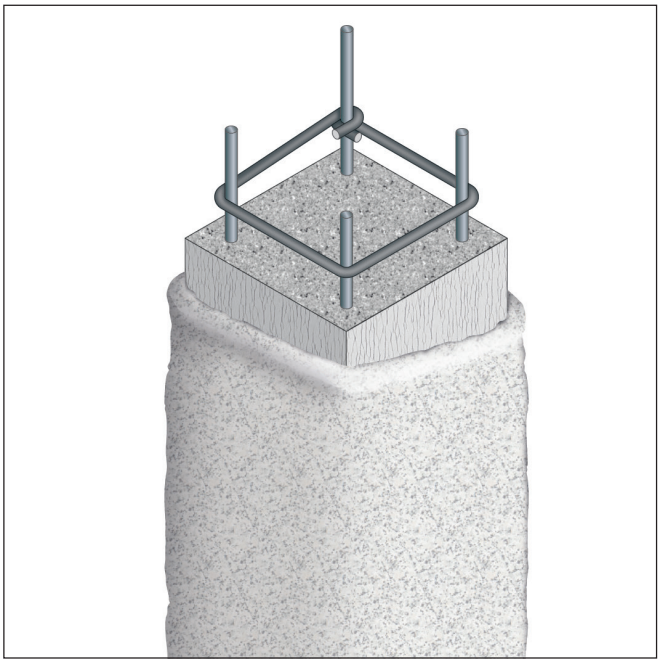
PILASTRI IN C.A.



REAZIONE AL FUOCO: A1

RESISTENZA AL FUOCO: R30-240

- **Supporto:** pilastri in cemento armato
- **Rivestimento protettivo:** INTONACO F62 SUPER SPRAY (vedi tabelle)
- **Applicazione:** con intonacatrice meccanica
- **Finitura:** può essere verniciato con pitture di tipo acrilico o vinilico (non necessario ai fini antincendio)

Rapporto di Classificazione: ETA 21/0693
Norma di prova: EN 13381-3 – EN 1992-1-2

DESCRIZIONE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di protezione di pilastri in cemento armato con resistenza al fuoco R 30/60/90/120/180/240 in classe di reazione al fuoco A1 realizzata con intonaco leggero F62 SUPER SPRAY premiscelato a base di gesso, vermiculite e leganti speciali con densità in polvere di 350 kg/m^3 con applicazione a spruzzo. L'intonaco è privo di fibre.

Lo spessore della protezione sarà determinato in funzione del copriferro esistente e dello spessore equivalente determinato in base a prove sperimentali condotte ai sensi della norma EN 13381-3 in conformità al rapporto di Classificazione: ETA 21/0693.
Per le modalità di applicazione si veda apposito "manuale di posa".

ALTEZZE MINORI DI 3 METRI – μfi = 0,7

Spessore (in millimetri) di protezione con
INTONACO F62 SUPER SPRAY in funzione della resistenza al fuoco richiesta in conformità alla tabella 5.2a della norma EN 1992-1-2,
- considerando un fattore di utilizzazione μfi= 0,7,
- esposizione su 4 lati con copriferro esistente = vedi tabelle

⋆ - *consultare l'Ufficio Tecnico*

DIMENSIONI MINIME DEL PILASTRO (mm)	COPRIFERRO = 0 cm ALTEZZE MINORI di 3 m					
	R30	R60	R90	R120	R180	R240
200 x 200	11	11	19	19	⋆	⋆
250 x 250	11	11	11	12	⋆	⋆
300 x 300	11	11	11	11	20	⋆
350 x 350	11	11	11	11	16	⋆

DIMENSIONI MINIME DEL PILASTRO (mm)	COPRIFERRO = 1 cm ALTEZZE MINORI di 3 m					
	R30	R60	R90	R120	R180	R240
200 x 200	11	11	19	19	⋆	⋆
250 x 250	11	11	11	12	⋆	⋆
300 x 300	11	11	11	11	20	⋆
350 x 350	11	11	11	11	14	⋆

