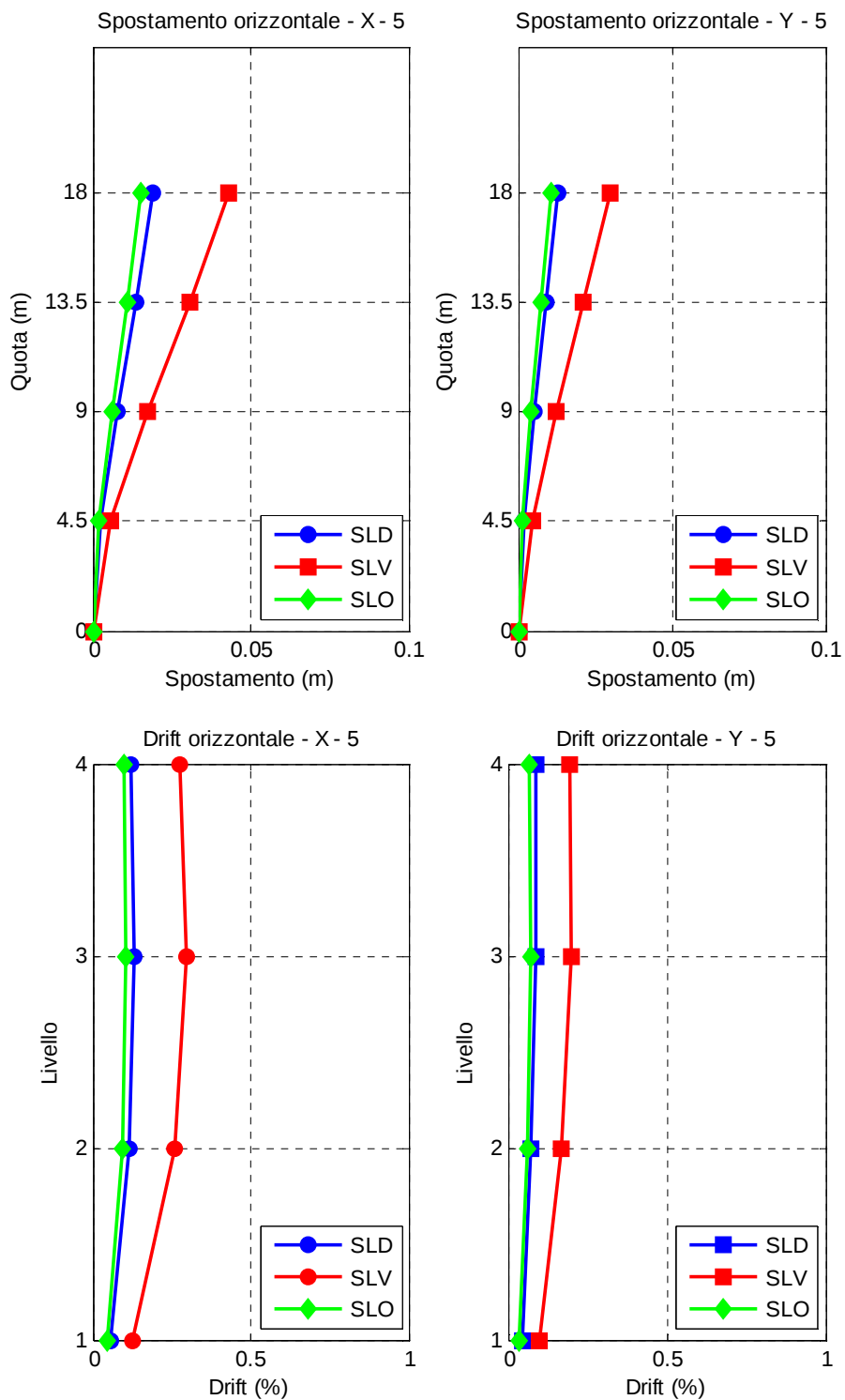


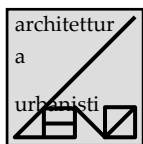
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE





committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE





committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

6.4 Verifica degli elementi strutturali

La verifica degli elementi strutturali è stata eseguita a campione sugli elementi più sollecitati. Si trascura per il corpo in esame la verifica dei solai dimensionati con un ampio margine di sicurezza in accordo alle tabelle di capacità di diverse ditte costruttrici, sono invece fornite alcune raccomandazioni in relazione alle modalità costruttive.

6.4.1 Verifica dei pali di fondazione

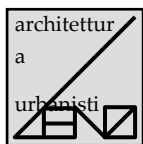
I pali hanno una variabile da corpo a corpo, tale da intestarsi direttamente sulle ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa ed argilloso limosa.

Le caratteristiche geotecniche del complesso sono riportate di seguito.

peso volume	$\gamma = 20.0 - 22.0 \text{ kN / mc ,}$
coesione	0
attrito	$\phi' = 43 - 44^\circ ,$
modulo di compressibilità	$E = 100\,000 - 300\,000 \text{ kN / mq}$

La verifica della capacità portante del sistema di fondazione è stata eseguita attraverso il confronto della sollecitazione agente nelle diverse combinazioni di carico esaminate con la portanza del sistema di fondazione per il singolo palo, secondo quanto riportato in precedenza.

La sollecitazione agente è un risultato diretto del modello di calcolo. La capacità portante è stata invece calcolata secondo le usuali indicazioni dell'ingegneria geotecnica attraverso la somma del contributo della portanza laterale e della portanza di punta, secondo quanto riportato in precedenza.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

CORPO 1

Il sistema di fondazione del corpo 1 è costituito da plinti a tre pali, in cemento armato, di diametro 60 cm, collegati da un grigliato di travi 40x80.

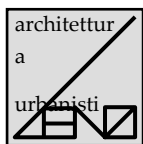
I pali hanno una lunghezza di 10 metri e si intestano direttamente sulle ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa ed argilloso limosa.

Nel seguito si riporta una tabella riepilogativa della verifica eseguita, dove si riportano i principali dati di calcolo

La verifica è soddisfatta.

Tabella 6.1. Verifica del carico limite dei pali di fondazione del Corpo 1

INPUT			DOMANDA			CAPACITA'		
<u>Pali</u>			<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>			<u>Secondo la teoria di Brinch Hansen</u>		
Diametro	0.6 m							
H	10 m		N_{max}	5149.9 kN		ϕ'	39 °	
$L_{inf.}$	2 m		N_{min}	55 kN		N_q	56	
A	0.282743 mq					N_c	67.9	
						$\square_v'$	232.0 kN/mq	
<u>Terreno alla base</u>			<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>					
ϕ	42 °		$PP_{palo,int}$	71 kN		Q_p	3673 kN	
$\square$	24 kN/mc					Q_s	606 kN	
c	0 kPa		N	5079.21 kN		$\square_p$	1.35	
						$\square_s$	1.15	
			$\square_c$	17.964 N/mm ²				
						Q_{lim}	3248 kN	
						FS	1.11	



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

CORPO 2

Il sistema di fondazione del corpo 2 è costituito da plinti a tre pali, in cemento armato, di diametro 80 cm, collegati da un grigliato di travi 40x80.

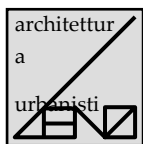
I pali hanno una lunghezza di 6 metri e si intestano direttamente sulle ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa ed argilloso limosa.

Nel seguito si riporta una tabella riepilogativa della verifica eseguita, dove si riportano i principali dati di calcolo

La verifica è soddisfatta.

Tabella 6.2. Verifica del carico limite dei pali di fondazione del Corpo 2

INPUT		DOMANDA		CAPACITA'	
<u>Pali</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>		<u>Secondo la teoria di Brinch Hansen</u>	
Diametro	0.8 m				
H	6 m	N_{max}	5535.39 kN	ϕ'	39 °
$L_{inf.}$	2 m	N_{min}	55 kN	N_q	56
A	0.502655 mq			N_c	67.9
				$\square_v'$	140.0 kN/mq
<u>Terreno alla base</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>			
ϕ	42 °	$PP_{palo,int}$	75 kN	Q_p	3941 kN
$\square$	24 kN/mc			Q_s	318 kN
c	0 kPa	N	5459.99 kN	$\square_p$	1.35
				$\square_s$	1.15
		$\square_c$	10.862 N/mm ²		
				Q_{lim}	3195 kN
				FS	1.05



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

CORPO 3

Il sistema di fondazione del corpo 3 è costituito da plinti a tre pali, in cemento armato, di diametro 60 cm, collegati da un grigliato di travi 40x80.

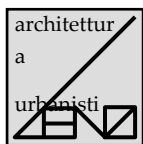
I pali hanno una lunghezza di 6 metri e si intestano direttamente sulle ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa ed argilloso limosa.

Nel seguito si riporta una tabella riepilogativa della verifica eseguita, dove si riportano i principali dati di calcolo

La verifica è soddisfatta.

Tabella 6.3. Verifica del carico limite dei pali di fondazione del Corpo 3

INPUT		DOMANDA		CAPACITA'	
<u>Pali</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>		<u>Secondo la teoria di Brinch Hansen</u>	
Diametro	0.6 m				
H	6 m	N_{max}	3233.813 kN	ϕ'	39 °
$L_{inf.}$	3 m	N_{min}	55 kN	N_q	56
A	0.282743 mq			N_c	67.9
				$\square_v'$	141.0 kN/mq
<u>Terreno alla base</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>			
ϕ	42 °	$PP_{palo,int}$	42 kN	Q_p	2233 kN
$\square$	24 kN/mc			Q_s	259 kN
c	0 kPa	N	3191.40 kN	$\square_p$	1.35
				$\square_s$	1.15
		$\square_c$	11.287 N/mm ²		
				Q_{lim}	1879 kN
				FS	1.03



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

CORPO 4

Il sistema di fondazione del corpo 4 è costituito da plinti a tre pali, in cemento armato ,di diametro 60 cm, collegati da un grigliato di travi 40x80.

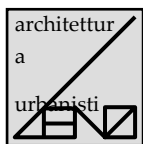
I pali hanno una lunghezza di 10 metri e si intestano direttamente sulle ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa ed argilloso limosa.

Nel seguito si riporta una tabella riepilogativa della verifica eseguita, dove si riportano i principali dati di calcolo

La verifica è soddisfatta.

Tabella 6.4. Verifica del carico limite dei pali di fondazione del Corpo 4

INPUT		DOMANDA		CAPACITA'	
<u>Pali</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>		<u>Secondo la teoria di Brinch Hansen</u>	
Diametro	0.6 m				
H	10 m	N_{max}	4850 kN	ϕ'	39 °
$L_{inf.}$	2 m	N_{min}	55 kN	N_q	56
A	0.282743 mq			N_c	67.9
				$\square_v'$	232.0 kN/mq
<u>Terreno alla base</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>			
ϕ	42 °	$PP_{palo,int}$	71 kN	Q_p	3673 kN
$\square$	24 kN/mc			Q_s	606 kN
c	0 kPa	N	4779.31 kN	$\square_p$	1.35
				$\square_s$	1.15
		$\square_c$	16.903 N/mm ²		
				Q_{lim}	3248 kN
				FS	1.18



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

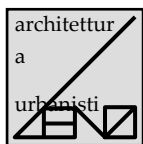
CORPO 4 monopiano

Il sistema di fondazione della parte monopiano del corpo 4 è costituito da plinti a due pali, in cemento armato, di diametro 60 cm, collegati da un grigliato di travi 40x80.

I pali hanno una lunghezza di 10 metri e si intestano direttamente sulle ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa ed argilloso limosa.

Tabella 6.5. Verifica del carico limite dei pali di fondazione del Corpo 4 monopiano

INPUT		DOMANDA		CAPACITA'	
<u>Pali</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>		<u>Secondo la teoria di Brinch Hansen</u>	
Diametro	0.6 m				
H	10 m	N_{max}	1049.1 kN	ϕ'	39 °
$L_{inf.}$	2 m	N_{min}	55 kN	N_q	56
A	0.282743 mq			N_c	67.9
				γ_v	232.0 kN/mq
<u>Terreno alla base</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>			
ϕ	42 °	$PP_{palo,int}$	71 kN	Q_p	3673 kN
γ	24 kN/mc			Q_s	606 kN
c	0 kPa	N	978.37 kN	γ_p	1.35
				γ_s	1.15
		γ_c	3.460 N/mm ²		
				Q_{lim}	3248 kN
				FS	3.83



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

CORPO 5

Il sistema di fondazione del corpo 5 è costituito da plinti tripalo, in cemento armato, di diametro 60 cm, collegati da un grigliato di travi 40x80.

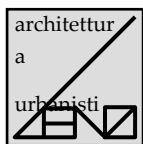
I pali hanno una lunghezza di 9 metri e si intestano direttamente sulle ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa ed argilloso limosa.

Nel seguito si riporta una tabella riepilogativa della verifica eseguita, dove si riportano i principali dati di calcolo

La verifica è soddisfatta.

Tabella 6.6. Verifica del carico limite dei pali di fondazione del Corpo 5

INPUT			DOMANDA			CAPACITA'		
<u>Pali</u>			<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>			<u>Secondo la teoria di Brinch Hansen</u>		
Diametro	0.6 m							
H	9 m		N_{max}	2707.77 kN		ϕ'	39 °	
$L_{inf.}$	2 m		N_{min}	55 kN		N_q	56	
A	0.282743 mq					N_c	67.9	
						γ'_{lv}	209.0 kN/mq	
<u>Terreno alla base</u>			<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>					
ϕ	42 °		$PP_{palo,int}$	64 kN		Q_p	3309 kN	
γ	24 kN/mc					Q_s	499 kN	
c	0 kPa		N	2644.15 kN		γ_p	1.35	
						γ_s	1.15	
			γ_c	9.352 N/mm ²				
						Q_{lim}	2885 kN	
						FS	1.96	



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

CORPO 5 monopiano

Il sistema di fondazione della parte monopiano del corpo 5 è costituito da plinti a due pali, in cemento armato, di diametro 60 cm, collegati da un grigliato di travi 40x80.

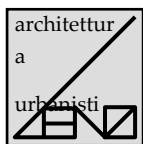
I pali hanno una lunghezza di 9 metri e si intestano direttamente sulle ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa ed argilloso limosa.

Nel seguito si riporta una tabella riepilogativa della verifica eseguita, dove si riportano i principali dati di calcolo

La verifica è soddisfatta.

Tabella 6.7. Verifica del carico limite dei pali di fondazione del Corpo 5

INPUT		DOMANDA		CAPACITA'	
<u>Pali</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>		<u>Secondo la teoria di Brinch Hansen</u>	
Diametro	0.6 m				
H	9 m	N_{max}	882.0 kN	ϕ'	39 °
$L_{inf.}$	2 m	N_{min}	55 kN	N_q	56
A	0.282743 mq			N_c	67.9
				$\downarrow_v'$	209.0 kN/mq
<u>Terreno alla base</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>			
ϕ	42 °	$PP_{palo,int}$	64 kN	Q_p	3309 kN
$\downarrow$	24 kN/mc			Q_s	499 kN
c	0 kPa	N	818.42 kN	$\uparrow_p$	1.35
				$\downarrow_s$	1.15
		$\downarrow_c$	2.895 N/mm ²		
				Q_{lim}	2885 kN
				FS	4.20



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

CORPO 6

Il sistema di fondazione del corpo 6 è costituito da plinti a tre pali, in cemento armato, di diametro 60 cm, collegati da un grigliato di travi 40x80.

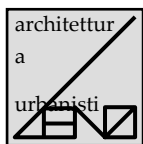
I pali hanno una lunghezza di 6 metri e si intestano direttamente sulle ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa ed argilloso limosa.

Nel seguito si riporta una tabella riepilogativa della verifica eseguita, dove si riportano i principali dati di calcolo

La verifica è soddisfatta.

Tabella 6.8. Verifica del carico limite dei pali di fondazione del Corpo 6

INPUT		DOMANDA		CAPACITA'	
<u>Pali</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>		<u>Secondo la teoria di Brinch Hansen</u>	
Diametro	0.6 m				
H	6 m	N_{max}	2510.888 kN	ϕ'	39 °
$L_{inf.}$	2 m	N_{min}	55 kN	N_q	56
A	0.282743 mq			N_c	67.9
				$\square_v'$	140.0 kN/mq
<u>Terreno alla base</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>			
ϕ	42 °	$PP_{palo,int}$	42 kN	Q_p	2217 kN
$\square$	24 kN/mc			Q_s	238 kN
c	0 kPa	N	2468.48 kN	$\square_p$	1.35
				$\square_s$	1.15
		$\square_c$	8.730 N/mm ²		
				Q_{lim}	1849 kN
				FS	1.30



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

CORPO 6 monopiano

Il sistema di fondazione della parte monopiano del corpo 6 è costituito da plinti bipalo, in cemento armato, di diametro 60 cm, collegati da un grigliato di travi 40x80.

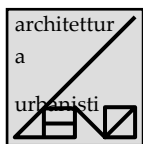
I pali hanno una lunghezza di 6 metri e si intestano direttamente sulle ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa ed argilloso limosa.

Nel seguito si riporta una tabella riepilogativa della verifica eseguita, dove si riportano i principali dati di calcolo

La verifica è soddisfatta.

Tabella 6.9. Verifica del carico limite dei pali di fondazione del Corpo 6 monopiano

INPUT		DOMANDA		CAPACITA'	
<u>Pali</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>		<u>Secondo la teoria di Brinch Hansen</u>	
Diametro	0.6 m				
H	6 m	N_{max}	1196.927 kN	ϕ'	39 °
$L_{inf.}$	2 m	N_{min}	55 kN	N_q	56
A	0.282743 mq			N_c	67.9
				$\square_v'$	140.0 kN/mq
<u>Terreno alla base</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>			
ϕ	42 °	$PP_{palo,int}$	42 kN	Q_p	2217 kN
$\square$	24 kN/mc			Q_s	238 kN
c	0 kPa	N	1154.52 kN	$\square_p$	1.35
				$\square_s$	1.15
		$\square_c$	4.083 N/mm ²		
				Q_{lim}	1849 kN
				FS	1.85



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

CORPO 7

Il sistema di fondazione del corpo 7 è costituito da plinti bipalo, in cemento armato, di diametro 60 cm, collegati da un grigliato di travi 40x100.

I pali hanno una lunghezza di 6 metri e si intestano direttamente sulle ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa ed argilloso limosa.

Nel seguito si riporta una tabella riepilogativa della verifica eseguita, dove si riportano i principali dati di calcolo

La verifica è soddisfatta.

Tabella 6.10. Verifica del carico limite dei pali di fondazione del Corpo 7

INPUT		DOMANDA		CAPACITA'	
<u>Pali</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>		<u>Secondo la teoria di Brinch Hansen</u>	
Diametro	0.6 m				
H	6 m	N_{max}	1251.897 kN	ϕ'	39 °
$L_{inf.}$	2 m	N_{min}	55 kN	N_q	56
A	0.282743 mq			N_c	67.9
				γ'_{lv}	140.0 kN/mq
<u>Terreno alla base</u>		<u>Sollecitazioni dal modello di calcolo</u>			
ϕ	42 °	$PP_{palo,int}$	42 kN	Q_p	2217 kN
γ	24 kN/mc			Q_s	238 kN
c	0 kPa	N	1209.49 kN	γ_b	1.35
				γ_b	1.15
		γ_{lc}	4.278 N/mm ²		
				Q_{lim}	1849 kN
				FS	1.76

6.4.2 Solai

Per i solai si riportano alcune indicazioni di carattere costruttivo.

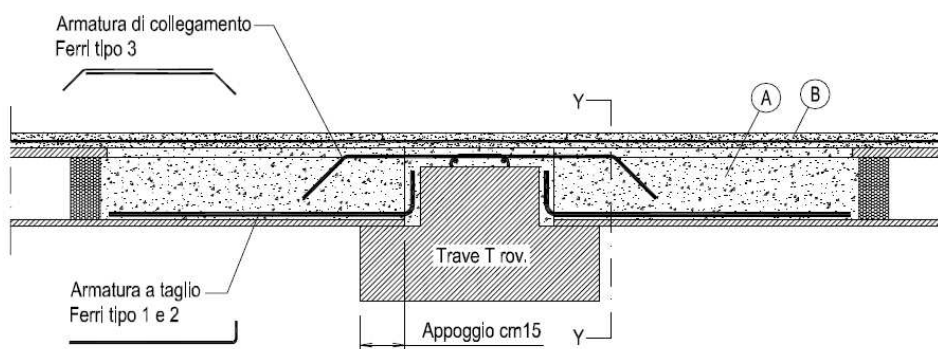
I pannelli devono essere posizionali interponendo uno strato di malta sulla superficie di appoggio per evitare comportamenti trasversali anomali. All'estremità è necessario prevedere un'armatura inferiore aggiuntiva atta ad assorbire uno sforzo di trazione pari al taglio, convenientemente ancorata ed avvolta dal getto integrativo esteso all'interno degli alveoli per almeno 80 cm.

committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

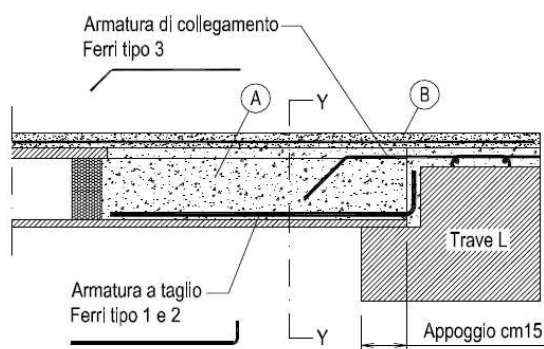
La resistenza caratteristica a compressione delle nervature della soletta superiore deve essere maggiore uguale a 35N/mm² ed il relativo getto deve essere accuratamente vibrato.

Lo schema statico ipotizzato per garantire una risposta uniforme in caso di sismica è quello di trave continua su più appoggi. Alcuni schemi esemplificativi sono riportati nella figura seguente.

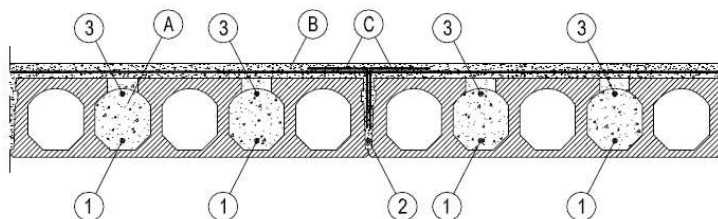
Collegamento del solaio alveolare alla trave T rovescia



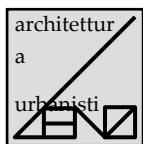
Collegamento del solaio alveolare alla trave L



Sezione Y-Y



Schema dell'appoggio dei solai prefabbricati per garantire la continuità strutturale



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

6.4.3 Verifica delle travi

Le verifiche sono riportate in forma grafica sulla base dei risultati del modello di calcolo riportate negli allegati.

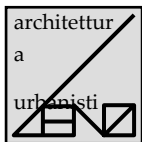
Le tipologie di travi principali sono indicate nella tabella seguente unitamente ai valori di capacità a momento flettente ed a taglio.

