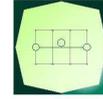


CONCEDENTE



CONCESSIONARIA



SOCIETÀ DI PROGETTO  
BREBEMI SPA

CUP E3 1 805000390007

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE  
DI CONNESSIONE TRA LE CITTA' DI  
BRESCIA E MILANO

PROCEDURA AUTORIZZATIVA D. LGS 163/2006  
DELIBERA C.I.P.E. DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO N° 42/2009

INTERCONNESSIONE A35-A4  
PROGETTO DEFINITIVO

INTERCONNESSIONE A35-A4

PARTE GENERALE

GEOTECNICA

RELAZIONE GEOTECNICA DEI PORTALI DELLA SEGNALETICA DA 10 M

PROGETTAZIONE:



**CONSORZIO B.B.M.**

VERIFICA:

PER IL CONSORZIO  
IL PROGETTISTA RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  
IMPRESA PIZZAROTTI E C. S.P.A.  
DOTT. ING. PIETRO MAZZOLI  
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PARMA N. 821

PER IL CONSORZIO  
IL DIRETTORE TECNICO  
IMPRESA PIZZAROTTI E C. S.P.A.  
DOTT. ING. SABINO DEL BALZO  
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI POTENZA N. 631

APPROVATO SGP

I.D.	IDENTIFICAZIONE ELABORATO												PROGR.		DATA:
	EMITT.	TIPO	FASE	M.A.	LOTTO	OPERA	PROG. OPERA	TRATTO	PARTE	PROGR.	PART. DOC.	STATO	REV.	MARZO 2015	
60162	04	RO	D	0	00	00	010	00	SV	001	00	A	00	SCALA:	

ELABORAZIONE PROGETTUALE	REVISIONE								
	N.	REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	DATA	CONTROLLATO	DATA	APPROVATO
IL PROGETTISTA IMPRESA PIZZAROTTI E C. S. P. A. DOTT. ING. PIETRO MAZZOLI ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PARMA N. 821	A	00	EMISSIONE	04/03/2015	MAZZOLI	04/03/2015	MAZZOLI	04/03/2015	MAZZOLI

IL CONCEDENTE



IL CONCESSIONARIO

Società di Progetto  
Brebemi SpA

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTAMENTE PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA S.P. BREBEMI SPA. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARÀ PERSECUITO A NORMA DI LEGGE.  
THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF S.P. BREBEMI SPA. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.

	Doc. N. 60162-00010-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60162-04-RO-D-0-00-00-010-00- SV-001-00	REV. A00	FOGLIO 2 di 57
---	----------------------------	--	-------------	-------------------

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>VERIFICHE NEI CONFRONTI DEI CARICHI ORIZZONTALI .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>VERIFICHE NEI CONFRONTI DEI CARICHI VERTICALI .....</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>6</b>
5.1	PORTALI CON SBRACCIO PARI A 10M.....	6
5.1.1	AZIONI DI PROGETTO A TESTA PALO .....	6
5.1.2	COMPORAMENTO DEL PALO NEI CONFRONTI DEI CARICHI ORIZZONTALI.....	7
5.1.3	COMPORAMENTO DEL PALO NEI CONFRONTI DEI CARICHI ASSIALI.....	48
5.1.3.1	Riepilogo lunghezze minime dei pali di fondazione .....	57

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



## 1. PREMESSA

Nel presente capitolo verranno riportate le verifiche geotecniche relative alle fondazioni degli elementi costituenti i portali della segnaletica da collocare lungo l'asse viario principale.

Con lo scopo di coprire l'intero sviluppo autostradale sia in termini di tipologia geometrica dei portali, di altezza del rilevato stradale e di caratterizzazione stratigrafica del terreno di fondazione verranno sviluppate delle serie di tipologici.

In particolar modo verranno distinti i portali in funzione dei carichi agenti sulla fondazione e dell'altezza del rilevato/trincea ove sono collocati.

Le fondazioni adottate sono su quattro pali ad elica di diametro 600mm. La geometria schematica di tali elementi è riportata in Figura 1.

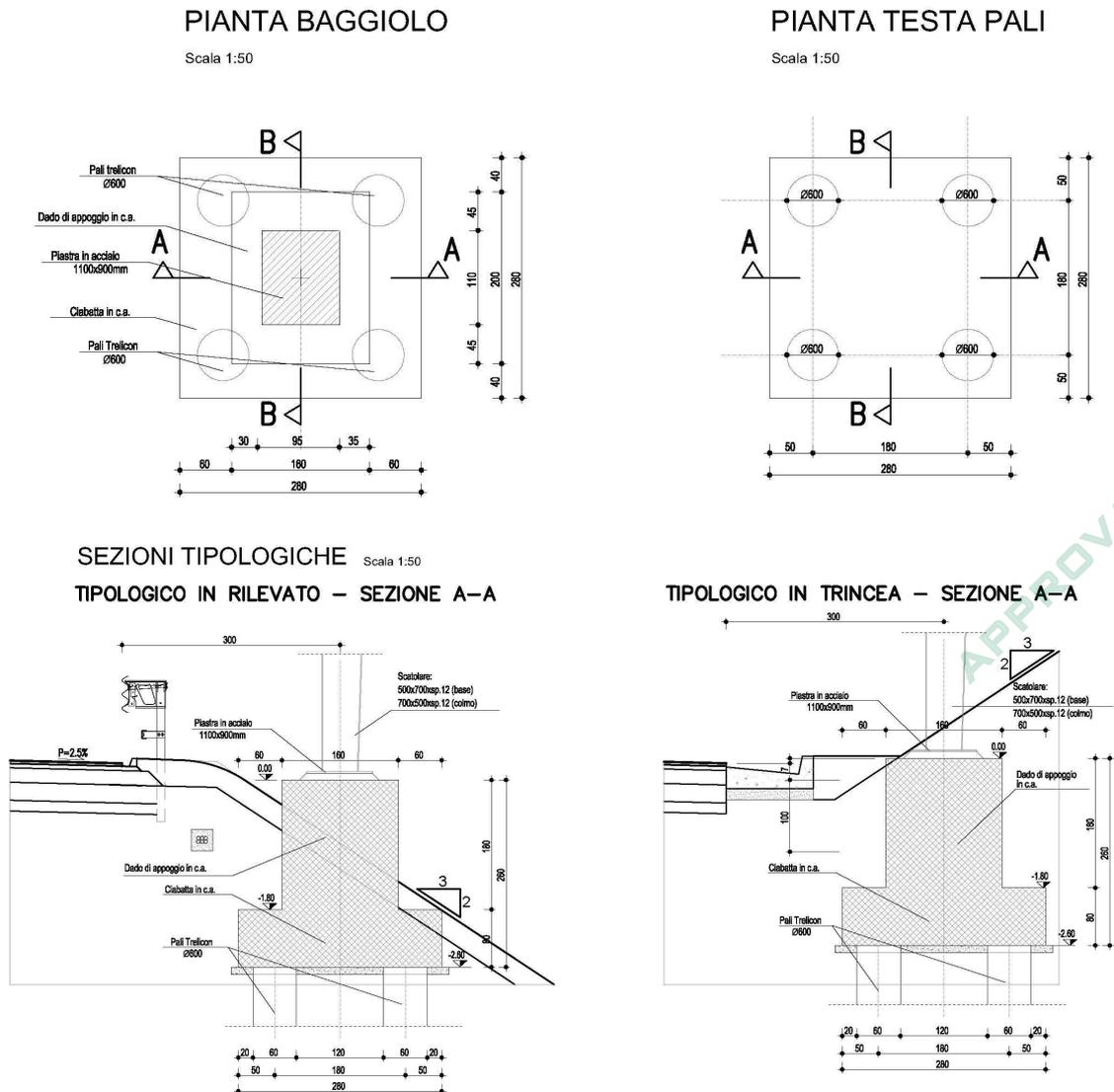


Figura 1 – Schema fondazione portali

Società di Progetto  
Brebemi SpA

	Doc. N. 60162-00010-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60162-04-RO-D-0-00-00-010-00-SV-001-00	REV. A00	FOGLIO 4 di 57
---	----------------------------	--	-------------	-------------------

## 2. VERIFICHE NEI CONFRONTI DEI CARICHI ORIZZONTALI

Le analisi di dimensionamento dei pali nei confronti dei carichi orizzontali sono state condotte per mezzo del programma di calcolo LPILE PLUS 5.0 sviluppato dalla società Ensoft Inc.

Tale programma implementa il metodo delle curve p-y. A tali curve vengono applicati opportuni coefficienti di riduzione  $\xi_3$  e  $\xi_4$  in accordo a quanto previsto dalla normativa adottata (NTC 2008) per ottenere i valori caratteristici. Data la natura di "tipologico" delle verifiche riportate, verranno assunti dei valori cautelativi dei sopra citati coefficienti di riduzione:

$$\xi_3 = \xi_4 = 1.7$$

I pali vengono schematizzati come incastrati in testa.

La testa del palo viene assunta a 2.6m dalla sommità del rilevato (ovvero del piano campagna in caso di trincea).

Nella modellazione numerica, il primo tratto di rilevato, poco confinato verso la scarpata verrà considerato non collaborante nei confronti del palo di fondazione. Cautelativamente, verranno pertanto annullate le curve p-y fino alla quota da testa palo per cui il ciglio del rilevato risulti a meno di 6-7 diametri di distanza dal palo. Tale profondità da testa palo, assumendo una pendenza del rilevato pari a 2:3 (verticale:orizzontale) verrà assunta pari a 2.5m.

Per motivazioni analoghe, non potendo contare sulla piena resistenza offerta dal rilevato autostradale, le resistenze all'interno del restante tratto di rilevato (se presente) verranno abbattute del 50%.

I carichi applicati, derivanti principalmente da azioni indotte dal vento, verranno considerati ciclici.

La lunghezza preliminare dei pali di fondazione viene determinata verificando che per la condizione di carico più severa (nel presente caso combinazione SLU approccio 1-combinazione 1) la resistenza nel terreno mobilitata alla base del palo risulti ragionevolmente bassa.

Successivamente tale lunghezza preliminare verrà confrontata con quanto ottenuto nei confronti dei carichi verticali, in base a quanto riportato nel seguente §3. La maggiore delle lunghezze di palo determinate viene adottata come lunghezza di progetto.

Per ogni tipologia considerata verranno ricavati i diagrammi che rappresentano il comportamento del palo nei confronti dei valori di sollecitazione assunti:

- deformazione del palo lungo il fusto;
- andamento dell'azione di taglio;
- andamento del momento flettente;
- andamento della resistenza mobilitata nel terreno;
- andamento del momento flettente massimo in funzione del taglio applicato.

Società di Progetto  
Brebemi SpA



### 3. VERIFICHE NEI CONFRONTI DEI CARICHI VERTICALI

Le verifiche di sicurezza nei confronti del “collasso per carico limite nei riguardi dei carichi assiali” verranno eseguite in accordo a quanto richiesto dalla normativa di riferimento NTC2008.

Le modalità di verifica e i metodi di calcolo sono riportati in dettaglio nella Relazione Metodologica.

Per il caso particolare dei portali della segnaletica vale inoltre quanto segue:

- Approccio adottato: Approccio 1
- Valore dei coefficienti riduttivi  $\xi_3 = \xi_4 = 1.7$

Analogamente a quanto assunto per il comportamento a carichi orizzontali (si faccia riferimento al §2), i primi 2.5m di palo all'interno del rilevato verranno cautelativamente considerati non contribuenti anche dal punto di vista delle resistenze verticali.

La lunghezza dei pali determinata in base ai carichi verticali verrà infine confrontata con quella ottenuta nelle verifiche nei confronti dei carichi orizzontali e la maggiore delle due verrà assunta come lunghezza di progetto.

### 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per ogni geometria tipo (altezza della testa dei pali da p.c. h = 3m, 1.5m e 0m nel caso rilevato e -2.6m nel caso trincea) si adotterà un unico profilo stratigrafico cautelativo, rappresentativo delle condizioni medie del sottosuolo lungo l'asse stradale. La caratterizzazione assunta per il terreno di fondazione è riportata nella seguente tabella:

Terreno di fondazione Portali Segnaletica

Quota da P.C		Descrizione	Unità	Parametri in condizioni drenate				Parametri in condizioni non drenate				Peso di volume naturale sommerso	
da	a			$\phi'_k$	$\phi'_{dM1}$	$\phi'_{dM2}$	k	$C_{uk}$	$C_{u_{dM1}}$	$C_{u_{dM2}}$	$e_{50}$	$\gamma_n$	$\gamma'$
(m)	(m)	(-)	(°)	(°)	(°)	(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(-)	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	
0.0	3.0	Limo	V	-	-	-	-	40	40	29	0.01	21	11
3.0	50.0	Chiazza sabbiosa / Sabbia ghiaiosa / Sabbia limosa	II / III / IV	38	38	32	19840	-	-	-	-	21	11

La caratterizzazione assunta per il rilevato autostradale (ove presente) è riportata nella seguente tabella:

Rilevato Autostradale

Parametri in condizioni drenate							Parametri in condizioni non drenate				Peso di volume naturale sommerso	
$\phi'_k$	$\phi'_{dM1}$	$\phi'_{dM2}$	$c'_k$	$c'_{dM1}$	$c'_{dM2}$	k	$C_{uk}$	$C_{u_{dM1}}$	$C_{u_{dM2}}$	$e_{50}$	$\gamma_n$	$\gamma'$
(°)	(°)	(°)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(-)	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )
38	38	32	-	-	-	35130+37403	-	-	-	-	20	11

Cautelativamente in tutti i casi la falda è stata considerata a piano campagna.

## 5. VERIFICHE GEOTECNICHE

Nel presente capitolo verranno trattate le verifiche geotecniche effettuate ai sensi del NTC2008.

Verranno considerati i seguenti casi di quota  $h$  della testa dei pali dal p.c. locale:

- $h = 3\text{m}$  (caso rilevato di altezza pari a 5.6m);
- $h = 1.5\text{m}$  (caso rilevato di altezza pari a 4.1m);
- $h = 0\text{m}$  (caso rilevato di altezza pari a 2.6m);
- $h = -2.6\text{m}$  (caso trincea).

### 5.1 Portali con sbraccio pari a 10m

#### 5.1.1 Azioni di progetto a testa palo

I carichi di progetto utilizzati per dimensionare la lunghezza dei pali di fondazione dei portali della segnaletica sono riportate nella tabella seguente.

PORTALE A BANDIERA CON SBRACCIO 10m - Sollecitazione sui pali

		N1	N2	N3	N4	Vyt	V
Comb. SLU A1	max	-61	-61	1	1	max	55
	min	-309	-309	-231	-231		
Comb. SLU A2	max	-75	-75	-14	-14	max	47
	min	-272	-272	-211	-211		
Comb. SLU A1 SLV sis	max	-130	-130	-80	-80	max	14
	min	-205	-205	-153	-153		
Comb. SLE (SLD danno sis)	max	-154	-154	-103	-103	max	5
	min	-182	-182	-130	-130		
Comb. SLU A2 (SLV sis)	max	-107	-107	-58	-58	max	14
	min	-183	-183	-131	-131		
Comb. SLE rara	max	-74	-74	-15	-15	max	36
	min	-225	-225	-167	-167		
Comb. SLE freq	max	-130	-130	-79	-79	max	7
	min	-160	-160	-109	-109		
Comb. SLE q. perm.	max	-145	-145	-94	-94	max	0
	min	-145	-145	-94	-94		

Riassumendo, i carichi massimi utilizzati per il dimensionamento sono i seguenti:

PORTALI CON SBRACCIO 10m			
Caso	Carico max compressione	Carico max trazione	Carico max taglio
	(kN)	(kN)	(kN)
SLU -C1	309	1	55
SLU -C2	272	0	47
SLE freq	160	-	7

In particolar modo sono state considerate le seguenti azioni di taglio in testa al palo:

Società di Progetto  
Brebemi SpA



	Doc. N. 60162-00010-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60162-04-RO-D-0-00-00-010-00- SV-001-00	REV. A00	FOGLIO 7 di 57
---	----------------------------	--	-------------	-------------------

V=5, 15, 30, 50, 80 kN.

### 5.1.2 Comportamento del palo nei confronti dei carichi orizzontali

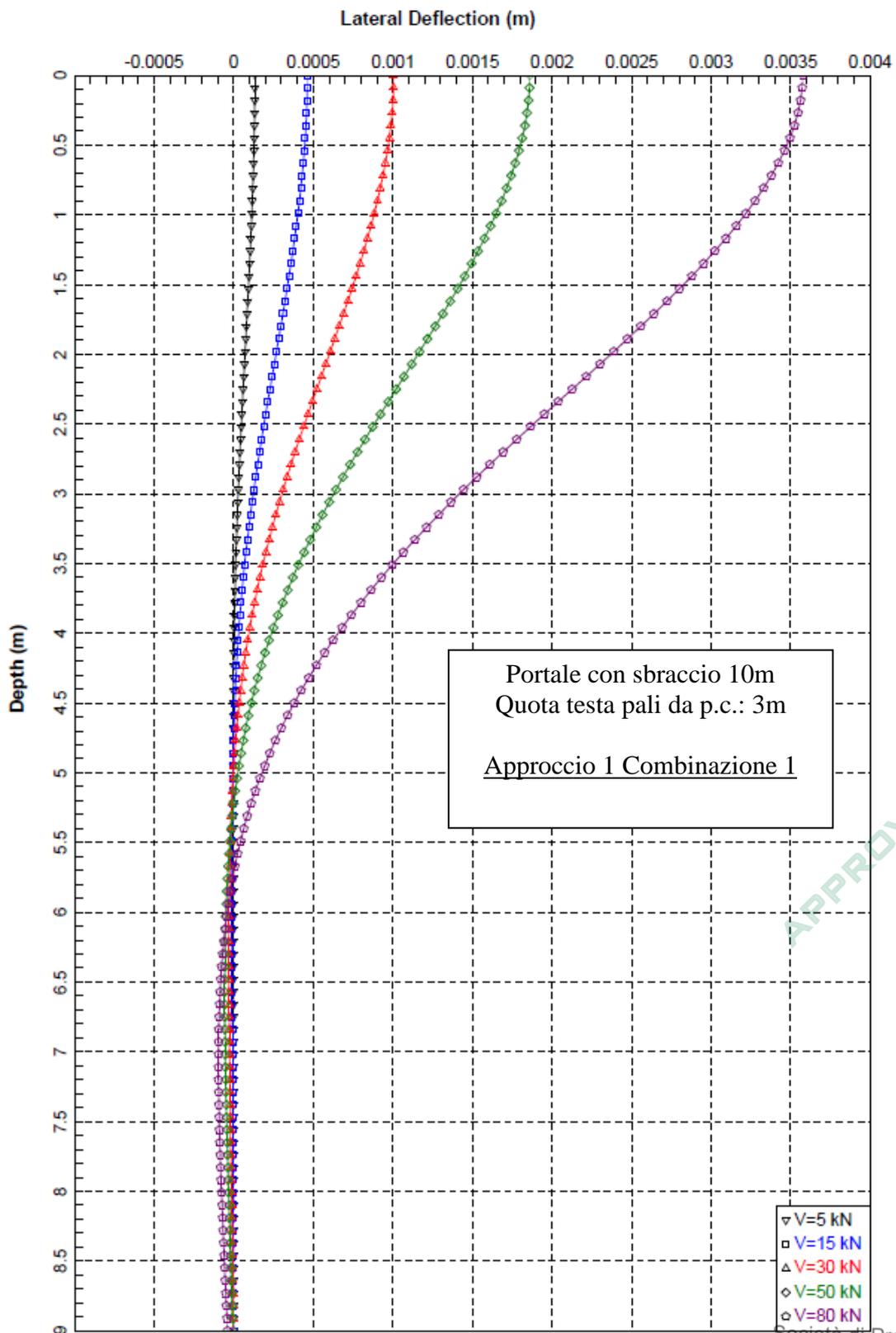
Sulla base dei carichi di progetto definiti al §5.1.1 e alla stratigrafia di calcolo riportata al §4, si riportano i risultati ottenuti nei confronti del comportamento del palo per i carichi orizzontali.