DIMENSIONI MINIME DEL PILASTRO (mm)	COPRIFERRO = 2 cm ALTEZZE MINORI di 3 m					
	R30	R60	R90	R120	R180	R240
200 x 200	11	11	19	19	⋆	⋆
250 x 250	11	11	11	12	⋆	⋆
300 x 300	11	11	11	11	20	⋆
350 x 350	11	11	11	11	14	⋆

GLOBAL BUILDING S.r.l. · Socio Unico
Via L. Galvani, 2 · 31027 Spresiano (TV)
P.IVA 03505060263 · T +39 0422 892728
info@globalbuilding.it · www.globalbuilding.it

ALTEZZE MAGGIORI DI 3 METRI – n. = 0,5

Spessore (in millimetri) di protezione con
INTONACO F62 SUPER SPRAY in funzione della resistenza al fuoco richiesta in conformità alla tabella 5.2b della norma EN 1992-1-2,
- considerando un fattore di utilizzazione n.= 0,5
- snellezza < 30
- rapporto meccanico di armatura ω = 0,5
- esposizione su 4 lati con copriferro esistente = vedi tabelle

⋆ - *consultare l'Ufficio Tecnico*

DIMENSIONI MINIME DEL PILASTRO (mm)	COPRIFERRO = 0 cm ALTEZZE MAGGIORI di 3 m					
	R30	R60	R90	R120	R180	R240
200 x 200	11	11	11	⋆	⋆	⋆
250 x 250	11	11	11	26	⋆	⋆
300 x 300	11	11	11	19	⋆	⋆
350 x 350	11	11	11	12	20	⋆
400 x 400	11	11	11	11	13	⋆
500 x 500	11	11	11	11	13	17
600 x 600	11	11	11	11	13	13

DIMENSIONI MINIME DEL PILASTRO (mm)	COPRIFERRO = 1 cm ALTEZZE MAGGIORI di 3 m					
	R30	R60	R90	R120	R180	R240
200 x 200	11	11	11	⋆	⋆	⋆
250 x 250	11	11	11	26	⋆	⋆
300 x 300	11	11	11	19	⋆	⋆
350 x 350	11	11	11	12	20	⋆
400 x 400	11	11	11	11	13	⋆
500 x 500	11	11	11	11	11	15
600 x 600	11	11	11	11	11	15

DIMENSIONI MINIME DEL PILASTRO (mm)	COPRIFERRO = 2cm ALTEZZE MAGGIORI di 3 m					
	R30	R60	R90	R120	R180	R240
200 x 200	11	11	11	⋆	⋆	⋆
250 x 250	11	11	11	26	⋆	⋆
300 x 300	11	11	11	19	⋆	⋆
350 x 350	11	11	11	12	20	⋆
400 x 400	11	11	11	11	13	⋆
500 x 500	11	11	11	11	11	15
600 x 600	11	11	11	11	11	12

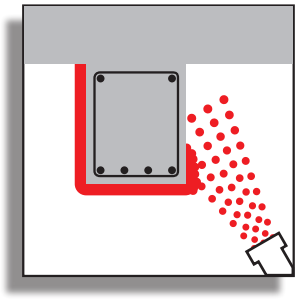
ALTEZZE MAGGIORI DI 3 METRI – n. = 0,15

Spessore (in millimetri) di protezione con
INTONACO F62 SUPER SPRAY in funzione della resistenza al fuoco richiesta in conformità alla tabella 5.2b della norma EN 1992-1-2,
- considerando un fattore di utilizzazione n.= 0,15
- snellezza < 30
- rapporto meccanico di armatura ω = 0,5
- esposizione su 4 lati con copriferro esistente = vedi tabelle

⋆ - *consultare l'Ufficio Tecnico*

DIMENSIONI MINIME DEL PILASTRO (mm)	COPRIFERRO = 0 cm ALTEZZE MAGGIORI di 3 m					
	R30	R60	R90	R120	R180	R240
200 x 200	11	11	11	11	14	⋆
250 x 250	11	11	11	11	11	⋆
300 x 300	11	11	11	11	11	22
350 x 350	11	11	11	11	11	15
400 x 400	11	11	11	11	11	11
500 x 500	11	11	11	11	11	11
600 x 600	11	11	11	11	11	11