Tipologie di travi principali e relative armature longitudinali e trasversali

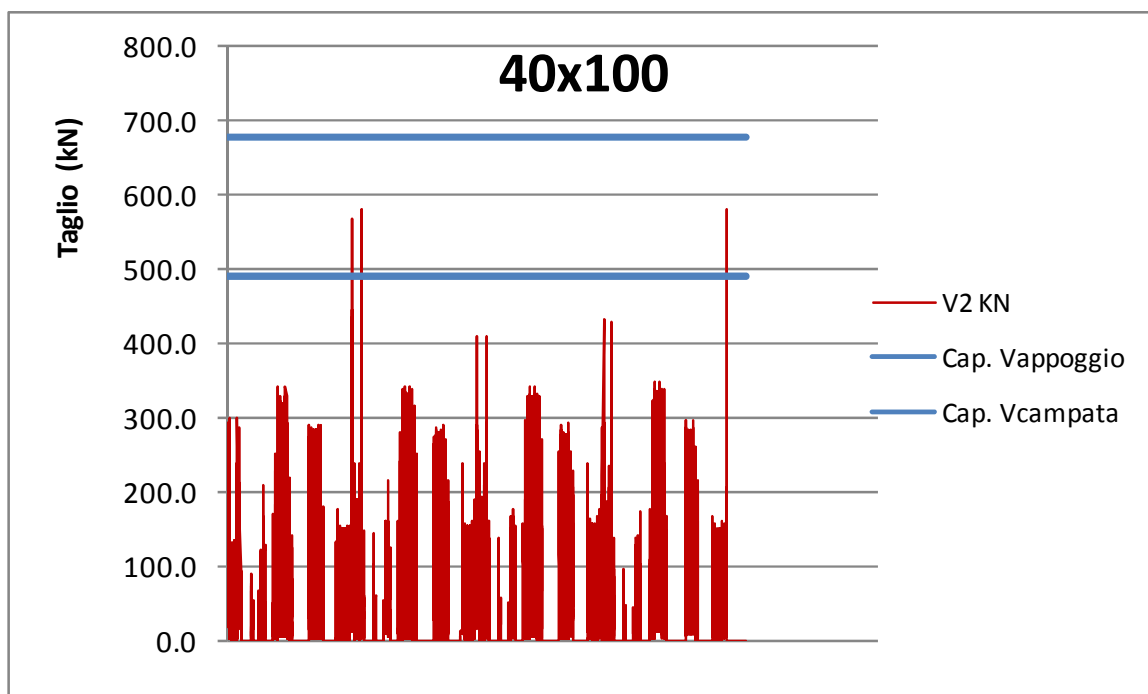
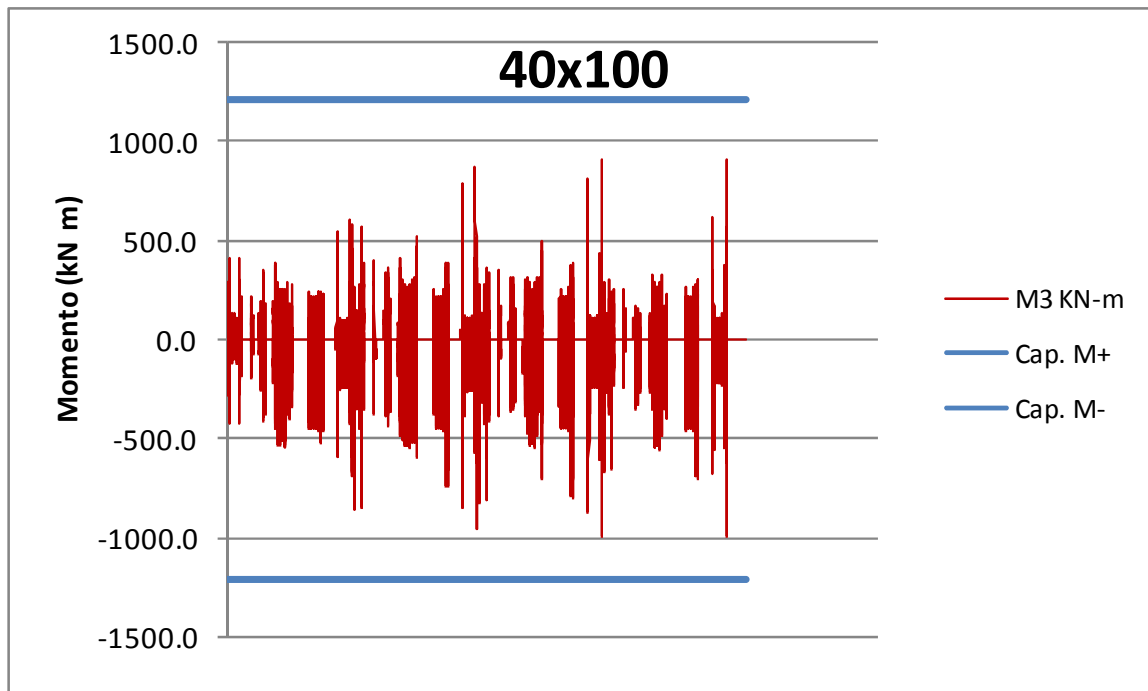
Tipo	b	h	Φ	n_{sup}	n_{inf}	Φ	$s_{campata}$	$s_{appoggio}$
	m	m	mm			mm	m	m
T40x100	0.4	1	24	8	8	8	0.2	0.1
T40x45	0.4	0.45	20	4	4	8	0.2	0.1
T30x85	0.3	0.85	20	4	4	8	0.2	0.1
T40x65	0.4	0.65	20	4	4	8	0.2	0.1

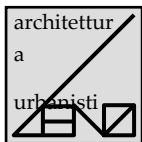
Tipologie di travi principali e relative capacità a momento flettente e a taglio

Tipo	M+	M-	$V_{appoggio}$	$V_{campata}$
	kN m	kN m	kN	kN
T40x100	1215	-1215	677	490
T40x45	190	-190	305	220
T30x85	359	-359	512	352
T40x65	274	-274	440	318

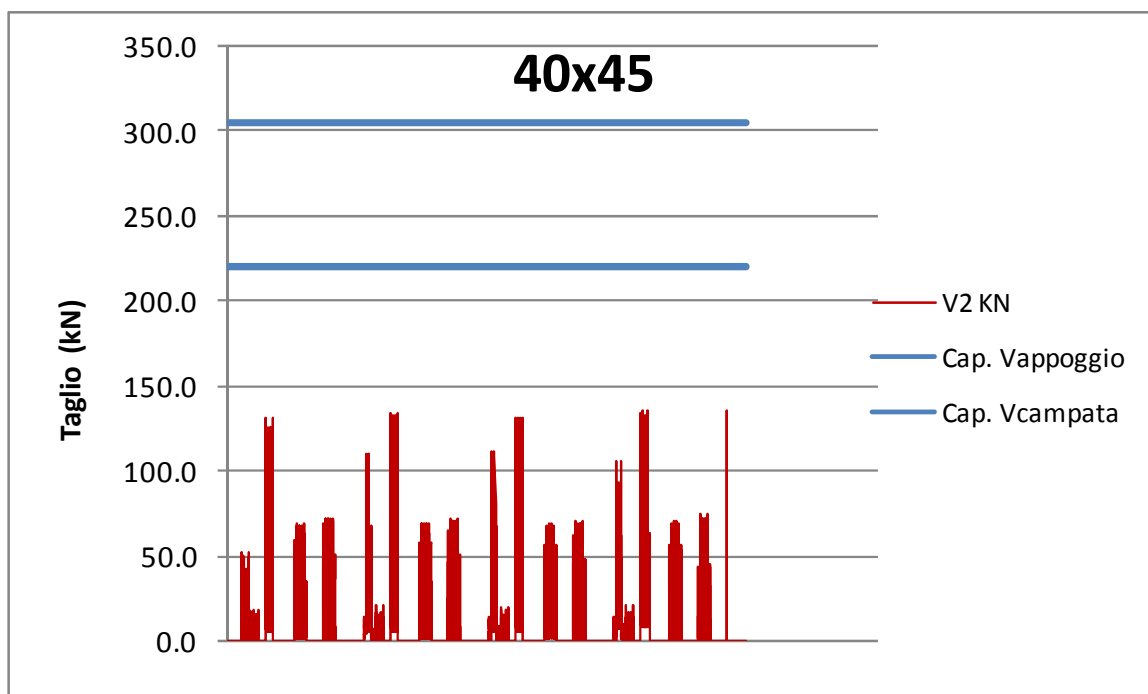
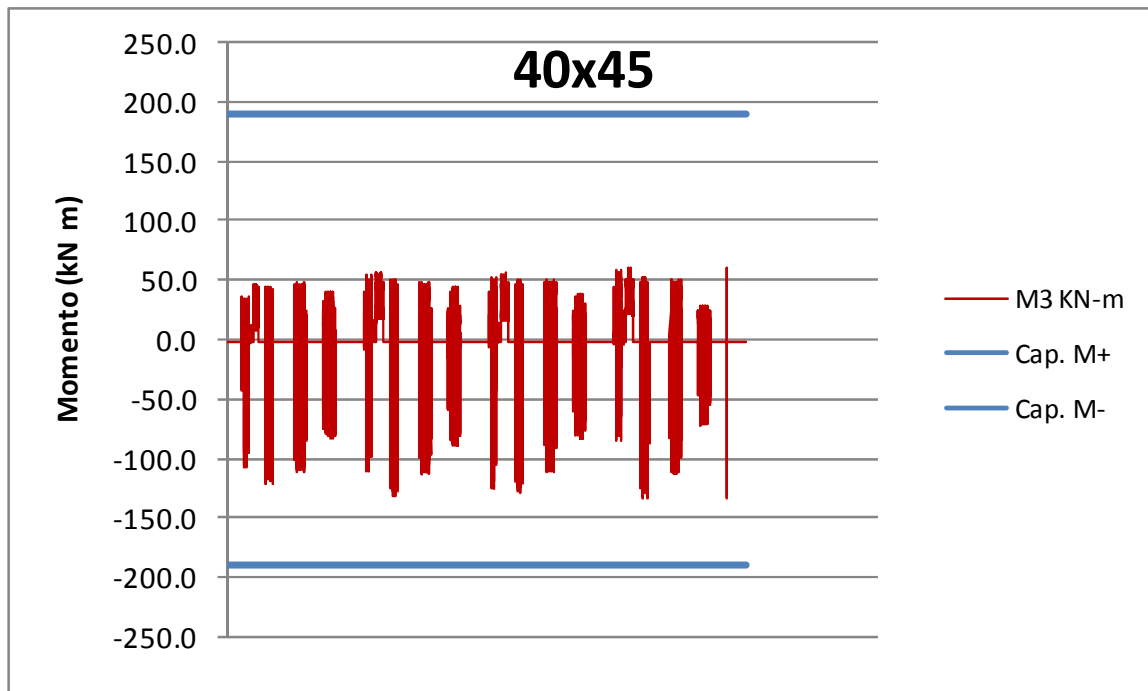


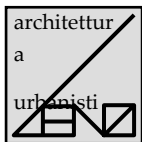
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE



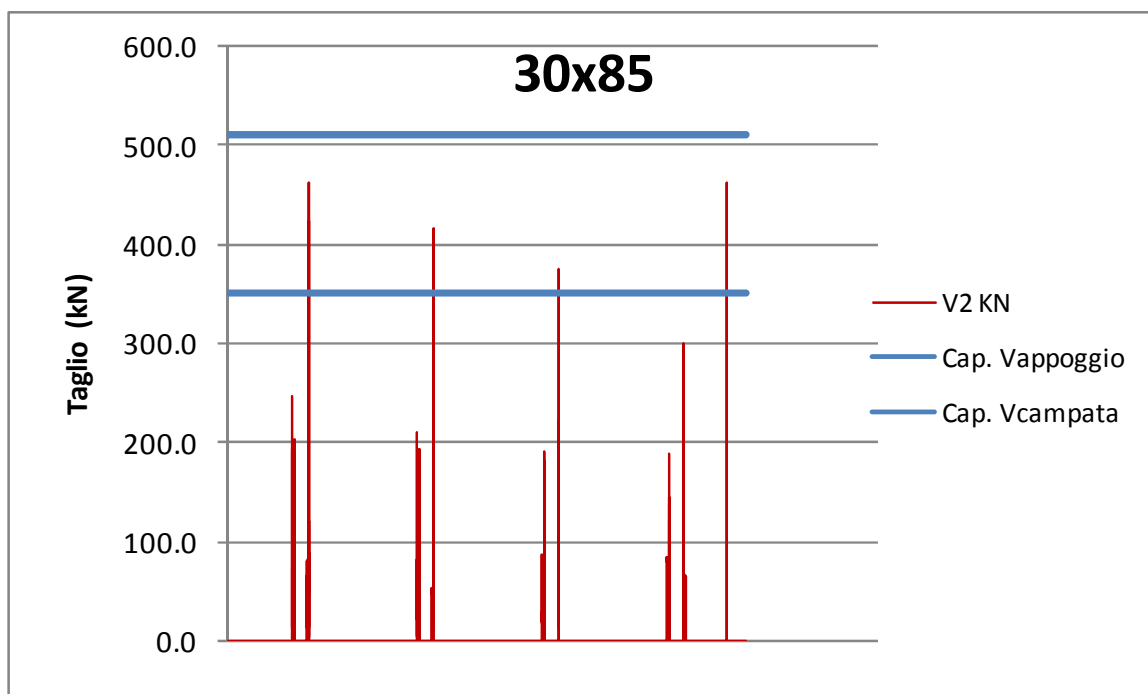
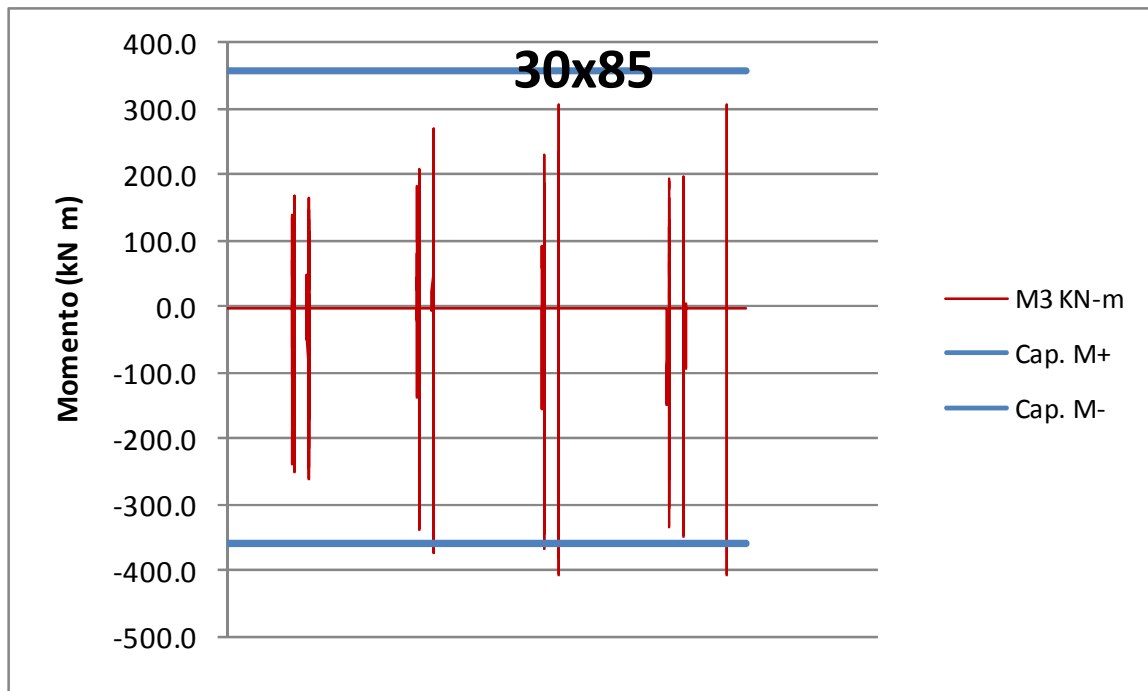


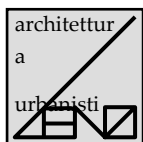
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE



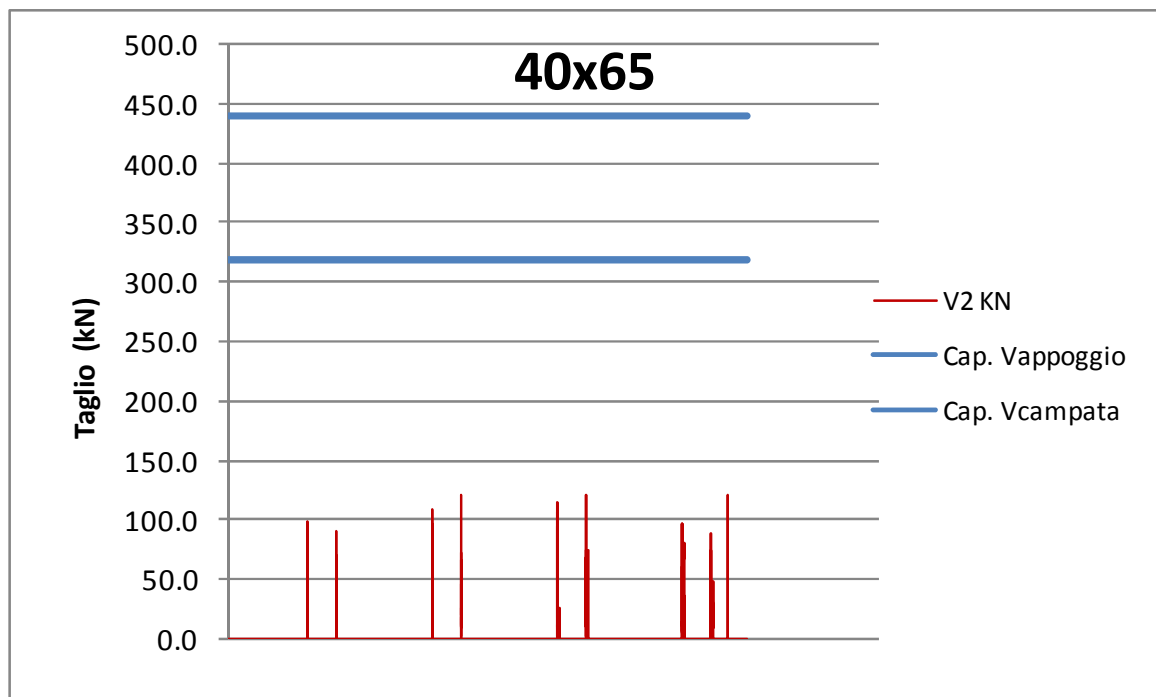
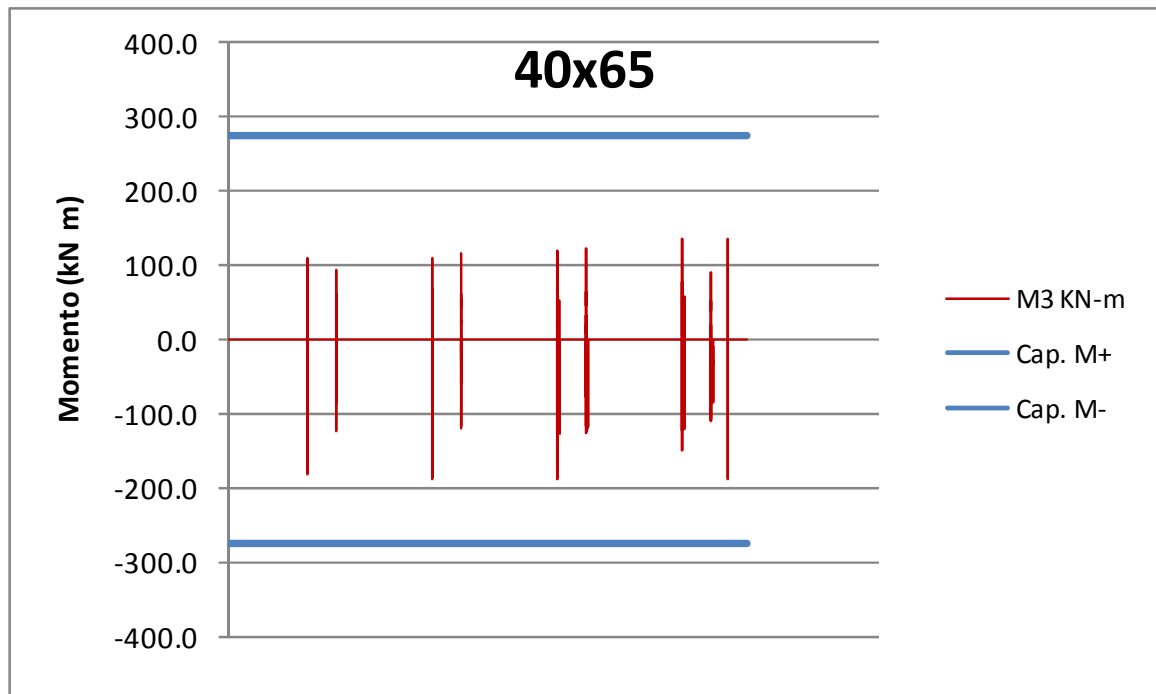


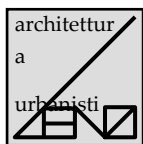
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE





committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE





committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

6.4.4 Verifica dei pilastri

La verifica di pilastri è riportata per le sezioni più significative in forma grafica nelle figure seguenti.

La verifica è stata eseguita considerando la sollecitazione composta di sforzo assiale e momento flettente ed è riportata considerando il momento attorno all'asse Y con segno positivo ed il momento attorno all'asse X con segno negativo.

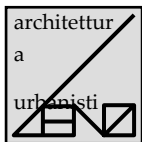
Per il calcolo della capacità sono state considerate le armature riportate nella tabella successiva.

Tipologie dei pilastri e armature longitudinali e trasversali

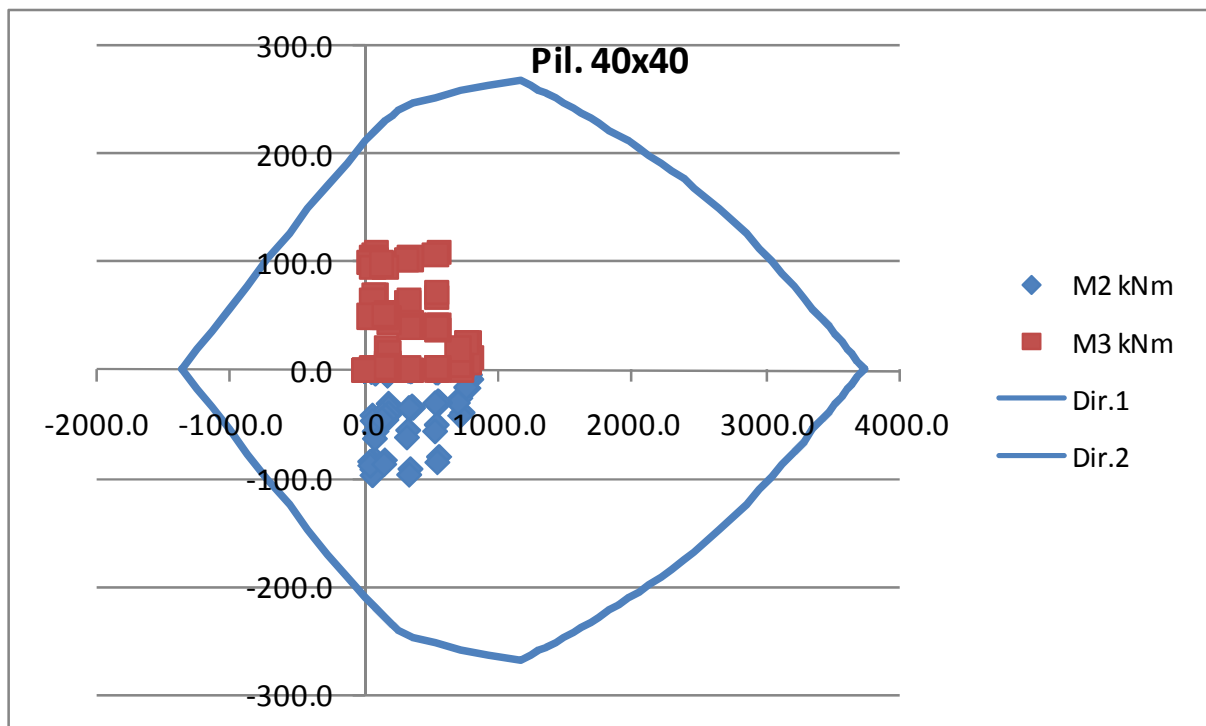
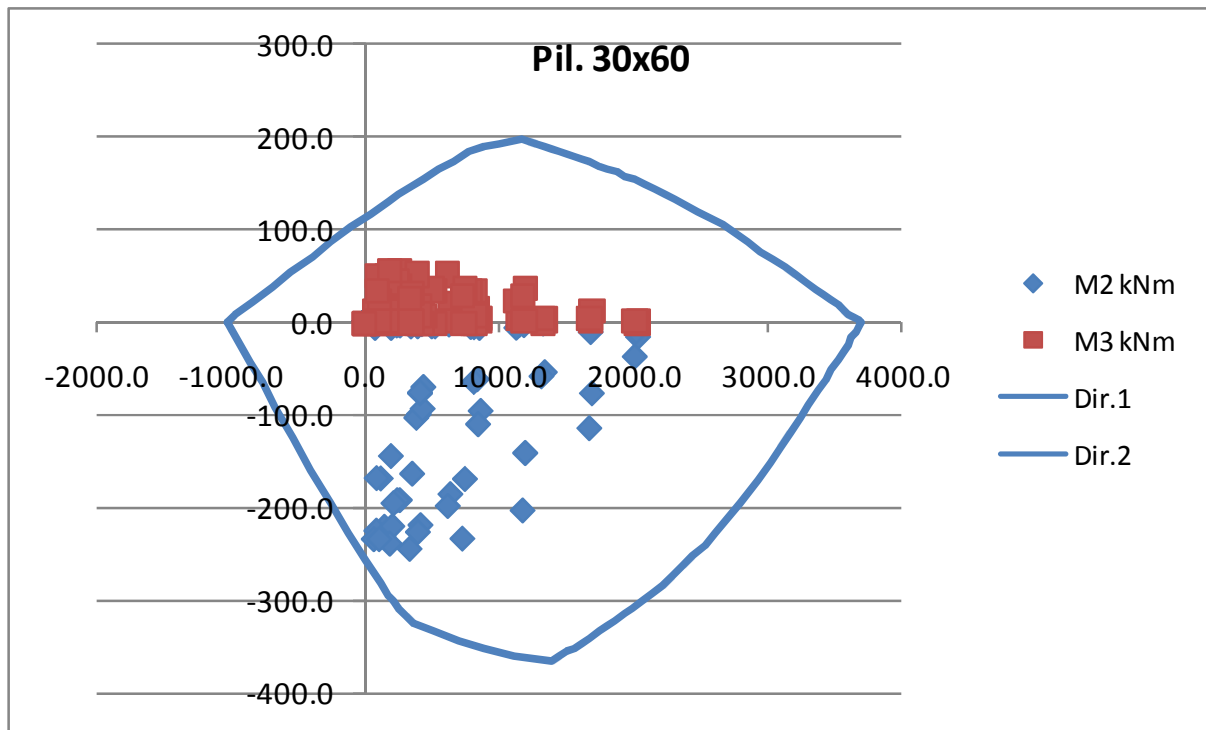
Tipo	I_x <i>m</i>	I_y <i>m</i>	Φ <i>mm</i>	n_x	n_y	n_{tot}	Φ <i>mm</i>	$S_{mezzzeria}$ <i>m</i>	$S_{incastro}$ <i>m</i>
P30X60	0.3	0.6	20	2	3	6	12	0.2	0.1
P40X40	0.4	0.4	20	3	3	8	12	0.2	0.1
P40X100	0.4	1	24	4	7	18	12	0.2	0.1
P40X80	0.4	0.8	24	3	4	10	12	0.2	0.1
P60	0.6		20	10		10	12	0.2	0.1
P100X40	1	0.4	24	7	4	18	12	0.2	0.1
P60X100	0.6	1	24	4	7	18	12	0.2	0.1

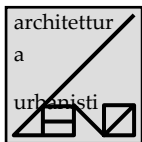
Incidenza delle armature per tipologia di pilastro

