



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale e Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo  
e della Socializzazione

Corso di laurea in Scienze e Tecniche Psicologiche

## Elaborato finale

### **Gli effetti del rumore sulla performance cognitiva degli studenti della scuola secondaria di primo grado**

The effects of noise on the cognitive performance of lower secondary school students

*Relatrice*

Dott.ssa Flavia Gheller

*Correlatrice*

Prof.ssa Barbara Arfè

*Laureanda:* Sara Cesarotto

*Matricola:* 2057635

Anno Accademico 2023-2024



# INDICE

Introduzione.....	2
CAP 1: Funzioni esecutive e apprendimento.....	3
1.1 Funzioni esecutive e contesto scolastico.....	5
1.2 Sviluppo delle funzioni esecutive negli adolescenti.....	7
1.3 Definizione e conseguenze del rumore.....	8
1.4 Effetti del rumore nell'apprendimento e nelle funzioni esecutive.....	11
CAP 2: LA RICERCA.....	14
2.1 Lo scopo.....	14
2.2 I Partecipanti.....	14
2.3 App CoEN.....	15
2.3.1 Digit span diretto e inverso.....	16
2.3.2 Test di attenzione visiva sostenuta.....	17
2.3.3 Test di inibizione.....	18
2.4 Questionario Self Report.....	19
2.5 Analisi dei punteggi.....	19
CAP 3: I RISULTATI.....	20
3.1 Risultati.....	20
3.1.1 Differenze tra gruppo di controllo e clinico.....	21
3.1.2 Differenze entro i gruppi.....	22
CAP 4: LA DISCUSSIONE.....	26
4.1 Discussione risultati.....	26
4.2 Limiti dello studio e sviluppi futuri.....	28
Bibliografia.....	29

## Introduzione

Negli ultimi anni, numerosi studi in letteratura hanno evidenziato l'importanza di un ambiente acustico favorevole per il benessere e lo sviluppo cognitivo, mostrando come il rumore ambientale possa influire negativamente su molteplici aspetti della vita quotidiana. Tra i temi di crescente interesse emerge l'influenza del rumore sullo sviluppo cognitivo e sull'apprendimento, in particolare nei contesti scolastici dove bambini e adolescenti trascorrono gran parte del loro tempo. Diversi ambienti scolastici risultano spesso caratterizzati da un'acustica inadeguata che, purtroppo, compromette l'efficacia dei processi di apprendimento e lo sviluppo delle funzioni cognitive.

Un ambiente rumoroso può infatti contribuire a un maggiore affaticamento cognitivo e compromettere funzioni esecutive essenziali per il successo scolastico, come la memoria di lavoro, l'attenzione e l'inibizione. Questi processi sono fondamentali per l'acquisizione delle principali abilità scolastiche, tra cui la lettura, la scrittura e il calcolo. La rilevanza di un contesto di apprendimento ottimale si fa ancor più critica in presenza di studenti con vulnerabilità cognitive o difficoltà di apprendimento, per i quali un'acustica sfavorevole può rappresentare un ulteriore ostacolo al rendimento scolastico.

Questa ricerca ha l'obiettivo di indagare l'impatto del rumore sulle prestazioni cognitive degli studenti della scuola secondaria di primo grado, utilizzando un approccio sperimentale che coinvolge test specifici somministrati tramite l'applicazione CoEN (Cognitive Effort Noise). L'applicazione, sviluppata da esperti in psicologia dello sviluppo e acustica ambientale, consente di misurare diverse funzioni cognitive come la memoria di lavoro, l'attenzione sostenuta e l'inibizione. I test sono stati somministrati agli studenti in due condizioni: una di quiete e una di rumore, quest'ultima ottenuta attraverso l'uso di cuffie per simulare un ambiente acustico sfavorevole. Inoltre, un questionario self-report è stato proposto per indagare la percezione dell'affaticamento cognitivo sperimentato dai partecipanti, somministrato solo nella condizione di rumore. Si ipotizza che nella condizione di rumore i ragazzi possano mostrare prestazioni peggiori nei test cognitivi e riportare un maggiore affaticamento cognitivo percepito.

La tesi si articola in quattro capitoli. Nel primo capitolo verrà esaminato il concetto di rumore, con una chiara definizione e un'analisi delle sue conseguenze generali sul benessere e sullo sviluppo cognitivo. Successivamente, verranno esplorate le funzioni cognitive e i processi di apprendimento, con un focus sugli effetti specifici del rumore su tali processi. Il secondo capitolo sarà dedicato alla metodologia, descrivendo il campione, il processo di ricerca e i dettagli della somministrazione dei test. I risultati verranno presentati nel terzo capitolo, mentre nel quarto capitolo saranno discussi i risultati ottenuti, con una riflessione sui limiti dello studio e sulle prospettive di ricerca future.

# CAPITOLO 1

## FUNZIONI ESECUTIVE E APPRENDIMENTO

Il processo di apprendimento è essenziale per lo sviluppo delle capacità cognitive, sociali e comportamentali che ci permettono di adattarci e di rispondere in modo efficace all'ambiente. È definito come l'acquisizione stabile e continua di cambiamenti nel comportamento, nelle conoscenze e nelle abitudini, che avviene attraverso l'esperienza e l'interazione con il contesto circostante. Durante l'età scolare, l'apprendimento si concentra principalmente sull'acquisizione di competenze strumentali fondamentali come la lettura, la scrittura e il calcolo, competenze essenziali per la vita futura e per il successo accademico e professionale. Tuttavia, l'apprendimento è un processo complesso e multidimensionale che va ben oltre la semplice acquisizione di conoscenze e abilità. Esso implica una rete di interazioni tra fattori cognitivi, emotivi e contestuali che si influenzano reciprocamente.

Tra i vari fattori che contribuiscono all'apprendimento, le funzioni esecutive (FE) rivestono un ruolo particolarmente significativo. Le FE costituiscono un insieme di abilità cognitive superiori che non solo regolano e coordinano altre funzioni cognitive, ma che permettono anche di adattarsi ai cambiamenti e di rispondere in modo flessibile alle situazioni nuove o inaspettate (Welsh et al., 1991). Questo insieme di abilità risulta essenziale per affrontare i compiti complessi, per sostenere le attività quotidiane e per portare a termine compiti che richiedono pianificazione, monitoraggio e controllo delle azioni. Le FE, inoltre, consentono di inibire risposte automatiche o abituali, permettendo l'elaborazione di risposte più intenzionali e strategiche. Questa capacità di autoregolazione è fondamentale, poiché permette di regolare il comportamento in modo consapevole, indirizzando le risorse cognitive verso il raggiungimento di obiettivi a lungo termine (Ferri et al., 2021).

Nella letteratura scientifica, sebbene non esista una definizione unanime di funzioni esecutive, sono generalmente accettate tre componenti principali: l'inibizione, la memoria di lavoro (working memory - WM) e la flessibilità cognitiva o shifting (Marini et al., 2020; Miyake et al., 2000).

1. **Inibizione:** L'inibizione rappresenta la capacità di focalizzarsi su uno stimolo specifico, ignorando le distrazioni circostanti. Questa funzione è cruciale per i processi decisionali e per la regolazione del comportamento. Grazie all'inibizione, è possibile controllare gli impulsi e rispondere in modo mirato agli obiettivi prefissati, selezionando in modo attento e consapevole le informazioni rilevanti e scartando quelle non pertinenti (Vicari, 2017). L'inibizione è particolarmente importante nelle situazioni in cui le distrazioni ambientali o i desideri impulsivi

possono interferire con il compito principale. La capacità di sopprimere risposte automatiche o abituali è essenziale, ad esempio, per evitare errori in contesti che richiedono attenzione prolungata o in cui è necessario seguire regole precise. Questa funzione è anche alla base dell'autocontrollo, un'abilità fondamentale non solo per il contesto scolastico, ma anche per la gestione dei rapporti sociali e per il raggiungimento degli obiettivi personali.