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA

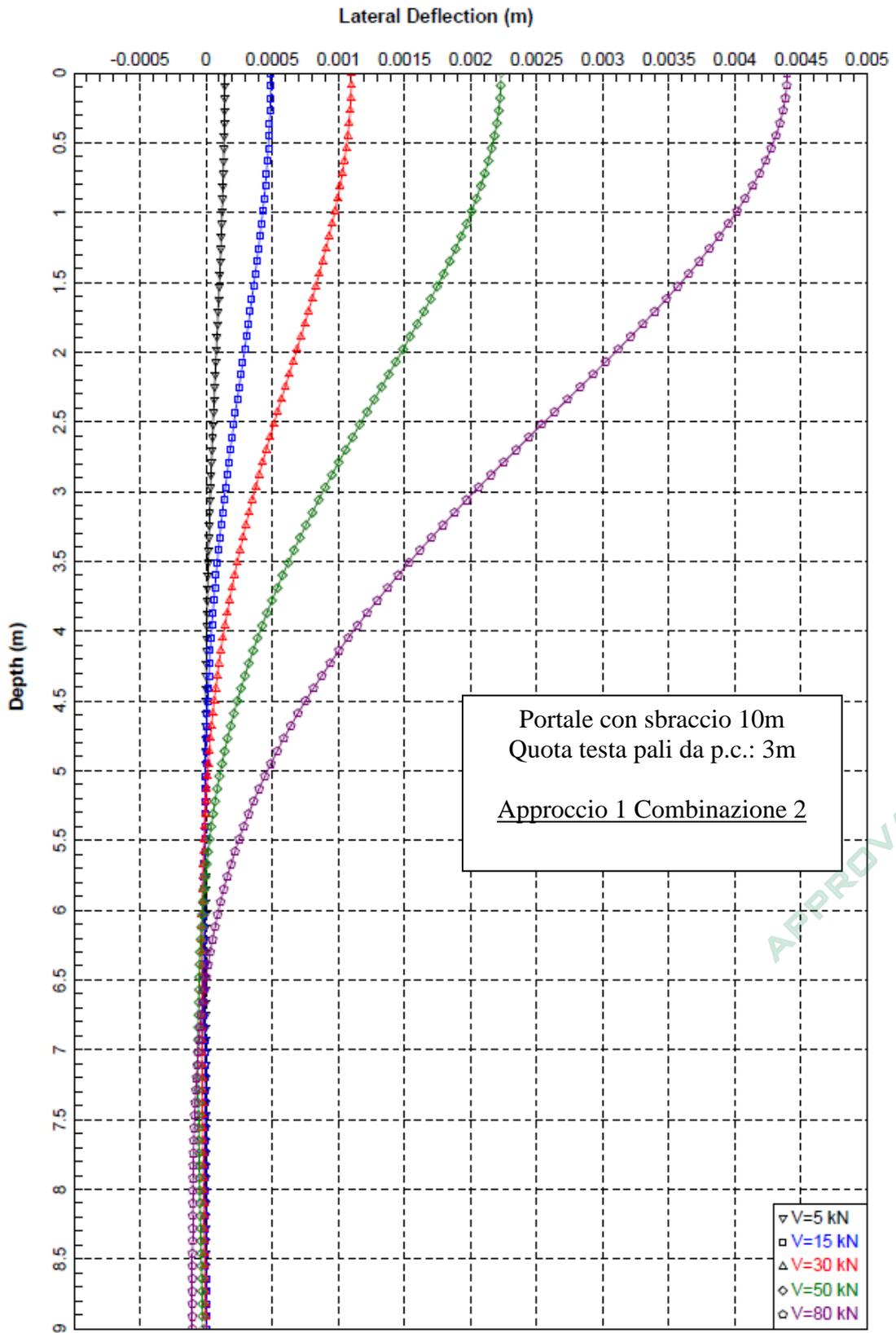


Quota testa pali da p.c. 3m – Portali con sbraccio 10m



APPROVATO SDP

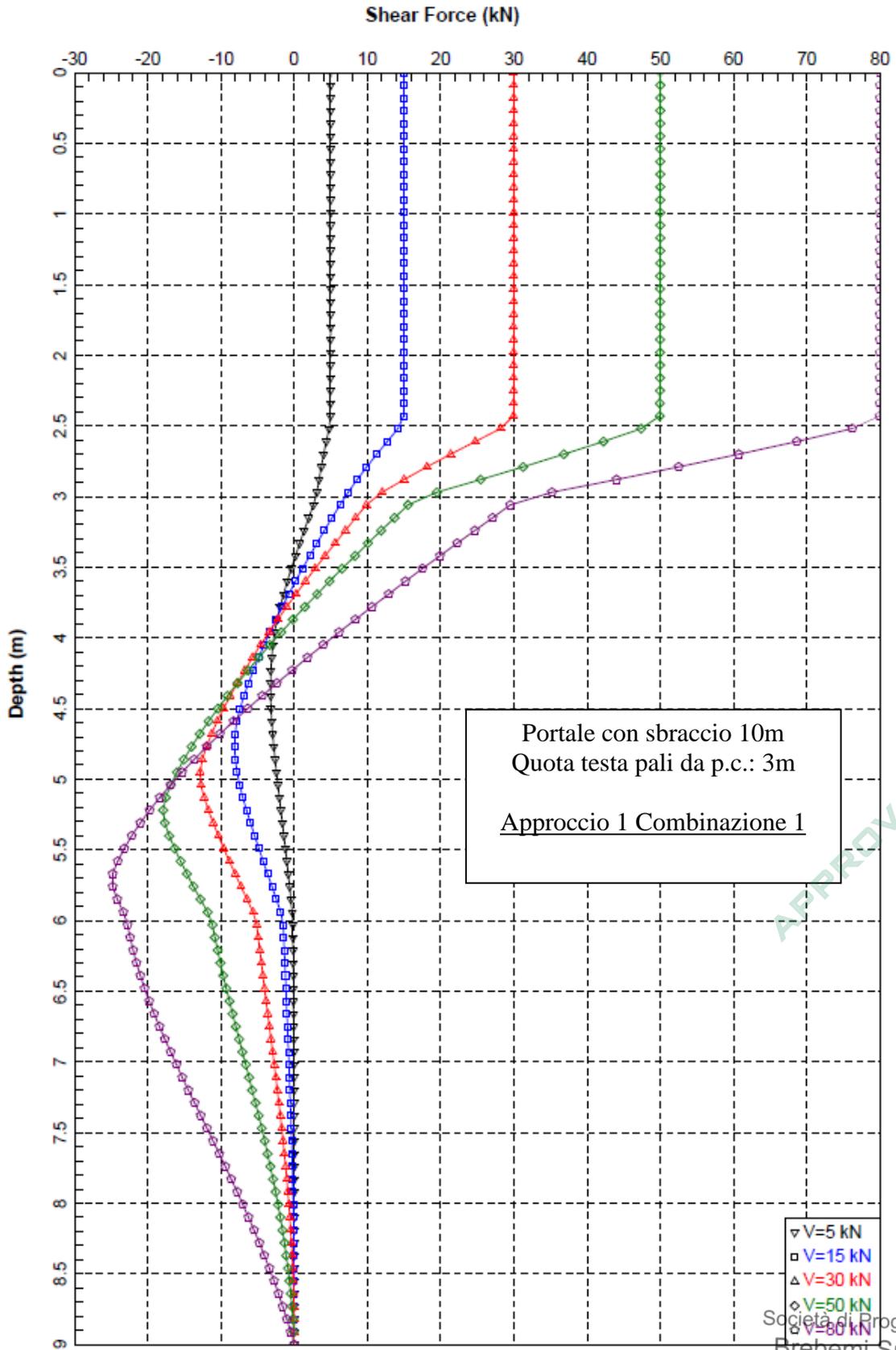
Società di Progetto  
Brebemi SpA

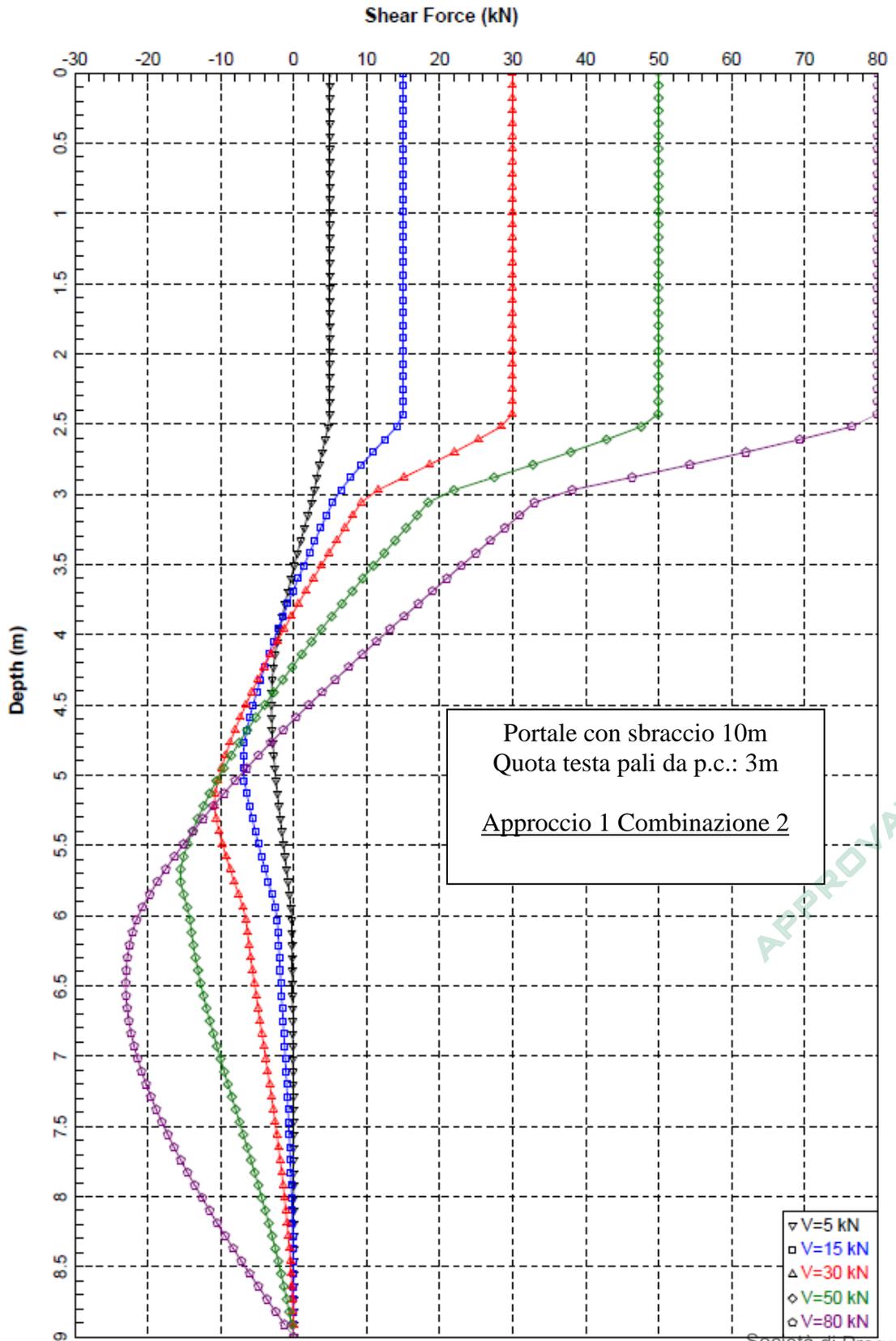


APPROVATO SDP

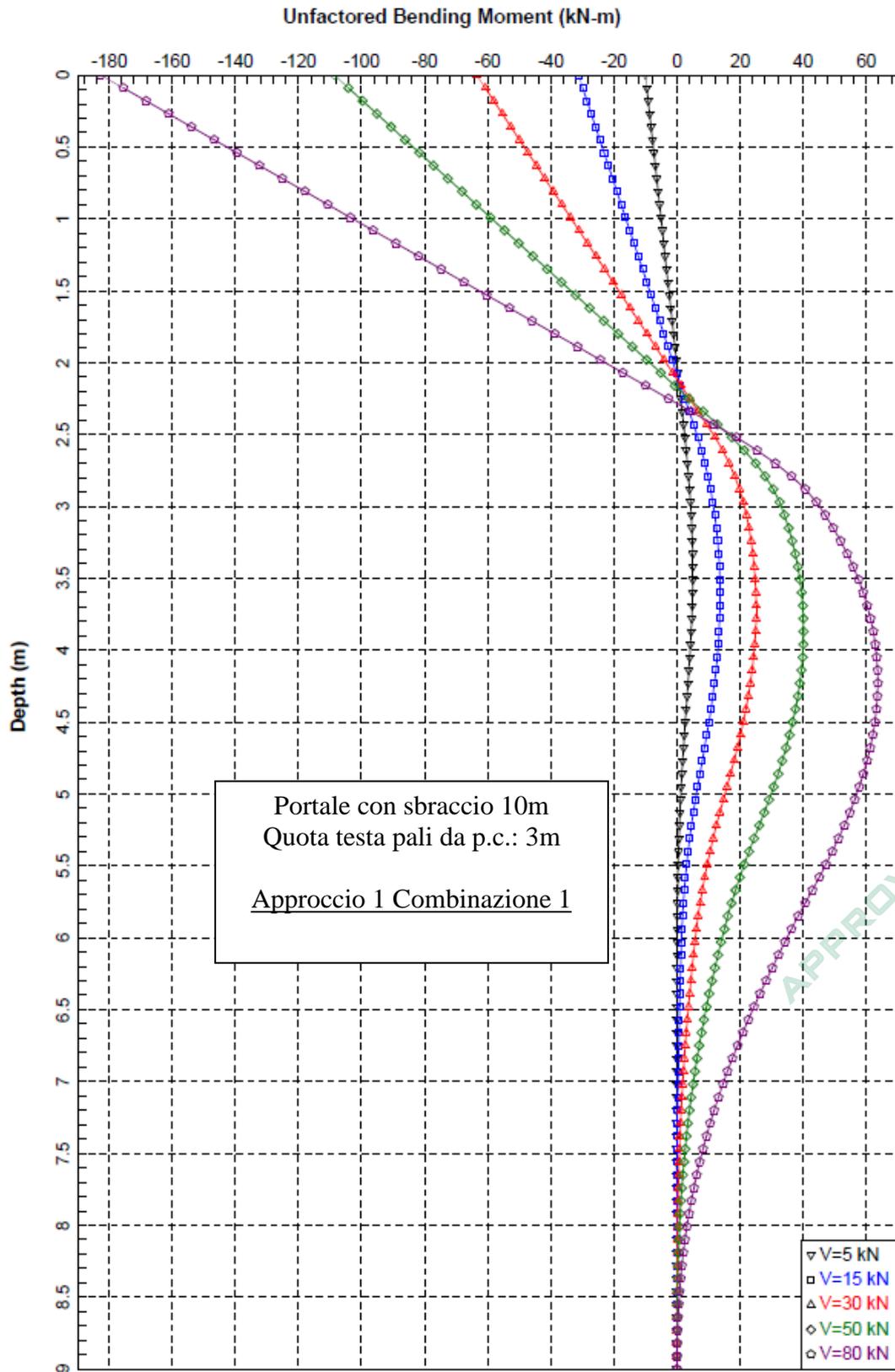
Società di Progetto  
Brebemi SpA



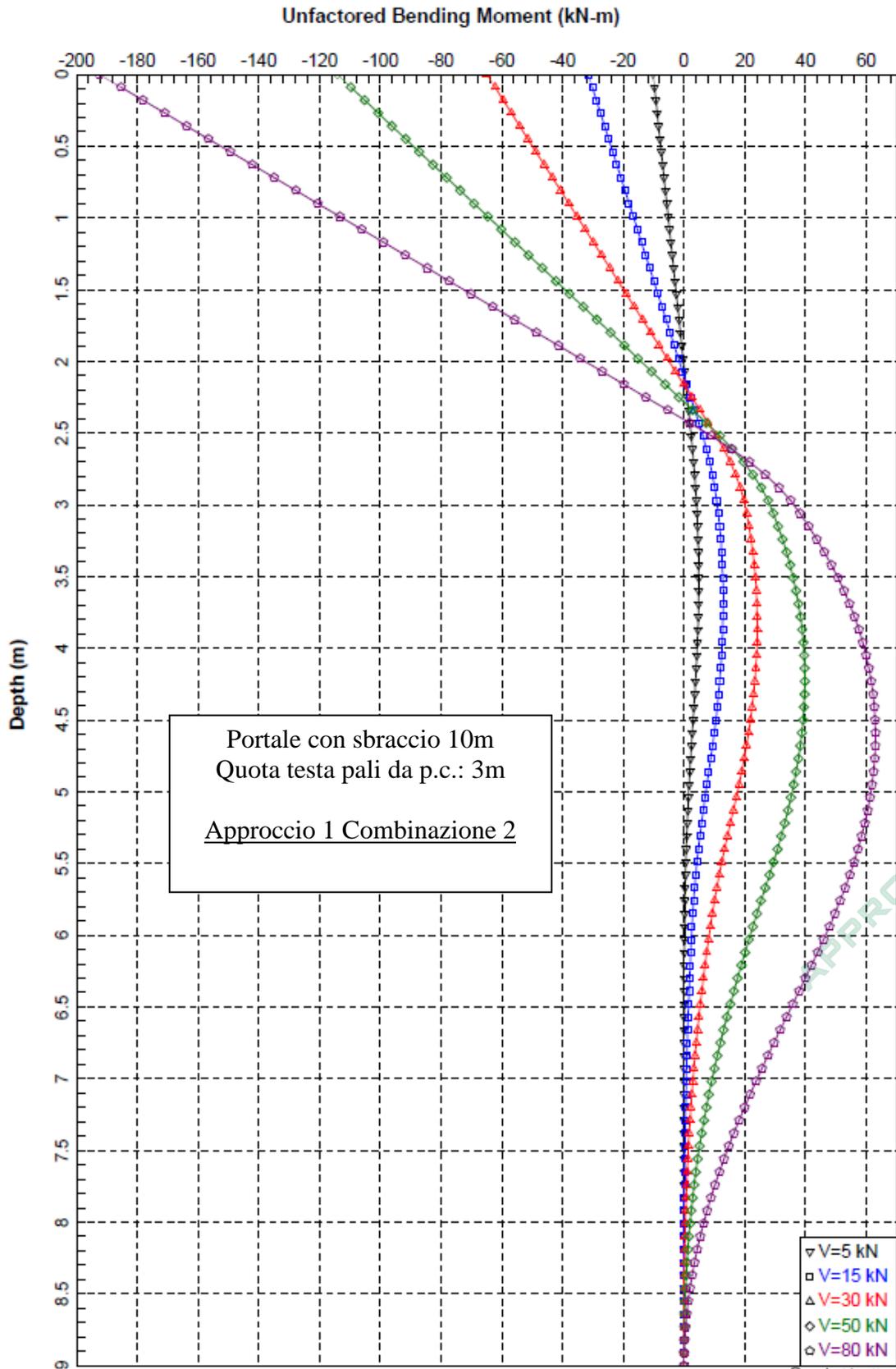




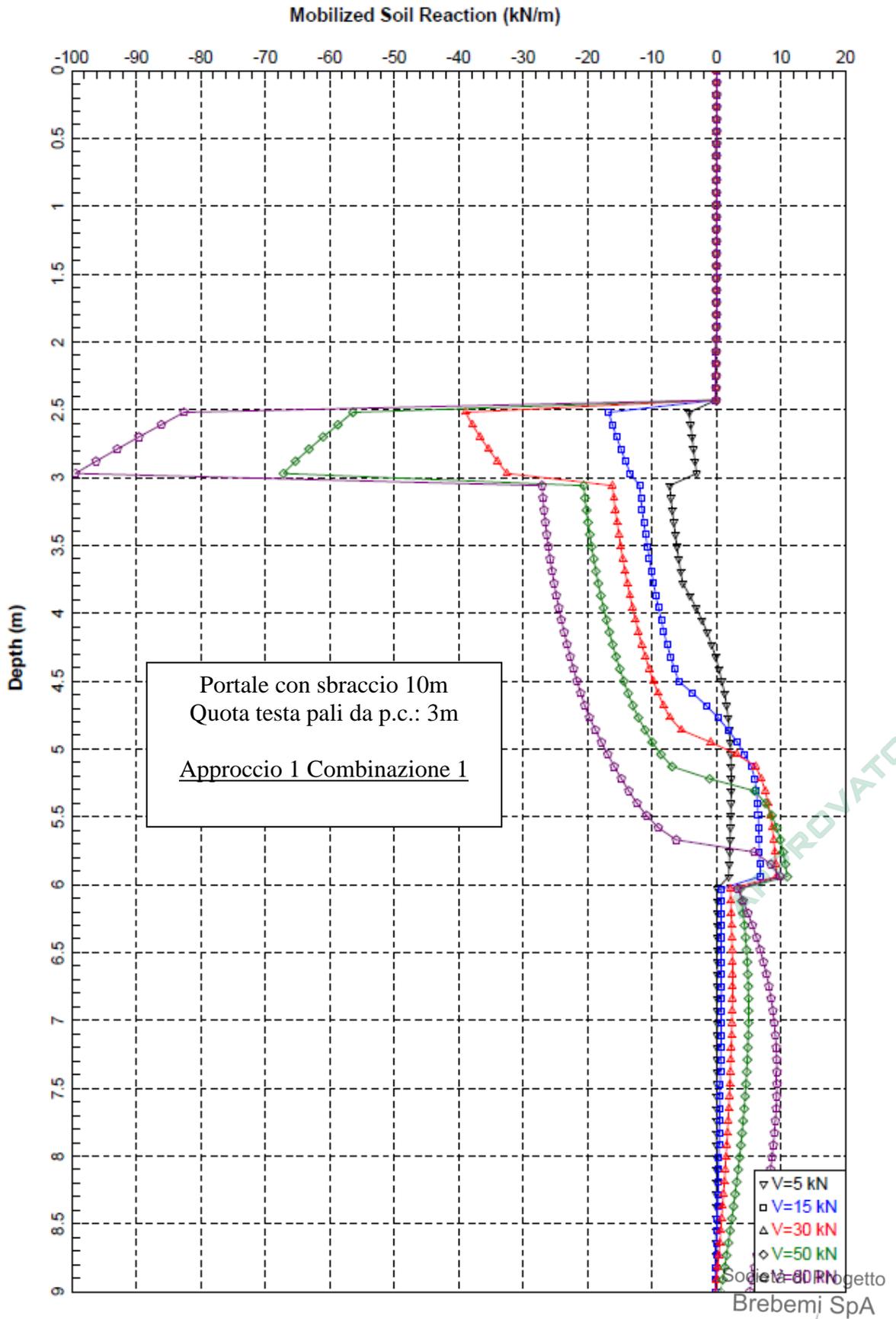
Società di Progetto  
Brebemi SpA

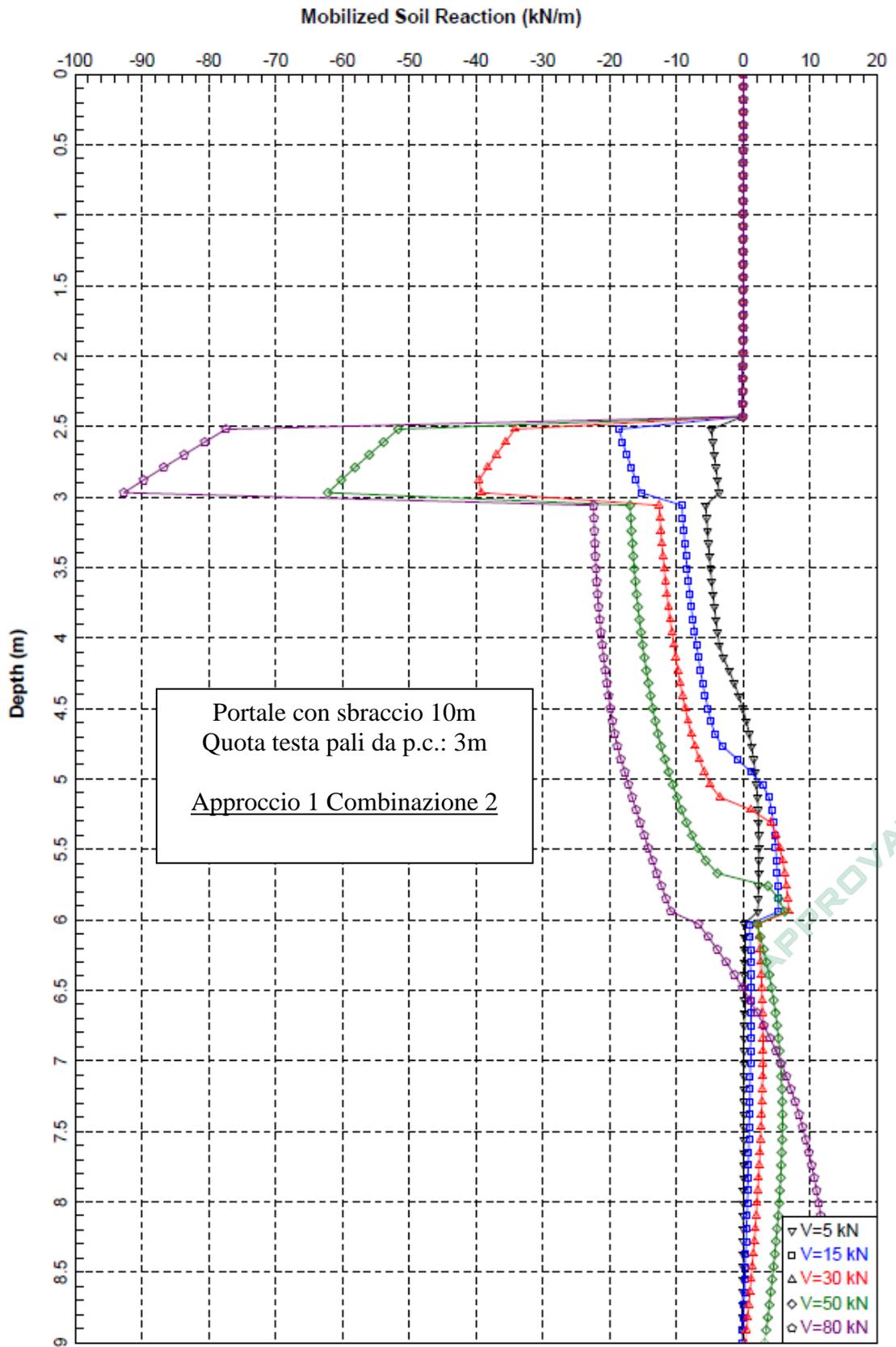


Società di Progetto  
Brebemi SpA

