



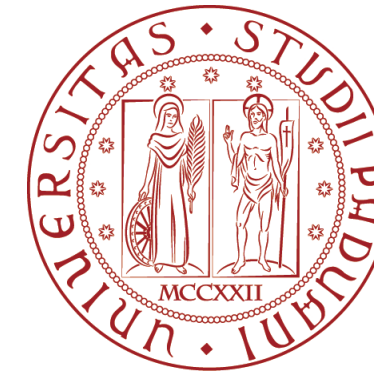
Potenziare l'apprendimento integrato di fisica e matematica: un ponte tra università e scuola secondaria

Stefania LIPPIELLO^(1,2), Marta CARLI⁽¹⁾, Ornella PANTANO⁽¹⁾

(1) Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Padova

(2) Liceo Scientifico J. Da Ponte, Bassano del Grappa, Vicenza

Background



Progetto PLS - a.a. 2017/2018

Obiettivi: Supportare gli studenti del primo anno di università nell'uso della matematica nei corsi di Fisica 1

Partecipanti: Studenti dei corsi delle Scuole di Scienze e di Ingegneria (600-1000 rispondenti l'anno)

Output:

- "Test of Calculus and Vectors in Mathematics and Physics" (Carli et al., 2020) - Strumento per (auto)valutare l'uso di derivate, integrali e vettori in contesto puramente matematico e in contesto fisico (meccanica): coppie di item paralleli
- Moduli di potenziamento online

Esempi di item paralleli



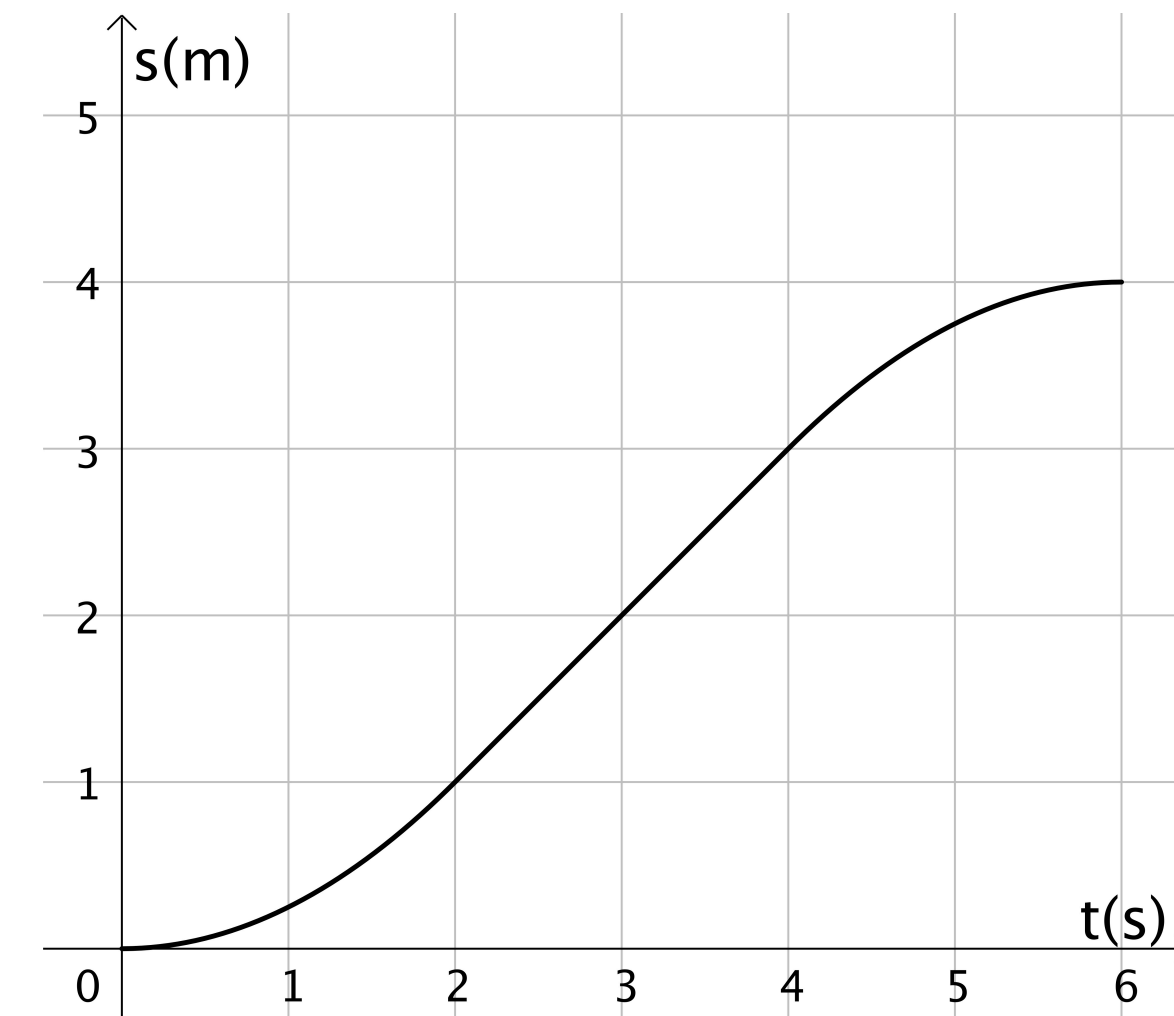
Item 3M. La figura seguente mostra il grafico della funzione f , definita in \mathbb{R} .



Si consideri la funzione g che ad ogni x associa il coefficiente angolare della retta tangente al grafico di $f(x)$ nel punto $(x, f(x))$. Quanto vale $g(3)$?

- (A) $2/3$
- (B) 3
- (C) $3/2$
- (D) 1
- (E) $1/3$

Item 3P. La figura seguente mostra il grafico posizione-tempo di un oggetto.



Quanto vale la sua velocità all'istante di tempo $t=3s$?

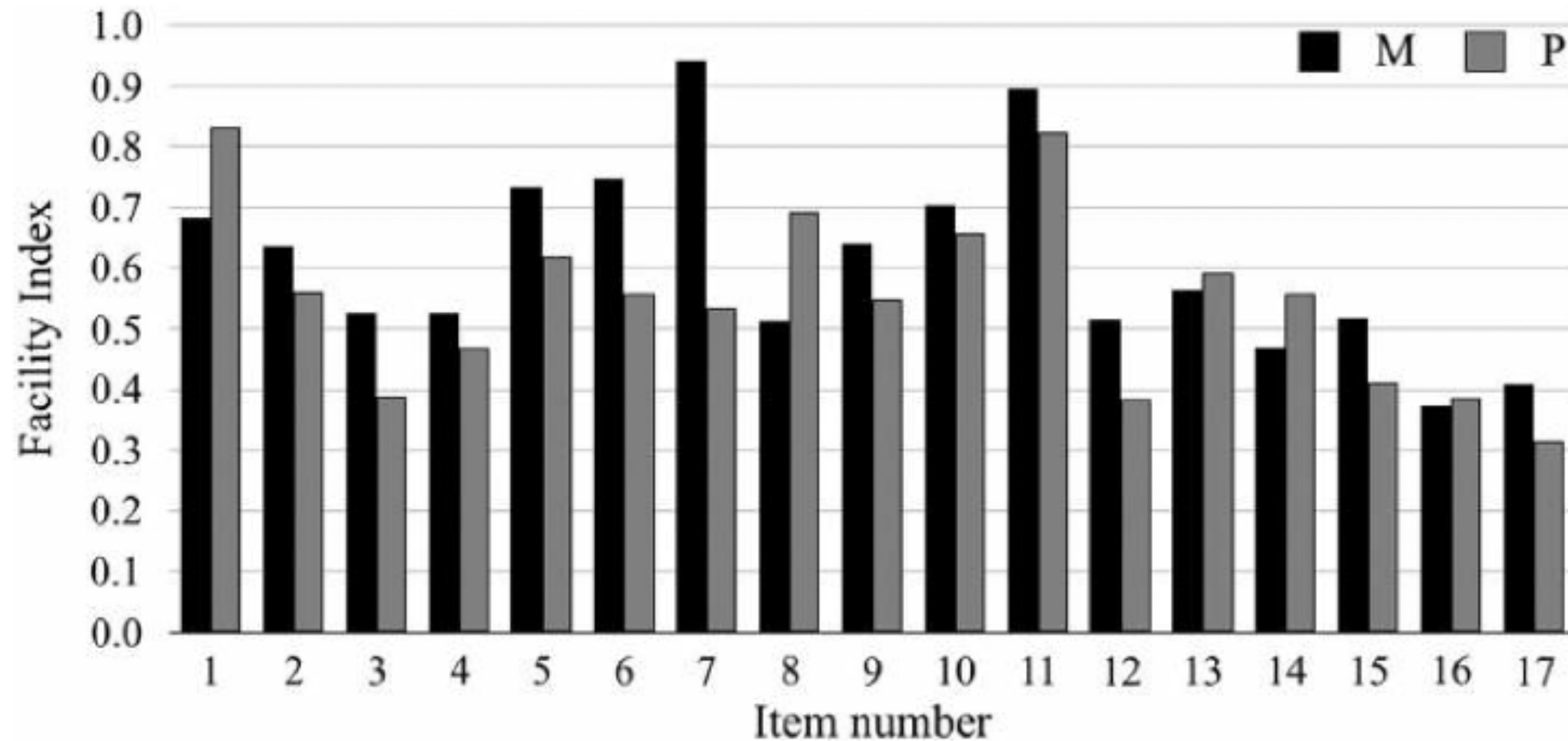
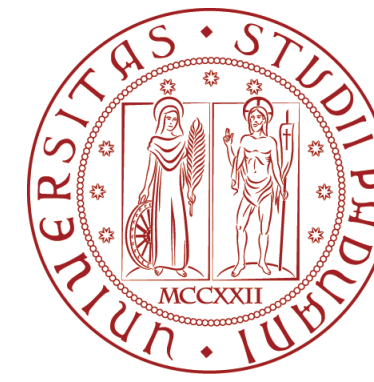
- (A) 1.0 m/s
- (B) 2.0 m/s
- (C) 1.5 m/s
- (D) 0.67 m/s
- (E) 0.5 m/s



Item	Topic (math)	Topic (phys)	Rappresentazioni
1	Derivate	Posizione → velocità	W/F → W
2	Derivate	Posizione → velocità	G → G
3	Derivate	Posizione → velocità	G → N
4	Derivate	Posizione → velocità	W → N
5	Derivate	Posizione → velocità	G → W
6	Derivate	Posizione → velocità	W → G
7	Integrali	Velocità → spostamento	G → W
8	Integrali	Velocità → spostamento	G → G
9	Integrali	Velocità → spostamento	G → N
10	Vettori (rappresentazione)	Velocità (2D)	W → G
11	Vettori (rappresentazione)	Velocità (2D)	G → F
12	Vettori (componenti)	Forze	G → F
13	Vettori (somma-intensità)	Forze	G → F
14	Vettori (somma-componenti)	Forze	G → F
15	Vettori (differenza)	Velocità (2D)	G → G
16	Vettori (prodotto scalare)	Lavoro	G/F → N/F
17	Vettori (prodotto vettoriale)	Momento di una forza	G/F → N/F

W = Words
 F = Formal
 G = Graphs
 N = Numbers

Background



Item	Topic (math)	Topic (phys)
1	Derivate	Posizione → velocità
2	Derivate	Posizione → velocità
3	Derivate	Posizione → velocità
4	Derivate	Posizione → velocità
5	Derivate	Posizione → velocità
6	Derivate	Posizione → velocità
7	Integrali	Velocità → spostamento
8	Integrali	Velocità → spostamento
9	Integrali	Velocità → spostamento
10	Vettori (rappresentazione)	Velocità (2D)
11	Vettori (rappresentazione)	Velocità (2D)
12	Vettori (componenti)	Forze
13	Vettori (somma-intensità)	Forze
14	Vettori (somma-componenti)	Forze
15	Vettori (differenza)	Velocità (2D)
16	Vettori (prodotto scalare)	Lavoro
17	Vettori (prodotto vettoriale)	Momento di una forza

Progetto didattico e sperimentazione a scuola



2018/19

- Adattamento del test per il liceo scientifico, somministrazione a 40 studenti/esse interessati a lauree scientifiche (Lippiello et al., 2022)
- Sviluppo di moduli didattici di potenziamento sulla base dei risultati

2019/20 (Lippiello et al., in preparation)

- 43 studenti/esse, 3 classi quinte
- Test somministrato **pre/post moduli** di potenziamento
- Aggiunta di una domanda sul **livello di confidenza** (*confidence*) nella risposta ad ogni item (Likert 1-4) per confrontare il livello di sicurezza con il risultato nel test

RQ1: Qual è la relazione tra il livello di confidenza e il risultato del test, e come cambia pre/post?