2. **Memoria di Lavoro (Working Memory - WM):** La memoria di lavoro è una componente della memoria a breve termine che consente di mantenere, elaborare e manipolare informazioni necessarie per portare a termine compiti complessi e risolvere problemi. Questa funzione è cruciale, in quanto permette di tenere in mente e utilizzare informazioni recenti mentre si eseguono attività complesse, come la risoluzione di un problema matematico o la lettura di un testo. Secondo il modello multicomponenziale di Baddeley e Hitch (1994), la memoria di lavoro comprende un magazzino fonologico per le informazioni verbali, un magazzino visuo-spaziale per le informazioni visive e spaziali, e un esecutivo centrale che coordina l'uso di queste risorse. L'esecutivo centrale è il "sistema di controllo" che dirige l'attenzione e gestisce il flusso di informazioni tra i vari componenti. La memoria di lavoro è quindi essenziale non solo per l'apprendimento, ma anche per il ragionamento logico e per la risoluzione di problemi. Inoltre, la memoria di lavoro e l'inibizione risultano strettamente interconnesse: per perseguire un obiettivo, infatti, è necessario non solo mantenere le informazioni rilevanti, ma anche evitare interferenze provenienti dall'ambiente circostante.
3. **Flessibilità Cognitiva (Shifting):** La flessibilità cognitiva, o shifting, è la capacità di cambiare prospettiva e di adattarsi a situazioni mutevoli, utilizzando i feedback forniti dall'ambiente per modificare comportamenti e strategie di risposta. Questa funzione è essenziale per affrontare compiti complessi, poiché consente di adattarsi rapidamente ai cambiamenti e di integrare nuove informazioni. La flessibilità cognitiva permette, ad esempio, di passare da un compito a un altro senza perdere il filo del ragionamento, o di modificare la propria strategia quando quella adottata si rivela inefficace. Questa abilità è particolarmente importante in situazioni di problem-solving, in cui è necessario trovare soluzioni creative o adattarsi a nuove informazioni. La flessibilità cognitiva è inoltre alla base del pensiero critico, in quanto permette di considerare punti di vista diversi e di valutare alternative.

Le funzioni esecutive rappresentano il substrato cognitivo fondamentale per l'apprendimento e per il successo in compiti che richiedono pianificazione, autocontrollo e adattamento. Esse non solo facilitano l'acquisizione di competenze specifiche come la lettura, la scrittura e il calcolo, ma supportano anche lo sviluppo di competenze trasversali, come la capacità di risolvere problemi, di

pensare in modo critico e di gestire le emozioni. Le FE svolgono un ruolo cruciale nelle attività scolastiche, dove sono indispensabili per affrontare compiti complessi e per mantenere la concentrazione in un ambiente ricco di stimoli e potenziali distrazioni.

Le funzioni esecutive sono anche predittori del successo a lungo termine, in quanto influenzano la capacità di pianificare e di perseguire obiettivi, di adattarsi alle sfide della vita e di mantenere relazioni sociali soddisfacenti. In particolare, l'inibizione permette di evitare comportamenti impulsivi e di rispondere in modo appropriato alle situazioni, la memoria di lavoro consente di tenere a mente e di elaborare le informazioni necessarie per prendere decisioni e risolvere problemi, e la flessibilità cognitiva facilita l'adattamento a contesti nuovi o mutevoli. Queste abilità sono quindi fondamentali non solo per il successo accademico, ma anche per la crescita personale e per l'integrazione sociale.

Inoltre, le FE sono cruciali per affrontare situazioni di stress o di sovraccarico cognitivo, come quelle che si verificano in ambienti scolastici rumorosi o in situazioni di alta pressione. In questi contesti, le FE permettono di mantenere la concentrazione e di inibire le distrazioni, riducendo l'impatto delle interferenze ambientali. La capacità di autoregolazione fornita dalle FE è quindi essenziale per il benessere emotivo e per la gestione dello stress. Le FE non solo supportano l'apprendimento, ma contribuiscono anche alla resilienza, aiutando gli studenti a far fronte alle difficoltà e a sviluppare strategie di coping efficaci.

### **1.1. Funzioni esecutive e contesto scolastico**

Le funzioni esecutive (FE) rivestono un ruolo essenziale non solo nella vita quotidiana, ma anche e soprattutto nel contesto scolastico, dove influenzano in modo diretto l'apprendimento e il rendimento accademico degli studenti. Queste capacità cognitive superiori, che comprendono la memoria di lavoro, l'inibizione e la flessibilità cognitiva, permettono agli studenti di gestire i compiti complessi, di concentrarsi sugli obiettivi da raggiungere e di mantenere un elevato livello di autoregolazione durante lo svolgimento delle attività scolastiche (Ferri et al., 2021). Numerosi studi dimostrano come le FE siano determinanti per l'acquisizione di abilità fondamentali come la lettura, la scrittura e il calcolo, competenze indispensabili non solo per il progresso scolastico, ma anche per lo sviluppo dell'autonomia nella vita adulta (Ferri et al., 2021).

La lettura è un esempio chiave di come le FE siano coinvolte in processi complessi. Leggere implica la combinazione di due operazioni principali: la decodifica del testo e la comprensione del contenuto. La memoria di lavoro (working memory - WM) svolge una funzione centrale in questo processo, poiché permette di mantenere attive e integrare le informazioni lette, facilitando così un legame coerente tra le nuove informazioni e quelle già acquisite. Durante la lettura, gli studenti utilizzano la

memoria di lavoro per trattenere i significati delle parole e delle frasi, per costruire una rappresentazione mentale del testo e per comprendere concetti complessi. Inoltre, la capacità di inibizione gioca un ruolo fondamentale: consente agli studenti di mantenere l'attenzione sugli elementi chiave del testo, evitando distrazioni derivanti da dettagli meno rilevanti o da pensieri che possono interferire con la comprensione. Questo processo di selezione e filtraggio delle informazioni è cruciale per una comprensione approfondita del contenuto e per la capacità di trarre conclusioni, fare inferenze e generare collegamenti tra idee.

Anche la scrittura è un'attività che richiede l'integrazione delle FE. Oltre alla memoria di lavoro, che è necessaria per mantenere in mente le regole ortografiche e sintattiche, la scrittura richiede l'attivazione simultanea di tutte le componenti delle FE. Gli studenti devono richiamare conoscenze pregresse, pianificare i contenuti da esprimere e monitorare costantemente ciò che stanno scrivendo, in un processo continuo di revisione e correzione. La flessibilità cognitiva, o shifting, è particolarmente importante in questo contesto, in quanto permette agli studenti di adattarsi a nuove istruzioni, di integrare feedback e di modificare o riorganizzare le proprie idee mentre scrivono. La flessibilità cognitiva facilita anche la risoluzione di problemi e favorisce il pensiero creativo, che è essenziale in compiti che richiedono originalità e adattamento a situazioni nuove. La capacità di rivedere e migliorare il proprio testo riflette una competenza esecutiva complessa, che permette agli studenti di confrontarsi con nuove idee e di raffinare continuamente il proprio lavoro.

Le FE sono, inoltre, essenziali non solo per le abilità linguistiche, ma anche per le competenze matematiche e per il ragionamento logico, capacità strettamente correlate al successo accademico in ambito scientifico (David, 2012). In matematica, ad esempio, la memoria di lavoro permette di mantenere attivi i passaggi di un problema, di gestire più variabili simultaneamente e di elaborare strategie di risoluzione in modo sequenziale. La memoria di lavoro visuo-spaziale è particolarmente rilevante quando gli studenti devono visualizzare le rappresentazioni numeriche o geometriche dei problemi. L'inibizione, d'altro canto, aiuta a evitare errori di distrazione o risposte impulsive, permettendo agli studenti di valutare le soluzioni con precisione. La flessibilità cognitiva è anch'essa fondamentale, poiché consente di considerare diverse strategie o approcci per risolvere un problema, facilitando l'adattamento a compiti di difficoltà crescente. Ad esempio, in un problema matematico complesso, uno studente può dover abbandonare una strategia iniziale inefficace e adottarne una nuova: questa capacità di cambiamento è resa possibile dalla flessibilità cognitiva, che è una componente chiave per il successo in compiti che richiedono pensiero critico e adattamento.