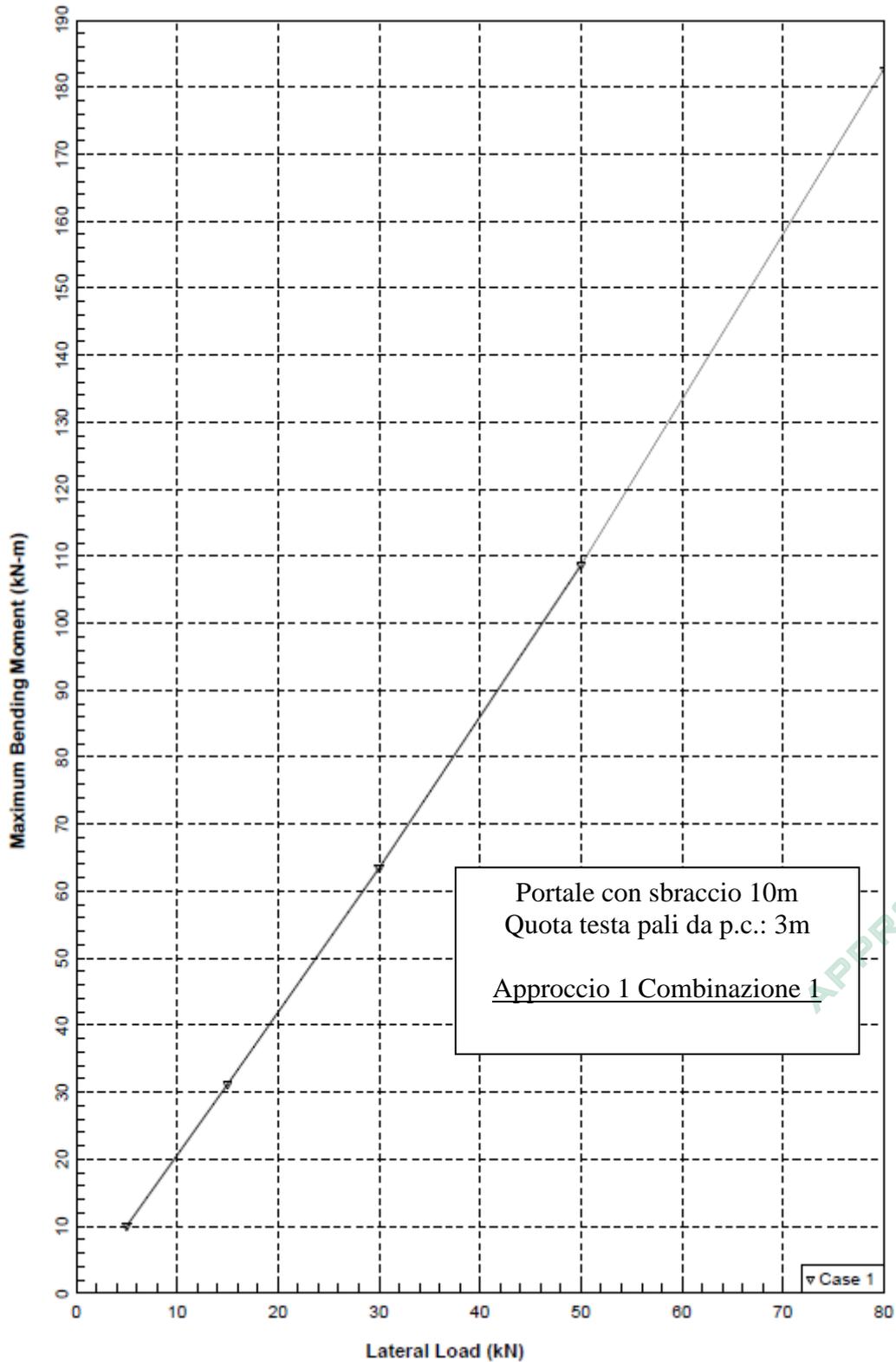


Società di Progetto  
Brebemi SpA

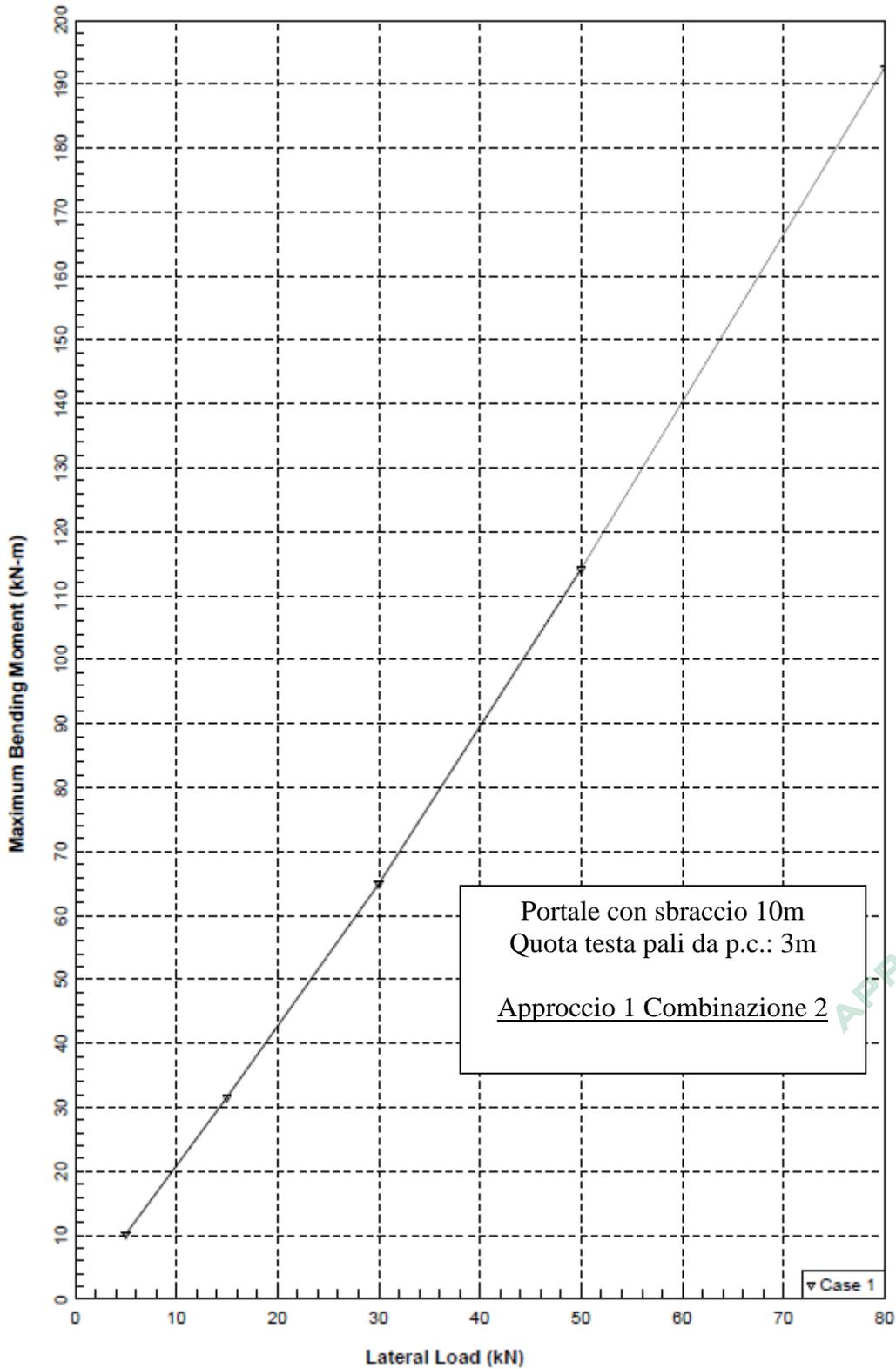




Società di Progetto  
Brebemi SpA

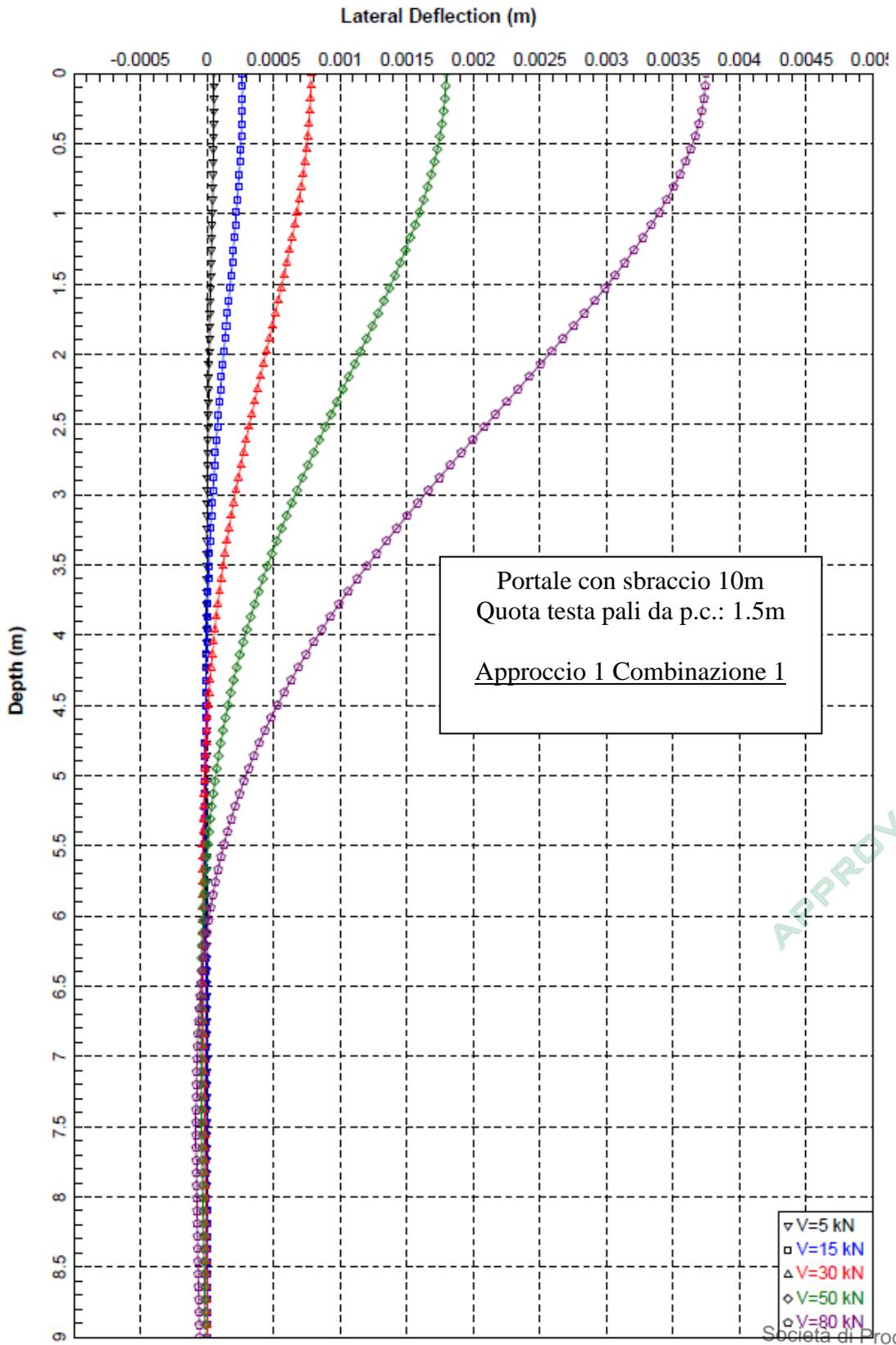


Società di Progetto  
Brebemi SpA



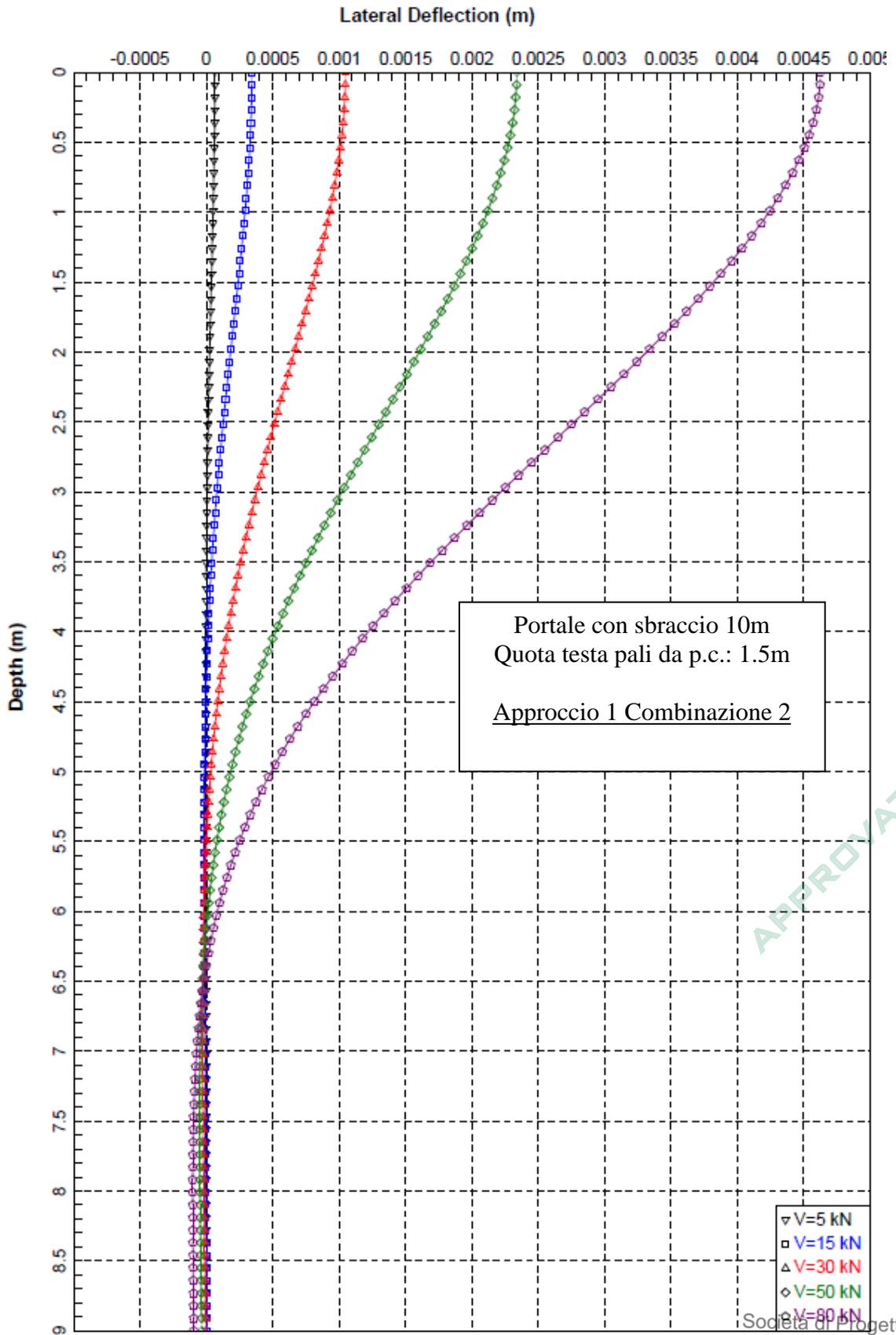
Società di Progetto  
Brebemi SpA

Quota testa pali da p.c. 1.5m – Portali con sbraccio 10m

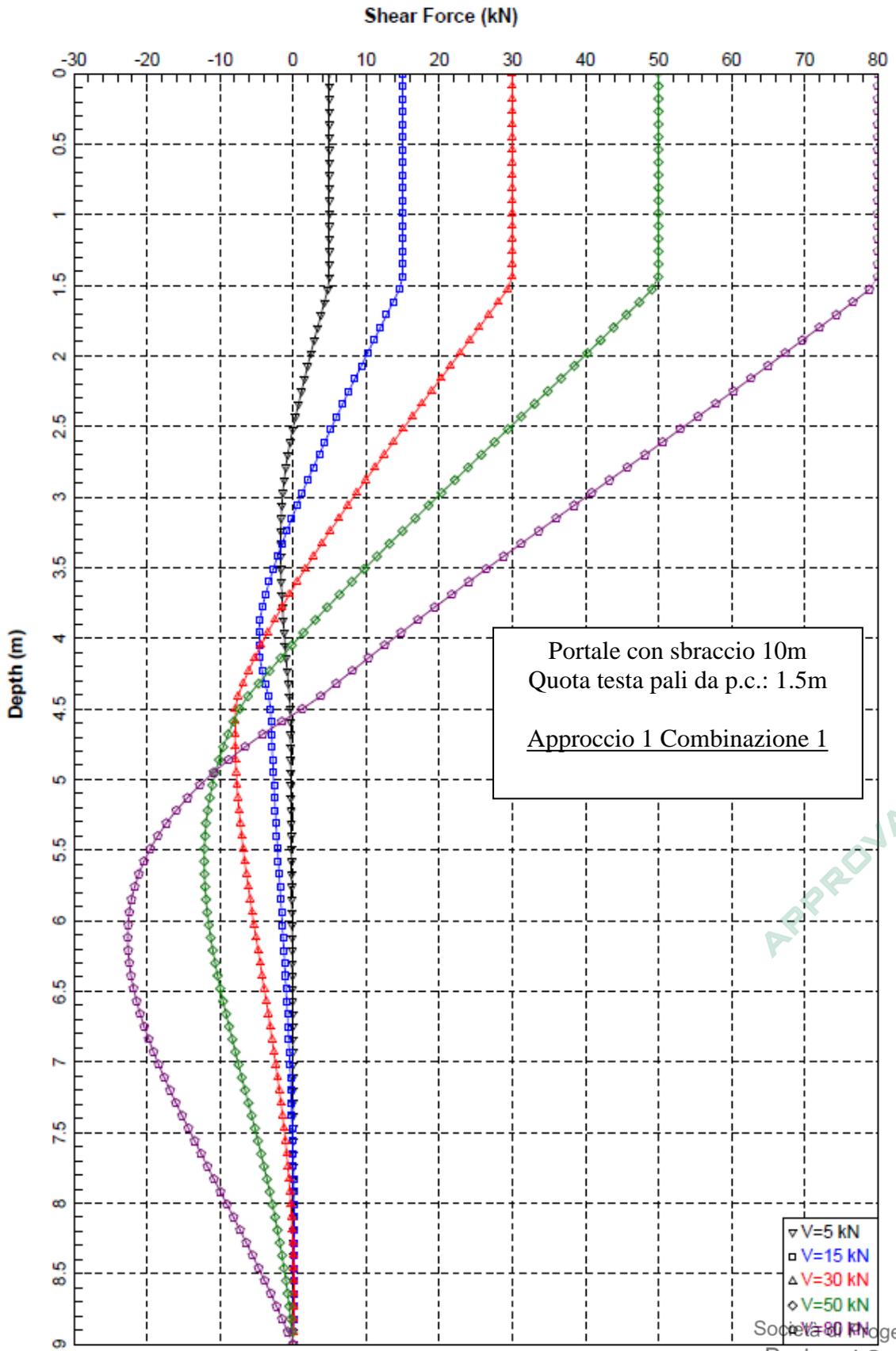


APPROVATO SDP

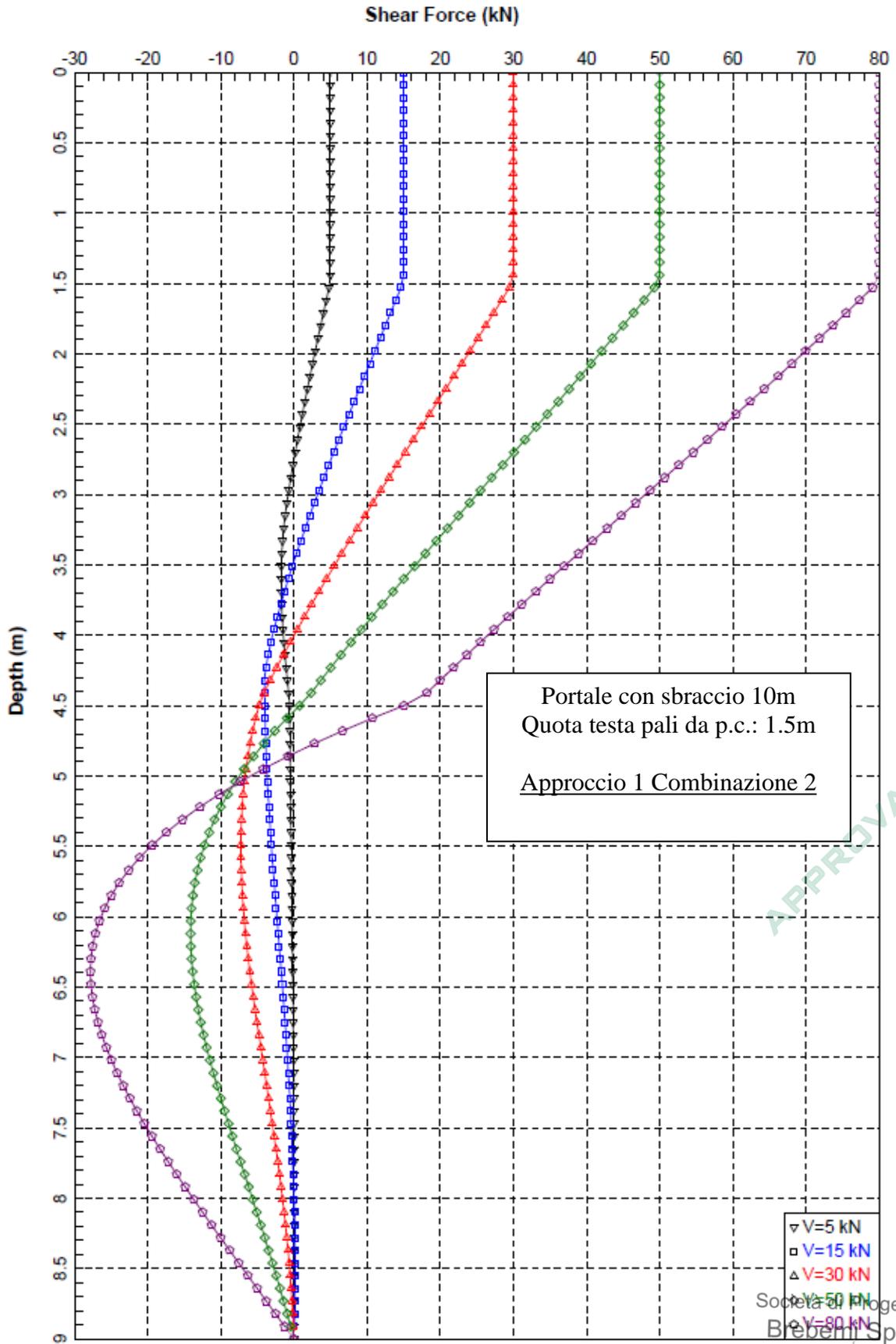
Società di Progetto  
Brebemi SpA



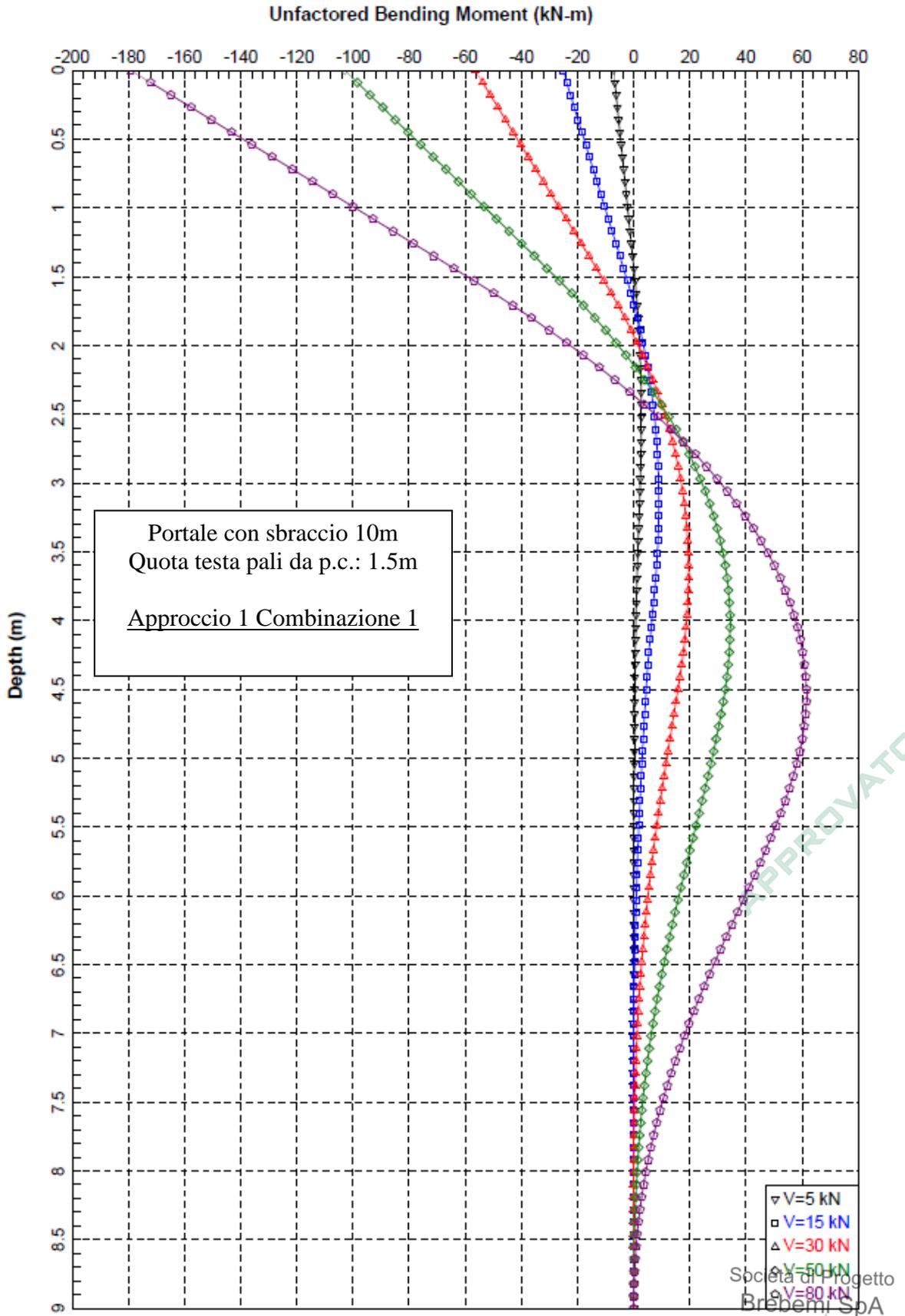
Società di Progetto  
