

REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI FERMO
COMUNE DI FERMO

IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA PRODUZIONE DI BIOMETANO

CIG: 9880245C18 – CUP: F62F18000070004

PROGETTO ESECUTIVO

NOME ELABORATO

CLASSE **10.3**

RELAZIONE DI CALCOLO PAVIMENTO INDUSTRIALE

STRUTTURE
ELABORATI GENERALI

N. TAVOLA

10.3.4

FORMATO

A4

SCALA

/

CODIFICA
ELABORATO

23008-OW-C-101-RS-106-MA1-0

00	15/01/2025	RISCONTRO RAPP. VER. INT. REV.2 - BIS	A.LABBATE	C. BUTTICE'	R. MARTELLO
REV	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

Committente	Progettista indicato	Mandataria
 <p>CITTA' DI FERMO Settore IV e V Lavori Pubblici, Protezione Civile, Ambiente, Urbanistica, Patrimonio, Contratti e Appalti Via Mazzini 4 63900 – Fermo (FM) DOTT. Mauro Fortuna RUP</p>	 <p>OWAC ENGINEERING COMPANY</p> <p>Via Resuttana 360 90142 -PALERMO</p> <p>OWAC Engineering Company S.R.L. ING. Rocco Martello Direttore Tecnico</p>	 <p>Via del Cardoncello 22 70022 – Altamura (BA)</p> <p>EDILALTA S.R.L. DOTT. Angelantonio Disabato Socio</p> <p>Mandante</p>  <p>Fueling a Sustainable World™</p> <p>Via Bassa di Casalmoro 3 46041 – Asola (MN)</p> <p>ANAERGIA S.R.L. DOTT. Andrea Parisi Institore</p>



00	A.LABBATE	15/01/2025	C.BUTTICE'	15/01/2025	R.MARTELLO	15/01/2025
REV	ESEGUITO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA



Città di Fermo

Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA “IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO”

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2.1	NORMATIVE VIGENTI.....	6
2.2	ALTRA DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	6
3	MATERIALI STRUTTURALI.....	7
3.1	PAVIMENTAZIONI IN C.A.	7
3.1.1	<i>Calcestruzzo</i>	7
3.1.2	<i>Acciaio per C.A.</i>	7
4	CRITERI DI CALCOLO	1
5	GIUNTI.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
6	PIANO DI POSA.....	2
7	CARICHI DI PROGETTO.....	3
8	CALCOLO E VERIFICA DEL PAVIMENTO.....	5

MANDATARIA



MANDANTE



PROGETTISTA INDICATO



**RELAZIONE DI CALCOLO
PAVIMENTO INDUSTRIALE**

REV. 00

Pag. 3 di 13



1 INTRODUZIONE

Il presente elaborato si pone l’obiettivo di progettare una pavimentazione industriale in calcestruzzo da realizzarsi nell’area industriale del comune di Fermo all’interno dei capannoni (2.1 - 2.2 - 2.3 – 5.1) , nell’area a disposizione (5.2) e sotto la tettoia dell’impianto di depurazione (8.1)