Tipo	A_s <i>mq</i>	A_c <i>mq</i>	A_s/A_c %	V_s <i>mc</i>	V_c <i>mc</i>	incidenza <i>kg/mc</i>
P30X60	0.0019	0.18	1.05%	0.0033	0.180	144.4
P40X40	0.0025	0.16	1.57%	0.0038	0.160	185.5
P40X100	0.0081	0.40	2.04%	0.0104	0.400	203.3
P40X80	0.0045	0.32	1.41%	0.0064	0.320	157.6
P60	0.0031	0.28	1.11%	0.0046	0.283	128.7
P100X40	0.0081	0.40	2.04%	0.0104	0.400	203.3
P60X100	0.0081	0.60	1.36%	0.0107	0.600	139.7

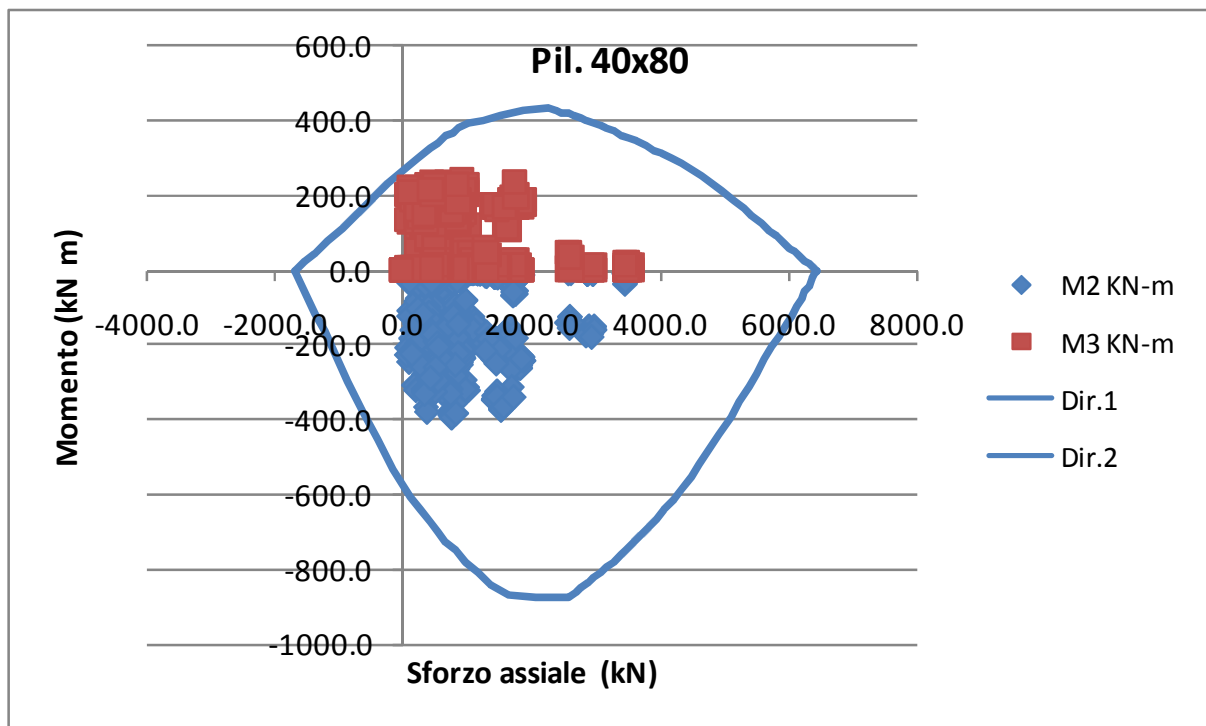
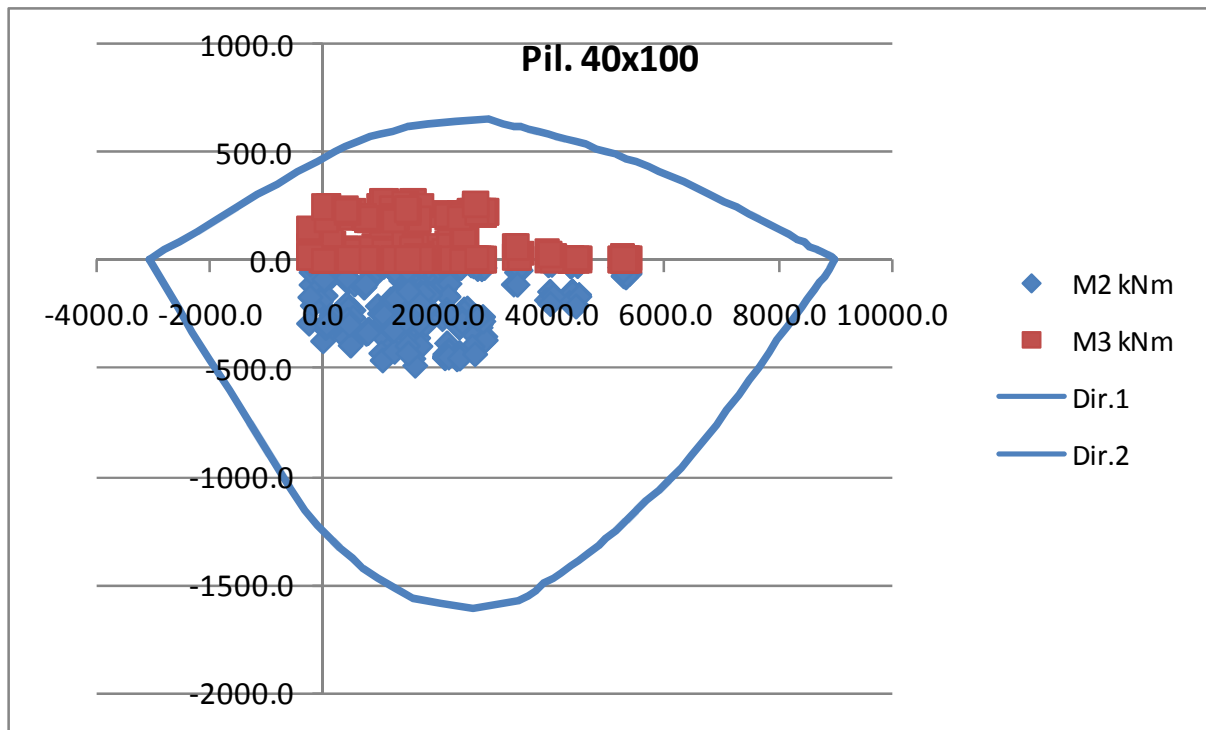


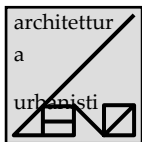
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE



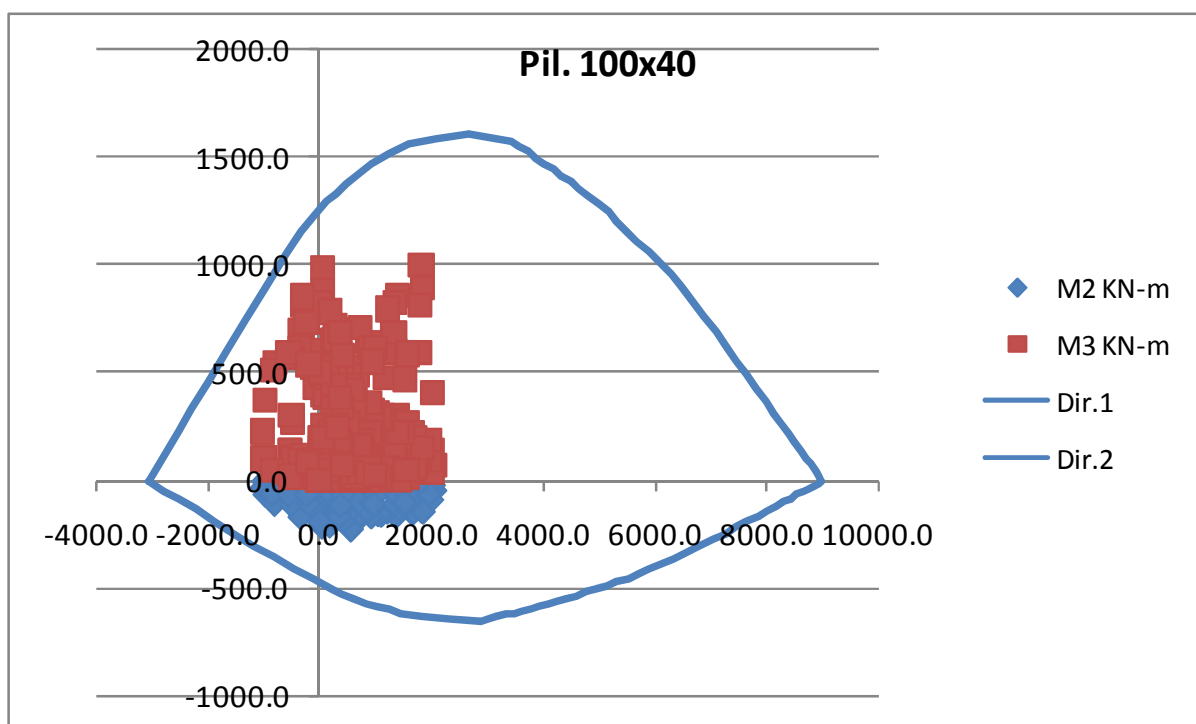
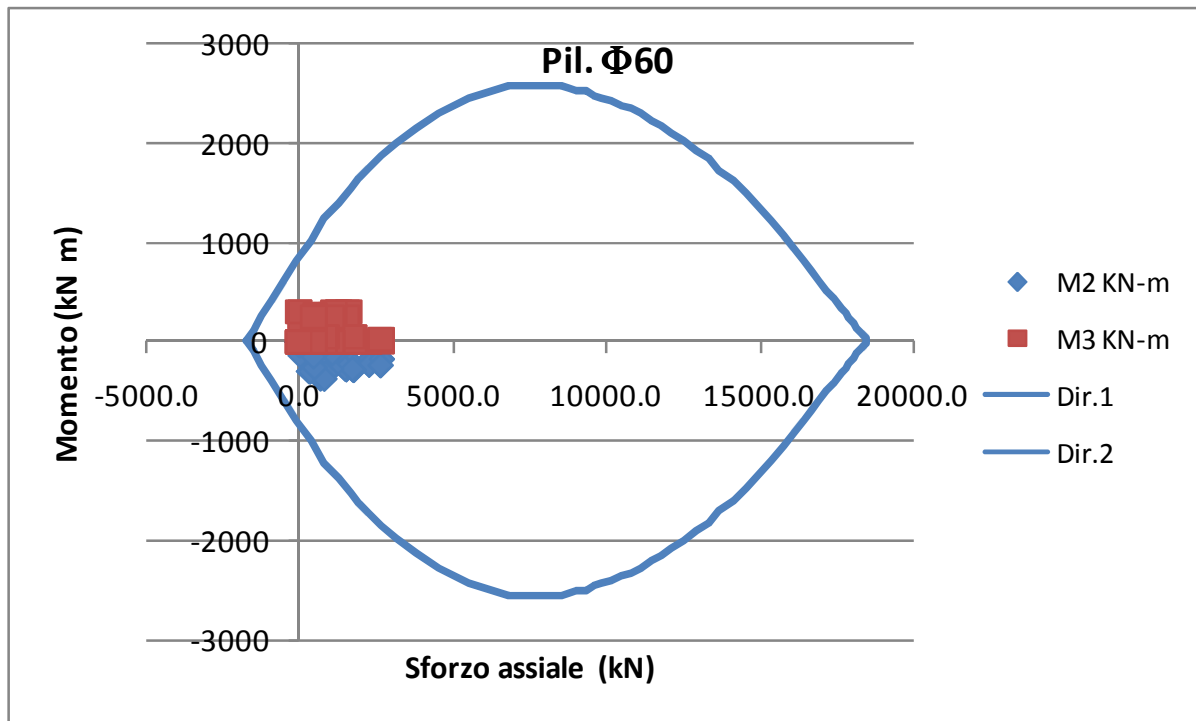


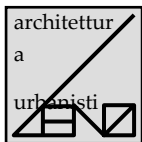
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE



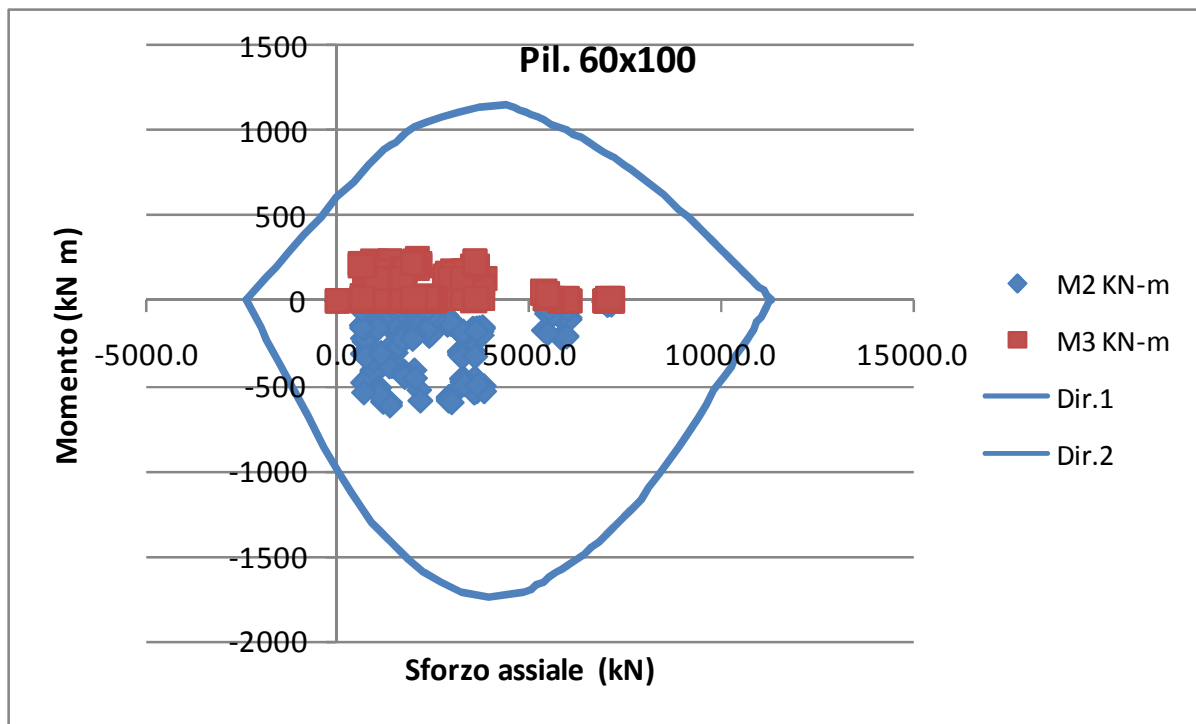


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE





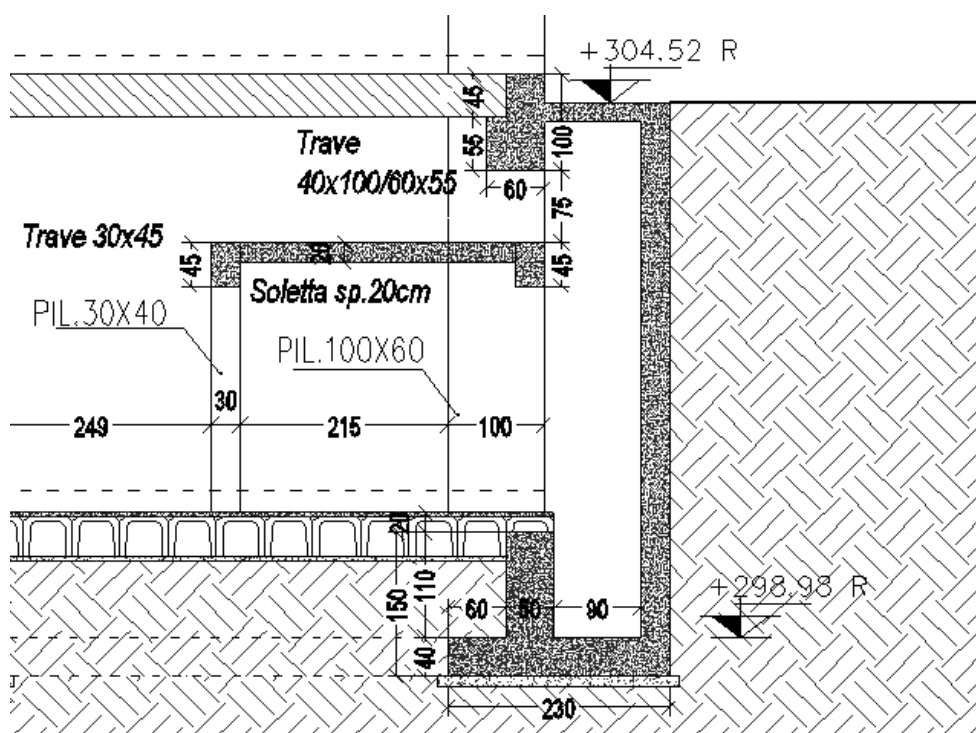
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE



La valutazione delle sollecitazioni agenti e la relativa verifica dei muri contro terra sono state effettuate attraverso un modello semplificato.

Lo schema di calcolo adottato prevede infatti un incastro alla base ed un appoggio all'estremità. Le azioni agenti considerate sono, oltre al peso proprio, le spinte relative al terreno e/o all'acqua a seconda dei casi, sia in condizioni statiche (combinazione di carichi permanenti) che in condizioni dinamiche (combinazione dei carichi sismica).

Una sezione rappresentativa è riportata in figura.



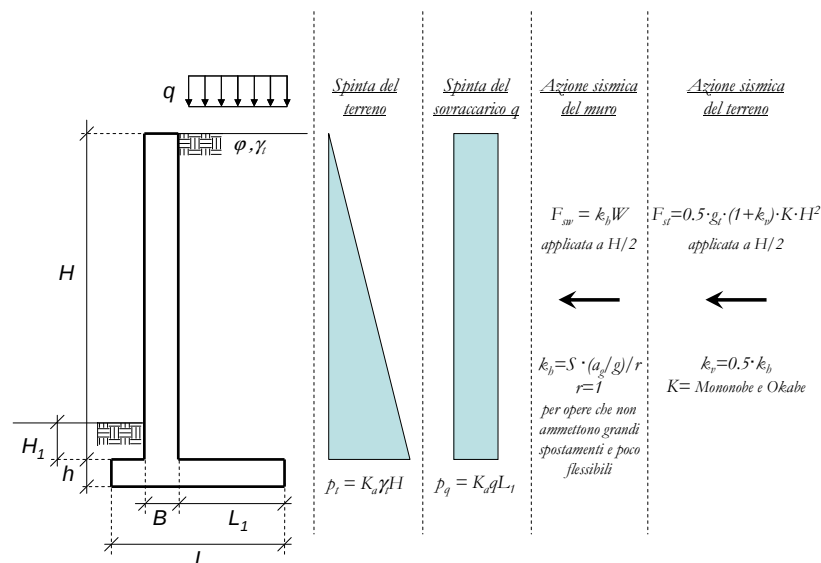
Sezione dei muri perimetrali

I carichi agenti da considerare sono il peso proprio degli elementi strutturali, il peso proprio del terreno al di sopra della struttura, le spinte del terreno in condizioni statiche (combinazione dei

committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

carichi permanenti) e le spinte del terreno e del muro in condizioni dinamiche (combinazione dei carichi sismica).

I vari contributi ai carichi orizzontali sono schematizzati nella figura successiva in funzione delle caratteristiche della struttura e del terreno di fondazione.



Schema dei carichi orizzontali agenti su i muri perimetrali

Le espressioni analitiche per tutti i carichi in gioco sono descritte dettagliatamente nel seguito.

Il peso proprio del muro è pari a:

$$N_W = \gamma_{ls} B H$$

dove: γ_{ls} è il peso specifico del cls = 25 KN/m³, B è lo spessore del muro frontale

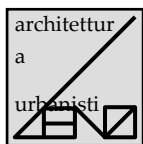
Il peso proprio della zattera di fondazione:

$$N_F = \gamma_{ls} L h$$

dove: γ_{ls} è il peso specifico del cls = 25 KN/m³, h è lo spessore della zattera, L la larghezza della zattera

Il peso proprio del terreno al di sopra della zattera di fondazione:

$$N_t = \gamma H L$$



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

dove: γ è il peso specifico del terreno, H è l'altezza del terreno di riempimento, L la larghezza della zattera

La spinta del terreno è stata considerata con il tipico andamento triangolare con valore di pressione alla base pari a:

$$p_t = K_a \gamma H$$

dove: K_a è il coefficiente di spinta del terreno $= (1 - \sin \phi) / (1 + \sin \phi)$, γ è il peso specifico del terreno, H è l'altezza dalla base del muro sino al di sopra della struttura

La spinta dovuta al sovraccarico accidentale è stata schematizzata con un andamento delle pressioni uniforme sulla parete del muro pari a:

$$p_q = q K_a L_1$$

dove: q è il sovraccarico considerato, K_a è il coefficiente di spinta del terreno

L'azione sismica è stata calcolata considerando sia il contributo del muro che del terreno. L'azione sismica dovuta alla massa del muro è pari a:

$$F_W = k_h W$$

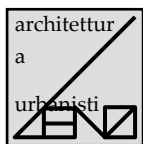
con: W è il peso del muro e $k_h = S (a_g / g) / r$ è il coefficiente di spinta orizzontale funzione dell'accelerazione alla base caratteristica per il sito in esame. Il coefficiente r si può assumere pari a 1.

L'azione sismica del terreno è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali equivalenti date dal prodotto delle forze di gravità per un coefficiente sismico verticale applicata a metà dell'altezza del muro:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm 0,5 k_h) K H^2$$

dove: H è l'altezza del muro, γ è il peso specifico del terreno, K è il coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) calcolato mediante la formula di Mononobe e Okabe.

Il coefficiente di Mononobe e Okabe, nel caso in cui $\beta = 0 \leq \phi - \theta$, è dato dalla seguente espressione:



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

$$K = \frac{\sin^2(\Psi + \varphi - \theta)}{\cos \delta \sin^2 \Psi \sin(\Psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta - \theta)}{\sin(\Psi - \theta - \delta) \sin(\Psi + \beta)}} \right]^2}$$

dove: φ è il valore dell'angolo di resistenza al taglio del terreno, Ψ è l'angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro, β è l'angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno, δ è il valore di calcolo dell'angolo di resistenza a taglio tra terreno e muro = 0° in condizioni dinamiche ⁽²⁾, $\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \mp k_v}\right)$ nel caso di falda al di sotto del muro.

Nel caso sia presente terreno a valle del muro è possibile considerare il suo contributo sia come carico gravitazionale sia come spinta passiva.

Il peso del terreno a valle è dato dalla:

$$N_{W,vale} = \gamma_t H_1$$

dove: γ_t è il peso specifico del terreno. H_1 è l'altezza del terreno a valle

La spinta passiva è invece pari a:

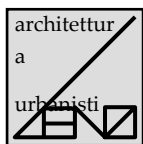
$$H_p = 1/2 \cdot K_p \cdot \gamma \cdot (H_1 + h)^2$$

dove: K_p è il coefficiente di spinta passiva, H_1 è l'altezza del terreno a valle del muro, h è l'altezza della zattera, γ_t è il peso specifico del terreno.

Le principali combinazioni da considerare sono:

- combinazione 1: γ_g carichi permanenti + γ_q sovraccarichi accidentali
 - o (pesi propri opera, terreno e carico accidentale q)
- combinazione 2: γ_g carichi permanenti + γ_E sisma
 - o (pesi propri opera, terreno e azioni sismiche)

² J.E. Bowles – Fondazioni progetto ed analisi McGraw-Hill – Capitolo 11 pag. 560



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

Modello di calcolo e metodologia di Verifica

Le verifiche si limitano al calcolo delle spinte e delle sollecitazioni massime. Non sono infatti necessarie le verifiche di stabilità che usualmente si eseguono per un normale muro contro terra non vincolato in testa come quelli in oggetto.

Le verifiche si riferiscono ad una larghezza unitaria di 1m.

La capacità flessionale è calcolata con la formula approssimata:

$$M_R = 0.9 \cdot d \cdot A_s \cdot f_y$$

dove d è l'altezza utile della sezione, A_s è il quantitativo di armatura longitudinale a trazione, f_y è la tensione di snervamento dell'acciaio.

La capacità a taglio di una sezione in cemento armato è calcolata con una delle seguenti espressioni, rispettivamente in assenza e in presenza di armatura a taglio:

$$T_C = 0.25 \cdot r \cdot (1 + 50\rho_l) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$$

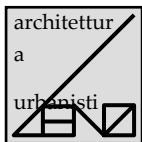
$$T_C = 0.6 f_{ctd} \cdot b_w d + A_{sw}/s \cdot f_{yw} \cdot 0.9d \cdot (\cos \alpha + \sin \alpha)$$

dove $r = 1.6 - d$ (in metri), f_{ctd} è la resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo pari a $f_{ctd} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 0.7 \cdot (R_{ck})^{2/3} / 1.6$, ρ_l è il rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e quella del calcestruzzo, b_w è la larghezza della sezione.

La verifica è sinteticamente riportata nella tabella seguente dove si individuano:

- le caratteristiche geometriche e meccaniche dell'opera;
- le sollecitazioni agenti;
- le verifiche strutturali.

