



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



comune di  
**PRATO**

Codice Fiscale: 84006890481

*Progetto:*

**INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DI CAMPI ESISTENTI :**

**LOTTO I \_ CAMPO DA RUGBY " MONTANO "**  
LOTTO III \_ CAMPO DA CALCIO "RIBELLI"

LOTTO II \_ CAMPO DA CALCIO "MALISETI"  
LOTTO IV \_ CAMPO DA CALCIO " FANTACCINI "

**LOTTO I \_ REALIZZAZIONE MANTO IN ERBA SINTETICA CAMPO DA RUGBY " MONTANO "**

CUP: C37H21001490001

*Titolo:*

**RELAZIONE SPECIALISTICA SULLE STRUTTURE**

*Fase:*

**PROGETTO ESECUTIVO**

Servizio:	<b>Edilizia Scolastica e Sportiva</b>
Responsabile Unico del Procedimento:	<b>Arch. Laura Magni</b>
Dirigente del Servizio:	<b>Arch. Stefano Daddi</b>

*Progettisti:*

*Progetto Architettonico:*

Arch. Laura Benfante
Arch. Cecilia Arianna Gelli
Geom. Serena Orlandi

*Progetto Impianti:*

Azeta Progetti Studio Tecnico Associato
Ing. Rossano Nucci

*Coordinatore sicurezza in fase di progetto ed esecuzione:*

Azeta Progetti Studio Tecnico Associato
Geom. Luca Giorgi

*Progetto strutturale:*

Ing. Francesco Sanzo
----------------------

**REV.01**

Elaborato: I\_REL\_ST

Spazio riservato agli uffici:

**Data: Maggio 2023**

## SOMMARIO

<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>2</b>
<b>VASCA DI ACCUMOLO .....</b>	<b>2</b>
<b>Caratteristiche meccaniche dei materiali.....</b>	<b>2</b>
<b>VERIFICA AL SOLLEVAMENTO DELLA VASCA .....</b>	<b>3</b>
<b>VERIFICA PLATEA PANCHINA.....</b>	<b>4</b>
<b>Caratteristiche meccaniche dei materiali.....</b>	<b>4</b>
<b>Azioni di Progetto .....</b>	<b>4</b>
<b>Azione del vento .....</b>	<b>5</b>
<b>AZIONE DEL VENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>COEFFICIENTI AERODINAMICI.....</b>	<b>6</b>
<b>Modello di analisi.....</b>	<b>6</b>
<b>Dimensionamento platea .....</b>	<b>6</b>
Verifica di capacità portante .....	7
Verifica a ribaltamento.....	7
Verifica a scorrimento.....	7
<b>VERIFICA PLINTI PALO DA RUGBY .....</b>	<b>8</b>
<b>Caratteristiche meccaniche dei materiali.....</b>	<b>8</b>
<b>Azioni di Progetto .....</b>	<b>8</b>
<b>Azione del vento .....</b>	<b>8</b>
<b>AZIONE DEL VENTO.....</b>	<b>8</b>
<b>COEFFICIENTI AERODINAMICI.....</b>	<b>9</b>
<b>Modello di analisi.....</b>	<b>10</b>
<b>Caratteristiche Geologiche e Geotecniche.....</b>	<b>10</b>
<b>Dimensionamento plinto .....</b>	<b>11</b>
Verifica geotecnica .....	11
Verifica delle armature .....	12

## **PREMESSA**

La presente relazione di calcolo è relativa ai calcoli e alle verifiche strutturali di opere relative al campo da Rugby Montano.

In particolare si tratterà la verifica anti galleggiamento di una vasca per la raccolta e di accumolo delle acque. Si eseguirà la verifica nelle condizioni più sfavorevoli, ovvero a vasca completamente vuota e sotto il livello di falda.

Si inserirà anche la verifica della platea al fine di evitare il sollevamento della vasca nella condizione precedentemente descritta.

Successivamente verranno riportare le verifiche della platea per la panchina da calcio mt. 6 in acciaio con copertura in policarbonato trasparente.

Per le caratteristiche specifiche della panchina si rimanda alle schede tecniche.

Infine verranno riportate anche le verifiche per i plinti dei nuovi pali da rugby, per le caratteristiche meccaniche e geometriche di tali elementi si rimanda alle schede tecniche relative.