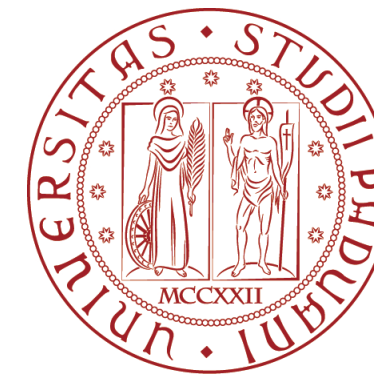
RQ2: Ci sono differenze tra maschi e femmine?

Foster, C. (2016). Confidence and competence with mathematical procedures. *Educational Studies in Mathematics*

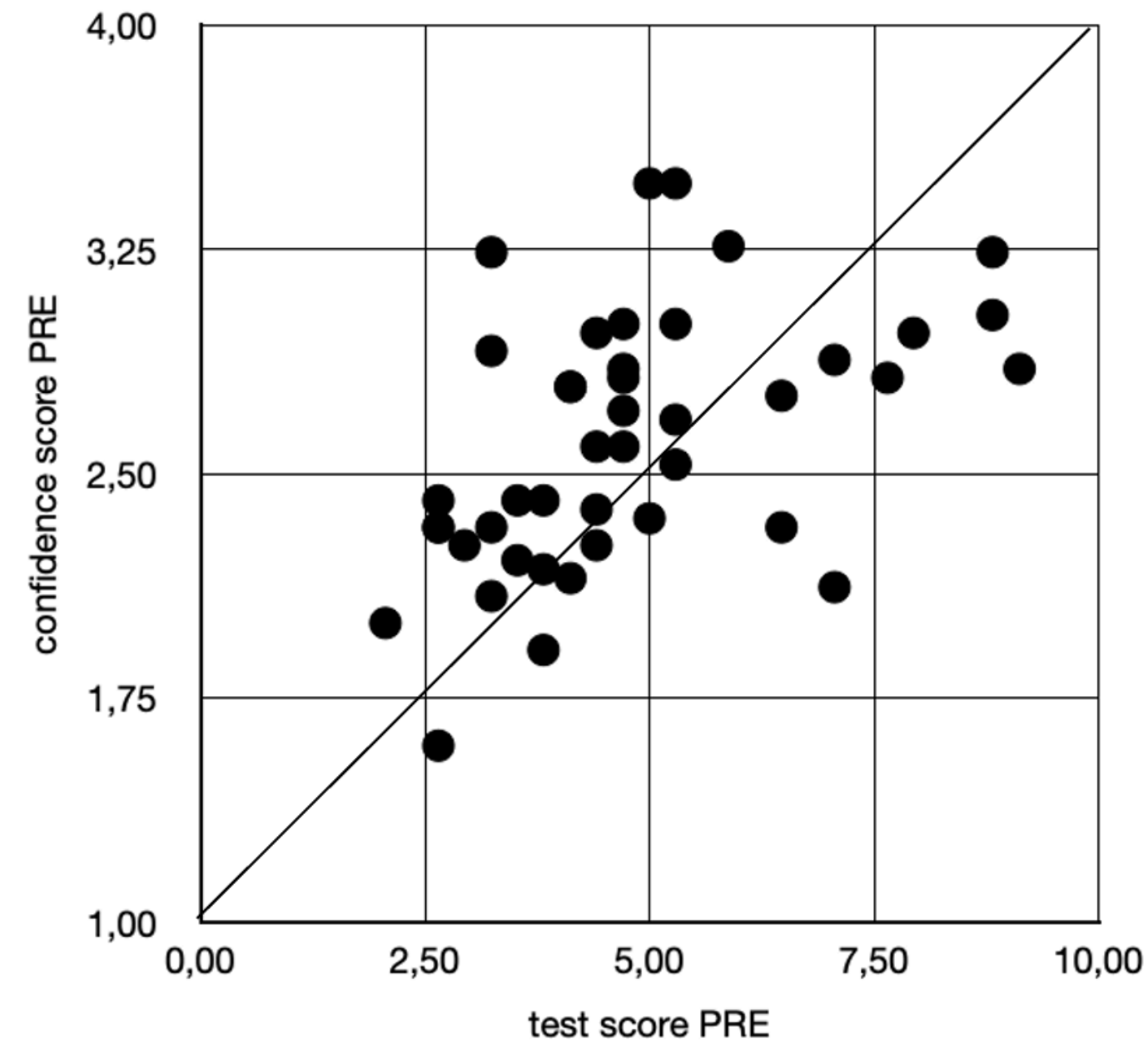
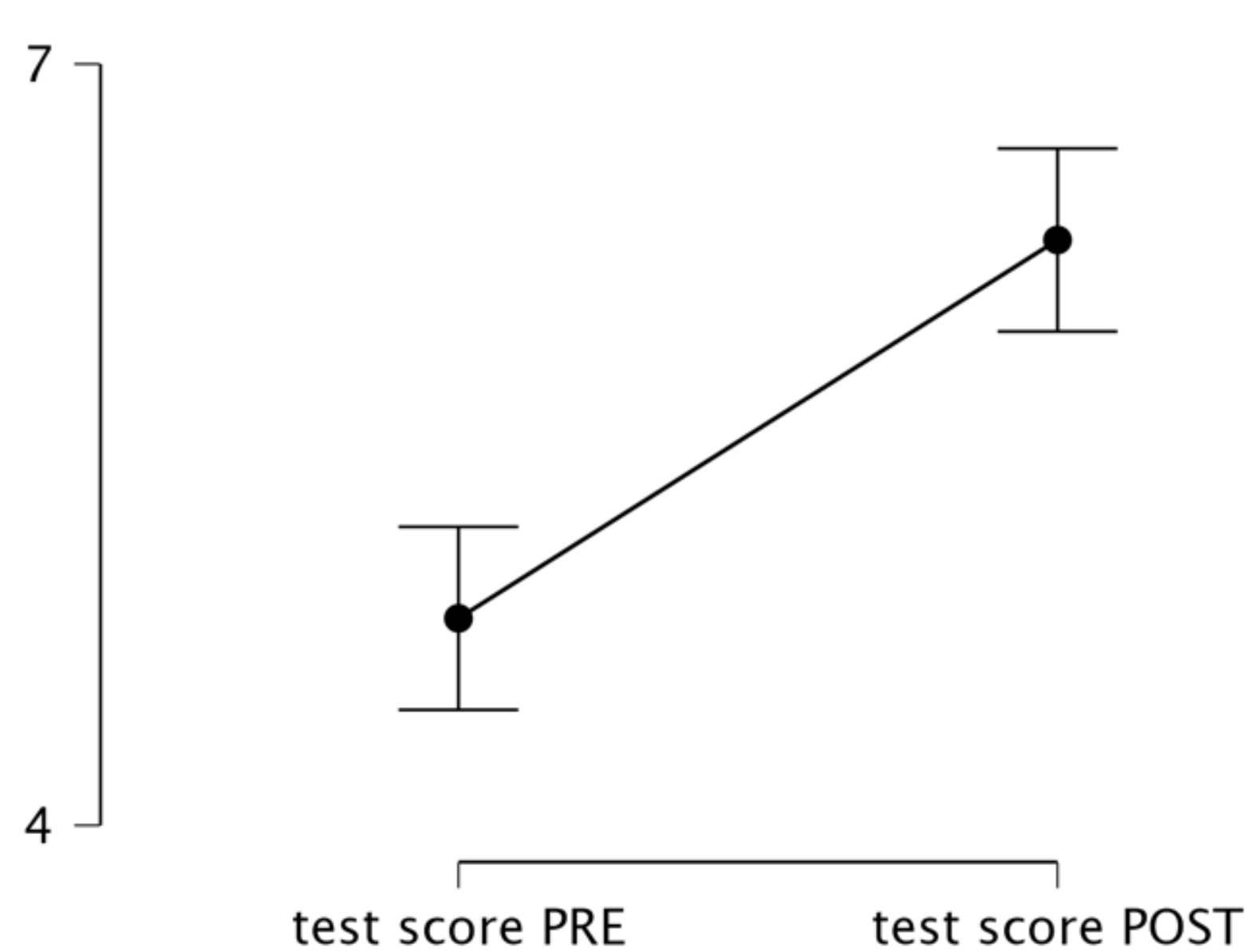
Lippiello et al. (2022), Supporting students' mathematization skills for physics: a test and a learning path for secondary school, *INTED2022 Proceedings*

Lippiello et al. (in preparation). Mathematization skills for physics in secondary school: the relationship between performance and confidence and the role of gender

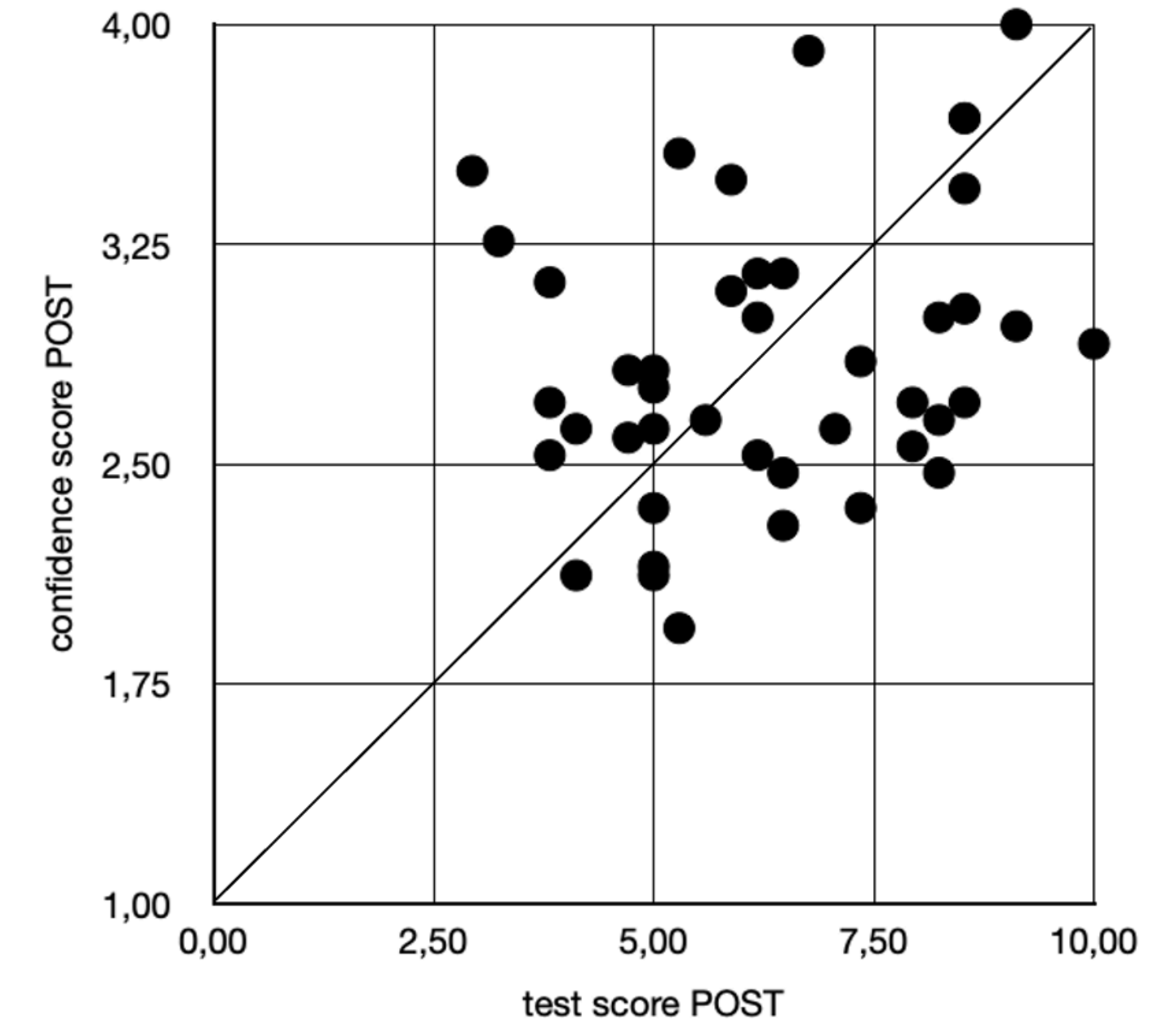
Progetto didattico e sperimentazione a scuola



RQ1: Qual è la relazione tra il livello di confidenza e il risultato del test, e come cambia pre/post?