Le FE, quindi, svolgono un ruolo determinante nell'apprendimento di abilità strumentali come la lettura, la scrittura e il calcolo, ma sono anche strettamente connesse alle competenze sociali e alla

gestione delle emozioni. La capacità di inibire risposte impulsive, di mantenere la calma in situazioni di stress e di adattarsi alle norme sociali sono tutte abilità che permettono agli studenti di interagire efficacemente con i loro pari e con gli adulti. Gli studenti che sviluppano FE solide tendono a mostrare una maggiore capacità di autoregolazione e di gestione delle emozioni, elementi che contribuiscono al loro benessere complessivo e al loro adattamento in contesti educativi.

La correlazione tra FE e rendimento accademico è stata dimostrata in numerosi studi, che evidenziano come gli studenti con FE più sviluppate ottengano risultati scolastici migliori e dimostrino una maggiore resilienza di fronte a sfide e distrazioni ambientali. Questo legame diventa ancora più evidente in ambienti scolastici sfavorevoli, come quelli caratterizzati da rumore o da un'elevata densità di stimoli visivi e uditivi. In queste situazioni, le FE giocano un ruolo ancora più critico. Ad esempio, l'esposizione al rumore può interferire con la capacità di concentrarsi, aumentando il carico cognitivo e riducendo le risorse disponibili per il processo di apprendimento. La memoria di lavoro, l'inibizione e la flessibilità cognitiva risultano quindi indispensabili per contrastare gli effetti negativi del rumore ambientale, aiutando gli studenti a mantenere la concentrazione e a completare con successo i compiti scolastici nonostante le distrazioni (Gheller et al., 2024). Questa capacità di resistere alle distrazioni è fondamentale, in quanto permette agli studenti di restare focalizzati sugli obiettivi e di gestire efficacemente le risorse cognitive.

## **1.2 Sviluppo delle Funzioni Esecutive negli Adolescenti**

Il processo di sviluppo delle funzioni esecutive (FE) è graduale e si realizza principalmente durante l'infanzia e l'adolescenza. Raggiunge la piena maturazione in quest'ultima fase, grazie al completo sviluppo della corteccia prefrontale, l'area del cervello preposta al controllo esecutivo, alla regolazione del comportamento e all'integrazione di informazioni per la pianificazione a lungo termine (Vicari, 2017). Questo sviluppo graduale implica che, durante l'adolescenza, le FE siano ancora in una fase di consolidamento e miglioramento, ma non completamente stabilizzate, rendendo questa fase evolutiva particolarmente delicata e influenzabile da fattori ambientali.

Durante l'adolescenza, gli individui acquisiscono gradualmente capacità di pianificazione, monitoraggio e controllo delle proprie azioni, sviluppando anche una maggiore abilità nell'inibire risposte impulsive e nel regolare le proprie emozioni. Le FE supportano inoltre la costruzione del pensiero critico, permettendo agli adolescenti di valutare le proprie scelte e di considerare le conseguenze delle proprie azioni. Rispetto all'infanzia, in questa fase della vita si assiste a un aumento della flessibilità cognitiva, che consente una maggiore capacità di adattamento a nuove situazioni, di cambiamento di strategie e di assunzione di prospettive diverse per risolvere problemi complessi. La memoria di lavoro e il controllo inibitorio tendono anch'essi a migliorare durante l'adolescenza,

portando a una gestione più efficace di compiti che richiedono attenzione prolungata e resistenza alle distrazioni.

Tuttavia, poiché il sistema esecutivo non è ancora completamente sviluppato, situazioni di sovraccarico cognitivo, come l'esposizione a rumore persistente o a stress acuti, possono influenzare negativamente queste abilità, compromettendo la capacità degli adolescenti di gestire e coordinare le loro risorse cognitive. La corteccia prefrontale, infatti, è ancora in fase di riorganizzazione e di rafforzamento delle connessioni sinaptiche, un processo che la rende vulnerabile alle interferenze ambientali. Questa sensibilità alle influenze esterne può portare gli adolescenti a reagire in modo meno flessibile o a commettere errori in condizioni di sovraccarico cognitivo, poiché le risorse necessarie al controllo esecutivo sono ancora in via di sviluppo.

Un aspetto cruciale dello sviluppo delle FE negli adolescenti è la loro stretta relazione con il contesto ambientale, che può fungere da fattore di supporto o di ostacolo. Fattori come la qualità dell'ambiente di apprendimento, le condizioni acustiche e le pressioni emotive svolgono un ruolo significativo nello sviluppo delle capacità esecutive. In particolare, il rumore ambientale rappresenta una variabile critica: studi hanno dimostrato che l'esposizione a rumore intenso o persistente interferisce con il funzionamento della memoria di lavoro e del controllo inibitorio, due componenti essenziali delle FE (Klatte et al., 2013). Gli adolescenti, quindi, possono risentire di ambienti scolastici rumorosi o caotici, poiché questi ostacolano la capacità di mantenere la concentrazione e di inibire distrazioni, elementi chiave per un apprendimento efficace.

Le FE, durante l'adolescenza, continuano a specializzarsi in un processo di maturazione che non è solo biologico, ma anche esperienziale. Le esperienze quotidiane, come l'uso di abilità di autoregolazione e la risoluzione di problemi complessi, favoriscono l'affinamento di queste capacità. In quest'ottica, l'ambiente di apprendimento gioca un ruolo cruciale, poiché esperienze di sovraccarico cognitivo, dovute per esempio al rumore o ad altre distrazioni, possono causare una riduzione della funzionalità delle FE e portare a comportamenti impulsivi o a difficoltà nel gestire lo stress.

Questa fase della vita, dunque, richiede un'attenzione particolare al contesto in cui gli adolescenti apprendono e interagiscono. Condizioni acustiche favorevoli, ambienti di apprendimento strutturati e supporto da parte di educatori e famiglie possono aiutare a mitigare l'impatto del rumore e a promuovere lo sviluppo ottimale delle capacità esecutive. Interventi mirati, come la riduzione del rumore ambientale nelle aule scolastiche o la promozione di tecniche di gestione dello stress, possono contribuire significativamente a migliorare il benessere e il rendimento scolastico degli adolescenti.

### **1.3 Definizione e Conseguenze del Rumore**

Nella vita quotidiana, siamo immersi in una moltitudine di suoni, come voci, musica e rumori ambientali. Il suono, dal punto di vista fisico, è un'onda di pressione che si propaga attraverso un mezzo, solitamente l'aria, e arriva a stimolare l'apparato uditivo umano, composto da un sistema complesso di strutture che consente la ricezione e l'elaborazione delle onde sonore (Amaldi, 2010). La nostra percezione sonora, tuttavia, è selettiva e influenzata da diversi fattori, quali la frequenza, l'intensità e la regolarità delle onde sonore che giungono alle orecchie.

I suoni possono essere distinti in base alla loro struttura e alla loro funzione. Ad esempio, i suoni regolari e periodici – come la musica armoniosa o il canto degli uccelli – sono spesso percepiti come piacevoli o, almeno, non disturbanti. Questi suoni sono caratterizzati da onde che mantengono un'armonia regolare, facilitando la loro elaborazione da parte del cervello umano. Il nostro sistema uditivo, infatti, tende a riconoscere e a elaborare in modo più agevole i suoni regolari, che non richiedono un'elaborazione cognitiva intensa e non introducono interferenze significative con le attività che stiamo svolgendo. Questo tipo di suoni ha una qualità armonica che spesso si integra con l'ambiente circostante senza creare particolari disturbi.