## **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

**Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G. U. n°321 del 21 dicembre 1971)

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

**Legge 2 Febbraio 1974 n. 64** (G.U. n°76 del 21 Marzo 1974)

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

**Decreto Ministero LL.PP. 17 Gennaio 2018** ( G.U. n°42 del 20 Febbraio 2018)

"Norme tecniche per le costruzioni"

**Circolare n°21 del 21 Gennaio 2019 Ministero dei LL.PP.** "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 Gennaio 2018"

## **VASCA DI ACCUMOLO**

### **Caratteristiche meccaniche dei materiali**

Calcestruzzo plinto C25/30

Calcestruzzo magrone C16/20

Acciaio da c.a. B450C

Copriferro  $c = 3$  cm

Classe di esposizione XC2

Classe di consistenza S4

Massimo rapporto  $a/c$  0,55

## VERIFICA AL SOLLEVAMENTO DELLA VASCA

La vasca interrata, sia piena che vuota, ha un peso specifico inferiore a quello del terreno escavato, pertanto le verifiche geotecniche risultano sicuramente soddisfatte.

La verifica significativa è quindi quella relativa al sollevamento della vasca in condizioni di falda al piano campagna.

Per tale condizione si fa riferimento al punto 6.2.3.2. "Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi idraulici" delle NTC2018.

Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto e delle azioni stabilizzanti e delle resistenze.

Si riporta quindi la spinta idrostatica della falda, supponendo che questa si trovi superficialmente e in corrispondenza dell'estradosso della copertura della vasca.

Si ottiene quindi:

### SPINTA IDROSTATICA

Pf	0.3 m
H	2.50 m
p	1000 kg/mc
ci	1.1
spinta totale acqua	13080 kg

Per quanto riguarda invece l'azione stabilizzante si considera, a favore di sicurezza, il peso della sola vasca vuota.

Poichè la sola vasca non è in grado di stabilizzare la spinta, si ritiene opportuno realizzare una platea di spessore 40 cm per zavorrare la vasca che verrà opportunamente collegata ad essa grazie agli ancoraggi predisposti come da scheda tecnica.

### VASCA ACCUMOLO

$\gamma$	2500 kg/m <sup>3</sup>
b	2.40 m
l	2.18 m

h 2.50 m  
V 13.08 m<sup>3</sup>  
sp. 0.12 m  
P<sub>Pareti</sub> 6870.0 kg  
b 2.40 m  
l 2.18 m  
sp. 0.20 m  
P<sub>Copertura</sub> 2616.0 kg

P<sub>tot</sub> 8000.0 kg

Platea

sp. 0.30 m

l 3.40 m

P<sub>platea</sub> 5559 kg

Terreno

$\gamma$  1800 kg/m<sup>3</sup>

b 0.3 m

h 2.50 m

P<sub>terreno</sub> 5886 kg

P<sub>tot</sub> 19445.0 kg

G<sub>ins</sub> 14388 kg < G<sub>stb</sub> 17500 kg

Si evince che la verifica è così soddisfatta.

## VERIFICA PLATEA PANCHINA

### Caratteristiche meccaniche dei materiali

Calcestruzzo plinto C25/30

Calcestruzzo magrone C16/20

Acciaio da c.a. B450C

Copriferro c= 3 cm

Classe di esposizione XC2

Classe di consistenza S4

Massimo rapporto a/c 0,55

### Azioni di Progetto

Verranno condotte solamente verifiche di tipo statico in quanto l'azione sismica non risulta dimensionante viste le esigue masse in gioco.

Il dimensionamento delle fondazioni della platea è stato condotto considerando che il sistema non si ribalti.

Per far questo come momento ribaltante per la verifica della fondazione è stato considerata l'azione del vento in testa alla panchina e, a favore di sicurezza, sarà considerata la condizione in cui non vi siano utenti seduti, ma il solo peso della fondazione.

### **Azione del vento**

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio, provocando, generalmente, effetti dinamici. Per il calcolo del vento si è fatto riferimento al punto 3.3.3 delle NTC2018 per la valutazione dell'azione del vento, mentre per i coefficienti aerodinamici, trattandosi di elementi a forma particolare, sono stati calcolati ai sensi delle CNR-DT 207-2008.