$r = 0.49$
Correlazione moderata



$r = 0.25$
Correlazione debole

	PRE	POST	SIG.	EFFECT SIZE
TEST	4.82	6.31	$p < 0.001$	$d = 0.9$
CONFIDENCE	2.61	2.86	$p < 0.001$	$d = 0.6$

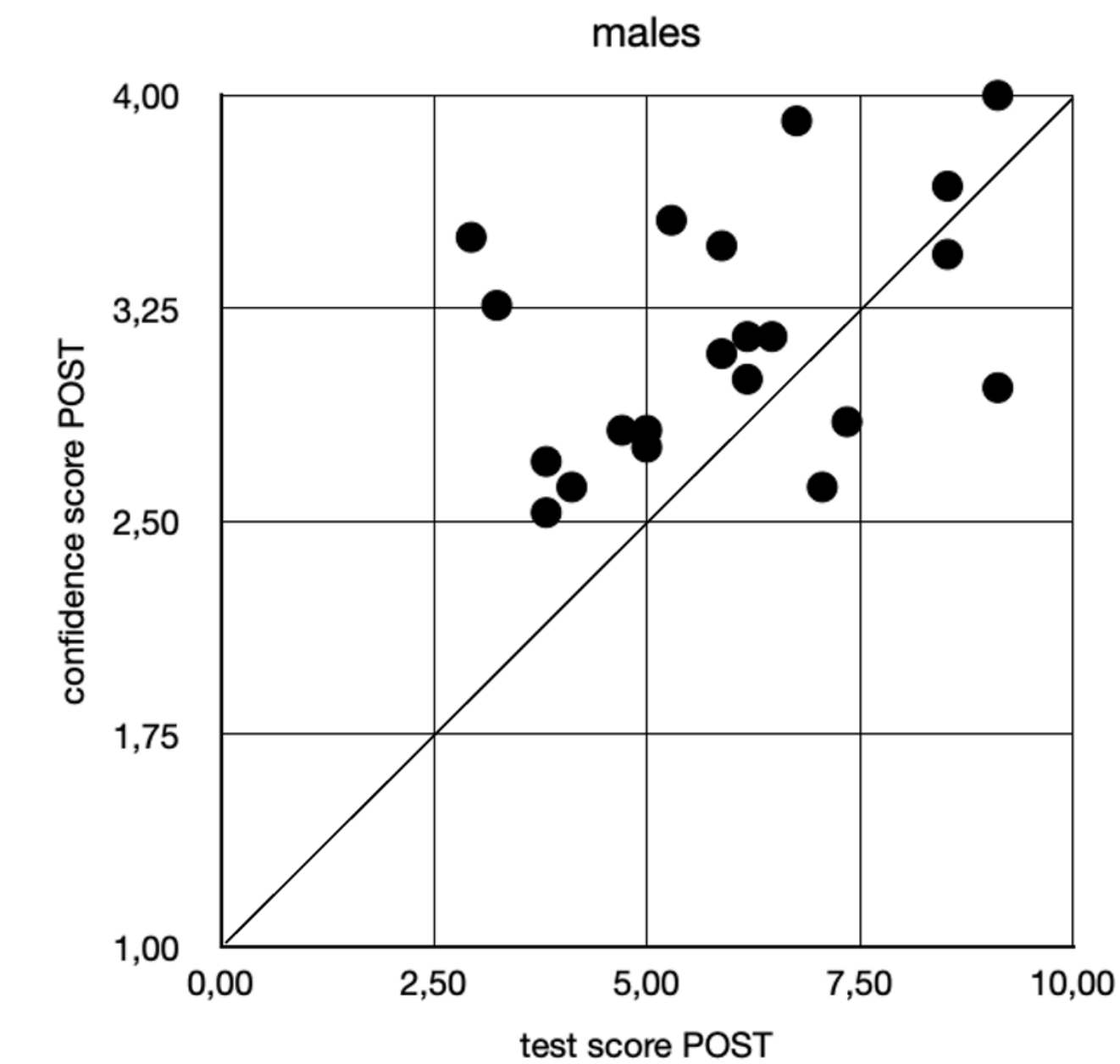
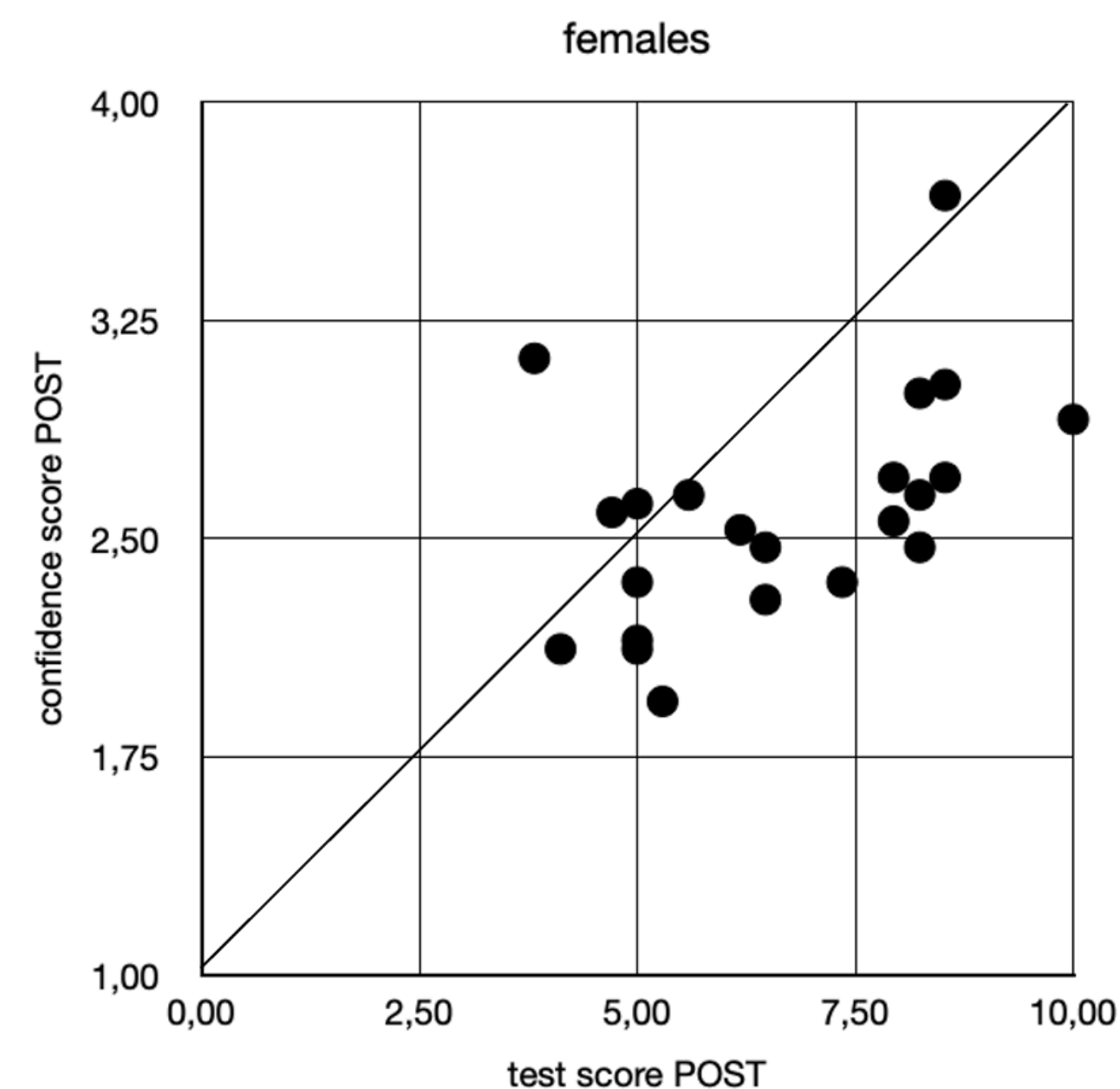
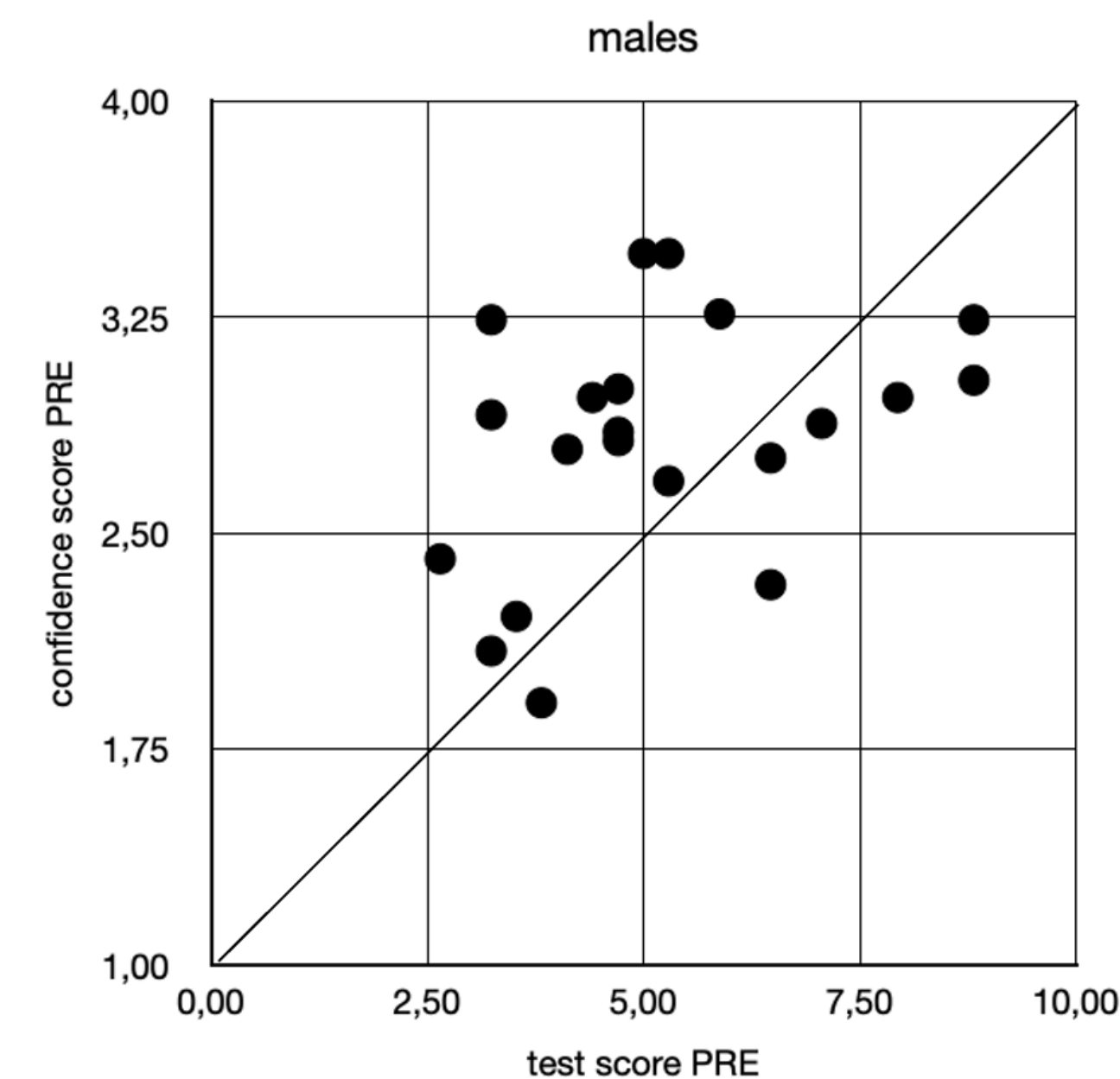
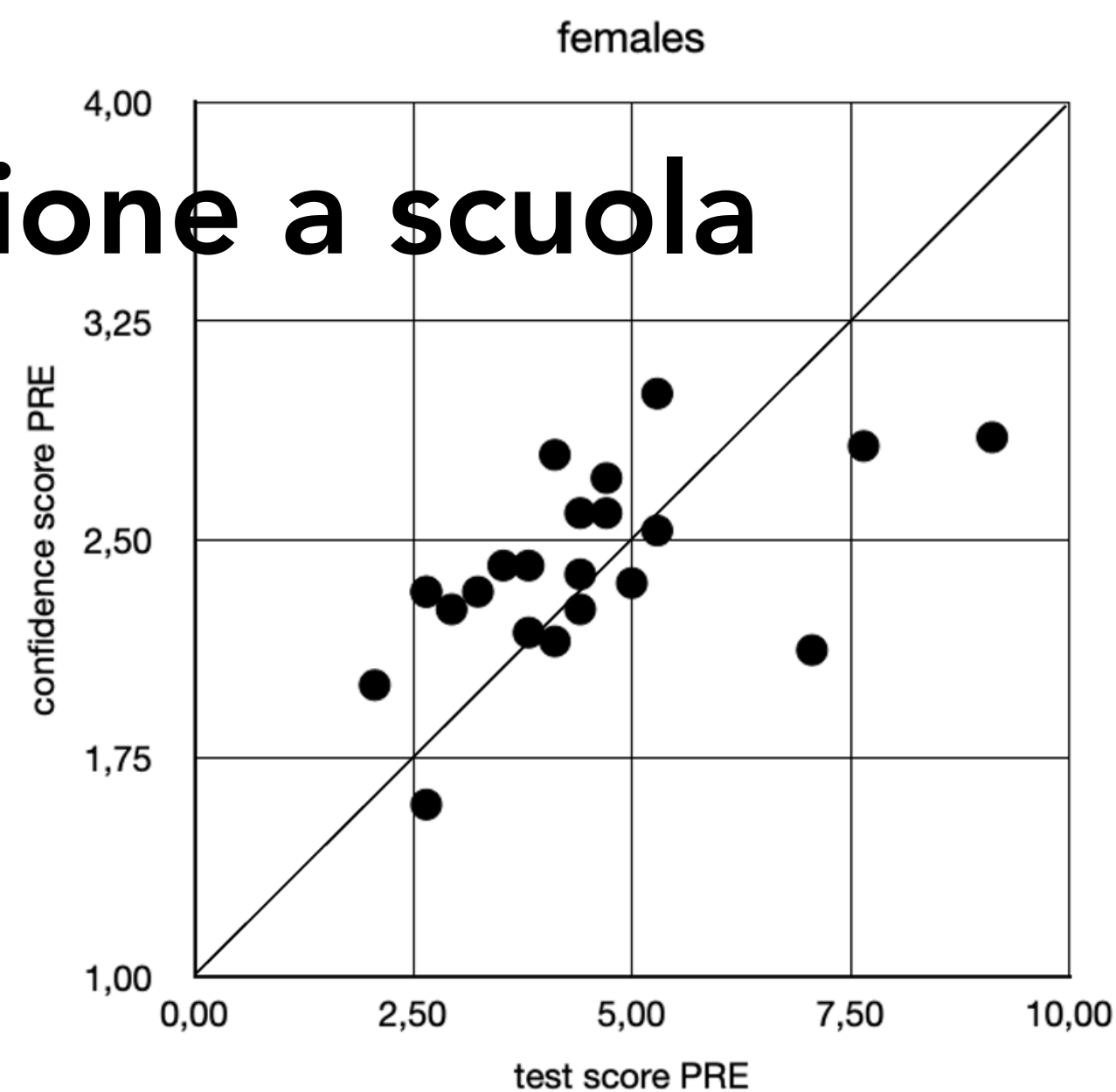
Progetto didattico e sperimentazione a scuola