DIMENSIONI MINIME DEL PILASTRO (mm)	COPRIFERRO = 1 cm ALTEZZE MAGGIORI di 3 m					
	R30	R60	R90	R120	R180	R240
200 x 200	11	11	11	11	14	⋆
250 x 250	11	11	11	11	11	⋆
300 x 300	11	11	11	11	11	22
350 x 350	11	11	11	11	11	15
400 x 400	11	11	11	11	11	11
500 x 500	11	11	11	11	11	11
600 x 600	11	11	11	11	11	11



PROTEZIONE ANTINCENDIO DI STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO



COMPORTAMENTO DEL CEMENTO ARMATO AL FUOCO

Il calcestruzzo possiede un buon comportamento in caso di incendio; la presenza di acqua e la bassa conducibilità termica rallentano il riscaldamento delle sezioni. Queste ultime, inoltre, presentano spessori elevati, quindi il riscaldamento complessivo risulta ridotto anche per esposizioni al fuoco di lunga durata. Nonostante ciò anche per le strutture in cemento armato sono necessarie verifiche puntuali di resistenza al fuoco che tengano conto del riscaldamento e del comportamento delle barre di armatura.
I meccanismi di collasso possono essere diversi: cedimento per flessione, per taglio, cedimento degli appoggi, ecc. Nella maggior parte dei casi la perdita della capacità portante è imputabile alla perdita di resistenza dell'acciaio d'armatura, soprattutto quando, in fase di progetto, non si sia tenuto conto esplicitamente dell'azione del fuoco e non si siano opportunamente sovradimensionati i copriferri.
Il cedimento per crisi del calcestruzzo è più raro, in quanto generalmente gli spessori sono sufficientemente elevati da consentire agli strati più interni della sezione resistente un riscaldamento più graduale, facendo sì che la perdita di resistenza a compressione avvenga in tempi posticipati rispetto al cedimento delle armature.
Ne risulta come siano maggiormente vulnerabili gli elementi con solo armatura superficiale o quelli molto snelli, che meno possono beneficiare della ridotta conduttività termica del calcestruzzo.

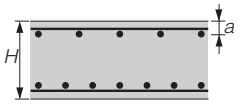
GLOBAL BUILDING S.r.l. · Socio Unico
Via L. Galvani, 2 · 31027 Spresiano (TV)
P.IVA 03505060263 · T +39 0422 892728
info@globalbuilding.it · www.globalbuilding.it

METODI PER LA DETERMINAZIONE DELLE CLASSI DI RESISTENZA AL FUOCO "R"

Dal punto di vista normativo, il D.M. 16/02/2007 specifica che la resistenza al fuoco di una struttura portante in calcestruzzo può essere valutata in base al risultato di:
- confronti con tabelle
- calcoli

CLASSIFICAZIONE IN BASE AL CONFRONTO CON TABELLE:
Il D.M. 16 febbraio 2007 fornisce tabelle che possono essere utilizzate per la verifica della resistenza al fuoco delle strutture di calcestruzzo armato relative a travi, pilastri, pareti e solai in calcestruzzo armato ordinario e precompresso. Tali tabelle (appendice D.5 e D.6) sono il risultato di campagne sperimentali e di elaborazioni numeriche, contengono valori cautelativi e non consentono estrapolazioni o interpolazioni tra gli stessi.

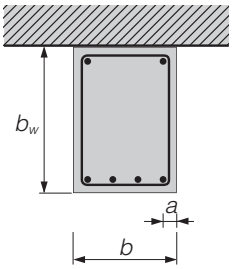
SOLETTE IN C.A. – (Tab. D.5.1) La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) dello spessore totale **H** di solette e solai, della distanza **a** dall'asse delle armature alla superficie esposta sufficienti a garantire il requisito **R** per le classi indicate.