#### **AZIONE DEL VENTO**

Zona vento = 3

Velocità base della zona,  $V_{b.o} = 27 \text{ m/s}$  (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona,  $A_o = 500 \text{ m}$  (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito,  $A_s = 61 \text{ m}$

Velocità di riferimento,  $V_b = 27.00 \text{ m/s}$  ( $V_b = V_{b.o}$  per  $A_s \leq A_o$ )

Periodo di ritorno,  $T_r = 50$  anni

$C_r = 1$  per  $T_r = 50$  anni

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto,  $V_r = V_b C_r = 27.00 \text{ m/s}$

Classe di rugosità del terreno: B

[Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive]

Esposizione: Cat. IV - Entroterra fino a 500 m di altitudine

(  $K_r = 0.22$ ;  $Z_o = 0.30 \text{ m}$ ;  $Z_{min} = 8 \text{ m}$  )

Pressione cinetica di riferimento,  $q_b = 46 \text{ daN/m}^2$

Coefficiente dinamico,  $C_d = 1.00$

Coefficiente di esposizione,  $C_e = 1.63$

Coefficiente di esposizione topografica,  $C_t = 1.00$

Altezza dell'edificio,  $h = 2.2 \text{ m}$

Pressione del vento,  $p = q_b C_e C_d = \mathbf{74 \text{ daN/mq}}$

### COEFFICIENTI AERODINAMICI

Per il calcolo del coefficiente aerodinamico abbiamo considerato la panchina come il caso di un muro o parapetto. Si ottengono quindi i seguenti coefficienti moltiplicativi e la pressione finale del vento.

#### CALCOLO DEL VENTO

$v_m$	27	m/s
$h$	2.2	m
$l$	6	m
$L^2$	13.2	$\text{m}^2$
$l/h$	2.73	< 3
$q$	74	kg/mq
$C_{fA}$	2.3	
$C_{fB}$	1.4	
$C_c$	1.2	
$F_A$	247.13	kg
$F_B$	852.42	kg
$F_c$	859.58	kg

### Modello di analisi

L'analisi delle sollecitazioni è stata svolta usando un modello semplificato.

E' possibile omettere il fascicolo dei calcoli ai sensi dell'art.3 comma 4 del Regolamento 36/R e, quindi, un modello di calcolo agli elementi finiti proprio alla luce del semplice schema statico adottato.

### Dimensionamento platea

### Verifica di capacità portante

La verifica a capacità portante viene omessa in ragione di quanto indicato nel d.p.g.r 1/R 2022 art. 7.6 in quanto le pressioni sul terreno risultano pari a 0.625 kg/cm<sup>2</sup> e quindi inferiori a 0,4 kg/cm<sup>2</sup>

### Verifica a ribaltamento

Si riporta la verifica a ribaltamento della platea considerando, a favore di sicurezza, il solo peso della platea, ovvero trascurando il peso della panchina e considerando la condizione più sfavorevole a panchina vuota.

Dimensioni della Platea 6.3m x 1.3m x 0.25m

Peso specifico del CLS= 2500 kg/mc

Peso della platea  $P_{pl}$ = 5118.75 kg

Braccio della Forza  $B_{pl}$ = 0.65m

Momento stabilizzante  $M_s = P_{pl} \times B_{pl} = 3327.19 \text{kgm} = 33.27 \text{kNm}$

Momento ribaltante  $M_r = 18.91 \text{kNm}$

$M_s/M_r = 33.27/18.91 = 1.76 > 1.3$  coff. di sicurezza *Verifica Soddisfatta*

### Verifica a scorrimento

Si riporta anche la verifica a scorrimento con l'unica azione orizzontale presente, ovvero quella del vento.

$H_q$             859.58 kg

$E_d$             1117.46 kg

$R_d$             2063.54

$V_d$             5118.75 kg

$\alpha$             29 °

tan            0.44

$E_d$             859.58 kg            <            2063.541 kg             $R_d$

La verifica è anche in questo caso soddisfatta

# VERIFICA PLINTI PALO DA RUGBY

## Caratteristiche meccaniche dei materiali

Calcestruzzo plinto C25/30

Calcestruzzo magrone C16/20

Acciaio da c.a. B450C

Copriferro  $c = 3$  cm

Classe di esposizione XC2

Classe di consistenza S4

Massimo rapporto a/c 0,55

## Azioni di Progetto

Verranno condotte solamente verifiche di tipo statico in quanto l'azione sismica non risulta dimensionante viste le esigue masse in gioco.

Il dimensionamento delle fondazioni dei pali è stato condotto considerando che il sistema palo fondazione non si ribalti.

Per far questo come momento ribaltante per la verifica della fondazione è stato considerata l'azione del vento in testa al palo per il braccio del palo stesso.

## Azione del vento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio, provocando, generalmente, effetti dinamici. Per il calcolo del vento si è fatto riferimento al punto 3.3.3 delle NTC2018 per la valutazione dell'azione del vento, mentre per i coefficienti aerodinamici, trattandosi di elementi a forma particolare, sono stati calcolati ai sensi delle CNR-DT 207-2008.

### AZIONE DEL VENTO

Zona vento = 3

Velocità base della zona,  $V_{b.o} = 27$  m/s (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona,  $A_o = 500$  m (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito,  $A_s = 61$  m

Velocità di riferimento,  $V_b = 27.00$  m/s ( $V_b = V_{b.o}$  per  $A_s \leq A_o$ )

Periodo di ritorno,  $T_r = 50$  anni

Cr = 1 per Tr = 50 anni

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto, Vr = Vb Cr = 27.00 m/s

Classe di rugosità del terreno: B

[Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive]

Esposizione: Cat. IV - Entroterra fino a 500 m di altitudine

( Kr = 0.22; Zo = 0.30 m; Zmin = 8 m )

Pressione cinetica di riferimento, qb = 46 daN/mq

Coefficiente dinamico, Cd = 1.00

Coefficiente di esposizione, Ce = 1.85

Coefficiente di esposizione topografica, Ct = 1.00

Altezza dell'edificio, h = 11.00 m

Pressione del vento, p = qb Ce Cd = **84 daN/mq**

#### COEFFICIENTI AERODINAMICI

Il coefficiente di pressione cp dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Insieme al coefficiente di attrito, che dipende dalla scabrezza della superficie, si ottiene il coefficiente aerodinamico.

Si fa riferimento al punto G.10.6 delle CNR-DT 207-2008.

Tralasciando gli effetti di bordo tale forza è quantificata mediante un coefficiente di forza.

Posto il numero di Reynolds pari a

$$Re(z) = \frac{l \cdot v_m(z)}{v}$$

Si ottiene quindi

#### CALCOLO DEL VENTO

Vm                      27 m/s

h                         11 m

d                         120 mm

v                         1.50E-05 m<sup>2</sup>/s

Re                        8.80E+07

k	0.02	coefficiente di scabrezza
b	120	diametro della sezione
k/b	1.67E-04	mm
C <sub>f</sub>	0.8	

Per una pressione del vento,  $p = qb C_e C_p C_d = 67,2 \text{ daN/mq}$

### Modello di analisi

L'analisi delle sollecitazioni è stata svolta usando un modello semplificato di mensola semplicemente incastrata alla base dove è stata applicata la massima forza del vento in testa. Le formule per la valutazione degli enti sollecitanti e resistenti sono quelle in accordo alla scienza e alla tecnica delle costruzioni.

E' possibile omettere il fascicolo dei calcoli ai sensi dell'art.3 comma 4 del Regolamento 36/R e, quindi, un modello di calcolo agli elementi finiti proprio alla luce del semplice schema statico adottato.

### Caratteristiche Geologiche e Geotecniche

Per quanto riguarda le caratteristiche geologiche del terreno si rimanda alla relazione geologica allegata.

Si adotterà una quota di imposta di 1,50 m.

Nonostante il plinto non lavori a compressione, ma a flessione e, pertanto, la portanza del terreno deve essere tale per sopportare solamente il peso stesso del plinto, si riporta comunque il calcolo della portanza del terreno valutata tenendo conto di tre diversi contributi: coesione, quello legato al peso del terreno ai lati della fondazione e quello dell'attrito secondo la teoria di Brinch - Hansen:

$$Q_{lim} = A_q \cdot N_q \cdot \gamma_1 \cdot D + A_c \cdot N_c \cdot c + A_\gamma \cdot N_\gamma \cdot \gamma_2 \cdot \frac{B}{2}$$

#### CALCOLO PORTANZA DEL TERRENO

Peso palo 2799.16 N

Peso plinto 50446.50 N

b 1.3 m fi 29 °

a	1.3 m	h	1.7 m
A	1.69 mq		
$\sigma_{Ed}$	45054.02 N/mq		
$q_{Rd}$	1720.17 kN/mq		
$s_c$	1.47		
c	8 kPa		
$N_c$	47		
$s_q$	1.55		
q	29.85		
$N_q$	22		
s	0.6		
g	19.9 kN/mc		
$N_g$	19		
$\sigma_{Ed}$	0.45 N/mmq	<	0.81 N/mmq

Si osserva che la verifica è soddisfatta.