RQ2: Ci sono differenze tra maschi e femmine?

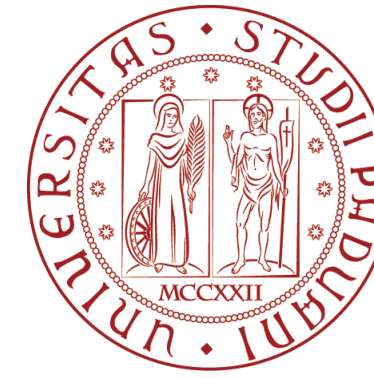
TEST	PRE	POST	SIG.	EFFECT SIZE
CONFIDENCE	F: 4.44	F: 6.65	$p < 0.001$	$d = 1.4$
	M: 5.21	M: 5.95	$p = 0.005$	$d = 0.5$
CONFIDENCE	F: 2.41	F: 2.59	$p = 0.003$	$d = 0.7$
	M: 2.82	M: 3.14	$p = 0.006$	$d = 0.8$

Confidence F vs M $p < 0.001$ $p < 0.001$
 $d = 1.1$ $d = 1.3$

- PRE: F ben calibrate, M minore correlazione
- POST:
 - ▶ F migliorano di più nel punteggio rispetto alla confidence > undercalibrated;
 - ▶ M migliorano di più nella confidence rispetto al punteggio > overcalibrated



Conclusioni e prospettive dalla sperimentazione pilota



Necessario e possibile lavorare in modo integrato tra matematica e fisica dalla scuola secondaria

Test come strumento di autovalutazione e monitoraggio

- ➔ Non sempre c'è calibrazione tra competence e confidence: necessario lavorare sull'**autovalutazione**
- ➔ Differenze di genere nella relazione competence/confidence a sfavore delle ragazze: necessarie azioni di **empowerment**



Il nuovo progetto (PhD Stefania Lippiello): **obiettivi**

DOMANDE DI RICERCA

- Come potenziare le **competenze di matematizzazione** degli studenti e delle studentesse della scuola secondaria di II grado per un uso più significativo della matematica in fisica?
- Quali azioni può mettere in atto **l'insegnante** per supportare un uso consapevole e significativo della matematica nella fisica?

Framework teorico



Relazione tra matematica e fisica

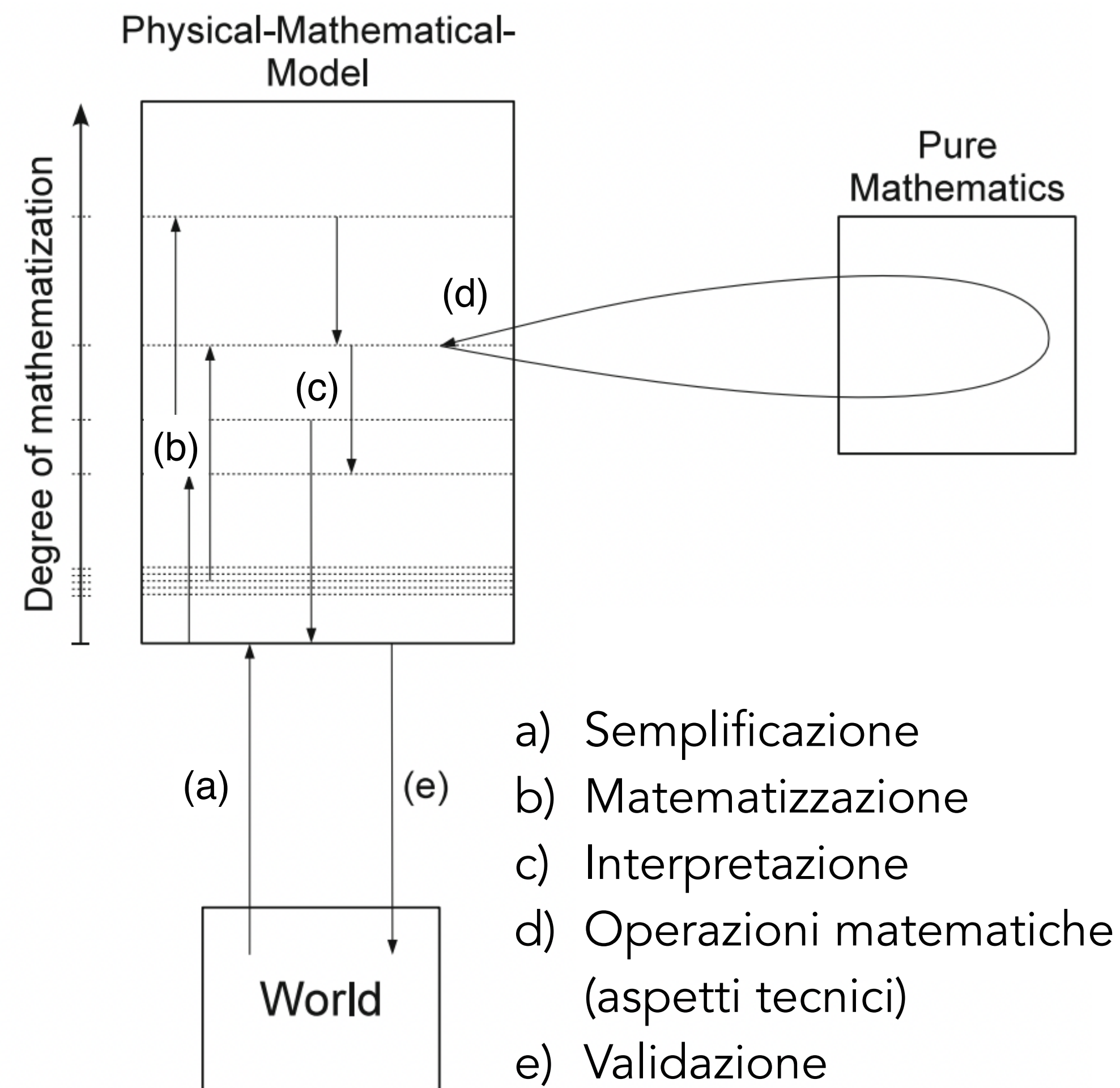
Valorizzazione del **ruolo strutturale** della matematica nella fisica e nel suo apprendimento
(Uhden et al., 2012; Karam et al., 2019)

Ciclo di modellizzazione di Uhden per il ragionamento matematico in fisica (2012)