Classe	Solette piene con armatura monodirezionale
R 30	H = 80 / a = 10
R 60	H = 120 / a = 20
R 90	H = 120 / a = 30
R 120	H = 160 / a = 40
R 180	H = 200 / a = 55
R 240	H = 240 / a = 65

I valori di "a" devono essere non inferiori ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di "a" di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di "H" e "a" ne devono tenere conto nella seguente maniera: 10 mm di intonaco normale (definizione in D.4.1) equivale a 10 mm di calcestruzzo; 10 mm di intonaco protettivo antincendio (definizione in D.4.1) equivale a 20 mm di calcestruzzo. Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

TRAVI IN C.A. – (Tab. D.6.1) La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) della larghezza **b** della sezione, della distanza **a** dall'asse delle armature alla superficie esposta e della larghezza d'anima $\mathbf{b_w}$ di travi con sezione a larghezza variabile sufficienti a garantire il requisito **R** per le classi indicate di travi semplicemente appoggiate. Per travi con sezione a larghezza variabile **b** è la larghezza in corrispondenza della linea media delle armature tese.



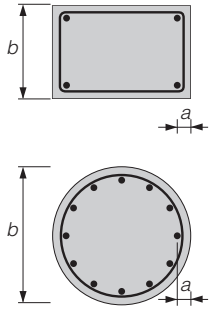
Classe	Combinazioni possibili di "b" e "a"				b_w
R 30	b = 80 / a = 25	120 / 20	160 / 15	200 / 15	80
R 60	b = 120 / a = 40	160 / 35	200 / 30	300 / 25	100
R 90	b = 150 / a = 55	200 / 45	300 / 40	400 / 35	100
R 120	b = 200 / a = 65	240 / 60	300 / 55	500 / 50	120
R 180	b = 240 / a = 80	300 / 70	400 / 65	600 / 60	140
R 240	b = 280 / a = 90	350 / 80	500 / 75	700 / 70	160

I valori di "a" devono essere non inferiori ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di "a" di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di "b" e "a" ne possono tenere conto nella maniera indicata nella tabella D.5.1. Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

GLOBAL BUILDING S.r.l. · Socio Unico
Via L. Galvani, 2 · 31027 Spresiano (TV)
P.IVA 03505060263 · T +39 0422 892728
info@globalbuilding.it · www.globalbuilding.it

PILASTRI IN C.A. – (Tab. D.6.2) La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) del lato più piccolo **b** di pilastri a sezione rettangolare ovvero del diametro di pilastri a sezione circolare e della distanza **a** dall'asse delle armature alla superficie esposta sufficienti a garantire il requisito **R** per le classi indicate di pilastri esposti su uno o più lati che rispettano le seguenti limitazioni:

- lunghezza effettiva del pilastro (da nodo a nodo) ≤ 6 m (per pilastri di piani intermedi) ovvero ≤ 4,5 m (per pilastri dell'ultimo piano)
- area complessiva di armatura $A_s \leq 0{,}04\ A_c$ area efficace della sezione trasversale del pilastro.

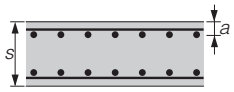


Classe	Esposto su più lati		Esposto su un lato
R 30	b = 200 / a = 30	300 / 25	160 / 25
R 60	b = 250 / a = 45	350 / 40	160 / 25
R 90	b = 350 / a = 50	450 / 40	160 / 25
R 120	b = 350 / a = 60	450 / 50	180 / 35
R 180	b = 450 / a = 70	-	230 / 55
R 240	-	-	300 / 70

I valori di "a" devono essere non inferiori ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di "a" di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di "a" ne possono tenere conto nella maniera indicata nella tabella D.5.1 (solette). Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

PARETI PORTANTI IN C.A. – (Tab. D.6.3) La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) dello spessore **s** e della distanza **a** dall'asse delle armature alla superficie esposta sufficienti a garantire il requisito **REI** per le classi indicate di pareti portanti esposte su uno o due lati che rispettano le seguenti limitazioni:

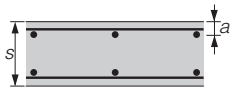
- altezza effettiva della parete (da nodo a nodo) ≤ 6 m (per pareti di piani intermedi) ovvero ≤ 4,5 m (per pareti dell'ultimo piano).