Il significato dei termini e le espressioni adottate nelle verifiche sono quelle descritte nei paragrafi precedenti.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

CARATTERISTICHE MURO E CALCOLO SPINTE

Caratteristiche muro

H	5.5 m
B	0.3 m
L	0 m
L ₁	0 m
h zattera	0.4 m
	0 m

R _{ck}	25 N/mm ²
Q	10 kN/m ²

Caratteristiche terreno

γ	20 kN/m ³
φ	30 °
K _{mononobe}	0.560
K _n (sisma)	0.251
K _v (sisma)	0.1255
φ (rad)	0.52
K _a	0.33
K _p	3.00

Spinte

H _{terreno}	100.8 kN
H _{accidentale,Q}	18.3 kN
H _{passiva}	4.80 kN
E _{terreno}	190.66 kN
E _{muro,W}	10.64 kN

	G	Q	E
Perm.	1.4	1.5	0
Sismica	1	0.6	1

Sforzi normali

N _{muro}	42.4 kN	
N _{zattera}	0.0 kN	0.083
N _{terreno}	0.0 kN	0.0215
N _{terreno valle}	0 kN	-0.05
N _Q	10 kN	

CALCOLO SOLLECITAZIONI MURO FRONTALE

Combinazione Permanente

T	84.3 kN
M	72.3 kN m

Combinazione Sismica

T	106.1 kN
M	97.3 kN m

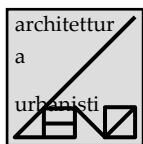
VERIFICA ARMATURA MURO FRONTALE

Momento capacità

n	Φ	area (cmq)
5	20	15.71
A	0.001571 m ²	
f _y	373000 kN/m ²	
d	0.26 m	
M _R	137.1 kN m / m	
verifica	OK	

Taglio capacità

A _{sw}	0.000251 m ²
s	0 m
d	0.26 m
f _{ctd}	1.010 kN/m ²
senza armatura a taglio	
V _R	114.5 kN / m
verifica	OK



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

6.4.6 Dimensionamento delle strutture metalliche in copertura

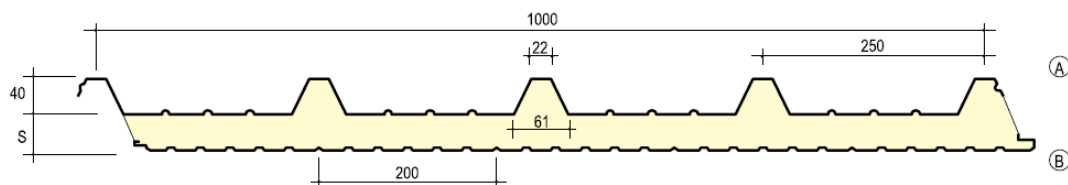
Sul solaio di copertura sono state predisposte delle strutture metalliche a protezione e schermo degli impianti. Le strutture sono semplicemente composte da pilastri in acciaio HEA 120, da una travatura principale e da una travatura secondaria sulla quale poggia una lamiera grecata coibentata.

Semplici calcoli di dimensionamento sono riportati nella tabella successiva con riferimento alle condizioni più sfavorevoli.

Lamiera grecata

Il carico dimensionante per la lamiera è quello della neve, circa pari a 1.0kN/mq. La luce massima è pari a 4.00m.

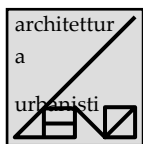
Con riferimento alla scheda tecnica della lamiera riportata nel seguito il sovraccarico ammissibile per la lamiera ipotizzata (spessore pari a 50mm), pari a 1.58kN/mq, è maggiore del sovraccarico agente.



CARICO MASSIMO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO (VALORI IN ROSSO) Kg/m ² • MAXIMUM UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD (RED VALUES) IN Kg/m ²											
Spessore Thickness S mm	K W m ² K	Peso Pannello Panel Weight Kg/m ²		Distanza tra gli appoggi "L" in metri • Pitch "L" in metres between the supports							
		0,5 + 0,5	0,6 + 0,5	Kg/m ²					Kg/m ²		
				2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	2,00	2,50	3,00
30	0,546	10,44	11,42	246	171	125	96	76	308	197	137
40	0,423	10,82	11,80	321	224	164	125	100	402	257	179
50	0,353	11,19	12,17	405	281	206	158	125	507	324	225
60	0,300	11,56	12,54	496	344	252	194	152	620	397	275
80	0,231	11,94	12,92	691	480	352	270	214	865	553	384
100	0,188	12,32	13,30	902	626	460	352	279	1128	722	501
Il calcolo dei valori di K riportati in tabella è stato eseguito senza considerare il contributo fornito dai coefficienti di scambio liminare α_i ed α_e (valori medi $\alpha_i = 8$ $\alpha_e = 20$ W/m ² K); tale contributo è quantificabile secondo l'espressione:											
FORMULE DI CONVERSIONE • CONVERSION FORMULAS: 1 Kg/m ² = 0,0098 KN/m ² • 1 Kcal/m ² h °C = 1,16 W/m ² K											

N.B. Ai sensi della CNR-UNI 10022/84, i pannelli da utilizzare in copertura dovranno essere richiesti con supporto esterno in acciaio spess. 5/10 n.

Scheda tecnica della lamiera in copertura (spessore, s, pari a 50mm)

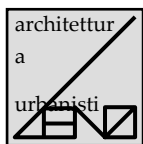


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

Travi

Le travi sono diverse per i vari corpi. Il calcolo di verifica è riportato nella tabella seguente.

Corpo	1, 3, 4, 5, 6	2	2	
	<i>arcarecci</i>	<i>arcarecci</i>	<i>trave principale</i>	
IPE	160	120	240	
Inerzia	869	318	3892	<i>cm⁴/m</i>
h	160	120	240	<i>cm</i>
L	6.5	4.7	8	<i>m</i>
interasse	4	1.9	5	<i>m</i>
Gtrave	0.158	0.104	0.3	<i>kN/m</i>
Gsol	0.122	0.122	0.122	<i>kN/mq</i>
Qsol	1.00	1.00	1.00	<i>kN/mq</i>
G	0.645	0.335	0.908	<i>kN/m</i>
Q	4.0	1.9	5.0	<i>kN/m</i>
M	24.3	6.1	46.8	<i>kN m</i>
σ	223.7	115.3	144.2	<i>N/mm²</i>
σ_R	355	355	355	<i>N/mm²</i>
δ_{G+Q}	0.011832	0.004253	0.007711	<i>m</i>
L/δ_{G+Q}	549	1105	1037	



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

Pilastri

Il dimensionamento dei pilastri è stato eseguito in funzione della sollecitazione di compressione agente dovuta ai carichi permanenti e accidentali trasmessi dalle travi.

Il calcolo è riportato nella tabella seguente per le due tipologie presenti, pilastri in c.a. con sezione 40x40 e pilastri HEA120 in acciaio. Nella tabella sono state considerate le situazioni più sfavorevoli.

Pilastri	40x40	HEA120	
A	0.16	0.00253	<i>mq</i>
H	3	3	<i>m</i>
interasse	40	40	<i>mq</i>
Gpil	4.0	0.198605	<i>0.3</i>
Gsol	0.122	0.122	<i>kN/mq</i>
Qsol	1.00	1.00	<i>kN/mq</i>
N	83.6	67.6	<i>kN</i>
σ	0.5	26.7	<i>N/mm²</i>
σ_R	18.421	355	<i>N/mm²</i>

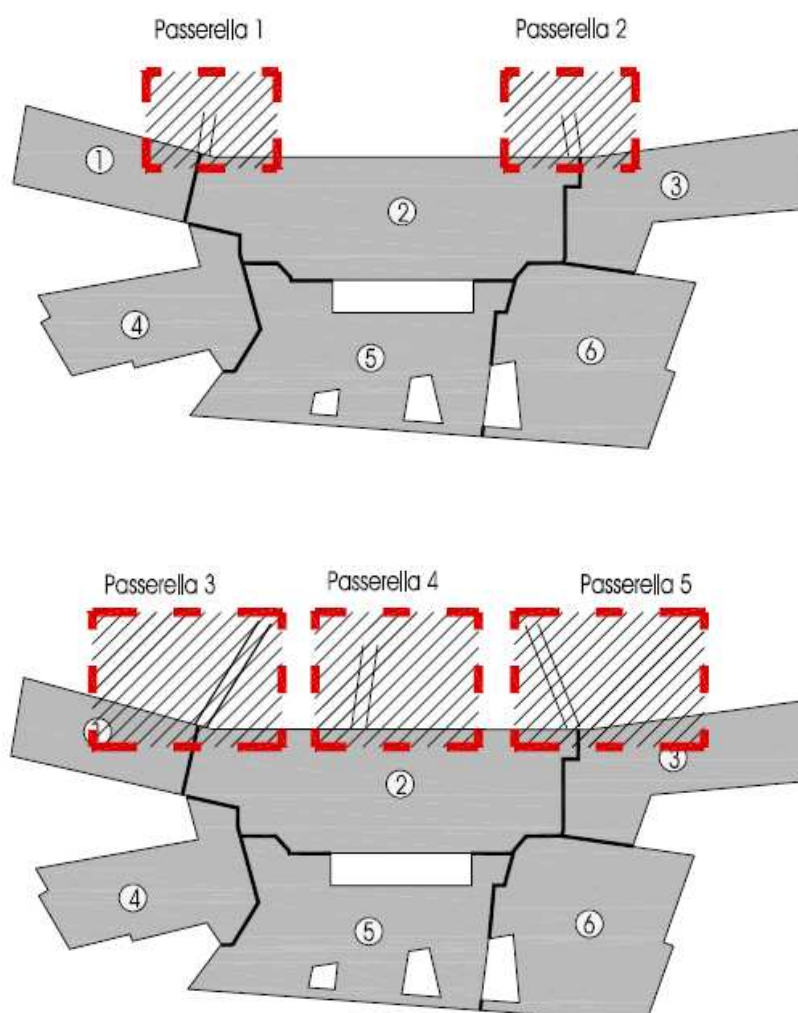
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

6.4.7 Dimensionamento delle passerelle metalliche

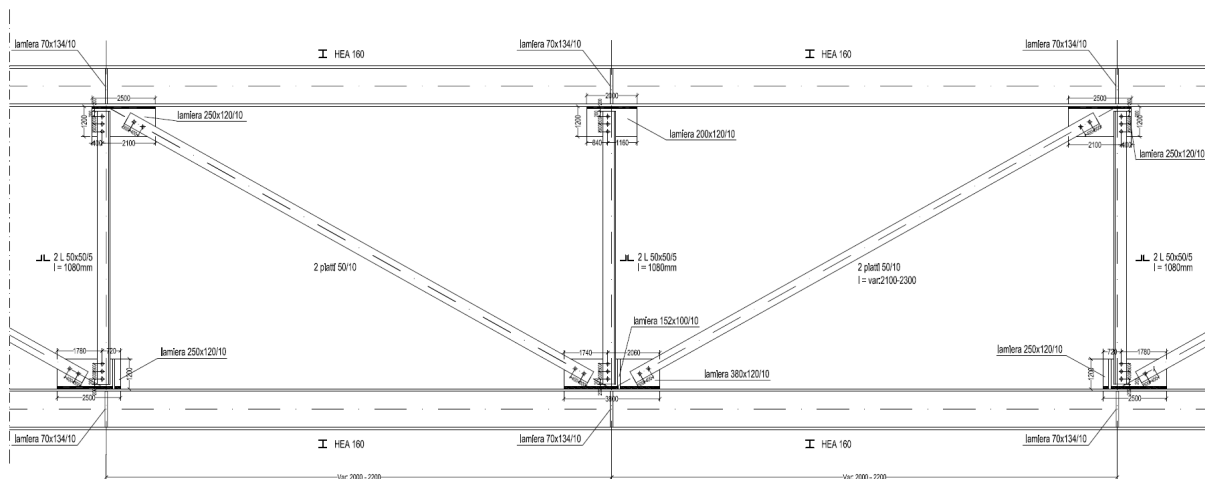
Cinque passerelle metalliche collegano il nuovo ospedale con l'esterno a tutti i livelli. Nelle figure seguenti si riporta il posizionamento in pianta ed una sezione tipo.

Le luci sono rispettivamente pari a circa 9m per le passerelle 1 e 2; 26.5m per la passerella 3; 18.0m per la passerella 4 e 24.0m per la passerella 5.

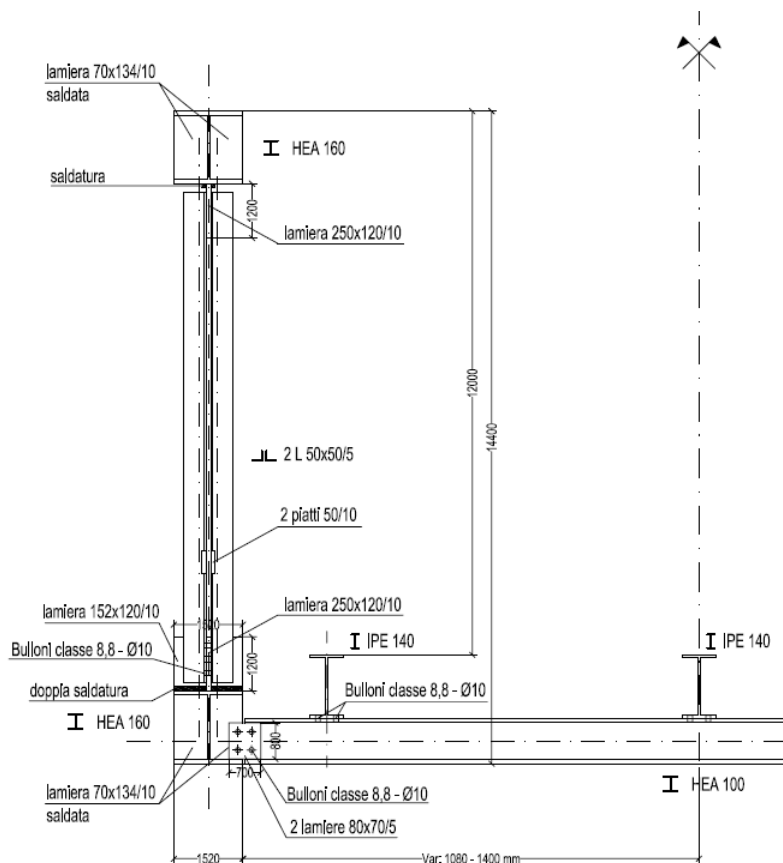
Le passerelle sono sostenute da una coppia di travi reticolari con modulo variabile tra 2.0m e 2.2m. La larghezza è circa pari a 2.5m.



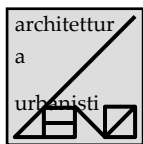
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE



Prospetto delle travi reticolari



Sezione tipo delle passerelle



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

I calcoli di verifica sono stati eseguiti sulla passerelle 1 e 3, sulla base della sezione riportata nella figura precedente.

Analisi dei carichi

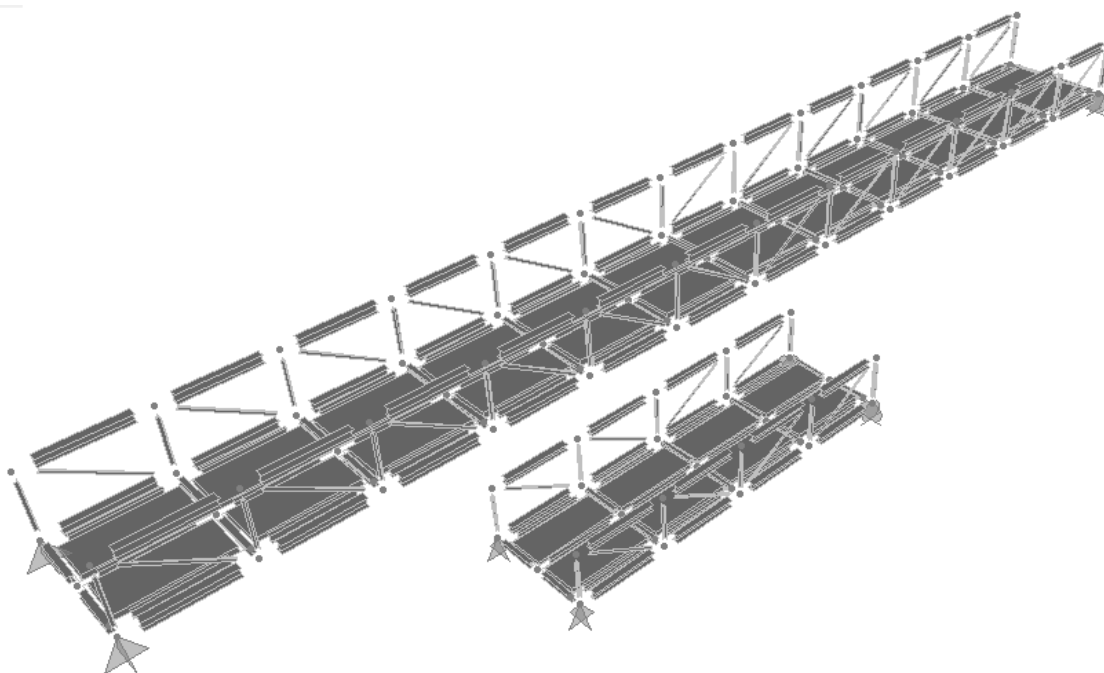
Le azioni agenti sulle travi reticolari sono date oltre al peso proprio, ai carichi permanenti della pavimentazione (considerato pari a 2.0kN/mq) ed al sovraccarico accidentale (considerato pari a 5.0 kN/mq).

Il peso proprio degli elementi delle capriate è computato in automatico da programma di calcolo in base al materiale (acciaio=78.5 kN/m³) e alle sezioni adottate.

Schema di calcolo

Il calcolo delle travi principali è stato effettuato con il programma di calcolo SAP2000. I risultati del calcolo sono riportati nell'elaborato CLC01.

Una vista del modello è riportata nella figura seguente.



Modello di calcolo delle passerelle (in alto passerella 3, in basso passerella 1)

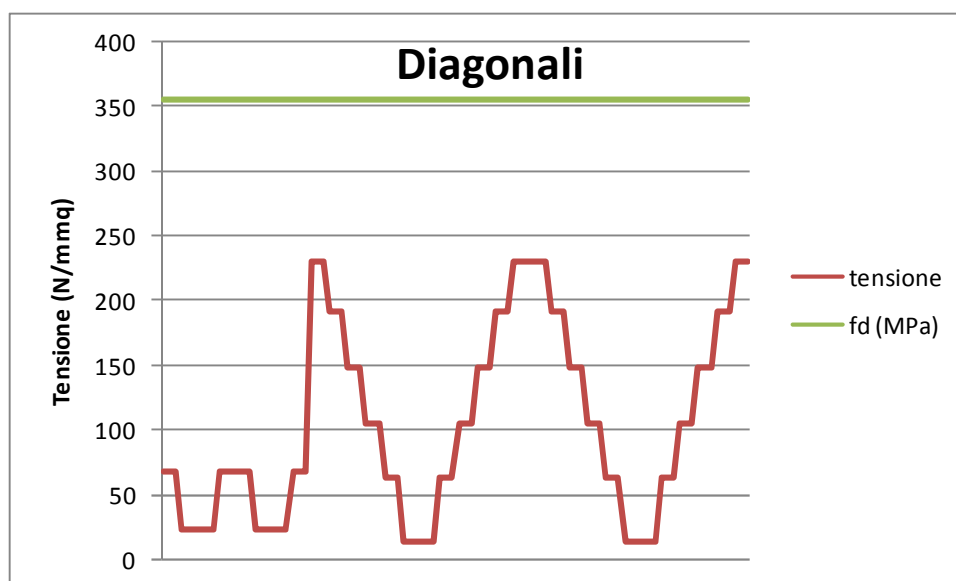
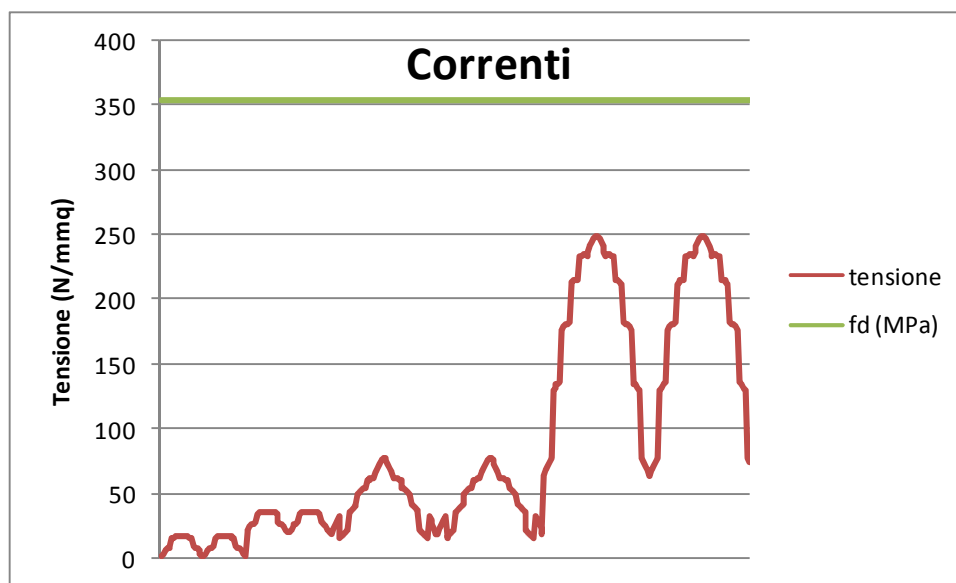


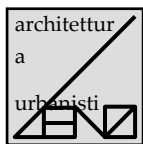
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

Calcolo delle sollecitazioni e verifiche

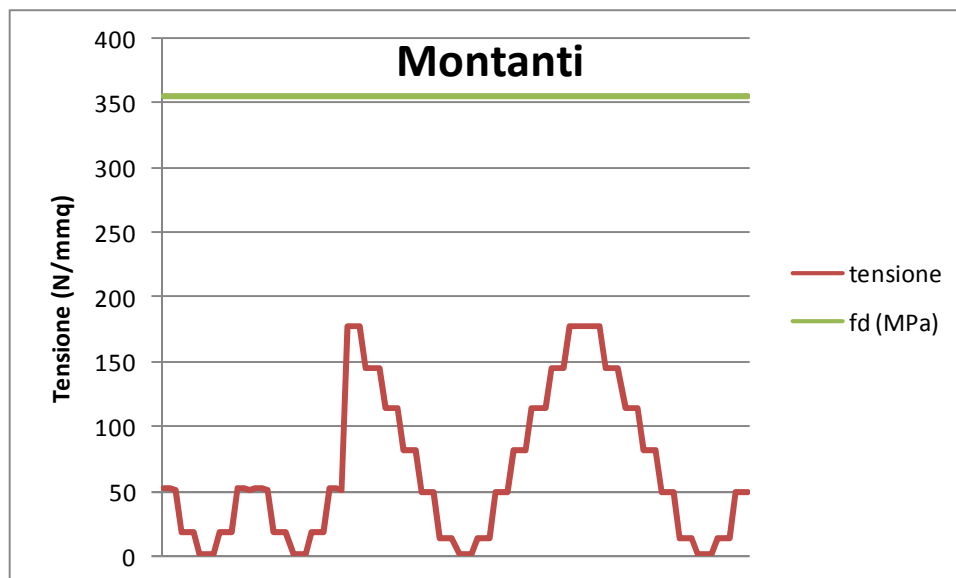
Le sollecitazioni e le verifiche illustrate nel seguito sono state suddivise per le diverse capriate e per la tipologia di elemento: Correnti; Diagonali; Montanti.

Seguono le figure in cui sono riportate le tensioni agenti e le tensioni resistenti per le varie aste.





committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	6 VERIFICA DELL'OSPEDALE

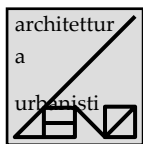


Calcolo delle deformazioni e verifica

Le deformazioni massime in mezzera per le varie capriate e per la combinazione di carico SLE Frequente (solo permanenti senza coeff. amplificativi) sono riportate in tabella.

<i>Passerella</i> <i>a</i>	<i>1-2</i>	<i>3</i>
L (m)	8.0	26.0
δ_{G+Q}	0.0027	0.0528
L/δ_{G+Q}	2963	492
VER.	OK	OK

Gli spostamenti sono sempre minori di 1/200 della luce. La verifica è pertanto soddisfatta



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO

7 PARCHEGGIO

7.1 Premessa

Le strutture principali del parcheggio sono costituite per gli elementi verticali da pilastri in c.a. e per gli elementi orizzontali da una soletta piena in c.a. con spessore pari a 30 cm. La superficie coperta decresce con l'altezza: circa 3000mq al primo livello, 2000mq al secondo e 1000mq al terzo. L'altezza di interpiano è di 2.7m.

Le fondazioni si intestano a quota +294.50m dopo uno scavo di sbancamento di circa 0.50m. La quota del primo solaio (realizzato con igloo) è posta a quota +296.90m. Terreno di riempimento sarà costipato tra il piano di posa delle fondazioni ed il piano di posa del primo solaio.

Nella pagina seguente si riporta una sezione.