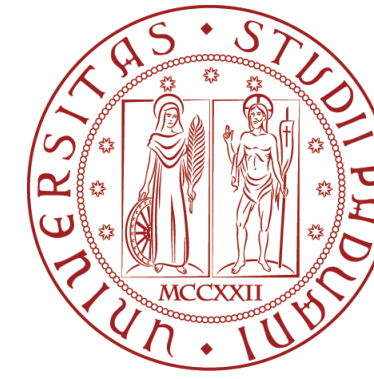
- incorpora il legame tra matematica e fisica
- distingue le competenze tecniche e strutturali

> Applicazione anche per la progettazione didattica

Uhden et al. (2012), Modelling Mathematical Reasoning in Physics Education, *Science & Education*
Karam et al. (2019), The "Math as Prerequisite" Illusion: Historical Considerations and Implications for Physics Teaching. In: Pospiech et al. (eds) *Mathematics in Physics Education*, Springer

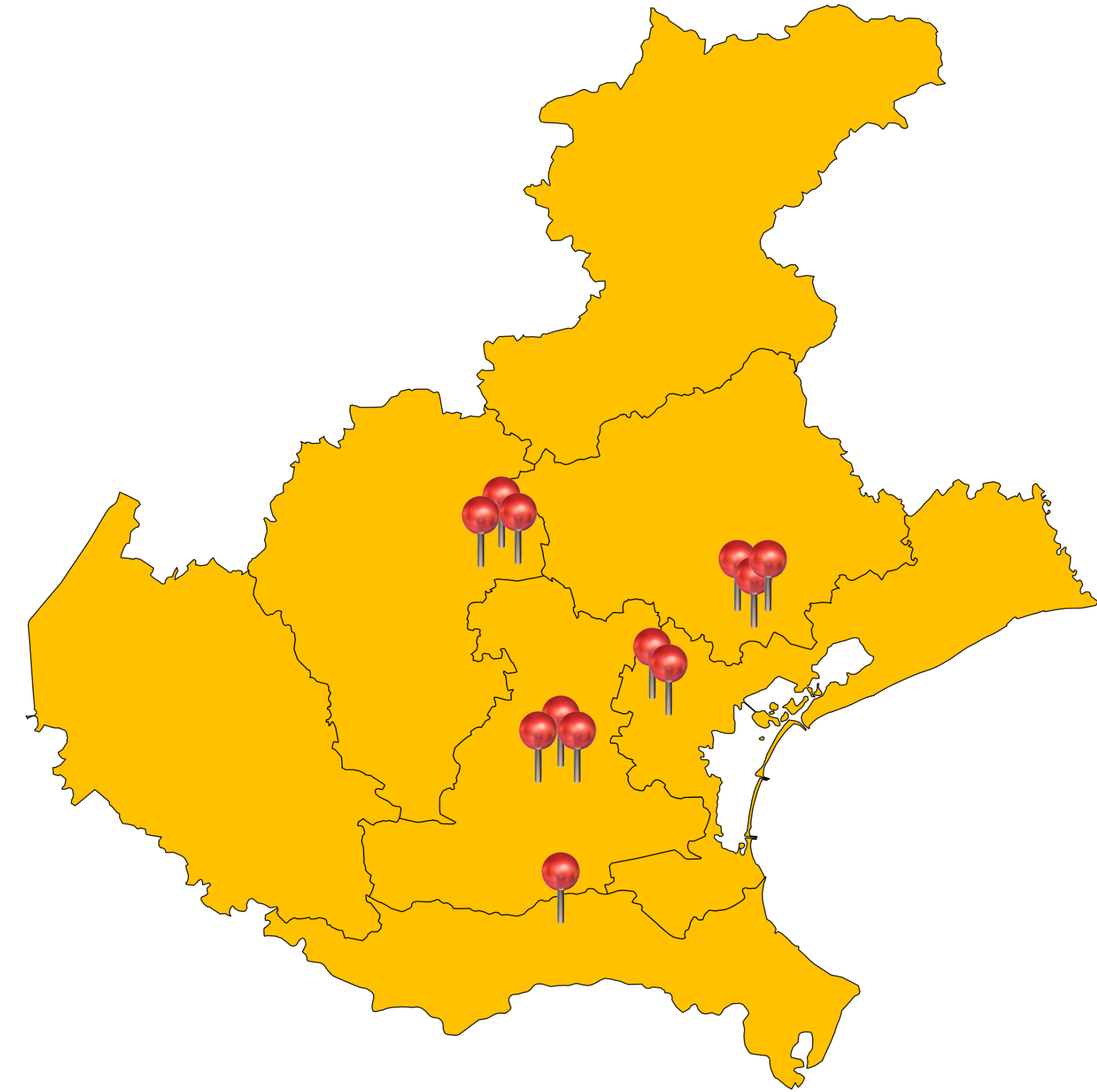


Metodologia

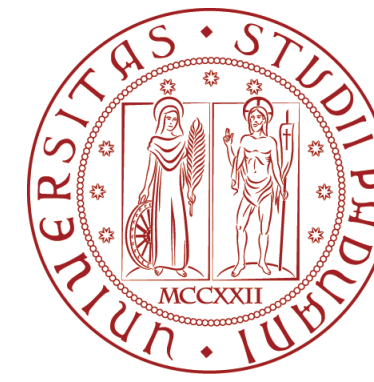


2022/23:

- Creazione di una **comunità di pratica** di 12 insegnanti da 5 licei nella rete dei "Licei Matematici" in Veneto
- Somministrazione del test in forma pre/post a 13 classi quinte + 1 classe quarta (**260 studenti**)
- Inclusione del progetto nelle lezioni curricolari



Implementazione del progetto



Programma

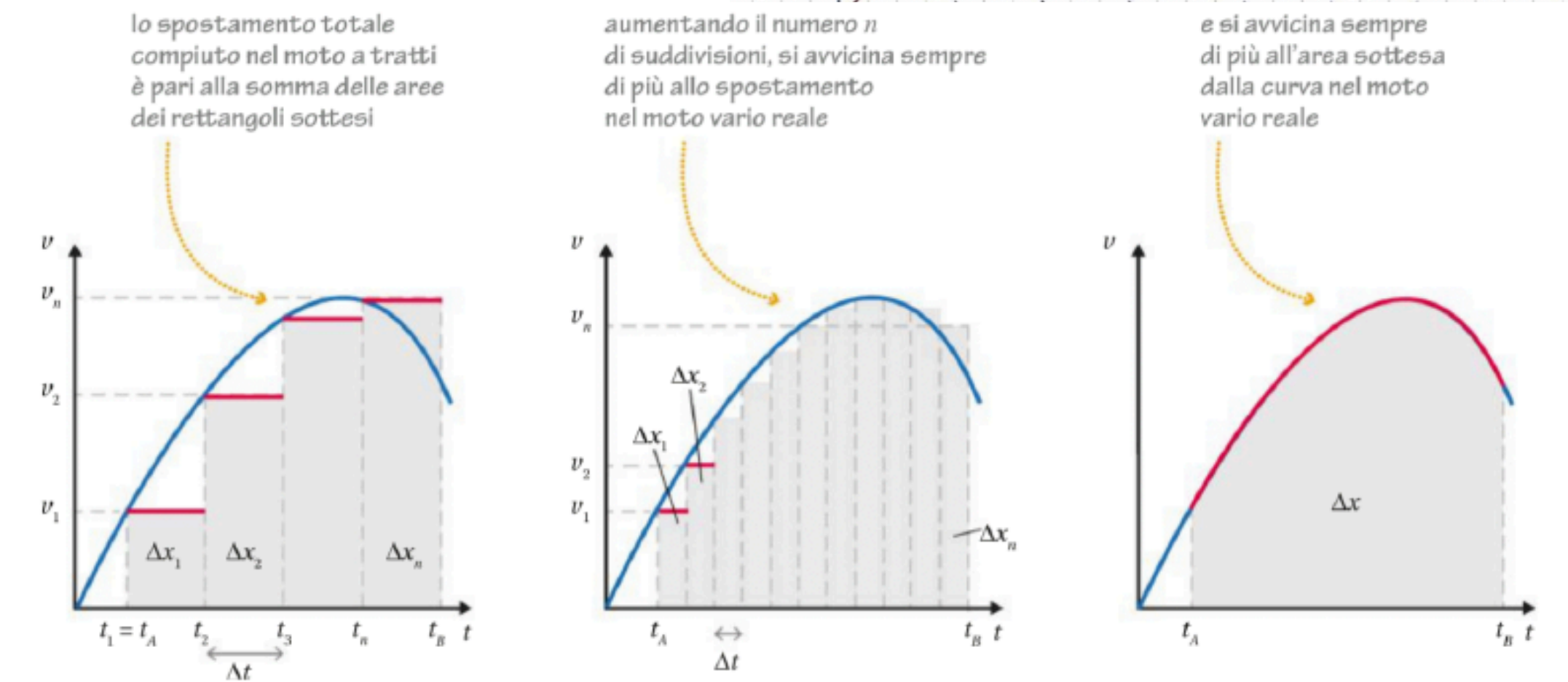
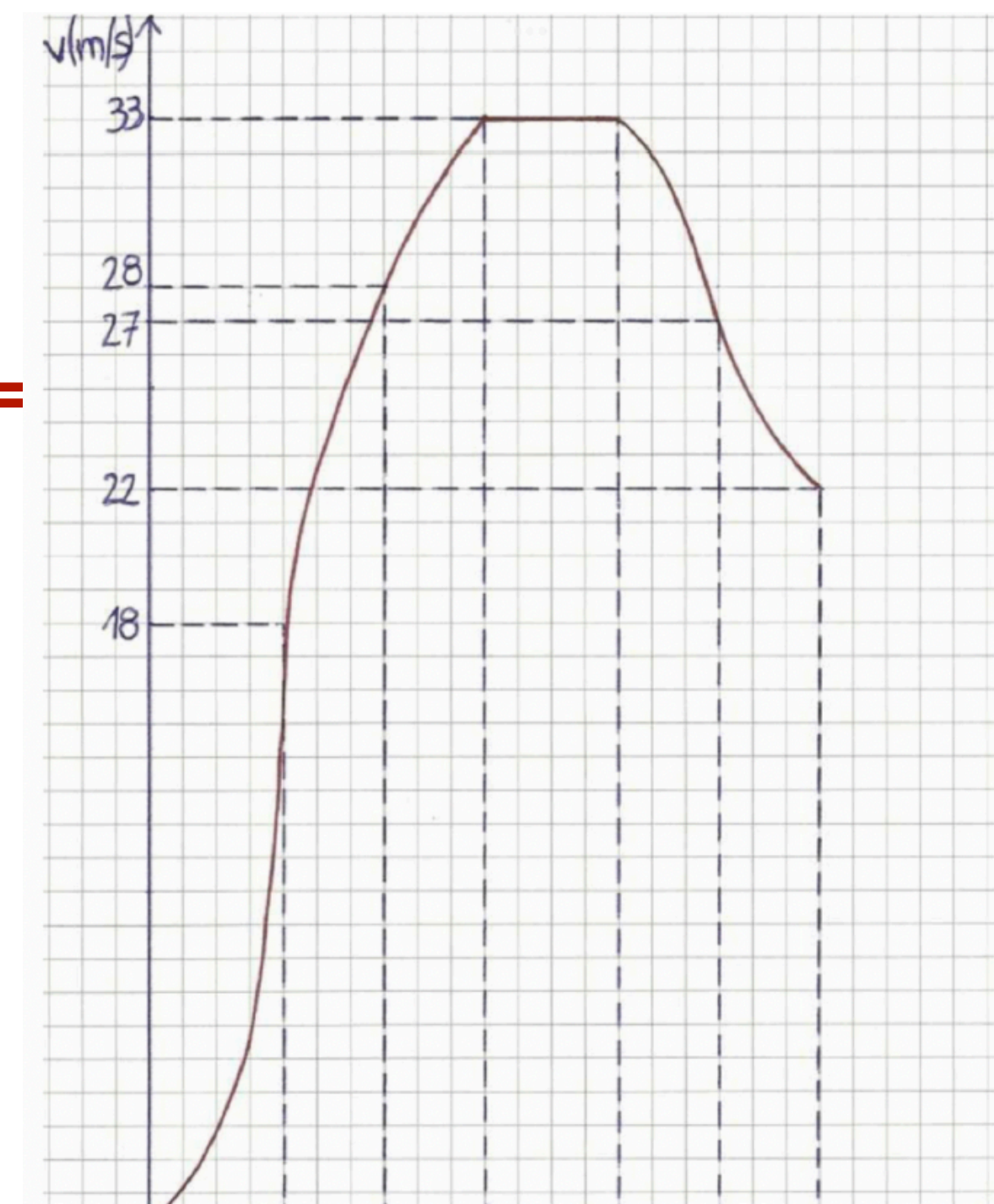
Data	Attività
28/10/2022 (3h)	Sperimentazione del test e riflessione sul suo uso in classe.
11/11/2022 (3h)	Analisi dei bisogni dei contesti; discussione del modello di Uhden e prova di utilizzo per la progettazione di attività.
Novembre-Dicembre	Pre-test agli studenti. Analisi dei dati e condivisione con gli insegnanti.
10/02/2023 (3h)	Discussione dei risultati del pre-test e progettazione collaborativa delle attività didattiche in relazione ai risultati ottenuti e ai bisogni emersi.
Febbraio-Aprile	Realizzazione in classe delle attività.
Maggio	Post-test agli studenti. Analisi dei dati e condivisione con gli insegnanti.
Giugno-Luglio	Interviste individuali.

