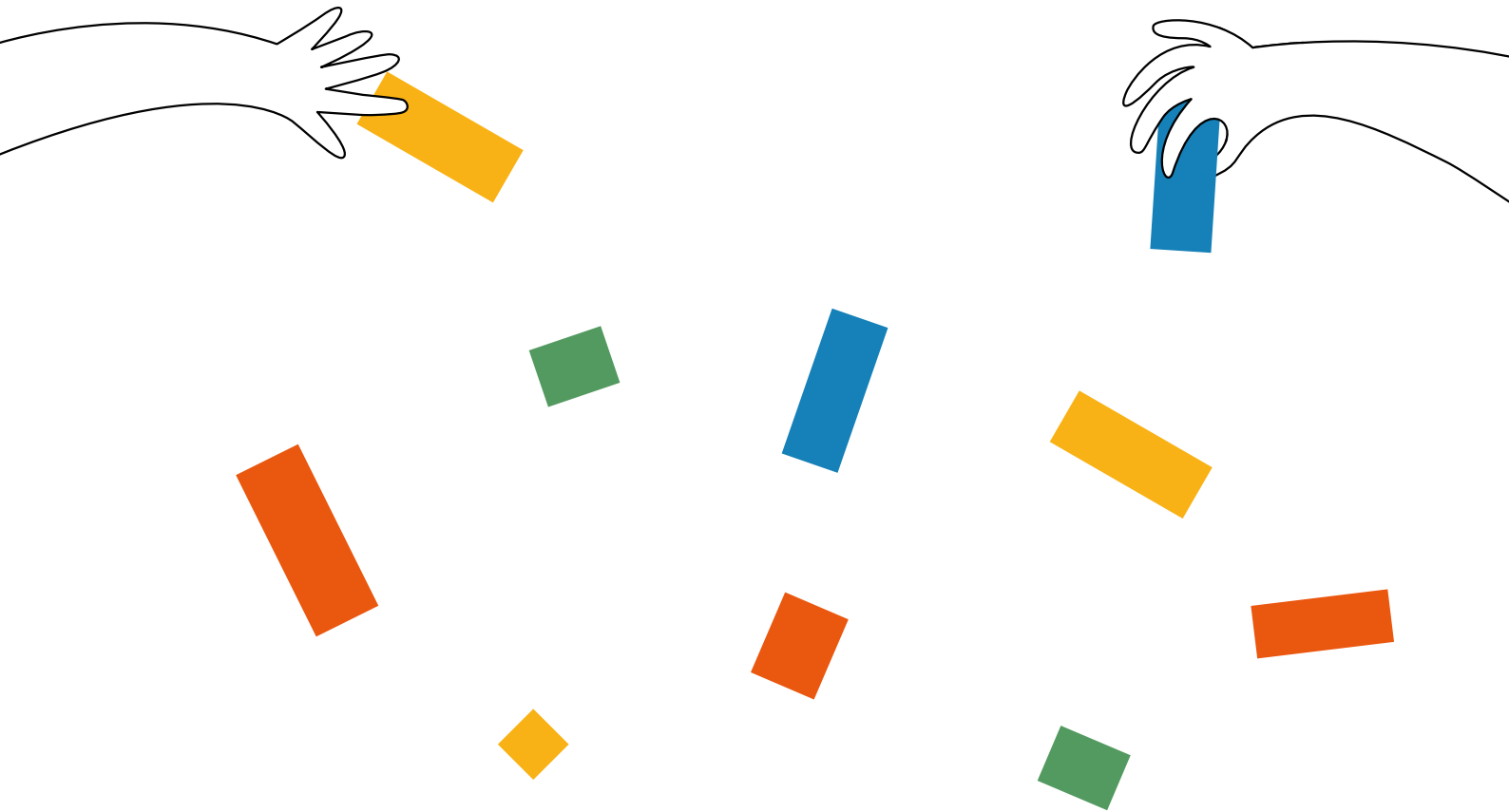




CRENOS

DISMA Dipartimento di Scienze Matematiche G. L. Lagrange

Fondazione Agnelli



WP68

matabi

**Il gioco attivo a supporto
dell'apprendimento della matematica**
Disegno dell'intervento ed evidenze sugli effetti

Adriana Di Liberto e Ludovica Giua - Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali, *Università di Cagliari*

Maria Giulia Ballatore e Anita Tabacco - Dipartimento di Scienze Matematiche G.L. Lagrange, *Politecnico di Torino*

Giovanni Piumatti e Barbara Romano - Fondazione Agnelli

Sommario

1. Perché Matabì.....	3
1.1 La questione di <i>policy</i> : la fragilità dei nostri studenti in matematica e lo svantaggio delle ragazze	3
1.2 Perché è importante che le ragazze non restino indietro?	4
2. La cornice teorica di Matabì	6
2.1 Abilità visuo-spaziali	6
2.2 Le relazioni tra abilità visuo-spaziali e competenze matematiche.....	7
2.3 La dimensione di genere delle abilità visuo-spaziali e della matematica	9
3. L'approccio Matabì: una pedagogia fondata sui mattoncini.....	10
3.1 Il playful learning come cornice pedagogica	10
3.1.1 Gioco spaziale, costruzione e sviluppo cognitivo	11
3.1.2 Il ruolo dell'insegnante come mediatore cognitivo	12
3.1.3 La questione dell'equità di genere nel gioco costruttivo.....	12
3.1.4 Oltre i mattoncini: la varietà del playful learning	13
3.2 Dai mattoncini al metodo Matabì.....	13
3.2.1 Da Six Bricks a Matabì: genesi e sviluppo del metodo.....	13
3.2.2 Il kit Matabì: struttura e rationale pedagogico.....	13
3.3 Applicazioni didattiche del kit e percorso formativo.....	14
3.3.1 Il percorso formativo dei docenti.....	14
3.3.2 Le fasi di applicazione in classe e la comunità di pratiche.....	15
3.3.3 Attività per gli studenti	16
3.4 Dal pilota in presenza alla struttura del programma di formazione Matabì	16
3.4.1 Fase pilota	17
3.4.2 L'intervento a regime (2023/24)	17
4. La teoria del cambiamento di Matabì.....	19
4.1 La formazione dei docenti	21
4.2 L'intervento sugli studenti	22
4.3 L'importanza del contesto: fattori che moderano l'efficacia.....	24
5. La struttura dello studio sperimentale	25
5.1. La composizione del campione docente	28
5.2 La composizione del campione di studenti	29
5.3. Gli strumenti di misurazione	30
5.4 Validità e bilanciamento negli outcome alla baseline	33

6. Gli effetti di Matabi su docenti e studenti	35
6.1 Effetti sui docenti	36
6.2 Effetto dell'intervento sugli studenti	38
6.2.1 Effetti medi sugli studenti nell'edizione 2022-23.....	38
6.2.2 Edizione 2023/24: caratteristiche degli studenti e effetti medi.....	41
6.2.3 Effetti medi del trattamento sugli studenti.....	42
6.2.4 Eterogeneità degli effetti: il ruolo chiave del miglioramento dei docenti	44
7. Discussione e conclusioni	50
Bibliografia	54
Appendice	60
A1 - Dettagli sulla selezione del campione: edizione 2022-23.....	60
A2 - Dettagli sulla selezione del campione: edizione 2023-24.....	61
A3 – Bilanciamento.....	63
A4 - Effetti	65

1. Perché Matabì

Rafforzare l'apprendimento della matematica rappresenta oggi una delle sfide più importanti per la scuola italiana. Le evidenze provenienti da indagini nazionali e internazionali mostrano come la competenza matematica costituisca una delle aree di maggiore fragilità per le alunne e gli alunni italiani, e come le differenze tra maschi e femmine si manifestino già nei primi anni della scuola primaria, consolidandosi negli anni successivi. Questo non è soltanto un problema educativo, ma un nodo di equità e di sviluppo del capitale umano che riguarda l'intera società: la matematica è infatti una competenza chiave per la cittadinanza, la partecipazione economica e l'innovazione scientifica.

In questo scenario nasce Matabì, un progetto di ricerca e intervento educativo promosso da Fondazione Agnelli, con il contributo scientifico del Politecnico di Torino, la collaborazione del CRENoS – Università di Cagliari per la valutazione d'impatto, e il supporto di Exor e della LEGO Foundation.

Matabì mira a rafforzare le abilità visuo-spaziali e matematiche di alunne e alunni della scuola primaria attraverso una specifica formazione delle insegnanti e l'uso in classe di materiali manipolativi – in particolare i mattoncini LEGO® DUPLO® – come strumenti per promuovere il pensiero spaziale e l'apprendimento attivo. L'idea che guida il progetto è fondata scientificamente, ma ambiziosa negli obiettivi: migliorare l'apprendimento della matematica agendo sui suoi prerequisiti cognitivi, in modo ludico e inclusivo. Matabì si inserisce in un più ampio filone di ricerca e innovazione didattica, che promuove approcci centrati sullo sviluppo del pensiero spaziale come strumento per potenziare la comprensione concettuale della matematica e, al contempo, per contrastare gli stereotipi di genere che ne condizionano l'apprendimento.

Attraverso la formazione delle insegnanti, i workshop in classe e la valutazione rigorosa dei risultati, il progetto ambisce non solo a generare un impatto misurabile sulle alunne e sugli alunni coinvolti, ma anche a fornire indicazioni operative per la scalabilità e la sostenibilità del modello nel sistema scolastico nazionale.

Nelle pagine che seguono discuteremo il problema educativo a cui l'intervento intende rispondere, le motivazioni teoriche e pratiche alla base della scelta di un approccio centrato sulla didattica visuo-spaziale, le caratteristiche metodologiche del progetto e, infine, i risultati osservati in termini di effetti sugli alunni, sulle alunne e sulle insegnanti.

1.1 La questione di *policy*: la fragilità dei nostri studenti in matematica e lo svantaggio delle ragazze

La matematica rappresenta una competenza chiave per la vita individuale e collettiva. Non solo costituisce la base per le discipline scientifiche e tecnologiche, ma contribuisce in modo determinante allo sviluppo cognitivo e metacognitivo di alunne e alunni. Le pratiche di ragionamento matematico sostengono la memoria di lavoro, la capacità di pianificazione e l'autoregolazione nei processi di apprendimento (Kliziene et al., 2022; Baten, Praet & Desoete, 2017), competenze che a loro volta facilitano la comprensione e il trasferimento delle conoscenze in domini diversi.

L'apprendimento matematico, dunque, non è solo un obiettivo disciplinare, ma un motore di sviluppo cognitivo complessivo che incide sulla costruzione di competenze trasversali fondamentali per la cittadinanza e per la partecipazione consapevole alla vita economica e sociale (Wai, Lubinski & Benbow, 2009).

Numerosi studi longitudinali mostrano come una solida preparazione matematica in età scolare si traduca in migliori esiti educativi, maggiori probabilità di completare l'istruzione terziaria e una più alta partecipazione a professioni qualificate (Douglas & Attewell, 2017). Al contrario, difficoltà precoci tendono ad amplificarsi nel tempo, consolidando divari che si riflettono sia sugli apprendimenti futuri sia sulle opportunità lavorative (Giofrè, Cornoldi, Martini & Toffalini, 2021).

In Italia, i dati su larga scala segnalano una fragilità strutturale nell'apprendimento matematico. I risultati INVALSI degli ultimi anni mostrano un peggioramento costante dei punteggi medi in matematica, con una quota crescente di alunni che non raggiunge il livello base di competenza al termine della scuola primaria. Le disuguaglianze si amplificano nei gradi scolastici successivi, dove diventano più marcati i divari territoriali e socioeconomici.

Le analisi PISA confermano questa tendenza anche in chiave comparativa: nel 2022 l'Italia si colloca al di sotto della media OCSE per i punteggi di matematica e registra un differenziale di oltre venti punti a favore dei ragazzi – equivalenti a circa sei mesi di apprendimento - uno dei più elevati in Europa (OECD, 2023).

Questi risultati mettono in luce una duplice criticità. Da un lato, una debolezza complessiva nella preparazione matematica delle alunne e degli alunni italiani; dall'altro, un divario di genere che si radica nei primi anni di scuola e tende a crescere nel tempo.

Le più recenti analisi INVALSI (2025) mostrano che già nella scuola primaria una quota significativa di alunne non raggiunge il livello base di competenza, mentre si riduce la percentuale di studenti – e in particolare di studentesse – collocati nelle fasce di eccellenza. Ne emerge un arretramento complessivo che dovrebbe preoccupare e orientare il dibattito pubblico: il divario, infatti, non è soltanto una questione di performance individuali, ma il sintomo di un sistema che fatica a garantire pari condizioni di apprendimento e di stimolo cognitivo fin dai primi anni di scuola (Gavosto & Romano, 2023; 2025).

Le difficoltà che emergono nei primi anni di scuola si riflettono risultati PISA delle e degli studenti quindicenni, che mostrano come l'Italia resti al di sotto della media OCSE per competenza matematica e presenti uno dei divari di genere più marcati a livello europeo.

Queste tendenze, se non affrontate precocemente, si traducono in una minore partecipazione femminile ai percorsi STEM e, nel lungo periodo, in un impoverimento del capitale umano del Paese.

1.2 Perché è importante che le ragazze non restino indietro?

Il gender gap in matematica non rappresenta soltanto un problema di equità educativa, ma un vincolo strutturale allo sviluppo del capitale umano e alla competitività del Paese.

Colmare questo divario è cruciale per almeno tre ragioni:

- Educativa: significa garantire a ogni studentessa e a ogni studente, indipendentemente dal genere, pari opportunità di accesso ai saperi che contano per la cittadinanza del XXI secolo.
- Economica e sociale: significa rimuovere una barriera che contribuisce alla persistente sotto-rappresentazione femminile nelle discipline STEM e, di conseguenza, nel mercato del lavoro più qualificato e meglio retribuito (Wang et al., 2016; Breda et al., 2023a).
- Sistemica: ridurre il gender gap in matematica è un obiettivo strategico per la competitività e la coesione sociale: un paese che disperde il talento femminile nei campi quantitativi rinuncia a una parte rilevante del proprio potenziale innovativo e limita le opportunità di mobilità sociale ed emancipazione economica delle donne, perpetuando disuguaglianze che si traducono in minore benessere collettivo e in una distribuzione meno equa delle risorse e delle opportunità.

Agire nelle prime fasi di scolarizzazione è essenziale. Studi recenti mostrano che il divario che emerge nei primi anni della scuola primaria può essere ridotto in modo significativo grazie a interventi precoci basati su metodologie attive, manipolative e inclusive (Contini et al., 2018).

La ricerca scientifica individua diversi meccanismi alla base di queste differenze. Una parte è attribuibile a fattori cognitivi e motivazionali: le ragazze mostrano, in media, livelli più elevati di ansia matematica e una minore autoefficacia percepita (Halpern et al., 2011; OECD, 2020). Tuttavia, la letteratura più recente sottolinea che tali differenze sono fortemente plasmate da fattori sociali e scolastici: stereotipi di genere che si insinuano precocemente nel linguaggio educativo, aspettative diverse da parte di insegnanti e genitori, rappresentazioni culturali che associano la competenza matematica al talento innato piuttosto che all'impegno (Carlana, 2019; Adamecz et al., 2025). È quindi il contesto, più che la biologia, a determinare la traiettoria delle differenze.

Un ulteriore elemento di disparità riguarda le abilità visuo-spaziali, ossia la capacità di rappresentare, manipolare e trasformare mentalmente oggetti e relazioni nello spazio. Tali abilità sono correlate in modo robusto con la riuscita in matematica e, più in generale, con la capacità di problem solving e di ragionamento logico (Mix, 2019; Uttal & Cohen, 2012). Numerose evidenze mostrano che alunni con abilità visuo-spaziali più sviluppate tendono ad apprendere più efficacemente concetti geometrici e aritmetici complessi, e che il potenziamento di queste abilità nei primi anni di scuola produce benefici solidi (Mix et al., 2021; Gilligan et al., 2019).

Inoltre, le ricerche indicano che le alunne, in media, ottengono risultati leggermente inferiori ai coetanei maschi in alcuni compiti visuo-spaziali. Questa differenza non riflette fattori biologici, ma minori opportunità di esercizio: nei contesti extrascolastici le bambine sono meno esposte al gioco costruttivo; nei contesti scolastici, dove pure questi materiali sono presenti, le dinamiche di classe e le aspettative implicite delle insegnanti possono tradursi in una partecipazione meno attiva delle alunne alle attività di manipolazione e costruzione (Newcombe, 2020). Intervenire precocemente attraverso attività strutturate che garantiscano pari accesso e stimolazione può quindi contribuire non solo a migliorare la comprensione matematica di tutta la classe, ma anche a ridurre i divari di genere.

È proprio su questa consapevolezza che si fonda l'approccio di Matabi, che combina formazione docente e attività didattiche basate sull'uso di materiali manipolativi per rafforzare le competenze spaziali e, attraverso di esse, promuovere un apprendimento matematico più solido, inclusivo e motivante. Grazie al contributo congiunto di Fondazione Agnelli, Politecnico di Torino, CRENoS –

Università di Cagliari, Exor e LEGO Foundation, il progetto mette alla prova, attraverso una sperimentazione su larga scala con randomized controlled trial, un modello didattico che integra evidenze neuroscientifiche, pedagogiche e psicologiche, coinvolgendo oltre 100 insegnanti e migliaia di alunne e alunni distribuiti in diverse regioni italiane.

2. La cornice teorica di Matabi

Questa sezione sintetizza i principali contributi teorici e le evidenze empiriche che motivano la scelta di un intervento centrato sul potenziamento delle competenze spaziali, con particolare attenzione alla loro relazione con la matematica e alla dimensione di genere che le caratterizza.

2.1 Abilità visuo-spaziali

Le abilità visuo-spaziali sono correlate all'apprendimento della matematica e all'esecuzione di compiti che richiedono la comprensione delle relazioni tra numeri, simboli e operazioni. Anche un semplice calcolo come $15 - 8 = 7$ implica la capacità di rappresentare mentalmente la posizione dei simboli e di attribuire significato alle loro relazioni. Queste abilità non sono soltanto fondamentali per la costruzione delle competenze matematiche durante gli anni scolastici, ma influenzano anche lo sviluppo di capacità più ampie, rilevanti per i saperi STEM e per la risoluzione di problemi complessi.

Con il termine *abilità visuo-spaziali* si fa riferimento a un insieme articolato di processi cognitivi che consentono di percepire, rappresentare e manipolare mentalmente relazioni spaziali. Esse comprendono la percezione visiva, la visualizzazione mentale, la memoria visiva, la velocità di chiusura percettiva (la capacità di completare mentalmente figure incomplete — come riconoscere un cerchio tracciato con una linea tratteggiata o identificare quale pezzo manca in un puzzle) e la capacità di esplorare e analizzare configurazioni nello spazio (Mather & Wendling, 2018). La percezione visiva permette di dare significato all'ambiente circostante integrando informazioni su forma, colore, profondità e posizione degli oggetti.

Analogamente, l'abilità spaziale implica la coordinazione di diversi processi: la scansione visiva dello spazio, la rappresentazione mentale del corpo e degli oggetti, la capacità di eseguire movimenti finalizzati e la comprensione della disposizione topografica dell'ambiente (ibid.).

Le abilità visuo-spaziali iniziano a svilupparsi nei primissimi anni di vita e influenzano le modalità di gioco, di esplorazione e, più avanti, l'organizzazione cognitivo-motoria del bambino (Halliday, Calkins & Leerkes, 2018). È stato ampiamente dimostrato che tali competenze sono malleabili: possono

essere potenziate attraverso esperienze mirate, attività di apprendimento e specifici programmi di allenamento (Baenninger & Newcombe, 1989; Reilly, Neumann & Andrews, 2016). Questo aspetto ha profonde implicazioni educative, poiché indica che un adeguato supporto didattico può favorirne lo sviluppo e, di conseguenza, migliorare le competenze matematiche.

Box 1 – Cosa sono le abilità visuo-spaziali

Con il termine *abilità visuo-spaziali* si fa riferimento a un insieme articolato di processi cognitivi che consentono di percepire, rappresentare e manipolare mentalmente relazioni spaziali

- **Percezione visiva** → riconoscere forma, colore, orientamento.
- **Visualizzazione mentale** → immaginare trasformazioni e rotazioni.
- **Memoria spaziale** → mantenere e manipolare rappresentazioni visive.
- **Orientamento** → comprendere relazioni topografiche tra oggetti.
- **Velocità di chiusura percettiva** → identificare pattern incompleti.

Queste componenti interagiscono nello sviluppo del pensiero spaziale e costituiscono il fondamento cognitivo delle competenze geometriche e numeriche.

2.2 Le relazioni tra abilità visuo-spaziali e competenze matematiche

Numerose ricerche in psicologia cognitiva e neuroscienze documentano l'associazione positiva tra abilità visuo-spaziali e competenze matematiche, con effetti che persistono dall'infanzia all'età adulta (Wai, Lubinski & Benbow, 2009; Uttal et al., 2013). Questa relazione è stata osservata sistematicamente in tutte le fasi dello sviluppo: da alunne e alunni in età prescolare a chi frequenta la scuola primaria (Cornu et al., 2018), fino alle alunne e agli alunni della scuola secondaria (Kyttälä & Lehto, 2008).

Le basi neurobiologiche di questa connessione sono state documentate attraverso studi di neuroimaging. Regioni specifiche della corteccia parietale — un'area del cervello coinvolta nell'elaborazione delle informazioni spaziali e nella rappresentazione mentale di numeri e quantità — si attivano sia durante compiti che richiedono memoria visiva e orientamento spaziale, sia durante attività di calcolo mentale e manipolazione di quantità numeriche (Dumontheil & Klingberg, 2011; Zago et al., 2008).

Questa sovrapposizione funzionale — il fatto che le stesse aree cerebrali si attivino sia per compiti spaziali che numerici — suggerisce l'esistenza di meccanismi neurali parzialmente condivisi tra elaborazione spaziale e ragionamento matematico, offrendo una spiegazione biologica alle correlazioni comportamentali osservate.

Hawes e Ansari (2020), in una rassegna sistematica della letteratura interdisciplinare, individuano quattro meccanismi principali attraverso cui le abilità visuo-spaziali sostengono l'apprendimento matematico:

1. *Rappresentazione spaziale dei numeri*, che consente di visualizzare le relazioni di ordine e grandezza su una linea mentale;
2. *Circuiti neurali condivisi*, che favoriscono l'integrazione efficiente delle informazioni durante il calcolo;
3. *Modellizzazione spaziale*, che traduce concetti astratti in rappresentazioni visive concrete, rendendo accessibili idee complesse;
4. *Memoria di lavoro spaziale*, che supporta la manipolazione temporanea delle informazioni numeriche nella risoluzione di problemi.

Particolarmente significativa è la capacità predittiva delle abilità visuo-spaziali rilevate in età precoce. Raghobar et al. (2010) mostrano che già nella scuola dell'infanzia le competenze spaziali predicono il successo matematico futuro. In uno studio longitudinale, Zhang et al. (2013) hanno seguito studenti dalla scuola materna alla quinta primaria, dimostrando che le abilità visuo-spaziali iniziali predicevano i punteggi in matematica e lettura anche diversi anni dopo, indipendentemente da genere, condizione socio-economica o altre capacità cognitive.

La relazione non è tuttavia uniforme nel corso dello sviluppo: le diverse componenti spaziali assumono peso diverso a seconda dell'età e del tipo di compito matematico. La comprensione di scale e proporzioni predice stabilmente il successo tra i 6 e i 10 anni, mentre l'abilità di rotazione mentale risulta particolarmente rilevante nelle prime classi della primaria, quando le alunne e gli alunni imparano a manipolare rappresentazioni concrete (Gilligan et al., 2019; Kahl et al., 2021).

Pur con queste specificità, gli effetti positivi delle competenze spaziali continuano a influenzare la performance matematica fino all'adolescenza e oltre (Uttal et al., 2013), suggerendo che gli interventi educativi dovrebbero essere calibrati sulle fasi di sviluppo cognitivo, potenziando le componenti più rilevanti per ciascuna età.

L'importanza delle abilità visuo-spaziali travalica i confini della matematica. Nelle discipline scientifiche come chimica e fisica, dove alunne e alunni devono visualizzare strutture tridimensionali, comprendere fenomeni dinamici e interpretare rappresentazioni grafiche complesse, le competenze spaziali sono predittori robusti del successo accademico (Kozhevnikov, Motes & Hegarty, 2007; Wu & Shah, 2004).

Non sorprende quindi che studenti con elevato pensiero spaziale mostrino maggiore probabilità di intraprendere e completare percorsi universitari in ambito STEM (Ballatore et al., 2020; Uttal & Cohen, 2012).

Alla luce di queste evidenze, il potenziamento delle abilità visuo-spaziali emerge come un investimento educativo strategico. Non si tratta semplicemente di migliorare un'abilità utile per la matematica elementare, ma di sviluppare una competenza cognitiva di base che sostiene l'apprendimento lungo tutto il percorso scolastico e apre opportunità in ambiti professionali ad alto valore aggiunto.

Questo è particolarmente rilevante per le studentesse, che tradizionalmente mostrano livelli più bassi sia nelle abilità visuo-spaziali sia nella partecipazione alle carriere scientifiche: interventi mirati in età precoce possono contribuire a ridurre divari persistenti.

2.3 La dimensione di genere delle abilità visuo-spaziali e della matematica

A differenza di altri ambiti più controversi del dibattito sulle differenze di genere nelle capacità cognitive, esiste un ampio consenso sul fatto che maschi e femmine presentino, in media, differenze nelle abilità visuo-spaziali (Halpern, Straight & Stephenson, 2011; Halpern & Collaer, 2005). Mentre le femmine tendono a ottenere risultati migliori in alcuni domini cognitivi – come la memoria e la cognizione sociale (Gur et al., 2012; Silverman, Choi & Peters, 2007) – i maschi mostrano generalmente prestazioni più elevate in compiti che richiedono la rappresentazione e la manipolazione mentale dello spazio (Reilly, Neumann & Andrews, 2016).

Uno studio condotto su oltre 800 adulti (Shaqiri et al., 2018) ha rilevato che i maschi ottengono risultati significativamente superiori alle femmine in sei dei quindici test di percezione visiva somministrati, mentre in nessun test le femmine superano i maschi.