In contrapposizione, vi sono i rumori, definiti come suoni irregolari e non periodici. Dal punto di vista fisico, il rumore è costituito da onde acustiche caotiche e incoerenti, che possono variare in modo improvviso e inaspettato sia in frequenza che in intensità. Questa irregolarità è ciò che rende il rumore particolarmente sgradito e, in molti casi, disturbante. Per questo motivo, si tende a definire il rumore come un suono indesiderato che interferisce con altre esperienze acustiche o attività, provocando un'interferenza con la concentrazione, la comunicazione o altre attività che richiedono attenzione (D. Murra, 2015).

Il rumore è una presenza costante nelle aree urbane e industriali, dove il crescente sviluppo delle infrastrutture e la densità della popolazione hanno contribuito a intensificarne la diffusione. Negli ultimi decenni, l'inquinamento acustico è divenuto un problema di notevole rilevanza a livello globale, specialmente a causa dell'espansione urbanistica e dell'intensificazione dei sistemi di trasporto. Tra le principali fonti di rumore ambientale figurano, infatti, il traffico stradale, i sistemi di trasporto ferroviario, gli aeroporti e le attività industriali. Il traffico stradale, in particolare, rappresenta una delle fonti di rumore più pervasive nelle città moderne. La continua presenza di automobili, autobus, motociclette e veicoli commerciali genera un flusso incessante di rumore che costituisce una delle principali cause di esposizione a suoni indesiderati nelle aree urbane (European Environment Agency, 2020).

Il rumore prodotto dai mezzi di trasporto e dalle attività industriali ha caratteristiche uniche, che contribuiscono ad amplificarne l'impatto sugli individui e sull'ambiente. In particolare, il rumore

generato dai motori, dai freni, dalle turbine e da altre componenti meccaniche tende a variare in intensità e frequenza, rendendolo una fonte di disturbo costante e difficile da ignorare. Inoltre, il rumore dei mezzi di trasporto è spesso intermittente, caratterizzato da picchi improvvisi e variazioni repentine che catturano l'attenzione e interrompono altre attività, richiedendo uno sforzo cognitivo per essere ignorato. La natura intermittente del rumore lo rende particolarmente invasivo, in quanto interferisce in modo continuo con l'ambiente circostante e impedisce agli individui di abituarsi completamente al suono.

L'inquinamento acustico, cioè la presenza costante di livelli elevati di rumore nell'ambiente, è un problema diffuso e in continua crescita, tanto che è stato definito come una delle principali forme di inquinamento nei contesti urbani e industriali. Secondo stime recenti, circa il 20% della popolazione europea vive in aree esposte a livelli di rumore superiori a quelli raccomandati dalle linee guida internazionali per la tutela della salute e del benessere. In alcune grandi città, questa percentuale può essere ancora più elevata, rendendo l'inquinamento acustico una questione di salute pubblica di primo piano (European Environment Agency, 2020).

L'inquinamento acustico è stato classificato come una forma di inquinamento ambientale proprio per il suo potenziale impatto negativo sul benessere umano e sulla qualità della vita. L'esposizione continua a livelli elevati di rumore non solo può causare disagio e irritabilità, ma interferisce anche con attività fondamentali come il sonno, la comunicazione e la concentrazione. L'inquinamento acustico ha inoltre un impatto significativo sull'ambiente naturale, disturbando la fauna locale e alterando i cicli naturali degli ecosistemi. Ad esempio, il rumore dei mezzi di trasporto e delle attività industriali può disorientare gli animali e interferire con i loro comportamenti naturali, influenzando le dinamiche ecologiche delle aree urbane e periurbane.

Il rumore è presente anche all'interno degli edifici e, in particolare, nelle scuole, dove rappresenta una fonte di disturbo significativa per studenti e insegnanti. Il rumore nelle scuole può derivare sia da fonti esterne – come il traffico stradale, i cantieri o il passaggio di aerei – sia da fonti interne, come i sistemi di ventilazione, i dispositivi elettronici, i movimenti degli studenti e le conversazioni in classe. All'interno degli ambienti scolastici, il rumore è spesso accentuato dalla struttura fisica degli edifici, che può amplificare i suoni e prolungare la loro durata. La riflessione delle onde sonore sulle superfici dure, come pavimenti, pareti e soffitti, aumenta il livello di rumore percepito e prolunga l'effetto acustico, rendendo difficile per gli studenti concentrarsi e per gli insegnanti comunicare in modo efficace.

Un aspetto particolare del rumore scolastico è rappresentato dal rumore verbale, cioè il brusio e le conversazioni degli studenti. Il rumore verbale è una forma di rumore particolarmente disturbante, in

quanto interferisce con la memoria di lavoro uditiva e con la comprensione verbale, componenti essenziali per l'apprendimento. Poiché la memoria di lavoro uditiva elabora le informazioni verbali, la presenza di suoni di tipo verbale interferisce con la capacità di concentrarsi sulle informazioni presentate dall'insegnante, generando una fonte di distrazione continua che influisce sulle prestazioni scolastiche.

Inoltre, il rumore ambientale all'interno delle scuole può compromettere l'efficacia della comunicazione verbale tra insegnanti e studenti. Quando il livello di rumore è elevato, gli insegnanti devono alzare il tono della voce per farsi sentire, generando un circolo vizioso che aumenta il livello generale di rumore nell'aula. Questa situazione influisce non solo sulla qualità dell'insegnamento, ma anche sul benessere degli insegnanti, che sono sottoposti a un carico vocale e a uno stress maggiore. Anche gli studenti sono influenzati da questo ambiente acustico sfavorevole, poiché la difficoltà di ascolto e di comprensione verbale può compromettere il loro coinvolgimento nelle attività scolastiche e la loro capacità di apprendere in modo efficace.

La definizione e l'analisi del rumore assumono quindi un ruolo centrale quando si considera l'ambiente scolastico e le condizioni ideali per l'apprendimento.

#### **1.4 Effetti del Rumore sull'Apprendimento e sulle Funzioni Esecutive**

Concentrarsi in un ambiente rumoroso rappresenta una sfida significativa, in particolare quando ci si trova ad affrontare compiti cognitivi complessi. Questa difficoltà è ancora più marcata per gli adolescenti, una fascia di età particolarmente sensibile agli effetti del rumore a causa della fase di sviluppo cognitivo e cerebrale in cui si trovano (Klatte et al., 2013). Durante l'adolescenza, infatti, le funzioni esecutive come la memoria di lavoro, l'attenzione sostenuta e l'inibizione delle distrazioni sono ancora in via di consolidamento e si rivelano più suscettibili alle influenze esterne rispetto agli adulti. In questo contesto, un ambiente di apprendimento acusticamente favorevole è fondamentale, poiché l'assenza di distrazioni sonore facilita la capacità degli studenti di decodificare, elaborare e trattenere nuove informazioni.

Non tutti i rumori, però, producono lo stesso tipo di effetto. In ambito scolastico, il rumore può essere classificato in due categorie principali: il rumore esterno e il rumore interno. Il rumore esterno comprende fonti come i cantieri, i mezzi di trasporto e gli eventi atmosferici, mentre il rumore interno è generato da apparecchi elettronici, sistemi di ventilazione, voci e movimenti all'interno delle aule (Shield & Dockrell, 2003). L'identificazione precisa delle fonti di rumore è essenziale per poter attuare strategie mirate di riduzione del disturbo acustico all'interno delle scuole. La ricerca ha dimostrato che vari tipi di rumore hanno effetti diversi sulle funzioni esecutive e sull'apprendimento degli studenti, a

seconda delle caratteristiche del rumore stesso e del tipo di compito che essi devono affrontare (Dockrell & Shield, 2006).

Il rumore può inoltre essere suddiviso in due ulteriori categorie: il rumore verbale, come il parlato o il brusio di sottofondo, e il rumore ambientale non verbale, come i suoni meccanici o quelli prodotti dalle macchine. Entrambi i tipi di rumore influiscono negativamente sulle prestazioni cognitive, ma lo fanno con modalità e intensità differenti, a seconda del compito da svolgere e delle abilità cognitive necessarie (Dockrell & Shield, 2006). Il rumore verbale, in particolare, sembra avere un impatto significativo sulla memoria di lavoro (working memory - WM) e sull'attenzione, due funzioni cruciali per la gestione degli stimoli uditivi in contesti rumorosi. La memoria di lavoro uditiva (auditory working memory - AWM), che consente di mantenere temporaneamente informazioni verbali per l'elaborazione, risulta particolarmente compromessa dalla presenza di parlato. Questo fenomeno si verifica perché il parlato ambientale utilizza lo stesso codice fonologico della memoria di lavoro, causando interferenze che riducono la capacità degli studenti di trattenere e elaborare le informazioni verbali (Osman & Sullivan, 2014). In un ambiente scolastico rumoroso, ciò si traduce in una maggiore difficoltà nel comprendere le istruzioni, nel mantenere la concentrazione e nel seguire le lezioni in modo efficace (Klatte et al., 2013).

Il rumore di fondo aumenta anche il carico cognitivo degli adolescenti, poiché richiede l'impiego di risorse mentali aggiuntive per ignorare o filtrare i suoni disturbanti, riducendo così quelle disponibili per il compito principale. Questo fenomeno è stato confermato attraverso studi basati sul paradigma del doppio compito: quanto maggiore è lo sforzo cognitivo richiesto per ascoltare in un ambiente rumoroso, tanto minori sono le risorse cognitive residue per svolgere altri compiti paralleli (Howard et al., 2010). Uno studio di Osman & Sullivan (2014) ha dimostrato che il rumore produce un sovraccarico della memoria di lavoro uditiva, indipendentemente dalla complessità del compito svolto, generando difficoltà nella gestione delle risorse cognitive. Una possibile spiegazione è che gli adolescenti abbiano risorse linguistiche e mnemoniche ancora limitate rispetto agli adulti, il che riduce la loro capacità di colmare le lacune indotte dal rumore e di gestire efficacemente le interferenze (Klatte et al., 2013).

L'effetto negativo del rumore sulla memoria di lavoro non si limita però solo ai compiti di ascolto: anche le attività verbali presentate in forma visiva, come la lettura o il riconoscimento di parole, possono risultare compromesse in presenza di rumore. Questo fenomeno è noto come Irrelevant Speech Effect (ISE), e descrive la riduzione delle prestazioni in compiti verbali in seguito all'esposizione a rumore verbale irrilevante. Secondo Elliott (2002), questo effetto sembra essere particolarmente

rilevante per gli adolescenti, in quanto il rumore verbale entra in competizione con il processo fonologico della memoria di lavoro, causando interferenze significative.

Anche il rumore ambientale non verbale, come quello prodotto dal traffico stradale o dagli aerei, può compromettere le prestazioni scolastiche, specialmente quando l'esposizione è cronica. Tuttavia, gli effetti di questo tipo di rumore dipendono dalla tipologia del suono e dalle sue caratteristiche. Ad esempio, il rumore intermittente – caratterizzato da pause, variazioni di intensità e frequenza – è più disturbante per la memoria di lavoro e l'attenzione rispetto al rumore costante (Jones et al., 1992; Hughes & Jones, 2001). Ricerche come il progetto RANCH hanno approfondito l'impatto del rumore prodotto da aeroporti e traffico stradale, dimostrando che questi suoni interferiscono con abilità fondamentali come la lettura, la memoria episodica e la memoria di lavoro, in particolare in termini di tempi di reazione e accuratezza delle risposte (Klatte et al., 2013; Gheller et al., 2024).

Per quanto riguarda l'apprendimento scolastico, numerose ricerche hanno evidenziato l'impatto negativo del rumore cronico sulle abilità di lettura, scrittura e calcolo. Compiti che richiedono concentrazione intensa e un controllo attentivo elevato, come la comprensione del testo, risultano sensibilmente compromessi in presenza di rumore (Gheller et al., 2024). La lettura, infatti, implica l'integrazione di informazioni semantiche e fonologiche in modo coerente, e il rumore verbale può interferire con questo processo, riducendo sia la velocità che la precisione nella comprensione del testo (Klatte et al., 2013). Quando il rumore interferisce con la comprensione, il tempo richiesto per completare il compito aumenta, e l'efficacia dell'apprendimento risulta compromessa.

In sintesi, il rumore rappresenta una delle principali fonti di distrazione e interferenza per il processo di apprendimento, con effetti particolarmente intensi nelle fasi di sviluppo come l'adolescenza. La letteratura attuale sottolinea l'importanza di creare ambienti scolastici acusticamente favorevoli, poiché l'assenza di rumore consente agli studenti di sfruttare appieno le proprie capacità cognitive e di apprendere in modo efficace. Nonostante esistano linee guida e normative acustiche per gli ambienti scolastici, spesso queste non vengono rispettate, con ripercussioni significative sulle prestazioni cognitive e sul rendimento accademico degli studenti (Dockrell & Shield, 2006). L'implementazione di interventi mirati alla riduzione del rumore potrebbe quindi migliorare il benessere e il rendimento scolastico degli adolescenti, promuovendo un contesto di apprendimento più equo e favorevole allo sviluppo delle loro capacità.

## **CAPITOLO 2**

### **LA RICERCA**

#### **2.1 Lo scopo**

Lo studio si propone di analizzare gli effetti del rumore sulle prestazioni cognitive di ragazzi della scuola secondaria di primo grado, con particolare attenzione ai compiti legati all'attenzione, alla memoria di lavoro e all'inibizione, abilità chiave per il successo nelle attività scolastiche quotidiane. Queste funzioni cognitive sono particolarmente vulnerabili a fattori ambientali, come il rumore, che può interferire con l'elaborazione delle informazioni e la capacità di concentrarsi. L'indagine si è svolta attraverso l'uso di CoEN (Cognitive Effort in Noise), un'applicazione innovativa sviluppata da un team interdisciplinare di psicologi, audiologi e ingegneri informatici dell'Università degli Studi di Padova, in collaborazione con lo IUAV di Venezia.

Lo studio si inserisce all'interno di un progetto più ampio promosso dal Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione dell'Università degli Studi di Padova, nell'ambito del Programma Operativo Nazionale (PON) Ricerca e Innovazione 2014- 2020. Il progetto è coordinato dalla prof.ssa Barbara Arfé con la collaborazione dello IUAV di Venezia e dei Centri Human Inspired Technology e I-APPROVE di Padova.

L'approccio adottato permette di indagare in modo rigoroso e sistematico come l'esposizione a rumore influenzi le funzioni cognitive durante lo svolgimento di compiti che richiedono impegno mentale. I dati raccolti dallo studio hanno come obiettivo quello di valutare se il rumore abbia un impatto significativo sulle capacità cognitive dei ragazzi e, in particolare, se possa compromettere l'efficienza nelle aree dell'attenzione, memoria di lavoro e inibizione. Questi risultati possono fornire importanti indicazioni su come l'ambiente acustico, specialmente in contesti scolastici, possa influenzare il rendimento accademico e lo sviluppo delle funzioni esecutive in età evolutiva.

#### **2.2 I Partecipanti**

Il campione della ricerca è composto da un totale di 20 partecipanti, suddivisi in due gruppi distinti: un primo gruppo (Gruppo 1), formato da 14 soggetti a sviluppo tipico, ed un secondo gruppo (Gruppo 2), composto da 6 soggetti valutati in una precedente fase della ricerca, che presentano difficoltà scolastiche e sono inclusi in un progetto di supporto scolastico. In particolare, per i partecipanti inclusi in questo secondo gruppo, si ipotizza la presenza di DSA, sebbene non ancora diagnosticata.