Classe	Esposto su un lato	Esposto su due lati
REI 30	s = 120 / a = 10	120 / 10
REI 60	s = 130 / a = 10	140 / 10
REI 90	s = 140 / a = 25	170 / 25
REI 120	s = 160 / a = 35	220 / 35
REI 180	s = 210 / a = 50	270 / 55
REI 240	s = 270 / a = 60	350 / 60

I valori di "a" devono essere non inferiori ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di "a" di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di "a" ne possono tenere conto nella maniera indicata nella tabella D.5.1 (solette). Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

PARETI NON PORTANTI IN C.A. – (Tab. D.6.4) La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) dello spessore **s** sufficiente a garantire il requisito **EI** per le classi indicate di pareti non portanti esposte su un lato che rispettano le seguenti limitazioni:
- altezza effettiva della parete (da nodo a nodo) ≤ 6 m (per pareti di piani intermedi) ovvero ≤ 4,5 m (per pareti dell'ultimo piano);
- rapporto tra altezza di libera inflessione e spessore inferiore a 40



Classe	Esposto su un lato
EI 30	s = 60
EI 60	s = 80
EI 90	s = 100
EI 120	s = 120
EI 180	s = 150
EI 240	s = 180

CLASSIFICAZIONE IN BASE AI RISULTATI DI CALCOLI

L'allegato C del D.M. 16/2/2007 specifica che la resistenza al fuoco di una struttura in calcestruzzo può essere valutata analiticamente attraverso i metodi di calcolo specificati dalla norma EN 1992-1-2:
"Progettazione delle strutture in calcestruzzo – parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio".

I metodi di calcolo che possono essere adottati nelle verifiche di resistenza al fuoco delle strutture in calcestruzzo previsti dalla norma sopra citata possono essere distinti in:
- metodi di calcolo semplificati,
- metodi di calcolo avanzati,
- metodi di calcolo derivanti dal confronto con tabelle.

Metodi di calcolo semplificati

L'eurocodice EN 1992-1-2 prevede due metodi di calcolo semplificati per la verifica delle sezioni in calcestruzzo armato:
- metodo dell'isoterma a 500 °C
- metodo a zona

Metodi di calcolo avanzati

Possono essere utilizzati per elementi strutturali singoli, per sottoinsiemi, per la struttura nel suo insieme e per ogni tipo di sezione trasversale. Questi metodi forniscono un'analisi realistica della struttura esposta al fuoco. Sono basati su principi ed ipotesi riconosciuti della teoria della diffusione del calore e della meccanica strutturale al fine di ottenere un'approssimazione attendibile del comportamento atteso dello specifico componente strutturale in situazione di incendio.

Metodi di calcolo derivanti dal confronto con tabelle

L'eurocodice EN 1992-1-2 contiene anche tabelle che possono essere utilizzate nella verifica della resistenza al fuoco delle strutture di calcestruzzo armato. Chiaramente è necessario verificare il rispetto delle condizioni di impiego e le limitazioni ad esse relative.
Il metodo si basa sulla verifica per singoli elementi e solo con esposizione alla curva di incendio standard (ISO 384).
Nel caso di utilizzo del metodo tabellare non sono necessarie verifiche riguardanti la resistenza a taglio e torsione e l'ancoraggio delle barre; inoltre non sono necessarie verifiche riguardanti lo spalling a patto che per distanze delle barre dalla superficie del calcestruzzo maggiori o uguali a 70 mm sia predisposta un'armatura di sacrificio avente maglia non superiore a 100 x 100 mm e diametro delle barre non inferiore a 4 mm.
L'utilizzo di ciascuna tabella presuppone il calcolo preliminare del coefficiente di utilizzo μ_{fi} che, ricordiamo, rappresenta il rapporto tra l'azione che sollecita l'elemento stesso in condizioni d'incendio e la corrispondente resistenza a freddo.

$$\mu_{fi} = \frac{N_{Ed.fi}}{N_{Rd}}$$

Dove $N_{Ed.fi}$ è il carico assiale di progetto in situazione di incendio, N_{Rd} è la resistenza di progetto della sezione a temperatura ambiente.
L'eurocodice EN 1992-1-2 fornisce tabelle per pilastri, pareti, travi, solette e solai.