Implementazione del progetto: esempi di attività

Attività progettata con il modello di Uhden (mat: integrali)

- A. **Semplificazione:** dal mondo reale, es. punto materiale
- B. **Matematizzazione:** rappresentazione della situazione con un grafico; formalizzazione attraverso l'area sotto la curva
- C. **Interpretazione:** cosa si può dedurre da un punto di vista fisico?
- D. **Operazioni matematiche (aspetti tecnici):** calcolo dell'area; la funzione area
- E. **Validazione:** ritorno al mondo reale.

Estensione ad altre situazioni/grandezze fisiche (es. lavoro da forza-spostamento o pressione-volume, ecc.)



L'intensità di una corrente è la quantità di carica che attraversa la sezione di un conduttore nell'unità di tempo. Per esprimere l'intensità della corrente che circola nel conduttore all'istante t , ossia l'intensità istantanea, si utilizza la derivata della funzione $q(t)$, che lega la quantità di carica al tempo: $i(t) = q'(t)$.
Come possiamo calcolare la quantità di carica $q(t)$ conoscendo l'intensità di corrente $i(t)$?

Implementazione del progetto: esempi di attività



Uso dei moduli online adattati dal progetto FisicaMente universitario

esercizi interattivi

GeoGebra

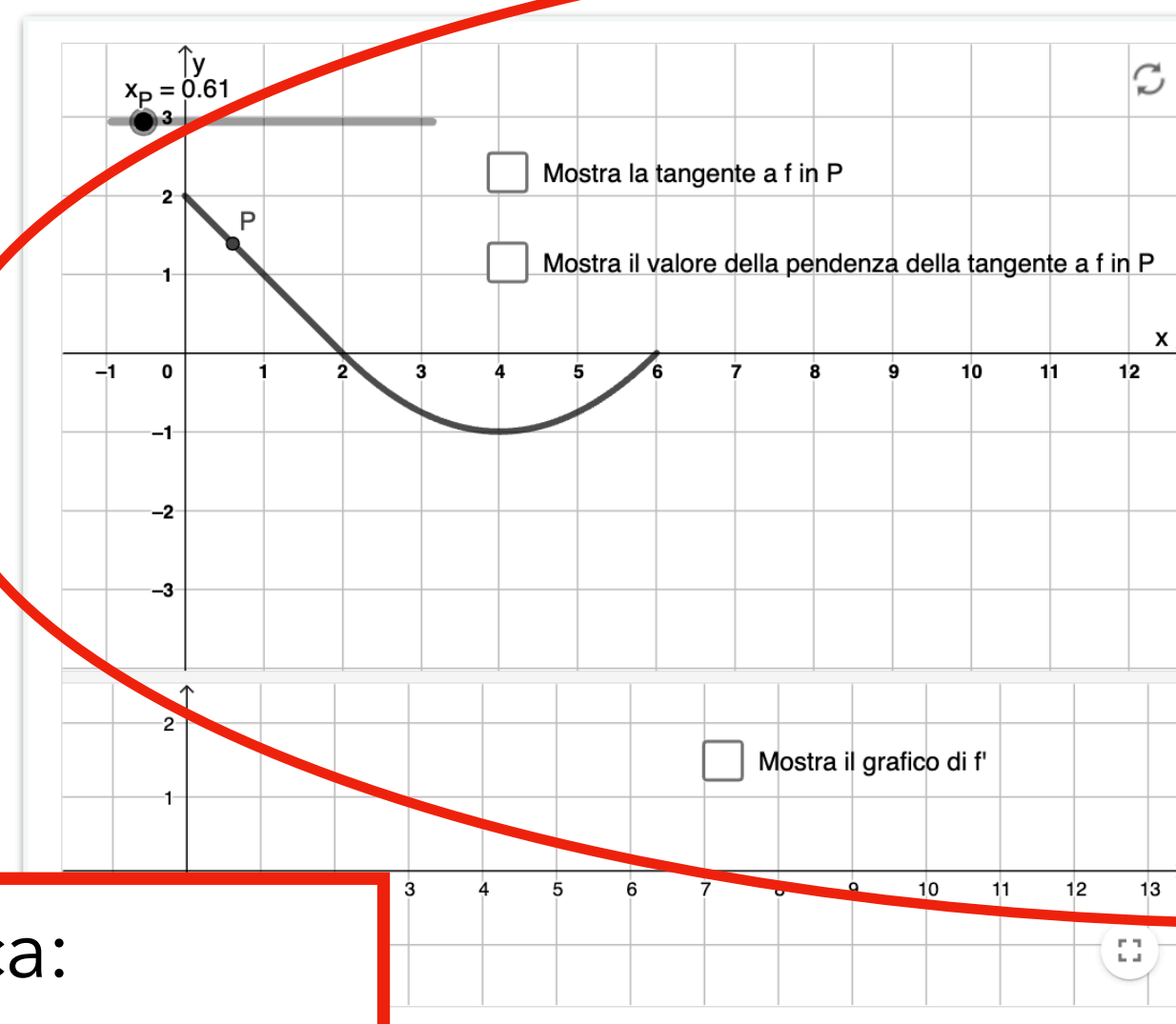
FisicaMente al Liceo - Potenziamen...

Introduzione

Pendenza

Area

Vettori



Quesito 1:
Qual è la corretta descrizione delle funzioni f e f' nell'intervallo $0 < x < 2$?

Seleziona una o più risposte corrette

A La funzione f è positiva e decrescente, mentre f' è negativa e crescente.
B La funzione f è positiva e decrescente, mentre f' è negativa e costante.
C La funzione f è positiva e crescente, mentre f' è positiva e decrescente.

CONTROLLA LA MIA RISPOSTA (3)

Qual è la corretta descrizione delle funzioni f e f' nell'intervallo $2 < x < 4$?

Seleziona una o più risposte corrette

A La funzione f è negativa e decrescente, mentre f' è negativa e crescente.
B La funzione f è negativa e crescente, mentre f' è negativa e decrescente.
C La funzione f è negativa e decrescente, mentre f' è negativa e decrescente.

CONTROLLA LA MIA RISPOSTA (3)

Argomenti di matematica:

- derivata come pendenza della retta tangente
- integrali definiti come area sotto la curva
- vettori