Brebemi SpA

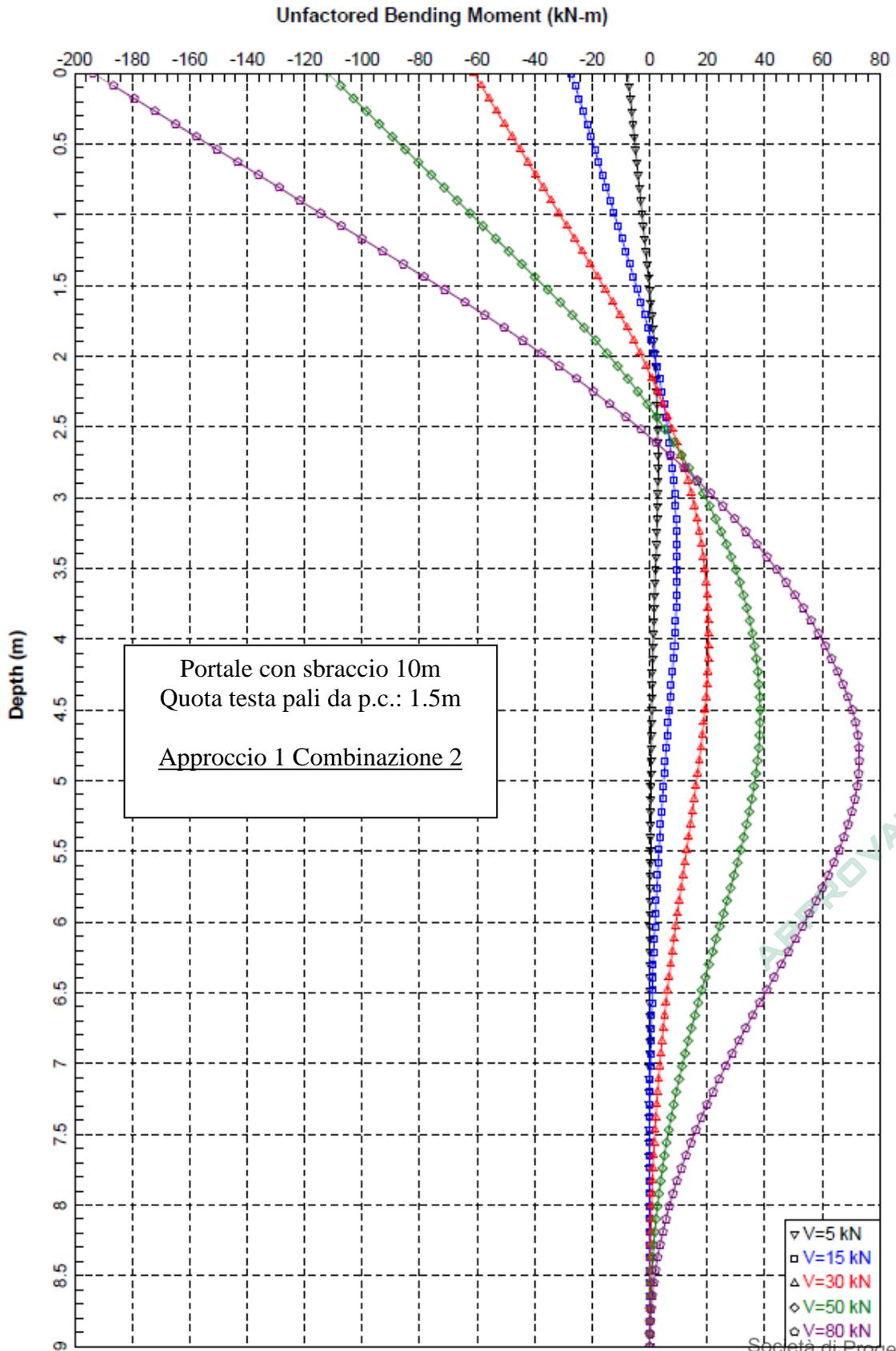


APPROVATO SDP

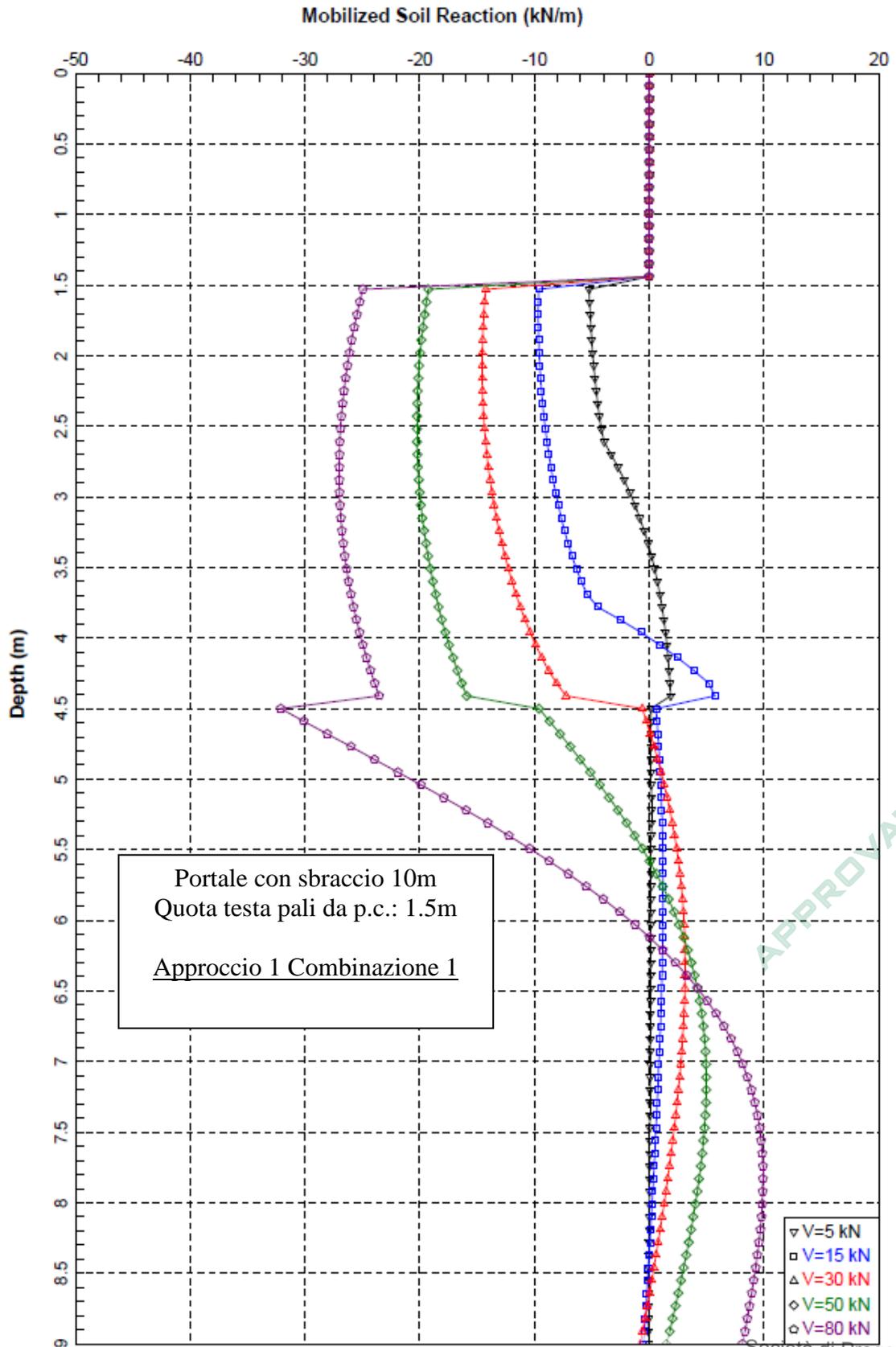


APPROVATO SDP



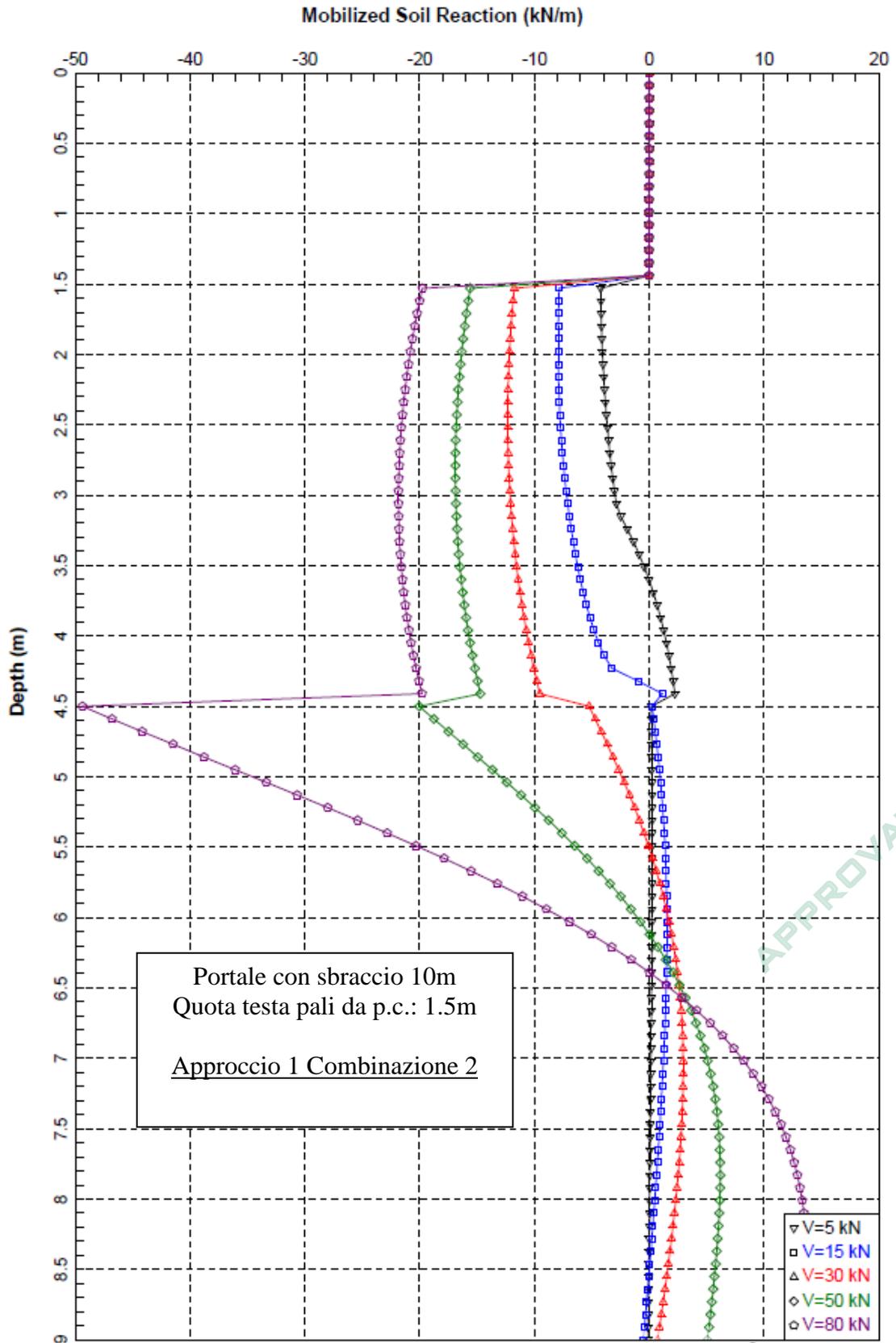


Società di Progetto  
Brebemi SpA

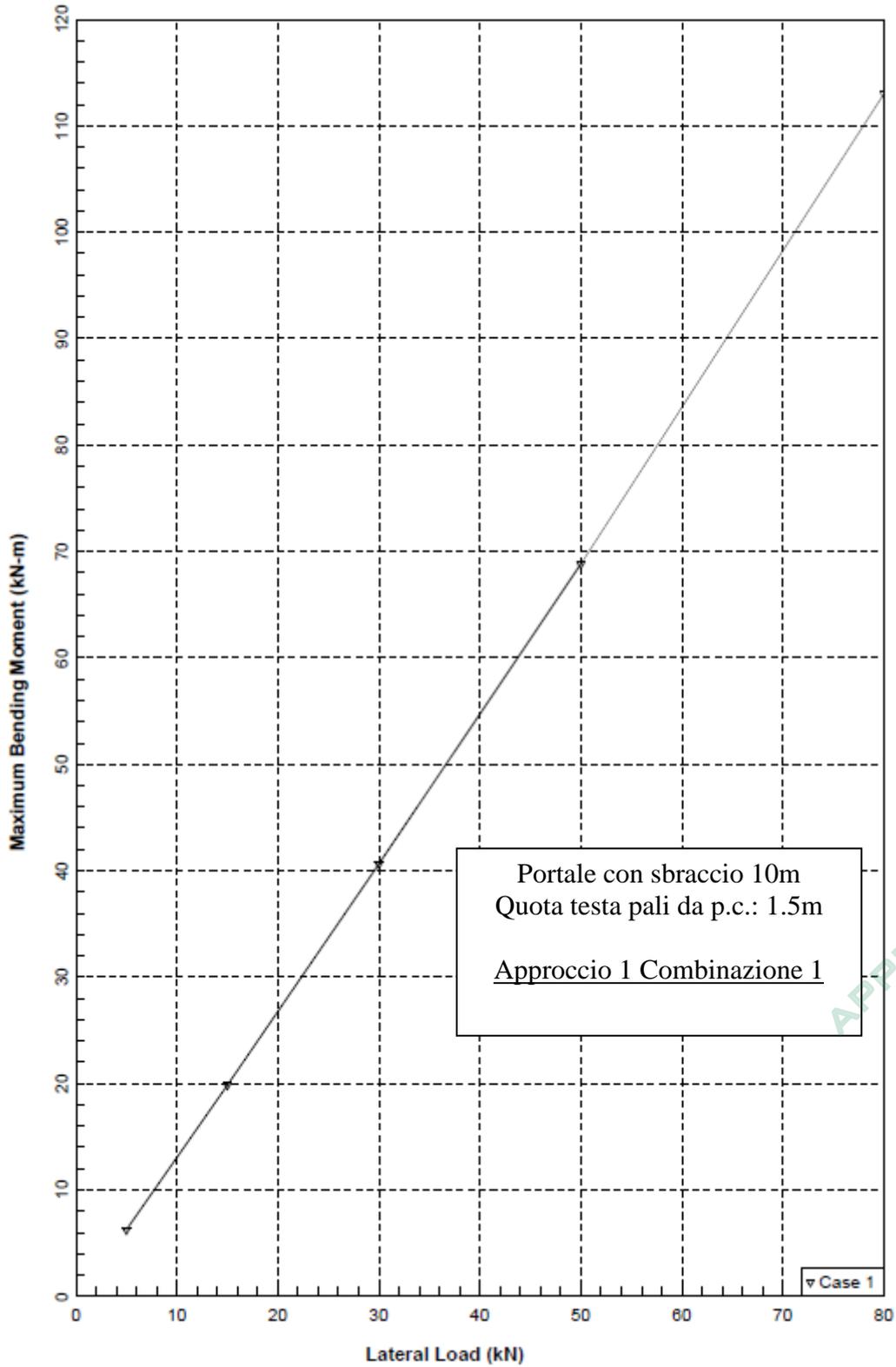


Società di Progetto  
Brebemi SpA

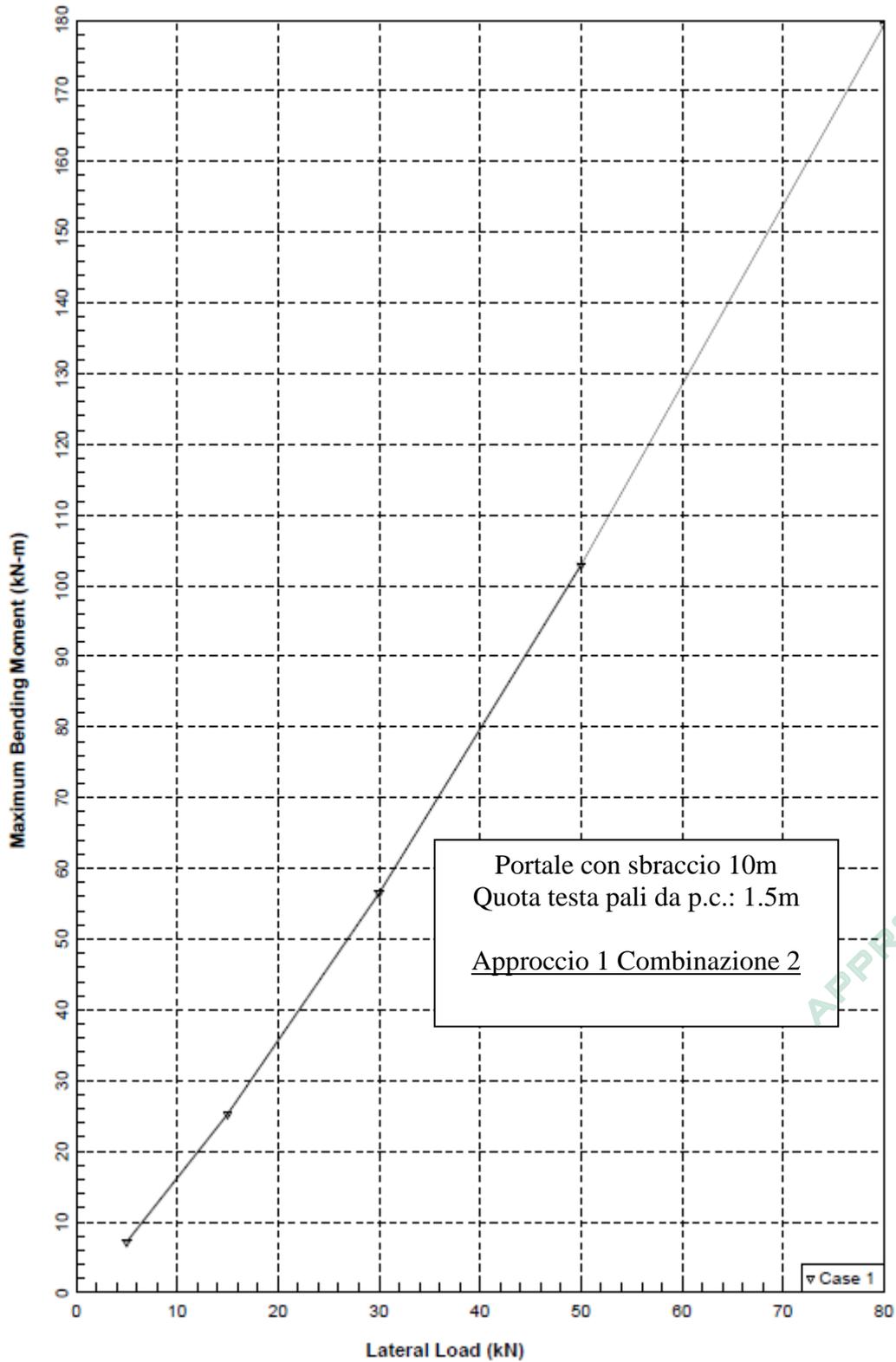




Società di Progetto  
Brebemi SpA



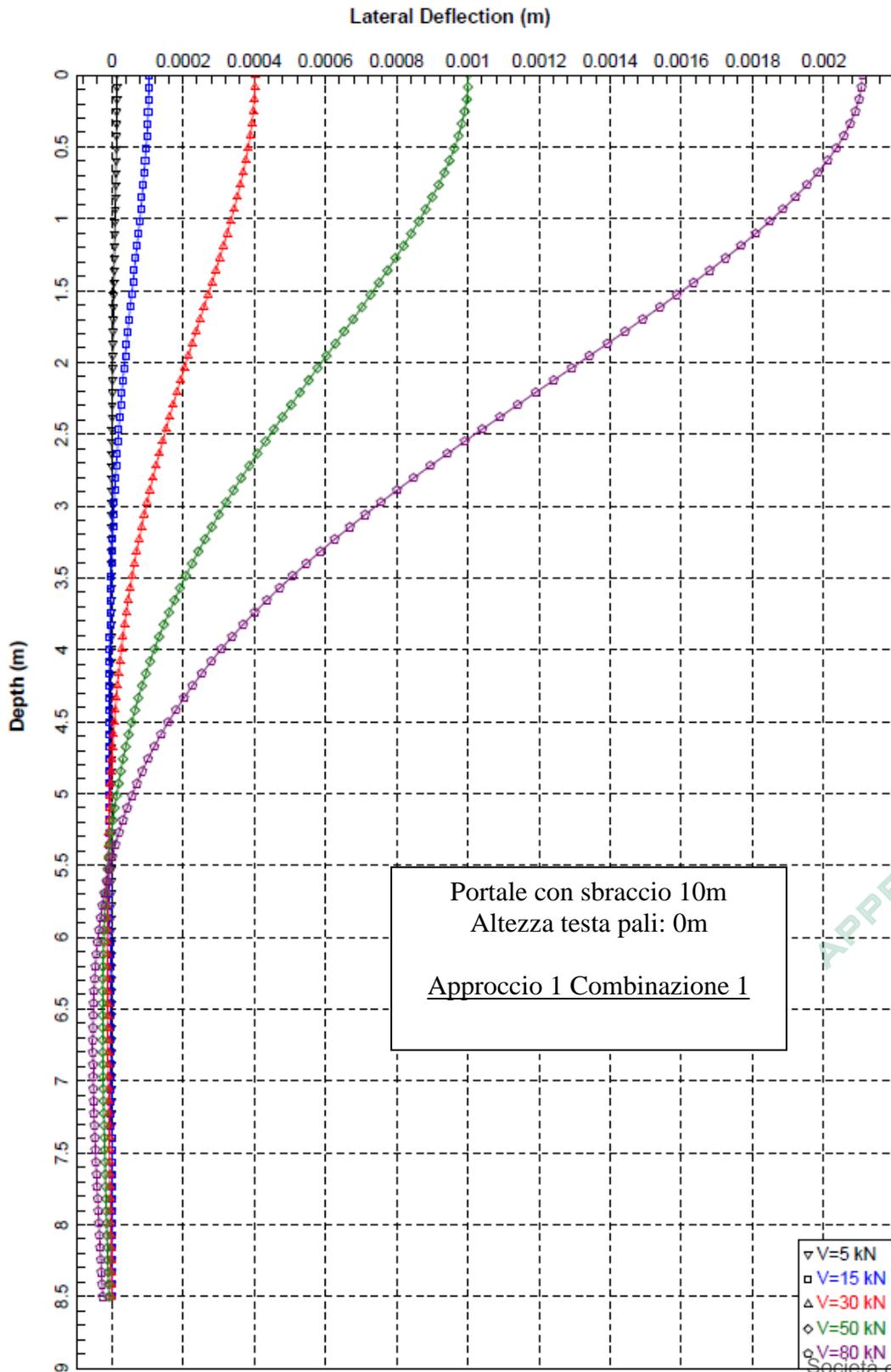
Società di Progetto  
Brebemi SpA



Società di Progetto  
Brebemi SpA



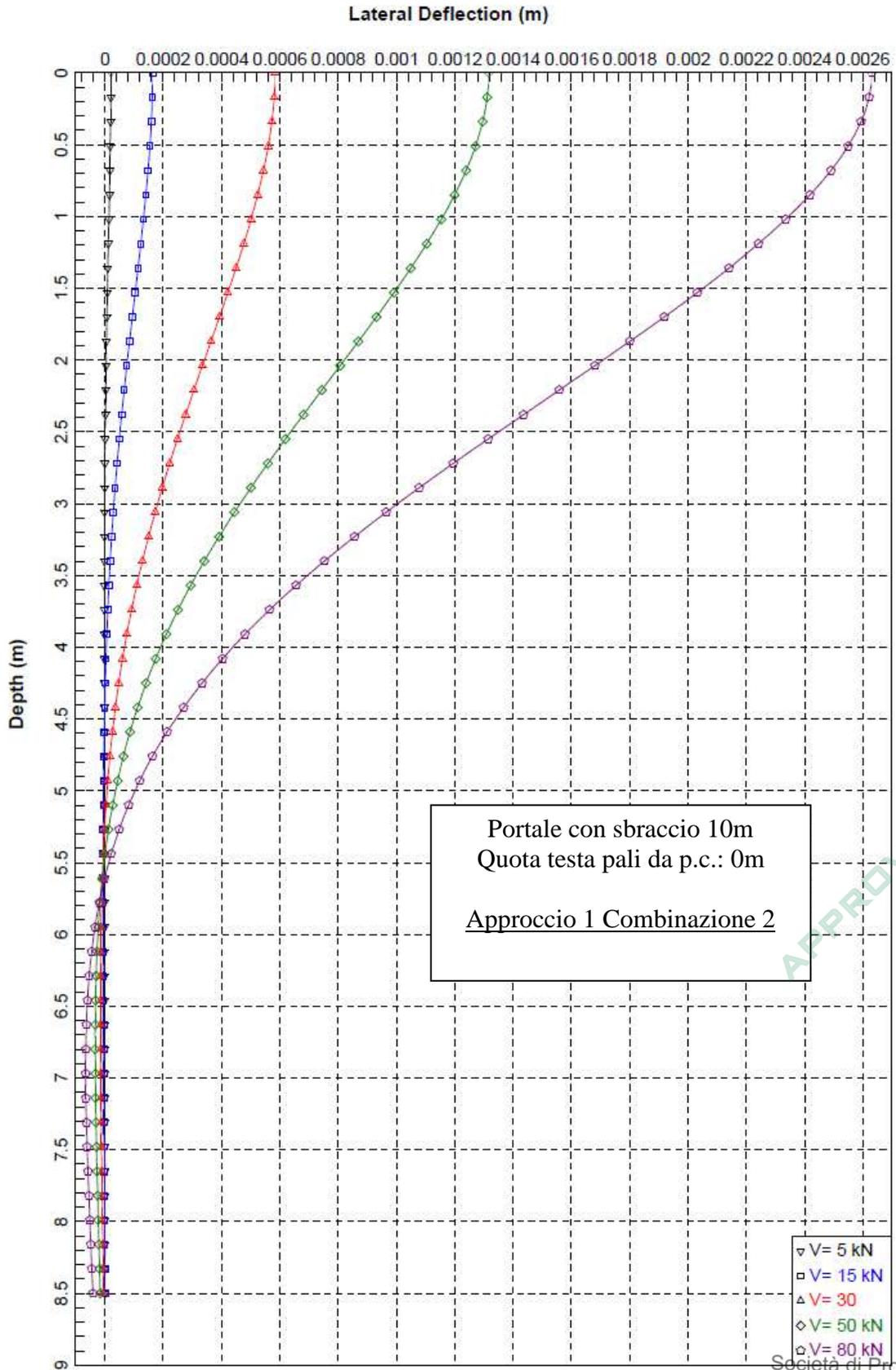
Quota testa pali da p.c. 0m – Portali con sbraccio 10m



APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA

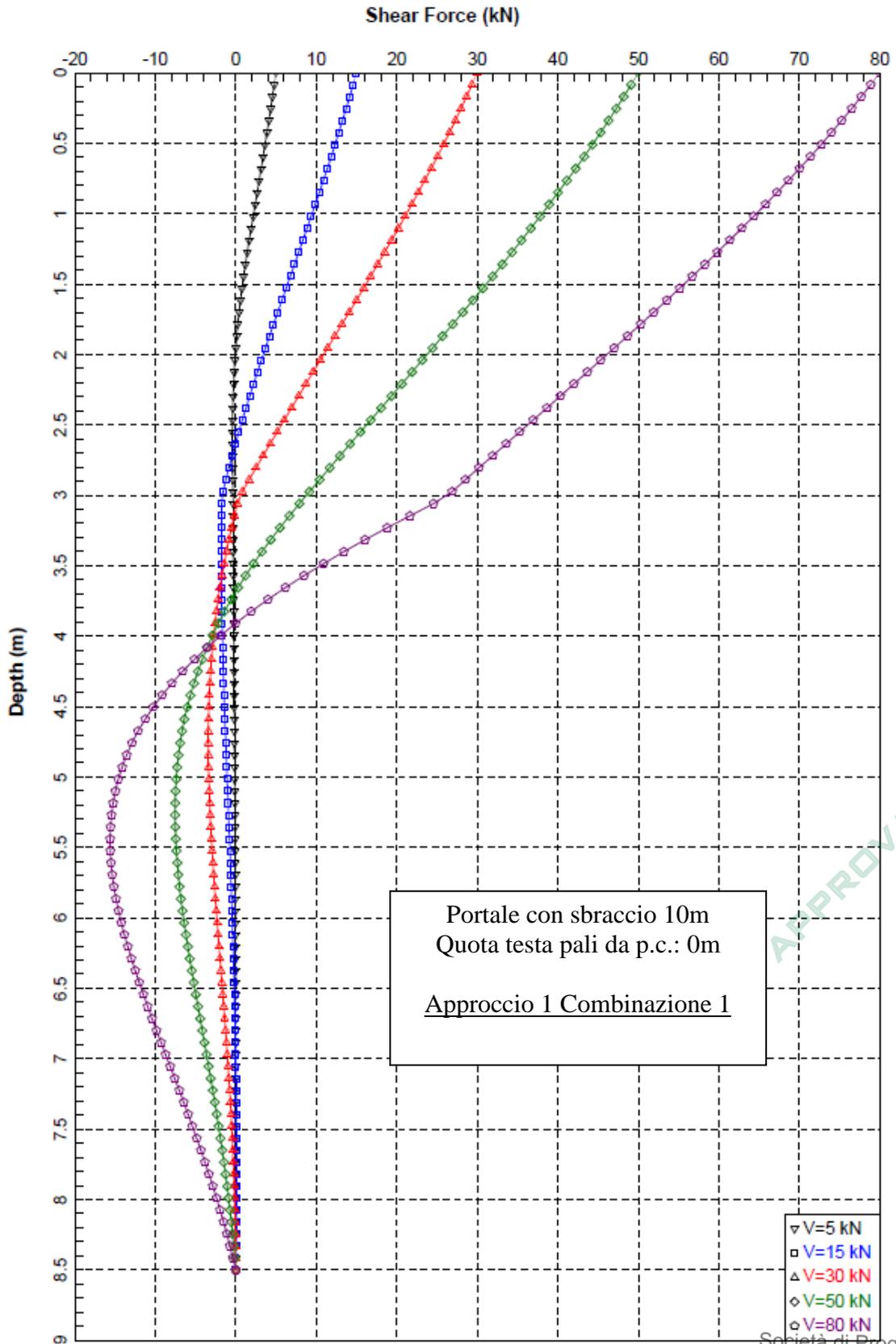




APPROVATO SDP

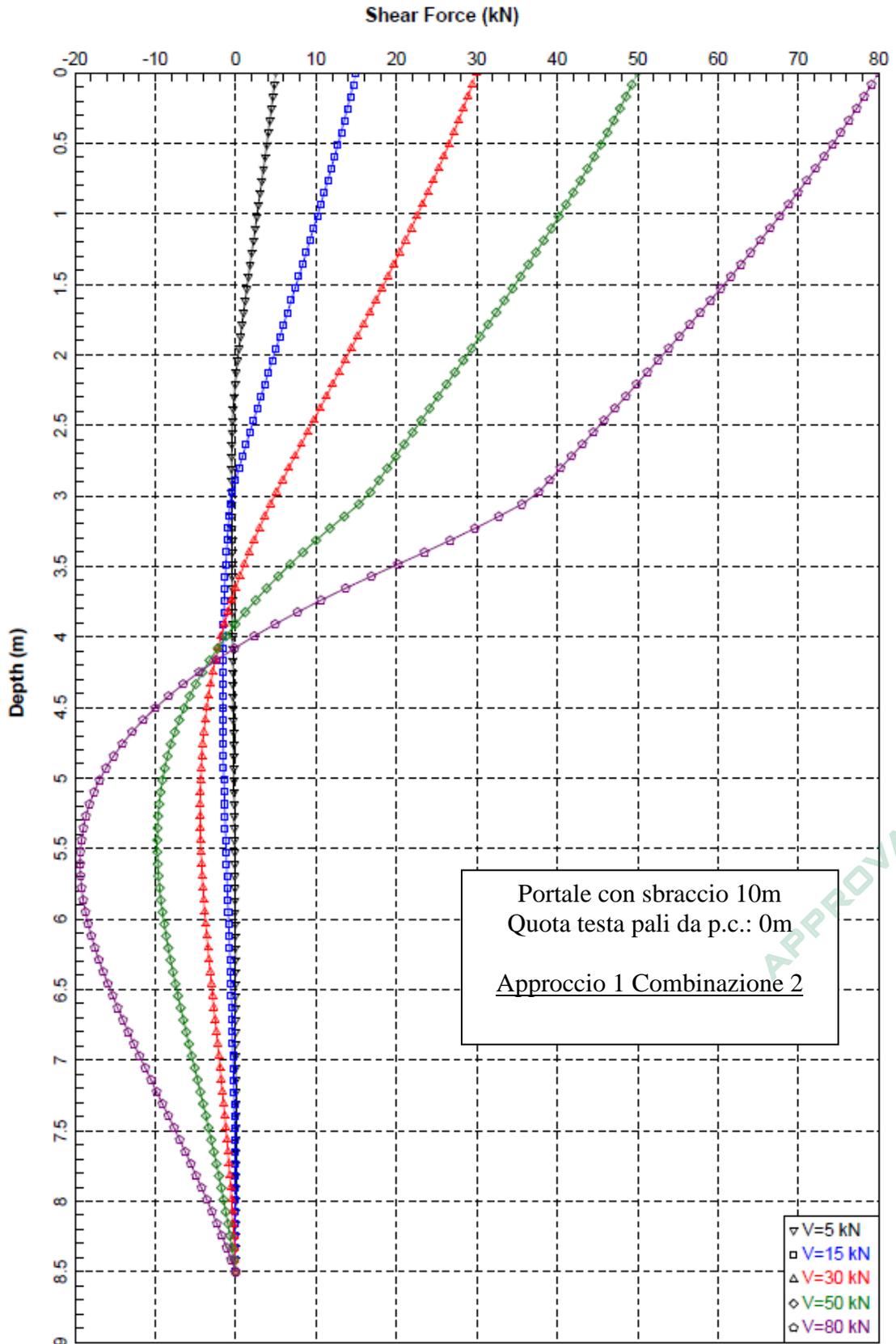
Società di Progetto  
 Brebemi SpA





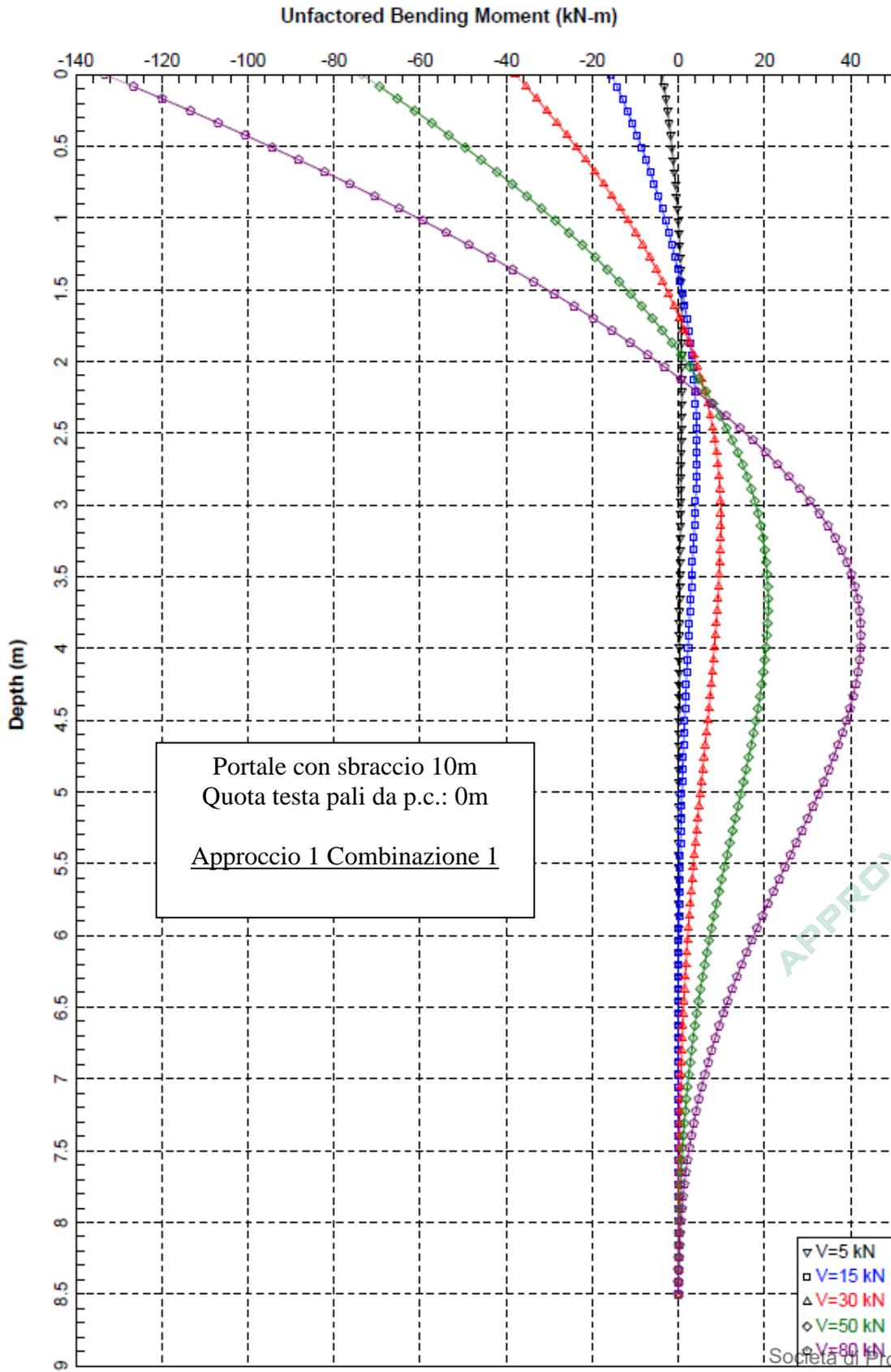
Società di Progetto  
Brebemi SpA



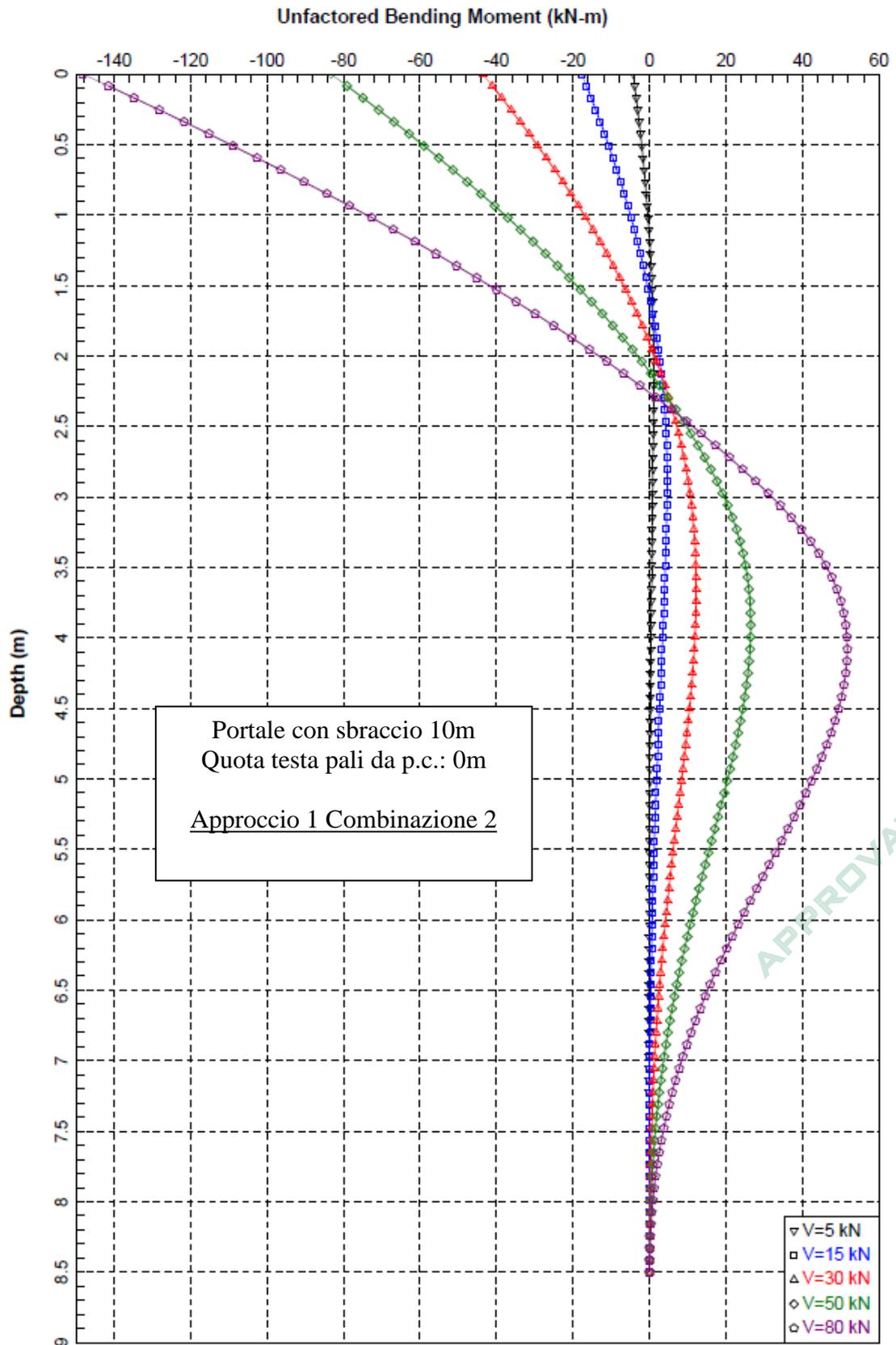


Società di Progetto  
Brebemi SpA



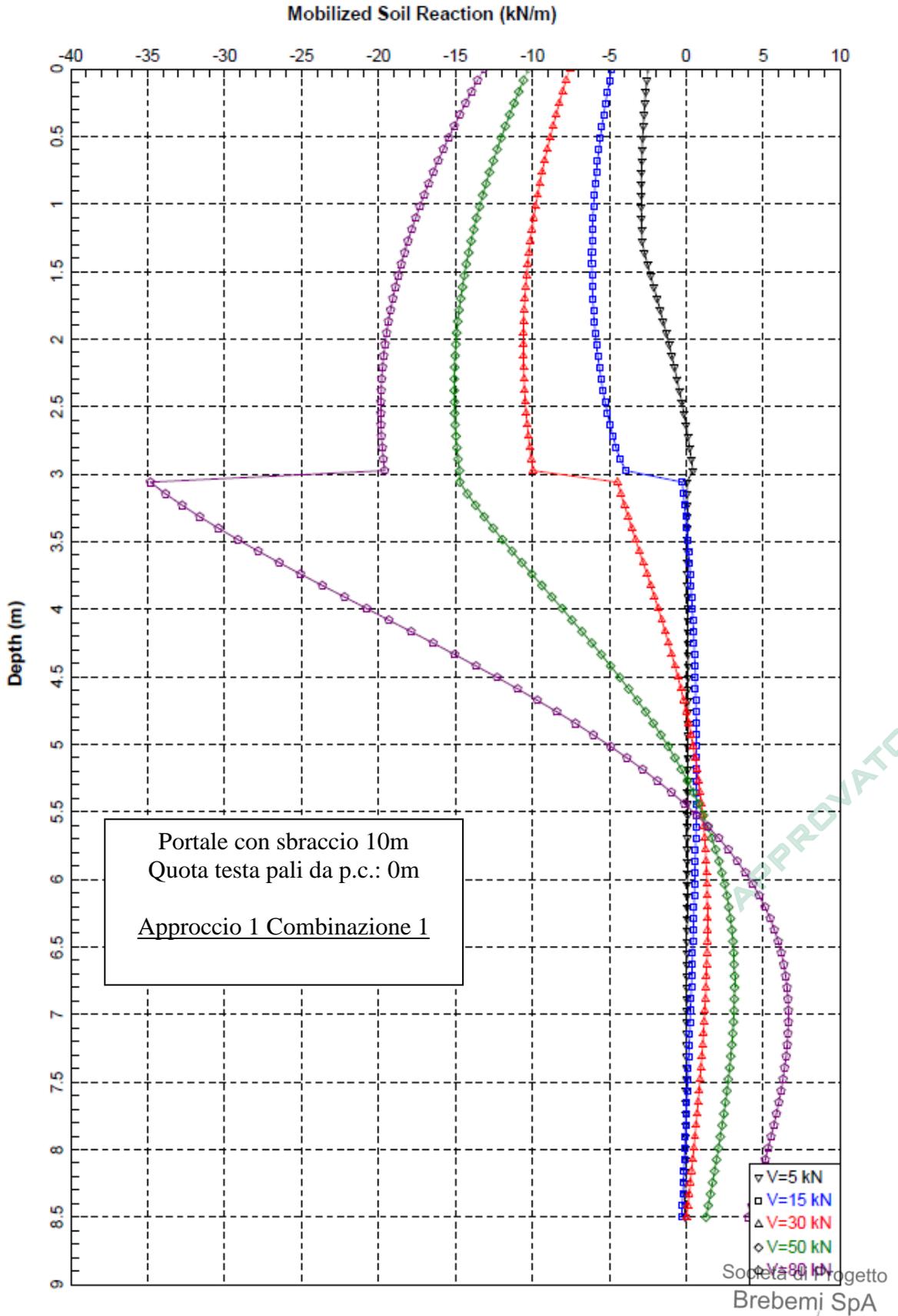


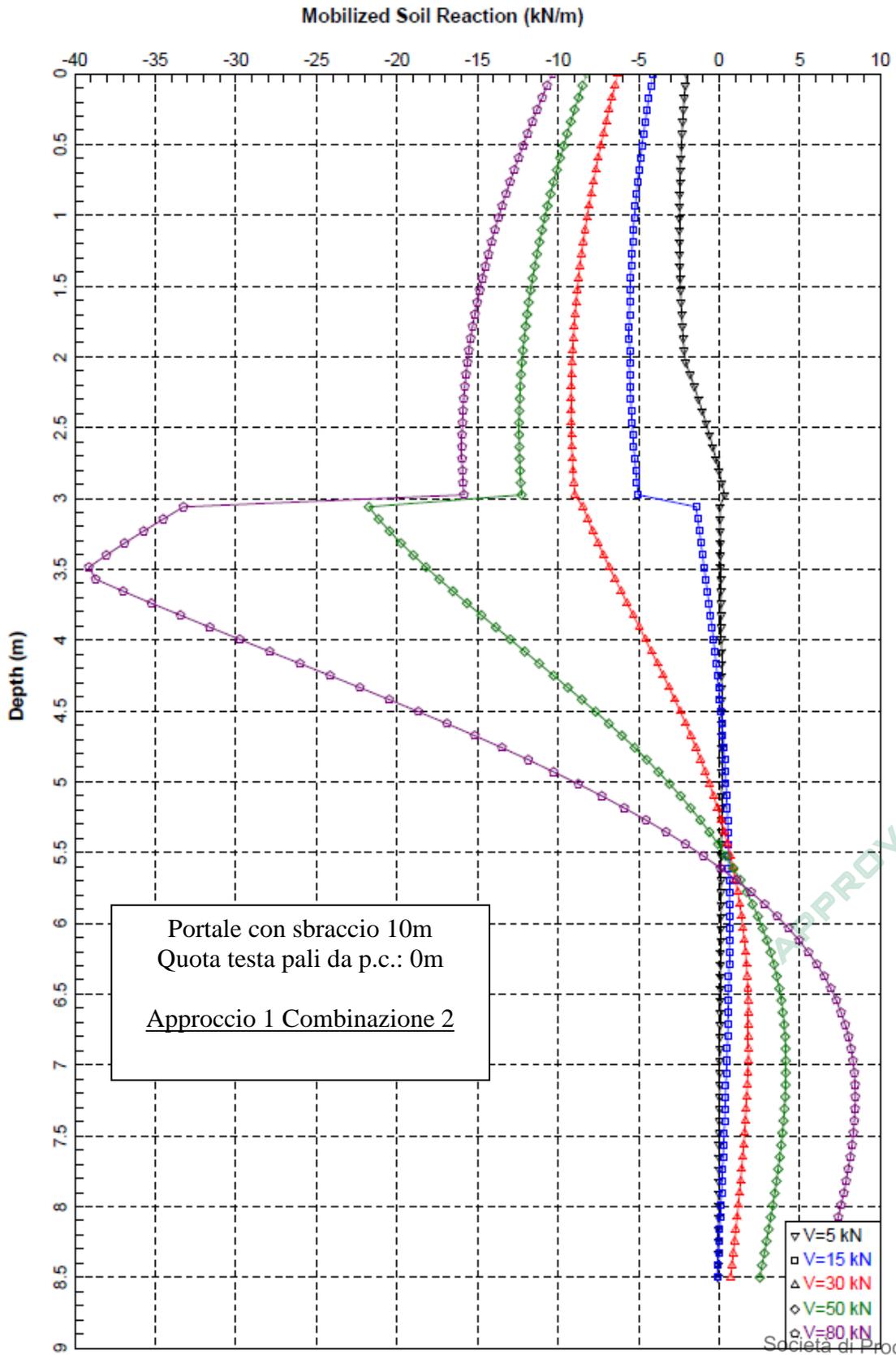
Società di Progetto  
Brebemi SpA



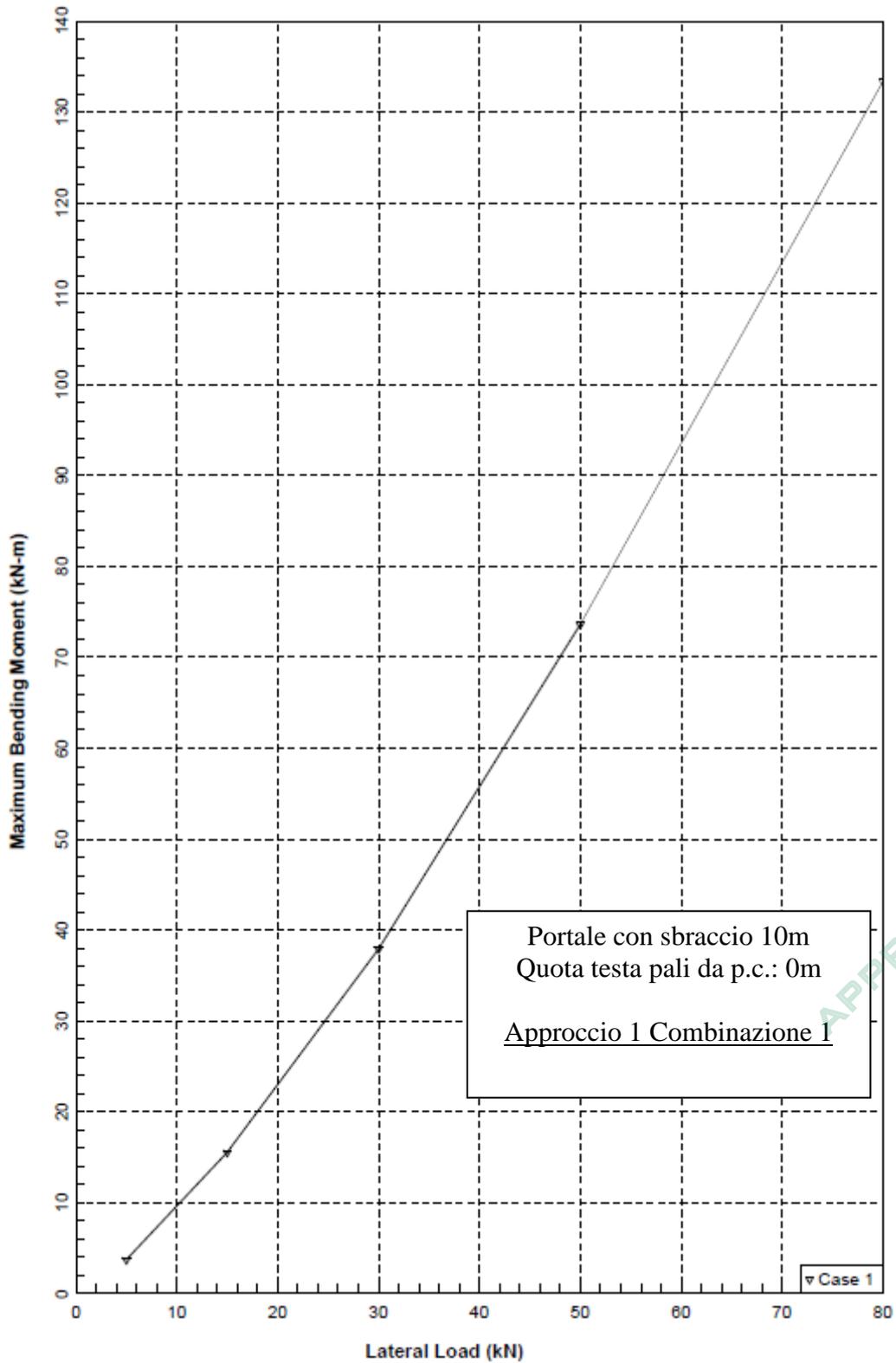
APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA

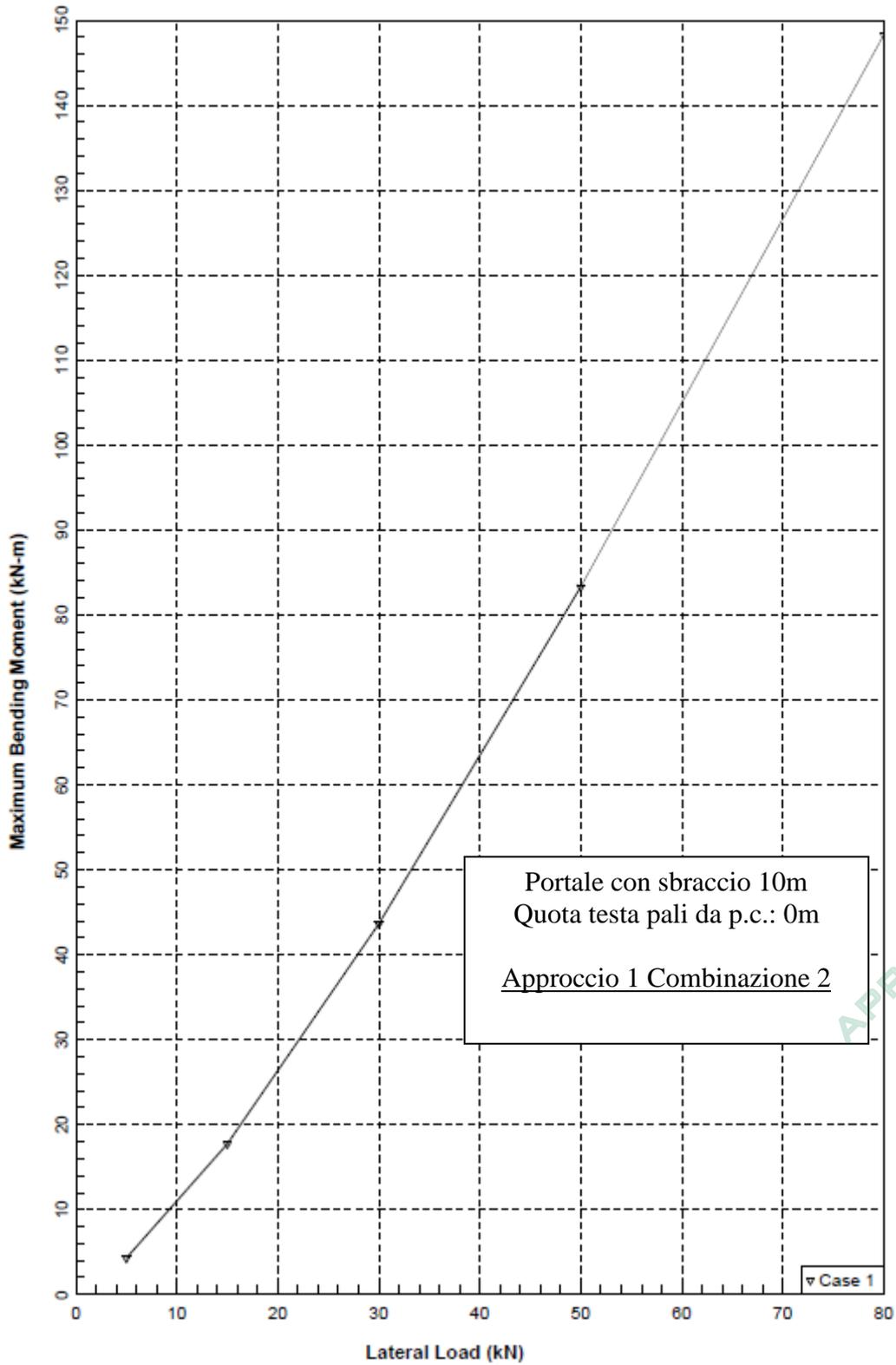




Società di Progetto  
Brebemi SpA



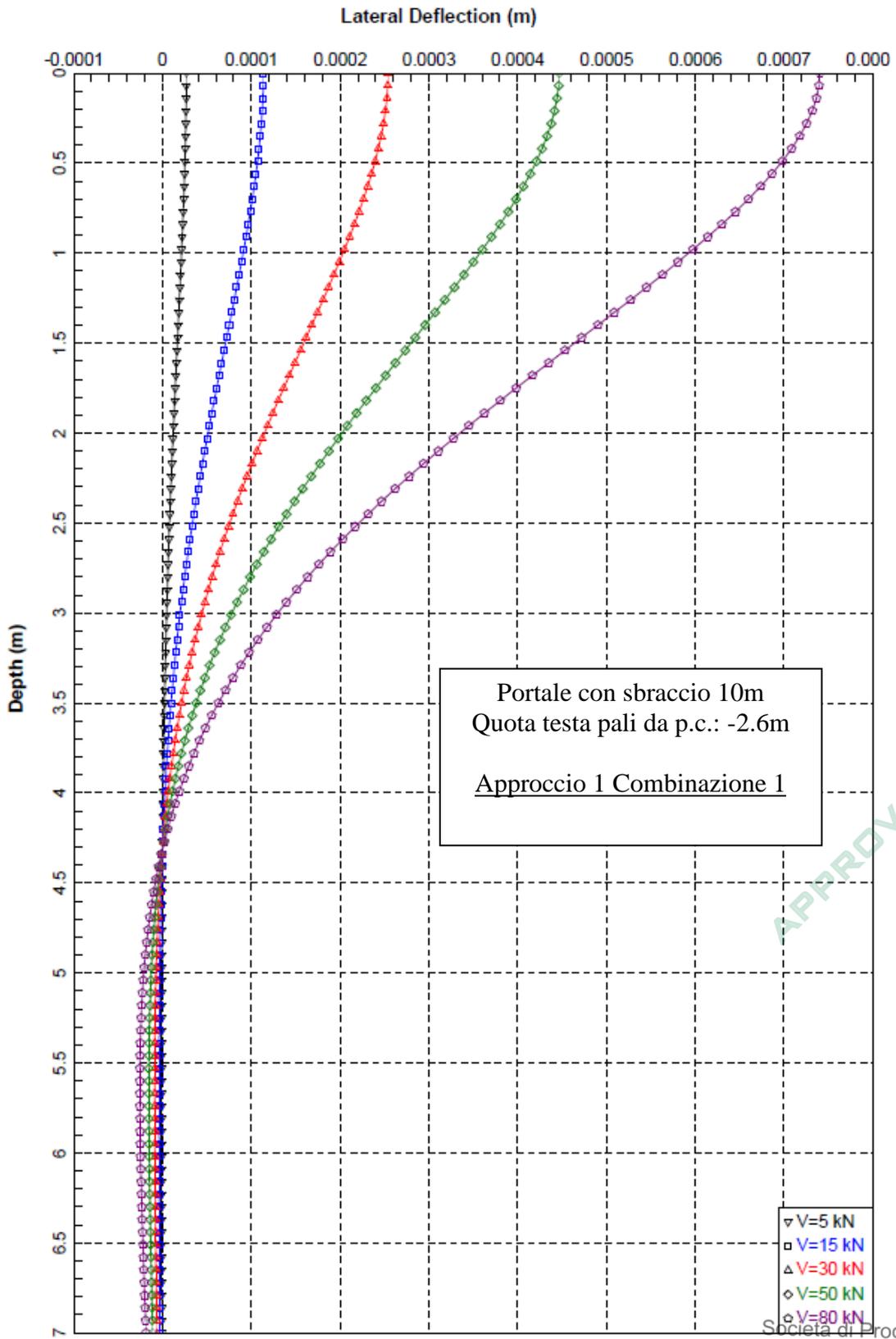
Società di Progetto  
Brebemi SpA



Società di Progetto  
Brebemi SpA

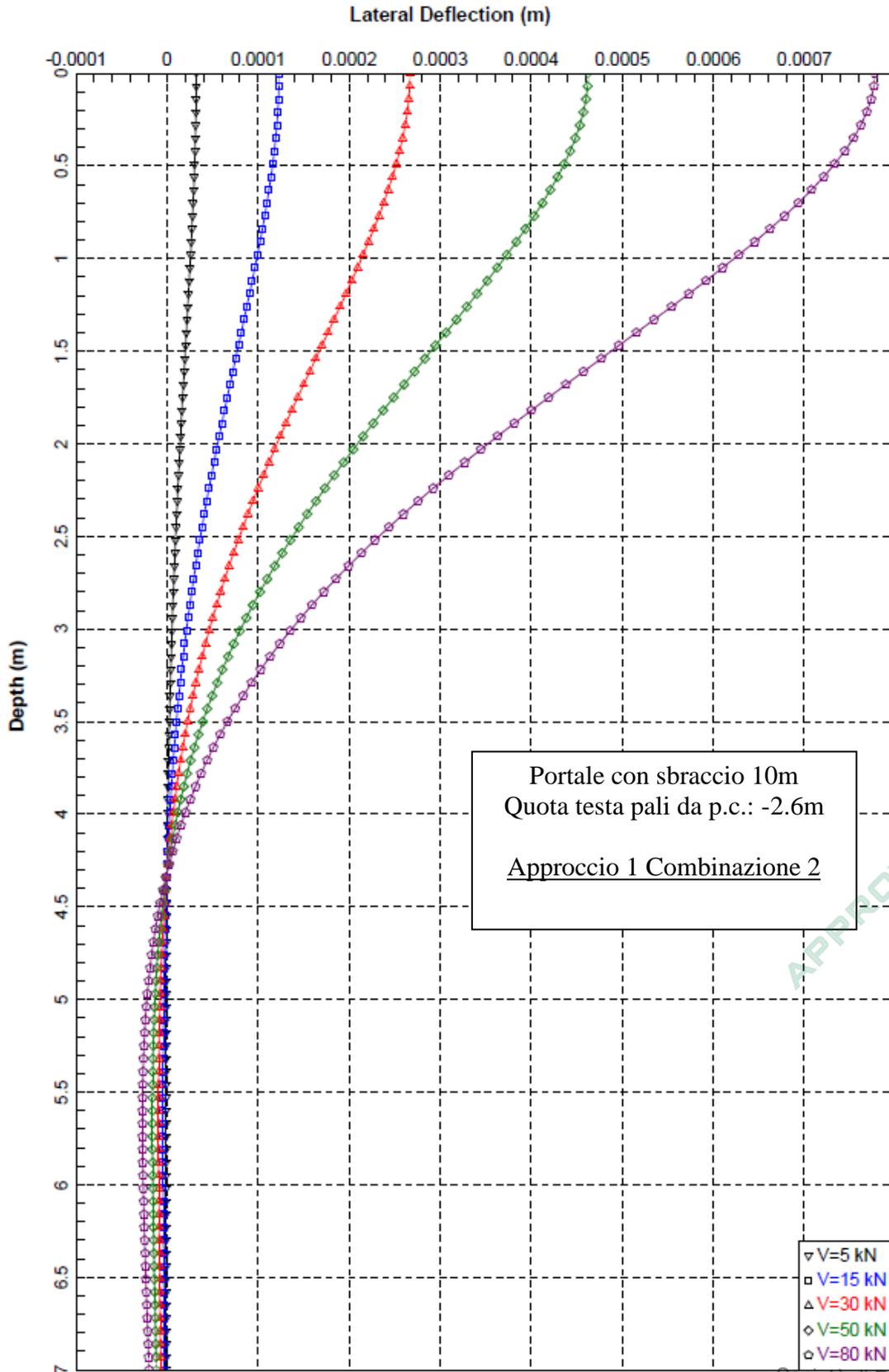


Quota testa pali da p.c. -2.6m (trincea) – Portali con sbraccio 10m

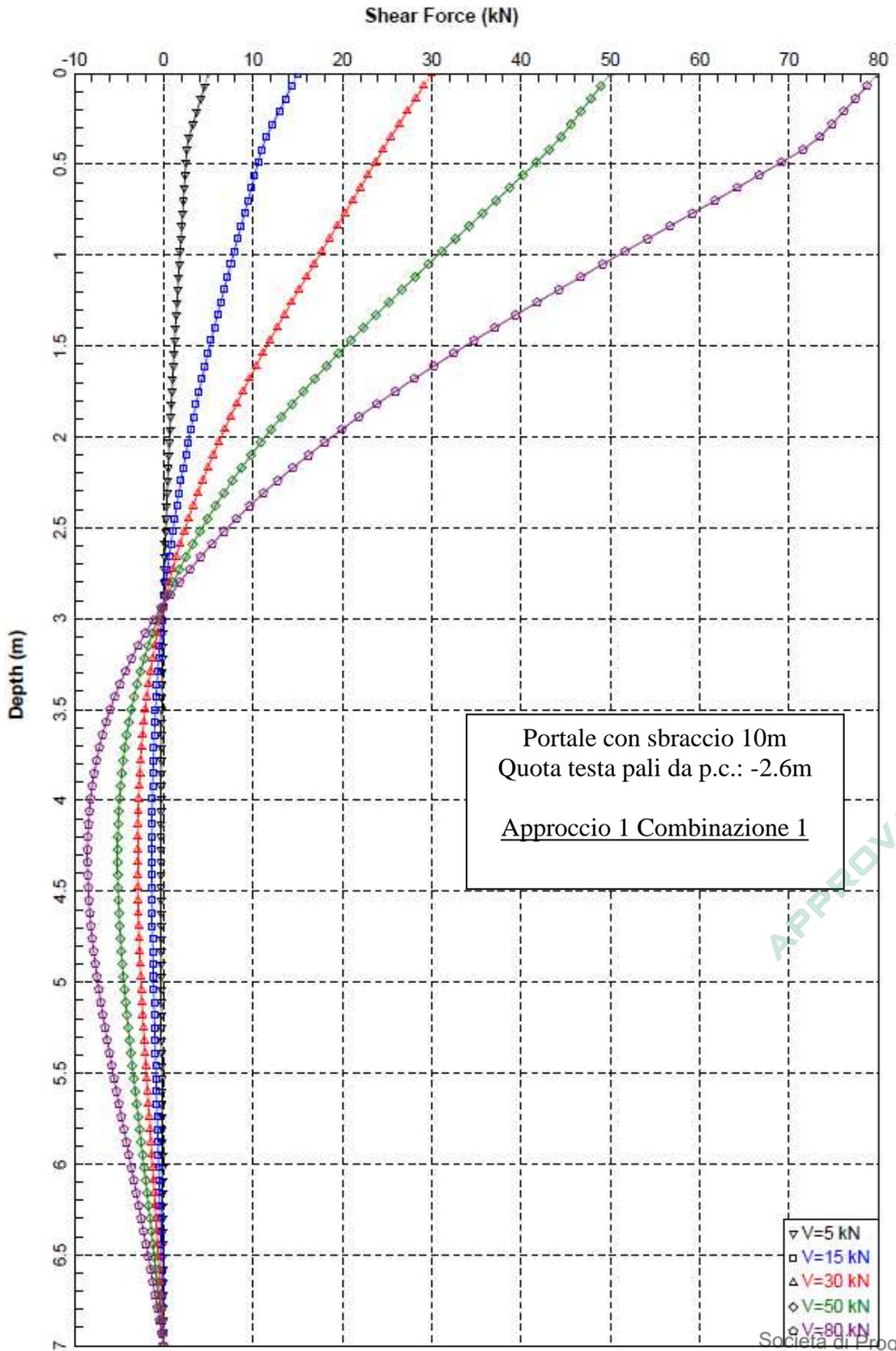


APPROVATO SDP

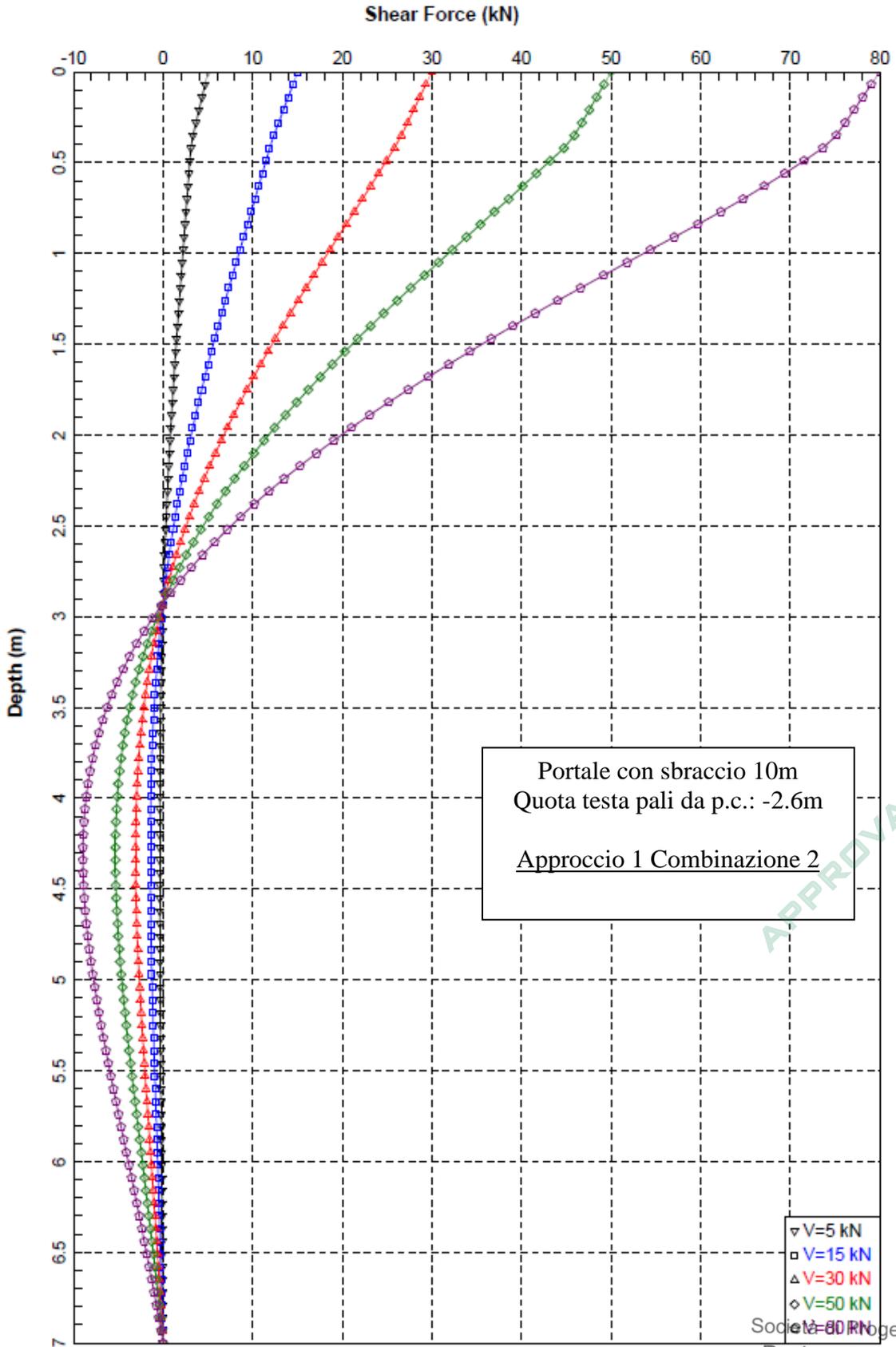
Società di Progetto  
Brebemi SpA



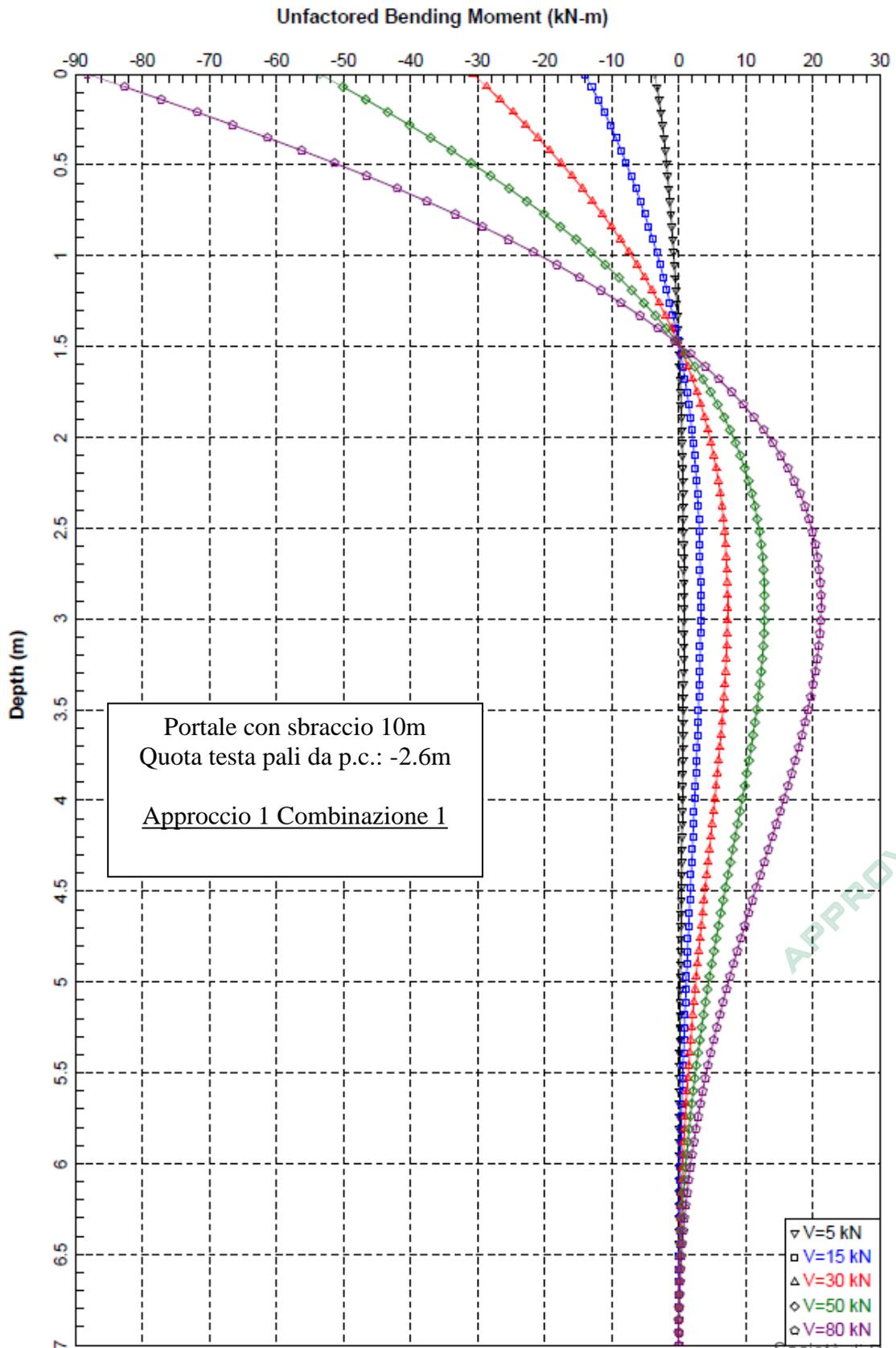
Società di Progetto  
Brebemi SpA



Società di Progetto  
Brebemi SpA

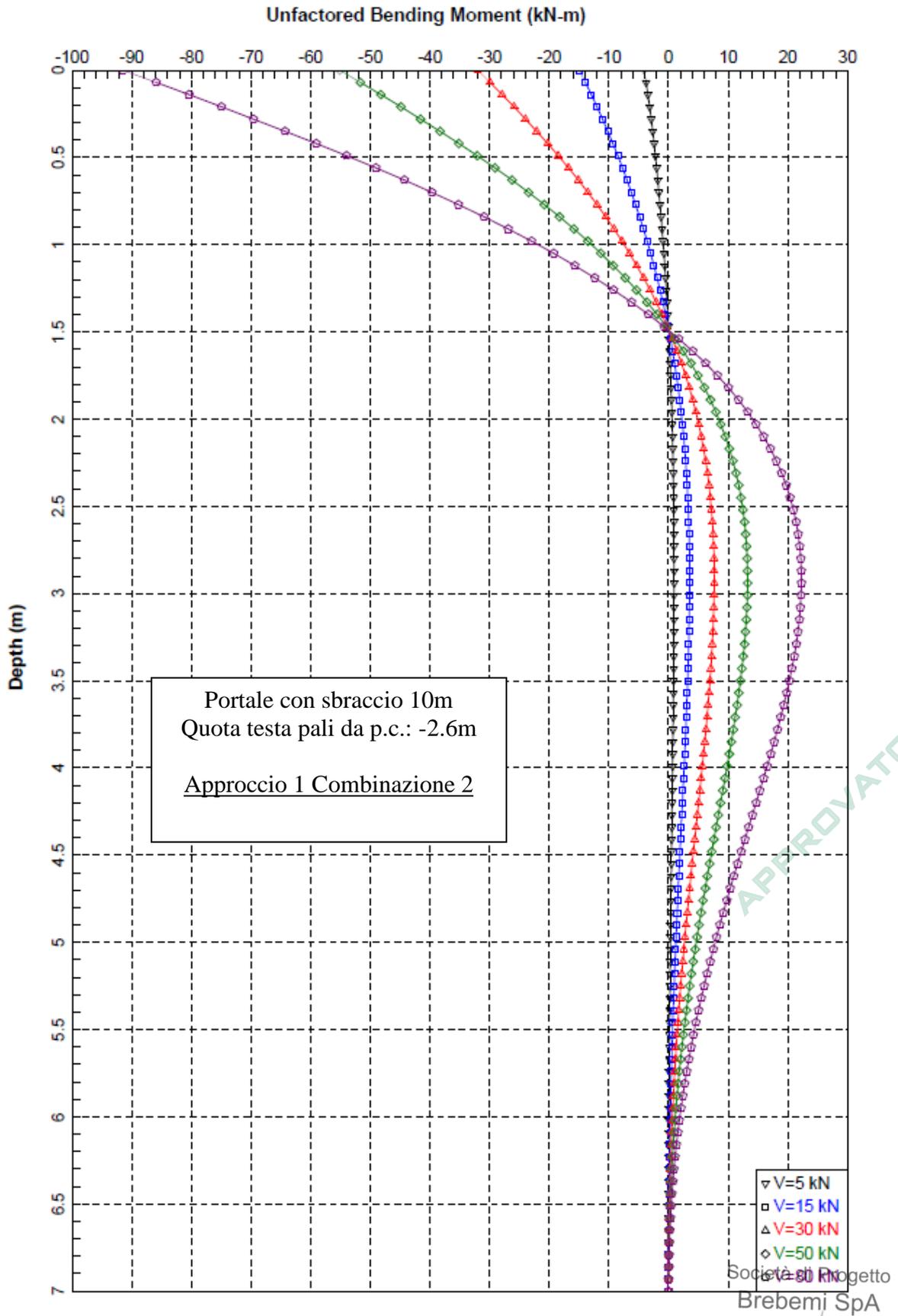


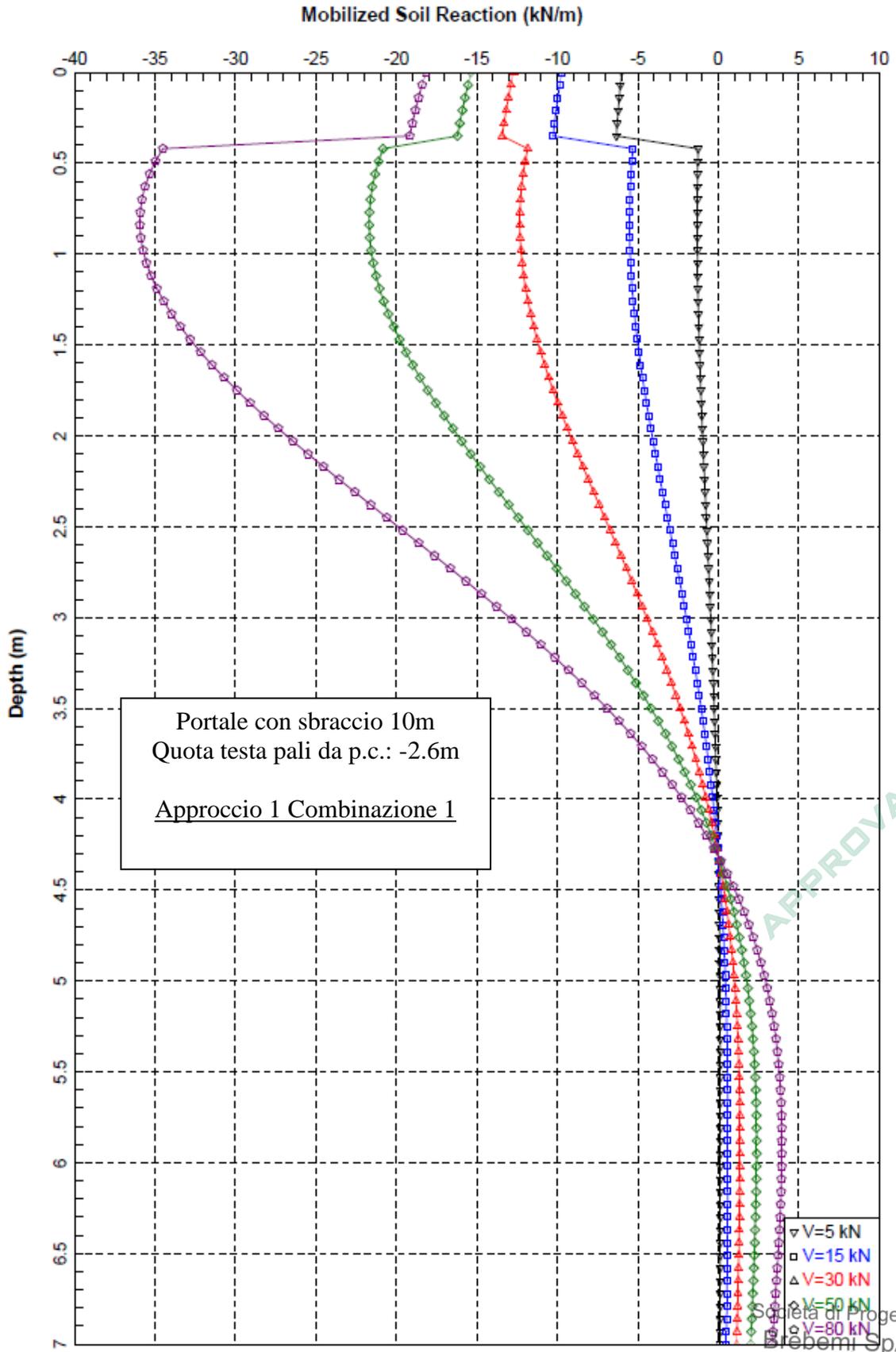
Società di Progetto  
Brebemi SpA

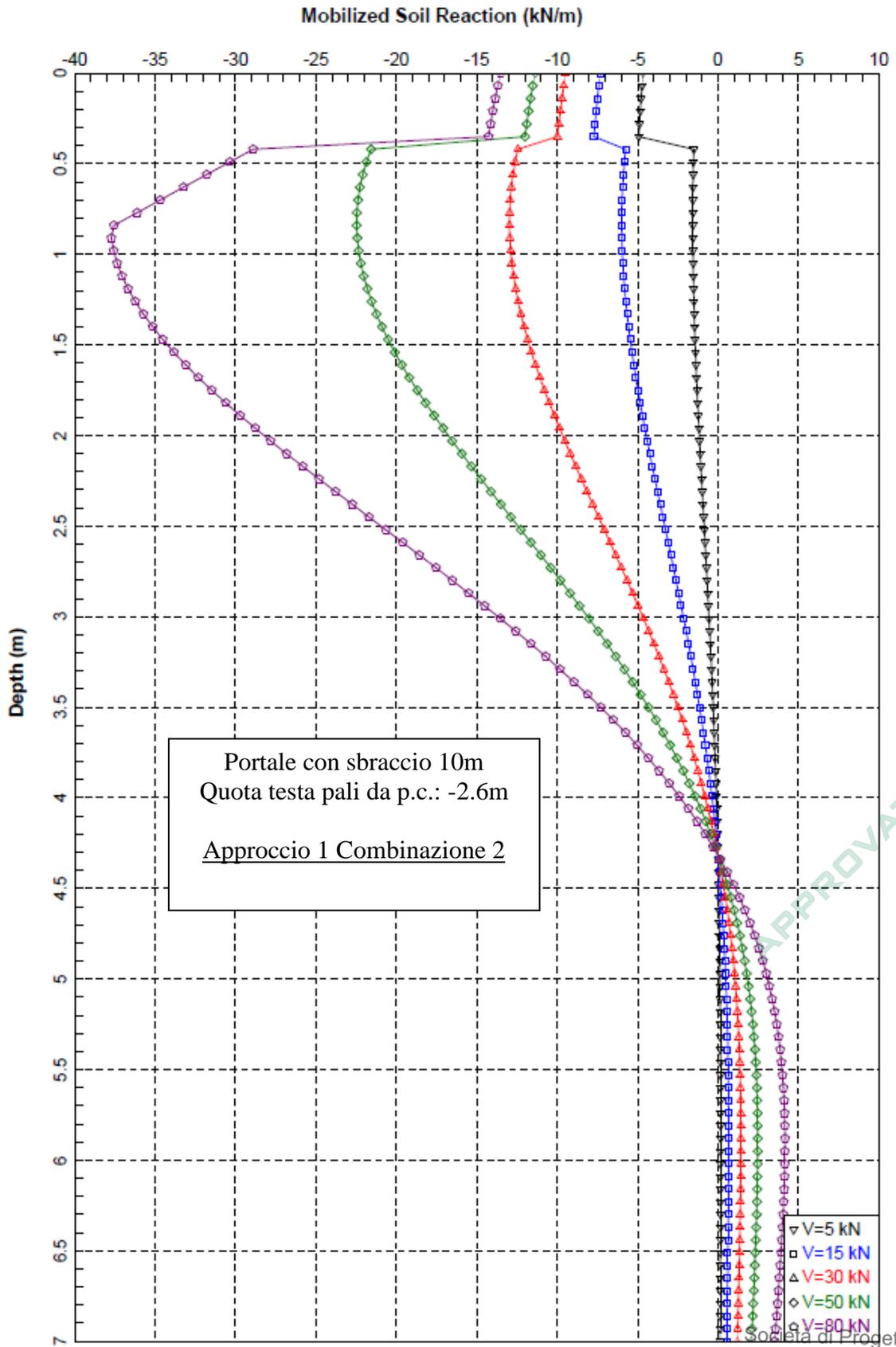


APPROVATO SDP

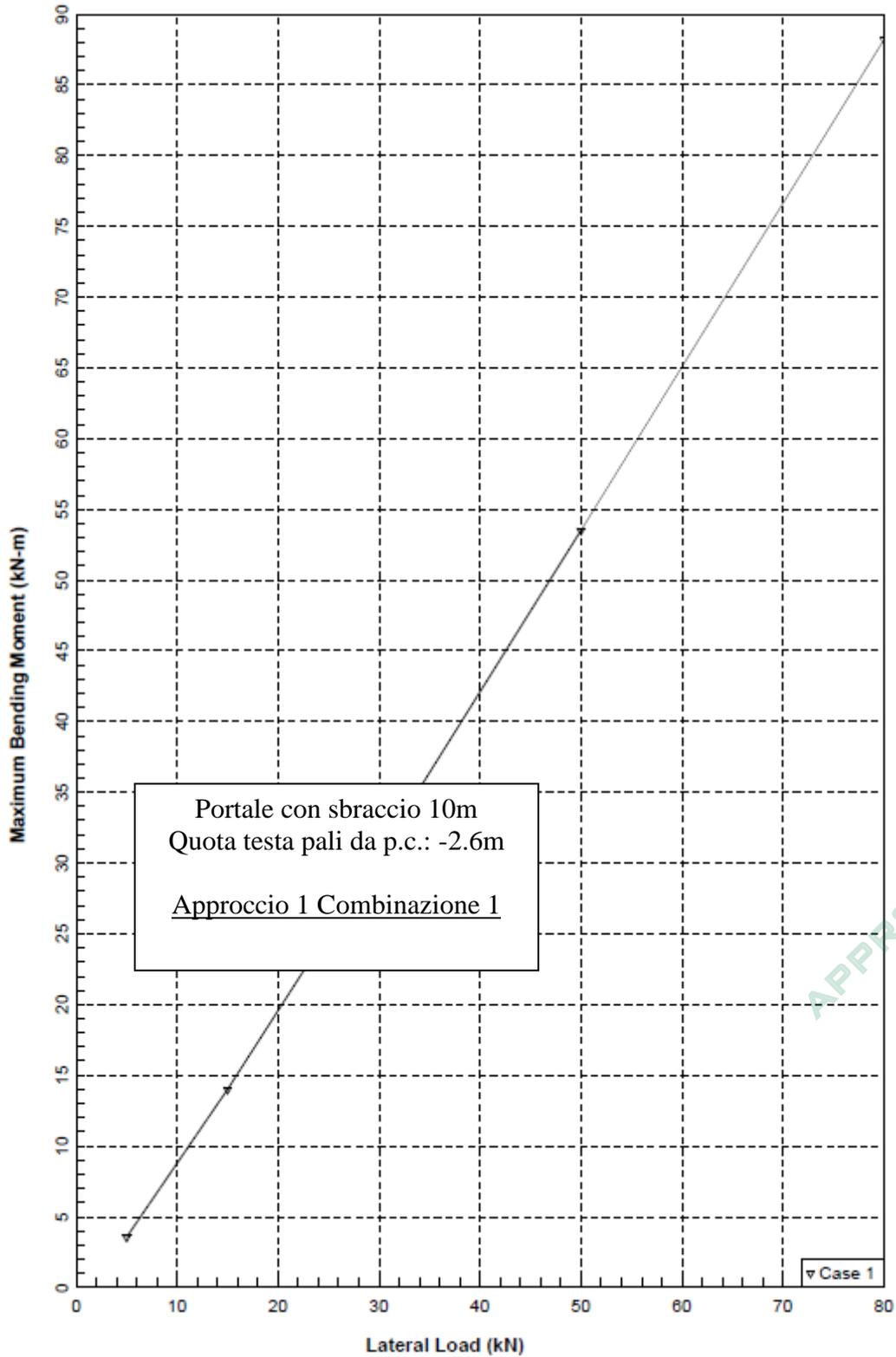
Società di Progetto  
Brebemi SpA







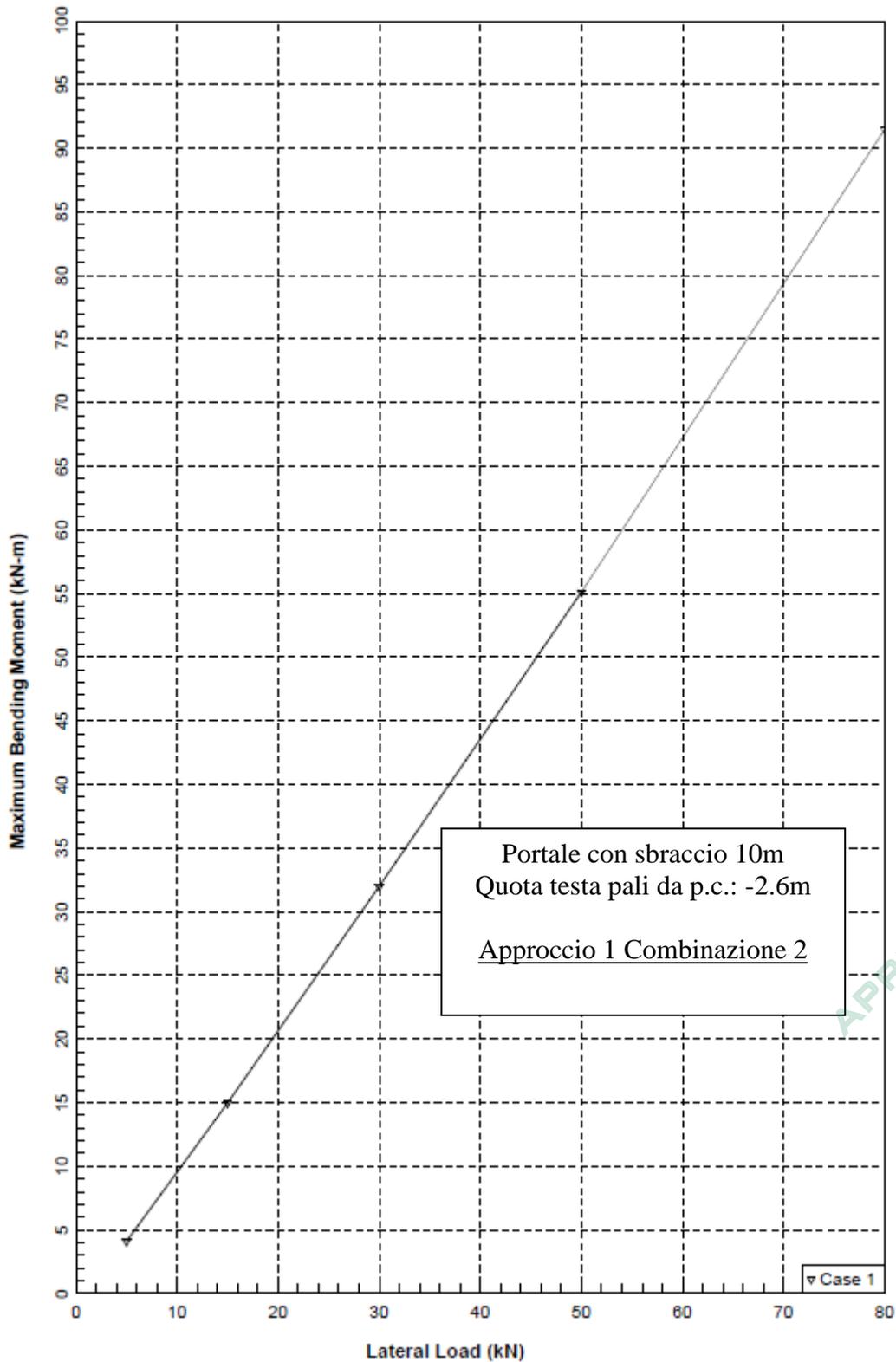
Società di Progetto  
Brebemi SpA



APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA





Società di Progetto  
Brebemi SpA