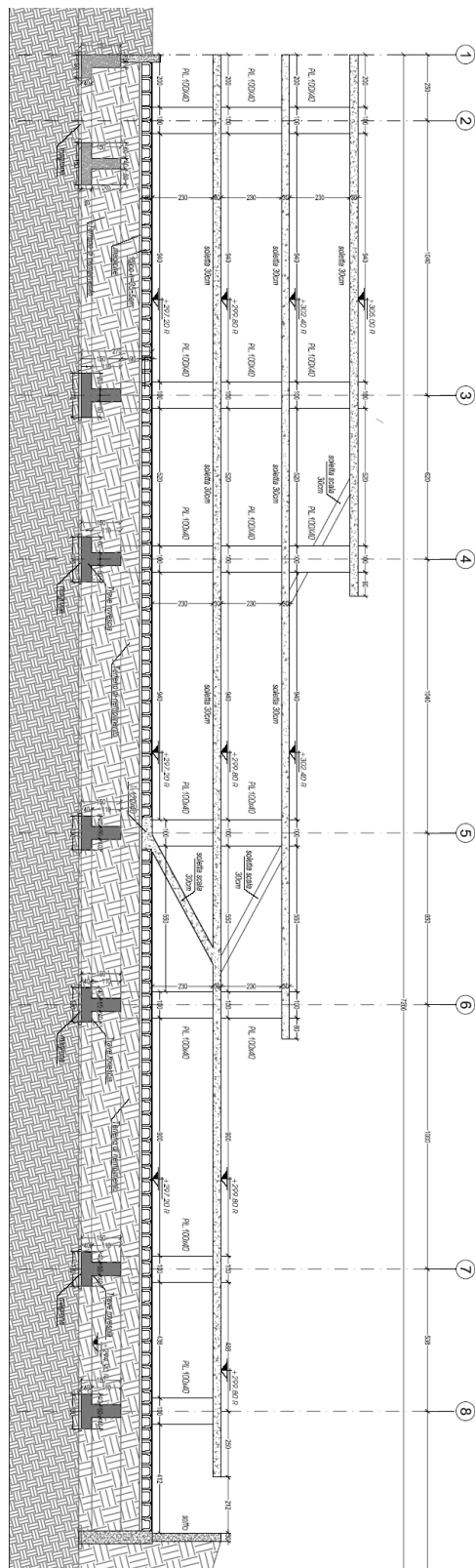
Nel paragrafo 7.2 si riporta una descrizione con i relativi calcoli delle strutture di fondazione.

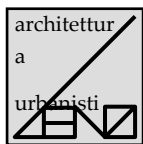
Nei due paragrafi seguenti si presentano i calcoli di dimensionamento degli elementi principali, considerando un carico accidentale pari a 2.50kN/mq ed un sovraccarico permanente pari a 1.00kN/mq. In particolare si riporta il dimensionamento delle strutture orizzontali (par. 7.2), delle strutture verticali (par. 7.3) e delle murature perimetrali (par. 7.4).

Nel paragrafo 7.5 si riportano i risultati del modello di calcolo per le combinazioni allo stato limite ultimo.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO





committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO

7.2 Strutture di fondazione

Le fondazioni del parcheggio sono costituite da un doppio grigliato di travi rovesce, così come indicato nell'elaborato STR301.

La quota delle fondazioni del parcheggio è notevolmente inferiore a quella dell'ospedale ed il terreno è costituito da ghiaie compatte le cui caratteristiche geotecniche possono essere assimilate a quelle rinvenute nei sondaggi dell'ospedale:

$$\gamma = 22.0 \text{ kN/m}^3;$$

$$\phi = 43-44^\circ$$

La verifica è stata eseguita confrontando l'azione agente con la capacità resistente.

L'azione agente è data dal peso trasmesso dal pilastro più sollecitato, circa pari a 4000kN.

La capacità resistente del sistema di fondazione, Q_{lim} è calcolato nel seguito come il prodotto del carico limite del terreno, q_{lim} , per l'area interessata dal carico, A .

Il carico limite è stato calcolato considerando un angolo di attrito ridotto, pari a 35° , per tenere in considerazione dei limiti del modello di calcolo adottato (Terzaghi). I valori del modello di Terzaghi sono pari a $N_q = 41.44$, $N_c = 57.754$, $N_g = 59.433$, ed il valore risulta così pari a:

$$q_{lim} = 2348 \text{ kN/mq.}$$

L'area è stata calcolata considerando una ripartizione a 45° dalla base del pilastro (sezione rettangolare 100x60) sulle travi rovesce (con base pari a 1.3m e altezza pari a 1.5m); il valore risulta pari a:

$$A = (1.5 \times 4 + 1.0 + 0.6 - 1.3) \times 1.3 = 6.3 \times 1.3 = 8.19 \text{ mq.}$$

La capacità resistente, considerando un coefficiente di sicurezza, FS , pari a 3, è così pari a:

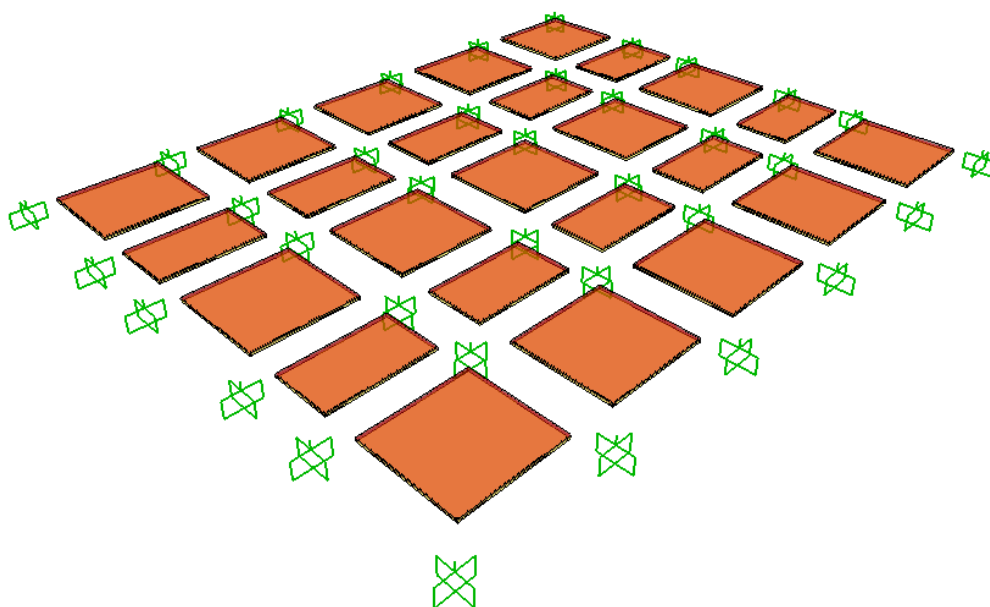
$$Q_{lim} = q_{lim} \times A / FS = 2348 \times 8.19 / 3 = 19230 / 3 = 6410 \text{ kN}$$

La fondazione è quindi verificata.

committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO

7.3 Strutture orizzontali

Il calcolo delle sollecitazioni agenti sulle strutture orizzontali è stato eseguito con l'ausilio di un programma agli elementi finiti nel quale la soletta è stata modellata con elementi shell su più appoggi.



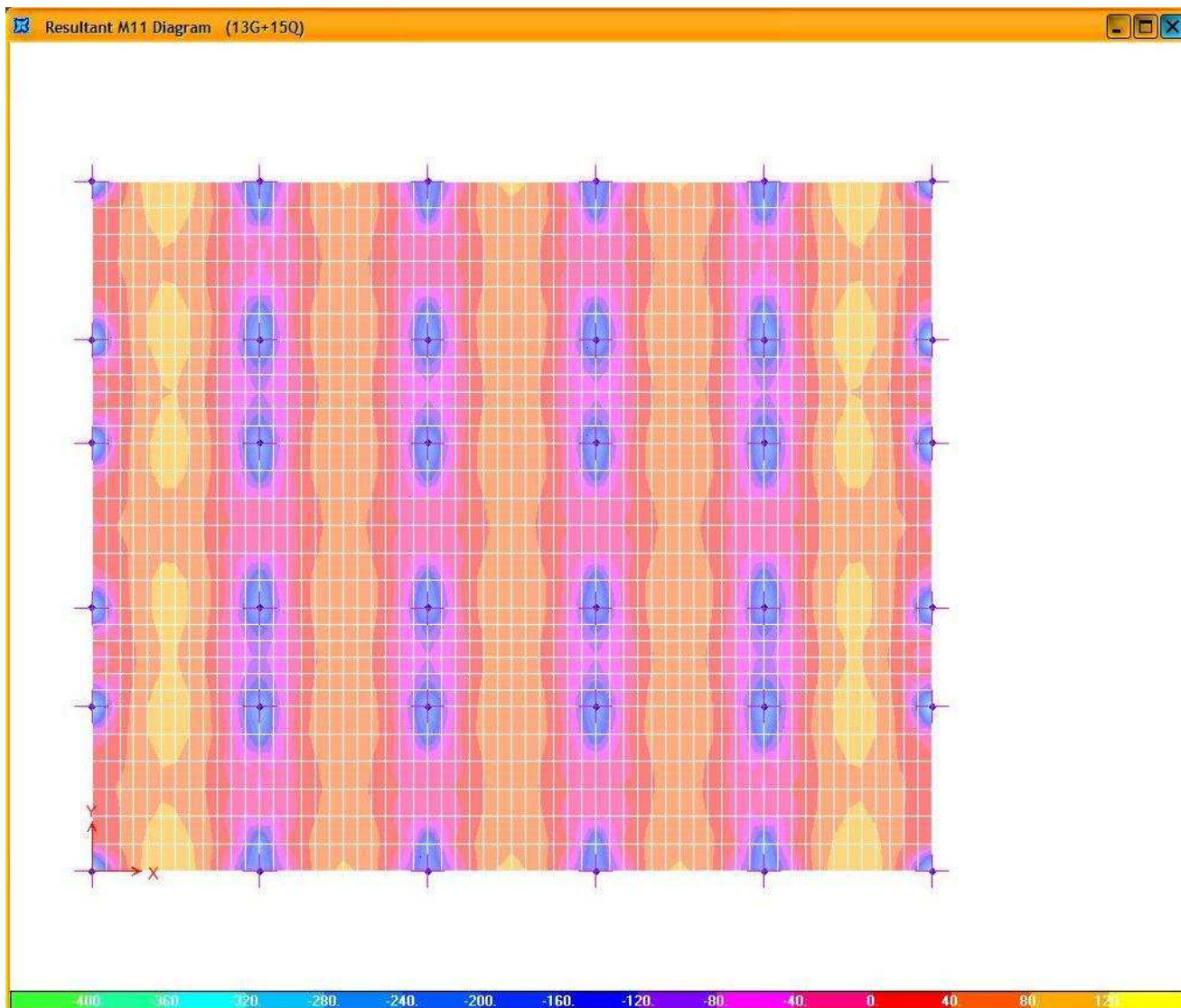
Le sollecitazioni risultanti sono riportate nelle figure seguenti per le diverse sollecitazioni flettenti e di taglio. Le massime sono pari a:

- 65 kNm per la sollecitazione flettente in mezzzeria;
- -140kNm per la sollecitazione flettente all'appoggio (in corrispondenza dei pilastri)
- 220 kN per la sollecitazione di taglio all'appoggio.

L'armatura necessaria per soddisfare le verifiche è costituita da una doppia maglia $\Phi 16$ passo 20 con un'integrazione di ferri nelle zone di appoggio, dove è peraltro necessario predisporre anche dei ferri piegati per resistere all'azione di taglio.

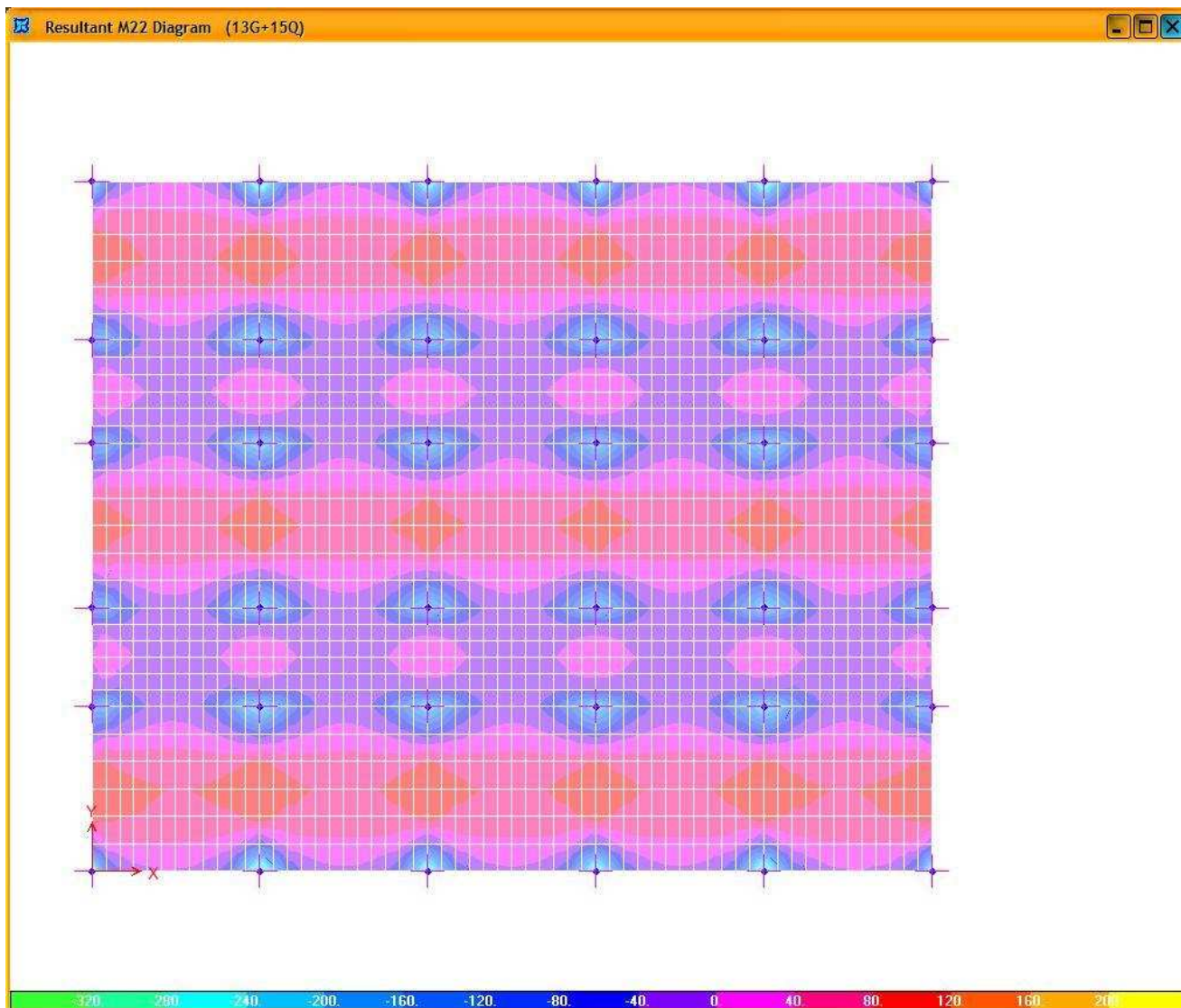


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO



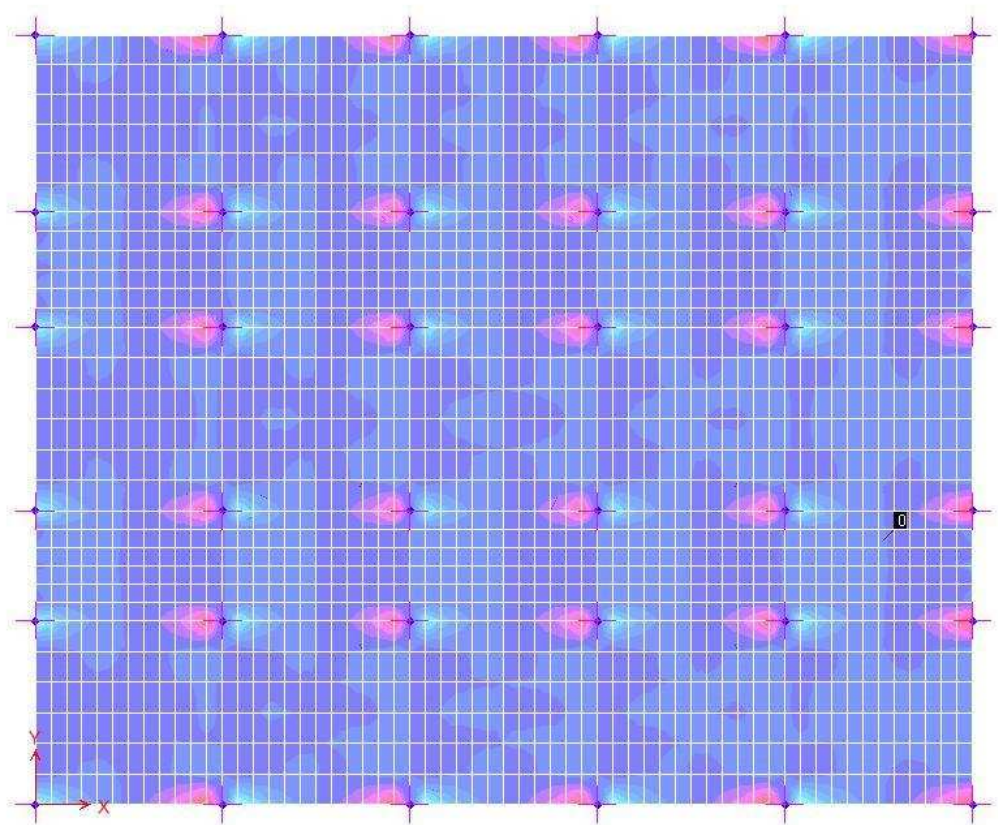


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO

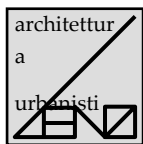




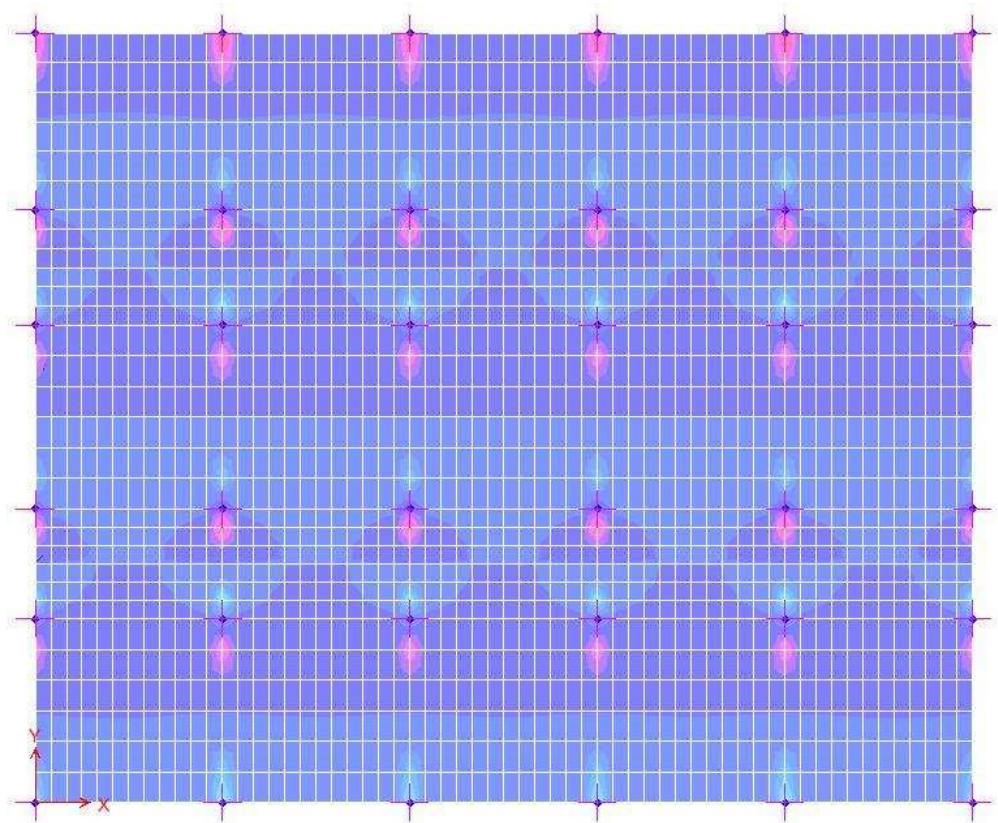
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO



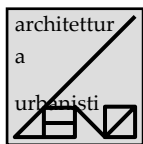
Sollecitazione a taglio in direzione X



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO



Sollecitazione a taglio in direzione Y



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO

7.4 Strutture verticali

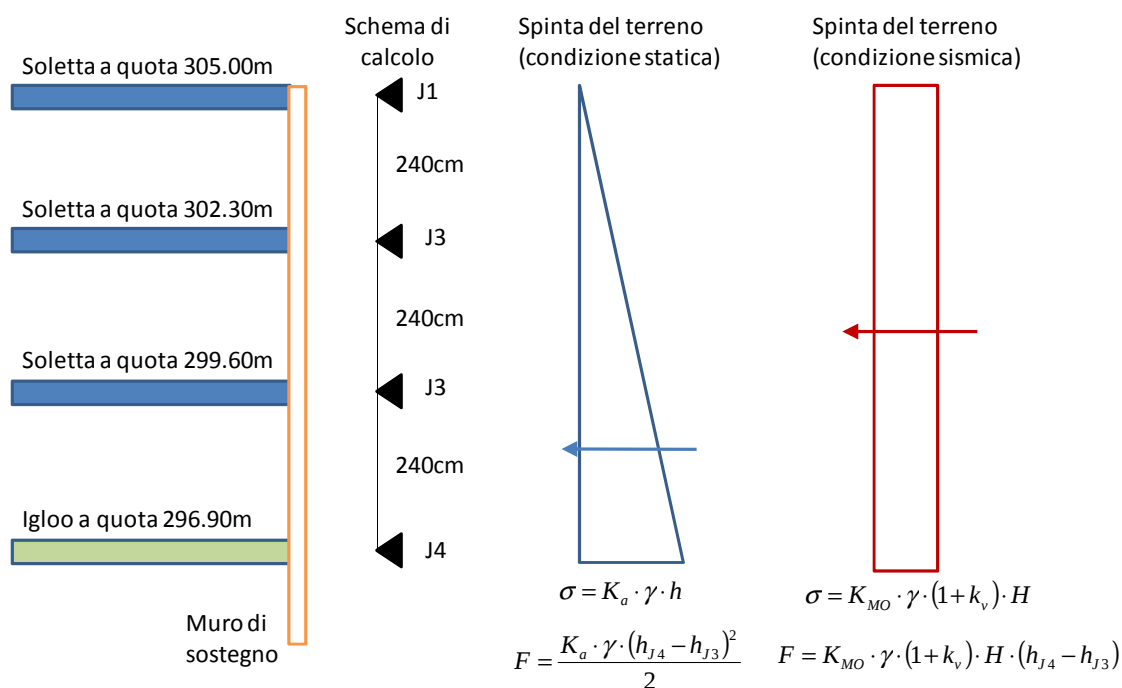
Le strutture verticali del parcheggio sono costituite da setti in c.a. di contenimento e da pilastri in c.a.. I calcoli di verifica sono rispettivamente riportati nei seguenti paragrafi.

7.4.1 Muri di contenimento

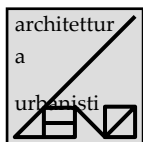
I setti in c.a. hanno spessore pari a 30cm ed hanno altezza variabile che segue il nuovo profilo del terreno. Nel seguito si presentano i calcoli di verifica considerando due sezioni tipologiche (vedi figura seguente) rimandando per maggiori dettagli all'elaborato grafico STR304.

La sezione 1 è un semplice muro di sostegno con l'estremità non vincolata. Il calcolo di verifica è stato eseguito considerando secondo le indicazioni riportate nel par. 9.3. La tabella di sintesi è riportata nel seguito.

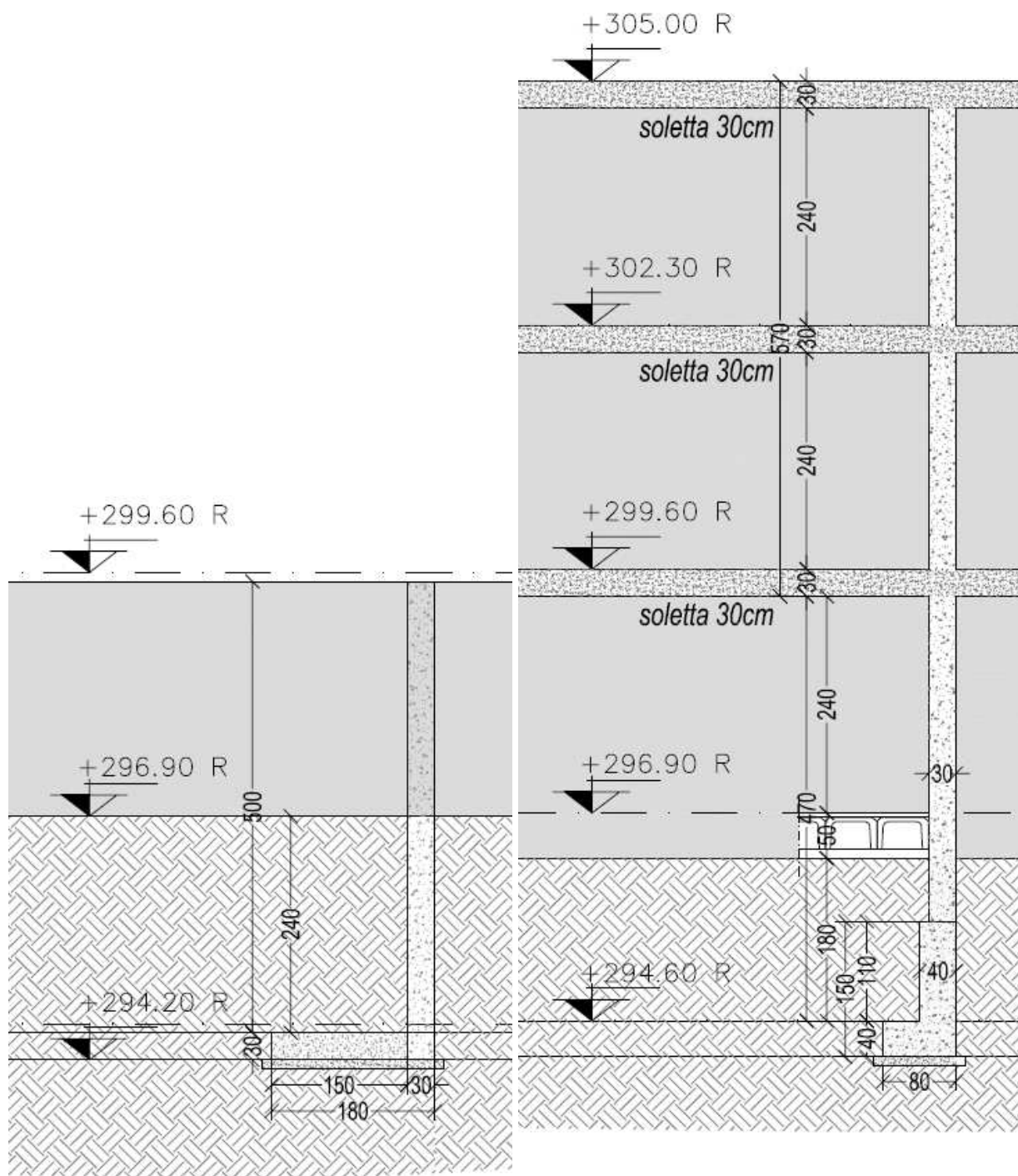
La seconda sezione, indicata in figura come sezione 2, si riferisce invece al caso in cui il muro di sostegno non sia libero di ruotare. In questo caso lo schema di calcolo adottato è quello di una trave doppiamente incastrata e le sollecitazioni di verifica sono quelle risultanti dalla spinta del terreno. La verifica si limita semplicemente alla verifica strutturale del setto di spessore pari a 30cm, così come riportato nella tabella seguente.