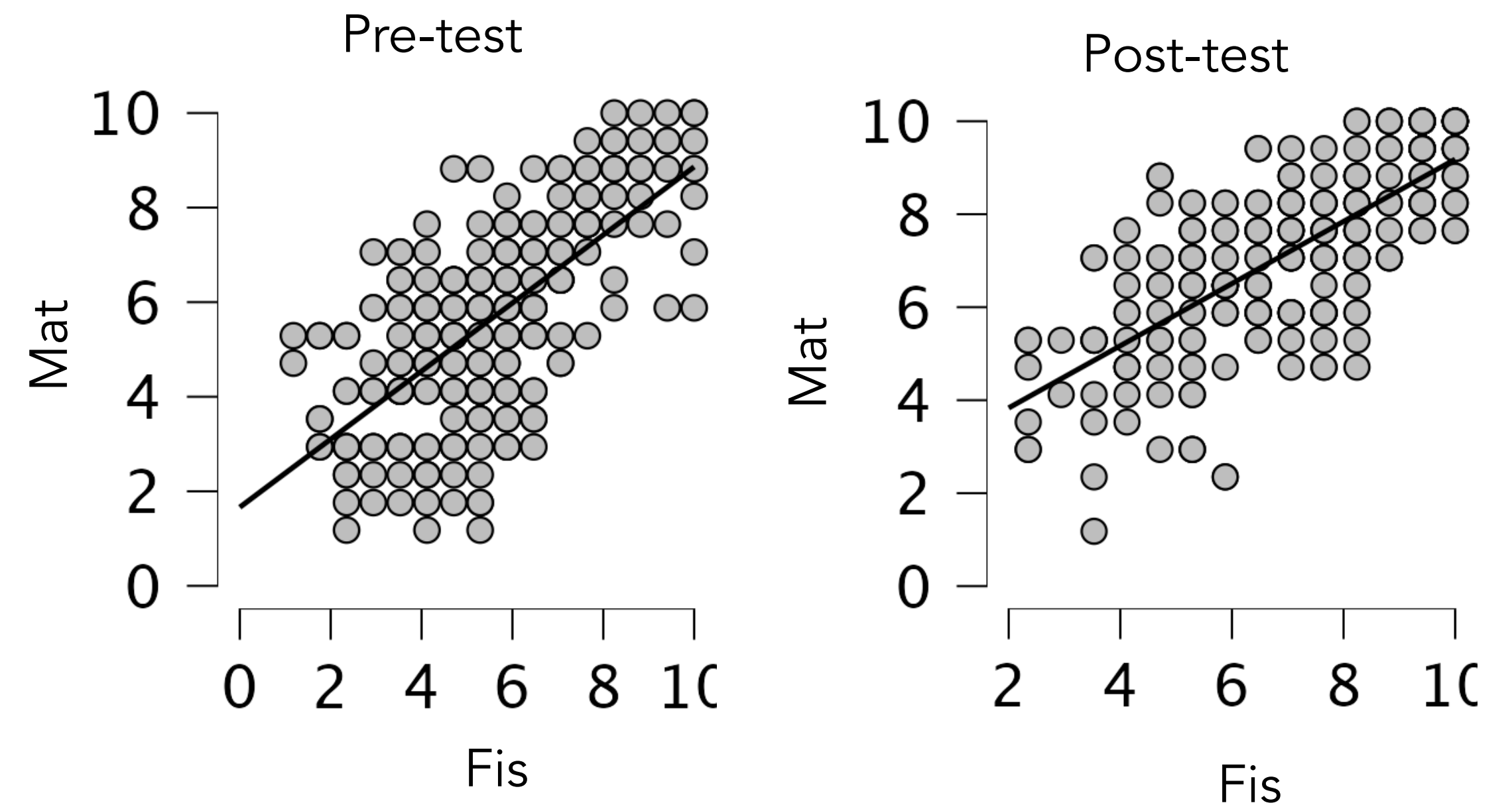
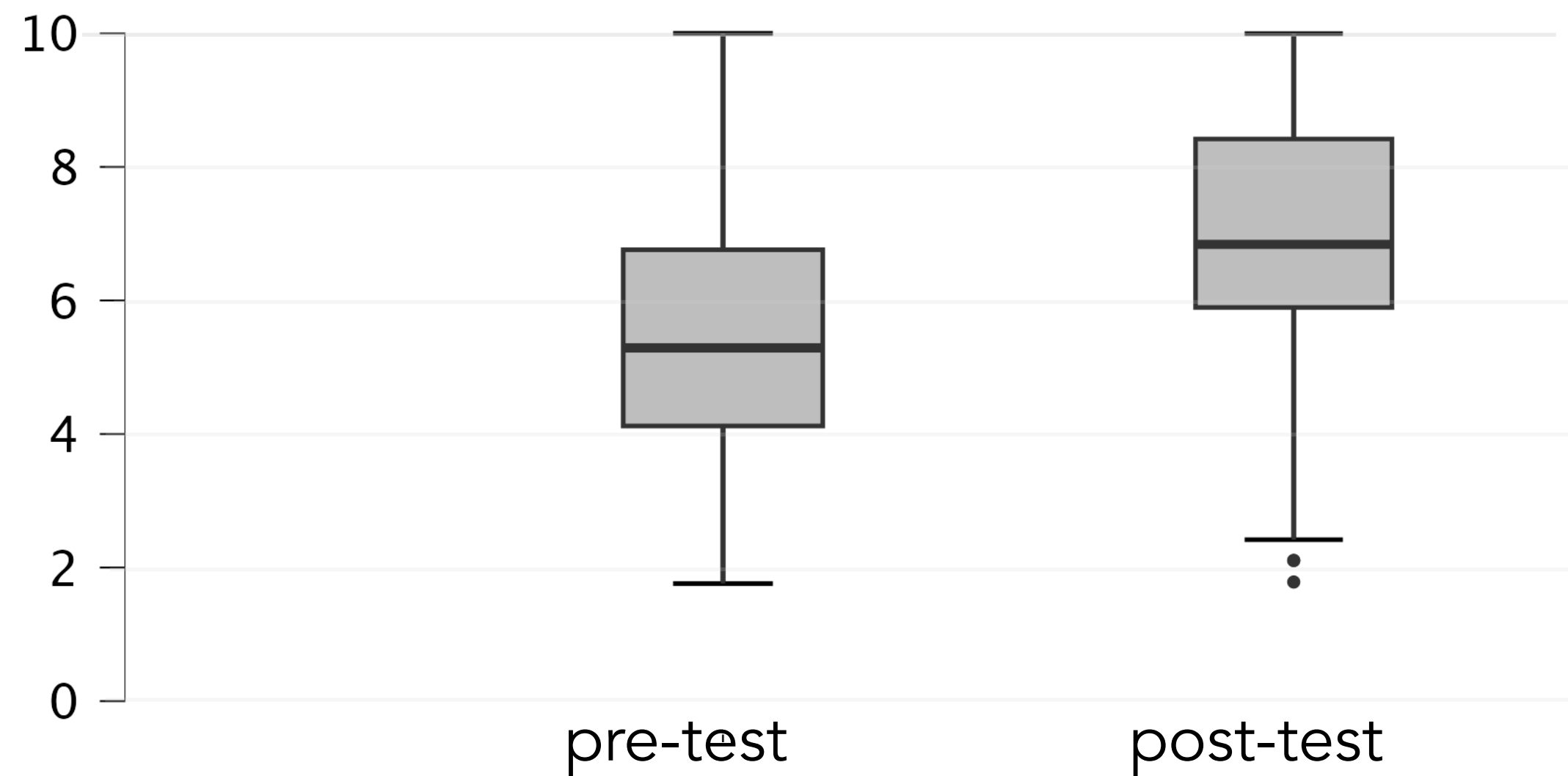
in contesto fisico (meccanica)

+

Diverse rappresentazioni o linguaggi:
verbale, formale, numerico e grafico

Risultati preliminari - campione complessivo

- Differenza significativa tra pre-e post-test ($W = 3197.5$, $p < 0.001$, $r_B = 0.786$ large effect)
- Correlazione tra i risultati in Matematica e in Fisica (PRE: $r = 0.689$, POST: $r = 0.713$)

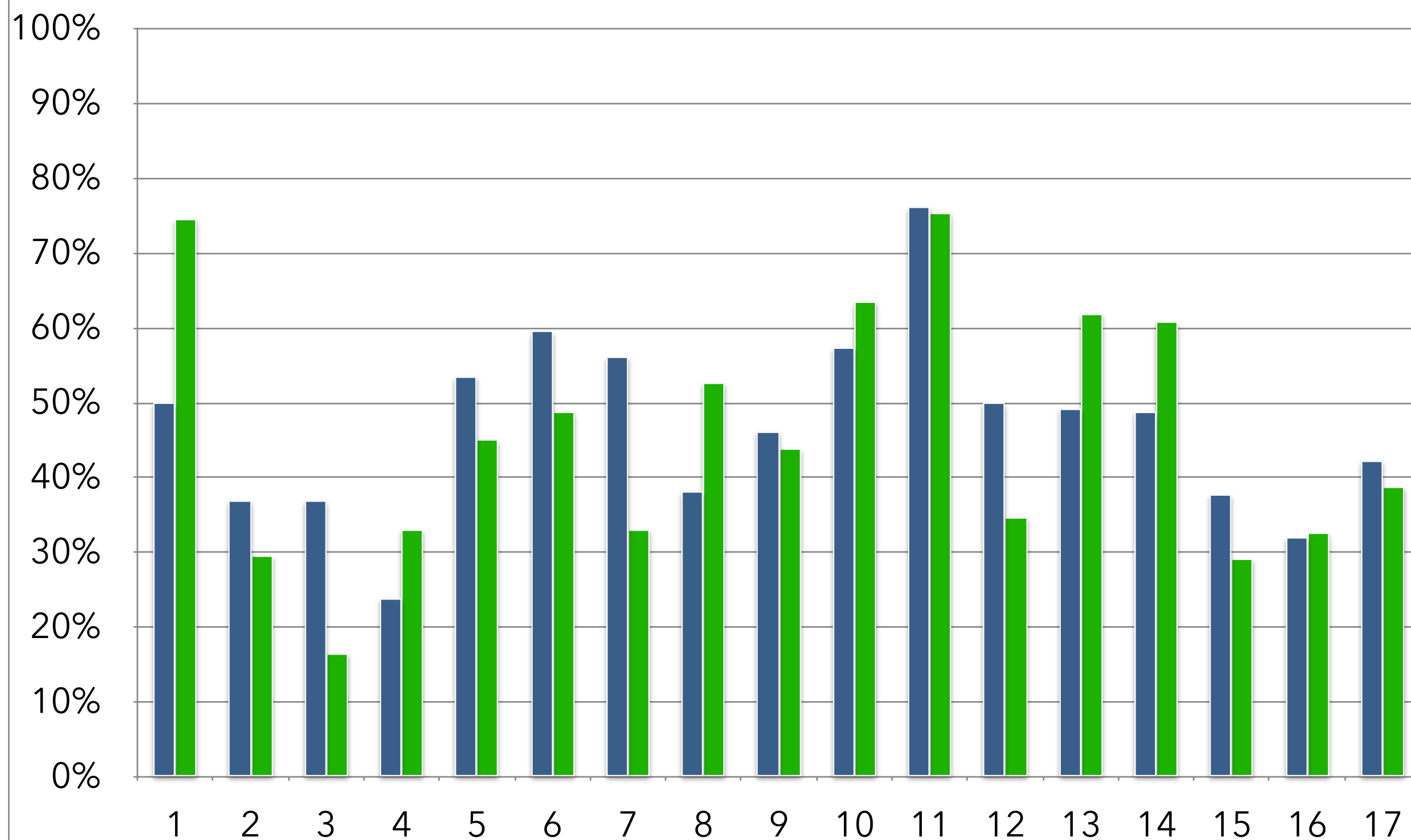


Risultati preliminari - campione complessivo

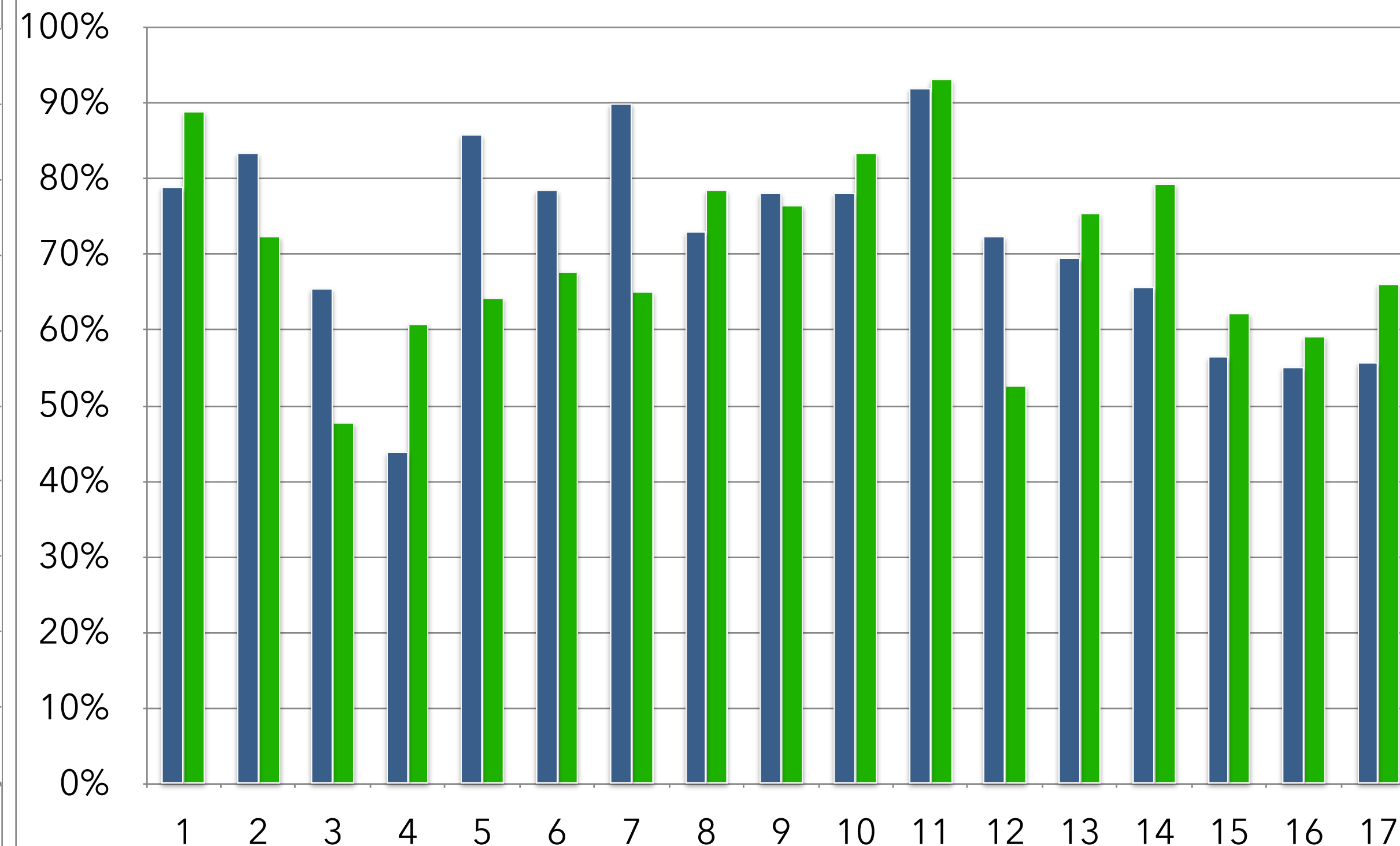


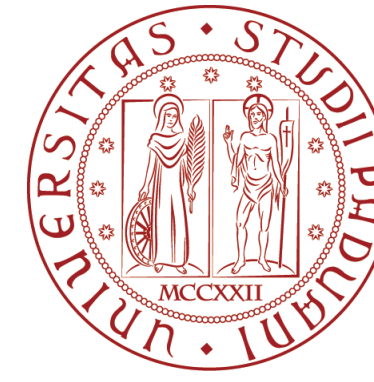
Facility index (% di risposte corrette per item)