Diversi fattori – sociali, culturali e psicobiologici – possono contribuire a spiegare queste differenze (Miller & Halpern, 2014). Alcuni studi non rilevano scarti significativi tra alunne e alunni in età prescolare (Kotsopoulos, Zambrzycka & Makosz, 2017), mentre altri li documentano già nelle prime fasi dell'infanzia, in particolare nei compiti di ragionamento spaziale (Moore & Johnson, 2008; Quinn & Liben, 2008). Durante la scuola primaria le differenze diventano più marcate nella rotazione mentale e nella trasformazione spaziale (Lachance & Mazzocco, 2006), ampliandosi nel corso della secondaria e dell'istruzione superiore (Geiser et al., 2008).

Le abilità visuo-spaziali sono inoltre connesse ad aspetti emotivi e motivazionali dell'apprendimento matematico, in particolare all'ansia e alle convinzioni di autoefficacia. Chi presenta alti livelli di ansia matematica tende a riportare anche maggiore ansia spaziale e generale, oltre a risultati inferiori nei test spaziali (Ferguson & Risko, 2015).

Recenti ricerche mostrano che l'ansia spaziale – ovvero la paura e l'apprensione provate durante compiti che richiedono pensiero spaziale – contribuisce a spiegare le differenze di genere nelle prestazioni di rotazione mentale (Alvarez-Vargas et al., 2020). In particolare, l'ansia legata alla navigazione e alla rotazione mentale di oggetti spiega una parte significativa del divario tra maschi e femmine nei test di rotazione mentale. Questo dato suggerisce che ridurre l'ansia spaziale potrebbe migliorare le competenze spaziali e ridurre il gender gap, un obiettivo che può essere perseguito attraverso interventi didattici basati su attività ludiche e manipolative come quelle proposte in Matabi.

Parallelamente, l'autoefficacia si associa positivamente alle abilità visuo-spaziali: studenti e studentesse che si percepiscono come più competenti in matematica ottengono anche risultati migliori in compiti spaziali (Casey, Nuttall & Pezaris, 1997).

Secondo i dati PISA 2018, le studentesse riportano livelli più elevati di paura del fallimento, maggiore ansia e minore fiducia nelle proprie competenze matematiche e scientifiche rispetto ai coetanei maschi (OECD, 2019). Queste differenze emotive e motivazionali influenzano le scelte scolastiche e professionali, riducendo nel tempo la probabilità di intraprendere percorsi STEM (ibid.). Stereotipi

di genere veicolati da famiglia, scuola e contesto sociale contribuiscono alla loro formazione e consolidamento (Brussino & McBrien, 2022).

Altri lavori suggeriscono che non tutte le componenti delle abilità spaziali hanno lo stesso peso: la rotazione mentale, ad esempio, sembra essere un predittore più forte della performance numerica per le femmine (XU, 2025). Il fatto che molte differenze osservate non risultino completamente spiegabili controllando per variabili biologiche o ambientali rafforza l'ipotesi di un intreccio di fattori che, pur agendo in modo non esclusivo, hanno un impatto sistematicamente più penalizzante per le femmine.

Va però sottolineato che tali divari non sono immutabili. Numerose evidenze indicano che le abilità visuo-spaziali, come molte altre competenze cognitive, possono essere sviluppate con l'allenamento (Lachance & Mazzocco, 2006). Interventi didattici mirati e programmi di esercizio anche brevi si sono dimostrati efficaci nel migliorare le prestazioni spaziali e nel ridurre il divario di genere (Miller & Halpern, 2013).

Questi risultati offrono indicazioni operative per la didattica: se le abilità visuo-spaziali rappresentano una componente cruciale per la comprensione matematica e sono influenzabili dall'esperienza, è fondamentale individuare e promuovere pratiche educative che vadano in questa direzione. Un approccio efficace dovrebbe integrare strategie cognitive, emotive e motivazionali nello sviluppo congiunto delle competenze spaziali e matematiche.

3. L'approccio Matabì: una pedagogia fondata sui mattoncini

Le evidenze presentate nella cornice teorica mostrano che le abilità visuo-spaziali sono malleabili e possono essere sviluppate mediante esperienze mirate e attività educative intenzionali (Baenninger & Newcombe, 1989; Uttal et al., 2013). Questa consapevolezza costituisce la base pedagogica di Matabì.

Le ricerche hanno identificato numerosi approcci efficaci per potenziare tali abilità. Tra questi figurano esercizi di visualizzazione mentale, attività di manipolazione e costruzione, giochi digitali e di robotica, disegno, rappresentazioni grafiche e movimenti nello spazio (Uttal et al., 2012; OECD, 2020). Molti di questi interventi condividono un principio comune: la combinazione tra esperienza concreta e dimensione ludica favorisce l'apprendimento profondo e motivato.

In questa sezione viene illustrata la struttura pedagogica dell'intervento Matabì: la filosofia educativa alla base del metodo, il kit manipolativo, il percorso di formazione docente e le modalità didattiche di applicazione in classe. Gli elementi qui presentati descrivono la natura dell'intervento dal punto di vista educativo e professionale. Gli aspetti legati alla valutazione sperimentale — randomizzazione, protocollo standardizzato, misurazioni e strumenti — sono trattati approfonditamente nella Sezione 5.

3.1 Il playful learning come cornice pedagogica

L'approccio del playful learning — l'apprendimento che nasce dal gioco e dalla scoperta — rappresenta la cornice teorica in cui si colloca Matabì. Il gioco, inteso non come semplice ricreazione ma come forma strutturata di esplorazione cognitiva, è riconosciuto come veicolo privilegiato per l'acquisizione di concetti complessi e per lo sviluppo del pensiero creativo e metacognitivo (OECD,

2020). La dimensione ludica incoraggia curiosità, sperimentazione e collaborazione, consentendo ad alunne e alunni di costruire attivamente significati e di trasferire le conoscenze a contesti diversi.

Nel *playful learning*, le esperienze di apprendimento si articolano lungo un continuum che va dal gioco libero, utile a stimolare immaginazione e autonomia, al gioco strutturato, orientato al raggiungimento di specifici obiettivi cognitivi. Entrambi i poli favoriscono la costruzione di competenze spaziali e matematiche, ma il secondo consente una più esplicita integrazione con il curriculum scolastico. Altri elementi chiave del *playful learning* sono il lavoro collaborativo e la riflessione metacognitiva, che trasformano l'esperienza ludica in apprendimento consapevole. Nel confronto con i compagni e nella verbalizzazione guidata dall'insegnante delle strategie utilizzate, alunne e alunni sviluppano la capacità di riconoscere e nominare i propri processi cognitivi, rendendo espliciti e trasferibili ad altri contesti gli apprendimenti costruiti attraverso la manipolazione.

3.1.1 Gioco spaziale, costruzione e sviluppo cognitivo

Numerosi studi confermano l'importanza del gioco spaziale — attività che implicano la manipolazione e la rappresentazione di oggetti nello spazio — per lo sviluppo delle abilità visuo-spaziali (Jirout & Newcombe, 2015). Tra queste attività, i giochi di costruzione con blocchi, mattoncini e puzzle occupano un ruolo centrale: permettono ad alunne e alunni di esercitare competenze come la rotazione mentale, la scala spaziale e la corrispondenza uno-a-uno, favorendo al contempo processi di astrazione e generalizzazione utili all'apprendimento matematico.

Ad esempio, quando un bambino utilizza un diagramma per completare una struttura LEGO, deve tradurre una rappresentazione bidimensionale (il disegno) in un oggetto tridimensionale (la costruzione), identificando la corrispondenza tra i mattoncini rappresentati sulla carta e quelli reali, orientandoli correttamente nello spazio e pianificando la sequenza di assemblaggio. Questo processo di decodifica e traduzione tra diversi registri rappresentativi — dal simbolico al concreto — attiva e rinforza il ragionamento logico e le competenze di *problem solving*.

L'efficacia dei giochi di costruzione nello sviluppo cognitivo è ampiamente documentata dalla ricerca empirica. Gli studi mostrano che, già in età prescolare, le abilità nel gioco di costruzione predicono in modo robusto le prestazioni matematiche negli anni successivi (Wolfgang, Stannard & Jones, 2001). Nath e Szücs (2014) dimostrano che in alunne e alunni di sette anni la capacità di costruzione con i LEGO è positivamente associata alle prestazioni matematiche, e che tale effetto è completamente mediato dalla memoria visuo-spaziale. Analogamente, Newman, Hansen e Gutierrez (2016) hanno osservato che studenti di otto anni impegnati in attività strutturate di costruzione con i blocchi migliorano significativamente nel tempo di reazione e nella precisione nei compiti di elaborazione spaziale, mostrando anche una maggiore attivazione delle aree cerebrali legate alla memoria di lavoro e al ragionamento spaziale.

Uno studio su 128 studenti di scuola primaria (Oostermeijer, Boonen & Jolles, 2014) mostra che quasi il 40% della varianza nelle prestazioni di *problem solving* matematico è spiegata dal gioco costruttivo e dalle abilità spaziali di alunne e alunni. L'influenza positiva del gioco costruttivo è stata rilevata anche in età molto precoce: uno studio condotto in Indonesia (Sari et al., 2019) ha mostrato che l'intelligenza visuo-spaziale degli alunni di tre e quattro anni può essere potenziata significativamente attraverso attività di costruzione con i LEGO. Queste evidenze confermano che il

gioco manipolativo costituisce una palestra cognitiva in grado di sostenere, fin dai primi anni, processi di percezione, immaginazione e ragionamento spaziale.

3.1.2 Il ruolo dell'insegnante come mediatore cognitivo

Gli studi pedagogici sottolineano che l'efficacia del gioco costruttivo dipende dal ruolo dell'insegnante come mediatore cognitivo. Studi comparativi confermano che il **gioco guidato produce risultati superiori al gioco libero**: Fisher e colleghi (2013), in uno studio randomizzato su bambini di scuola dell'infanzia, hanno confrontato tre condizioni — gioco guidato dall'insegnante, gioco libero e istruzione diretta — e documentano che il gioco guidato genera apprendimenti significativamente migliori sia rispetto al gioco libero sia rispetto all'istruzione diretta tradizionale su compiti di geometria e capacità di transfer. Analogamente, Casey et al. (2008), in un intervento su larga scala con blocchi costruttivi, mostrano che alunne e alunni che ricevono supporto strutturato dall'insegnante — con utilizzo intenzionale di linguaggio matematico e spaziale durante le costruzioni — ottengono punteggi significativamente più alti nelle competenze spaziali e matematiche rispetto ai bambini che utilizzano gli stessi materiali in modo autonomo.

Un esperimento svedese (Hussain, Lindh & Shukur, 2006) illustra concretamente come avviene questa mediazione: a di apprendimento attraverso domande stimolo, sollecitazioni alla verbalizzazione e momenti di riflessione guidata, aiutando alunne e alunni a collegare l'esperienza concreta della manipolazione con i concetti matematici astratti. La mediazione dell'insegnante trasforma l'esperienza ludica in opportunità di costruzione concettuale, permettendo ad alunne e alunni di esplicitare strategie, riconoscere pattern e trasferire competenze a nuovi contesti.

3.1.3 La questione dell'equità di genere nel gioco costruttivo

Emerge tuttavia un elemento critico che riguarda l'equità di accesso a queste esperienze educative. Ricerche su oltre 800 alunni tra 4 e 7 anni rilevano una relazione positiva tra frequenza di gioco spaziale e prestazioni visuo-spaziali, indipendentemente dal livello socio-economico o dal genere (Newcombe & Stieff, 2012; Grissmer et al., 2013). Tuttavia, gli stessi studi evidenziano che nei contesti extrascolastici i maschi dedicano molto più tempo a questi giochi rispetto alle femmine, una disparità attribuibile a stereotipi di genere ancora diffusi nelle pratiche educative familiari (Shenouda & Danovitch, 2014).

Il gioco costruttivo continua, infatti, a essere percepito in molti contesti come un'attività "da maschi", limitando le opportunità di esercizio per le alunne. La ricerca mostra che già a quattro anni gli stereotipi di genere influenzano le preferenze ludiche e la fiducia di bambine e bambini nelle proprie capacità spaziali, e che tali effetti tendono a consolidarsi nel tempo se non contrastati da interventi educativi intenzionali. Questa minore esposizione delle bambine al gioco spaziale rappresenta un tassello cruciale nella genesi del divario di genere nelle abilità visuo-spaziali e matematiche.

L'introduzione sistematica del gioco costruttivo nel contesto scolastico assume quindi un duplice valore strategico: da un lato, garantisce a tutta la classe — indipendentemente dal genere — le medesime opportunità di sviluppare il pensiero spaziale attraverso esperienze strutturate e guidate; dall'altro, contrasta attivamente gli stereotipi che orientano bambine e bambini verso esperienze ludiche differenziate, contribuendo così a ridurre le disuguaglianze che emergono già nei primi anni di scuola.

3.1.4 Oltre i mattoncini: la varietà del playful learning

Se i giochi di costruzione con materiali come blocchi e mattoncini costituiscono un ambito cruciale per lo sviluppo del pensiero matematico, il playful learning non si esaurisce in questa dimensione. Esso include infatti un ampio ventaglio di esperienze — dal gioco guidato alla manipolazione strutturata — in cui l'insegnante assume il ruolo di facilitatore e accompagna alunne e alunni nella scoperta e nella riflessione (Zosh et al., 2017). Anche la robotica educativa e i videogiochi educativi possono stimolare abilità di rappresentazione spaziale, pianificazione sequenziale e problem solving (Newman, Hansen & Gutierrez, 2016). La possibilità di integrare linguaggi analogici e digitali amplia le opportunità didattiche, consentendo di intercettare stili cognitivi diversi e di personalizzare l'esperienza di apprendimento.

Le ricerche analizzate in questo capitolo convergono nel riconoscere il gioco — e in particolare il gioco costruttivo — come strumento privilegiato per lo sviluppo delle abilità visuo-spaziali e per l'insegnamento della matematica nella scuola primaria. È su questa solida cornice teorica ed empirica che si fonda l'approccio di Matabì:

3.2 Dai mattoncini al metodo Matabì

3.2.1 Da Six Bricks a Matabì: genesi e sviluppo del metodo

Il metodo Matabì nasce dalla consapevolezza del potenziale educativo dei giochi di costruzione e si ispira a una delle esperienze più consolidate di playful learning: Six Bricks, ideato da Care for Education in collaborazione con la LEGO Foundation. Questo approccio innovativo utilizza sei mattoncini DUPLO colorati per creare esperienze di apprendimento pratico che stimolano abilità percettive, motorie, di alfabetizzazione, di numerazione e socio-emotive. La metodologia è stata introdotta come una soluzione accessibile e scalabile per l'educazione STEM nelle scuole primarie, dimostrandosi efficace anche in contesti educativi diversificati.

A partire dall'esperienza con Six Bricks, un team di ricercatrici, ricercatori ed educatori ha progettato il kit Matabì, un'evoluzione del metodo originale pensata per il contesto scolastico italiano. Il kit è stato concepito per potenziare le abilità spaziali e matematiche di alunne e alunni della scuola primaria, con un focus particolare sulla riduzione del divario di genere nelle materie STEM.

3.2.2 Il kit Matabì: struttura e rationale pedagogico

Il kit Matabì comprende quattordici mattoncini LEGO® DUPLO®: i sei mattoncini base di Six Bricks (2x4, uno per colore: rosso, arancione, giallo, verde chiaro, blu chiaro, blu scuro) e otto mattoncini aggiuntivi di diverse dimensioni e spessori, progettati per ampliare le possibilità di utilizzo. Tra questi:

- Due mattoncini più lunghi dello standard (2x6): uno rosso e uno verde chiaro
- Due mattoncini quadrati (2x2): uno rosso e uno verde chiaro
- Quattro mattoncini sottili blu scuro (2x4), due dei quali formano un mattoncino standard

L'aggiunta di nuovi pezzi rende il kit uno strumento manipolativo più versatile, consentendo di ampliare le combinazioni possibili, incrementando il livello di sfida cognitiva e favorendo la generalizzazione dei concetti. La presenza di mattoncini di dimensioni diverse permette di esplorare relazioni proporzionali, equivalenze e composizioni spaziali in modo concreto, facilitando il passaggio dall'esperienza manipolativa alla rappresentazione astratta.

Matabì conserva la filosofia del playful learning e dell'apprendimento per scoperta di Six Bricks, ma la arricchisce con una struttura formativa specifica per le insegnanti e un set di attività didattiche progressivamente strutturate per la scuola primaria. La semplicità dei materiali e la flessibilità delle proposte rendono il metodo accessibile e adattabile a classi di diversa età e composizione. Al tempo stesso, la sua impostazione scientificamente fondata — basata sulle evidenze riguardanti la relazione tra abilità visuo-spaziali, gioco costruttivo e apprendimento matematico — ne incoraggia la replicabilità e la scalabilità nel sistema scolastico italiano.

3.3 Applicazioni didattiche del kit e percorso formativo

Matabì promuove un ruolo attivo di alunne e alunni nella costruzione delle conoscenze. L'utilizzo dei mattoncini in classe consente di passare dal concreto all'astratto, favorendo la comprensione di relazioni e strutture logiche che costituiscono la base della matematica. L'approccio si distingue per la capacità di integrare la manipolazione e la riflessione: il fare e il pensare diventano due dimensioni complementari del processo di apprendimento.

Matabì non richiede una riorganizzazione completa del curriculum scolastico. Al contrario, è stato progettato per supportare l'apprendimento quotidiano, integrandosi facilmente nelle lezioni già pianificate dalle insegnanti. Ciò ne facilita l'adozione da parte delle insegnanti e la sostenibilità nel tempo, consentendo di arricchire la didattica esistente senza introdurre vincoli organizzativi o contenutistici.

3.3.1 Il percorso formativo dei docenti

Il progetto Matabì propone un percorso di formazione strutturato e progressivo, rivolto alle insegnanti della scuola primaria. L'obiettivo è fornire loro conoscenze teoriche e strumenti operativi per integrare stabilmente l'approccio visuo-spaziale e il playful learning nella pratica quotidiana.

Il corso di formazione ha una durata complessiva di 20 ore, suddivise in cinque moduli teorico-pratici, a cui si affiancano tre interventi di sperimentazione in classe con il supporto dei tutor Matabì.

Nel corso dei 5 moduli illustrati in tabella 1, le insegnanti affrontano, in modo graduale, le principali dimensioni pedagogiche e metodologiche del progetto:

Tabella 1. Struttura del percorso formativo Matabì per docenti

Modulo	Obiettivi principali	Attività previste	Risultati attesi
1. Comprendere gli stereotipi di genere e il loro impatto sull'apprendimento matematico	Riconoscere i pregiudizi impliciti che influenzano la percezione delle capacità matematiche di studenti e studentesse; promuovere un approccio equo e consapevole.	Discussioni interattive; analisi di casi studio; riflessioni guidate sulle pratiche inclusive.	Maggiore consapevolezza delle barriere invisibili e adozione di strategie didattiche eque.
2. Sviluppare e utilizzare le abilità spaziali nella didattica	Comprendere l'importanza delle abilità visuo-spaziali come prerequisito dell'apprendimento matematico; sperimentare tecniche per potenziarle.	Lezioni teoriche; esercizi pratici di visualizzazione e rotazione mentale ispirati al corso di Sheryl Sorby; momenti di confronto.	Rafforzamento delle competenze spaziali personali e capacità di trasferirle nella didattica.
3. Esplorare il kit Matabì e il playful learning	Familiarizzare con i materiali e con l'approccio basato sulla manipolazione e sul gioco.	Esplorazione del kit; simulazioni di attività in piccoli gruppi; esercitazioni di <i>playful learning</i> .	Acquisizione di dimestichezza con il kit e comprensione del suo potenziale educativo.
4. Integrare Matabì nel curriculum scolastico	Sviluppare strategie per integrare Matabì nel curriculum e nelle lezioni di matematica.	Presentazione di buone pratiche; analisi dei sei workshop (tre per le classi terze, tre per le quarte); progettazione guidata di unità didattiche.	Capacità di pianificare attività coerenti con gli obiettivi curricolari e con il metodo Matabì.
5. Progettare in autonomia e consolidare le competenze	Consolidare le conoscenze acquisite e promuovere autonomia e riflessione professionale.	Ideazione di nuove attività o moduli; condivisione tra pari; riflessione sull'esperienza in classe.	Docenti autonomi e consapevoli, in grado di innovare la didattica della matematica attraverso il metodo Matabì.

3.3.2 Le fasi di applicazione in classe e la comunità di pratiche

Parallelamente alla formazione, ciascun docente realizza tre interventi in classe utilizzando il kit Matabì:

1. Primo intervento – condotto dal tutor Matabì, con il docente in ruolo di osservatore attivo.
2. Secondo intervento – guidato dal docente, con il tutor in osservazione e feedback.
3. Terzo intervento – svolto in autonomia dal docente con l'ausilio di una specifica scheda didattica, che applica le competenze acquisite.

Questa progressione accompagna gradualmente le insegnanti verso l'autonomia metodologica, consolidando la sicurezza nell'uso del kit e nella gestione delle dinamiche di classe. Il supporto dei tutor favorisce la riflessione condivisa e la coerenza pedagogica, mentre la documentazione delle attività consente un monitoraggio continuo della sperimentazione.

Un elemento innovativo del percorso Matabì è la creazione di una comunità di pratica tra le insegnanti partecipanti, che condividono esperienze, materiali e osservazioni attraverso piattaforme

collaborative (Padlet e forum dedicati). Questa dimensione orizzontale di confronto rafforza il senso di appartenenza e favorisce la diffusione di buone pratiche all'interno delle scuole coinvolte.

L'intero percorso formativo è pensato per essere scalabile e sostenibile, permettendo la replicabilità del modello in contesti diversi. Nella sezione successiva (3.4) vengono illustrate le fasi evolutive del programma, dal pilota in presenza alle successive edizioni online e alla versione definitiva.

3.3.3 Attività per gli studenti

Le attività con il kit Matabì si articolano in compiti aperti e cooperativi, in cui alunne e alunni sono incoraggiati a esplorare più soluzioni possibili, formulare ipotesi e discutere strategie. Gli insegnanti possono adattare le proposte al livello della classe e agli obiettivi curricolari, mantenendo costante l'attenzione sullo sviluppo delle abilità visuo-spaziali.

Esempi di applicazioni didattiche:

- Geometria – Costruire e analizzare forme, esplorare angoli, simmetrie e proporzioni; visualizzare figure complesse partendo da elementi semplici.
- Misura e proporzione – Calcolare lunghezze, aree e volumi, comparando le dimensioni delle costruzioni per sviluppare il senso della scala.
- Problem solving – Affrontare problemi pratici che richiedono pianificazione e flessibilità cognitiva, ad esempio, ricostruire una figura mancante o ottimizzare un percorso.
- Aritmetica e frazioni – Utilizzare i mattoncini per rappresentare frazioni equivalenti, rapporti, operazioni con numeri interi e decimali.

Queste attività rafforzano non solo le competenze matematiche, ma anche abilità trasversali quali la cooperazione, la comunicazione, la perseveranza e la fiducia nelle proprie capacità. Il contesto ludico e inclusivo riduce l'ansia da prestazione e stimola la motivazione intrinseca, elementi fondamentali per un apprendimento duraturo.

Uno dei punti di forza di Matabì è la sua flessibilità didattica. Le attività possono essere proposte in piccoli gruppi o in forma individuale, adattandole alle diverse esigenze cognitive e ai livelli di competenza. Gli insegnanti possono modulare la difficoltà variando il numero di pezzi, la complessità delle costruzioni o le modalità di rappresentazione (con disegni, schemi, fotografie). La natura manipolativa e multisensoriale delle attività favorisce inoltre l'inclusione di studenti con differenti stili di apprendimento o con Bisogni educativi speciali, permettendo a ciascuno di partecipare attivamente secondo le proprie possibilità. Matabì diventa così uno strumento di differenziazione didattica che valorizza il contributo di tutte le alunne e di tutti gli alunni.

3.4 Dal pilota in presenza alla struttura del programma di formazione Matabì

La formazione Matabì si è evoluta attraverso tre fasi: una fase pilota in presenza, una prima edizione online (2022-23) e una seconda edizione online ampliata (2023-24). Questo processo ha permesso di testare e perfezionare il modello formativo, mantenendo inalterata la struttura di base — cinque moduli formativi da 2 ore ciascuno (10 ore complessive di formazione sincrona) e tre workshop in classe da 2 ore con il supporto dei tutor — ma adattando le modalità di erogazione e i materiali alle esigenze di scalabilità.

3.4.1 Fase pilota

Il pilota in presenza (prima parte dell'A.S. 2022/23) ha coinvolto 15 docenti della scuola primaria in un percorso formativo interamente in presenza. Questa modalità ha garantito interazione diretta tra formatori e docenti, utile soprattutto nei moduli dedicati all'uso dei mattoncini, che richiedono manipolazione e sperimentazione guidata. Il gruppo ridotto ha inoltre consentito una valutazione della struttura, dei contenuti e dei materiali formativi, fornendo indicazioni per le edizioni successive.

Sebbene il formato in presenza abbia dimostrato efficacia, le esigenze di scalabilità hanno reso necessario il passaggio a modalità online per raggiungere un numero maggiore di insegnanti distribuiti sul territorio.

Il pilota online (seconda parte dell'A.S. 22/23) ha coinvolto 69 docenti in Piemonte. Il passaggio dalla formazione in presenza a quella online ha richiesto adattamenti:

- Formazione mista. I cinque moduli formativi (10 ore complessive) sono stati erogati online tramite piattaforma digitale, integrati da un incontro facoltativo in presenza al termine del percorso per favorire il confronto tra docenti e la condivisione di esperienze.
- Supporto online facoltativo. Sono stati offerti quattro slot da 1 ora per approfondimenti sui temi visuo-spaziali e sul metodo Matabi, per compensare le difficoltà legate alla manipolazione dei materiali in ambiente virtuale.
- Workshop in classe. I tre workshop con le classi sono stati condotti in presenza dalle insegnanti formate, con il supporto di tutor Matabi che hanno affiancato le insegnanti nella gestione delle attività.
- Sono stati registrate delle video pillole relative ai workshop 2 e 3 per supportare la formazione
- Inoltre, sono state rifinite e migliorate le schede didattiche utilizzate nei workshop.

3.4.2 L'intervento a regime (2023/24)

Nel 2023/24 il progetto è stato esteso a sei regioni (Piemonte, Toscana, Campania, Sicilia, Marche e Basilicata), coinvolgendo 27 scuole primarie e 115 docenti. Sulla base delle difficoltà emerse nella prima edizione — legate soprattutto all'uso degli strumenti digitali e alla gestione asincrona dei materiali — è stato aggiunto un modulo introduttivo di un'ora dedicato alla familiarizzazione con la piattaforma Zoom e le modalità di fruizione dei contenuti, seguito da un'attività di ice-breaking ("presentati con il kit") per favorire la conoscenza reciproca tra i partecipanti anche a distanza. Il tasso di partecipazione a questo Modulo 0 è stato del 93,9% (108 docenti su 115), indicando un buon livello di coinvolgimento iniziale.