### 5.1.3 Comportamento del palo nei confronti dei carichi assiali

Sulla base dei casi considerati nel paragrafo precedente, si riportano i diagrammi delle resistenze di progetto ai carichi verticali, determinati sulla base di quanto riportato al §3.

Riassumendo:

Quota testa pali da p.c. 3m:	Approccio 1 – Combinazione 1	Figura 2;
	Approccio 1 – Combinazione 2	Figura 3.
Quota testa pali da p.c. 1.5m:	Approccio 1 – Combinazione 1	Figura 4;
	Approccio 1 – Combinazione 2	Figura 5.
Quota testa pali da p.c. 0m:	Approccio 1 – Combinazione 1	Figura 6;
	Approccio 1 – Combinazione 2	Figura 7.
Quota testa pali da p.c. -2.6m:	Approccio 1 – Combinazione 1	Figura 8;
	Approccio 1 – Combinazione 2	Figura 9.

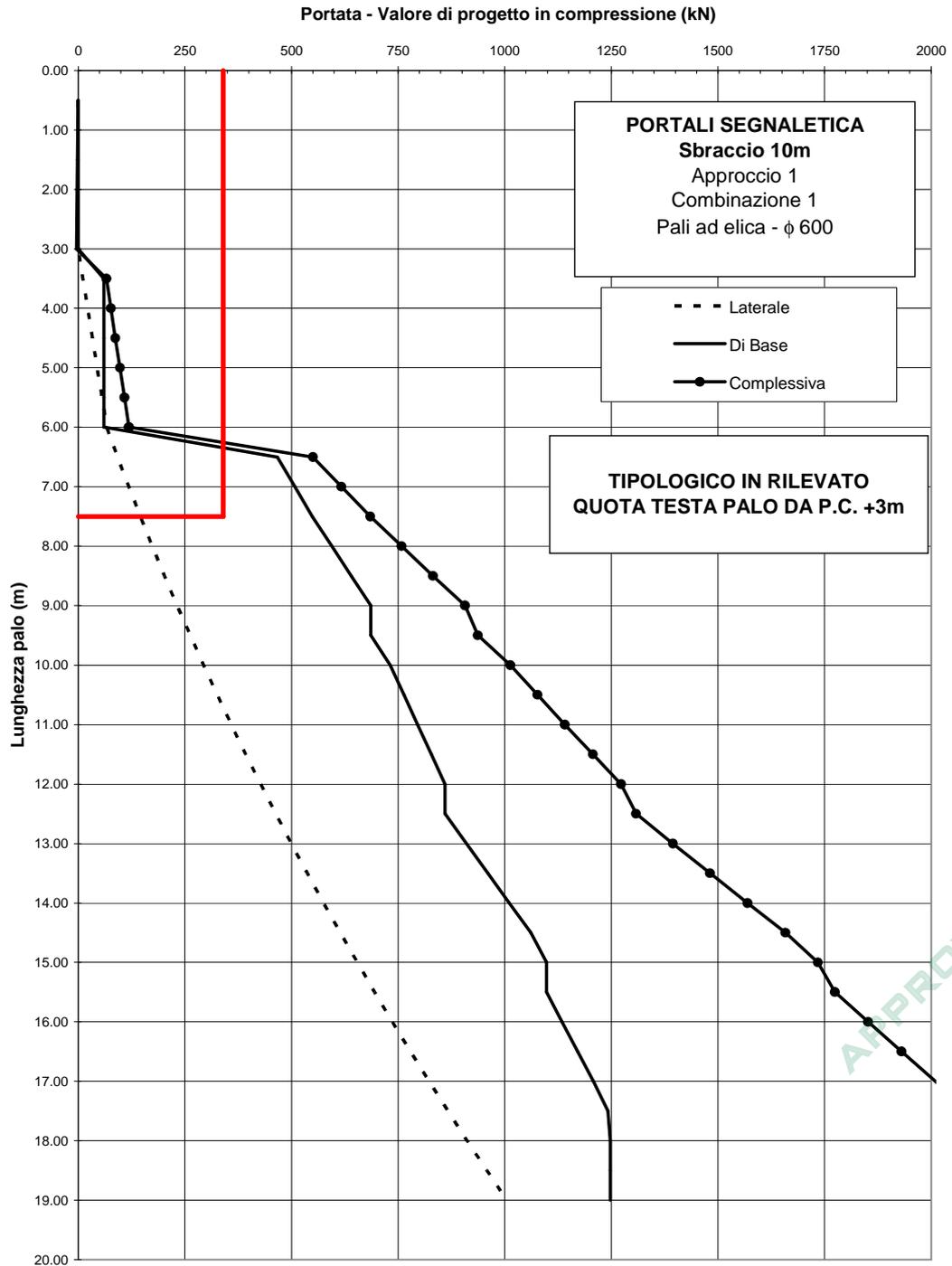
Nei grafici di cui sopra sono riportati anche i carichi verticali di progetto considerati (linea rossa).

Come si può dedurre dai grafici in allegato, la verifica per carichi verticali non risulta mai dimensionante nei riguardi della lunghezza dei pali.