Schema di calcolo e di verifica per i muri di sostegno perimetrali del parcheggio



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO



Sezioni tipo dei muri di contenimento del parcheggio: Tipo 1 a sinistra e Tipo 2 a destra



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO

Verifica dei muri di sostegno tipo 1 del parcheggio

CARATTERISTICHE MURO E CALCOLO SPINTE

Caratteristiche geometriche

H	5 m
B	0.3 m
L	1.8 m
L ₁	1.5 m
L ₂	0 m
h zattera	0.3 m
h ₁	4.7 m
h ₂	2.4 m
R _{ck}	35 N/mm ²
Q	10 kN/m ²

Caratteristiche terreno

γ	19 kN/m ³
φ	30 °
c'	0
K _{a,mononobe}	0.41
K _{p,mononobe}	2.44
k _h (sisma)	0.1170
k _v (sisma)	0.0580
φ (rad)	0.52
K _a	0.33
K _p	3.00

Spinte

H _{terreno}	79.2 kN
H _{accidentale,Q}	16.7 kN
H _{passiva}	207.77 kN
E _{terreno}	103.02 kN
E _{muro,W}	4.65 kN
E _{passiva}	168.91 kN
8.666667	
Sforzi normali	
N _{muro}	39.8 kN
N _{zattera}	13.5 kN
N _{terreno}	134.0 kN
N _{terreno valle}	45.6 kN
N _Q	15 kN

Coefficienti dei carichi per la verifica del terreno

	G	Q	E
Perm.	1	1	0
Sismica	1	0	1
	Perm.	Sismica	
H	95.8	107.7	kN
H _{resistente}	350.8	312.0	kN
N	247.8	232.8	kN
M _{ribaltante}	-173.6	-223.8	kN m
M _{stabilizzanti}	361.5	386.8	kN m
M	35.1	44.3	

VERIFICA DI STABILITA'

Verifica di scorrimento

Spinte	107.67 kN
Forze resistenti	312.0 kN
η	2.90
η _{lim}	1.3
verifica	OK

Verifica di ribaltamento

M _{ribaltante}	223.8 kN m
M _{stabilizzante}	386.8 kN m
η	1.73
η _{lim}	1.5
verifica	OK

Verifica carico limite

Pressioni sul terreno	
L _{reagente}	1.80 m
σ _{max}	166.94 kN/m ²
σ _{min}	108.39 kN/m ²
N	247.80 kN

Carico limite

N _c	37.162
N _q	22.456
N _r	27.084
q _{lim}	591.1 kN/m ²

Verifica

N	247.80	kN
Q _{lim}	1064.04	kN
η	4.29	
η _{lim}	3	
verifica	OK	

CALCOLO SOLLECITAZIONI MURO FRONTALE

Combinazione Permanente

T	40.8 kN
M	41.0 kN m

Combinazione Sismica

T	27.9 kN
M	36.2 kN m

Coefficienti dei carichi per la verifica delle strutture

	G	Q	E
Perm.	1.3	1.5	0
Sismica	1	0.6	1

VERIFICA ARMATURA MURO FRONTALE

Momento capacità

n	Φ	area (cmq)
5	16	10.05
A	0.001005 m ²	
f _y	373000 kN/m ²	
d	0.26 m	
M _R	87.7	kN m / m
verifica	OK	

Taglio capacità

Φ	8 mm
s	0 m
d	0.26 m
f _{ctd}	1.264 kN/m ²
senza armatura a taglio	
V _R	131.4 kN / m
verifica	OK

CALCOLO SOLLECITAZIONI ZATTERA DI FONDAZIONE

Combinazione Permanente

T	56.1 kN
M	34.6 kN m

Combinazione Sismica

T	30.7 kN
M	14.4 kN m

Coefficienti dei carichi per la verifica delle strutture

	G	Q	E
Perm.	1.3	1.5	0
Sismica	1	0.6	1

VERIFICA ARMATURA ZATTERA DI FONDAZIONE

Momento capacità

n	Φ	area (cmq)
5	16	10.05
A	0.001005 m ²	
f _y	373000 kN/m ²	
d	0.26 m	
M _R	87.7	kN m / m
verifica	OK	

Taglio capacità

Φ	8	mm
s	0	m
d	0.26	m
f _{ctd}	1.264	kN/m ²
senza armatura a taglio		
V _R	131.4	kN / m
verifica	OK	

Verifica dei muri di sostegno tipo 2 del parcheggio

CARATTERISTICHE MURO E CALCOLO SPINTE

Caratteristiche muro

H1	8.1 m
H2	5.3 m
B	0.3 m
L	0 m
L ₁	0 m
h zattera	0.3 m
	0 m
R _{ck}	25 N/mm ²
Q	10 kN/m ²

Caratteristiche terreno

γ	20 kN/m ³
φ	30 °
K _{mononobe}	0.410
k _h (sisma)	0.117
k _v (sisma)	0.0585
φ (rad)	0.52
K _a	0.33
K _p	3.00

Spinte

H _{terreno}	26.1 kN
H _{accidentale,Q}	9.3 kN
H _{passiva}	0.00 kN
E _{terreno}	98.43 kN
E _{muro,W}	2.46 kN

	G	Q	E
Perm.	1.4	1.5	0
Sismica	1	0.6	1

Sforzi normali

N _{muro}	21.0 kN
N _Q	10 kN

CALCOLO SOLLECITAZIONI MURO FRONTALE

Combinazione Permanente

T	25.3 kN
M	30.4 kN m

Combinazione Sismica

T	53.2 kN
M	71.9 kN m

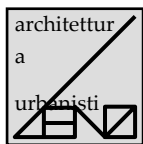
VERIFICA ARMATURA MURO FRONTALE

Momento capacità

n	Φ	area (cmq)
5	16	10.05
A	0.001005 m ²	
f _y	373000 kN/m ²	
d	0.26 m	
M _R	87.7	kN m / m
verifica	OK	

Taglio capacità

Taglio a taglio	
A _{sw}	0.000251 m ²
s	0 m
d	0.26 m
f _{ctd}	1.010 kN/m ²
senza armatura a taglio	
V _R	105.0 kN / m
verifica	OK



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO

7.4.2 Pilastri

Il pilastro più sollecitato della struttura del parcheggio ha sezione variabile pari a 60x100cm al primo livello, 40x100 ai restanti due.

L'area di incidenza risulta pari, nel caso più sfavorevole a:

$$(10.00 + 6.20) \times 10.60 / 2 = 86mq.$$

Il peso proprio del solaio è pari a:

$$0.3 \times 25 = 7.5 \text{ kN/mq.}$$

Il carico permanente dovuto alla pavimentazione è stato posto pari a:

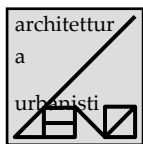
$$1 \text{ kN/mq.}$$

Il carico accidentale è pari a 2.5kN/mq.

La sollecitazione di compressione considerando la combinazione dei carichi permanenti allo stato limite ultimo (1.3 G + 1.5Q) e la relativa verifica è riportata nella tabella seguente sia per la sezione al livello di base, sia per la sezione al primo livello.

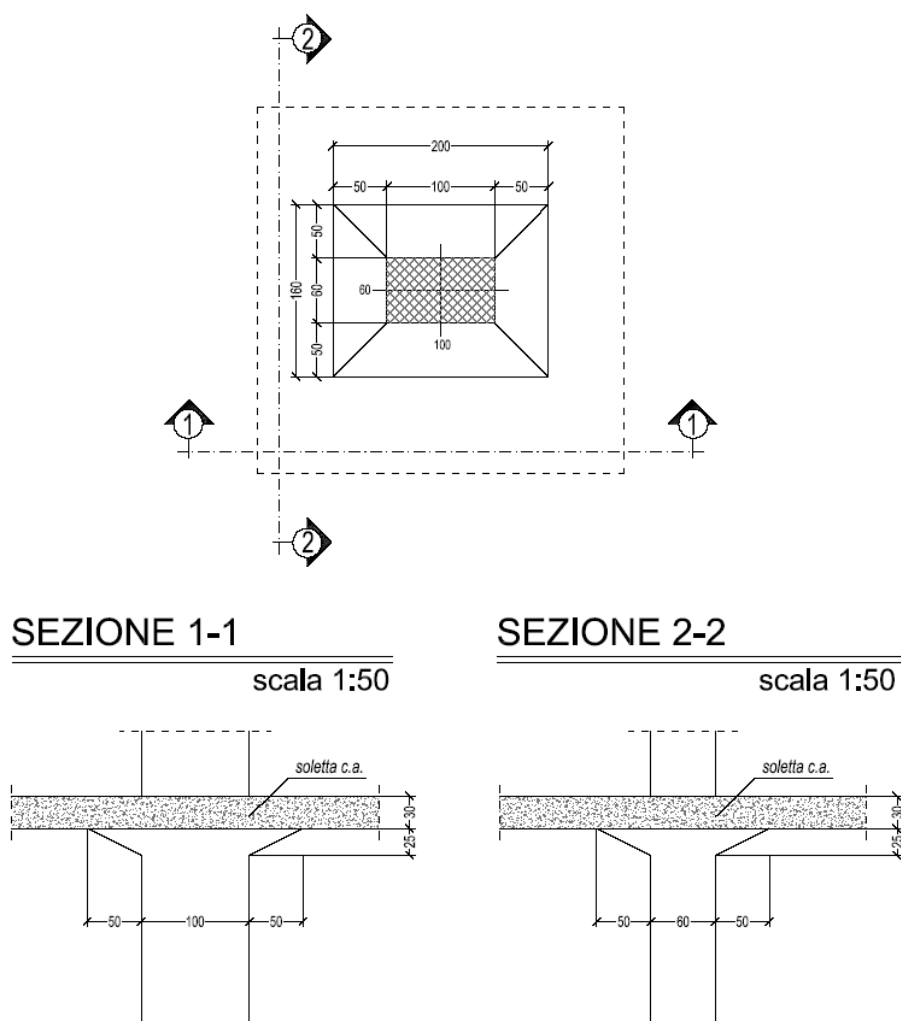
Le sezioni risultano ampiamente verificate così come risulta dalla tensione agente riportata nella tabella seguente.

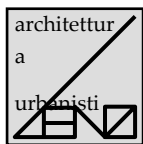
Piano	Terra	Primo	
h	0.6	0.4	m
b	1	1	m
Altezza pilastro	2.3	2.3	m
Area di influenza	85.86	85.86	mq
PP pilastro	34.5	23	kN/m
G solaio	8.5	8.5	kN/mq
Q solaio	2.5	2.5	kN/mq
n piani	3	2	
N	3946.7	2601.3	kN
σ	6.58	6.50	N/mm²
f_c	18.42	18.42	N/mm²
SF	2.80	2.83	



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO

Nel calcolo è stato trascurato il contributo ai carichi dell'allargamento della sezione dei pilastri in sommità. Tale accorgimento di poca rilevanza per il dimensionamento dei pilastri contribuisce a ridurre le sollecitazioni agenti sulle solette di piano. Una schema del dettaglio è riportato nella figura seguente.



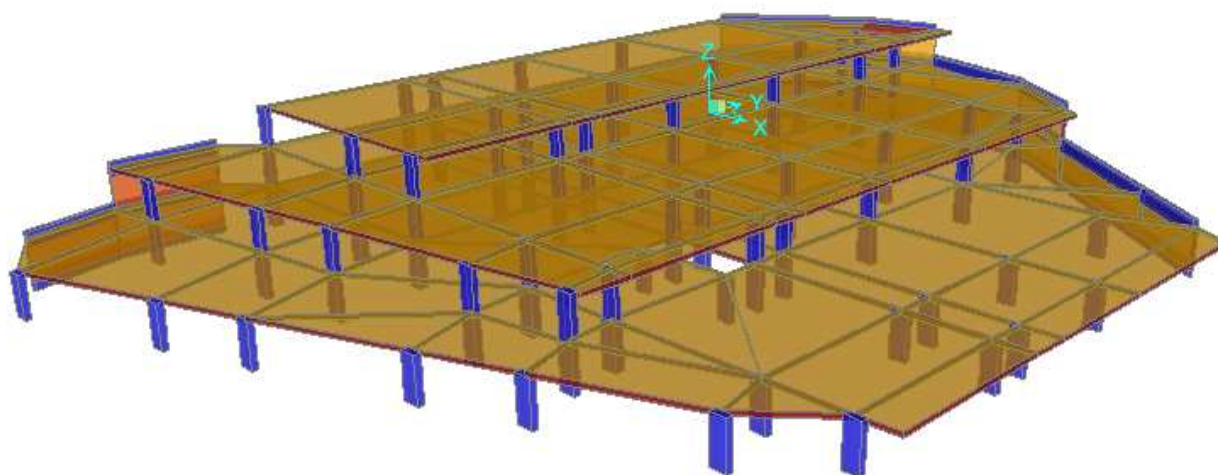


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO

7.5 Verifica globale degli elementi strutturali

Una verifica globale del comportamento della struttura del parcheggio è stata eseguita con un modello tridimensionale agli elementi finiti. Il modello di calcolo è stato realizzato in accordo alle indicazioni riportate in precedenza: i pilastri sono stati modellati con elementi monodimensionali mentre i solai ed i setti sono stati modellati con elementi bidimensionali.

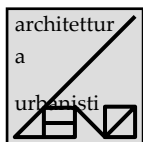
Una vista del modello è riportata nella figura seguente.



La verifica di pilastri è riportata per le sezioni più significative in forma grafica nelle figure seguenti.

La verifica è stata eseguita considerando la sollecitazione composta di sforzo assiale e momento flettente ed è riportata considerando il momento attorno all'asse Y con segno positivo ed il momento attorno all'asse X con segno negativo.

Per il calcolo della capacità sono state considerate le armature riportate nella tabella successiva.



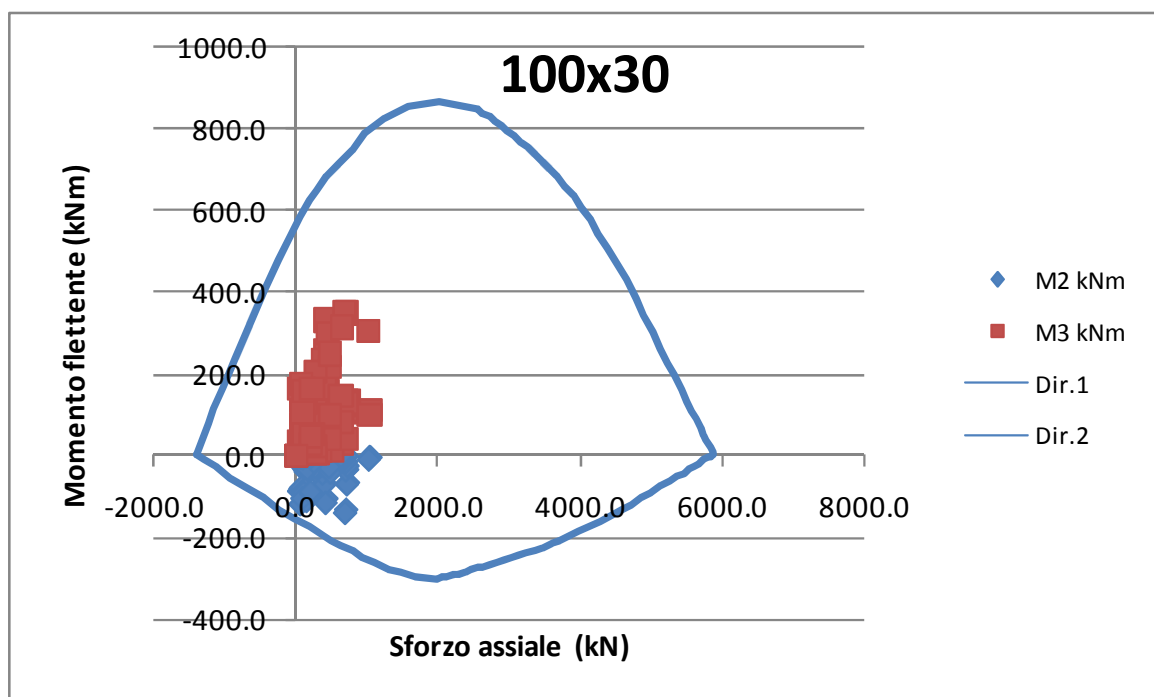
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO

Tipologie dei pilastri e armature longitudinali e trasversali

Tipo	I_x <i>m</i>	I_y <i>m</i>	Φ <i>mm</i>	n_x	n_y	n_{tot}	Φ <i>mm</i>	$S_{mezzzeria}$ <i>m</i>	$S_{incastrato}$ <i>m</i>
P100x30	1	0.3	20	6	2	12	10	0.2	0.1
P100x40	1	0.4	24	7	3	16	10	0.2	0.1
P100x60	1	0.6	20	4	7	18	10	0.2	0.1

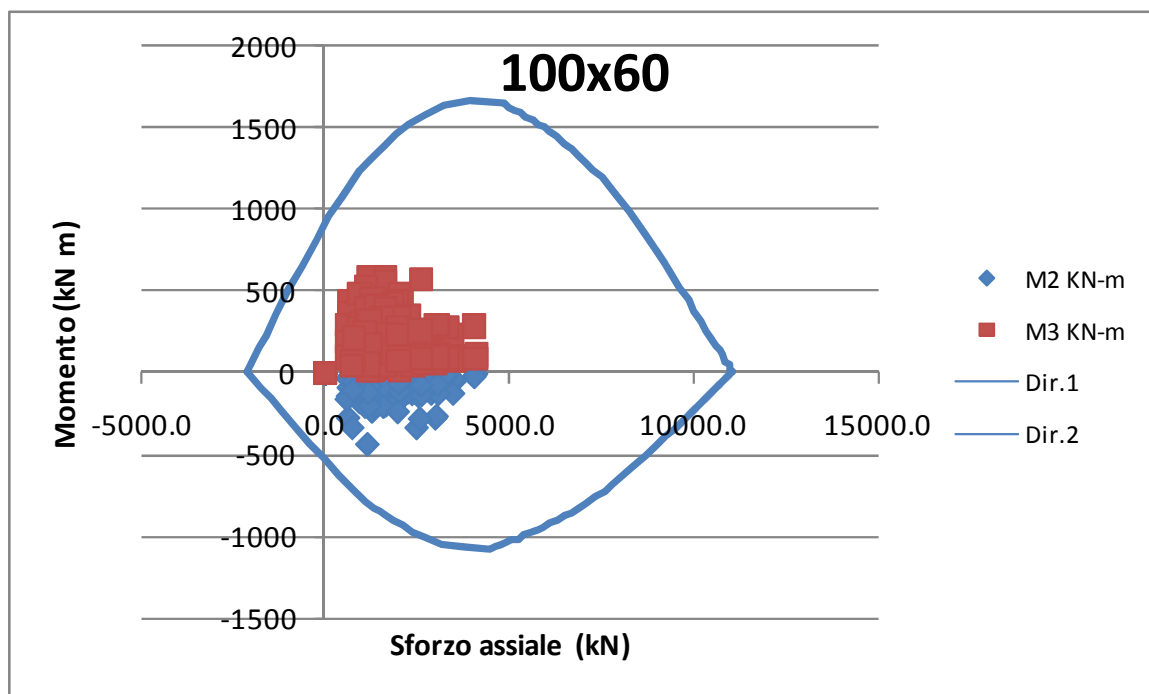
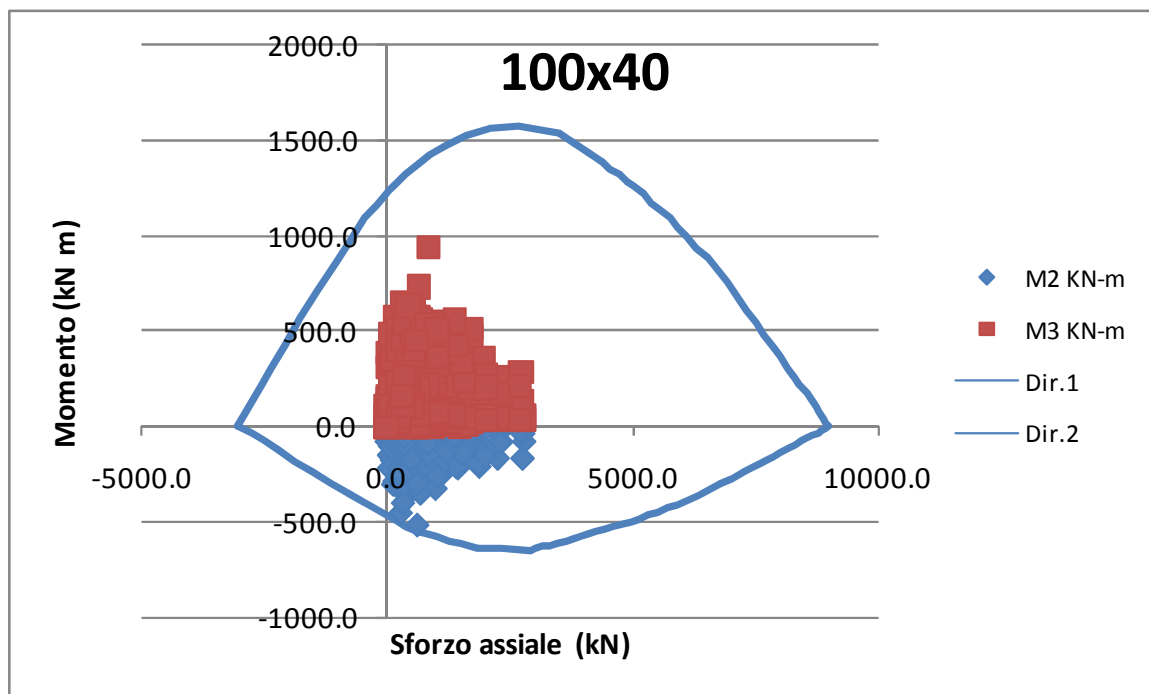
Incidenza delle armature per tipologia di pilastro

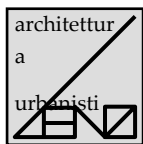
Tipo	A_s <i>mq</i>	A_c <i>mq</i>	A_s/A_c %	V_s <i>mc</i>	V_c <i>mc</i>	incidenza <i>kg/mc</i>
P100x30	0.0038	0.30	1.26%	0.0052	0.300	136.0
P100x40	0.0072	0.40	1.81%	0.0088	0.400	172.3
P100x60	0.0057	0.60	0.94%	0.0074	0.600	97.0





committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	7 PARCHEGGIO





committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	8 CENTRALE TECNOLOGICA

8 CENTRALE TECNOLOGICA

8.1 Premessa

La centrale tecnologica è un edificio in c.a. a telaio. Gli elementi principali sono i pilastri con sezione 40x40, le travi principali 40x70 e le travi secondarie 40x40. I solai sono a predalles con uno spessore complessivo di 40cm (5+29+6). Completano l'edificio i muri perimetrali contro terra ed i muri delle vasche idriche.

L'edificio si sviluppa su due livelli parzialmente sfalsati con un'altezza di interpiano di 5.0m. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

Nel seguito si riporta la verifica degli elementi principali.

8.2 Solai

I carichi agenti considerati sono: carichi permanenti dovuti al massetto ed alla pavimentazione industriale pari a 1.5kN/mq; carichi accidentali pari a 10 kN/mq.

La verifica del solaio è sinteticamente riportata nella successiva tabella in cui sono riportati, per ciascuna altezza di solaio, i seguenti dati: la somma dei carichi permanenti ed accidentali, la luce massima, la sollecitazione flettente in mezzeria, la sollecitazione di taglio all'appoggio, l'armatura longitudinale dei travetti, la tensione di snervamento dell'acciaio, la tensione di rottura a trazione del calcestruzzo ed infine le sollecitazioni resistenti. La verifica è stata eseguita considerando uno schema di calcolo di trave su più appoggi.

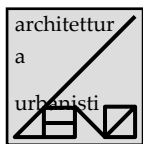
Le sollecitazioni di progetto sono ricavate mediante le seguenti espressioni:

$$- M_D = \frac{1}{12} \cdot p \cdot L^2,$$

$$- V_D = \frac{1}{2} \cdot p \cdot L,$$

dove p è la combinazione dei carichi agenti allo stato limite ultimo ed L è la lunghezza del solaio.

Il momento resistente è stato calcolato con la seguente espressione:



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	8 CENTRALE TECNOLOGICA

$$M_R = 0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot A_s,$$

dove d è l'altezza utile della sezione, f_{yd} è la tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio, A_s è l'area delle barre di armature sollecitate a trazione.