Il workbook utilizzato per il potenziamento delle abilità visuo-spaziali delle insegnanti, originariamente ispirato al corso della professoressa Sheryl Sorby (Michigan Technological University), è stato interamente rivisto.

Tra il pilota in presenza e il pilota online (gennaio 2023) sono, inoltre, stati sviluppati materiali aggiuntivi per sostenere l'apprendimento autonomo: video-tutorial per dimostrare l'uso dei mattoncini e le strategie di verbalizzazione spaziale; schede didattiche standardizzate per guidare la preparazione dei workshop in classe; una piattaforma collaborativa (Padlet) per condividere

esperienze, domande e soluzioni tra le insegnanti partecipanti, popolata sia dal team Matabì sia dalle insegnanti stesse.

Dai feedback raccolti attraverso questionari anonimi compilati da 83 docenti emerge che il 61,6% ha ritenuto il workbook sfidante, ma accessibile grazie alle conoscenze pregresse e alle spiegazioni ricevute, mentre il 26,7% ha dichiarato di aver avuto difficoltà nonostante le spiegazioni. La revisione ha riguardato: riduzione del carico di lavoro per adattarlo ai tempi disponibili delle insegnanti; semplificazione di alcuni esercizi per renderli accessibili a insegnanti con livelli di partenza eterogenei; riorganizzazione delle attività per facilitarne la fruizione online.

Per la realizzazione dei workshop nelle scuole sono stati formati 12 tutor distribuiti nelle diverse regioni. La struttura dei workshop è stata articolata - come nella prima fase - per garantire un progressivo trasferimento di autonomia alle insegnanti.

Box. 2 – la Valutazione della formazione da parte delle insegnanti

I feedback raccolti attraverso questionari anonimi nella seconda edizione forniscono indicazioni sulla percezione dei docenti:

- Il 65,1% ha ritenuto le lezioni molto interattive e stimolanti;
- Il 67,4% ha giudicato adeguata la durata dei moduli (2 ore);
- Il 62,7% non ha avuto difficoltà nell'uso della piattaforma Zoom, un miglioramento attribuibile all'introduzione del Modulo 0;
- Il 51,2% ha avuto difficoltà nell'esecuzione degli esercizi con il kit durante la formazione a distanza;
- Il 97,7% ha ritenuto le spiegazioni chiare ed esaustive, nonostante il 60,5% dichiarasse di non aver mai approfondito il tema delle abilità spaziali in precedenza.

La principale criticità segnalata riguarda la difficoltà di manipolare i materiali a distanza durante la formazione, con alcuni docenti che hanno suggerito di svolgere almeno parte della formazione in presenza. Questo feedback conferma che, sebbene il formato online consenta scalabilità, la componente manipolativa dell'intervento beneficia dell'interazione diretta.

L'evoluzione della formazione Matabì riflette un processo di apprendimento organizzativo: ogni edizione ha incorporato le lezioni apprese da quella precedente, bilanciando l'esigenza di scalabilità con il mantenimento della qualità formativa. Il passaggio dal formato in presenza a quello online ha comportato vantaggi — maggiore accessibilità territoriale, riduzione dei costi, flessibilità per le insegnanti — ma anche sfide legate alla riduzione dell'interazione diretta, alla difficoltà di manipolare materiali in ambiente virtuale e alla necessità di maggiore autonomia da parte dei partecipanti.

Le modifiche introdotte nel secondo anno — il modulo introduttivo, la revisione del workbook, i materiali digitali aggiuntivi, il supporto progressivo nei workshop — rappresentano strategie per mitigare queste sfide. Tuttavia, come emergerà dall'analisi degli effetti, la modalità di erogazione e l'intensità dell'implementazione si sono rivelate variabili rilevanti nel determinare l'impatto del programma.

4. La teoria del cambiamento di Matabì

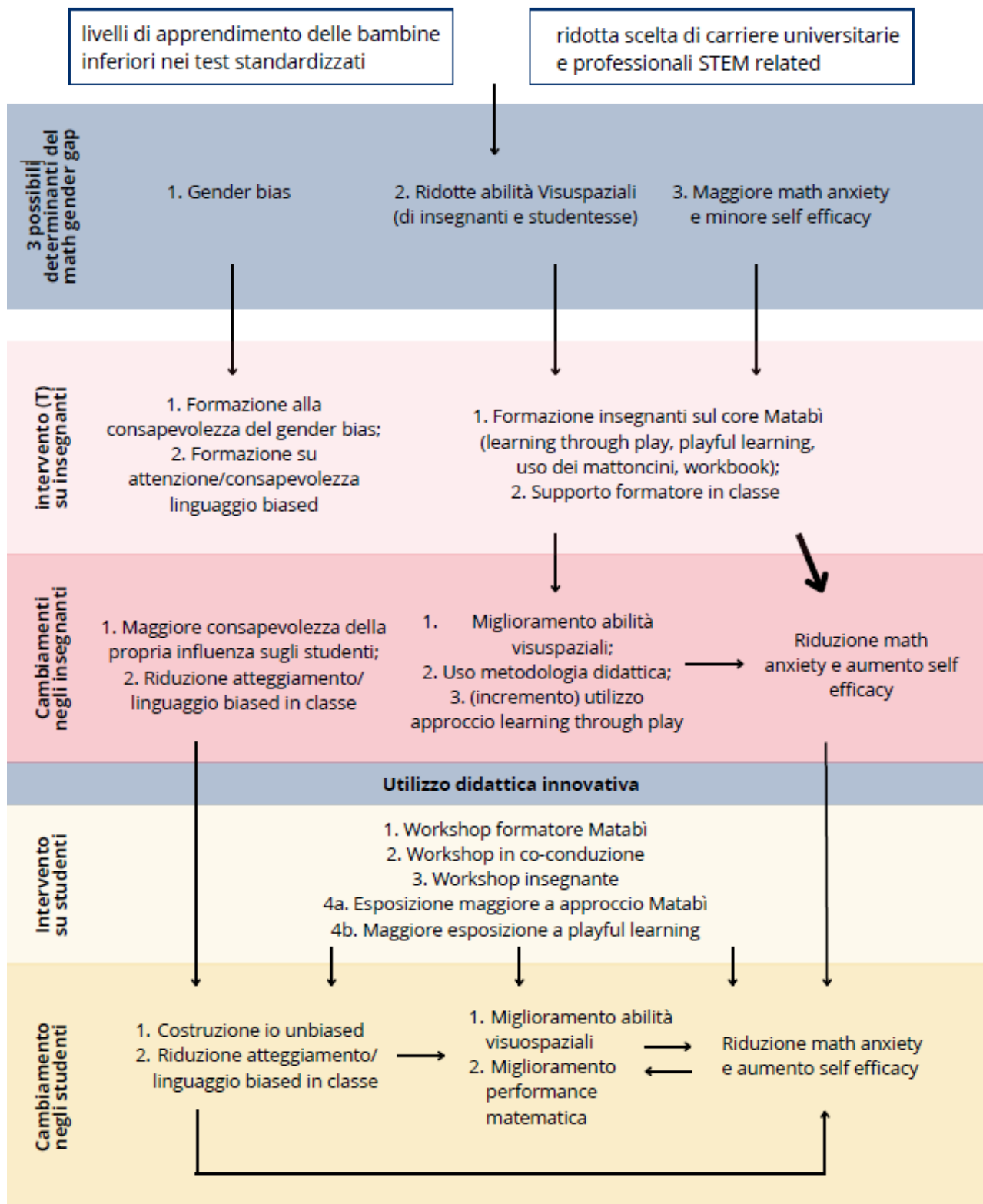
Il programma Matabì si fonda su una teoria del cambiamento articolata che parte da un presupposto teorico chiaro: le differenze osservate nei risultati di apprendimento matematico tra maschi e femmine non sono l'esito di fattori biologici innati, ma il risultato di un intreccio di meccanismi cognitivi, emotivi e sociali che agiscono precocemente e si rafforzano nel tempo. Questa prospettiva, radicata nelle evidenze delle scienze cognitive e dell'educazione, orienta Matabì verso un'ottica di ricerca-intervento fondata sull'evidenza empirica, in cui l'azione educativa è simultaneamente strumento di trasformazione e oggetto di valutazione rigorosa.

Come illustrato nella Figura 1, il modello logico del progetto identifica tre determinanti principali del divario di genere in matematica che si osserva già nella scuola primaria: (1) i bias di genere impliciti ed espliciti che permeano l'ambiente educativo, influenzando aspettative, linguaggio e interazioni; (2) le ridotte abilità visuo-spaziali delle studentesse rispetto ai coetanei maschi, che costituiscono una base cognitiva importante per lo sviluppo del ragionamento matematico; (3) la maggiore ansia matematica e la minore autoefficacia percepita dalle alunne, fattori motivazionali ed emotivi che ostacolano l'apprendimento anche in presenza di capacità adeguate.

A fronte di questa complessità, Matabì propone un intervento su due livelli – docenti e studenti – che agiscono attraverso meccanismi parzialmente distinti, ma convergenti verso gli stessi outcome finali: il miglioramento delle abilità visuo-spaziali e delle competenze matematiche di alunne e alunni, parallelamente alla riduzione dell'ansia e all'aumento dell'autoefficacia, con particolare attenzione alla riduzione del divario di genere.

Figura 1. Teoria del cambiamento del programma Matabì.

Il problema: basse competenze matematiche con divari di genere precoci



4.1 La formazione dei docenti

Uno dei presupposti del progetto è che per modificare gli esiti delle alunne e degli alunni occorre agire prima sulle insegnanti. Questa scelta non è solo pedagogicamente fondata, ma risponde anche a criteri di efficienza e sostenibilità che ne fanno un investimento strategico nel lungo periodo.

La formazione docente rappresenta, infatti, la condizione necessaria per innescare un cambiamento duraturo nei processi di insegnamento e apprendimento. A differenza di interventi che agiscono direttamente sulla classe attraverso esperti esterni, l'investimento sullo sviluppo professionale delle insegnanti produce benefici che si estendono ben oltre la durata del progetto. Gli effetti di una formazione efficace permangono nelle pratiche e nelle competenze delle insegnanti, che le trasferiscono ad altre classi e coorti negli anni successivi, senza costi aggiuntivi rilevanti. Si crea così una capacità professionale interna alla scuola, che riduce la dipendenza da supporti esterni e consolida nel tempo l'innovazione didattica.

Inoltre, un approccio centrato sulle insegnanti favorisce l'integrazione dell'innovazione nel curriculum ordinario, senza richiedere risorse strutturalmente nuove ogni anno, e presenta una scalabilità a basso costo marginale, caratteristica tipica degli interventi di sviluppo professionale. In questo modo, la formazione rende l'intervento più *cost-effective*, capace di generare benefici educativi stabili, cumulativi e diffusi nel tempo – un aspetto particolarmente rilevante in un contesto di risorse pubbliche limitate e di necessità di identificare strategie educative sostenibili.

La centralità delle insegnanti nel modello logico riflette quindi sia evidenze pedagogiche consolidate – che identificano la qualità dell'insegnamento come il fattore più importante nell'apprendimento di alunne e alunni – sia considerazioni di policy che orientano verso interventi con maggiore probabilità di produrre cambiamenti sistemici e duraturi.

Il modello prevede che questa formazione produca cambiamenti su quattro dimensioni:

- Sul piano cognitivo-professionale, ci si attende un incremento della padronanza dei concetti di spazialità, rotazione, simmetria e rappresentazione visiva applicati alla didattica della matematica, con particolare riferimento alle abilità visuo-spaziali delle insegnanti stesse. Il miglioramento delle proprie abilità spaziali dovrebbe permettere alle insegnanti di riconoscere più facilmente le difficoltà di alunne e alunni in questo ambito e di proporre attività didattiche più mirate ed efficaci;
- Sul piano didattico, la formazione dovrebbe tradursi in un maggiore utilizzo di pratiche didattiche attive, cooperative e basate sulla manipolazione concreta, integrando l'approccio del *learning through play* – in cui il gioco diventa strumento cognitivo per costruire rappresentazioni mentali e relazioni logiche – nella routine delle lezioni di matematica;
- Sul piano relazionale, ci si attende una riduzione di linguaggi e atteggiamenti di genere impliciti, una maggiore equità nella distribuzione dell'attenzione e delle opportunità di partecipazione, e una sensibilità accresciuta verso i segnali di ansia matematica e bassa autoefficacia, particolarmente frequenti tra le studentesse;
- Sul piano motivazionale, infine, il modello ipotizza un rinnovamento della fiducia delle insegnanti nel proprio ruolo come facilitatori di apprendimenti complessi attraverso strumenti ludici e inclusivi, e un aumento della percezione di autoefficacia nell'insegnamento

della matematica, dimensione che la letteratura identifica come predittore importante della qualità dell'insegnamento effettivamente realizzato.

Va osservato che il passaggio dalla partecipazione alla formazione ai cambiamenti effettivi in queste quattro dimensioni non è automatico, ma dipende da molteplici fattori: la qualità della formazione stessa, le caratteristiche individuali delle insegnanti, il supporto ricevuto dalle colleghe e dall'istituzione scolastica, e il tempo disponibile per sperimentare e consolidare le nuove pratiche. Quando queste condizioni sono favorevoli, secondo il modello, la formazione dovrebbe produrre trasformazioni che si riflettono poi sulla qualità dell'insegnamento e, quindi indirettamente, sugli apprendimenti di alunne e alunni.

4.2 L'intervento sugli studenti

Parallelamente all'azione sulle insegnanti, il programma interviene direttamente su alunne e alunni attraverso l'utilizzo didattico dei mattoncini costruttivi LEGO® DUPLO®. Come descritto nella sezione sulla formazione delle insegnanti, l'intervento si articola in tre workshop in classe che costituiscono il momento di traduzione pratica del metodo Matabi con la classe. In questi tre incontri, i mattoncini vengono utilizzati per esplorare concetti matematici fondamentali: simmetria, angoli, equivalenza, area e perimetro, triangoli, rotazione e traslazione. L'approccio si fonda sul *learning through play*, in cui il gioco diventa strumento cognitivo per costruire rappresentazioni mentali e relazioni logiche, trasformando l'apprendimento matematico da processo astratto e spesso ansioso in esperienza concreta, manipolativa e intrinsecamente motivante.

Dopo i workshop iniziali, alunne e alunni mantengono i mattoncini in classe – ciascuno con il proprio kit personale di 14 pezzi – e possono utilizzarli liberamente durante le ore curricolari, sia di matematica che di altre discipline. Questa disponibilità continuativa è cruciale nella teoria del cambiamento: non si tratta di un intervento episodico, ma di un'integrazione stabile di uno strumento didattico nella routine scolastica quotidiana.

Attraverso la manipolazione tridimensionale, la collaborazione tra pari nella costruzione di forme e strutture, e la discussione sotto la guida del/della insegnante sui processi di ragionamento seguiti, alunne e alunni sviluppano progressivamente abilità di visualizzazione spaziale e rotazione mentale, migliorano la comprensione dei concetti geometrici e apprendono a verbalizzare strategie e soluzioni. Il modello prevede che questi cambiamenti cognitivi si manifestino su due livelli temporali: miglioramenti immediati nelle abilità visuo-spaziali, come outcome più diretto (cioè, l'abilità su cui l'intervento agisce immediatamente attraverso le attività con i mattoncini), e successivi miglioramenti nelle performance matematiche più complesse, che richiedono il consolidamento e l'integrazione delle competenze spaziali con altri domini cognitivi.

La dimensione emotiva e motivazionale costituisce un secondo canale di cambiamento ipotizzato dal modello. L'esperienza ludico-manipolativa svolge, infatti, anche una funzione di riduzione dell'ansia da prestazione e di aumento della fiducia nelle proprie capacità. La dimensione del gioco abbassa la percezione di "serietà" del compito matematico, riducendo la tensione emotiva che molte alunne e molti alunni sperimentano di fronte alla matematica tradizionalmente insegnata. Inoltre, un contesto che valorizza il processo più del risultato, l'esplorazione più della correttezza immediata, e la collaborazione più della competizione, consente alle alunne di sperimentare successo cognitivo

e riconoscimento sociale in un dominio da cui spesso si auto-escludono per effetto di stereotipi interiorizzati.

Il modello ipotizza, quindi, che l'intervento su alunne e alunni produca quattro tipi di cambiamenti interconnessi:

- Primo, un rafforzamento delle abilità visuo-spaziali e della capacità di rappresentare mentalmente relazioni matematiche attraverso immagini e costruzioni tridimensionali. Questo dovrebbe manifestarsi in miglioramenti osservabili nei test specifici di orientamento spaziale e rotazione mentale;
- Secondo, un miglioramento della performance matematica nelle prove oggettive e nelle attività di problem solving, conseguente al potenziamento delle abilità spaziali che fungono da base cognitiva per il ragionamento quantitativo. Va notato che questo passaggio – da competenze spaziali migliorate a performance matematiche superiori – può richiedere tempi di maturazione variabili a seconda dei livelli di partenza di alunne e alunni e della complessità dei contenuti matematici affrontati;
- Terzo, una riduzione dell'ansia matematica e un aumento della percezione di autoefficacia, derivanti dall'esperienza di successo in attività matematiche vissute come accessibili, piacevoli e socialmente valorizzate. Modifiche in questi tratti motivazionali ed emotivi, che tendono a consolidarsi gradualmente attraverso esperienze ripetute, possono richiedere tempi più lunghi per manifestarsi in modo stabile e misurabile;
- Quarto, una progressiva riduzione dei divari di genere nelle competenze matematiche, risultante dalla combinazione del potenziamento cognitivo (abilità visuo-spaziali) e della trasformazione degli atteggiamenti verso la matematica, con particolare beneficio per le alunne che partono da livelli più bassi in entrambe le dimensioni.

Un aspetto cruciale del modello è il riconoscimento che gli effetti su alunne e alunni derivano da una combinazione di effetti diretti ed effetti mediati dall'insegnante. Gli effetti diretti provengono dall'uso stesso dei mattoncini da parte di alunne e alunni: la manipolazione tridimensionale, la costruzione di forme geometriche, la rappresentazione visiva di quantità numeriche sono attività che, indipendentemente dalla qualità della mediazione didattica, dovrebbero stimolare lo sviluppo delle abilità visuo-spaziali attraverso l'esercizio ripetuto e la pratica concreta.

Gli effetti mediati, invece, dipendono dalla capacità dell'insegnante di utilizzare i mattoncini in modo pedagogicamente efficace. Un'insegnante che ha migliorato le proprie abilità visuo-spaziali attraverso la formazione è in grado di riconoscere più facilmente le difficoltà spaziali di alunne e alunni, di porre domande che stimolino il ragionamento spaziale piuttosto che la semplice esecuzione meccanica, di creare connessioni esplicite tra le costruzioni concrete e i concetti matematici astratti che esse rappresentano, e di gestire le attività in modo equo e inclusivo, assicurandosi che anche le alunne meno sicure abbiano opportunità di partecipazione attiva e di sperimentazione del successo.

Il modello prevede che entrambi i canali agiscano simultaneamente e contribuiscano in modo combinato all'efficacia complessiva dell'intervento. L'importanza relativa di ciascun canale può tuttavia variare in funzione di molteplici fattori: l'età di alunne e alunni, le loro competenze di partenza, la qualità della formazione ricevuta dalle insegnanti, e il contesto organizzativo della scuola. È plausibile che il canale mediato dall'insegnante acquisisca maggiore rilevanza quando si

tratta di tradurre le abilità visuo-spaziali in apprendimenti matematici più complessi e astratti, mentre l'uso diretto dei mattoncini possa essere sufficiente per produrre miglioramenti nelle componenti più elementari delle abilità spaziali, come la capacità di riconoscere forme o di immaginare semplici rotazioni.

Un aspetto implicito ma importante del modello riguarda la dimensione temporale dei cambiamenti attesi. I diversi outcome possono manifestarsi con tempistiche differenziate, seguendo una sequenza di maturazione che riflette la vicinanza rispetto all'intervento e la complessità dei processi cognitivi ed emotivi coinvolti.

Il miglioramento delle abilità visuo-spaziali, essendo l'outcome più direttamente sollecitato dall'uso ripetuto dei mattoncini, può verosimilmente manifestarsi entro l'arco dell'anno scolastico in cui si svolge l'intervento. La traduzione di queste competenze spaziali rafforzate in performance matematiche migliori può invece seguire una traiettoria temporale più estesa, specialmente quando si tratta di contenuti matematici complessi che richiedono il coordinamento di competenze spaziali, numeriche, logiche e linguistiche.

Questa progressione può essere differenziata per sottogruppi. Alunne e alunni che partono da livelli più elevati di abilità visuo-spaziali potrebbero mostrare più rapidamente benefici in ambito matematico, avendo già superato una soglia critica di padronanza spaziale. Al contrario, chi parte da livelli iniziali più bassi potrebbero necessitare di un periodo più lungo di consolidamento prima che le abilità visuo-spaziali raggiungano la soglia oltre la quale iniziano a sostenere efficacemente l'apprendimento matematico.

I cambiamenti negli aspetti motivazionali ed emotivi – l'ansia matematica e l'autoefficacia percepita – tendono a consolidarsi più lentamente rispetto alle competenze cognitive, essendo influenzati da esperienze cumulative che si sviluppano nel lungo periodo. Un anno di intervento può rappresentare un primo passo importante verso la modificazione di questi tratti, ma la piena manifestazione degli effetti potrebbe richiedere un'esposizione più prolungata o azioni complementari più esplicitamente focalizzate sulla dimensione socio-emotiva.

4.3 L'importanza del contesto: fattori che moderano l'efficacia

Il modello logico descrive i meccanismi attraverso cui Matabì dovrebbe produrre i cambiamenti attesi, ma l'efficacia di questi meccanismi può essere influenzata da molteplici fattori contestuali.

La qualità dell'implementazione costituisce un primo fattore critico. La formazione delle insegnanti può essere recepita e tradotta in pratica con gradi diversi di fedeltà e profondità. Alcune insegnanti possono sviluppare una padronanza piena dell'approccio e integrarlo organicamente nella propria didattica; altri possono incontrare difficoltà nell'appropriarsi delle nuove metodologie o nel trovare il tempo necessario per sperimentarle. Queste variazioni sono tipiche di qualsiasi processo di innovazione educativa e suggeriscono l'importanza di prevedere forme di accompagnamento continuativo oltre la formazione iniziale.

Le caratteristiche di partenza di alunne e alunni rappresentano un secondo insieme di fattori rilevanti. Chi partecipa all'intervento con livelli iniziali molto diversi di competenze matematiche e visuo-spaziali, di ansia e autoefficacia percepita. Queste differenze influenzano non solo l'entità dei

miglioramenti osservabili, ma anche i meccanismi attraverso cui l'intervento opera e i tempi necessari per osservare cambiamenti significativi.

Il contesto organizzativo della scuola può facilitare o complicare l'implementazione. Scuole che partecipano a molteplici progetti contemporaneamente possono trovarsi in una situazione di sovraccarico che diluisce l'attenzione dedicata a ciascun programma. La presenza di metodi didattici alternativi già consolidati può creare opportunità di sinergia, ma anche potenziali tensioni. Questi elementi sottolineano l'importanza di considerare Matabì come un'innovazione che deve integrarsi in un ecosistema educativo già ricco di pratiche e iniziative.

Le dinamiche di genere che il programma intende modificare possono esse stesse influenzare il modo in cui l'intervento viene recepito. Gli stereotipi di genere relativi alle capacità matematiche e all'appropriatezza del gioco costruttivo sono profondamente radicati, e alcuni meccanismi del modello – come l'aumento dell'uso domestico dei mattoncini – possono attivarsi più facilmente per i maschi che per le femmine. L'intervento scolastico può equalizzare le opportunità nell'ambiente immediato della classe, ma può incontrare limiti quando si scontra con barriere sociali e culturali più ampie che operano al di fuori del suo raggio d'azione.

I risultati della valutazione empirica, presentati nelle sezioni successive, permetteranno di verificare quali meccanismi del modello si attivano più facilmente, quali richiedono condizioni particolari per funzionare, e quali si manifestano con tempistiche o intensità diverse da quanto ipotizzato.

5. La struttura dello studio sperimentale

La valutazione di impatto è stata concepita per verificare se e in quale misura la catena di effetti ipotizzata nel modello logico si realizza nella pratica scolastica. La domanda di ricerca principale può essere sintetizzata così:

Gli alunni delle classi i cui insegnanti hanno partecipato a Matabì mostrano, a fine anno, livelli superiori di abilità visuo-spaziali, competenze matematiche e autoefficacia rispetto ai pari del gruppo di controllo?

A questa domanda centrale se ne affiancano altre due:

1. L'intervento produce un cambiamento misurabile nelle abilità visuo-spaziali delle insegnanti?
2. Gli effetti sulle alunne e sugli alunni variano per genere e grado scolastico?

Per rispondere a queste domande è stato adottato un Randomized Controlled Trial (RCT)¹, che rappresenta lo standard più elevato per identificare relazioni causali in ambito educativo. La randomizzazione consente di creare gruppi statisticamente equivalenti all'inizio dell'esperimento, che si differenzieranno unicamente rispetto all'esposizione all'intervento. Eventuali differenze nei risultati finali possono quindi essere interpretate come effetto del programma e non come conseguenza di caratteristiche pre-esistenti.

¹ (Di Liberto, A.: Spatial abilities and gender gap in mathematics (Matabì). AEA RCT Registry. February 07, <https://doi.org/10.1257/rct.10914-1.0> (2023)

Il disegno di Matabì dell’RCT è stato costruito nel rispetto delle linee guida internazionali e si caratterizza per:

- assegnazione casuale a livello di classe, per limitare interferenze e mantenere la comparabilità interna alle scuole;
- clusterizzazione degli errori standard a livello di classe, per tenere conto della dipendenza statistica tra studenti della stessa istituzione;
- misurazioni pre e post-intervento (baseline / endline), per stimare il cambiamento nel tempo;
- indicatori di fedeltà d’implementazione, raccolti attraverso log e questionari, per assicurare che il trattamento sia stato applicato in modo omogeneo.

L’esperimento si è articolato in due edizioni consecutive, con una progressiva estensione territoriale e un affinamento degli strumenti di rilevazione.

Anno scolastico	Scuole	Regioni	Classi	Docenti	Studenti analizzati	Struttura del trattamento
2022-23	5	Piemonte (Torino)	53	48	863	Tre gruppi: trattati I quadrimestre, trattati II quadrimestre, controllo
2023-24	11	Piemonte, Campania, Sicilia	83	64	974	Due gruppi: trattamento / controllo

Nel primo anno (a.s. 2022–23) si è scelto di limitare la sperimentazione al territorio di Torino dove hanno aderito cinque scuole primarie, caratterizzate da una forte propensione all’innovazione didattica e da contesti sociali eterogenei, con alcune scuole collocate in quartieri a elevata complessità educativa. L’adesione è stata favorita dal coinvolgimento diretto dei dirigenti scolastici, che hanno presentato la proposta ai collegi delle insegnanti.

La seconda edizione (a.s. 2023–24) ha ampliato il campo di osservazione a undici scuole primarie distribuite in tre regioni – Piemonte, Campania e Sicilia –, scelte per rappresentare la diversità del sistema scolastico italiano. In questo modo, la sperimentazione ha incluso scuole di aree urbane, periurbane, con differenti livelli di dotazione infrastrutturale e di composizione socio-economica, permettendo di testare la trasferibilità del modello in contesti più variati.

L’espansione territoriale ha permesso di aumentare la numerosità del campione e di includere una maggiore variabilità nei livelli di partenza, nelle esperienze didattiche pregresse e nelle caratteristiche socio-demografiche di alunne e alunni. Questa scelta ha rafforzato la validità esterna della valutazione, mantenendo però intatta la validità interna garantita dalla randomizzazione a livello di classe all’interno di ciascuna scuola.

La prima edizione ha avuto una funzione di pilota: ha permesso di testare i moduli didattici, gli strumenti di misurazione e di verificare la fattibilità della randomizzazione in contesti scolastici reali. Le classi sono state assegnate casualmente a tre gruppi: un primo gruppo ha ricevuto il trattamento

nel primo quadrimestre, un secondo nel secondo quadrimestre e un terzo ha mantenuto il percorso curricolare ordinario.

La seconda edizione ha consolidato il disegno in due soli bracci (trattamento / controllo), mantenendo la randomizzazione interna alle scuole e introducendo una piattaforma digitale per la raccolta dati delle rilevazioni di insegnanti, alunne e alunni, così da ridurre tempi di somministrazione e possibili errori di trascrizione.

In entrambe le edizioni le scuole hanno aderito su base volontaria a una call diffusa da Fondazione Agnelli. All'interno delle scuole selezionate, la randomizzazione è stata effettuata a livello di classe, stratificando per grado (terza / quarta primaria).

Questa scelta garantisce due vantaggi metodologici:

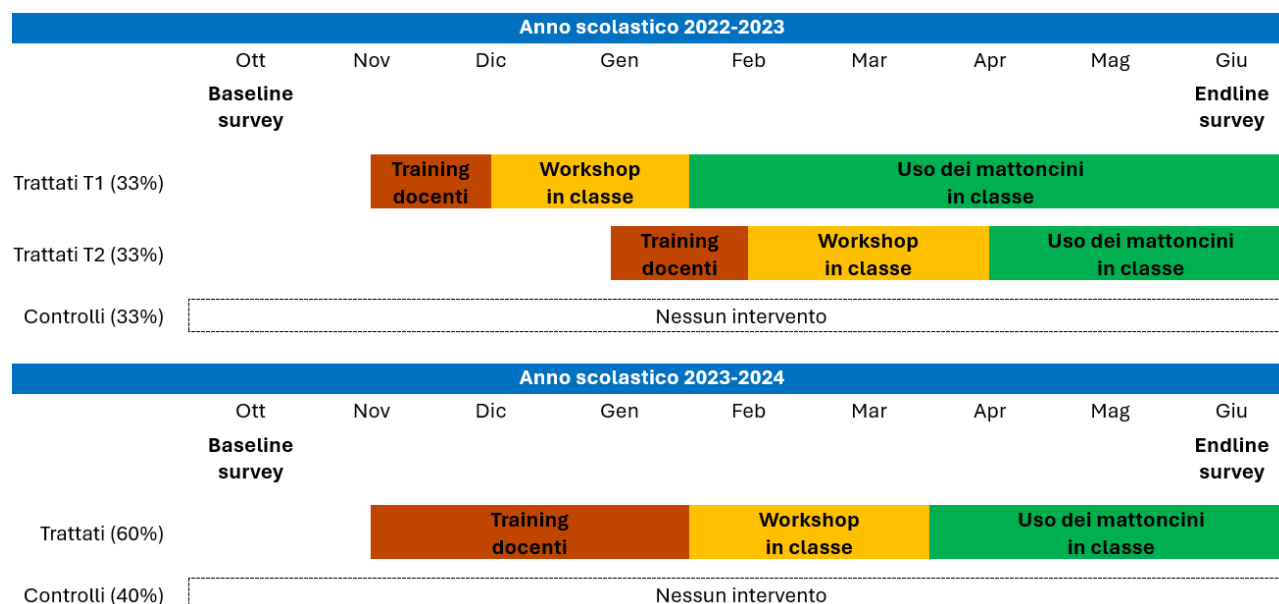
- validità interna, poiché le differenze osservate possono essere attribuite all'intervento;
- mantenimento di omogeneità contestuale tra classi comparabili appartenenti alla stessa scuola.

Per ciascuna scuola è stato prodotto un elenco delle classi di terza e quarta, numerate progressivamente; l'assegnazione casuale al gruppo di trattamento o di controllo è stata realizzata mediante estrazione con generatore casuale di numeri (es. Excel).

Nel 2022-23, per consentire un'analisi temporale degli effetti, il gruppo di trattamento è stato ulteriormente suddiviso tra primo e secondo quadrimestre.

Le due edizioni hanno seguito una medesima articolazione temporale (Figura 2):

Figura 2. Cronologia dell'esperimento



Dal punto di vista dell'intervento (ampiamente illustrato dal punto di vista pedagogico-didattico nella capitolo 3), la differenza più rilevante tra le edizioni riguarda le modalità di erogazione dei 5 moduli di formazione per le insegnanti (10 ore totali):

- Per il primo gruppo di insegnanti del 2022-23 gli incontri con le insegnanti sono stati effettuati in presenza, con un breve follow-up online nel secondo quadrimestre;
- per il secondo gruppo del 22-23 e nel 2023-24 la formazione è stata erogata interamente online, articolata in cinque moduli sincroni e asincroni sulla piattaforma della Fondazione Agnelli.

In entrambi gli anni, alunne e alunni delle classi trattate hanno fruito di 3 workshop progettati dagli esperti pedagogisti del team Matabì (2 alla presenza del formatore e uno condotto autonomamente dal docente di classe) utilizzando il kit individuale di 14 mattoncini LEGO® DUPLO® e seguendo schede didattiche standardizzate. Il protocollo di intervento prevedeva inoltre la realizzazione di un quarto workshop interamente progettato e condotto dal docente.

5.1. La composizione del campione docente

Le scuole, aderendo al progetto, si sono impegnate ad accettare gli esiti della randomizzazione, a seguire la formazione, a realizzare i workshop in classe e a consentire la somministrazione dei test pre e post intervento a insegnanti, alunne e alunni.

L'unità di randomizzazione erano le insegnanti che, nel caso di presenza su due classi, partecipavano (o non partecipavano) con entrambe.

In totale, nelle due edizioni hanno partecipato 112 insegnanti, di cui 70 nel gruppo di trattamento e 42 nel gruppo di controllo. Prima dell'avvio del progetto, ciascuna insegnante ha compilato un questionario di baseline che raccoglieva informazioni su caratteristiche personali, esperienze professionali e abitudini didattiche. La tabella 2 sintetizza le principali variabili osservate e mostra come la randomizzazione abbia prodotto gruppi perfettamente comparabili.

Tabella 2. Caratteristiche delle insegnanti per gruppo e edizione (alla randomizzazione)

Variabile	1° Edizione a.s. 2022-2023		2° Edizione a.s. 2023-2024	
	Trattati (n=32)	Controlli (n=16)	Trattati (n=38)	Controlli (n=26)
Numero di classi	35	18	48	35
Genere (% Femmine)	98%	98%	92%	92
Età (fascia modale)	40-50 anni	40-50 anni	40-50 anni	40-50 anni
Anzianità di servizio	19	17	23	19

Il profilo delle insegnanti coinvolte rispecchia la composizione tipica del corpo docente nella scuola primaria italiana: una netta prevalenza femminile, un'età media tra i 40 e i 45 anni e una quota significativa (oltre la metà) con più di dieci anni di esperienza di insegnamento.

Le differenze tra gruppi di trattamento e di controllo sono statisticamente non significative, segno che la randomizzazione ha prodotto un bilanciamento efficace, condizione essenziale per poter interpretare in chiave causale le differenze osservate negli esiti finali.

È interessante notare che circa il 40 % delle insegnanti dichiara di utilizzare anche altri metodi didattici – come il Metodo Analogico Bortolato o approcci di ispirazione Montessori – in proporzioni simili nei due gruppi. Questa informazione è utile perché testimonia un ambiente già orientato alla

sperimentazione, nel quale l'introduzione del modello Matabi si inserisce come un ulteriore stimolo di innovazione.

5.2 La composizione del campione di studenti

Anche per alunne e alunni la randomizzazione ha garantito un buon bilanciamento tra gruppi di trattamento e di controllo (v. tabella 3). La distribuzione per genere è quasi perfettamente equa in entrambe le edizioni, consentendo di analizzare con affidabilità gli eventuali differenziali di effetto tra alunne e alunni, centrali nel modello teorico.

Tabella 3. Caratteristiche delle alunne e degli alunni per gruppo e edizione (alla randomizzazione)

Variabile	1° Edizione a.s. 2022-2023		2° Edizione a.s. 2023-2024	
	Trattati (n=576)	Controlli (n=287)	Trattati (n=550)	Controlli (n=424)
Femmine	51%	51%	47%	52%
Background migratorio	31%	28%	13%	12%
Bisogni educativi speciali	9%	9%	6%	6%
Utilizzo dei mattoncini come gioco a casa			69%	65%

Nel 2022-23 circa un terzo di alunne e alunni proviene da famiglie con background migratorio e un 10 % di BES. Nel 2023-24 queste percentuali risultano più basse, riflettendo la diversa composizione territoriale delle scuole (in particolare la minore incidenza di studenti stranieri in alcune aree del Sud).

La variabile “uso dei mattoncini a casa”, introdotta nel 2023–24, mostra valori elevati e pressoché identici tra i due gruppi: quasi sette studenti su dieci dichiarano di utilizzare i mattoncini LEGO® anche in ambito domestico. Oltre a indicare una diffusa familiarità con il materiale del progetto, questo elemento costituisce un riferimento utile per valutare l'eventuale ruolo della pratica informale di gioco spaziale nel potenziare l'efficacia dell'intervento (cfr. Capitolo 2).

Nel complesso, i test di bilanciamento condotti su tutte le variabili disponibili – riportati in Appendice – mostrano che le differenze tra gruppi non sono statisticamente significative ($p > 0,10$). La randomizzazione a livello di classe ha dunque prodotto due popolazioni comparabili, garantendo la condizione necessaria per la stima dell'effetto causale del programma.

La scelta di includere scuole appartenenti a contesti territoriali eterogenei, mantenendo la randomizzazione interna a ciascun istituto, consente di perseguire un duplice obiettivo: controllare la variabilità locale e ottenere stime più precise, poiché il confronto avviene tra classi inserite nello stesso ambiente educativo; e verificare la trasferibilità del modello in contesti differenti. Questa eterogeneità – unita alla presenza di insegnanti con profili e stili didattici diversificati – rafforza la validità esterna dei risultati: dimostrare l'efficacia in contesti territoriali, socio-economici e organizzativi diversi costituisce una condizione necessaria per proporre Matabi come politica educativa su scala nazionale.

5.3. Gli strumenti di misurazione

Per valutare in modo rigoroso e coerente gli effetti di Matabì, è stato costruito un sistema di rilevazione articolato, pensato per misurare tutte le dimensioni previste dalla teoria del cambiamento (Capitolo 4):

- le abilità visuo-spaziali e atteggiamenti delle insegnanti,
- le abilità cognitive e socio-emotive di alunne e alunni,
- e le eventuali differenze di genere negli atteggiamenti e nei risultati.

Gli strumenti sono stati selezionati sulla base della letteratura internazionale e adattati al contesto italiano, con l'obiettivo di garantire validità teorica, comparabilità longitudinale e fattibilità operativa nelle scuole primarie. Durante la prima edizione (a.s. 2022-23), la fase pilota ha avuto anche una funzione di calibrazione: alcuni test e scale sono stati sottoposti a verifiche di affidabilità psicometrica (analisi fattoriale, consistenza interna). Le analisi hanno evidenziato che alcune misure internazionali, pur teoricamente solide, risultavano poco adatte alla nostra popolazione di riferimento (ad esempio per lunghezza, lessico o difficoltà cognitiva). Per questo, nella seconda edizione (a.s. 2023-24) gli strumenti sono stati sostituiti, ritirati o aggiunti per migliorare la possibilità di cogliere correttamente le dimensioni di interesse dell'intervento.

La Tabella 4 riassume tutti gli strumenti impiegati, con i relativi riferimenti bibliografici, target, descrizione e presenza nelle due edizioni.

Tabella 4. Strumenti di misurazione

Nome dello strumento e riferimento bibliografico	Target	Descrizione dello strumento	Edizione a.s. 2022-2023	Edizione a.s. 2023-2024
Spatial Reasoning Instrument (Ramful et al., 2016)	Studenti	Sono state incluse due scale dello Spatial Reasoning Instrument (SRI) concernenti le abilità visuo-spaziali di rotazione mentale e orientazione spaziale impiegando per ognuna 10 item a risposta multipla. Un punteggio unico viene assegnato ad ogni studente e studentessa corrispondente al numero di item a cui si è risposto correttamente (Alfa di Cronbach ² = 0.71). Il punteggio viene poi standardizzato (media 0 e deviazione standard 1) separatamente per grado scolastico. Tale procedura tiene conto delle differenze di abilità dovute all'età e rendere confrontabili i risultati tra alunni delle classi terze e quelli delle quarte. Nella seconda edizione è stata utilizzata una versione ridotta dello SRI comprendente 5 item per la rotazione mentale e 8 item per l'orientazione nello spazio (Alfa di Cronbach = 0.57-0.XX tra le rilevazioni).	✓	✓

² L'alfa di Cronbach è una misura statistica usata per valutare l'attendibilità interna di una scala, cioè quanto bene gli item che compongono lo strumento misurano lo stesso costrutto o concetto (<0.5 inaccettabile; 0.6-0.7 discutibile; 0.7-0.8 accettabile; 0.8-0.9 buona; ≥0.9 ottima).

Competenza matematica	in	Studenti	Sono state sviluppate delle prove ad hoc (con il contributo di insegnanti di matematica) basate su due batterie di domande che coprono sia l'ambito numerico che geometrico. La tipologia e il numero delle domande impiegate varia tra le classi di grado 3 e 4 e tra le rilevazioni. Per questo motivo, questa variabile è stata normalizzata in modo da esprimere la percentuale standardizzata di risposte corrette (media 0 e deviazione standard 1).	✓	✓
Auto-efficacia matematica	in	Studenti	L'indice deriva da un set di domande che esplora la percezione sulle proprie capacità matematiche. Nella prima edizione le domande sono 5 e le risposte sono espresse su una scala che va da 1 ("Per niente d'accordo") a 4 ("Molto d'accordo") (Alpha di Cronbach = 0.XX-0.XX). Nella seconda edizione le domande sono 8 e le risposte sono espresse su una scala da 1 ("Per niente") a 5 ("Moltissimo") (Alpha di Cronbach = 0.XX-0.XX). In entrambe le edizioni, il punteggio finale è dato dalla media standardizzata dei punteggi ai singoli item (media 0 e deviazione standard 1).	✓	✓
Ansia per matematica	la	Studenti	L'indice è costruito sulla base delle risposte a una batteria di domande che quantificano il livello di ansia percepito da alunne e alunni nel contesto della matematica. Nella prima edizione le domande sono 3 e le risposte sono espresse su una scala che va da 1 ("Per niente d'accordo") a 4 ("Molto d'accordo") (Alpha di Cronbach = 0.XX-0.XX). Nella seconda edizione le domande sono 9 e le risposte sono espresse su una scala da 1 ("Per niente") a 5 ("Moltissimo") (Alpha di Cronbach = 0.XX-0.XX). In entrambe le edizioni, il punteggio finale è dato dalla media standardizzata dei punteggi ai singoli item (media 0 e deviazione standard 1).	✓	✓
Auto-efficacia nell'insegnamento della matematica		Docenti	L'indicatore è basato sulle risposte a 16 domande che esplorano la percezione della propria abilità nel motivare alunne e alunni, adattare l'insegnamento ai bisogni individuali, utilizzare strategie di valutazione efficaci e favorire il pensiero critico in classe. Ogni domanda prevede una scala ad intervalli a 5 possibili risposte. L'indice di autoefficacia nell'insegnamento consiste nella media semplice dei punteggi assegnati alle singole risposte (Alpha di Cronbach = 0.XX-0.XX).		✓
Revised Purdue Spatial Visualisation Test		Docenti	Nell'edizione del 2022/23 è stato utilizzato solamente il Revised Purdue Spatial visualisation Test: Mental Rotation nella sua composizione di 30 item. Nell'edizione 2023/24 è stato sostituito dal sotto-test composto da 10 item. Il test prevede un primo oggetto di cui viene mostrata una rotazione e si richiede di compiere la medesima rotazione su un nuovo oggetto tridimensionale. La risposta è a scelta tra 5 alternative. Questo test misura l'abilità di rotazione mentale dei soggetti.		✓
Lappan Test		Docenti	Test che misura l'abilità di visualizzazione spaziale a 10 item con 3 sottosezioni di domande ciascuna con 4 risposte alternative. Il test è stato introdotto nel 2023/24.		✓

Implicit Association Test	Docenti	Sviluppato dai ricercatori del progetto Project Implicit (https://www.projectimplicit.net/) per misurare la forza delle associazioni automatiche tra concetti (e.g., genere, etnia) e attributi (e.g., positivo, negativo), il test IAT (Implicit Association Test) permette di rilevare potenziali stereotipi e bias inconsci. Il punteggio del test varia da -3 a 3: valori positivi indicano un'associazione più forte tra "Maschio-Scienza" e "Femmina-Arte"; valori negativi denotano l'associazione opposta (Alpha di Cronbach = 0.XX-0.XX).	✓	✓
---------------------------	---------	---	---	---

Le modifiche introdotte tra le due edizioni rispondono a un'esigenza di accuratezza psicométrica e adattamento culturale: le versioni riviste hanno mostrato migliori indici di affidabilità ($\alpha > 0.75$) e minore varianza residua tra item, garantendo stime più precise dell'effetto del trattamento.

Nel complesso, i diversi strumenti utilizzati coprono l'intera catena del modello logico – dal cambiamento nelle insegnanti all'impatto su alunne e alunni – e costituiscono la base empirica su cui si fondano le analisi di bilanciamento e di impatto presentate nei paragrafi successivi.

L'aderenza al protocollo è stata monitorata tramite:

- questionari compilati dai tutor al termine di ciascun workshop, volti a rilevare percezioni sull'efficacia delle attività e sulle reazioni di alunne e alunni;
- registri di partecipazione agli incontri formativi, che documentano la presenza delle insegnanti nelle diverse fasi del percorso;
- questionari di monitoraggio periodico compilati dalle insegnanti 'trattate';
- e, per l'edizione 2023-24, monitoraggio del completamento dei moduli online tramite la piattaforma formativa della Fondazione Agnelli, che consentiva di verificare la fruizione dei contenuti e la consegna delle schede di lavoro previste.

È stata effettuata un'ulteriore raccolta dati dopo la conclusione del trattamento, con questionari di follow-up inviati a tutte le insegnanti del gruppo sperimentale a distanza di alcune settimane dalla fine dei workshop.

Questi strumenti hanno permesso di rilevare:

- la frequenza e modalità di utilizzo dei mattoncini successivamente alla formazione;
- eventuali adattamenti o nuove attività progettate in autonomia;
- e il grado di integrazione del kit nella pratica didattica quotidiana.

I dati raccolti mostrano che oltre l'80% dei 32 docenti trattati che hanno risposto al questionario ha continuato a utilizzare i mattoncini anche oltre la fine della sperimentazione, e oltre la metà hanno ideato attività originali, a testimonianza della buona interiorizzazione del metodo.

Complessivamente, più del 90 % dei partecipanti ha completato l'intero percorso formativo e condotto in classe tutte le attività previste, con differenze minime tra scuole e regioni.

La fedeltà di implementazione può quindi essere considerata elevata, sia per la costanza nella partecipazione sia per la prosecuzione autonoma dell'approccio dopo la fine dell'intervento.

Questo rafforza la validità interna dell'esperimento e offre indicazioni interessanti sulla sostenibilità nel tempo delle pratiche introdotte dal programma Matabì.

5.4 Validità e bilanciamento negli outcome alla baseline

Una condizione essenziale per la validità di un disegno sperimentale è che, prima dell'avvio dell'intervento, i gruppi di trattamento e di controllo risultino statisticamente equivalenti rispetto alle caratteristiche osservabili. In presenza di bilanciamento tra gruppi, eventuali differenze misurate al termine della sperimentazione possono essere attribuite con maggiore solidità al trattamento e non a fattori preesistenti.

Nel caso di Matabì, la randomizzazione a livello di classe ha garantito un'elevata validità interna; la verifica empirica del bilanciamento alla baseline – inclusa quella relativa alle dimensioni su cui si valuterà l'efficacia dell'intervento (outcome) – rappresenta tuttavia un passaggio necessario di controllo.

Le analisi sono state condotte separatamente per le due edizioni del progetto (2022–23 e 2023–24) e per i due livelli di osservazione, docenti e studenti, utilizzando statistiche descrittive e regressioni di differenze in media condizionata. Le verifiche preliminari sul bilanciamento tra studenti trattati e di controllo indicano una sostanziale comparabilità tra i gruppi in entrambe le edizioni (cfr. Appendice). Le Tabelle 5 e 6 riportano i risultati delle regressioni OLS che esaminano la relazione tra il trattamento e ciascuna variabile di outcome misurata alla baseline, controllando per caratteristiche demografiche. L'analisi tiene conto della struttura di randomizzazione mediante la clusterizzazione degli errori standard a livello di classe.

Tabella 5. Bilanciamento degli outcome misurati alla baseline (Edizione a.s. 2022-2023): differenze in media condizionata

Variabili indipendenti	Variabili dipendenti		
	Competenza in matematica	Auto-efficacia in matematica	Ansia per la matematica
Trattamento 1° quadrimestre	0.018 (0.114)	0.004 (0.122)	0.013 (0.074)
Trattamento 2° quadrimestre	-0.156 (0.107)	0.046 (0.131)	0.108 (0.079)
Femmina	-0.091* (0.052)	-0.156** (0.071)	0.304*** (0.078)
Grado 3	1.104*** (0.100)	0.247*** (0.091)	0.107* (0.061)
Background migratorio	-0.291*** (0.062)	0.173* (0.092)	0.084 (0.083)
N	863	777	863
R-quadro	0.391	0.037	0.061
Effetti fissi scuola	Sì	Sì	Sì

Nota: Errori standardizzati robusti in parentesi, con *cluster* a livello di classe; * $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$.

Nella prima edizione (Tabella 5), le differenze in media condizionata tra gruppo trattato e di controllo non risultano statisticamente significative. Emergono invece differenze di genere coerenti con la letteratura discussa nei capitoli introduttivi: in media, le femmine riportano livelli significativamente più bassi di competenze e autoefficacia in matematica e livelli più elevati di ansia matematica.

Risultati analoghi emergono anche nella seconda edizione (Tabella 6). Alla baseline si osserva inoltre una differenza significativa nelle abilità visuo-spaziali a sfavore delle femmine, anch'essa in linea con l'evidenza internazionale. Le differenze di genere nella competenza matematica non risultano significative, sebbene i maschi presentino punteggi mediamente più alti.

Tabella 6. Bilanciamento degli outcome misurati alla baseline (Edizione a.s. 2023-2024): differenze in media condizionata

Variabili indipendenti	Variabili dipendenti			
	Abilità visuo-spaziali	Competenza in matematica	Auto-efficacia in matematica	Ansia per la matematica
Trattamento	0.108 (0.079)	0.123 (0.092)	-0.047 (0.064)	-0.107 (0.079)
Femmina	-0.168** (0.073)	-0.059 (0.070)	-0.331*** (0.057)	-0.122* (0.066)
Grado 3	-0.133 (0.111)	0.412*** (0.126)	0.048 (0.083)	-0.037 (0.106)
Background migratorio	-0.030 (0.123)	-0.030 (0.098)	-0.144 (0.105)	0.166 (0.102)
Uso dei mattoncini a casa	0.183** (0.072)	0.184*** (0.065)	0.203*** (0.068)	-0.038 (0.071)
N	987	974	986	979
R-quadro	0.040	0.101	0.062	0.020
Effetti fissi scuola	Sì	Sì	Sì	Sì

Nota: Errori standardizzati robusti in parentesi, con *cluster* a livello di classe. * $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$.

Le verifiche di bilanciamento condotte su entrambe le edizioni confermano quindi che la randomizzazione ha operato correttamente, assicurando un'equivalenza iniziale tra gruppi e, di conseguenza, un'elevata validità interna del disegno.

Eventuali scostamenti marginali sono stati gestiti nelle analisi successive tramite:

- l'inclusione di covariate di controllo (grado, genere, background migratorio, uso dei mattoncini a casa);
- la clusterizzazione degli errori standard a livello di classe, coerente con la struttura di assegnazione;
- l'inserimento di effetti fissi di scuola, per tenere conto delle differenze non osservate tra istituti.

Nel complesso, i risultati della verifica alla baseline, unitamente alla documentata fedeltà di implementazione descritta nel paragrafo precedente, confermano la robustezza del disegno sperimentale e la solidità delle stime di impatto presentate nei paragrafi successivi.

6. Gli effetti di Matabi su docenti e studenti

Per stimare l'impatto medio del trattamento su studenti e studentesse nelle due edizioni del progetto è stata utilizzata una strategia di regressione lineare ordinaria (OLS), coerente con il disegno sperimentale che ha previsto la randomizzazione a livello di classe.

Questo approccio consente di stimare l'effetto medio del trattamento (Intention To Treat, ITT) controllando per una serie di caratteristiche individuali e di contesto, riducendo la varianza residua e migliorando la precisione delle stime. L'inclusione di covariate, come le competenze di partenza o le caratteristiche demografiche, permette inoltre di compensare eventuali eterogeneità non completamente assorbite dalla randomizzazione, garantendo un maggiore equilibrio analitico tra gruppi trattati e di controllo.