I partecipanti sono stati selezionati in modo da garantire che i due gruppi fossero comparabili per età e genere, in modo da minimizzare il rischio che tali variabili possano influenzare i risultati. La scelta

di includere un campione eterogeneo, comprendente bambini a sviluppo tipico e atipico, permette di provare a valutare se il rumore eserciti effetti diversi su questi due gruppi, il che, nell'ambito di uno studio più ampio e articolato, potrebbe avere implicazioni nella definizione di interventi specifici per bambini con diverse esigenze educative e cognitive.

### Statistiche descrittive:

Tabella 1: Statistiche descrittive per età

	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione Standard
Gruppo 1	14 (8 F)	11	14	11,93	0,73
Gruppo 2	6 (2 F)	11	13	11,50	0,83

Tabella 2: Distribuzione per classe

Classe	N_Gruppo 1	N_Gruppo 2
Prima media	4	3
Seconda Media	7	2
Terza Media	3	1

## 2.3 App CoEN

Prima dell'inizio della raccolta dati, i genitori dei partecipanti sono stati informati sullo studio e hanno firmato un modulo di consenso informato per la partecipazione e il trattamento dei dati personali. Successivamente, ai partecipanti sono state fornite istruzioni chiare per lo svolgimento delle prove cognitive, così da evitare interruzioni o distrazioni. A ciascun partecipante è stato assegnato un codice identificativo per garantire l'anonimato.

Le sessioni di test si sono svolte individualmente. I soggetti hanno eseguito test cognitivi utilizzando l'app CoEN in due condizioni acustiche diverse: rumore e quiete. Per la condizione di rumore, i partecipanti indossavano delle cuffie attraverso le quali veniva riprodotto un rumore multi talker-babble a 65 dB. Metà dei partecipanti ha iniziato i test nella condizione di rumore, mentre l'altra metà ha iniziato nella condizione di quiete, al fine di controbilanciare le due condizioni acustiche ed evitare che i risultati fossero influenzati da un possibile effetto apprendimento durante la seconda valutazione. Al termine dei test nella condizione di rumore, ai bambini è stato chiesto di compilare un questionario per valutare lo sforzo cognitivo percepito, in cui dovevano esprimere la difficoltà nell'attenzione e il livello di affaticamento.

L'app CoEN (Cognitive Effort in Noise) è una piattaforma interattiva per dispositivi iOS e Android, progettata per bambini della scuola primaria e secondaria di primo grado fino ai 13 anni. L'app consente di svolgere attività cognitive sia in condizioni di silenzio che di rumore, con la possibilità di regolare l'intensità del "babble noise".

L'applicazione si presenta come un "viaggio" interattivo in cui i bambini sono accompagnati da due personaggi: Noisy, che rappresenta la condizione di rumore e vive nella città immaginaria di Brumbo, e Quietly, che rappresenta la condizione di silenzio e risiede nella città di Ambios, un ambiente tranquillo. Questo sistema aiuta a mantenere alta la motivazione dei bambini durante il passaggio tra le diverse fasi del test.

La grafica dell'app richiama le pagine di un quaderno, e nella schermata iniziale vengono richiesti dati anagrafici come età, genere, classe scolastica e mano dominante. Questi dati personalizzano i giochi e facilitano l'analisi finale dei risultati. Prima di ogni test, ai bambini vengono forniti esempi pratici ripetibili per garantire la comprensione delle istruzioni.

L'app CoEN comprende sei giochi, che sono adattamenti di test neuropsicologici validati per misurare attenzione, inibizione e memoria di lavoro. I test includono:

1. **Digit span diretto** (WISC-IV);
2. **Digit span inverso** (WISC-IV);
3. **Test di attenzione** (NEPSY-II);
4. **Test di attenzione** (WISC-IV);
5. **Test di inibizione** (Diamond et al., 2007).

L'app tiene traccia dell'accuratezza delle risposte (corrette ed errate) e del tempo di reazione, fornendo un quadro completo delle prestazioni cognitive dei bambini.

### **2.3.1 Digit span diretto e inverso**

Il test di digit span, sia nella versione diretta (in avanti) che inversa (all'indietro), è tratto dalla WISC-IV, dove è noto come "memoria di cifre" e fa parte dell'Indice di Memoria di Lavoro (IML). Nella versione diretta, il bambino deve ripetere le cifre nello stesso ordine in cui sono state presentate, mentre nella versione inversa deve ripeterle in ordine inverso rispetto a quello originale. Mentre entrambi i test valutano la capacità di mantenere in memoria e rievocare informazioni, la versione inversa richiede anche abilità di rielaborazione e manipolazione, rendendola un compito più complesso (Picone et al., 2017).

Il punteggio viene calcolato in base al numero di serie ricordate correttamente prima che il soggetto commetta due errori consecutivi, che segnano il criterio di interruzione (Orsini & Pezzuti, 2012). Con un basso numero di cifre, il compito può apparire semplice, ma con l'aumento della quantità di informazioni, il soggetto deve ricorrere a strategie mnemoniche per trattenere e rievocare le sequenze (Orsini & Pezzuti, 2012).

Nell'app CoEN, il test è interamente digitalizzato, e le cifre vengono presentate visivamente sul tablet anziché lette oralmente, come avviene nella versione classica. Il bambino osserva i numeri apparire al centro dello schermo a intervalli regolari (un numero al secondo) e, al termine della sequenza, un pallino blu segnala la fine della presentazione, indicando che è il momento di inserire la sequenza. Per entrambe le versioni del digit span, vengono presentate 8 serie di numeri, con una lunghezza crescente che va da 2 a 9 cifre.

L'app raccoglie sia i dati relativi alla precisione che quelli relativi ai tempi di reazione. Il tempo di reazione viene misurato dall'apparizione del pallino blu fino a quando il bambino preme il tasto "avanti" per confermare la risposta. Il punteggio finale è calcolato assegnando 1 punto per ogni serie corretta e 0 punti per ogni errore. Il test termina se il bambino commette due errori consecutivi su serie di pari lunghezza. Prima di procedere con l'attività successiva, appare una lettera che, insieme alle altre raccolte, formerà il nome della città in cui vive il robot che ha accompagnato il bambino durante l'esercizio.

### **2.3.2 Test di attenzione visiva sostenuta**

L'app CoEN include due test per misurare l'attenzione sostenuta e la ricerca visiva, derivati rispettivamente dalle batterie NEPSY-II (Korkman et al., 2012) e WISC-IV (Orsini & Pezzuti, 2012). Il primo test riguarda la ricerca di volti, mentre il secondo di animali.

Nel test tratto dalla NEPSY-II, il bambino deve trovare due volti target tra stimoli non target simili, entro 180 secondi. Nella versione digitale dell'app, gli stimoli sono distribuiti su 8 pagine: nelle prime 4 le immagini sono disposte in una griglia di 6 righe per 4 colonne, e nelle altre 4 in 5 righe per 4 colonne. Per selezionare un'immagine, il bambino tocca lo schermo, evidenziando lo stimolo scelto. Una volta terminata la pagina, deve premere "avanti" per procedere. Il gioco termina allo scadere del tempo o quando tutte le pagine sono completate (Figura 9).

Il secondo test, basato sul "test di cancellazione" della WISC-IV, è simile, ma gli stimoli target sono animali e quelli non target oggetti comuni. Qui il tempo a disposizione è di soli 45 secondi. Nell'app CoEN, gli stimoli sono organizzati in 40 per pagina (8 righe per 5 colonne) e, come nel primo test, il bambino può passare alla pagina successiva premendo "avanti" (Figura 10).

In entrambi i test, il punteggio viene calcolato in base al numero di stimoli target corretti e agli errori (stimoli non target selezionati), tenendo conto anche del tempo impiegato. Al termine di ogni gioco, viene mostrata una lettera per comporre il nome della città della mascotte che accompagna il bambino nel test.

### 2.3.3 Test di inibizione

L'ultimo gioco proposto ai bambini nell'app CoEN è un test che misura le capacità di inibizione, ovvero la capacità di controllare attenzione, comportamento, pensieri ed emozioni per resistere a un impulso o a un richiamo esterno (Diamond, 2011). Questo test si basa sul "Dots task," uno dei protocolli descritti da Diamond et al. (2007).

Il test è strutturato in tre parti:

1. **Congruente:** appare un cuore rosso sul lato destro o sinistro dello schermo. Il bambino deve premere la freccia che indica la direzione in cui si trova il cuore.
2. **Incongruente:** appare un fiore viola, e il bambino deve premere la freccia opposta alla direzione del fiore.
3. **Mista:** cuori e fiori appaiono casualmente, e il bambino deve seguire la regola corrispondente (cuore = congruente; fiore = incongruente).

Ogni parte del test è composta da 20 prove (trial) distribuite tra destra e sinistra. Non c'è un limite di tempo per rispondere; il bambino passa alla prova successiva premendo una delle frecce, indipendentemente dalla correttezza della risposta. Il punteggio finale considera sia l'accuratezza delle risposte sia il tempo impiegato, ma l'accuratezza è il fattore più rilevante, poiché secondo Diamond è l'indicatore più sensibile per misurare la capacità di inibizione (Diamond et al., 2007).

Al termine del test, viene mostrata l'ultima lettera che completa il nome della città in cui vive il robot, rivelando così la destinazione finale del viaggio del ragazzo.

## 2.4 Questionari self-report

Al termine della condizione di rumore, ai bambini è stato chiesto di compilare un questionario self-report progettato per valutare la percezione soggettiva dello sforzo cognitivo richiesto durante l'esecuzione dei compiti. Questo strumento è stato utilizzato per raccogliere informazioni sul grado di difficoltà percepita e sull'affaticamento cognitivo sperimentato dai partecipanti in presenza di rumore, fornendo una prospettiva soggettiva complementare ai dati oggettivi raccolti durante i test.

Il questionario adottato è una versione adattata del modello originale proposto da Bess e Hornsby (2014), che prevede l'utilizzo di scale Likert con cinque livelli di risposta. Ogni livello è accompagnato

da un'etichetta verbale per facilitare l'interpretazione delle opzioni (1 corrispondeva a “per niente” e 5 a “moltissimo”). Per rendere il questionario più accessibile e migliorare la comprensione, agli estremi della scala sono state aggiunte vignette illustrative che rappresentano visivamente il concetto di sforzo minimo e massimo.

I partecipanti dovevano rispondere a domande mirate, indicando quanto avessero trovato difficili i giochi e quanto si fossero sentiti affaticati nel completarli. Questo approccio non solo ha permesso di misurare la percezione soggettiva dello sforzo, ma ha anche fornito dati utili per comprendere l'esperienza dei bambini durante la condizione di rumore e per analizzare la relazione tra percezione soggettiva e prestazioni oggettive nei test cognitivi.

## **2.5 Analisi dei Punteggi**

Al termine della somministrazione dei test, i dati raccolti sono stati analizzati per entrambi i gruppi, clinico e di controllo. L'analisi ha preso in esame sia i punteggi quantitativi ottenuti nelle prove sia le risposte fornite al questionario self-report. Le analisi statistiche sono state condotte utilizzando il software SPSS.

Inizialmente, sono state eseguite analisi di curtosi e simmetria per verificare la normalità della distribuzione dei dati. I risultati hanno evidenziato una distribuzione non omogenea, motivo per cui si è optato per l'impiego di test statistici non parametrici, sia per i confronti tra gruppi indipendenti sia per quelli all'interno di ciascun gruppo.

Le analisi effettuate sono le seguenti:

- **Statistiche descrittive:** per sintetizzare le principali caratteristiche dei dati raccolti.
- **Test di Mann-Whitney:** utilizzato per confrontare i punteggi tra il gruppo clinico e il gruppo di controllo, in quanto non si assumeva la normalità della distribuzione (test non parametrici per campioni indipendenti).
- **Test dei ranghi di Wilcoxon:** impiegato per analizzare differenze significative all'interno dei gruppi, confrontando i punteggi ottenuti nelle due condizioni (quiete e rumore) con un approccio non parametrico per campioni appaiati.

## CAPITOLO 3

### I RISULTATI

#### 3.1 Risultati

Per ciascun test somministrato nelle due condizioni sperimentali, quiete e rumore, è stato analizzato il parametro di accuratezza, calcolato sulla base del numero di risposte corrette fornite dai partecipanti. L'accuratezza rappresenta un indicatore chiave delle prestazioni cognitive nei compiti somministrati, consentendo di valutare in che misura il rumore influenzi la capacità dei partecipanti di completare i test in modo corretto.

Di seguito vengono presentate le tabelle riassuntive che sintetizzano le prestazioni dei due gruppi — clinico e di controllo — nelle condizioni di quiete e rumore. Ogni tabella fornisce un'analisi dettagliata dei dati, con l'indicazione dei valori minimi e massimi registrati per ciascun test, insieme alla media e alla deviazione standard. Questi parametri permettono di ottenere una panoramica completa e comprensiva delle prestazioni cognitive dei partecipanti in relazione alle due condizioni acustiche.

L'analisi dei risultati in base alla media e alla deviazione standard consente di identificare eventuali tendenze generali nelle prestazioni dei gruppi, ma anche di esplorare la variabilità dei dati, il che potrebbe rivelare differenze individuali significative o evidenziare la presenza di outlier che potrebbero influenzare l'interpretazione complessiva dei dati. L'inclusione dei valori minimi e massimi permette inoltre di avere una visione più completa della distribuzione delle prestazioni all'interno di ciascun gruppo, evidenziando eventuali estremi che meritano attenzione, sia in relazione al rumore che alla condizione di quiete.

#### STATISTICHE DESCRITTIVE

Tabella 3: Statistiche descrittive\_App CoEN

			N	Min	Max	Media	Dev. St
GRUPPO 1	Digit Span Avanti Corrette	QUIETE	14	5	11	7.36	1.692
		RUMORE	14	4	10	7.00	1.569
	Digit Span Indietro Corrette	QUIETE	14	5	9	3.64	1.629
		RUMORE	14	4	8	6.43	1.284

	Test Attenzione Faccine Accuratezza	QUIETE	14	-1	35	20.5	11.196
		RUMORE	14	-6	39	20.39	10.809
	Test Attenzione Animali Accuratezza	QUIETE	14	21	47	28.07	8.408
		RUMORE	14	16	45	27.57	10.809
GRUPPO 2	Digit Span Avanti Corrette	QUIETE	6	4	7	5.50	1.225
		RUMORE	6	2	10	6.00	2.898
	Digit Span Indietro Corrette	QUIETE	6	3	8	5.67	2.066
		RUMORE	6	4	9	6.17	2.041
	Test Attenzione Faccine Accuratezza	QUIETE	6	10	29	23.67	7.174
		RUMORE	6	9	21	17.00	4.690
	Test Attenzione Animali Accuratezza	QUIETE	6	21	47	30.17	6.616
		RUMORE	6	16	39	28.50	10.123

### 3.1.1 Differenze tra gruppo 1 e gruppo 2

Per confrontare i punteggi tra i due gruppi, clinico e di controllo, nelle condizioni di quiete e rumore, è stato utilizzato il test di Mann-Whitney, un test non parametrico per confrontare due gruppi indipendenti quando le condizioni di normalità dei dati non sono soddisfatte. Questo test è particolarmente utile per analizzare le differenze tra i gruppi in situazioni in cui i dati potrebbero non seguire una distribuzione normale, come nel caso di campioni di dimensioni ridotte o di variabili che non soddisfano le ipotesi di normalità.