Di seguito si trovano soluzioni applicative con INTONACO F62 SPRAY utilizzando questo metodo ed integrando gli spessori di copriferro necessario con spessori equivalenti determinati sperimentalmente in base alla Norma EN 13381-3.

Riqualificazione delle strutture in calcestruzzo tramite protettivi.

I sistemi di protezione vengono applicati alle strutture in calcestruzzo armato al fine di migliorare le prestazioni della struttura stessa. È possibile tenere conto della presenza di protezioni isolanti, applicate come rivestimento della superficie degli elementi strutturali, in base al rapporto di equivalenza tra materiale protettivo e conglomerato cementizio, definito come lo "spessore minimo di conglomerato cementizio in grado di produrre lo stesso effetto isolante di 1 cm di materiale protettivo".

I valori del rapporto di equivalenza dei materiali protettivi devono essere calcolati esclusivamente ricorrendo ai metodi di prova previsti dalla EN 13381-3 "Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali. Parte 3: protezione applicata ad elementi in calcestruzzo"; il risultato delle prove condotte secondo la EN 13381-3 non è una vera e propria

classificazione dell'elemento, bensì una procedura (assesment) per la determinazione degli spessori equivalenti in funzione del tipo di elemento da proteggere e della resistenza al fuoco richiesta.
Si noti come il rapporto di equivalenza, essendo funzione anche delle caratteristiche di adesione del protettivo al supporto, sia variabile con la resistenza al fuoco richiesta. Pertanto trasformando lo spessore del protettivo previsto in "copriferro equivalente" è possibile ricondursi alla generica sezione di calcestruzzo armato ed utilizzare le mappature termiche corrispondenti.

La metodologia di prova prevede che il rapporto di equivalenza venga determinato in base alle effettive condizioni di utilizzo, ponendo i seguenti limiti di applicabilità:
- prove eseguite su solette orizzontali sono estendibili ad applicazioni su muri verticali
- prove eseguite su travi orizzontali sono estendibili a pilastri

I limiti di applicabilità dei risultati sono comunque riportati negli assesment report per il controllo da parte dei professionisti.

La società GLOBAL BUILDING ha determinato i seguenti rapporti di equivalenza per l'INTONACO F62 SUPER SPRAY attraverso prove effettuate ai sensi dell'EN 13381-3.

F62 SUPER SPRAY

Pareti e solette - ETA 21/0693

Spessore di F62 SUPER SPRAY	Spessore equivalente di calcestruzzo (mm)					
	Durata dell'esposizione secondo EN 1363-1 (min)					
	30'	60'	90'	120'	180'	240'
10,3 mm	36	46	48	48	44	38

Pilastri e travi - ETA 21/0693

Spessore di F62 SUPER SPRAY	Spessore equivalente di calcestruzzo (mm)					
	Durata dell'esposizione secondo EN 1363-1 (min)					
	30'	60'	90'	120'	180'	240'
10,9 mm	43	51	51	48	–	–
25,4 mm	69	92	99	101	97	90

Dimensionamento dei protettivi
Al fine del dimensionamento dei protettivi occorre pertanto:

1- Procedere alla determinazione dei copriferri necessari in funzione della resistenza al fuoco richiesta, della tipologia delle armature e delle sezioni minime attraverso i metodi analitici o la verifica delle tabelle precedentemente descritte.

2- Integrare i copriferri esistenti con i valori di calcolo a mezzo di uno spessore equivalente di protettivo le cui caratteristiche sono state determinate sperimentalmente a mezzo assesment report ai sensi dell'EN 13381-3.