Facility index - PRE

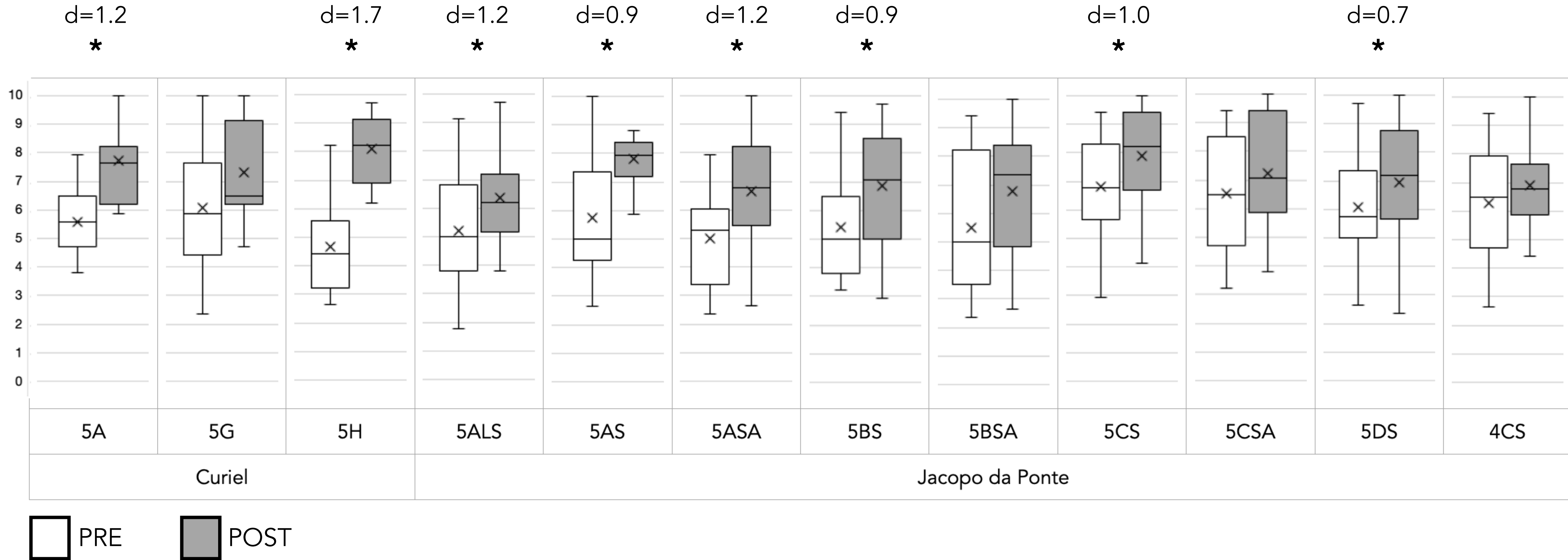


Facility index - POST

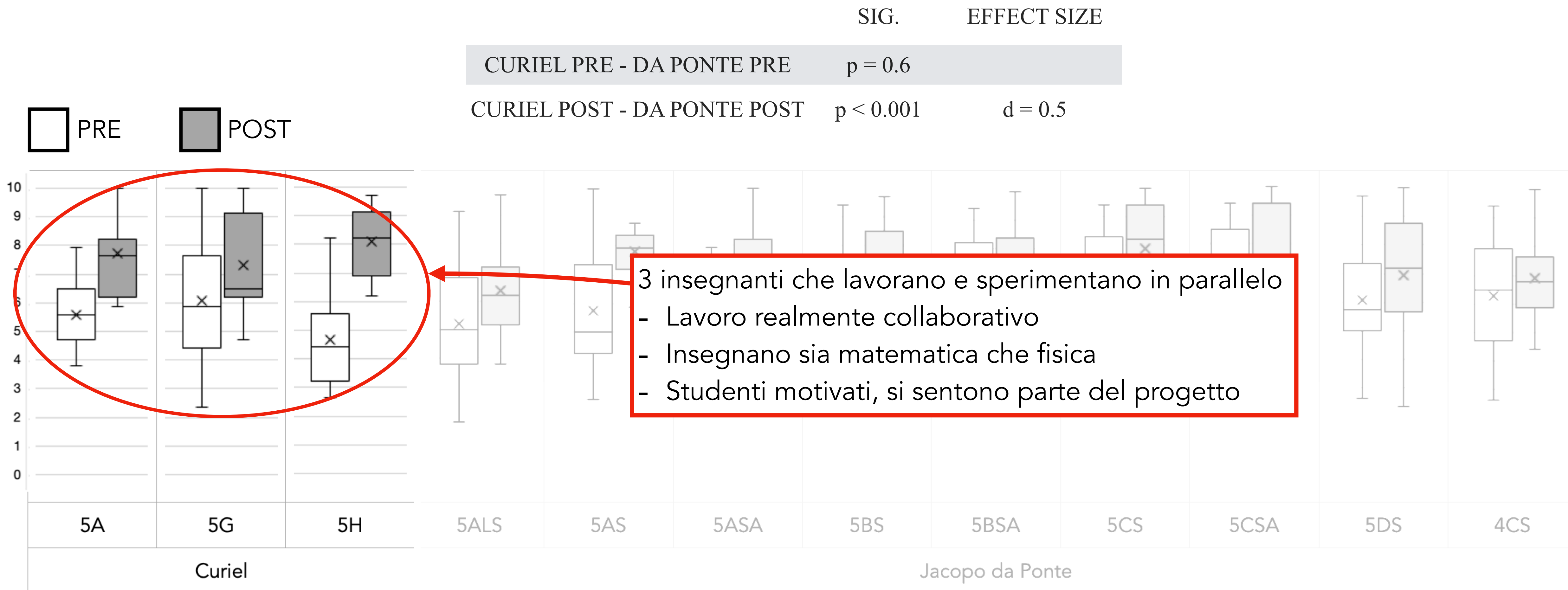




Risultati preliminari - classe per classe



Risultati preliminari - classe per classe



Risultati preliminari - classe per classe

SIG. EFFECT SIZE

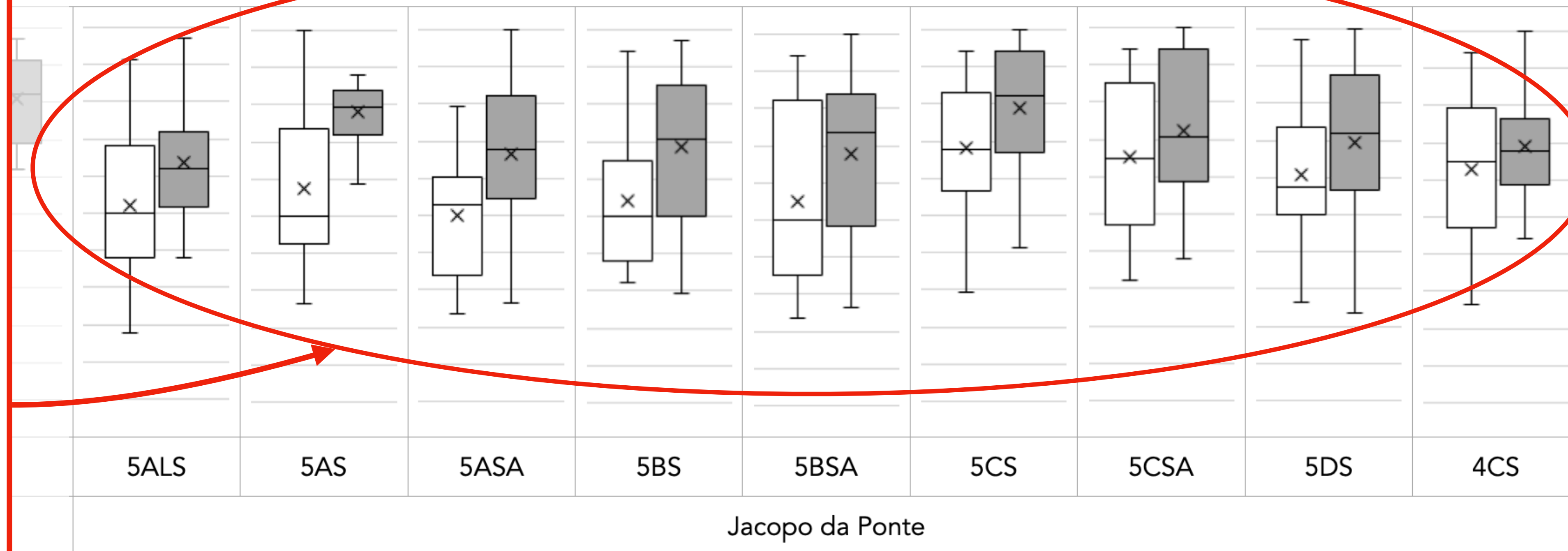
CURIEL PRE - DA PONTE PRE $p = 0.6$

CURIEL POST - DA PONTE POST $p < 0.001$ $d = 0.5$

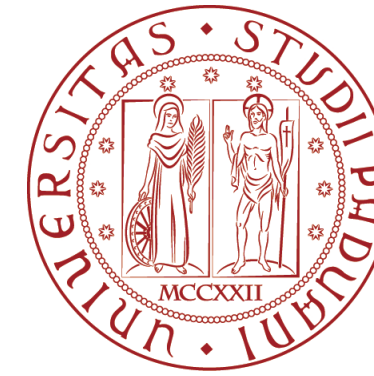
□ PRE ■ POST

1 insegnante ha sviluppato i materiali e li ha condivisi con i colleghi (3 coinvolti nel corso + altri 4):

- Scuola intera (più classi coinvolte)
- Meno controllo sulle attività svolte e sul coinvolgimento degli studenti
- Insegnanti diversi di matematica e fisica



Considerazioni preliminari



- Confronto pre/post-test:
 - Test utile come strumento di rilevazione pre/post e come spunto di discussione
 - Miglioramento significativo nella maggior parte delle classi
 - Dati confidence, genere... work in progress

- Cruciale: COLLABORAZIONE

- Riflessioni preliminari degli insegnanti (interviste)
 - Importante insegnamento integrato di matematica e fisica
 - Sarebbe importante lavorare non solo al quinto anno, ma ripensare la progressione degli apprendimenti in ottica integrata
 - Efficacia del modello di Uhden per la progettazione da approfondire

■ Revisione del TCV-MP a livello universitario (2023/24)

Metodologia: *Evidence Centered Design*

- Dati (item/whole test analysis) delle precedenti somministrazioni; interviste a docenti universitari (Fisica 1 e 2); letteratura recente
- Sviluppo di item modificati o nuovi + interviste a 30 studenti (tesista magistrale: Luca de Vidi)
- Beta test + interviste nella primavera 2024
- Revisione e implementazione

■ Ricadute per la scuola

- Test migliorato anche per la scuola - nuovo progetto a scuola 2024/25
- "Insegnamento integrato di matematica e fisica" inserito nei corsi abilitanti della classe di concorso A027.

EXTRAS

- Introduzione del livello confidence?
- @Uni Edimburgh: studio con 6 coppie di item Mat/Fis sui vettori; domanda di ricerca sul ragionamento degli studenti nell'associare item "simili" (isomorfismo coppie?)