La regressione OLS è stata implementata con errori standard clusterizzati a livello di classe, così da tenere conto della dipendenza intra-cluster dovuta al livello di assegnazione del trattamento. Il modello include anche effetti fissi di grado e di scuola, che riflettono la stratificazione adottata nella randomizzazione e assorbono la varianza tra istituti, evitando che differenze sistematiche tra scuole possano essere interpretate come effetti del trattamento.

Il modello principale stimato sul campione di alunne e alunni è il seguente:

$$Y_{icgs} = \alpha + \beta \text{Treat}_{icgs} + \gamma X'_{icgs} + \delta_g + \rho_s + \varepsilon_{icgs}$$

dove:

- Y_{icgs} rappresenta l'outcome di interesse (abilità visuo-spaziali, competenze matematiche, autoefficacia o ansia per la matematica) misurato al *follow-up* per lo studente i appartenente alla classe c , al grado g , nella scuola s ;
- Treat_{icgs} è l'indicatore binario di assegnazione al trattamento (1 se la classe è trattata, 0 se di controllo);
- X_{icgs} è il vettore delle variabili di controllo (genere, background migratorio, competenze matematiche a baseline, utilizzo dei mattoncini come gioco a casa);
- δ_g sono gli effetti fissi di grado;
- ρ_s sono gli effetti fissi di scuola;
- ε_{icgs} è l'errore casuale associato all'osservazione, con errori standard clusterizzati a livello di classe.

L'effetto stimato β riflette sia componenti dirette, legate all'utilizzo assistito o autonomo dei mattoncini in aula, sia componenti indirette, attribuibili ai miglioramenti delle insegnanti nelle abilità visuo-spaziali e nel cambiamento delle pratiche didattiche conseguente alla formazione.

Per verificare la presenza di questi effetti mediati, il modello è stato esteso introducendo un'interazione tra la variabile di trattamento e l'indicatore dei progressi delle insegnanti, così da valutare in che misura l'impatto sulle alunne e sugli alunni sia modulato dal cambiamento osservato nelle insegnanti stesse.

Sono inoltre state esplorate possibili eterogeneità degli effetti in relazione a caratteristiche specifiche delle insegnanti, quali:

- la partecipazione ad altri progetti o percorsi formativi (per escludere effetti di crowding-out),
- i livelli di autoefficacia percepita nell'insegnamento della matematica,
- i punteggi ai test di abilità visuo-spaziali,
- le associazioni implicite tra genere e materie STEM (IAT),
- l'anzianità di servizio e il numero settimanale di ore di matematica insegnate.

Infine, le analisi sono state replicate separatamente per maschi e femmine, al fine di esaminare l'eterogeneità dell'impatto del trattamento per genere, in coerenza con gli obiettivi specifici del progetto relativi alla riduzione dei divari nelle competenze matematiche e spaziali.

6.1 Effetti sui docenti

L'analisi degli effetti del trattamento sui docenti rappresenta il primo passaggio cruciale della catena causale prevista dal disegno di valutazione. La teoria del cambiamento alla base di Matabi ipotizza infatti che la formazione e l'utilizzo sistematico del kit LEGO® DUPLO non agiscano soltanto come strumenti didattici, ma anche come dispositivi cognitivi in grado di modificare le rappresentazioni spaziali degli insegnanti, rafforzando le loro abilità visuo-spaziali e la capacità di attivare un linguaggio spaziale esplicito nelle attività di classe. Il miglioramento delle abilità spaziali delle docenti costituisce quindi un canale diretto dell'intervento e, al tempo stesso, la condizione abilitante per un effetto indiretto sugli studenti.

Per verificare questa ipotesi nel 23/24 sono stati somministrati ai docenti due test standardizzati pre- e post-intervento:

- il Lappan Test (LA), che misura l'orientamento spaziale e la capacità di rappresentare percorsi, direzioni e relazioni topologiche;
- il Purdue Spatial Visualization Test (PU), che rileva le abilità di rotazione mentale di oggetti tridimensionali.

Oltre ai punteggi dei singoli test, è stato calcolato un indice composito che combina i risultati di entrambi gli strumenti. La Tabella 7 presenta il miglioramento medio (delta) registrato dai docenti del gruppo di trattamento rispetto al gruppo di controllo.

Tabella 7 - Effetto del trattamento sul miglioramento delle abilità visuo-spaziali delle insegnanti

	Delta nelle abilità visuo-spaziali delle insegnanti		
	Punteggi LA e PU	Punteggio LA	Punteggio PU
Trattamento	1.564 (0.938)	1.116* (0.560)	0.448 (0.756)
N. osservazioni	49	49	49
R-squared	0.401	0.276	0.357
Effetti fissi scuola	Yes	Yes	Yes
Note: Errori standard robusti in parentesi; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.			

I risultati mostrano che la partecipazione al programma Matabi ha prodotto un miglioramento medio positivo nelle abilità visuo-spaziali delle insegnanti, sia nel punteggio aggregato sia nei due test considerati separatamente. L'effetto complessivo sul punteggio combinato (LA + PU) è pari a 1.56 punti, ma non risulta statisticamente significativo ai livelli convenzionali.

Tuttavia, analizzando i due test distintamente, emerge un risultato rilevante: il Lappan Test (LA) mostra un incremento di 1.12 punti, statisticamente significativo al livello del 10%. Si tratta di un miglioramento non marginale, pari a circa un quarto della deviazione standard del punteggio rilevato a baseline.

Questo risultato è coerente con la natura delle attività proposte nella formazione Matabi e nelle sessioni in classe. Il programma enfatizza infatti il riconoscimento di direzioni e traiettorie, la costruzione di percorsi nello spazio e la traduzione di rappresentazioni bidimensionali in configurazioni tridimensionali, più che la rotazione mentale pura di figure complesse. Il maggior impatto sull'orientamento spaziale, rispetto alla rotazione mentale, rispecchia quindi la specificità dei contenuti formativi e conferma la capacità dell'intervento di modificare proprio quelle dimensioni dell'abilità spaziale su cui intendeva agire.

Dal punto di vista interpretativo, l'aumento medio di un punto nel punteggio LA può essere letto come un guadagno sostanziale nella capacità di rappresentazione spaziale e nell'uso di un linguaggio spaziale operativo. Le attività svolte durante la formazione e in classe hanno reso gli insegnanti più consapevoli dell'importanza di verbalizzare relazioni spaziali e di proporre esercizi che richiedano la costruzione, la descrizione e la trasformazione di oggetti nello spazio.

Questo cambiamento è particolarmente significativo perché non riguarda soltanto l'acquisizione di nuove nozioni, ma una trasformazione della pratica didattica: implica, probabilmente, una diversa modalità di percezione e rappresentazione dello spazio, che diventa oggetto esplicito di riflessione e componente rilevante dell'esperienza di apprendimento di alunne e alunni.

La sezione successiva approfondisce in che misura questi effetti sulle insegnanti si siano tradotti in progressi tangibili per alunne e alunni, verificando l'esistenza di un canale di trasmissione che colleghi il miglioramento delle abilità spaziali delle insegnanti con i risultati di apprendimento e con gli atteggiamenti di alunne e alunni.

6.2 Effetto dell'intervento sugli studenti

I risultati presentati nella sezione precedente mostrano un effetto positivo e statisticamente significativo di Matabi sulle abilità visuo-spaziali delle insegnanti. Tuttavia, i beneficiari finali dell'intervento sono alunne e alunni, poiché l'obiettivo del programma è promuovere un cambiamento nelle pratiche didattiche attraverso la formazione delle insegnanti, con l'intento di generare miglioramenti misurabili nelle competenze cognitive e non cognitive di alunne e alunni. L'effetto stimato su alunne e alunni riflette quindi sia la partecipazione ai workshop con il formatore, sia l'impatto indiretto esercitato dalla formazione dei docenti sull'adozione di nuove pratiche didattiche basate sull'uso dei mattoncini LEGO® DUPLO in classe.

Lo studio stima l'impatto del programma su quattro outcome principali:

- le abilità visuo-spaziali, obiettivo diretto dell'intervento;
- le competenze matematiche, considerate dominio cognitivo correlato e potenziale canale di trasferimento;
- la percezione di autoefficacia nella matematica e il livello di ansia per la matematica, quali indicatori di atteggiamenti e convinzioni.

Coerentemente con le analisi descrittive, la valutazione è condotta separatamente per le due edizioni del progetto (2022–23 e 2023–24), considerate le differenze nel disegno sperimentale. Nella prima edizione il trattamento è stato somministrato in due momenti distinti dell'anno scolastico (primo e secondo quadrimestre), permettendo di analizzare eventuali variazioni legate alla durata dell'esposizione. Nella seconda edizione, invece, l'intervento è stato realizzato in un'unica finestra temporale, con un campione ampliato e una raccolta informativa più ricca, che consente anche di analizzare l'eterogeneità degli effetti in funzione delle caratteristiche delle insegnanti.

I risultati sintetizzati nelle sezioni che seguono si riferiscono alla specificazione completa del modello (colonna 5 delle tabelle riportate in Appendice). I risultati dettagliati per ciascuna specificazione, insieme ai diversi esercizi di sensibilità condotti per testare la robustezza delle stime, sono disponibili in Appendice nelle Tabelle A6–A9 per l'edizione 2022–23 e nelle Tabelle A10–A14 per l'edizione 2023–24.

6.2.1 Effetti medi sugli studenti nell'edizione 2022-23

Nel primo anno di progetto la valutazione d'impatto si è basata su un disegno sperimentale con randomizzazione a livello di classe. Le 46 classi coinvolte (seconde e terze primarie) sono state assegnate a tre condizioni:

- Trattamento 1 (T1): implementazione nel primo quadrimestre, con formazione in presenza dei docenti e laboratori condotti dal formatore nelle classi;
- Trattamento 2 (T2): implementazione nel secondo quadrimestre, con formazione online dei docenti e workshop in presenza nelle classi tenuti dal formatore;
- Gruppo di controllo, che non ha ricevuto l'intervento nell'anno di riferimento.

I risultati indicano che Matabi ha avuto un effetto positivo e statisticamente significativo sulle abilità visuo-spaziali, ma con una marcata differenza tra i due gruppi di trattamento.

Per le classi del primo quadrimestre (T1), il coefficiente stimato è pari a +0,23 deviazioni standard ($p < 0,05$); per le classi del secondo quadrimestre (T2) l'effetto è più contenuto (+0,04 SD) e non significativo. I due gruppi differivano sia per la durata complessiva dell'esposizione al programma, sia per le modalità di formazione dei docenti.

Tabella 8. Effetto del trattamento sugli outcome di alunne e alunni.

Variabili indipendenti	Variabili dipendenti			
	Abilità visuo-spaziali	Competenza in matematica	Auto-efficacia in matematica	Ansia per la matematica
Trattamento quadrimestre 1°	0.228* (0.118)	0.038 (0.098)	0.021 (0.128)	-0.097 (0.124)
Trattamento quadrimestre 2°	0.045 (0.118)	-0.211 (0.151)	0.092 (0.173)	-0.121 (0.117)
Grado 3	-0.511*** (0.080)	-1.166*** (0.106)	0.000 (0.108)	0.179** (0.079)
Femmina	-0.410*** (0.084)	-0.306*** (0.099)	-0.216** (0.100)	0.290*** (0.108)
Trattamento quad. 1° Femmina *	-0.099 (0.101)	0.002 (0.120)	0.150 (0.129)	0.036 (0.144)
Trattamento quad. 2° Femmina *	0.162 (0.149)	0.196 (0.169)	0.048 (0.188)	0.043 (0.154)
Background migratorio	-0.146* (0.073)	0.017 (0.064)	0.208*** (0.075)	0.112 (0.107)
Competenza in matematica (baseline)	0.484*** (0.044)	0.588*** (0.045)	0.294*** (0.042)	-0.200*** (0.041)
N	863	863	825	863
R-quadro	0.291	0.429	0.124	0.095

Nel gruppo T1, la formazione in presenza ha coinciso con la prima introduzione dei materiali, permettendo alle insegnanti di osservare direttamente il formatore, sperimentare le attività e ricevere feedback immediati. Ciò ha favorito un'elevata fedeltà di implementazione e un uso regolare dei mattoncini nelle settimane successive ai workshop. Nel gruppo T2, invece, la formazione si è svolta a distanza e in prossimità della conclusione dell'anno scolastico. Pur avendo ricevuto la stessa

sequenza di workshop in presenza, le classi hanno avuto meno tempo per integrare i materiali nel curriculum, riflettere sulle attività e consolidare le abilità acquisite. La combinazione tra una durata più breve e una formazione meno immersiva ha probabilmente ridotto la possibilità di trasformare i workshop in routine didattiche quotidiane. In termini metodologici, la mancanza di significatività statistica dell'effetto per il gruppo T2 può quindi essere interpretata come il risultato di una minore intensità del trattamento e di una profondità formativa ridotta. Non si tratta di un fallimento del modello, ma di una variazione nella "dose" e nelle condizioni di apprendimento che ne ha limitato l'efficacia.

Le osservazioni di formatrici/ori e delle docenti confermano questa interpretazione. Nei diari di bordo delle classi T1 emerge un uso crescente del linguaggio spaziale, una maggiore sicurezza nell'organizzazione delle attività e un progressivo aumento dell'autonomia di alunne e alunni. Nelle classi T2, invece, la partecipazione risulta più discontinua: le insegnanti segnalano difficoltà nel mantenere continuità dopo i workshop e nel collegare i compiti di costruzione agli obiettivi matematici, spesso a causa del tempo limitato prima della chiusura dell'anno scolastico.

L'analisi disaggregata per genere rivela pattern coerenti con le ipotesi del progetto, ma modulati dal diverso contesto di implementazione.

Nel gruppo T1, l'effetto positivo è trasversale: maschi e femmine beneficiano in modo simile dell'intervento. Nel gruppo T2, pur in assenza di effetti statisticamente significativi, si osserva un miglioramento relativamente maggiore tra le alunne, che partivano da livelli più bassi e hanno risposto positivamente ai compiti spaziali proposti in un contesto cooperativo.

Le osservazioni qualitative raccolte durante i workshop offrono ulteriori elementi interpretativi. Nelle classi del secondo quadrimestre, le insegnanti descrivono spesso una progressiva emancipazione delle alunne nelle attività di costruzione e verbalizzazione spaziale: bambine inizialmente più caute hanno iniziato a proporre strategie, correggere i compagni e guidare la ricostruzione dei modelli. In diversi casi è stato osservato un cambiamento nei ruoli cognitivi: i compagni maschi chiedevano conferme o chiarimenti alle compagne, riconoscendone la competenza. I formatori segnalano, inoltre, una maggiore precisione e organizzazione tra le alunne, e una distribuzione più equilibrata dei ruoli cognitivi all'interno dei gruppi. Questi episodi suggeriscono che Matabi possa contribuire a riequilibrare le dinamiche di genere, promuovendo un ambiente di apprendimento più inclusivo, in cui la competenza spaziale non è percepita come dominio maschile.

Non si rilevano effetti statisticamente significativi sulle competenze matematiche, sull'autoefficacia o sull'ansia matematica. Questa assenza di impatto immediato è coerente con la sequenza prevista dal modello di cambiamento: il miglioramento delle abilità visuo-spaziali costituisce il primo passo, mentre il trasferimento alla matematica richiede tempo, continuità e una mediazione didattica esplicita.

Le evidenze qualitative indicano tuttavia cambiamenti nel clima di classe e nella relazione affettiva con la matematica. Docenti e formatori segnalano maggiore curiosità, partecipazione e collaborazione, soprattutto tra alunne e alunni più insicuri. Questi segnali potrebbero anticipare effetti di più lungo periodo, coerenti con la progressione dal potenziamento cognitivo alla motivazione e alla fiducia.

6.2.2 Edizione 2023/24: caratteristiche degli studenti e effetti medi

La seconda edizione del programma Matabì, realizzata nel 2023–2024, ha rappresentato un passaggio cruciale di consolidamento e ampliamento del modello sperimentale. Dopo la fase pilota condotta in Piemonte, l'intervento è stato esteso a tre regioni — Piemonte, Campania e Sicilia — coinvolgendo un numero più ampio di scuole, classi e insegnanti. L'obiettivo era duplice: verificare la robustezza dell'efficacia osservata nella prima edizione in contesti territoriali e scolastici differenti e affinare gli strumenti di rilevazione per una migliore comprensione dei meccanismi di impatto.

Rispetto all'edizione precedente, l'intervento ha presentato tre modifiche sostanziali.

In primo luogo, il passaggio da un contesto regionale a tre regioni con caratteristiche socio-economiche e demografiche eterogenee ha ampliato significativamente la variabilità del campione. Questa espansione geografica ha permesso di testare la scalabilità del modello, ma ha anche introdotto sfide logistiche e organizzative più complesse.

In secondo luogo, a differenza dell'edizione 2022–23, condotta prevalentemente in presenza, la formazione docenti è stata erogata interamente online. Il percorso formativo prevedeva cinque incontri (per un totale di 10 ore) in modalità sincrona e asincrona sulla piattaforma della Fondazione Agnelli, con la possibilità di accedere a quattro slot facoltativi da un'ora di supporto online. Questo cambiamento ha richiesto ai docenti un maggiore grado di autonomia e potrebbe aver influito sull'intensità dell'assimilazione del metodo. I tre workshop in classe con i tutor Matabì, invece, sono stati mantenuti in presenza.

Infine, sono stati introdotte revisioni negli strumenti di valutazione e nelle modalità di somministrazione. Come illustrato dalla Tabella 4 nella sezione precedente, i test utilizzati per misurare le abilità visuo-spaziali e matematiche sono stati parzialmente modificati per migliorarne validità e affidabilità. Inoltre, la raccolta dati è passata dalla modalità cartacea alla somministrazione digitale tramite tablet e piattaforme web, salvo casi eccezionali legati a difficoltà tecniche o particolari esigenze di alunne e alunni. L'introduzione della modalità digitale ha garantito maggiore efficienza e precisione nella registrazione delle risposte, ma ha introdotto una potenziale fonte di variabilità rispetto alla prima edizione, soprattutto per chi aveva minore familiarità con i dispositivi digitali.

Le modifiche appena descritte hanno reso possibile un'analisi più approfondita dei meccanismi di impatto, ma hanno anche introdotto elementi di complessità che contribuiscono a spiegare le differenze nei risultati tra le due edizioni. In particolare, la combinazione di formazione a distanza, maggiore eterogeneità territoriale e modifiche negli strumenti di rilevazione rende meno direttamente comparabili i risultati delle due annualità e suggerisce prudenza nell'interpretazione degli effetti medi aggregati.

Caratteristiche del campione e divari preesistenti

Prima di analizzare gli effetti del trattamento, è utile descrivere le caratteristiche del campione e i divari preesistenti tra gli studenti (tab. 9), che costituiscono il contesto in cui l'intervento è stato realizzato.

Il campione include alunne e alunni di classe terza e quarta. Come prevedibile, gli studenti di quarta mostrano punteggi baseline più elevati nelle abilità visuo-spaziali rispetto ai compagni di terza, riflettendo un gradiente di sviluppo cognitivo legato all'età e alla maggiore esposizione scolastica. Questo andamento, ampiamente documentato in letteratura, sottolinea la necessità di controllare per il grado scolastico nelle analisi degli effetti del trattamento.

Il divario più rilevante riguarda le differenze di genere. Le alunne partono in media da livelli significativamente inferiori nelle abilità visuo-spaziali rispetto ai compagni maschi, con uno scarto di circa 0,23 deviazioni standard al baseline. Tale differenza, coerente con la letteratura internazionale, riflette pattern di socializzazione e opportunità di gioco spaziale già osservati in età prescolare.

La disparità non è solo cognitiva, ma anche affettiva e motivazionale. Le alunne riportano livelli di autoefficacia nella matematica significativamente inferiori ai maschi (circa 0,31 deviazioni standard), anche a parità di competenze. Questo indicatore suggerisce una percezione di minore accessibilità del dominio matematico, che può influenzare interesse, impegno e scelte future.

Gli studenti con background migratorio non presentano differenze significative nelle abilità cognitive rispetto ai compagni italiani, ma riportano livelli leggermente più elevati di ansia per la matematica. Tale evidenza suggerisce la possibile presenza di componenti emotive o linguistiche che possono incidere sulla relazione con la disciplina.

Un elemento di particolare interesse riguarda la familiarità con i mattoncini LEGO a casa, rilevata al baseline. Gli studenti che dichiarano di utilizzarli prima dell'intervento ottengono punteggi mediamente più alti sia nelle abilità visuo-spaziali sia in quelle matematiche. Questo risultato conferma l'importanza dell'esposizione precoce al gioco costruttivo e indica la presenza di disuguaglianze di accesso legate al contesto familiare — disuguaglianze che Matabì mira a compensare attraverso l'introduzione sistematica di materiali manipolativi nel contesto scolastico.

I divari preesistenti rappresentano il punto di partenza per valutare se e in che misura il programma abbia contribuito a modificare competenze e atteggiamenti di alunne e alunni.

6.2.3 Effetti medi del trattamento sugli studenti

La Tabella 9 presenta gli effetti del trattamento sui quattro outcome principali: abilità visuo-spaziali, abilità matematiche, autoefficacia e ansia per la matematica. Nessuno dei coefficienti principali risulta statisticamente significativo. Le stime puntuali sono debolmente negative per le abilità visuo-spaziali (-0.046 SD) e lievemente positive per matematica, autoefficacia e ansia ($+0.061$, $+0.007$ e $+0.004$ SD), ma gli intervalli di confidenza comprendono lo zero. Nel complesso emerge quindi un effetto medio nullo.

L'assenza di un impatto aggregato non va interpretata come evidenza di inefficacia del modello, ma come indicazione di un processo ancora in fase di sviluppo. Matabì si basa su una catena causale sequenziale: la crescita delle competenze spaziali e del linguaggio didattico delle insegnanti costituisce il presupposto per progressi di alunne e alunni. Un effetto medio nullo nell'immediato suggerisce che la trasmissione del cambiamento richieda tempo per consolidarsi e che l'impatto emerga soprattutto dove le insegnanti hanno effettivamente interiorizzato e applicato il metodo. L'edizione 2023–24 è stata inoltre caratterizzata da una maggiore scala di intervento, con tempi e intensità non pienamente omogenei tra territori e docenti. Gli effetti cognitivi e motivazionali, come

documentato dalla letteratura, si manifestano con gradualità e necessitano continuità — condizioni non sempre garantite in una fase di scaling-up.

Tabella 9. Effetto del trattamento sugli outcome di alunne e alunni.

Variabili dipendenti	Abilità visuo-spaziali	Abilità matematiche	Autoefficacia nella matematica	Ansia per la matematica
Trattamento	-0.046 (0.091)	0.061 (0.086)	0.007 (0.088)	0.004 (0.109)
Grado 3	-0.241*** (0.082)	-0.008 (0.090)	0.201* (0.098)	0.015 (0.093)
Femmina	-0.228** (0.087)	-0.081 (0.093)	-0.312*** (0.083)	-0.107 (0.102)
Trattamento × Femmina	0.051 (0.119)	-0.172 (0.116)	0.031 (0.111)	0.007 (0.131)
Background migratorio (baseline)	-0.089 (0.098)	-0.130 (0.090)	0.037 (0.116)	0.331* (0.088)
Mattoncini a casa (baseline)	0.205* (0.052)	0.112* (0.060)	0.082 (0.081)	-0.048 (0.078)
Abilità matematiche (baseline)	0.313* (0.027)	0.446* (0.031)	0.217* (0.034)	-0.122* (0.032)
Costante	0.182* (0.095)	-0.005 (0.082)	-0.051 (0.091)	-0.061 (0.120)

Nota: Standard error robusti in parentesi, con cluster a livello di classe; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

Il termine di interazione (riga *Trattamento × Femmina* in Tab. 9) consente di valutare eventuali differenze di impatto tra i generi. Nessuna delle interazioni risulta statisticamente significativa, ma la direzione dei coefficienti suggerisce dinamiche differenziate. Per la matematica, l’effetto del trattamento per i maschi — categoria di riferimento — è pari a +0.061 SD, mentre nel dominio visuo-spaziale, il coefficiente positivo dell’interazione (+0.051 SD) indica un progresso leggermente superiore tra le alunne trattate rispetto ai compagni maschi, anche in questo caso non significativo: un possibile segnale di recupero in fase iniziale.

Il quadro complessivo è coerente con l’ipotesi di tempi di maturazione differenziati. Come osservato nell’edizione precedente, le bambine potrebbero richiedere una maggiore continuità e intensità di esposizione affinché gli effetti diventino osservabili. Le sezioni successive approfondiscono questa ipotesi attraverso l’analisi delle eterogeneità.

L’assenza di effetti medi significativi nell’edizione 2023–24 non mette in discussione il modello Matabì, ma evidenzia la necessità di comprendere in quali condizioni il programma risulti più efficace. Diventa quindi centrale verificare se l’impatto emerga in presenza di fattori specifici: miglioramento effettivo delle competenze delle insegnanti, qualità dell’implementazione, intensità dell’esposizione. La sezione seguente affronta proprio questo tema, esplorando l’eterogeneità degli effetti e individuando quando e per chi Matabì produce risultati.

6.2.4 Eterogeneità degli effetti: il ruolo chiave del miglioramento dei docenti

L'assenza di un effetto medio aggregato, evidenziata nella sezione precedente, risulta meno rilevante quando si analizza la variabilità nel cambiamento effettivo delle insegnanti. Matabi è infatti un intervento che opera attraverso le insegnanti: gli studenti non ricevono un trattamento diretto, ma beneficiano — o meno — del cambiamento nelle pratiche didattiche, nel linguaggio spaziale e nelle rappresentazioni introdotte dai docenti durante l'insegnamento. Di conseguenza, l'impatto sugli studenti dipende dal grado di trasformazione realmente avvenuto tra i docenti.

La seconda edizione offre l'opportunità di esplorare questo meccanismo grazie alla disponibilità di dati pre-post sulle abilità visuo-spaziali delle insegnanti. È quindi possibile stimare modelli di eterogeneità dell'effetto che verificano se l'impatto del trattamento differisca a seconda del miglioramento effettivo delle insegnanti. Le analisi utilizzano la stessa specificazione adottata nella Tabella 9, sostituendo l'interazione Trattamento × Femmina con un'interazione tra la variabile trattamento e una misura del progresso nelle abilità visuo-spaziali dei docenti.

I risultati mostrano un quadro chiaro: gli studenti le cui insegnanti hanno migliorato le proprie abilità visuo-spaziali tra pre e post test presentano punteggi più elevati nelle abilità visuo-spaziali e, in misura più contenuta, anche nelle competenze matematiche. Il miglioramento nell'orientamento spaziale (rilevato tramite il Lappan Test, LA) risulta particolarmente rilevante. Come illustrato nella Figura 3, l'effetto condizionato per queste classi si colloca tra +0.20 e +0.25 deviazioni standard sulle abilità visuo-spaziali e tra +0.10 e +0.15 SD sulle abilità matematiche, rispetto alle classi i cui docenti non hanno mostrato progressi misurabili.

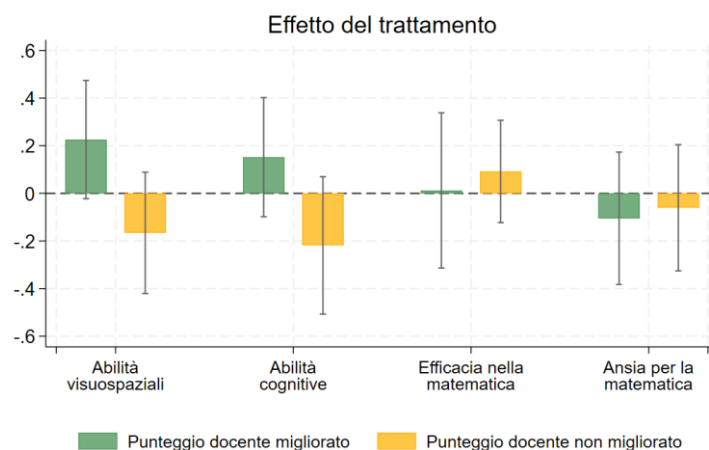


Figura 1. Effetto del trattamento su alunne e alunni, per grado di miglioramento delle insegnanti nelle abilità visuo-spaziali

Le analisi distinguono inoltre tra le due componenti della competenza spaziale delle insegnanti. La Figura 4 confronta la dimensione di orientamento spaziale (LA) e la rotazione mentale tridimensionale (Purdue Test, PU). Le stime indicano che i miglioramenti dei docenti nel test LA sono

associati a effetti significativi sugli studenti, mentre i progressi nel test PU non mostrano associazioni statisticamente rilevanti con gli outcome di alunne e alunni. Questa distinzione trova coerenza nella natura delle attività proposte dal programma, che si concentrano sulla costruzione di percorsi, sul riconoscimento di direzioni e sulla descrizione di configurazioni spaziali, più che sulla rotazione mentale di oggetti complessi.

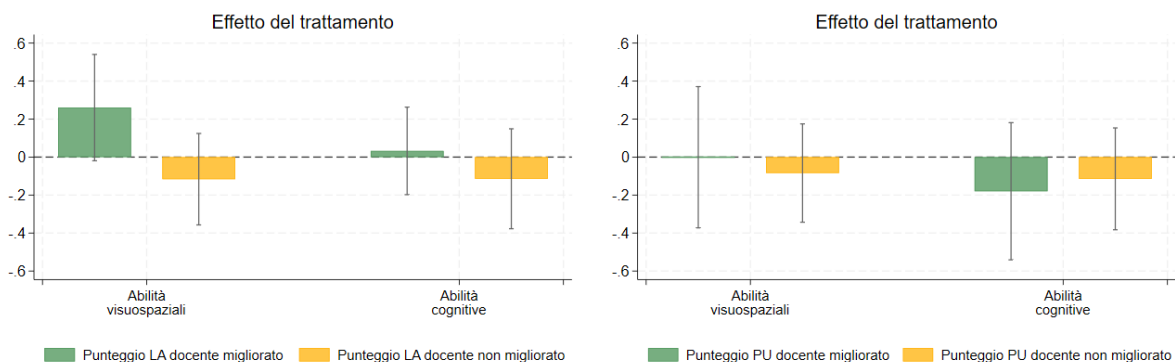


Figura 4. Effetto di Matabè su alunne e alunni, per grado di miglioramento delle insegnanti nei test LA e PU

La Figura 5 permette di approfondire come l'effetto condizionato dal miglioramento delle insegnanti si distribuisca tra maschi e femmine. Per le alunne, l'associazione più forte riguarda le abilità visuo-spaziali: le studentesse assegnate a docenti che hanno migliorato i propri punteggi registrano un guadagno di quasi 0.25 deviazioni standard. Questo risultato suggerisce che il rafforzamento delle insegnanti in questa dimensione agisca direttamente sulle alunne, contribuendo a colmare divari iniziali e a consolidare la fiducia in un dominio in cui partivano svantaggiate.

Per gli alunni, invece, emerge un trasferimento più immediato sul piano matematico: l'effetto del trattamento per i ragazzi in classi con docenti migliorati raggiunge 0.42 deviazioni standard sulle competenze matematiche, mentre i guadagni visuo-spaziali non sono significativi. Il dato suggerisce che, per i maschi, il miglioramento delle abilità spaziali delle docenti si traduca più rapidamente in prestazioni matematiche, forse per una maggiore familiarità precedente con attività spaziali o per stili cognitivi più orientati all'applicazione diretta.

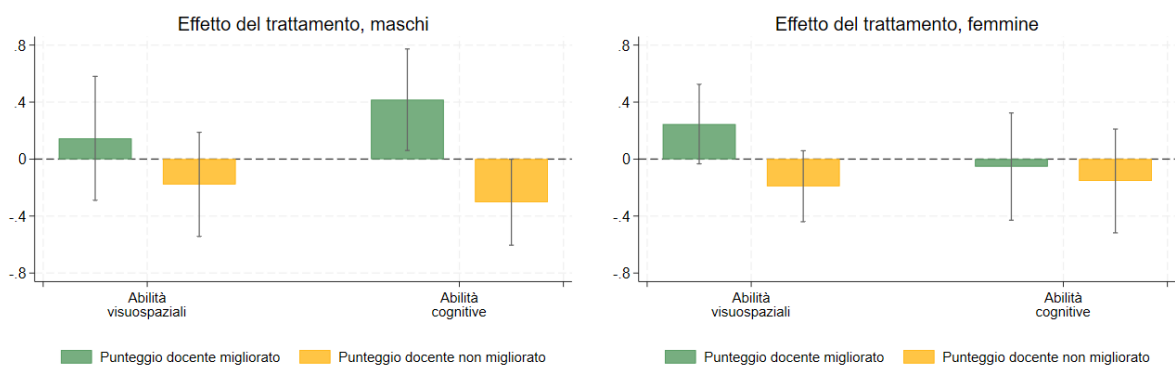


Figura 5. Effetto del trattamento su alunne e alunni, per genere e per grado di miglioramento delle insegnanti nelle abilità visuo-spaziali

Insieme, questi pattern delineano un quadro coerente con la letteratura sui tempi di maturazione differenziati tra maschi e femmine nei domini spaziali e matematici. Le studentesse sembrano trarre un beneficio iniziale nelle abilità visuo-spaziali — competenze che costituiscono una base cognitiva e motivazionale per successivi sviluppi in matematica — mentre gli studenti maschi mostrano un trasferimento più rapido verso la prestazione matematica.

Nel complesso, le analisi di eterogeneità confermano il canale di trasmissione docente → studente alla base del modello logico di Matabi. L'efficacia del programma non dipende dall'esposizione diretta di alunne e alunni ai materiali, ma dalla profondità dell'apprendimento professionale delle insegnanti e dalla loro capacità di integrare strategie e linguaggio spaziale nella pratica quotidiana. È in presenza di queste condizioni che emergono gli effetti più robusti.

Meccanismi interpretativi

I risultati osservati per genere possono essere interpretati alla luce di alcuni meccanismi plausibili, coerenti con il quadro teorico discusso nei capitoli precedenti. Le evidenze non permettono conclusioni definitive, ma suggeriscono ipotesi utili per orientare la lettura dei dati.

L'effetto positivo rilevato nelle abilità visuo-spaziali delle alunne può essere spiegato attraverso tre canali potenziali.

In primo luogo, potrebbe essersi attivato un processo di identificazione: vedere le proprie insegnanti — per la maggior parte donne — utilizzare con sicurezza il linguaggio spaziale e valorizzare la manipolazione può aver contribuito a rendere più accessibile un dominio spesso percepito come maschile. Il miglioramento delle docenti può aver funzionato come un modello di competenza, coerentemente con la letteratura sul role modeling (Carlana, 2019).

Un secondo canale riguarda le aspettative implicite delle insegnanti. La ricerca mostra che convinzioni e aspettative, anche non consapevoli, possono influenzare il tipo di feedback, il livello di sfida e il tempo concesso agli studenti (Steele & Aronson, 1995; Rosenthal & Jacobson, 1968). Se la formazione ha modificato la percezione delle insegnanti rispetto alla natura "di genere" delle attività spaziali, è plausibile che le alunne abbiano ricevuto segnali più incoraggianti e aspettative più elevate.

Un terzo canale riguarda l'ansia matematica. Le bambine presentano, già nella primaria, livelli mediamente più alti di ansia per la matematica, che può limitare l'impiego delle risorse cognitive necessarie (OECD, 2019; Halpern et al., 2011). Maggiore sicurezza delle insegnanti nelle attività spaziali può avere contribuito a un clima più sereno e a una normalizzazione dell'errore, riducendo la pressione percepita e facilitando il coinvolgimento nelle attività.

Nel complesso, questi processi suggeriscono un percorso graduale: prima il consolidamento delle abilità visuo-spaziali e della fiducia delle alunne, poi il possibile trasferimento verso le competenze matematiche. Tale sequenza è coerente con i modelli che enfatizzano il ruolo della fiducia e dell'autoefficacia nell'attivazione di strategie cognitive complesse (Bandura, 1997).

Per gli alunni, l'associazione più forte tra il miglioramento delle insegnanti e le competenze matematiche può riflettere condizioni di partenza più favorevoli: maggiore familiarità pregressa con attività spaziali e livelli più bassi di ansia matematica (Newcombe & Stieff, 2012; Grissmer et al., 2013). In presenza di insegnanti più competenti nel collegare manipolazioni concrete e concetti astratti, i maschi possono aver trasferito più rapidamente il proprio repertorio spaziale alla matematica. Un livello di ansia mediamente inferiore può inoltre aver permesso loro di accedere più direttamente alle risorse cognitive necessarie per il problem solving, con un percorso meno condizionato da aspetti affettivi o identitari.

In sintesi, Matabi sembra attivare traiettorie di apprendimento differenziate per genere, legate a condizioni di partenza e ostacoli diversi.

- Le studentesse traggono beneficio da un percorso iniziale di rafforzamento spaziale e di consolidamento emotivo.
- Gli studenti mostrano un trasferimento più immediato verso il dominio matematico.

Queste dinamiche, pur non definitive, indicano che l'intervento, quando accompagnato da un reale miglioramento delle pratiche delle docenti, può contribuire a ridurre il divario di genere agendo su più dimensioni: cognitiva, affettiva, sociale e identitaria. La scuola primaria rappresenta un contesto particolarmente favorevole per intervenire su tali dimensioni, poiché si trovano in una fase evolutiva in cui gli atteggiamenti verso la matematica e le credenze sulle proprie capacità sono ancora altamente plastici e modificabili attraverso esperienze educative intenzionali.

Eterogeneità legata ai bias impliciti delle insegnanti (IAT)

Un'ulteriore dimensione di eterogeneità riguarda gli atteggiamenti impliciti delle insegnanti verso le competenze di genere, misurati attraverso l'Implicit Association Test (IAT) somministrato prima dell'avvio dell'intervento.

Lo IAT è uno strumento psicometrico ampiamente utilizzato per rilevare associazioni automatiche e non consapevoli tra concetti (Greenwald, McGhee & Schwartz, 1998). Nel contesto di Matabi, il test misura la forza dell'associazione implicita tra genere e ambiti disciplinari, in particolare tra i concetti *Maschio-Scienza* e *Femmina-Arte*. I docenti vengono classificati in tre categorie in base ai risultati del test:

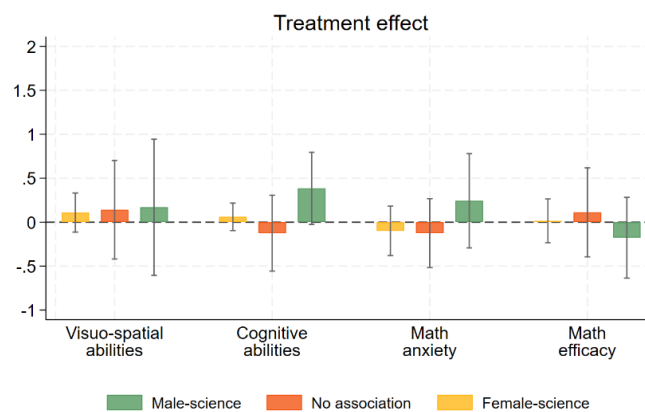
- associazione implicita tradizionale: tendenza automatica ad associare Maschio con Scienza e Femmina con Arte, riflettendo stereotipi di genere consolidati;
- nessuna associazione automatica: assenza di bias impliciti significativi in una direzione o nell'altra;
- associazione invertita: tendenza automatica ad associare Maschio con Arte e Femmina con Scienza, in controtendenza rispetto agli stereotipi dominanti.

È importante sottolineare che questi atteggiamenti impliciti non corrispondono necessariamente alle convinzioni esplicite e consapevoli delle insegnanti, ma riflettono associazioni cognitive automatiche che possono influenzare — spesso in modo non intenzionale — i comportamenti didattici quotidiani, come il tipo di feedback offerto, le aspettative comunicate, o la distribuzione dell'attenzione in classe (Carlana, 2019).

La Figura 6 mostra l'effetto del trattamento distinguendo per livello di bias implicito delle insegnanti. L'asse X riporta le tre categorie IAT, mentre l'asse Y rappresenta l'effetto stimato in deviazioni standard. Si osserva un effetto positivo per le studentesse nelle classi dei docenti con associazione implicita tradizionale (Maschio–Scienza / Femmina–Arte), mentre l'effetto appare meno marcato o assente nelle classi di docenti con associazioni neutre o invertite. I coefficienti non risultano statisticamente significativi, ma delineano un pattern interpretativo coerente con la letteratura.

L'ipotesi compatibile con i dati è che, proprio nei contesti in cui i bias impliciti erano più marcati, la formazione abbia attivato un processo di consapevolezza e riflessione critica sulle proprie pratiche. Un simile processo può tradursi in comportamenti più inclusivi: stimolare maggiormente la partecipazione delle studentesse nelle attività con i mattoncini, attendere più a lungo prima di intervenire per permettere di completare i ragionamenti, valorizzare le verbalizzazioni spaziali o distribuire in modo più equo le opportunità di leadership nella costruzione. Si tratta di forme concrete di allocazione dell'attenzione e delle opportunità di apprendimento che possono incidere sulle dinamiche di genere in classe.

Questo tipo di processo è spesso descritto come *bias interruption* (Carnes et al., 2015): un insieme di pratiche volte a riconoscere e interrompere gli automatismi che generano trattamenti differenziati. La formazione Matabì può aver fornito alcuni degli elementi necessari a questo cambiamento – consapevolezza del bias, motivazione al miglioramento e strategie operative – anche se non è possibile determinare con certezza se si tratti di correzioni intenzionali o di modifiche spontanee nei comportamenti. La circostanza che l'effetto emerga nelle classi con bias iniziale tradizionale e solo nel gruppo trattato rende comunque plausibile l'interpretazione di un cambiamento indotto a livello di pratiche didattiche.



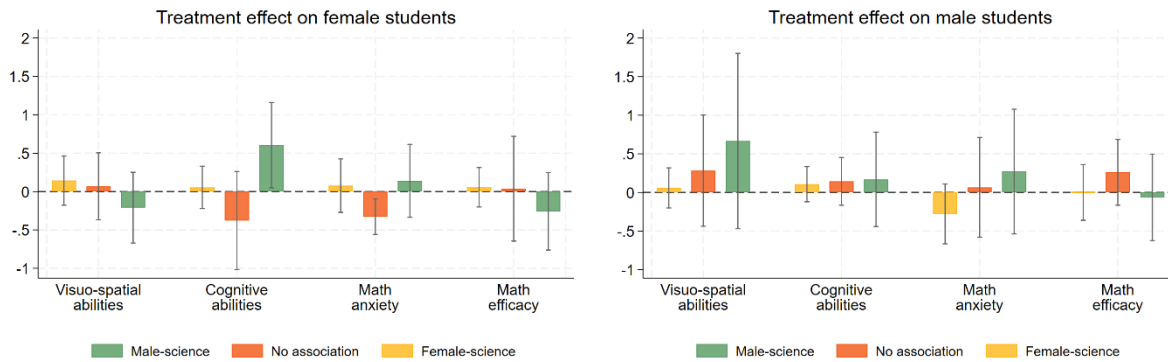


Figura 6. Effetto di Matabì su alunne e alunni, per punteggio IAT delle insegnanti.

I risultati evidenziano l'importanza di includere nei percorsi formativi delle insegnanti anche una riflessione sugli stereotipi di genere, soprattutto nelle discipline STEM. Il solo potenziamento delle competenze disciplinari o metodologiche potrebbe non essere sufficiente per ridurre i divari se non accompagnato da un lavoro sugli atteggiamenti impliciti e sulle conseguenti interazioni quotidiane. L'evidenza suggerisce che la formazione può risultare particolarmente utile per quei docenti che, in modo inconsapevole, rischiano di perpetuare disuguaglianze di genere: una consapevolezza maggiore e strumenti mirati possono diventare leve per favorire un ambiente di apprendimento più equo.

Uso dei mattoncini a casa

Le informazioni raccolte sugli studenti consentono di analizzare uno dei meccanismi di trasmissione indiretti più rilevanti: la possibilità che il training delle insegnanti produca cambiamenti non solo in classe, ma anche nelle abitudini di gioco e apprendimento a casa. La stima è condizionata alle abitudini dichiarate prima dell'intervento, così da cogliere un cambiamento *relativo* all'interno dei singoli studenti, tenendo conto delle differenze iniziali di genere e di contesto familiare.

L'analisi evidenzia un impatto positivo e statisticamente significativo del trattamento, ma solo per i maschi. Per questi ultimi, la partecipazione a Matabì aumenta la probabilità di giocare con i mattoncini a casa di 12,5 punti percentuali rispetto al gruppo di controllo. Considerando che alla baseline circa il 70% dei maschi dichiarava di utilizzare i mattoncini a casa (contro il 64% delle femmine, differenza iniziale di 6 punti percentuali, statisticamente significativa), il risultato corrisponde a un incremento relativo di circa +18% rispetto al livello di partenza.

Questo effetto, seppur semplice nella formulazione, è molto rilevante sul piano interpretativo: conferma che il programma non si limita a incidere sui comportamenti scolastici, ma genera un'estensione della pratica spaziale oltre il contesto della classe. Poiché l'uso dei mattoncini è positivamente correlato alle abilità visuo-spaziali e matematiche, un aumento della frequenza di gioco domestico rappresenta un canale plausibile di consolidamento e potenziale amplificazione degli effetti cognitivi nel medio periodo. L'assenza di un effetto analogo per le femmine pone invece interrogativi importanti dal punto di vista dell'equità. Le cause possono essere molteplici: una minore disponibilità di mattoncini in casa (spesso già presenti come gioco "maschile"), una diversa propensione delle famiglie a proporli alle figlie, o semplicemente una minore attrazione sociale percepita verso questo tipo di attività.

In ogni caso, il risultato implica che, anche quando le insegnanti modificano le pratiche in aula, le opportunità di esercizio extra-scolastico rimangono diseguali, limitando la possibilità per le studentesse di consolidare i progressi cognitivi osservati in classe.

Infine, non si osservano differenze significative tra docenti rispetto ad altre caratteristiche strutturali — livello di autoefficacia percepita, anzianità di servizio e numero di ore settimanali dedicate alla matematica — a conferma che gli atteggiamenti impliciti e il loro lavoro riflessivo rappresentano dimensioni più determinanti, ai fini dell'efficacia, rispetto all'esperienza o al tempo dedicato alla disciplina.

7. Discussione e conclusioni

Le due edizioni del progetto Matabì (2022–2023 e 2023–2024) hanno offerto l'opportunità di valutare, con un disegno sperimentale rigoroso e in contesti territoriali differenti, l'efficacia di un intervento finalizzato a potenziare le abilità visuo-spaziali nella scuola primaria e, attraverso esse, a sostenere lo sviluppo di competenze matematiche più solide, agendo sul miglioramento professionale delle insegnanti e sull'innovazione delle pratiche d'aula.

Nel complesso, le evidenze raccolte in entrambe le annualità risultano coerenti con il modello logico del programma: il trattamento opera principalmente attraverso le insegnanti, trasformando il modo in cui progettano e conducono le attività in classe — uso del linguaggio spaziale, attenzione alle relazioni geometriche, manipolazione orientata, cooperazione — ed è attraverso tali cambiamenti che si attiva il canale di trasmissione verso le classi. Matabì non espone direttamente alunne e alunni a un curriculum aggiuntivo, ma incide sulla qualità dell'insegnamento, sostenendo pratiche più consapevoli, visive e discorsive.

Prima edizione pilota (2022–2023).

L'edizione pilota, realizzata in Piemonte, mostra effetti positivi e statisticamente significativi sulle abilità visuo-spaziali sia delle insegnanti sia di alunne e alunni. Nelle classi trattate nel primo quadrimestre emergono anche segnali di trasferimento alle competenze matematiche. Le osservazioni condotte dai formatori e le testimonianze raccolte nei focus group confermano questi risultati: le docenti riferiscono maggiore sicurezza nell'uso dei materiali, una più chiara comprensione del ruolo del linguaggio spaziale e un coinvolgimento crescente delle studentesse, che progressivamente assumono ruoli più attivi nella costruzione, nella descrizione e nella pianificazione delle attività. Molte insegnanti sottolineano come Matabì abbia offerto un contesto didattico "sicuro" per sperimentare nuove forme di cooperazione e di verbalizzazione, favorendo un clima di classe più inclusivo.

Seconda edizione (2023–2024).

L'ampliamento a Piemonte, Campania e Sicilia ha aumentato la validità esterna e la diversificazione dei contesti osservati, ma ha introdotto anche una maggiore variabilità nei livelli di implementazione. I risultati medi non mostrano effetti statisticamente significativi in aggregato, ma le analisi di eterogeneità restituiscono un quadro più istruttivo: nella presenza di docenti che hanno effettivamente migliorato le proprie abilità visuo-spaziali tra pre e post test, gli studenti ottengono risultati più elevati nelle abilità spaziali (+0,20–0,25 SD) e, in misura più contenuta, nelle abilità

matematiche (+0,10–0,15 SD). Questi valori sono in linea – e in alcuni casi leggermente superiori – rispetto alla letteratura internazionale sul teacher professional development, che evidenzia effetti medi sugli studenti compresi tra 0.06 e 0.18 SD (Kraft, Blazar & Hogan, 2018; Lynch et al., 2025; Sims et al., 2025). L'entità osservata suggerisce che, laddove l'adozione del metodo è stata coerente e regolare, Matabi ha prodotto benefici tangibili, collocandosi nella fascia medio-alta degli interventi basati sulla formazione docenti.

Eterogeneità e dinamiche di genere.

Una dimensione chiave riguarda le differenze di genere. Le due edizioni confermano che alunne e alunni seguono traiettorie distinte ma convergenti: le studentesse evidenziano un miglioramento più consistente nelle abilità visuo-spaziali (+0,25 SD), mentre gli studenti mostrano un effetto più diretto sulle competenze matematiche (+0,40 SD). Tale pattern è coerente con l'ipotesi di tempi di maturazione differenti: per le bambine, una fase iniziale di rafforzamento cognitivo e identitario nello spazio – riduzione dell'ansia, aumento dell'autoefficacia e legittimazione del dominio – precede il trasferimento alla matematica; per i bambini maschi, il collegamento tra manipolazione e concetti numerici appare più immediato, probabilmente per una maggiore familiarità pregressa con giochi e attività di tipo costruttivo. A breve termine, il gender gap nelle competenze matematiche non si riduce in modo significativo, anche per la breve finestra di osservazione e per la natura prevalentemente numerica delle prove, ma emergono indicazioni importanti sul potenziale del programma nel ridurre differenze socio-emotive e identitarie.

Ruolo dei bias impliciti delle insegnanti.

L'analisi dell'Implicit Association Test (IAT) somministrato ai docenti rappresenta un contributo originale della valutazione. Nelle classi delle insegnanti con bias impliciti tradizionali (associazione Maschio–Scienza / Femmina–Arte) si osservano progressi più marcati delle studentesse. Le insegnanti in questa categoria risultano anche quelle che hanno mostrato i maggiori miglioramenti nelle abilità visuo-spaziali, suggerendo – con le cautele interpretative necessarie – che il modulo dedicato ai bias possa aver funzionato come elemento di consapevolezza e attivatore di pratiche più inclusive. Molte strategie osservate dai formatori (tempi di attesa più lunghi, valorizzazione delle verbalizzazioni delle alunne, distribuzione equa delle responsabilità nei gruppi) sono coerenti con processi di bias interruption documentati in letteratura (Carnes et al., 2015). Sebbene non sia possibile distinguere tra modifiche deliberate e aggiustamenti spontanei, la coerenza del pattern tra bias iniziali e benefici per le alunne rende plausibile un ruolo della formazione nella revisione delle routine didattiche.

Variabilità dell'implementazione e fattori contestuali.

La differenza negli effetti medi tra le due edizioni sembra essere legata all'intensità dell'implementazione. Nel 2022–23, molte classi piemontesi hanno integrato il metodo in modo stabile, con attività settimanali regolari e un uso continuo del linguaggio spaziale. Nel 2023–24, la situazione risulta più eterogenea: alcune scuole, soprattutto nel Sud, riportano interruzioni dovute a fattori organizzativi, cambiamenti nella programmazione o contemporanea partecipazione ad altri progetti. L'analisi suggerisce un possibile effetto di spiazzamento derivante dalla concorrenza tra interventi, evidenziando l'importanza di coordinare le iniziative e assicurare coerenza metodologica nelle attività proposte ad alunne e alunni.

Nel contesto domestico emergono effetti indiretti ma asimmetrici. Tra i maschi aumenta la probabilità di utilizzare mattoncini a casa (+12,5 p.p.), mentre non si registrano variazioni significative per le femmine. Tale differenza, pur da interpretare con cautela, può riflettere stereotipi genitoriali persistenti o una maggiore disponibilità di materiali nelle famiglie dei maschi. Poiché la pratica manipolativa domestica è positivamente associata agli esiti cognitivi, potrebbe essere utile prevedere iniziative di coinvolgimento familiare – mini-kit, attività condivise, comunicazioni mirate – volte a promuovere pari opportunità di pratica.