Il calcolo della sollecitazione resistente a taglio è stato eseguito mediante la seguente espressione (valida per elementi privi di armatura a taglio):

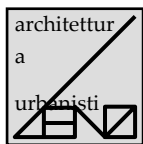
$$V_{Cd} = 0.25 \cdot (1.6 - d) \cdot (1 + 50 \cdot \rho) \cdot f_{ctd} \cdot d \cdot b_w.$$

La capacità a taglio è stata calcolata per la sezione corrente e per la fascia piena.

I valori riportati in tabella si riferiscono ad una striscia di solaio di larghezza unitaria.

Tipo	5+29+6	5+29+6	
PP	6.13	6.13	kN/m ²
Perm	1.5	1.5	kN/m ²
Q	10	2.5	kN/m ²
1.3G+1.5Q	24.92	13.67	kN/m ²
L	6.5	6.5	m
M_D	87.7	48.1	kN m/m
T_D	81.0	44.4	kN /m
d	0.35	0.35	m
Φ	16	12	mm
n	5	5	
f_y	373	373	N/mm ²
f_{ctd}	1.26	1.26	N/mm ²
M_R	118.1	66.4	kN m
T_R	71.6	63.3	kN m
$T_{R, fascia piena}$	180.7	170.8	kN m
Fascia piena	0.4	0.2	m

La sollecitazione resistente è sempre maggiore di quella agente. La verifica è pertanto soddisfatta.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	8 CENTRALE TECNOLOGICA

8.3 Travi principali

La verifica delle travi principali è stata eseguita considerando uno schema di calcolo di trave su più appoggi. Il procedimento di verifica impiegato è di seguito descritto. Si osserva innanzitutto che, essendo l'armatura longitudinale simmetrica e costante per tutta la lunghezza delle travate, il momento resistente è invariante rispetto al segno ($M^+ = M^-$) ed alla posizione. Pertanto, per ciascuna travata, è sufficiente eseguire la verifica nella sezione in cui il momento di calcolo è massimo. Il calcolo delle sollecitazioni è stato eseguito in via semplificata assumendo che i valori massimi siano dati dalle seguenti espressioni:

- momento flettente: $M_D = \frac{1}{10} \cdot p \cdot L^2$ (negativo in corrispondenza dell'appoggio)
- taglio: $V_D = \frac{1}{2} \cdot p \cdot L$ (in corrispondenza dell'appoggio³)

dove p è dato dalla combinazione dei carichi allo SLU, ed L è la lunghezza della campata di massima luce di ciascuna travata.

Per la **verifica a flessione** il momento resistente della sezione (rettangolare) in c.a. parzializzata è calcolato mediante la seguente espressione:

$$M_R = 0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot A_s,$$

dove d è l'altezza utile della sezione, f_{yd} è la tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio, A_s è l'area delle barre di armature sollecitate a trazione.

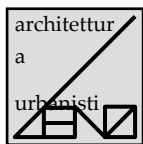
Per la **verifica a taglio** si deve verificare che il taglio sollecitante V_D sia inferiore al taglio resistente. In particolare devono essere seguite le due verifiche: (a) del conglomerato, (b) dell'armatura trasversale d'anima. Per la verifica del conglomerato si deve imporre:

$$V_D < V_{R1} = 0.30 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

dove f_{cd} è la resistenza di calcolo a compressione, d l'altezza utile, b_w è la larghezza sezione.

Per la verifica dell'armatura trasversale d'anima si deve imporre:

³ Si è tenuto forfettariamente in conto la riduzione della sollecitazione dovuta alla presenza dei pilastri. Tale approssimazione è ampiamente giustificata anche osservando che i coefficienti di sicurezza sono sempre maggiori di 2 (si veda la tabella riportata nel seguito).



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	8 CENTRALE TECNOLOGICA

$$V_D < V_{R2} = V_{cd} + V_{wd}$$

dove V_{wd} rappresenta il contributo dell'armatura trasversale e V_{cd} quello del calcestruzzo. Questi sono rispettivamente dati dalle:

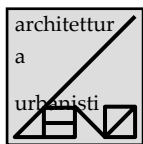
$$V_{wd} = A_{sw} \cdot f_{yw} \cdot 0.9 \cdot d / s \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha)$$

$$V_{cd} = 0.6 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$$

dove α è l'inclinazione delle staffe rispetto all'asse della trave, A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale posta ad interasse s , d è l'altezza utile della sezione, b_w è la larghezza della sezione, f_{ctd} è la resistenza a trazione di calcolo uguale a $f_{ctk} / 1.6 = 0.7 f_{ctm} / 1.6 = 0.7(0.27 R_{ck}^{2/3})/1.6 = 1.26 \text{ N/mm}^2$.

Nella tabella seguente si mostra la verifica per le situazione più sfavorevole per la quale la larghezza del solaio è di 5.75m e la luce della trave è di 6.05m.

h	0.7 m
b	0.4 m
L	6.05 m
B _{solaio}	5.75 m
G _{solaio}	7.63 kN/mq
Q _{solaio}	10 kN/mq
PP _{trave}	7 kN/m
1.3G+1.5Q	181.3 kN/m
M_D	553.0 kN m
T_D	548.4 kN
d	0.66 m
Φ	24 mm
n	6
f _y	373 N/mm ²
f _{ctd}	1.26 N/mm ²
Φ _{staffe}	12 mm
S _{appoggio}	0.1 m
S _{campata}	0.2 m
M_R	601.4 kN m
T_{R1}	1458.9 kN
T_{R2,appoggio}	701.4 kN
T_{R2,campata}	450.8 kN



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	8 CENTRALE TECNOLOGICA

8.4 Pilastri

I pilastri della centrale tecnologica hanno sezione quadrata 40x40.

La verifica delle pilastri è stata eseguita considerando la massima sollecitazione agente sul pilastro più sfavorevole (allineamento G-6).

I carichi sui pilastri sono stati determinati con il metodo delle aree di influenza.

Nella tabella seguente si riportano i valori dei carichi permanenti, G , e accidentali, Q , del solaio intermedio e del solaio di copertura, i valori delle rispettive di aree di influenza, il valore della sollecitazione di sforzo normale, la capacità della sezione e il coefficiente di sicurezza dato dal rapporto della capacità e la sollecitazione agente.

La verifica è soddisfatta.

Allineamento	G-6	
G_{sol1}	7.63	kN/m^2
G_{sol2}	7.63	kN/m^2
Q_{sol1}	10.00	kN/m^2
Q_{sol2}	2.50	kN/m^2
A_{sol1}	32.34	mq
A_{sol2}	15.24	mq
$G_{pilastro}$	4.00	kN/m
G_{solaio}	363.08	kN/m
Q_{solaio}	361.53	kN/m
N_D	1066.3	$kN\ m$
A	0.16	mq
σ	6.59	N/mm^2
f_c	18.42	N/mm^2
N_R	2947.4	kN
N_R/N_D	2.8	

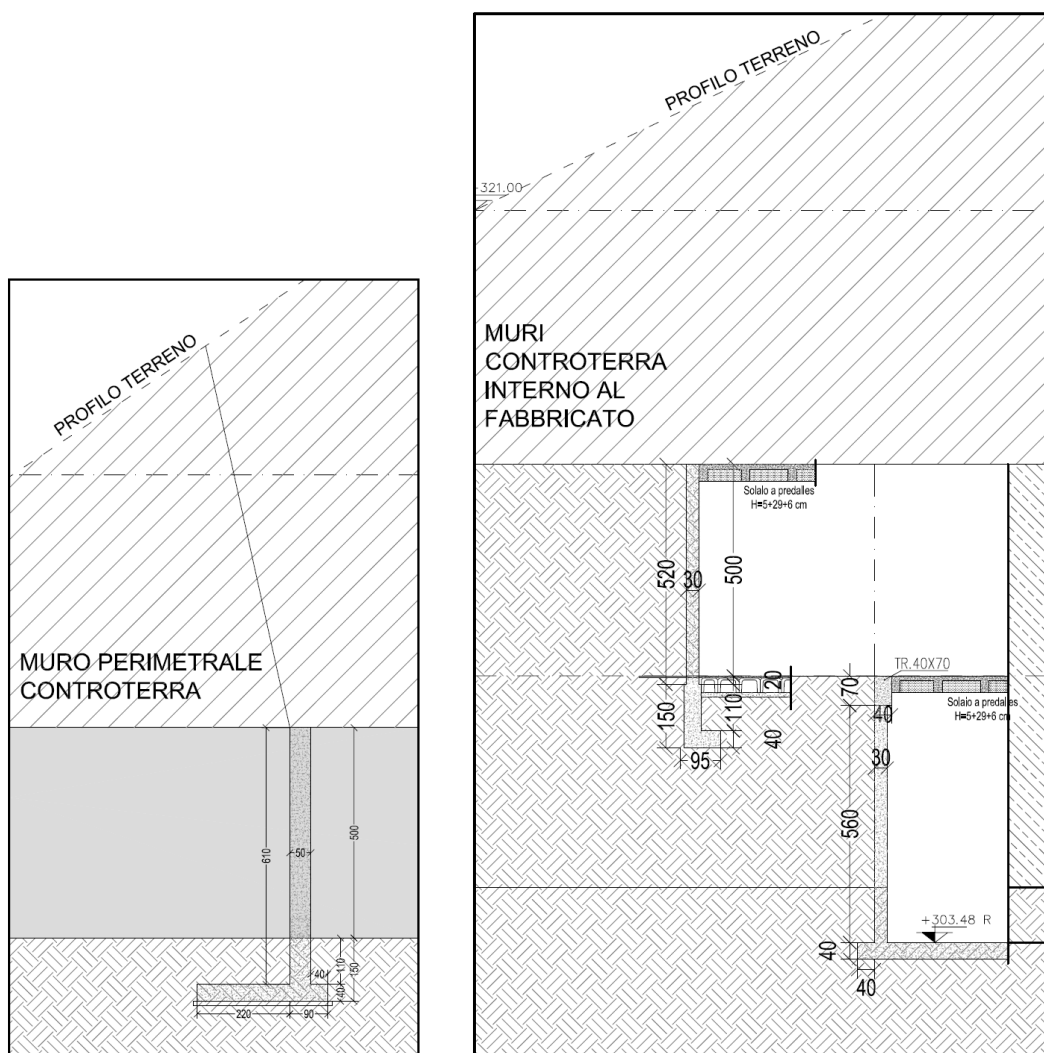


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	8 CENTRALE TECNOLOGICA

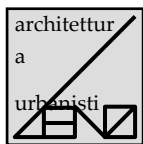
8.5 Muri

Le pareti della centrale tecnologica si dividono in tre principali tipologie:

- i muri di sostegno;
- le pareti perimetrali controterra;
- le pareti delle vasche idriche.



*Sezioni tipo dei muri di contenimento della Centrale tecnologica
Muri di sostegno a sinistra, Muri perimetrali controterra a destra*



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	8 CENTRALE TECNOLOGICA

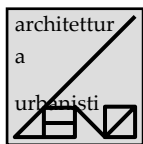
Muri di sostegno

Lo schema di calcolo dei muri di sostegno è quello di una trave incastrata alla base. Il calcolo di verifica è stato eseguito considerando secondo le indicazioni riportate nel par. 9.3. La tabella di sintesi è riportata nel seguito.

Lo spessore del muro è pari a 50cm.

CARATTERISTICHE MURO E CALCOLO SPINTE

Caratteristiche geometriche		Caratteristiche terreno		Spinte		Coefficienti dei carichi per la verifica del terreno			
H	6.1 m	γ	22 kN/m ³	H _{terreno}	101.1 kN	Perm.	G	Q	E
B	0.5 m	ϕ	40 °	H _{accidentale,Q}	14.1 kN				
L	3.1 m	c'	0	H _{passiva}	74.25 kN	Sismica	1	0	1
L ₁	2.2 m	K _{a,mononobe}	0.28	E _{terreno}	121.25 kN				
L ₂	0.4 m	K _{p,mononobe}	4.32	E _{muro,W}	9.51 kN				
h zattera	0.4 m	k _{th} (sisma)	0.1170	E _{passiva}	106.92 kN				
h ₁	6.1 m	k _v (sisma)	0.0580						
h ₂	1.1 m								
		ϕ (rad)	0.70						
R _{ck}	35 N/mm ²	K _a	0.22						
Q	10 kN/m ²	K _p	3.00						
				<u>Sforzi normali</u>					
				N _{muro}	81.3 kN	H _{resistente}	115.2	130.8	kN
				N _{zattera}	31.0 kN				
				N _{terreno}	295.2 kN	N	453.7	431.7	kN
				N _{terreno valle}	24.2 kN	M _{ribaltanti}	-264.9	-337.4	kN m
				N _Q	22 kN	M _{stabilizzanti}	777.3	776.4	kN m



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	8 CENTRALE TECNOLOGICA

Pareti perimetrali controterra

La verifica delle pareti perimetrali è stata eseguita attraverso il confronto delle sollecitazioni agenti con le sollecitazioni resistenti.

Sulla base degli elaborati grafici di riferimento (STR401 e STR402) il modello di calcolo adottato è quello di una parete doppiamente incastrata alle estremità e sollecitata oltre che dal peso proprio dalla spinta del terreno sia in condizioni statiche che dinamiche. La verifica si limita semplicemente alla verifica strutturale del setto di spessore pari a 30cm.

CARATTERISTICHE MURO E CALCOLO SPINTE

Caratteristiche muro		Caratteristiche terreno	
H	4.8 m	γ	22 kN/m ³
B	0.3 m	ϕ	40°
L	0 m		
L ₁	0 m	K _{mononobe}	0.28
h zattera	0 m	k _h (sisma)	0.117
		k _v (sisma)	0.0585
R _{ck}	35 N/mm ²	ϕ (rad)	0.70
Q	10 kN/m ²	K _a	0.22
		K _p	3.00

Spinte

H _{terreno}	55.1 kN
H _{accidentale,Q}	10.4 kN
E _{terreno}	75.11 kN
E _{muro,W}	4.34 kN

	G	Q	E
Perm.	1.4	1.5	0
Sismica	1	0.6	1

Sforzi normali

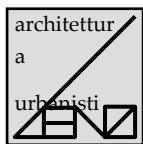
N _{muro}	37.1 kN
N _Q	10 kN
N _{terreno}	0.0 kN
N _{terreno valle}	0 kN
N _{zattera}	0.0 kN

CALCOLO SOLLECITAZIONI MURO FRONTALE

Combinazione Permanente		Combinazione Sismica	
T	46.4 kN	T	42.9 kN
M	34.6 kN m	M	34.3 kN m

VERIFICA ARMATURA MURO FRONTALE

Momento capacità		Taglio capacità	
n	10	A _{sw}	0.000251 m ²
Φ	12	s	0 m
area (cmq)	11.31	d	0.26 m
A	0.001131 m ²	f _{ctd}	1.264 kN/m ²
f _y	373000 kN/m ²	senza armatura a taglio	
d	0.26 m	V _R	134.0 kN / m
M _R	98.7 kN m / m	verifica	OK
verifica	OK		



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	8 CENTRALE TECNOLOGICA

Le pareti delle vasche idriche

Lo schema di calcolo delle pareti delle vasche idriche è quello di una trave doppiamente incastrata alle estremità su cui agisce la spinta dell'acqua, considerando il massimo riempimento. La verifica è riportata nella tabella seguente.

Lo spessore delle pareti è pari a 30cm.

CARATTERISTICHE MURO E CALCOLO SPINTE

Caratteristiche muro

H	5.9 m
B	0.3 m
L	0 m
L ₁	0 m
h zattera	0.4 m
	0 m

R_{ck} 35 N/mm²

Caratteristiche acqua

γ	10 kN/m ³
φ	0 °
φ (rad)	0.00
K _a	1.00

Spinte

H_{acqua} 174.1 kN

Combinazione dei carichi

	G	Q
Perm.	1.4	1.5

CALCOLO SOLLECITAZIONI MURO FRONTALE

Combinazione Permanente

T	159.7 kN
M	184.5 kN m

VERIFICA ARMATURA MURO FRONTALE

Momento capacità

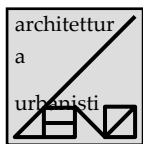
n	Φ	area (cmq)
10	20	31.42
A	0.003142 m ²	
f _y	373000 kN/m ²	
d	0.26 m	

M_R 274.2 kN m / m
verifica OK

Taglio capacità

A _{sw}	0.000251 m ²
s	0.2 m
d	0.26 m
f _{ctd}	1.264 kN/m ²
con armatura a taglio	

V_R 306.9 kN / m
verifica OK



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	9 VASCA ANTINCENDIO

9 VASCA ANTINCENDIO

9.1 Premessa

Oggetto del presente capitolo è la verifica della vasca antincendio.

La vasca di recupero delle acque meteoriche e grigie trattate, al servizio degli impianti antincendio, irrigazione e acque per i wc, è costituita da una struttura interrata realizzata in c.a., con solaio sempre in c.a., idoneo per sopportare carichi carrabili medi; nel suo interno sono ricavati vani a perfetta tenuta idraulica atti al contenimento delle acque di recupero.

Le dimensioni nette della parte di manufatto dedito all'accumulo delle acque di recupero è pari a 16.20x5.00 m, con altezza di nette 4,30m; nel suo interno sono ricavate le seguenti vasche:

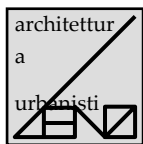
- vasca di sedimentazione delle sabbie;
- vasca di accumulo acque bianche di recupero (80 mc al servizio antincendio e circa 100 mc al servizio dell'impianto di irrigazione);
- vasca di accumulo acque grigie trattate (25 mc).

Le dimensioni esterne della parte di manufatto dedito alla camera di manovra è pari a nette 6.30x8.40 m, con altezza di nette 5,10m; nel suo interno sono alloggiati i gruppi di pompaggio antincendio, il gruppo di pompaggio acqua per irrigazione, il gruppo di pompaggio delle acque grigie trattate, i quadri elettrici di comando e controllo dei gruppi sopra descritti; nella stessa camera sono altresì alloggiate le tubazioni e il valvolame necessario. La camera di manovra è raggiungibile tramite una scala esterna di dimensioni 1,0x9,0 m.

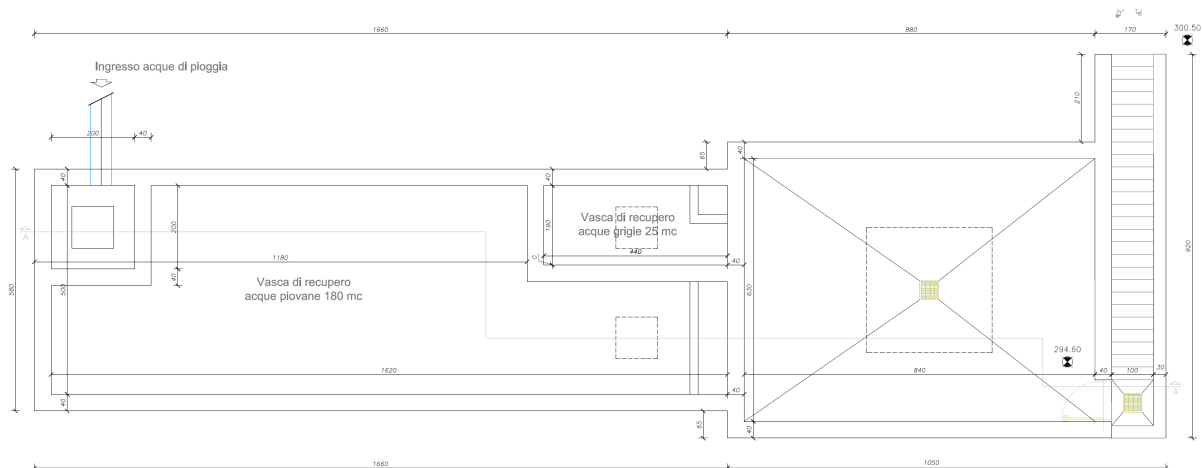
La struttura ha un'altezza complessiva di più di 6.0 metri, considerando lo spessore della platea, 0.40m, e quello del solaio di copertura pari a 0.30m.

Le strutture verticali sono rappresentati dai muri esterni controterra (spessore pari a 40cm) e da setti interni di divisione tra le varie vasche (spessore 40cm). Le strutture orizzontali sono rappresentate dalla platea di fondazione e dalla soletta di copertura.

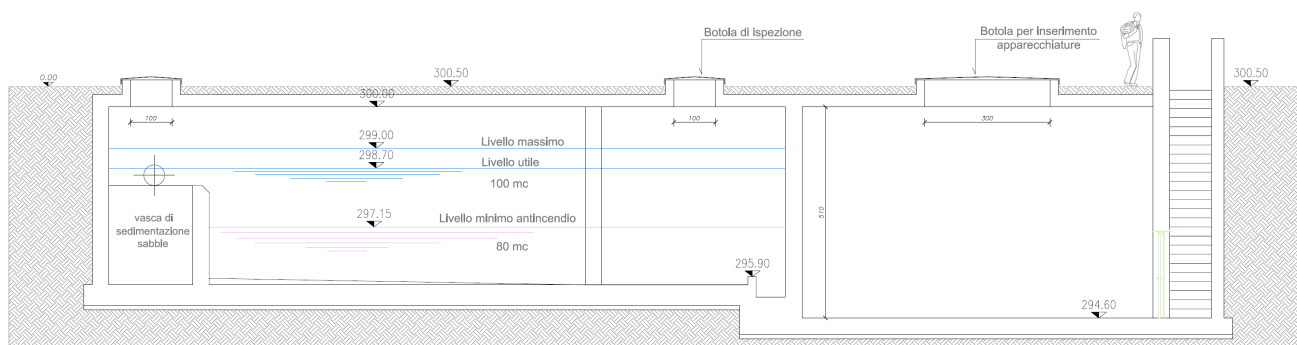
Nelle figure successive si illustrano una pianta schematica e una sezione della struttura.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	9 Vasca ANTINCENDIO



Pianta della vasca di accumulo acque di recupero e antincendio



Sezione della vasca di accumulo acque di recupero e antincendio

9.2 Verifica delle strutture orizzontali

La verifica delle solette di copertura è stata eseguita in modo semplificato considerando i carichi agenti dovuto al terreno (20cm) ed al sovraccarico accidentale, posto pari a 3.0kN/mq.

Considerando uno schema di calcolo di trave semplicemente appoggiata ed una luce di calcolo pari a 5.0m, la sollecitazione flettente in mezzeria è pari a:

$$M_d = 1/8 (1.4 G + 1.5Q) \times L^2 = 64.37 \text{ kN m.}$$

Il momento resistente, calcolato con una armatura costituita da $\Phi 16/20$, è pari a:

$$M_R = 0.9 \times d \times f_y \times A_s = 87.75 \text{ kN m.}$$

La verifica è quindi soddisfatta.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	9 Vasca ANTINCENDIO

9.3 Verifica delle strutture verticali

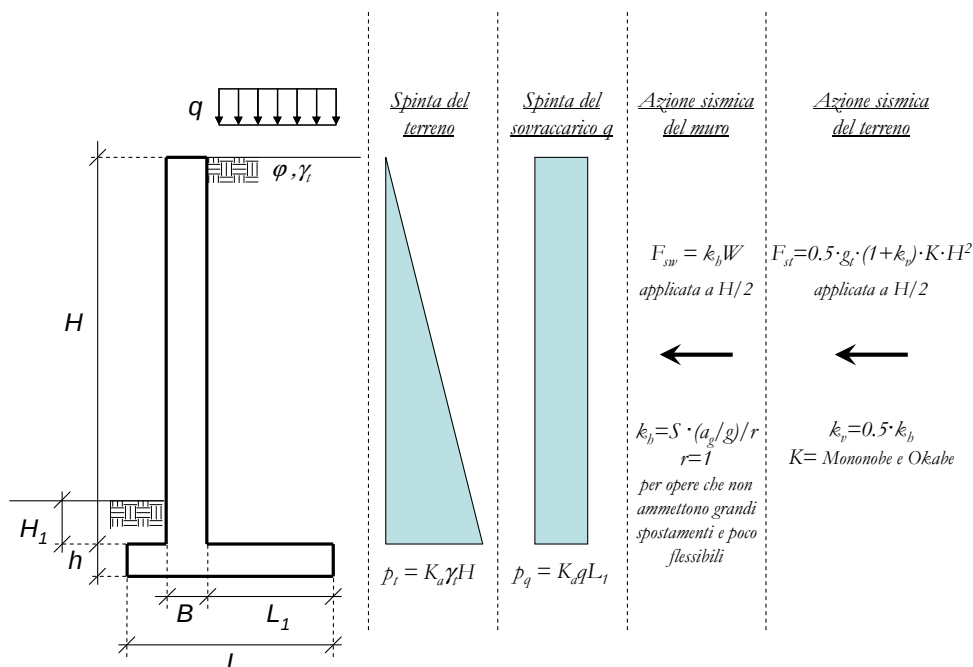
La valutazione delle sollecitazioni agenti sugli elementi verticali è stata effettuata attraverso modelli semplificati.

Le strutture verticali, sia i muri esterni che i setti interni, sono state considerate doppiamente incastrate considerando come azioni agenti, oltre al peso proprio le spinte relative al terreno e/o all'acqua a secondo dei casi, sia in condizioni statiche (combinazione di carichi permanenti) che in condizioni dinamiche (combinazione dei carichi sismica).

Carichi agenti e combinazioni

I carichi agenti da considerare sono il peso proprio degli elementi strutturali, il peso proprio del terreno al di sopra della struttura, le spinte del terreno in condizioni statiche (combinazione dei carichi permanenti) e le spinte del terreno e del muro in condizioni dinamiche (combinazione dei carichi sismica).