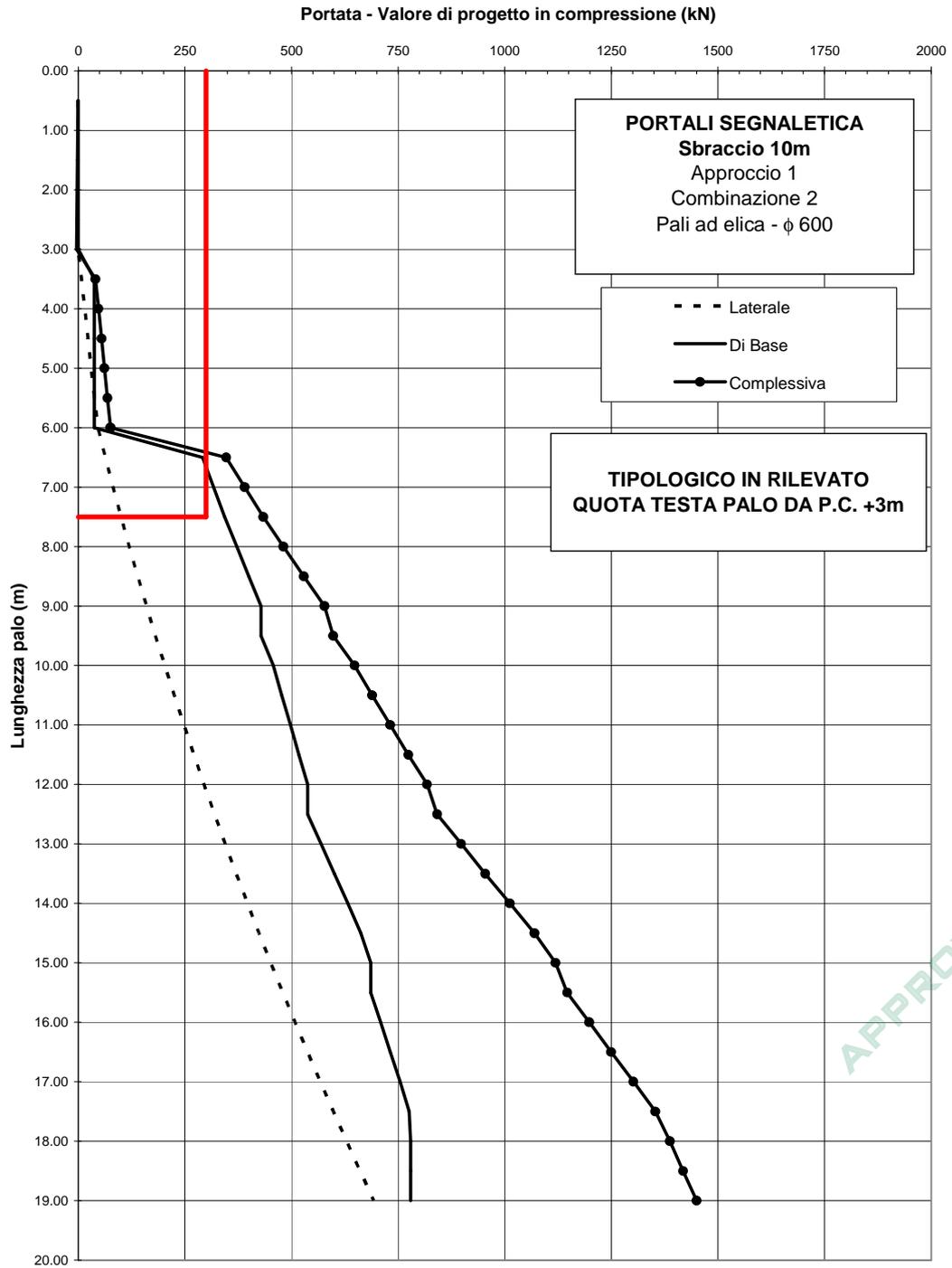
APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA

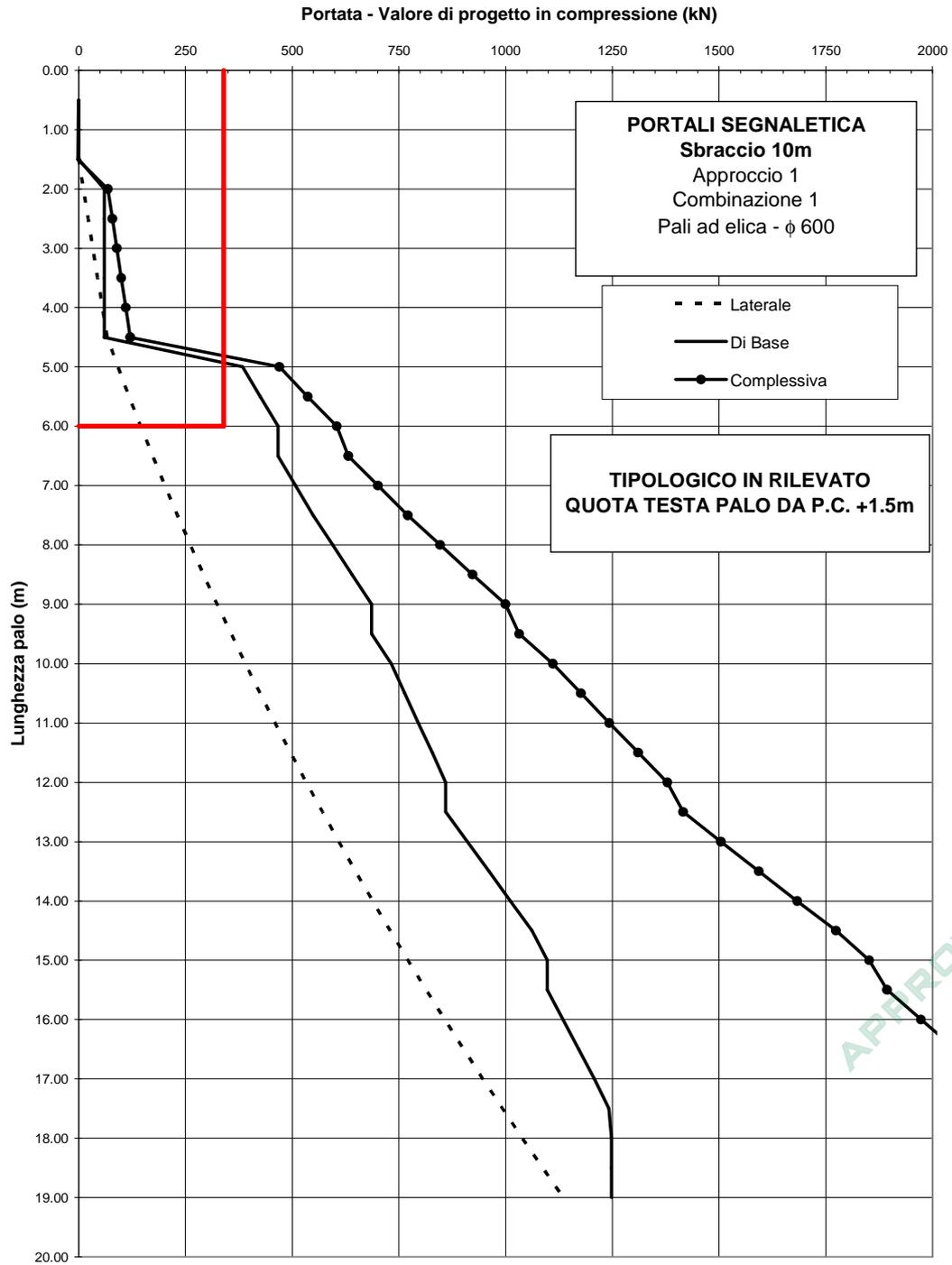




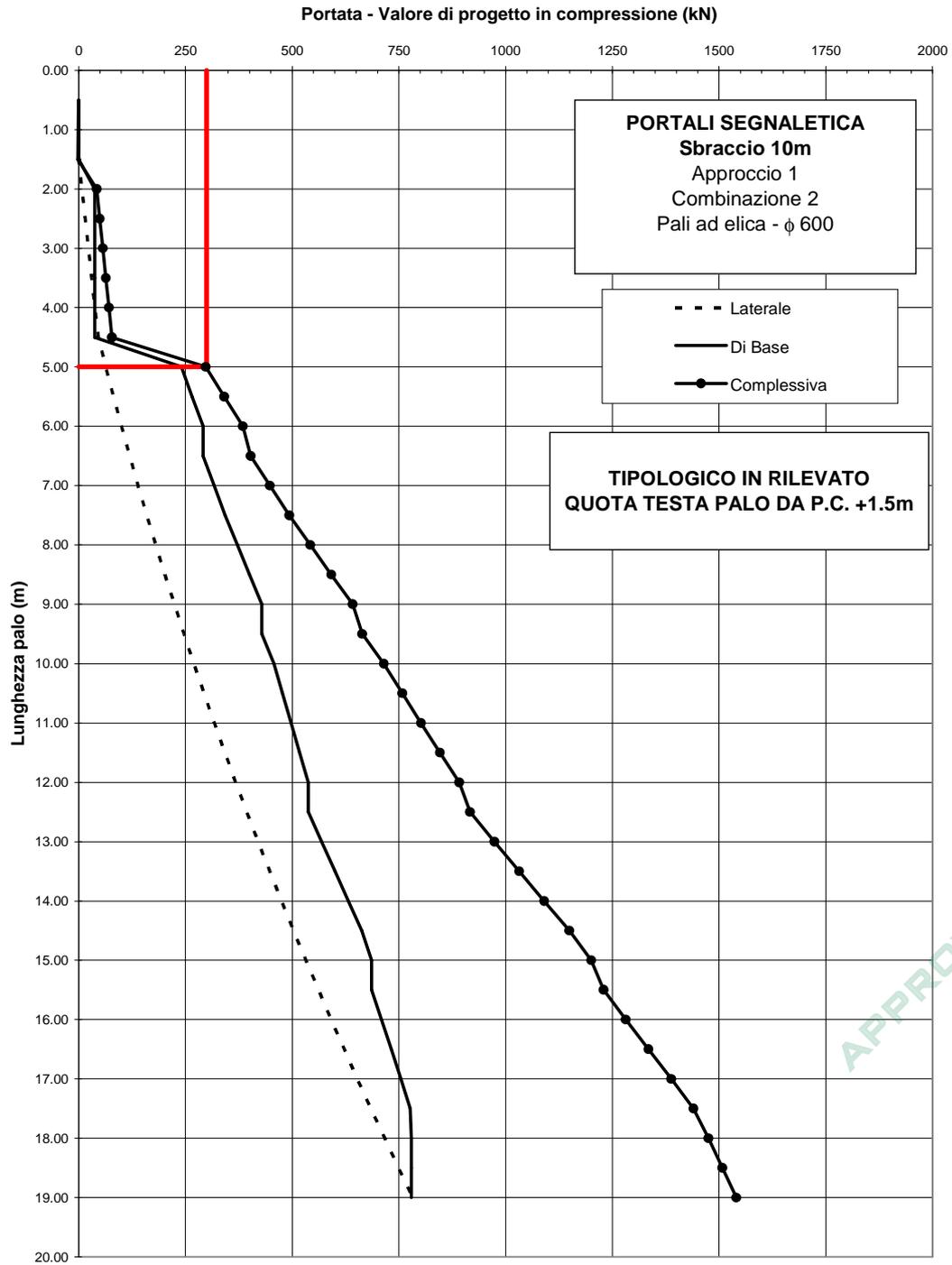
**Figura 2** – Capacità assiale palo – Approccio 1 Combinazione 1 – Portali con sbraccio 10m – Altezza testa pali 3m



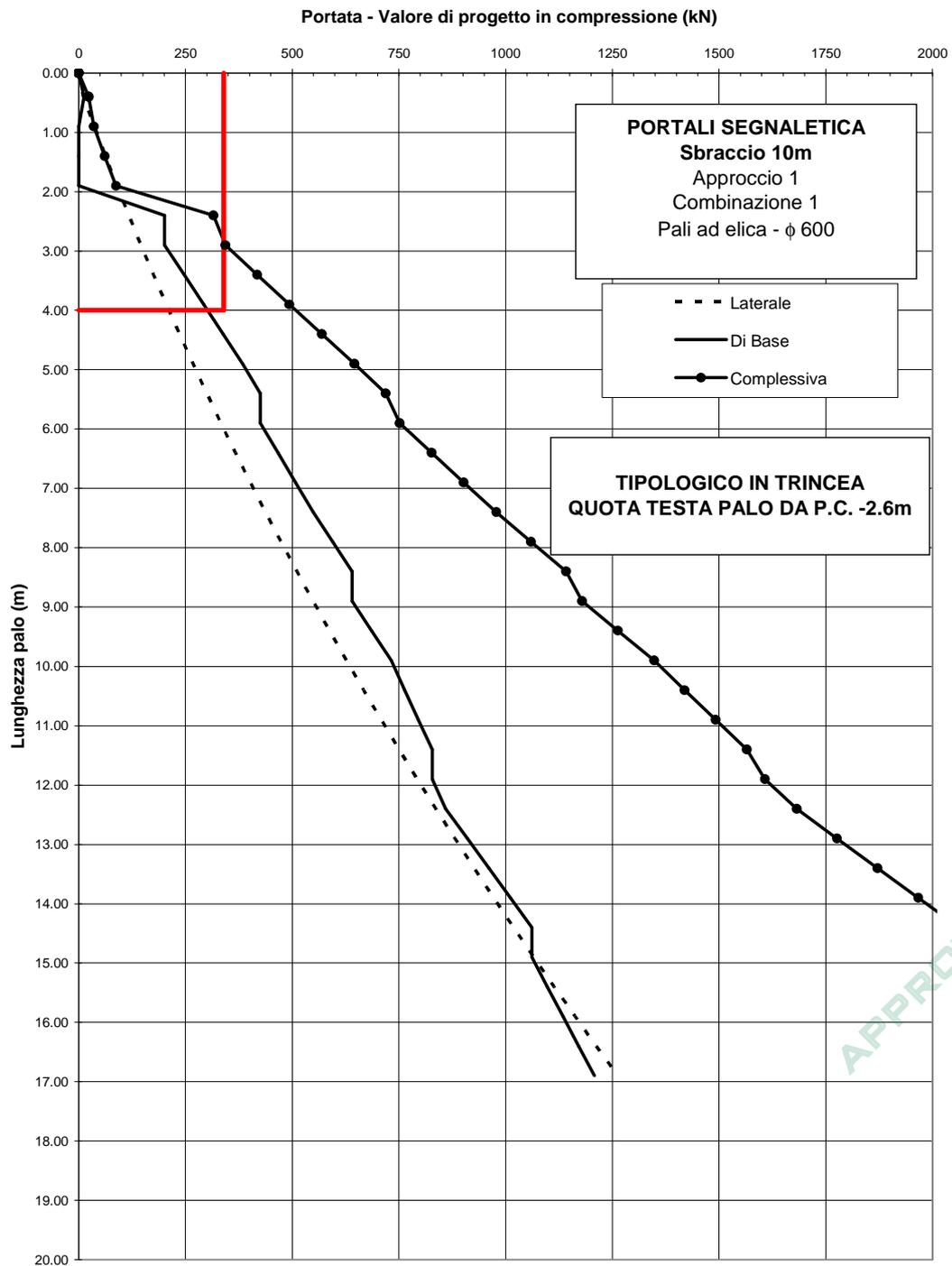
**Figura 3** – Capacità assiale palo – Approccio 1 Combinazione 2 – Portali con sbraccio 10m – Altezza testa pali 3m



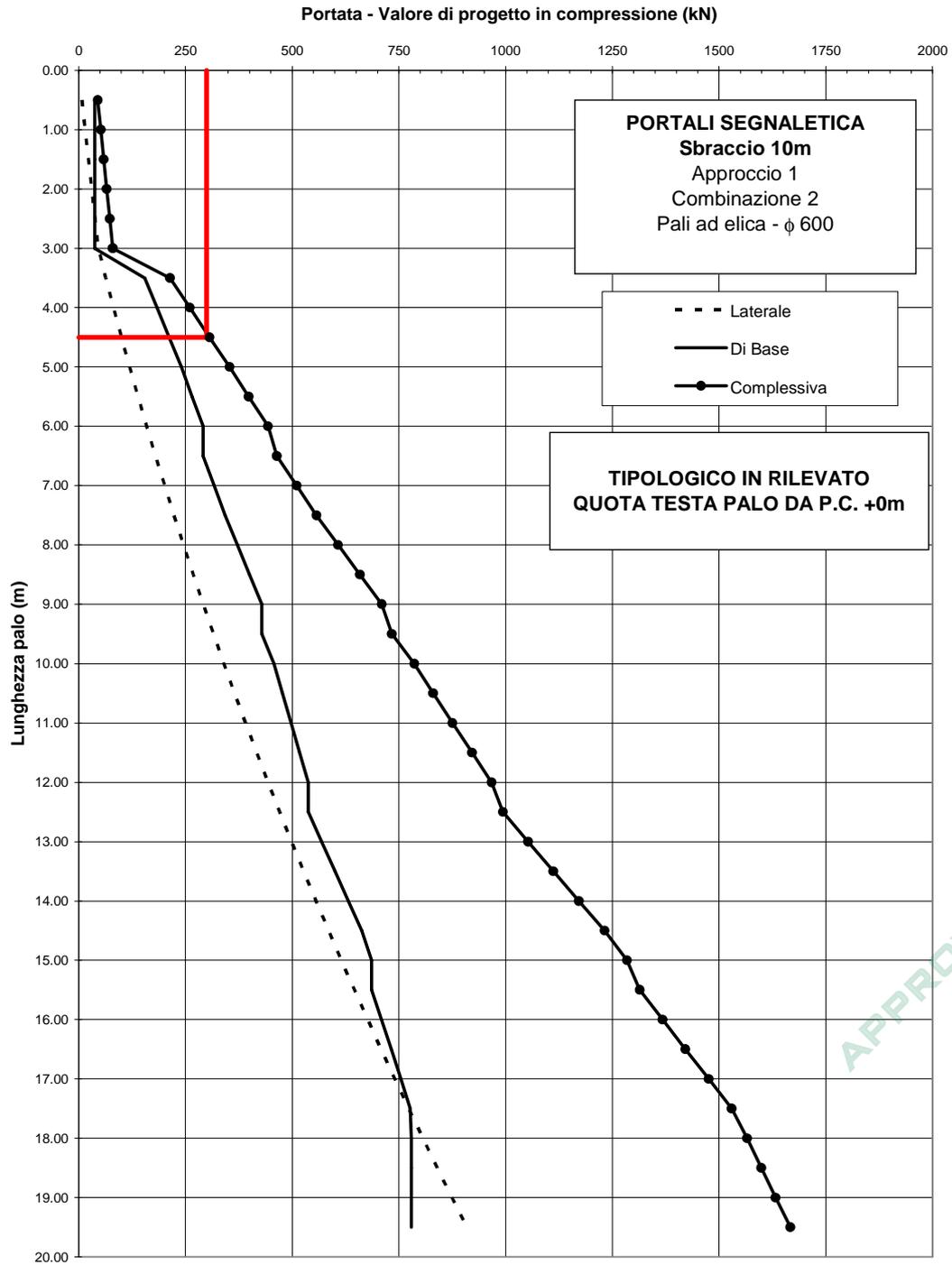
**Figura 4 – Capacità assiale palo – Approccio 1 Combinazione 1 – Portali con sbraccio 10m –**  
 Altezza testa pali 1.5m



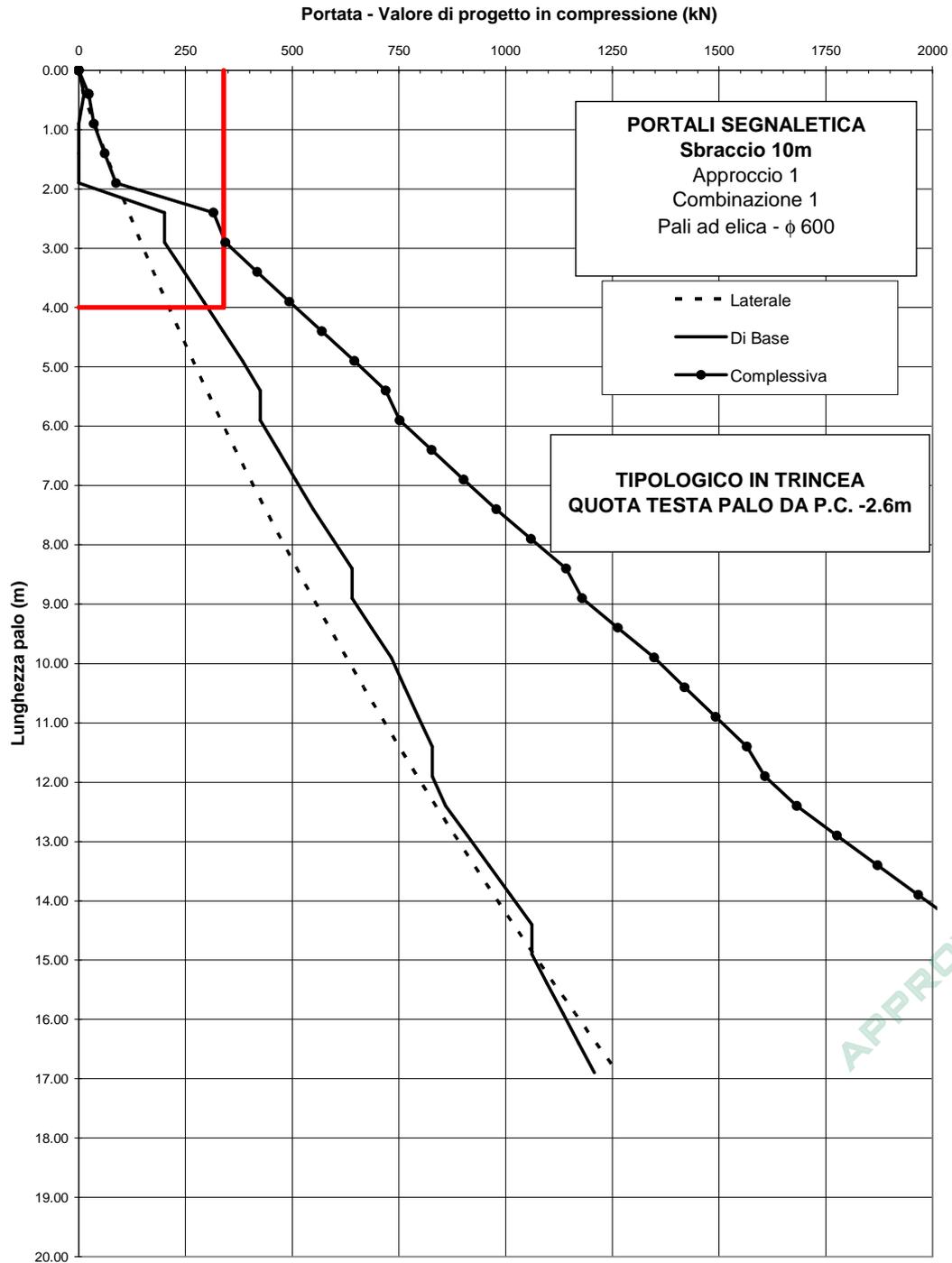
**Figura 5** – Capacità assiale palo – Approccio 1 Combinazione 2 – Portali con sbraccio 10m – Altezza testa pali 1.5m



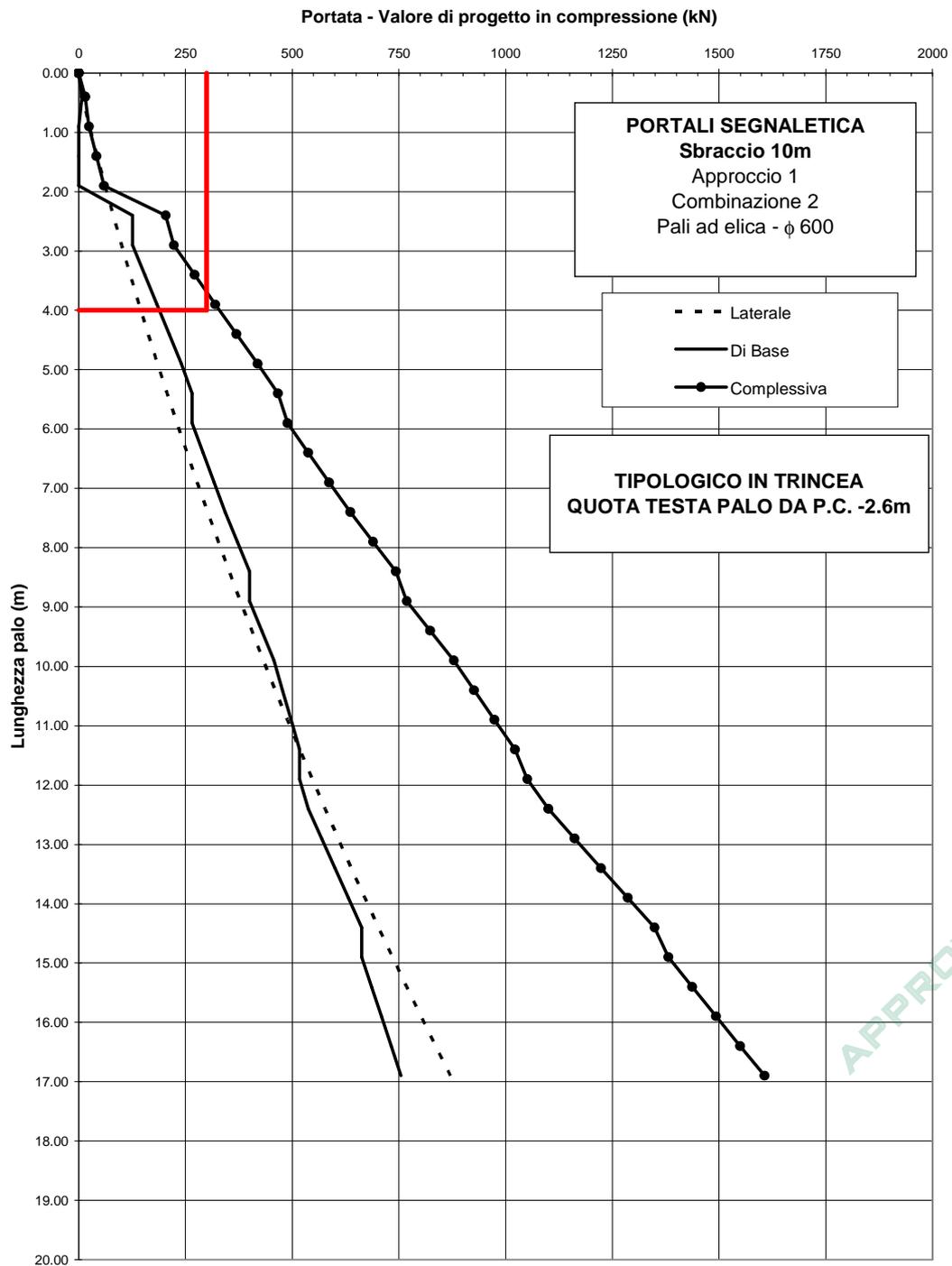
**Figura 6** – Capacità assiale palo – Approccio 1 Combinazione 1 – Portali con sbraccio 10m –  
 Altezza testa pali 0m



**Figura 7 – Capacità assiale palo – Approccio 1 Combinazione 2 – Portali con sbraccio 10m – Altezza testa pali 0m**



**Figura 8** – Capacità assiale palo – Approccio 1 Combinazione 1 – Portali con sbraccio 10m – Altezza testa pali -2.6m



**Figura 9** – Capacità assiale palo – Approccio 1 Combinazione 2 – Portali con sbraccio 10m – Altezza testa pali -2.6m

Società di Progetto  
Brebemi SpA

### 5.1.3.1 Riepilogo lunghezze minime dei pali di fondazione

Sulla base delle verifiche effettuate nei paragrafi precedenti, si sono determinate le seguenti lunghezze minime dei pali di fondazione per i portali con sbraccio pari a 10m:

PORTALI CON SBRACCIO 10m							
Caso	Quota testa pali risp. p.c.	Lunghezza dimensionante risp. a cap. portante	Lunghezza dimensionante risp. a cap. laterale	Carico max compressione	Carico max trazione	Carico max taglio	Lunghezza palo
	(m)	(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(m)
Tratti in rilevato							
SLU -C1	0	4.5	8.5	309	1	55	8.5
SLU -C1	1.5	6	9				9
SLU -C1	3	7.5	9				9
SLU -C2	0	4.5	8.5	272	0	47	8.5
SLU -C2	1.5	6	9				9
SLU -C2	3	7.5	9				9
Tratti in trincea							
SLU -C1	-2.6	4	7	309	1	55	7
SLU -C2	-2.6	4	7	272	0	47	7

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA