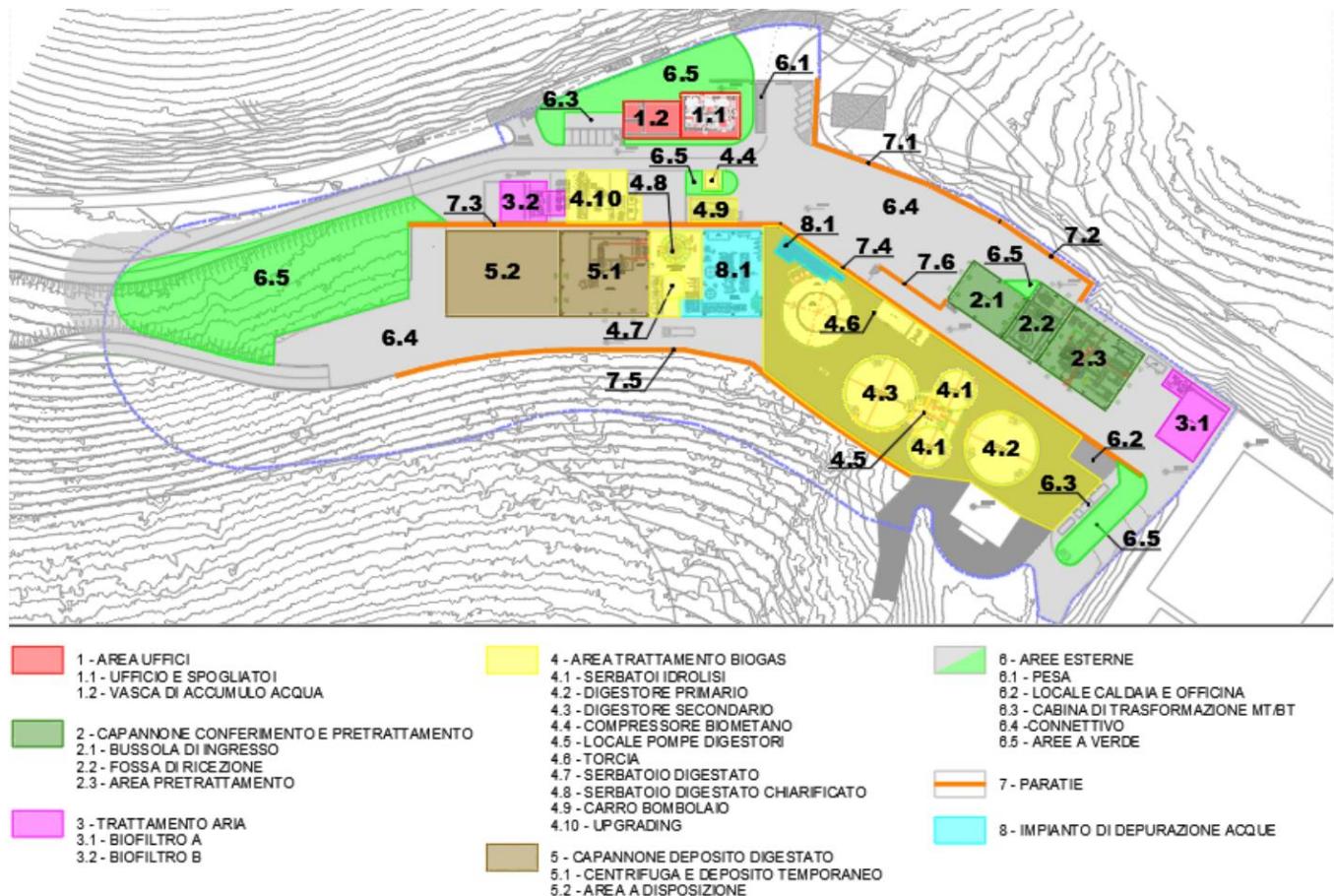


Figure 1 - Planimetria intera area

Il pavimento industriale sarà costituito da una lastra in CLS armato di spessore 20 cm gettato su un sottofondo predisposto con misto di cava ben costipato.

Trattandosi di strutture poste all’interno di edifici e considerata la presenza della stesura di uno strato protettivo di usura, per la pavimentazione si considera la classe di esposizione XC2, di conseguenza la classe di resistenza adottata è la C 25/30.

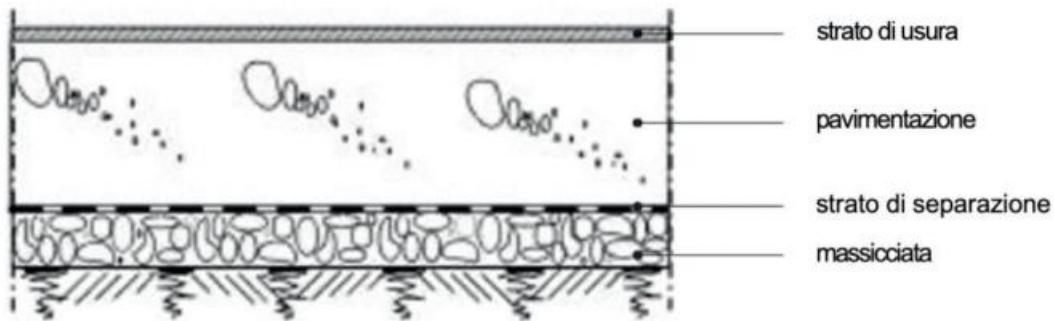


Figura 2 - Schema tipo di pavimentazione poggiante su massicciata e terreno

È prevista la presenza di giunti:

- Giunti di contrazione realizzati con il taglio parziale della lastra lasciando integra l'armatura



2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normative vigenti

La norma tecnica di riferimento è la seguente:

TITOLO	Doc. N.	Rev.
Norme tecniche per le costruzioni” (NTC) (G.U. n. 42 del 20.02.2018)	DM 17/01/18	17/01/2018
Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018	CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP	21/02/2019
"Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità"	UNI 206-1	2015
"Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della UNI 206-1"	UNI 11104	2016
"Pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale - Criteri per la progettazione, la costruzione ed il collaudo"	UNI 11146	14/09/2005
"Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Pavimentazioni di Calcestruzzo"	CNR-DT 211/2014	2024

Qualora si ritenga necessario, limitatamente a verifiche particolari, si può ricorrere all'utilizzo di Norme di comprovata validità quali ad esempio gli Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN, nella forma internazionale EN.

2.2 Altra documentazione di riferimento

Oltra alla Normativa Vigente, costituiscono riferimento ufficiale gli elaborati grafici del Progetto Esecutivo.



3 MATERIALI STRUTTURALI

3.1 Pavimentazioni in c.a.

3.1.1 Calcestruzzo

Classe di resistenza: C25/30 classe di esposizione XC2, in accordo alla norma UNI EN 206- 1:2006; UNI11104:2004.

3.1.2 Acciaio per C.A.

Classe di resistenza: B 450 C.



Città di Fermo

Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO

DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA

PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F180000070004

4 CRITERI DI CALCOLO

Il calcolo strutturale fa riferimento alla teoria di Westergaard elaborata per le pavimentazioni rigide, o piastre sottili appoggiate su un sottofondo elastico omogeneo, isotropo e semidefinito (sottofondo alla Winkler).

Il criterio si basa sul calcolo delle tensioni teoriche in una piastra poggiante su suolo elastico. Il valore delle tensioni che agiscono nel pavimento, dipende dal coefficiente di reazione della massicciata, dal modulo di elasticità del calcestruzzo e dallo spessore della piastra.



$\sigma_{c,inf} \leq$ massima resistenza a trazione del calcestruzzo

CLASSE DEL CALCESTRUZZO	C25/30
f_{ck}	25 MPa
R_{ck}	30 MPa
$f_{cm}=f_{ck}+8$	33 MPa
$E=22000*(f_{cm}/10)^{0.3}$	31476 MPa

Dove:

f_{ck}	resistenza cilindrica cls
R_{ck}	resistenza cubica cls
$f_{cm}=f_{ck}+8$	resistenza cilindrica media cls
$E=22000*(f_{cm}/10)^{0.3}$	modulo elastico

MANDATORIA



MANDANTE



PROGETTISTA INDICATO



RELAZIONE DI CALCOLO
PAVIMENTO INDUSTRIALE

REV. 00

Pag. 1 di 13



Città di Fermo

Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione Civile, Ambiente, Urbanistica, Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA “IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO

DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA

PRODUZIONE DI BIOMETANO”

CIG: 9880245C18 CUP: F62F180000070004

5 PIANO DI POSA

Il modulo del piano di posa è stato assunto pari a $k = 0.10 \text{ N/mm}^3$ (10 kg/cm^3).

Tale assunto si ritiene a favore di sicurezza dati i valori medi riportati nella seguente tabella:

Tipo di terreno	K (N/mm ³)
Argilla o limo (umido)	0,03 ÷ 0,06
Argilla o limo (secco)	0,08 ÷ 0,10
Argilla con sabbia	0,08 ÷ 0,10
Sabbia fine o poco costipata	0,015 ÷ 0,03
Sabbia ben costipata	0,05 ÷ 0,10
Sabbia molto ben costipata	0,10 ÷ 0,15
Pietrisco con sabbia	0,10 ÷ 0,15
Pietrisco	0,20 ÷ 0,25
Pietrisco moto ben compattato	0,20 ÷ 0,30

MANDATARIA



MANDANTE



PROGETTISTA INDICATO



**RELAZIONE DI CALCOLO
PAVIMENTO INDUSTRIALE**

REV. 00

Pag. 2 di 13



Città di Fermo

Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA “IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO

DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA

PRODUZIONE DI BIOMETANO”

CIG: 9880245C18 CUP: F62F180000070004

6 CARICHI DI PROGETTO

Si considerano i carichi indicati nelle NTC 2018 al punto 3.1.4 Tabella 3.1.II – *Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d’uso delle costruzioni*, che per la categoria G - *Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN)*, quali *rampe d’accesso, zone di carico e scarico merci*, prevede la presenza di N.2 carichi concentrati pari a $Q_k = 2 \times 50,00 \text{ kN}$. Il carico uniformemente distribuito previsto nella stessa tabella non viene preso in considerazione in quanto, trattandosi di piastra su suolo elastico alla Winkler, non determina sollecitazioni.

Per le costruzioni di categoria G, i carichi si applicano su due impronte di $20 \times 20 \text{ cm}$, distanti assialmente 180 cm .

Considerata la diffusione dei carichi, essendo lo spessore della piastra pari a 20 cm , nella modellazione il carico, viene applicato su un’impronta quadrata avente lato pari a $20+20/2=30\text{cm}$.

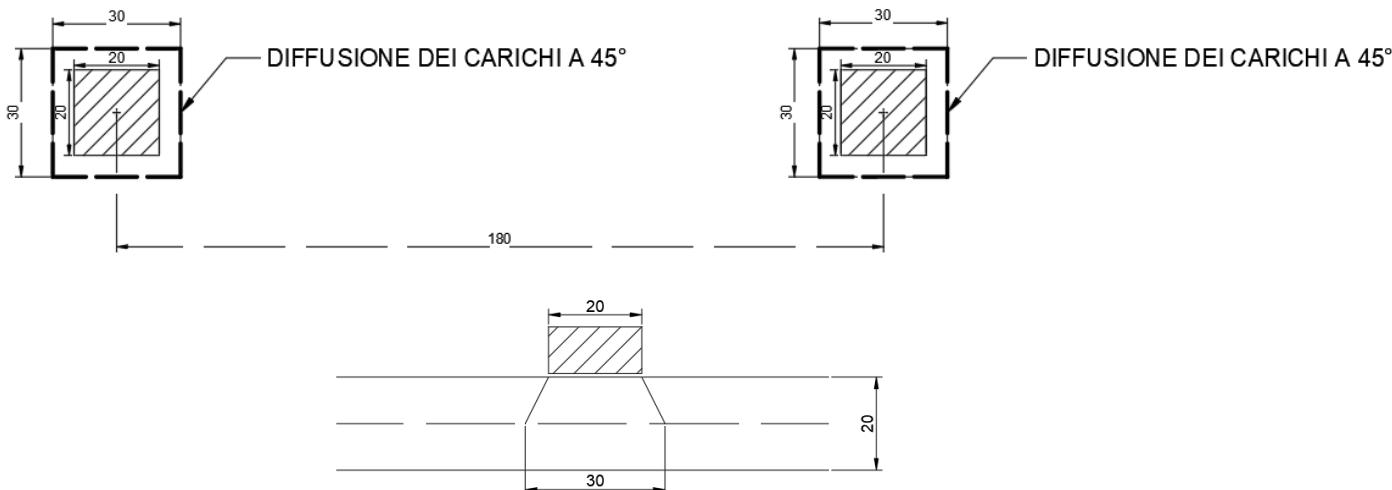


Figura 3 – *Carichi mobili - Schema di carico secondo NTC 2018 Punto 3.1.4*

MANDATARIA



MANDANTE



PROGETTISTA INDICATO



**RELAZIONE DI CALCOLO
PAVIMENTO INDUSTRIALE**

REV. 00

Pag. 3 di 13

**Città di Fermo****Settore IV e V**

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
B	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
	Uffici			
B	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
C	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		$\geq 4,00$	$\geq 4,00$	$\geq 2,00$

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
D	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	$\geq 6,00$	7,00	1,00*
F-G	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
F-G	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	$2 \times 10,00$	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	5,00	$2 \times 50,00$	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
H-I-K	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

Figura 4 - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni (Tab. 3.1.II NTC 2018)

MANDATORIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO



RELAZIONE DI CALCOLO PAVIMENTO INDUSTRIALE

REV. 00

Pag. 4 di 13

**Città di Fermo****Settore IV e V**Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e AppaltiPROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"**CIG: 9880245C18 CUP: F62F180000070004**

7 CALCOLO E VERIFICA DEL PAVIMENTO

Per il calcolo delle sollecitazioni agenti sulla pavimentazione, oltre a quanto indicato sopra per il CLS, si assume quanto segue:

Carichi concentrati P1 e P2:

$$P_{1,2} = 5.000 \text{ daN}$$

Spessore pavimentazione:

$$h = 20 \text{ cm}$$

Dimensioni impronta quadrata:

$$a' = b' = 30 \text{ cm}$$

Distanza tra le due aree di applicazione del carico:

$$d = 180 \text{ cm}$$

Raggio impronta circolare:

$$a = 16.93 \text{ cm}$$

Modulo di reazione del terreno

$$k = 10 \text{ daN/cm}^3$$

Per la determinazione dell'impronta fittizia si assume secondo Westergard:

$$b = a \quad \text{quando} \quad a \geq 1,72 \text{ h}$$

$$b = \sqrt{1,6 a^2 + h^2} - 0,675 h \quad \text{quando} \quad a < 1,72 \text{ h}$$

Risultando $a < 1,72 \text{ h}$ si ha quindi:

Impronta fittizia: $b = 15.80 \text{ cm}$

Il valore massimo della tensione di trazione, secondo Westergard può essere calcolato con la seguente formula:

$$\sigma_t = \frac{0,316 P}{h^2} \times \left[4 \log_{10} \frac{l}{b} + 1,069 \right]$$

In cui il raggio di rigidezza relativa è calcolato con la seguente espressione:

$$l = \left[\frac{E h^3}{12(1-\nu^2)k} \right]^{0,25}$$

Risulta: $\sigma_{t1} = 12.42 \text{ daN/cm}^2$

Considerando anche il contributo dei rimanenti carichi si ottiene per la tensione

$$\sigma_t = 12.84 \text{ daN/cm}^2$$

Il momento flettente, agente su una striscia di 100 cm, che si destà in corrispondenza del punto di applicazione del carico, considerando una distribuzione lineare sulla sezione piana risulta pari a:

$$M = \sigma_t * 100 * h^2 / 6 = 85587 \text{ daNcm/m}$$

L'armatura minima, posta a 4.0 cm dall'intradosso, risulta pari a $A_{fmin} = 2.29 \text{ cm}^2/\text{m}$

Si dispone una rete eletrosaldata $\phi 8/20/20$ la cui sezione è $A_f = 2.51 \text{ cm}^2/\text{m} > A_{fmin}$

MANDATORIA



MANDANTE



PROGETTISTA INDICATO


**RELAZIONE DI CALCOLO
PAVIMENTO INDUSTRIALE**

REV. 00

Pag. 5 di 13



Città di Fermo

Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F180000070004

PARTICOLARE PAVIMENTAZIONE INDUSTRIALE SCALA 1:10

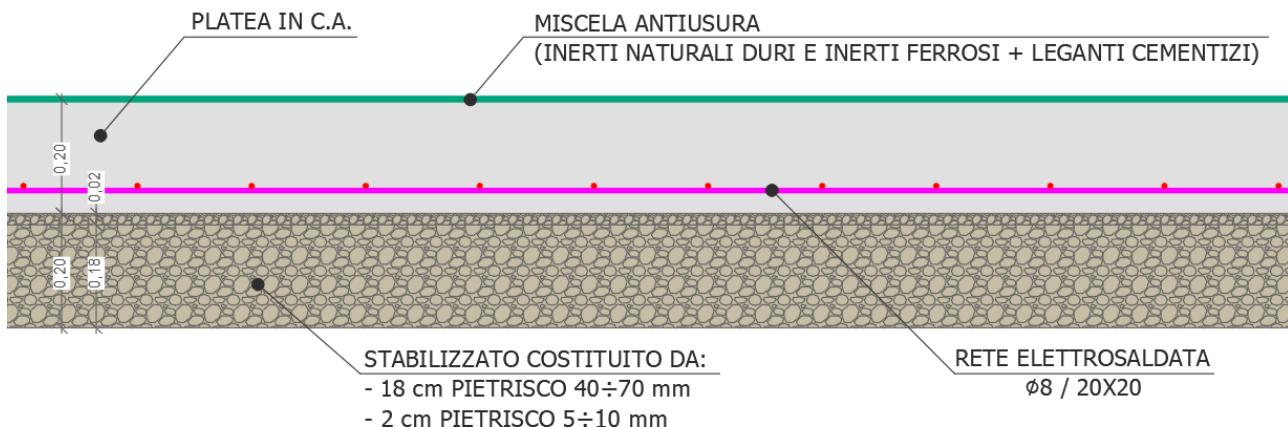


Figure 5- Particolare pavimentazione industriale

MANDATARIA



MANDANTE



PROGETTISTA INDICATO



RELAZIONE DI CALCOLO
PAVIMENTO INDUSTRIALE

REV. 00

Pag. 6 di 13