Prospettive di miglioramento.

Le evidenze suggeriscono che gli effetti del programma potrebbero rafforzarsi nel medio periodo. La letteratura sul teacher professional development mostra che trasformazioni professionali profonde emergono dopo cicli prolungati di sperimentazione, riflessione e adattamento (Desimone, 2009; Guskey, 2002; Darling-Hammond et al., 2017). Matabì ha misurato gli esiti in tempi relativamente ravvicinati alla formazione e potrebbe aver colto solo una parte del potenziale impatto. Per sostenere la maturazione delle nuove pratiche saranno fondamentali: una dose minima e continuativa di attività manipolative (almeno un'ora a settimana), il mantenimento del modulo sui bias come leva di consapevolezza professionale e forme di coaching, modelling e riflessione strutturata capaci di accompagnare le insegnanti nella rielaborazione delle esperienze.

Un passo ulteriore per la ricerca sugli esiti di Matabì sarà rappresentato dall'analisi dei dati INVALSI di quinta primaria: 2025–26 per la coorte 2022–23 e 2026–27 per la coorte 2023–24. La disponibilità di misure standardizzate a distanza di due o tre anni permetterà di verificare se i miglioramenti osservati nelle abilità visuo-spaziali si traducano in effetti più stabili sulla matematica e sulla comprensione del testo, fornendo una valutazione più robusta della persistenza dell'impatto.

Indicazioni di policy

Sul piano delle politiche educative, le evidenze raccolte attraverso Matabì suggeriscono cinque indicazioni principali.

1. La formazione continua delle insegnanti è una leva di qualità solo se produce cambiamenti osservabili nelle pratiche. Il programma mostra che gli effetti sugli studenti emergono soprattutto nelle classi delle insegnanti che hanno effettivamente migliorato le proprie abilità visuo-spaziali e hanno integrato in modo sistematico il linguaggio spaziale nelle attività. Non è quindi la formazione in sé a fare la differenza, ma la qualità e la profondità dell'apprendimento professionale. Questo implica che i programmi di formazione dovrebbero prevedere cicli di pratica, accompagnamento e riflessione sistematica — elementi che nelle due edizioni di Matabì si sono rivelati determinanti per l'efficacia.

2. Il pensiero spaziale va riconosciuto come competenza trasversale che sostiene più domini cognitivi.

I risultati mostrano che il potenziamento delle abilità visuo-spaziali si associa non solo a miglioramenti nei compiti spaziali, ma anche a guadagni, seppur più contenuti, nella matematica. Le analisi di letteratura suggeriscono inoltre ricadute sulla comprensione del testo e sul ragionamento logico. Matabì conferma empiricamente questo potenziale, indicando che il pensiero spaziale dovrebbe essere integrato stabilmente nei curricula e nei percorsi di formazione, al pari delle competenze linguistiche e logico-matematiche.

3. L'equità di genere deve essere trattata come dimensione centrale della qualità didattica. L'intervento mostra traiettorie differenziate tra bambine e bambini e mette in luce meccanismi affettivi e identitari (autoefficacia, ansia matematica, legittimazione del dominio) che influenzano l'accesso ai domini STEM. Le analisi sull'IAT evidenziano inoltre che gli stereotipi impliciti delle insegnanti possono modulare la partecipazione delle alunne e la qualità delle interazioni in classe. Matabi indica quindi che politiche di formazione e valutazione dovrebbero includere esplicitamente competenze relative a equità, bias e dinamiche di genere come parte integrante della professionalità docente.

4. La collaborazione scuola-famiglia è cruciale per garantire pari opportunità di apprendimento. Entrambe le edizioni mostrano che la pratica manipolativa domestica è associata agli esiti cognitivi e che i maschi tendono a praticare di più il gioco costruttivo, anche quando l'intervento introduce i materiali a scuola. Ciò suggerisce che, in assenza di un lavoro mirato con le famiglie, l'ambiente extrascolastico può amplificare le disuguaglianze. Politiche scolastiche che prevedano kit domestici, attività condivise e comunicazioni mirate possono contribuire a ridurre divari radicati nelle aspettative culturali.

5. I sistemi di monitoraggio e valutazione dell'innovazione devono integrare esiti e processi. L'esperienza di Matabi mostra che gli effetti non dipendono solo dall'assegnazione al trattamento, ma dalla qualità dell'implementazione, dall'intensità dell'uso, dalla coerenza con altri progetti e dalla trasformazione professionale effettivamente avvenuta. Indicatori di processo — come regolarità delle attività, verbalizzazioni spaziali, pratiche cooperative — sono necessari per comprendere *perché* un intervento funziona e in quali condizioni produce effetti. La sola misurazione degli esiti rischia di mascherare variazioni decisive legate al modo in cui le scuole adottano una metodologia.

In prospettiva, la continuità del programma e la disponibilità dei dati longitudinali permetteranno di verificare se gli effetti osservati a breve termine si consolidano nel medio periodo, traducendosi in miglioramenti duraturi negli apprendimenti e nella fiducia cognitiva di studenti e studentesse. La combinazione di formazione basata sull'evidenza, attenzione all'equità e didattica manipolativa rappresenta un modello coerente e scalabile per promuovere una scuola primaria più equa, riflessiva e scientificamente fondata.

Bibliografia

- Adamecz, A., Jerrim, J., Pingault, J.-B., & Shure, N. (2025). Peers, parents, and self-perceptions: The gender gap in mathematics self-assessment. *Journal of Population Economics*, 38(1), 1–33. <https://doi.org/10.1007/s00148-025-01087-2>
- Alvarez-Vargas, D., Abad, C., & Pruden, S. M. (2020). Spatial anxiety mediates the sex difference in adult mental rotation test performance. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 5(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00231-8>
- Baenninger, M., & Newcombe, N. (1989). The role of experience in spatial test performance: A meta-analysis. *Sex Roles: A Journal of Research*, 20(5–6), 327–344. <https://doi.org/10.1007/BF00287729>
- Baten, E., Praet, M., & Desoete, A. (2017). Feedback and metacognition in mathematics: A review of recent intervention studies. *ZDM Mathematics Education*, 49(4), 587–599. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0851-y>
- Ballatore, Maria Giulia; Duffy, Gavin; Sorby, Sheryl; and Tabacco, Anita, "SAperI: Approaching gender gap using Spatial Ability training week in high-school context" (2020). Articles. 6.
- Breda, T., Jouini, E., & Napp, C. (2023a). Gender differences in the intention to study math increase with math performance. *Nature Communications*, 14(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39079-z>
- Breda, T., Jouini, E., & Napp, C. (2023b). Gender stereotypes can explain the gender-equality paradox. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(5). <https://doi.org/10.1073/pnas.2008704117>
- Brussino, O., & McBrien, J. (2022). Gender stereotypes in education: Policies and practices to address gender stereotyping across OECD education systems (OECD Education Working Papers No. 271; OECD Education Working Papers, Vol. 271). <https://doi.org/10.1787/a46ae056-en>
- Carlana, M. (2019). Implicit Stereotypes: Evidence from Teachers' Gender Bias. *The Quarterly Journal of Economics*, 134(3), 1163–1224. <https://doi.org/10.1093/qje/qjz008>
- Carnes, M., Devine, P. G., Baier Manwell, L., Byars-Winston, A., Fine, E., Ford, C. E., Forscher, P., Isaac, C., Kaatz, A., Magua, W., Palta, M., & Sheridan, J. (2015). The effect of an intervention to break the gender bias habit for faculty at one institution: A cluster randomized, controlled trial. *Academic Medicine: Journal of the Association of American Medical Colleges*, 90(2), 221–230. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000000552>
- Casey, B. M., Andrews, N., Schindler, H., Kersh, J. E., Samper, A., & Copley, J. (2008). The development of spatial skills through interventions involving block building activities. *Cognition and Instruction*, 26(3), 269–309. <https://doi.org/10.1080/07370000802177177>
- Contini, D. (2018). The gender gap in mathematics achievement. CARLO ALBERTO / Working Paper No. 492—

- Cornu, V., Schiltz, C., Martin, R., & Hornung, C. (2018). Visuo-spatial abilities are key for young children's verbal number skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, *166*, 604–620. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.09.006>
- Cui, X., Guo, K. (2022) Supporting mathematics learning: A review of spatial abilities from research to practice. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *46*, 101176. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2022.101176>
- Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). Effective Teacher Professional Development. *Learning Policy Institute*. <https://eric.ed.gov/?id=ED606743>
- DePascale, Mary & Ramani, Geetha. (2025). The Role of Math Games for Children's Early Math Learning: A Systematic Review. *Journal of Numerical Cognition*. *11*. 10.5964/jnc.14897.
- Desimone, L. M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures. *Educational Researcher*. <https://psycnet.apa.org/doi/10.3102/0013189X08331140>
- Douglas, D., & Attewell, P. (2017). School Mathematics as Gatekeeper. *The Sociological Quarterly*, *58*(4), 648–669. <https://doi.org/10.1080/00380253.2017.1354733>
- Dumontheil, I., & Klingberg, T. (2012). Brain activity during a visuospatial working memory task predicts arithmetical performance 2 years later. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, *22*(5), 1078–1085. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr175>
- Else-Quest, N. M., Hyde, J. S., & Linn, M. C. (2010). Cross-national patterns of gender differences in mathematics: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *136*(1), 103–127. <https://doi.org/10.1037/a0018053>
- Ferguson, A. M., Maloney, E. A., Fugelsang, J., & Risko, E. F. (2015). On the relation between math and spatial ability: The case of math anxiety. *Learning and Individual Differences*, *39*, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.02.007>
- Ferri, V., & Di Castro, G. (2021). *What matters most to math gender gap? Evidence from PISA data in Italy* [Working Paper]. INAPP. <https://oa.inapp.org/items/79e42c09-654a-4f74-b471-c4fce8c8c8a2>
- Fisher, K. R., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N., & Golinkoff, R. M. (2013). Taking shape: Supporting preschoolers' acquisition of geometric knowledge through guided play. *Child Development*, *84*(6), 1872-1878. <https://doi.org/10.1111/cdev.12091>
- Flore, P. C., & Wicherts, J. M. (2015). Does stereotype threat influence performance of girls in mathematics? A meta-analysis. *Journal of School Psychology*, *53*(1), 25–44. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2014.10.002>
- Geer, E. A., Quinn, J. M., & Ganley, C. M. (2019). Relations between spatial skills and math performance in elementary school children: A longitudinal investigation. *Developmental Psychology*, *55*(3), 637–652. <https://doi.org/10.1037/dev0000649>
- Geiser, C., Lehmann, W., & Eid, M. (2008). A note on sex differences in mental rotation in different age groups. *Intelligence*, *36*(6), 556-563. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2007.12.003>

Gilligan, K. A., Hodgkiss, A., Thomas, M. S. C., & Farran, E. K. (2019). The developmental relations between spatial cognition and mathematics in primary school children. *Developmental Science*, 22(4), e12786. <https://doi.org/10.1111/desc.12786>

Giofrè, D. & Cornoldi, C. & Martini, A. & Toffalini, E., 2020. "A population level analysis of the gender gap in mathematics: Results on over 13 million children using the INVALSI dataset," *Intelligence*, Elsevier, vol. 81(C). DOI: 10.1016/j.intell.2020.101467

Grissmer, D., Grimm, K. J., Aiyer, S. M., Murrah, W. M., & Steele, J. S. (2010). Fine motor skills and early comprehension of the world: Two new school readiness indicators. *Developmental Psychology*, 46(5), 1008–1017. <https://doi.org/10.1037/a0020104>

Guskey, T. R. (2002). Professional Development and Teacher Change. *Teachers and Teaching*. <https://doi.org/10.1080/135406002100000512>

Halliday, S. E., Calkins, S. D., & Leerkes, E. M. (2018). Measuring preschool learning engagement in the laboratory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 167, 93–116. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.10.006>

Halpern, D. F., Benbow, C. P., Geary, D. C., Gur, R. C., Hyde, J. S., & Gernsbacher, M. A. (2007). The Science of Sex Differences in Science and Mathematics. *Psychological Science in the Public Interest*. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1111/j.1529-1006.2007.00032.x>

Harris, D. (2023). Spatial reasoning in context: Bridging cognitive and educational perspectives of spatial-mathematics relations. *Frontiers in Education*, 8, 1302099. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1302099>

Hawes, Z., & Ansari, D. (2020). What explains the relationship between spatial and mathematical skills? A review of evidence from brain and behavior. *Psychonomic Bulletin & Review*, 27(3), 465–482. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01694-7>

Hegarty, M. (2018). Ability and sex differences in spatial thinking: What does the mental rotation test really measure? *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(3), 1212–1219. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1347-z>

Hill, H. C., Beisiegel, M., & Jacob, R. (2013). Professional Development Research. *Educational Researcher*. <https://doi.org/10.3102/0013189X13512674>

Hussain, S., Lindh, J., & Shukur, G. (2006). The Effect of LEGO Training on Pupils' School Performance in Mathematics, Problem Solving Ability and Attitude: Swedish Data. *Educational Technology & Society*, 9(3), 182–194.

Hutchison, J. E., Lyons, I. M., & Ansari, D. (2019). More Similar Than Different: Gender Differences in Children's Basic Numerical Skills Are the Exception Not the Rule. *Child Development*, 90(1), e66–e79. <https://doi.org/10.1111/cdev.13044>

INVALSI. (2025). *Rapporto nazionale 2025*. INVALSI.

Jirout, J. J., & Newcombe, N. S. (2015). Building Blocks for Developing Spatial Skills: Evidence From a Large, Representative U.S. Sample. *Psychological Science*. <https://doi.org/10.1177/0956797614563338>

- Kyttälä, M., & Lehto, J. E. (2008). Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence. *European Journal of Psychology of Education, 23*(1), 77–94. <https://doi.org/10.1007/BF03173141>
- Klizienė, I., Sederevičiūtė-Pačiauskienė, Ž., & Jasiūnienė, E. (2022). The role of mathematics learning in cognitive development. *Education Sciences, 12*(9), 634. <https://doi.org/10.3390/educsci12090634>
- Kraft, M. A., Blazar, D., & Hogan, D. (2018). The Effect of Teacher Coaching on Instruction and Achievement: A Meta-Analysis of the Causal Evidence. *Review of Educational Research. https://doi.org/10.3102/0034654318759268*
- Lachance, J. A., & Mazzocco, M. M. M. (2006). A longitudinal analysis of sex differences in math and spatial skills in primary school age children. *Learning and Individual Differences, 16*(3), 195–216. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2005.12.001>
- Lappan, G. (1981). Middle grades mathematics project: spatial visualization test. MSU Mathematics Dept., Middle Grades Mathematics Project.
- Lauer, J. E., Esposito, A. G., & Bauer, P. J. (2019). Domain-general learning abilities explain individual differences in mathematics achievement. *Developmental Psychology, 55*(2), 351–367. <https://doi.org/10.1037/dev0000649>
- Lunardon, M., Cerni, T., & Rumiati, R. I. (2022). Numeracy Gender Gap in STEM Higher Education: The Role of Neuroticism and Math Anxiety. *Frontiers in Psychology, 13*, 856405. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.856405>
- Mather, N., & Wendling, B. J. (2018). Linking cognitive abilities to academic interventions for students with specific learning disabilities. In *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues, 4th ed* (pp. 777–809). The Guilford Press.
- Miller, D. I., & Halpern, D. F. (2013). Can spatial training improve long-term outcomes for gifted STEM undergraduates? *Learning and Individual Differences, 26*, 141–152. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.03.012>
- Miller, D. I., & Halpern, D. F. (2014). The new science of cognitive sex differences. *Trends in Cognitive Sciences, 18*(1), 37–45. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.10.011>
- Mix, K. S. (2019). Why Are Spatial Skill and Mathematics Related? *Child Development Perspectives, 13*(2), 121–126. <https://doi.org/10.1111/cdep.12323>
- Mix, K. S., Levine, S. C., Cheng, Y.-L., Stockton, J. D., & Bower, C. (2021). Effects of spatial training on mathematics in first and sixth grade children. *Journal of Educational Psychology, 113*(2), 304–314. <https://doi.org/10.1037/edu0000494>
- Möhring, W., Moll, L., & Szubielska, M. (2024). Unpacking associations among children’s spatial skills, mathematics, and arithmetic strategies: Decomposition matters. *Psychological Research, 88*(5), 1550–1564. <https://doi.org/10.1007/s00426-024-01952-x>
- Newcombe, N. S. (2020). The Puzzle of Spatial Sex Differences: Current Status and Prerequisites to Solutions. *Child Development Perspectives, 14*(4), 251–257. <https://doi.org/10.1111/cdep.12389>

- Newcombe, N. S., Uttal, D. H., & Sauter, M. (2013). Spatial development. In *The Oxford handbook of developmental psychology (Vol 1): Body and mind* (pp. 564–590). Oxford University Press.
- Newcombe, N. S., & Stieff, M. (2012). Six Myths About Spatial Thinking. *International Journal of Science Education*, 34(6), 955–971. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.588728>
- Newman, S. D., Hansen, M. T., & Gutierrez, A. (2016). An fMRI study of the impact of block building and board games on spatial ability. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01278>
- OECD (2020). *TALIS 2018 Results (Volume II): Teachers and School Leaders as Valued Professionals*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/19cf08df-en>
- OECD (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Oostermeijer, M., Boonen, A. J. H., & Jolles, J. (2014). The relation between children’s constructive play activities, spatial ability, and mathematical word problem-solving performance: A mediation analysis in sixth-grade students. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00782>
- Polinsky, N., Lemley, B., Flynn, R. M., Wartella, E., & Uttal, D. H. (2022). Children’s Spatial Play With a Block Building Touchscreen Application. *Frontiers in Education*, 7, 871895. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.871895>
- Poltz, N., Ehlert, A., Quandt, S., Kucian, K., von Aster, M., & Esser, G. (2025). Visual-spatial skills and children’s math development. *Learning and Instruction*, 101, 102246. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2025.102246>
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.10.005>
- Reilly, D., Neumann, D.L. Gender-Role Differences in Spatial Ability: A Meta-Analytic Review. *Sex Roles* 68, 521–535 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11199-013-0269-0>
- Sari, D., Rahmatunnisa, S., Bahfen, M., & Fauziah, F. (2019). *Improving Visual Spatial Ability of Children 3-4 Years Through Playing Lego*. Proceedings of the 2nd International Conference on Local Wisdom, INCOLWIS 2019, Padang, Indonesia <https://doi.org/10.4108/eai.29-8-2019.2289134>
- Semeraro, C., Giofrè, D., Coppola, G., Lucangeli, D., & Cassibba, R. (2020). The role of cognitive and non-cognitive factors in mathematics achievement: The importance of the quality of the student-teacher relationship in middle school. *PLOS ONE*, 15(4), e0231381. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231381>
- Shaqiri, A., Roinishvili, M., Grzeczowski, L., Chkonia, E., Pilz, K., Mohr, C., Brand, A., Kunchulia, M., & Herzog, M. H. (2018). Sex-related differences in vision are heterogeneous. *Scientific Reports*, 8(1), 7521. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25298-8>

- Shenouda, C. K., & Danovitch, J. H. (2014). Effects of gender stereotypes and stereotype threat on children's performance on a spatial task. *Revue Internationale de Psychologie Sociale*, 27(3–4), 53–77.
- Syzmanowicz, A., & Furnham, A. (2011). Gender differences in self-estimates of general, mathematical, spatial and verbal intelligence: Four meta analyses. *Learning and Individual Differences*, 21(5), 493–504. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.07.001>
- Tsigeman, E. S., Likhanov, M. V., Budakova, A. V., Akmalov, A., Sabitov, I., Alenina, E., Bartseva, K., & Kovas, Y. (2023). Persistent gender differences in spatial ability, even in STEM experts. *Heliyon*, 9(4), e15247. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15247>
- Uttal, D. H., & Cohen, C. A. (2012). Spatial Thinking and STEM Education. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 57, pp. 147–181). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394293-7.00004-2>
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., & Newcombe, N. S. (2014). Finding the missing piece: Blocks, puzzles, and shapes fuel school readiness. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(1), 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2014.02.005>
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 117(2), 250–270. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.117.2.250>
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817–835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>
- Wang, M.-T., Degol, J. L., & Ye, F. (2016). Math achievement is important for STEM enrollment: Gender and racial gaps in STEM. *Educational Researcher*, 45(1), 18–26. <https://doi.org/10.3102/0013189X16677965>
- Wang, M.-T., & Degol, J. L. (2017). Gender gap in STEM: Current knowledge, implications for practice, policy, and future directions. *Educational Psychology Review*, 29(1), 119–140. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9355-x>
- Whitcomb, K. M., Singh, C., & Mulvey, K. (2020). Mismatch between self-efficacy and performance in mathematics: Gendered patterns. *Frontiers in Psychology*, 11, 615124.
- Wilbur, R. C., Atit, K., Agrawal, P., Carrillo, B., Lussier, C. M., Noack, D., Poon, Y. S., & Weisbart, D. (2024). Examining the Role of Spatial and Mathematical Processes and Gender in Postsecondary Precalculus. *Journal of Numerical Cognition*, 10, 1–22. <https://doi.org/10.5964/jnc.14247>
- Xu, T. (2025). Spatial reasoning and its contribution to mathematical performance across different content domains: Evidence from Chinese students. *Journal of Intelligence*, 13(4), 41. <https://doi.org/10.3390/jintelligence13040041>

Yoon, S. Y.: Revised Purdue Spatial Visualization Test: Visualization of Rotations (Revised PSVT:R) [Psychometric Instrument].

Zago, L., Petit, L., Turbelin, M.-R., Andersson, F., Vigneau, M., & Tzourio-Mazoyer, N. (2008). How verbal and spatial manipulation networks contribute to calculation: An fMRI study. *Neuropsychologia*, 46(9), 2403–2414. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.03.001>

Zhang, X., Koponen, T., Räsänen, P., Aunola, K., Lerkkanen, M.-K., & Nurmi, J.-E. (2014). Linguistic and spatial skills predict early arithmetic development via counting sequence knowledge. *Child Development*, 85(3), 1091-1107. <https://doi.org/10.1111/cdev.12173>

Zosh, J. M., Hopkins, E. J., Jensen, H., Liu, C., Neale, D., Hirsh-Pasek, K., Solis, S. L., & Whitebread, D. (2017). *Learning through play: a review of the evidence* (white paper). The LEGO Foundation, DK

Appendice

A1 - Dettagli sulla selezione del campione: edizione 2022-23

Il campione iniziale dell'edizione 2022-23 è composto da 1.150 studenti, distribuiti in 53 classi e seguiti da 48 insegnanti. Tuttavia, al fine di garantire la coerenza del dataset e l'accuratezza dell'analisi, sono state applicate alcune restrizioni che hanno portato a una riduzione del numero di osservazioni.

In primo luogo, sono stati esclusi 164 studenti che non sono stati osservati nella rilevazione baseline o endline a causa di assenze o trasferimenti. Successivamente, sono stati eliminati 51 studenti che hanno richiesto un'assistenza significativa nella compilazione dei questionari per via di gravi disabilità o difficoltà linguistiche. Inoltre, è stato rimosso un ulteriore studente che ha lasciato integralmente in bianco le domande relative alla disponibilità di libri in casa.

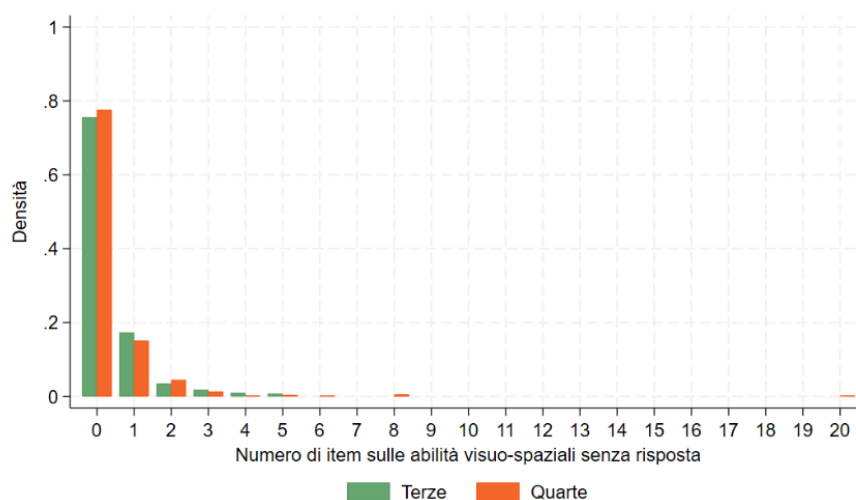


Figura A1. Distribuzione del tasso di non risposta alle domande di abilità visuo-spaziali per grado.

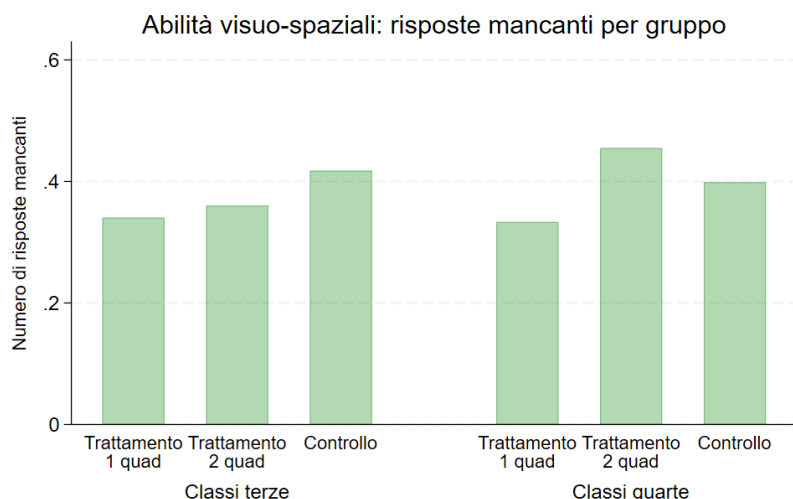


Figura A2. Numero medio di risposte mancanti alle domande di abilità visuo-spaziali per grado e gruppo di trattamento.