Per quanto riguarda la verifica di slittamento è possibile ometterla in quanto non sono presenti azioni orizzontali maggiori di quella della spinta passiva.

## Dimensionamento plinto

### Verifica geotecnica

Per la verifica dei plinti si è svolta la sola verifica a ribaltamento in quanto non sussistono le condizioni per lo slittamento in quanto interrato.

Dimensioni del Plinto 1.3m x 1.3m x1.5m

Peso specifico del CLS= 2500 kg/mc

Peso del plinto  $P_{pli}$ = 6337.50 kg

Braccio della Forza  $B_{pli}$ = 0.65m

Peso del palo  $P_p = 279.92 \text{ kg}$

Braccio della Forza  $B_p = 0.65 \text{ m}$

Momento stabilizzante  $M_s = P_{pli} \times B_{pli} + P_p \times B_p = 4301.32 \text{ kgm} = 43.01 \text{ kNm}$

Momento ribaltante  $M_r = 25.28 \text{ kNm}$

$M_s/M_r = 43.01/25.28 = 1.70 > 1.3$  coeff. di sicurezza *Verifica Soddisfatta*

### Verifica delle armature

Per quanto riguarda la verifica delle armature, esse svolgono solamente una funzione di confinamento e contro il ritiro durante la fase di getto, in quanto, come abbiamo detto, il plinto lavora solo come stabilizzazione del palo contro il ribaltamento.

Si dimostra che l'armatura inserita è sufficiente per lo sforzo flessionale presente, essendo il momento sollecitante pari a  $37.92 \text{ kNm}$ .

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. It includes a menu bar (File, Materiali, Opzioni, Visualizza, Progetto Sez. Rett., Sismica, Normativa: NTC 2018), a toolbar, and a main workspace. The workspace is divided into several panels:

- Titolo:** A text input field.
- N° strati barre:** A dropdown menu set to '2' and a 'Zoom' button.
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	130	150
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6.79	3
2	6.79	147
- Sollecitazioni:** A section with 'S.L.U.' and 'Metodo n' tabs, and input fields for  $N_{Ed}$ ,  $M_{xEd}$ ,  $M_{yEd}$ , and their respective design values in kN and kNm.
- P.to applicazione N:** Radio buttons for 'Centro', 'Baricentro cls', and 'Coord.[cm]', with input fields for  $xN$  and  $yN$ .
- Tipo rottura:** A dropdown menu set to 'Lato acciaio - Acciaio snervato'.
- Materiali:** A section with tabs for 'B450C' and 'C25/30', and various material property input fields like  $\epsilon_{su}$ ,  $f_{yd}$ ,  $E_s$ ,  $\epsilon_{s/E_c}$ ,  $\epsilon_{syd}$ ,  $\sigma_{s,adm}$ ,  $\epsilon_{c2}$ ,  $\epsilon_{cu}$ ,  $f_{cd}$ ,  $f_{cc}/f_{cd}$ ,  $\sigma_{c,adm}$ ,  $\tau_{co}$ , and  $\tau_{c1}$ .
- Calcoli:** A section showing  $M_{xRd} = 387.7 \text{ kNm}$ ,  $\sigma_c = -12.58 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_s = 391.3 \text{ N/mm}^2$ ,  $\epsilon_c = 1.33 \text{ ‰}$ ,  $\epsilon_s = 67.5 \text{ ‰}$ ,  $d = 147 \text{ cm}$ ,  $x = 2.841$ ,  $x/d = 0.01933$ , and  $\delta = 0.7$ .
- Tipo Sezione:** Radio buttons for 'Rettan.re', 'Trapezi', 'a T', 'Circolare', 'Rettangoli', 'Coord.', and 'DXF'.
- Metodo di calcolo:** Radio buttons for 'S.L.U.+', 'S.L.U.-', and 'Metodo n'.
- Tipo flessione:** Radio buttons for 'Retta' and 'Deviata'.
- Buttons:** 'Calcola MRd', 'Dominio M-N', 'L<sub>0</sub> [cm]', 'Col. modello', 'M-curvatura', and 'Precompresso'.

Prato 09/05/2023

Il tecnico incaricato

Ing. Francesco Sanzo

Firmato da:

**Francesco Sanzo**

codice fiscale SNZFNC78B25D612J

num.serie: 2719083020112253494

emesso da: ArubaPEC EU Qualified Certificates CA G1

valido dal 11/02/2022 al 08/11/2024