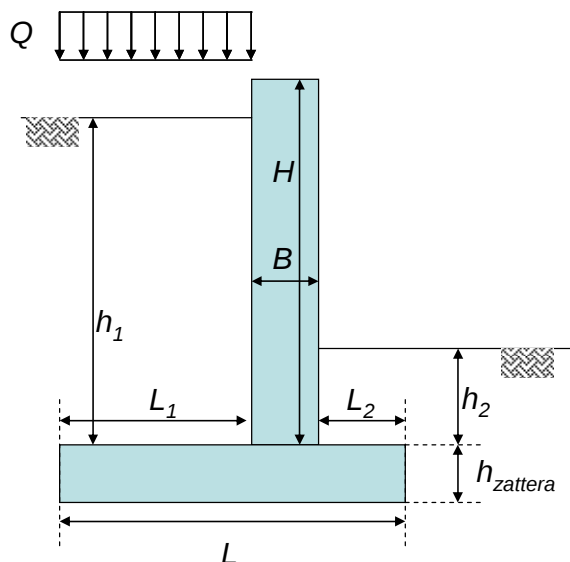
I vari contributi ai carichi orizzontali sono schematizzati nella figura successiva in funzione delle caratteristiche della struttura e del terreno di fondazione.



Schema dei carichi orizzontali agenti su un muro di contenimento



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	9 VASCA ANTINCENDIO



Spiegazione dei simboli utilizzati per la verifica della stabilità di opere di sostegno

Le espressioni analitiche per tutti i carichi in gioco sono descritte dettagliatamente nel seguito.

Il peso proprio del muro è pari a:

$$N_W = \gamma_{cls} B H$$

dove: γ_{cls} è il peso specifico del cls = 25 KN/m³, B è lo spessore del muro frontale

Il peso proprio della zattera di fondazione:

$$N_F = \gamma_{cls} L h$$

dove: γ_{cls} è il peso specifico del cls = 25 KN/m³, h è lo spessore della zattera, L la larghezza della zattera

Il peso proprio del terreno al di sopra della zattera di fondazione:

$$N_t = \gamma H L$$

dove: γ è il peso specifico del terreno, H è l'altezza del terreno di riempimento, L la larghezza della zattera



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	9 VASCA ANTINCENDIO

La spinta del terreno è stata considerata con il tipico andamento triangolare con valore di pressione alla base pari a:

$$p_t = K_a \gamma H$$

dove: K_a è il coefficiente di spinta del terreno $= (1 - \sin \phi) / (1 + \sin \phi)$, γ è il peso specifico del terreno, H è l'altezza dalla base del muro sino al di sopra della struttura

La spinta dovuta al sovraccarico accidentale è stata schematizzata con un andamento delle pressioni uniforme sulla parete del muro pari a:

$$p_q = q K_a L_1$$

dove: q è il sovraccarico considerato, K_a è il coefficiente di spinta del terreno

L'azione sismica è stata calcolata considerando sia il contributo del muro che del terreno. L'azione sismica dovuta alla massa del muro è pari a:

$$F_W = k_h W$$

con: W è il peso del muro e $k_h = S (a_g / g) / r$ è il coefficiente di spinta orizzontale funzione dell'accelerazione alla base caratteristica per il sito in esame. Il coefficiente r si può assumere pari a 1.

L'azione sismica del terreno è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali equivalenti date dal prodotto delle forze di gravità per un coefficiente sismico verticale applicata a metà dell'altezza del muro:

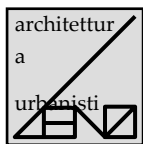
$$E_d = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm 0,5 k_h) K H^2$$

dove: H è l'altezza del muro, γ è il peso specifico del terreno, K è il coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) calcolato mediante la formula di Mononobe e Okabe.

Il coefficiente di Mononobe e Okabe, nel caso in cui $\beta = 0 \leq \phi - \theta$, è dato dalla seguente espressione

$$K = \frac{\sin^2(\Psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \Psi \sin(\Psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\Psi - \theta - \delta) \sin(\Psi + \beta)}} \right]^2}$$

dove: ϕ è il valore dell'angolo di resistenza al taglio del terreno, Ψ è l'angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro, β è l'angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	9 VASCA ANTINCENDIO

della superficie del terrapieno, δ è il valore di calcolo dell'angolo di resistenza a taglio tra terreno e muro = 0° in condizioni dinamiche ⁽⁴⁾, $\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \mp k_v}\right)$ nel caso di falda al di sotto del muro.

Nel caso sia presente terreno a valle del muro è possibile considerare il suo contributo sia come carico gravitazionale sia come spinta passiva.

Il peso del terreno a valle è dato dalla:

$$N_{W,vale} = \gamma H_1$$

dove: γ_t è il peso specifico del terreno. H_1 è l'altezza del terreno a valle

La spinta passiva è invece pari a:

$$H_p = 1/2 \cdot K_p \cdot \gamma \cdot (H_1 + h)^2$$

dove: K_p è il coefficiente di spinta passiva, H_1 è l'altezza del terreno a valle del muro, h è l'altezza della zattera, γ_t è il peso specifico del terreno.

Le principali combinazioni da considerare sono:

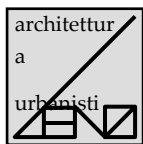
- combinazione 1: γ_g carichi permanenti + γ_q sovraccarichi accidentali
 - o (pesi propri opera, terreno e carico accidentale q)
- combinazione 2: γ_g carichi permanenti + γ_E sisma
 - o (pesi propri opera, terreno e azioni sismiche)

Modello di calcolo e metodologia di Verifica

Le verifiche dei muri in oggetto si limitano al calcolo delle spinte e della sollecitazione flettente massima. Non sono infatti necessarie le verifiche di stabilità che usualmente si eseguono per un normale muro contro terra non vincolato in testa come quelli in oggetto.

Le verifiche si riferiscono ad una larghezza unitaria di 1m.

⁴ J.E. Bowles – Fondazioni progetto ed analisi McGraw-Hill – Capitolo 11 pag. 560



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	9 VASCA ANTINCENDIO

La capacità flessionale è calcolata con la formula approssimata:

$$M_R = 0.9 \cdot d \cdot A_s \cdot f_y$$

dove d è l'altezza utile della sezione, A_s è il quantitativo di armatura longitudinale a trazione, f_y è la tensione di snervamento dell'acciaio.

La capacità a taglio di una sezione in cemento armato è calcolata con una delle seguenti espressioni, rispettivamente in assenza e in presenza di armatura a taglio:

$$T_C = 0.25 \cdot r \cdot (1 + 50\rho_l) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$$

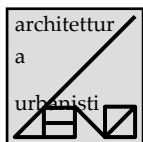
$$T_C = 0.6 f_{ctd} \cdot b_w d + A_{sw}/s \cdot f_{yw} \cdot 0.9d \cdot (\cos \alpha + \sin \alpha)$$

dove $r = 1.6 - d$ (in metri), f_{ctd} è la resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo pari a $f_{ctd} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 0.7 \cdot (R_{ck})^{2/3} / 1.6$, ρ_l è il rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e quella del calcestruzzo, b_w è la larghezza della sezione.

La verifica è sinteticamente riportata nella tabella seguente dove si individuano:

- le caratteristiche geometriche e meccaniche dell'opera;
- le sollecitazioni agenti;
- le verifiche strutturali.

Il significato dei termini e le espressioni adottate nelle verifiche sono quelle descritte nei paragrafi precedenti.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	9 Vasca ANTINCENDIO

CARATTERISTICHE MURO E CALCOLO SPINTE

Caratteristiche muro

H	5.4 m	γ	20 kN/m ³
B	0.4 m	φ	30 °
L	0 m		
L ₁	0 m	K _{mononobe}	0.560
h zattera	0.4 m	k _h (sisma)	0.251
	0 m	k _v (sisma)	0.1255
R _{ck}	25 N/mm ²	φ (rad)	0.52
Q	10 kN/m ²	K _a	0.33
		K _p	3.00

Spinte

H _{terreno}	97.2 kN
H _{accidentale, Q}	18.0 kN
H _{passiva}	4.80 kN
E _{terreno}	183.79 kN
E _{muro, W}	13.93 kN

	G	Q	E
Perm.	1.4	1.5	0
Sismica	1	0.6	1

Sforzi normali

N _{muro}	55.5 kN	
N _{zattera}	0.0 kN	0.083
N _{terreno}	0.0 kN	0.0215
N _{terreno valle}	0 kN	-0.05
N _Q	10 kN	

CALCOLO SOLLECITAZIONI MURO FRONTALE

Combinazione Permanente

T	81.5 kN
M	68.5 kN m

Combinazione Sismica

T	104.3 kN
M	93.8 kN m

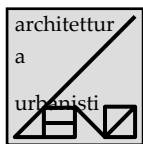
VERIFICA ARMATURA MURO FRONTALE

Momento capacità

n	5	Φ	16	area (cmq)	10.05
A				0.001005 m ²	
f _y				373000 kN/m ²	
d				0.36 m	
M _R				121.5 kN m / m	
verifica				OK	

Taglio capacità

A _{sw}	0.000251 m ²
s	0 m
d	0.36 m
f _{ctd}	1.010 kN/m ²
senza armatura a taglio	
V _R	128.4 kN / m
verifica	OK



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	10 SISTEMAZIONI ESTERNE

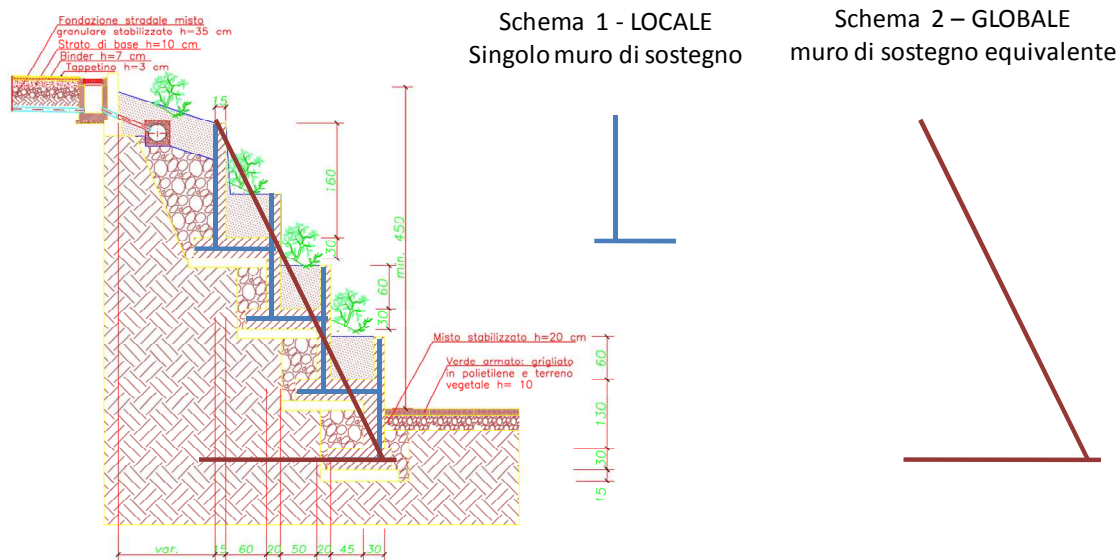
10 SISTEMAZIONI ESTERNE

10.1 Premessa

In questo capitolo si riportano i calcoli di verifica delle opere di contenimento previste nelle sistemazioni esterne: muri di contenimento a gradoni e muri in gabbioni metallici. La tavola grafica di riferimento è la SES07.

10.2 Muri di sostegno a gradoni

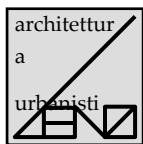
La valutazione delle sollecitazioni agenti sui muri di contenimento è stata effettuata attraverso modelli semplificati secondo gli schemi adottati in figura.



Schemi di calcolo per la verifica delle opere di sostegno delle sistemazioni esterne

In particolare sono stati adottati due schemi di calcolo.

Il primo locale verifica la stabilità e la resistenza degli elementi strutturali di un elemento della gradonata. Il calcolo di verifica è stata eseguito secondo la metodologia riportata nel paragrafo 9.3 considerando la spinta orizzontale dovuta al terreno sia in condizioni statiche che dinamiche.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	10 SISTEMAZIONI ESTERNE

Il secondo globale verifica semplicemente la stabilità dell'intera opera di sostegno. Anche in questo caso è stata adottata la metodologia riportata nel paragrafo 9.3 con la sola differenza di aver ridotto la spinta dovuta al terreno in funzione dell'inclinazione del muro.

I calcoli di verifica sono riportati separatamente nelle due tabelle seguenti.

Verifica locale dei muri a gradoni previsti nelle sistemazioni esterne

CARATTERISTICHE MURO E CALCOLO SPINTE

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E CALCOLO SPINTE				Coefficienti dei carichi per la verifica del terreno						
Caratteristiche geometriche		Caratteristiche terreno		Spinte						
H	1.3 m	γ	20 kN/m ³	H _{terreno}	9.6 kN	Perm.	G	Q	E	
B	0.15 m	ϕ	30 °	H _{accidentale,Q}	5.7 kN		1	1	0	
L	1.2 m	c'	0	H _{passiva}	19.20 kN		Sismica	1	0	1
L ₁	0.3 m	K _{a,mononobe}	0.41	E _{terreno}	12.54 kN					
L ₂	0.75 m	K _{p,mononobe}	2.44	E _{muro,W}	0.70 kN					
h zattera	0.3 m	k _h (sisma)	0.1170	E _{passiva}	0.00 kN					
h ₁	1.4 m	k _v (sisma)	0.0580		4		Perm.	Sismica		
h ₂	0.5 m			<u>Sforzi normali</u>		H	15.3	13.2	kN	
		φ (rad)	0.52	N _{muro}	6.0 kN	H _{resistente}	40.2	21.0	kN	
R _{ck}	35 N/mm ²	K _a	0.33	N _{zattera}	9.0 kN	N	36.4	33.4	kN	
Q	10 kN/m ²	K _p	3.00	N _{terreno}	8.4 kN	M _{ribaltanti}	-10.3	-9.3	kN m	
				N _{terreno valle}	10 kN	M _{stabilizzanti}	31.2	22.9	kN m	
				N _Q	3 kN	M	0.9	5.1		

VERIFICA DI STABILITA'

Verifica di scorrimento		Verifica di ribaltamento		Verifica carico limite		Verifica	
Spinte	13.24 kN	M _{ribaltante}	9.3 kN m	Pressioni sul terreno		N	33.40 kN
Forze resistenti	21.0 kN	M _{stabilizzante}	22.9 kN m	L _{reagente}	1.20 m	Q _{lim}	955.90 kN
				σ_{max}	34.18 kN/m ²		
				σ_{min}	21.48 kN/m ²		
				N	33.40 kN		
η	1.59	η	2.46				
η_{lim}	1.3	η_{lim}	1.5				
verifica	OK	verifica	OK				

CALCOLO SOLLECITAZIONI MURO FRONTALE

Combinazione Permanente		Combinazione Sismica	
T	12.2 kN	T	6.2 kN
M	6.1 kN m	M	2.5 kN m

Coefficienti dei carichi per la verifica delle strutture

	G	Q	E
Perm.	1.3	1.5	0
Sismica	1	0.6	1

VERIFICA ARMATURA MURO FRONTALE

Momento capacità			Taglio capacità	
n	Φ	area (cmq)	Φ	8 mm
5	12	5.65	s	0 m
A	0.000565 m ²		d	0.11 m
f _y	373000 kN/m ²		f _{ctd}	1.264 kN/m ²
d	0.11 m		senza armatura a taglio	
M _R	20.9 kN m / m		V _R	65.1 kN / m
verifica	OK		verifica	OK

CALCOLO SOLLECITAZIONI ZATTERA DI FONDAZIONE

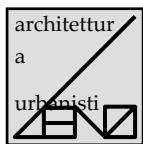
Combinazione Permanente		Combinazione Sismica	
T	-2.9 kN	T	-3.3 kN
M	-0.2 kN m	M	-0.4 kN m

Coefficienti dei carichi per la verifica delle strutture

	G	Q	E
Perm.	1.3	1.5	0
Sismica	1	0.6	1

VERIFICA ARMATURA ZATTERA DI FONDAZIONE

Momento capacità			Taglio capacità	
n	Φ	area (cmq)	Φ	8 mm
5	12	5.65	s	0 m
A	0.000565 m ²		d	0.26 m
f _y	373000 kN/m ²		f _{ctd}	1.264 kN/m ²
d	0.26 m		senza armatura a taglio	
M _R	49.4 kN m / m		V _R	122.1 kN / m
verifica	OK		verifica	OK



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	10 SISTEMAZIONI ESTERNE

Verifica globale dei muri a gradoni previsti nelle sistemazioni esterne

CARATTERISTICHE MURO E CALCOLO SPINTE

Caratteristiche geometriche		Caratteristiche terreno		Spinte		Coefficienti dei carichi per la verifica del terreno				
H	5.1 m	γ	20 kN/m ³	H _{terreno}	14.3 kN	Perm.	G	Q	E	
B	0.35 m	φ	30 °	H _{accidentale,Q}	0.0 kN		1	1	0	
L	2.35 m	inclinazione	55 °	H _{passiva}	24.30 kN		Sismica	1	0	1
L ₁	1 m	c'	0	E _{terreno}	24.97 kN					
L ₂	1 m	k _h (sisma)	0.1170	E _{muro,W}	5.53 kN					
h zattera	0.3 m	k _v (sisma)	0.0580	E _{passiva}	160.25 kN					
h ₁	5.1 m				0		Perm.	Sismica		
h ₂	0.6 m	φ (rad)	1.13	<u>Sforzi normali</u>		H	14.3	30.5	kN	
		K _a	0.05	N _{muro}	47.3 kN	H _{resistente}	407.9	543.9	kN	
R _{ck}	35 N/mm ²	K _p	3.00	N _{zattera}	17.6 kN	N	178.9	178.9	kN	
Q	0 kN/m ²	K _{a,mononobe}	0.08	N _{terreno}	102.0 kN	M _{ribaltanti}	-25.8	-79.0	kN m	
		K _{p,mononobe}	19.78	N _{terreno valle}	12 kN	M _{stabilizzanti}	278.2	343.0	kN m	
				N _Q	0 kN	M	-42.2	-53.9		

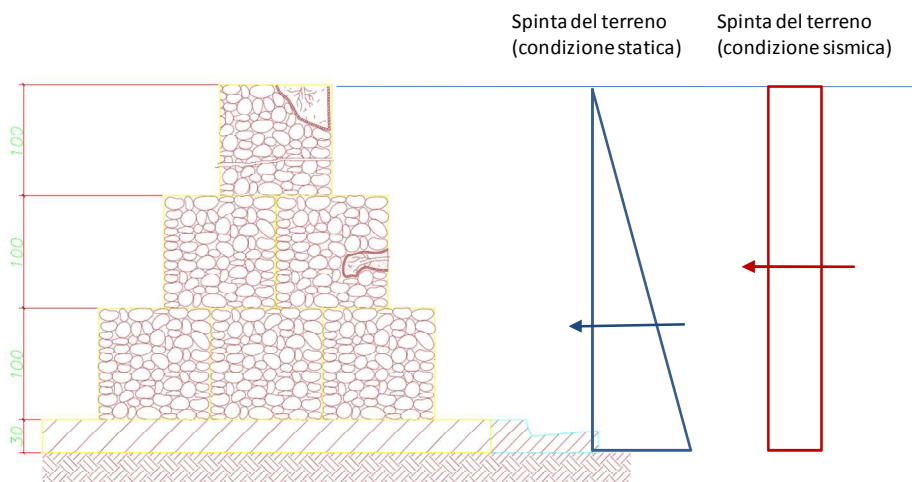
VERIFICA DI STABILITA'

Verifica di scorrimento		Verifica di ribaltamento		Verifica carico limite		Verifica	
Spinte	30.49 kN	M _{ribaltante}	79.0 kN m	Pressioni sul terreno		N	178.88 kN
Forze resistenti	543.9 kN	M _{stabilizzante}	343.0 kN m	L _{reagente}	2.35 m	Q _{lim}	2867.78 kN
				σ_{max}	110.50 kN/m ²	η	16.03
η	17.83	η	4.34	σ_{min}	41.74 kN/m ²	η_{lim}	3
η_{lim}	1.3	η_{lim}	1.5	N	178.88 kN	verifica	OK
verifica	OK	verifica	OK				

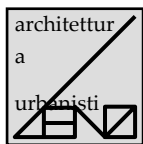
10.3 Muri in gabbioni

I muri in gabbioni metallici sono un particolare tipo di opera di sostegno realizzati mediante l'assemblaggio di elementi parallelepipedi riempiti con pietrame direttamente in cantiere.

La verifica della stabilità delle gabbionate è stata eseguita secondo la metodologia riportata nel paragrafo 9.3 per i muri di sostegno: verifica allo scorrimento, al ribaltamento ed alla capacità portante del terreno.



Schema adottato nella verifica di stabilità dei muri in gabbioni



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	10 SISTEMAZIONI ESTERNE

La verifica è riportata nella tabella seguente.

Verifica della stabilità di muri in gabbioni

CARATTERISTICHE MURO E CALCOLO SPINTE

Caratteristiche geometriche		Caratteristiche terreno		Spinte		Coefficienti dei carichi per la verifica del terreno			
H	3 m	γ	20 kN/m^3	H_{terreno}	36.3 kN	G	Q	E	
B	1 m	ϕ	30 °	$H_{\text{accidentale,Q}}$	11.0 kN				
L	3 m	c'	0	H_{passiva}	2.70 kN	Perm.	1	1	0
L_1	1 m	$K_{a,\text{mononobe}}$	0.41	E_{terreno}	47.24 kN	Sismica	1	0	0.1
L_2	1 m	$K_{p,\text{mononobe}}$	2.44	$E_{\text{muro,W}}$	16.67 kN				
h zattera	0.3 m	k_{th} (sisma)	0.1170	E_{passiva}	0.00 kN				
h_1	3 m	k_v (sisma)	0.0580		11				
h_2	0 m			<u>Sforzi normali</u>					
		φ (rad)	0.52	N_{muro}	142.5 kN	$H_{\text{resistente}}$	47.3	6.4	kN
		K_a	0.33			N	99.4	96.7	kN
Q	10 kN/m^2	K_p	3.00	N_{terreno}	15.0 kN	$M_{\text{ribaltanti}}$	167.5	157.5	kN
							-58.1	-9.2	kN m
				N_Q	10 kN	$M_{\text{stabilizzanti}}$	276.5	251.3	kN m
						M	32.8	-15.8	

VERIFICA DI STABILITA'

Verifica di scorrimento		Verifica di ribaltamento		Verifica carico limite		Verifica	
Spinte	47.30 kN	$M_{\text{ribaltante}}$	58.1 kN m	<u>Pressioni sul terreno</u>		N	167.50 kN
Forze resistenti	99.4 kN	$M_{\text{stabilizzante}}$	276.5 kN m	L_{reagente}	3.00 m	Q_{lim}	4189.13 kN
				σ_{max}	72.24 kN/m^2	N_c	37.162
η	2.10	η	4.76	σ_{min}	39.43 kN/m^2	N_q	22.456
η_{lim}	1.3	η_{lim}	1.5	N	167.50 kN	N_{γ}	27.084
verifica	OK	verifica	OK			q_{lim}	1396.4 kN/m^2
						η	25.01
						η_{lim}	3
						verifica	OK



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 03 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - STRUTTURE
incarico PROGETTO DEFINITIVO	APPENDICI

APPENDICE: LICENZA DEL PROGRAMMA DI CALCOLO

CONTRATTO DI LICENZA D'USO DI SOFTWARE

Tra la Brunetta e Brunetta Engineering Srl con sede in Pordenone, Vicolo Chiuso n. 4 (in seguito denominata "Concedente") e lo Studio SPERI Società di Ingegneria s.r.l. con sede in Roma, Lungotevere delle Navi n. 19 (in seguito denominato "Licenziatario")

premesse

- CHE il concedente è rappresentante autorizzato per l'Italia della Computers & Structures, Inc. (C.S.I.) di Berkeley (U.S.A.), giusta contratto in data 21.11.1989;
- CHE il licenziatario intende utilizzare i seguenti pacchetti software, in seguito denominati "programmi", della Computers & Structures, Inc:

-Programma Sap2000 Basic versione 10.

Ciò premesso, si conviene e si stipula quanto segue:

- 1) Oggetto del contratto.** Il Concedente si obbliga a concedere in licenza d'uso, non esclusiva, non trasferibile, al licenziatario i programmi descritti in premessa corredati dalla documentazione d'uso, nei termini ed alle condizioni che seguono.
- 2) Consegna.** Il software sarà consegnato su supporto magnetico all'indirizzo indicato dal licenziatario.
Il concedente non risponde di eventuali danni derivanti da ritardi causati da eventi non prevedibili, caso fortuito o forza maggiore.
- 3) Proprietà.** I programmi rimangono di esclusiva proprietà della C.S.I..
- 4) Garanzia.** In caso di vizi originari nel programma, il concedente si impegna ad adoperarsi presso la CSI per la loro correzioni. Nessuna responsabilità grava sul concedente per danni subiti dal licenziatario o da terzi in conseguenza dell'uso del software difettoso o del suo mancato uso.
- 5) Assistenza.** Il concedente si impegna ad assistere l'utente per un periodo di tre (3) mesi dalla consegna. Durante tale periodo il concedente assisterà telefonicamente e nei limiti della ragionevolezza il licenziatario nell'uso del programma e nella soluzione di problemi causati da suoi possibili difetti. Si adopererà inoltre nel fare da tramite per il servizio di assistenza offerto dalla CSI.
- 6) Altri contratti.** Per quanto riguarda i rapporti tra il licenziatario e la CSI si fa riferimento all'apposito contratto di licenza d'uso CSI.

Pordenone, lì 25.01.2007

IL CONCEDENTE

 Brunetta e Brunetta
Engineering Srl