Il tasso di non risposta alle domande sulle abilità visuo-spaziali risulta estremamente basso in tutti i gruppi, come evidenziato nella Figura e nella Figura. In media, il numero di domande senza risposta varia tra 0.33 e 0.46 su un totale di 20 quesiti. Solo quattro studenti hanno omesso più di sei risposte e, di conseguenza, sono stati esclusi dal campione. A questi si aggiungono 67 studenti per i quali non è stato possibile calcolare almeno uno degli indicatori chiave: abilità cognitive, ansia per la matematica e autoefficacia.

Il campione finale è costituito da 863 studenti, di cui 74 segnalati come BES certificati.

A2 - Dettagli sulla selezione del campione: edizione 2023-24

Nell'edizione 2023-24, il numero totale di questionari raccolti è pari a 2.698, di cui 1.377 compilati alla baseline e 1.321 alla endline. Ogni osservazione corrisponde alle risposte fornite da uno studente in una specifica rilevazione (baseline o endline).

Il processo di pulizia del dato è finalizzato a ottenere un campione finale omogeneo, composto da studenti osservati in entrambe le rilevazioni e per i quali siano disponibili informazioni demografiche essenziali (genere, background migratorio, utilizzo dei mattoncini a casa), oltre alla misurazione dei quattro principali outcome: abilità visuo-spaziali, abilità cognitive, autoefficacia nella matematica e ansia per la matematica.

A seguito di questa selezione, sono stati mantenuti 1.195 studenti che hanno risposto sia alla baseline che alla endline, mentre sono state eliminate 308 osservazioni corrispondenti a studenti che, per assenze o trasferimenti, hanno compilato solo uno dei due questionari.

Successivamente, il campione è stato ulteriormente ridotto con l'esclusione di 90 studenti che hanno richiesto un'assistenza totale o parziale nella compilazione del questionario a causa di disabilità, difficoltà linguistiche o problemi tecnici con il tablet, e di 72 studenti che non hanno fornito informazioni sulla lingua parlata a casa e sull'uso dei mattoncini a casa.

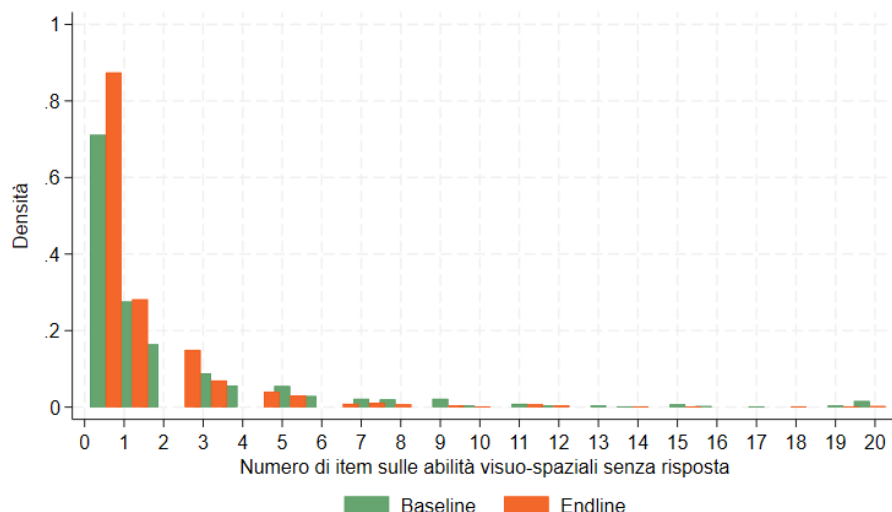


Figura A3. Distribuzione del tasso di non risposta alle domande di abilità visuo-spaziali per grado.

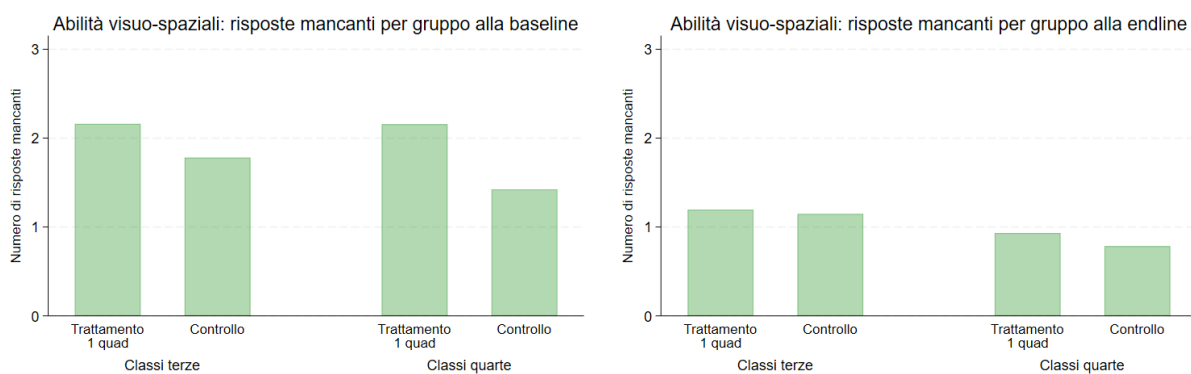


Figura 2. Numero medio di risposte mancanti alle domande di abilità visuo-spaziali per grado e gruppo di trattamento.

Anche in questa edizione di Matabì, il tasso di non risposta alle domande sulle abilità visuo-spaziali è molto contenuto, come evidenziato nelle Figura. Alla baseline, il 77% ha risposto ad almeno 18 domande su 20; alla endline questa percentuale aumenta all'87%. La Figura 2 riporta il numero medio di risposte mancanti su queste domande, evidenziando una riduzione tra baseline ed endline. Per assicurare omogeneità nel campione, sono stati esclusi 46 studenti che hanno omesso almeno sei risposte sulle abilità visuo-spaziali e 13 studenti per i quali non è stato possibile calcolare il punteggio di abilità cognitive.

Il campione finale risultante è composto da 974 studenti, di cui 63 BES certificati.

Tabella A1: Partecipazione alle attività di monitoraggio e valutazione

Categoria	Attività	Edizione 2022-23	Edizione 2023-24	Note
A. VALUTAZIONE QUANTITATIVA				
	Questionari docenti baseline	48/48 (100%)	64/64 (100%)	Raccolti durante formazione iniziale
	Questionari docenti endline	46/48 (95.8%)	59/64 (92.2%)	Perdite: cambio scuola (3), malattia (2), non risposta (2)
	Test studenti baseline	1.150 studenti	1.377 studenti	Somministrati in classe

	Test studenti endline	1.024 studenti	1.321 studenti	Perdite per assenze, trasferimenti
	Campione finale analizzato	863 (75%)	974 (71%)	Osservati in entrambe le rilevazioni
B. MONITORAGGIO IMPLEMENTAZIONE (solo gruppo trattato)				
	Questionari mensili uso kit	42-46/48 doc/mese (87-96%)	34-40/43 doc/mese (79-93%)	7 rilevazioni (ottobre-aprile). Range indica variabilità mensile
	Questionario gradimento finale	45/48 trattati (93.8%)	36/43 trattati (83.7%)	Fine anno. Ed.2: problemi tecnici piattaforma
	Ore medie uso kit/anno	20-30 ore	15-25 ore	Stima da questionari mensili. Ed.2 minore per eterogeneità implementazione
C. VALUTAZIONE QUALITATIVA				
	Focus group docenti	12 partecipanti	15 partecipanti	Volontari, 90 min, modalità online
	Osservazioni in classe	8 classi (4T, 4C)	Non condotte	Ed.1: 2 visite per classe. Ed.2: vincoli logistici espansione
	Interviste docenti	6 docenti trattati	Non condotte	Ed.1: approfondimento pratiche didattiche

A3 – Bilanciamento

Tabella A2. Bilanciamento caratteristiche demografiche alunne e alunni alla baseline

	Trattamento 1° quad	Trattamento 2° quad	Controllo	Trattamento 1° quad - Controllo		Trattamento 2° quad - Controllo	
	Media	Media	Media	Differenza	p-score	Differenza	p-score
Grado 3	0.454	0.347	0.460	-0.006	0.879	-0.113	0.006
Femmina	0.515	0.523	0.509	0.007	0.871	0.014	0.736
Background migratorio	0.316	0.326	0.279	0.037	0.326	0.048	0.216

Tabella A3. Bilanciamento degli outcome alunne e alunni 22/23 alla baseline: differenze in media condizionata

	(1)	(2)	(3)
Variabili dipendenti	Abilità matematiche	Autoefficacia nella matematica	Ansia per la matematica
Trattamento 1° quadrimestre	0.018 (0.114)	0.004 (0.122)	0.013 (0.074)
Trattamento 2° quadrimestre	-0.156 (0.107)	0.046 (0.131)	0.108 (0.079)
Femmina	-0.091* (0.052)	-0.156** (0.071)	0.304*** (0.078)
Grado 3	1.104*** (0.100)	0.247*** (0.091)	0.107* (0.061)
Background migratorio	-0.291***	0.173*	0.084

	(0.062)	(0.092)	(0.083)
Costante	-0.282***	-0.089	-0.267***
	(0.087)	(0.122)	(0.072)
Osservazioni	863	777	863
R-quadro	0.391	0.037	0.061
Effetti fissi scuola	Sì	Sì	Sì
Nota: Standard error robusti in parentesi, con cluster a livello di classe; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.			

Tabella A4. Bilanciamento caratteristiche demografiche alunne e alunni 23/24 alla baseline.

	Trattamento	Controllo	Trattamento - controllo	
	Media	Media	Differenza	p-score
Grado 3	0.751	0.708	0.043	0.130
Femmina	0.471	0.517	-0.046	0.158
Background migratorio	0.129	0.118	0.011	0.601
Uso di mattoncini a casa	0.689	0.651	0.038	0.209

Tabella A5. Bilanciamento degli outcome alunne e alunni 23/24 alla baseline: differenze in media condizionata

	(1)	(2)	(3)	(4)
Variabili dipendenti	Abilità visuo-spaziali	Abilità matematiche	Autoefficacia nella matematica	Ansia per la matematica
Trattamento	0.108	0.123	-0.047	-0.107
	(0.079)	(0.092)	(0.064)	(0.079)
Femmina	-0.168**	-0.059	-0.331***	-0.122*
	(0.073)	(0.070)	(0.057)	(0.066)
Grado 3	-0.133	0.412***	0.048	-0.037
	(0.111)	(0.126)	(0.083)	(0.106)
Background migratorio	-0.030	-0.030	-0.144	0.166
	(0.123)	(0.098)	(0.105)	(0.102)
Mattoncini a casa	0.183**	0.184***	0.203***	-0.038
	(0.072)	(0.065)	(0.068)	(0.071)
Costante	-0.001	-0.462***	0.024	0.240**
	(0.114)	(0.124)	(0.093)	(0.115)
Osservazioni	987	974	986	979
R-quadro	0.040	0.101	0.062	0.020
Effetti fissi scuola	Sì	Sì	Sì	Sì
Nota: Standard error robusti in parentesi, con cluster a livello di classe; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.				

A4 - Effetti

Tabella A6. Effetto del trattamento sulle abilità visuo-spaziali di alunne e alunni 22/23.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Trattamento 1° quadrimestre	0.177** (0.073)	0.177** (0.073)	0.172 (0.104)	0.178* (0.101)	0.228* (0.118)	0.372** (0.137)	0.013 (0.178)
Trattamento 2° quadrimestre	0.041 (0.069)	0.042 (0.069)	0.127 (0.087)	0.132 (0.088)	0.045 (0.118)	0.204 (0.219)	-0.017 (0.164)
Grado 3		0.006 (0.059)	- 0.562** *	- 0.514** *	- 0.511** *		
Femmina				- 0.389** *	- 0.410** *	- 0.535** *	-0.270* (0.132)
Trattamento 1° quad * Femmina					-0.099 (0.101)	-0.109 (0.114)	-0.136 (0.158)
Trattamento 2° quad * Femmina					0.162 (0.149)	0.253 (0.316)	-0.001 (0.169)
Background migratorio				-0.149* (0.075)	-0.146* (0.073)	-0.193 (0.119)	-0.081 (0.100)
Abilità matematiche (baseline)			0.515** *	0.489** *	0.484** *	0.414** *	0.604** *
Costante	-0.073 (0.054)	-0.076 (0.061)	0.137 (0.088)	0.359** (0.092)	0.368** (0.097)	-0.110 (0.101)	0.449** (0.129)
Osservazioni	863	863	863	863	863	363	500
R-quadro	0.080	0.080	0.246	0.288	0.291	0.290	0.330
Grado	3&4	3&4	3&4	3&4	3&4	3	4
Effetti fissi scuola	No	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì

Standard error robusti in parentesi, con *cluster* a livello di classe; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$. La variabile indipendente "abilità matematiche" è misurata alla baseline.

Tabella A7. Effetto del trattamento sulle abilità matematiche degli alunne e alunni 22/23

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Trattamento 1° quadrimestre	0.053 (0.143)	0.044 (0.104)	0.039 (0.099)	0.039 (0.096)	0.038 (0.098)	-0.028 (0.116)	0.008 (0.160)
Trattamento 2° quadrimestre	-0.149 (0.147)	-0.209* (0.105)	-0.110 (0.106)	-0.108 (0.106)	-0.211 (0.151)	-0.151 (0.179)	-0.196 (0.213)
Grado 3		- 0.530** *	- 1.192** *	- 1.170** *	- 1.166** *		

		(0.097)	(0.109)	(0.107)	(0.106)		
Femmina				-0.240** *	-0.306** *	-0.384** *	-0.213
				(0.062)	(0.099)	(0.123)	(0.149)
Trattamento 1° quad *							
Femmina					0.002	0.160	-0.154
					(0.120)	(0.151)	(0.168)
Trattamento 2° quad *							
Femmina					0.196	0.259	0.089
					(0.169)	(0.210)	(0.234)
Background migratorio				0.013	0.017	-0.004	0.115
				(0.063)	(0.064)	(0.073)	(0.112)
Abilità matematiche (baseline)			0.600** *	0.592** *	0.588** *	0.416** *	0.795** *
			(0.046)	(0.045)	(0.045)	(0.040)	(0.050)
Costante	0.031	0.277** *	0.525** *	0.634** *	0.666** *	-0.402** *	0.748** *
	(0.079)	(0.072)	(0.083)	(0.087)	(0.087)	(0.100)	(0.148)
Osservazioni	863	863	863	863	863	363	500
R-quadro	0.123	0.187	0.413	0.427	0.429	0.365	0.433
Grado	3&4	3&4	3&4	3&4	3&4	3	4
Effetti fissi scuola	No	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
Standard error robusti in parentesi, con <i>cluster</i> a livello di classe; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. La variabile indipendente "abilità matematiche" è misurata alla baseline.							

Tabella A8. Effetto del trattamento sull'efficacia nella matematica di alunne e alunni 22/23

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Trattamento 1° quadrimestre	0.099	0.105	0.103	0.097	0.021	0.079	-0.109
	(0.127)	(0.116)	(0.110)	(0.111)	(0.128)	(0.200)	(0.153)
Trattamento 2° quadrimestre	0.029	0.068	0.119	0.116	0.092	0.240	0.100
	(0.152)	(0.136)	(0.136)	(0.138)	(0.173)	(0.183)	(0.212)
Grado 3		0.309** *	0.001	0.001	0.000		
		(0.094)	(0.109)	(0.108)	(0.108)		
Femmina				-0.151** *	-0.216** *	-0.133	-0.286** *
				(0.070)	(0.100)	(0.150)	(0.089)
Trattamento 1° quad *							
Femmina					0.150	-0.087	0.337**
					(0.129)	(0.187)	(0.122)
Trattamento 2° quad *							
Femmina					0.048	-0.286	0.201
					(0.188)	(0.236)	(0.226)

Background migratorio				0.206** *	0.208** *	0.184	0.288** *
				(0.075)	(0.075)	(0.133)	(0.094)
Abilità matematiche (baseline)			0.283** *	0.293** *	0.294** *	0.213** *	0.409** *
			(0.042)	(0.043)	(0.042)	(0.066)	(0.059)
Costante	-0.042	-0.186	-0.073	-0.055	-0.022	0.040	0.009
	(0.112)	(0.114)	(0.106)	(0.114)	(0.116)	(0.164)	(0.131)
Osservazioni	825	825	825	825	825	344	481
R-quadro	0.039	0.061	0.110	0.123	0.124	0.104	0.156
Grado	3&4	3&4	3&4	3&4	3&4	3	4
Effetti fissi scuola	No	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
Standard error robusti in parentesi, con <i>cluster</i> a livello di classe; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. La variabile indipendente "abilità matematiche" è misurata alla baseline.							

Tabella A9. Effetto del trattamento sull'ansia per la matematica di alunne e alunni 22/23

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8
Treatmento 1° quadrimestre	-0.076	-0.076	-0.074	-0.079	-0.097	-0.083	-0.115
	(0.084)	(0.084)	(0.084)	(0.082)	(0.124)	(0.164)	(0.154)
Treatmento 2° quadrimestre	-0.056	-0.059	-0.095	-0.099	-0.121	-0.137	-0.139
	(0.085)	(0.086)	(0.087)	(0.086)	(0.117)	(0.155)	(0.170)
Grado 3		-0.026	0.217**	0.178**	0.179**		
		(0.068)	(0.081)	(0.079)	(0.079)		
Femmina				0.317** *	0.290** *	0.360**	0.226
				(0.061)	(0.108)	(0.127)	(0.170)
Treatmento 1° quad * Femmina					0.036	0.058	0.035
					(0.144)	(0.180)	(0.218)
Treatmento 2° quad * Femmina					0.043	0.045	0.094
					(0.154)	(0.250)	(0.211)
Background migratorio				0.110	0.112	0.197	0.065
				(0.107)	(0.107)	(0.158)	(0.155)
Abilità matematiche (baseline)			- 0.220** *	- 0.199** *	- 0.200** *	- 0.179** *	- 0.247** *
			(0.042)	(0.042)	(0.041)	(0.054)	(0.064)
Costante	0.044	0.056	-0.035	- 0.213**	-0.200*	-0.091	-0.182
	(0.067)	(0.073)	(0.067)	(0.083)	(0.103)	(0.133)	(0.138)
Osservazioni	863	863	863	863	863	363	500
R-quadro	0.037	0.038	0.068	0.095	0.095	0.116	0.097
Grado	3&4	3&4	3&4	3&4	3&4	3	4
Effetti fissi scuola	No	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì

Standard error robusti in parentesi, con *cluster* a livello di classe; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$. La variabile indipendente “abilità matematiche” è misurata alla baseline.

Tabella A10. Effetto del trattamento sulle abilità visuo-spaziali di alunne e alunni 23/24

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Trattamento	0.073 (0.090)	0.035 (0.079)	-0.009 (0.069)	-0.029 (0.067)	-0.055 (0.095)	-0.085 (0.082)	-0.043 (0.101)
Grado 3		-0.126 (0.097)	- 0.260** *	- 0.244** *	- 0.243** *		
Femmina				- 0.201** *	- 0.230** *	- 0.270** *	-0.025 (0.110)
Trattamento * Femmina					0.050 (0.121)		
Background migratorio (baseline)				-0.092 (0.098)	-0.091 (0.099)	-0.070 (0.122)	-0.056 (0.127)
Mattoncini a casa (baseline)				0.206** *	0.207** *	0.191** *	0.232* (0.120)
Abilità matematiche (baseline)			0.327** *	0.314** *	0.313** *	0.315** *	0.323** *
Costante	-0.038 (0.064)	0.076 (0.093)	0.199** (0.081)	0.170* (0.092)	0.184* (0.096)	0.028 (0.074)	-0.000 (0.133)
Osservazioni	974	974	974	974	974	713	261
R-quadro	0.001	0.049	0.147	0.168	0.168	0.171	0.224
Grado	3&4	3&4	3&4	3&4	3&4	3 only	4 only
Effetti fissi scuola	No	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì

Standard error robusti in parentesi, con *cluster* a livello di classe; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$. Le variabili “background migratorio”, “mattoncini a casa” e “abilità matematiche” sono misurate alla baseline.

Tabella A11. Effetto del trattamento sulle competenze matematiche di alunne e alunni 23/24

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Trattamento	0.068 (0.111)	0.057 (0.088)	-0.003 (0.072)	-0.018 (0.072)	0.067 (0.083)	-0.052 (0.088)	-0.063 (0.141)
Grado 3		0.170 (0.110)	-0.017 (0.092)	-0.007 (0.091)	-0.010 (0.091)		

Femmina				-0.181** *	-0.085	-0.272** *	0.018
				(0.060)	(0.094)	(0.068)	(0.109)
Trattamento * Femmina					-0.170		
					(0.119)		
Background migratorio (baseline)				-0.131	-0.133	-0.061	-0.217
				(0.091)	(0.091)	(0.109)	(0.152)
Mattoncini a casa (baseline)				0.119*	0.115*	0.121	0.091
				(0.061)	(0.061)	(0.076)	(0.096)
Abilità matematiche (baseline)			0.456** *	0.447** *	0.449** *	0.482** *	0.370** *
			(0.032)	(0.031)	(0.031)	(0.039)	(0.039)
Costante	-0.037	-0.156*	0.015	0.041	-0.004	0.107	-0.096
	(0.080)	(0.092)	(0.077)	(0.077)	(0.083)	(0.077)	(0.074)
Osservazioni	971	971	971	971	971	710	261
R-quadro	0.001	0.088	0.276	0.290	0.292	0.276	0.373
Grado	3&4	3&4	3&4	3&4	3&4	3 only	4 only
Effetti fissi scuola	No	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì

Standard error robusti in parentesi, con *cluster* a livello di classe; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Le variabili "background migratorio", "mattoncini a casa" e "abilità matematiche" sono misurate alla baseline.

Tabella A12. Effetto del trattamento sull'efficacia nella matematica di alunne e alunni 23/24

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Trattamento	0.039	0.072	0.043	0.022	0.008	0.100	-0.188
	(0.086)	(0.070)	(0.074)	(0.073)	(0.092)	(0.085)	(0.125)
Grado 3		0.275***	0.181*	0.197*	0.198*		
		(0.092)	(0.098)	(0.100)	(0.100)		
Femmina				-0.300***	-0.316***	-0.338***	-0.096
				(0.056)	(0.085)	(0.061)	(0.111)
Trattamento * Femmina					0.029		
					(0.112)		
Background migratorio (baseline)				0.033	0.034	0.084	-0.125
				(0.118)	(0.117)	(0.144)	(0.231)
Mattoncini a casa (baseline)				0.083	0.084	0.111	0.068
				(0.082)	(0.082)	(0.101)	(0.130)
Abilità matematiche (baseline)			0.227***	0.218***	0.218***	0.172***	0.385***
			(0.035)	(0.035)	(0.035)	(0.048)	(0.033)
Costante	-0.011	-0.231**	-0.146	-0.058	-0.050	0.102	0.016
	(0.065)	(0.088)	(0.091)	(0.112)	(0.113)	(0.099)	(0.144)
Osservazioni	972	972	972	972	972	711	261

R-quadro	0.000	0.038	0.083	0.106	0.106	0.090	0.184
Grado	3&4	3&4	3&4	3&4	3&4	3 only	4 only
Effetti fissi scuola	No	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì

Standard error robusti in parentesi, con *cluster* a livello di classe; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Le variabili “background migratorio”, “mattoncini a casa” e “abilità matematiche” sono misurate alla baseline.

Tabella 1. Effetto del trattamento sull’ansia per la matematica di alunne e alunni 23/24

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Trattamento	-0.002	-0.002	0.015	0.009	0.006	0.065	0.007
	(0.099)	(0.077)	(0.077)	(0.077)	(0.112)	(0.095)	(0.126)
Grado 3		-0.043	0.007	0.016	0.017		
		(0.096)	(0.096)	(0.094)	(0.094)		
Femmina				-0.106	-0.109	-0.149*	0.042
				(0.064)	(0.104)	(0.076)	(0.115)
Trattamento * Femmina					0.005		
					(0.133)		
Background migratorio (baseline)				0.332***	0.332***	0.331***	0.372*
				(0.088)	(0.089)	(0.104)	(0.189)
Mattoncini a casa (baseline)				-0.050	-0.050	-0.061	0.038
				(0.078)	(0.079)	(0.090)	(0.172)
Abilità matematiche (baseline)			-	-	-	-	-0.062
			0.123***	0.122***	0.122***	0.145***	
			(0.034)	(0.033)	(0.033)	(0.036)	(0.071)
Costante	-0.090	-0.059	-0.105	-0.064	-0.062	-0.073	-0.106
	(0.070)	(0.086)	(0.089)	(0.112)	(0.121)	(0.105)	(0.175)
Osservazioni	970	970	970	970	970	710	260
R-quadro	0.000	0.065	0.079	0.091	0.091	0.101	0.123
Grado	3&4	3&4	3&4	3&4	3&4	3 only	4 only
Effetti fissi scuola	No	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì

Standard error robusti in parentesi, con *cluster* a livello di classe; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Le variabili “background migratorio”, “mattoncini a casa” e “abilità matematiche” sono misurate alla baseline.

Tabella A14. Effetto del trattamento sull’uso dei mattoncini a casa 23/24

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Trattamento	0.078*	0.087***	0.081**	0.067***	0.125***	0.052*	0.101
	(0.040)	(0.031)	(0.031)	(0.025)	(0.035)	(0.028)	(0.063)
Grado 3		0.002	-0.014	0.000	-0.002		
		(0.049)	(0.048)	(0.041)	(0.041)		
Femmina				0.055**	0.121***	0.052*	0.061
				(0.025)	(0.037)	(0.030)	(0.045)

Trattamento Femmina	*					-0.117**		
						(0.051)		
Background migratorio (baseline)				-0.052		-0.053	-0.028	-0.120
				(0.046)		(0.045)	(0.051)	(0.109)
Mattoncini a casa (baseline)				0.369***		0.366***	0.370***	0.377***
				(0.037)		(0.037)	(0.045)	(0.060)
Abilità matematiche (baseline)			0.041**	0.026*		0.027*	0.018	0.033
			(0.016)	(0.015)		(0.015)	(0.016)	(0.031)
Costante	0.675***	0.668***	0.683***	0.412***		0.381***	0.411***	0.419***
	(0.030)	(0.039)	(0.038)	(0.049)		(0.049)	(0.048)	(0.068)
Osservazioni	974	974	974	974		974	713	261
R-quadro	0.007	0.054	0.061	0.205		0.209	0.213	0.210
Grado	3&4	3&4	3&4	3&4		3&4	3 only	4 only
Effetti fissi scuola	No	Sì	Sì	Sì		Sì	Sì	Sì
Standard error robusti in parentesi, con <i>cluster</i> a livello di classe; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Le variabili “background migratorio”, “mattoncini a casa” e “abilità matematiche” sono misurate alla baseline.								