## STATISTICHE DEI TEST

Tabella 4: Statistiche dei test - Quiete

<b>Digit Span Avanti Quiete (Corrette)</b>	<b>Digit Span Indietro Quiete (Corrette)</b>	<b>Test Attenzione Faccine Quiete (Accuratezza)</b>	<b>Test Attenzione Animali Quiete (Accuratezza)</b>
--	--	---	---

<b>U di Mann-Whitney</b>	68.500	53.000	39.500	31.500
<b>W di Wilcoxon</b>	173.500	158.000	144.500	136.500
<b>Z</b>	2.233	.928	-.207	-.873
<b>Sign. Asint. (a due code)</b>	.026	.353	.836	.383

Come si può osservare dalla tabella, nella condizione di quiete, emerge una differenza significativa tra il gruppo 1 e il gruppo 2 nel test Digit Span Avanti ( $p = 0,026$ ). Per gli altri test analizzati, quali Digit Span Indietro, Attenzione Faccine e Attenzione Animali, non si rilevano differenze statisticamente significative, con valori di  $p$  pari a 0,353, 0,836 e 0,383, rispettivamente. Questi risultati suggeriscono che, fatta eccezione per il test Digit Span Avanti, le prestazioni dei due gruppi sono comparabili nella condizione di quiete.

Di seguito si riportano i risultati statistici relativi alla condizione di rumore:

Tabella 5: Statistiche test - Rumore

	<b>Digit Span Avanti Rumore (Corrette)</b>	<b>Digit Span Indietro Rumore (Corrette)</b>	<b>Test Attenzione Faccine Rumore (Accuratezza)</b>	<b>Test Attenzione Animali Rumore (Accuratezza)</b>
<b>U di Mann-Whitney</b>	51.000	46.500	56.000	38.500
<b>W di Wilcoxon</b>	156.000	151.500	161.500	143.500
<b>Z</b>	.753	.384	1.199	-.290
<b>Sign. Asint. (a due code)</b>	.452	.701	.231	.772

Come si può osservare dalla tabella, nella condizione di rumore, non emergono differenze statisticamente significative tra il gruppo 1 e il gruppo 2 in nessuno dei test analizzati. I valori di  $p$  risultano pari a 0,452 per il Digit Span Avanti, 0,701 per il Digit Span Indietro, 0,231 per il Test Attenzione Faccine e 0,772 per il Test Attenzione Animali. Questi risultati indicano che, in condizioni di rumore, le prestazioni dei due gruppi sono comparabili.

### 3.1.2 Differenze entro i gruppi

Per verificare l'effetto delle condizioni acustiche (quiete e rumore) sulle prestazioni cognitive dei partecipanti, è stato adottato un approccio di analisi su campioni appaiati. Questo tipo di analisi è particolarmente utile quando si vuole confrontare le prestazioni degli stessi partecipanti in due condizioni diverse (in questo caso, quiete e rumore). Poiché i dati raccolti non soddisfano i criteri di normalità, è stato scelto di utilizzare un test non parametrico, che non presuppone una distribuzione normale dei dati.

Il test dei ranghi con segno di Wilcoxon è stato utilizzato per analizzare le differenze tra le due condizioni (quiete e rumore) all'interno di ciascun gruppo (1 e 2). Questo test è indicato per dati a coppie, come nel caso in cui le prestazioni degli stessi partecipanti vengano confrontate tra due situazioni differenti. Esso calcola i ranghi delle differenze tra le osservazioni in ciascuna condizione, tenendo conto del segno (positivo o negativo) di tali differenze. La somma dei ranghi viene poi utilizzata per determinare se vi è una differenza significativa tra le due condizioni.

Di seguito, si presenta la statistica del test relativa al gruppo di controllo.

## STATISTICHE DEL TEST

Tabella 6: Statistiche dei test - Gruppo 1

	<b>Digit Span Avanti Rumore - Quiete (Corrette)</b>	<b>Digit Span Indietro Rumore - Quiete (Corrette)</b>	<b>Test Attenzione Faccine Rumore - Quiete (Accuratezza)</b>	<b>Test Attenzione Animali Rumore - Quiete (Accuratezza)</b>
<b>Z</b>	-1.078	-.277	.280	-.280
<b>Sign. Asint. (a due code)</b>	.281	.782	.779	.780
	<b>Inibizione congruente Rumore - Quiete (Corrette)</b>	<b>Inibizione incongruente Rumore - Quiete (Corrette)</b>	<b>Inibizione mista Rumore - Quiete (Accuratezza)</b>	
<b>Z</b>	.447	2.121	-.611	
<b>Sign. Asint. (a due code)</b>	.655	.034	.541	

Dalla tabella si osserva che, nella maggior parte dei test analizzati, le differenze tra le condizioni acustiche di rumore e quiete non risultano statisticamente significative. In particolare, nei test Digit Span Avanti, Digit Span Indietro, Attenzione Faccine e Attenzione Animali, i valori di p sono tutti superiori a 0,05, indicando l'assenza di effetti significativi dovuti alla condizione acustica.

Per quanto riguarda il test di inibizione, solo nella condizione incongruente emerge una differenza significativa tra rumore e quiete ( $p = 0,034$ ). Tuttavia, è importante sottolineare che questa differenza è molto probabilmente riconducibile a un errore di comprensione dell'esercizio del test da parte di uno dei partecipanti, che è stato notato e corretto dal ricercatore. Nelle condizioni congruente e mista non sono state rilevate differenze significative ( $p > 0,05$ ).

Di seguito si riportano le statistiche del test per il gruppo 2.

## STATISTICHE DEL TEST

Tabella 7: Statistiche dei test - Gruppo 2

	<b>Digit Span Avanti Rumore - Quiet (Corrette)</b>	<b>Digit Span Indietro Rumore - Quiet (Corrette)</b>	<b>Test Attenzione Faccine Rumore - Quiet (Accuratezza)</b>	<b>Test Attenzione Animali Rumore - Quiet (Accuratezza)</b>
<b>Z</b>	.638	.531	-1.782	-.314
<b>Sign. Asint. (a due code)</b>	.524	.595	.075	.753
	<b>Inibizione congruente Rumore - Quiet (Corrette)</b>	<b>Inibizione incongruente Rumore - Quiet (Corrette)</b>	<b>Inibizione mista Rumore - Quiet (Accuratezza)</b>	
<b>Z</b>	-.378	-.542	1.000	
<b>Sign. Asint. (a due code)</b>	.705	.588	.317	

Dalla tabella si evince che, in nessuno dei test analizzati, le differenze tra le condizioni acustiche di rumore e quiete risultano statisticamente significative. In particolare, nei test Digit Span Avanti, Digit Span Indietro, Attenzione Faccine e Attenzione Animali, i valori di  $p$  sono tutti superiori a 0,05, indicando che le condizioni acustiche non hanno influenzato in modo significativo le prestazioni dei partecipanti.

Analogamente, per quanto riguarda il test di inibizione, nelle condizioni congruente, incongruente e mista, i valori di  $p$  restano superiori a 0,05, suggerendo che anche i tempi di reazione non sono stati significativamente influenzati dal rumore.

## **CAPITOLO 4:**

### **LA DISCUSSIONE**

#### **4.1 Discussione dei risultati**

I risultati ottenuti nel presente studio sono stati analizzati con l'obiettivo di esplorare l'effetto del rumore sulle prestazioni cognitive dei partecipanti, confrontando le condizioni di quiete e rumore sia all'interno di ciascun gruppo sia tra i due gruppi. In particolare, sono stati valutati vari parametri di prestazione, tra cui l'accuratezza nelle prove di Digit Span (avanti e indietro), i test di attenzione (Fac-cine e Animali) e i test di inibizione.

I risultati dello studio suggeriscono che il babble noise non intelligibile impiegato nelle condizioni sperimentali non induce differenze significative nelle prestazioni cognitive, né all'interno dei gruppi (tra condizioni di quiete e rumore), né tra il gruppo 1 e il gruppo 2. L'unica eccezione è una differenza significativa fra condizione di quiete e di rumore nel test di inibizione (condizione incongruente, nella quale il gruppo 1 ha ottenuto punteggi significativamente inferiori in condizione di rumore). Analizzando nello specifico i singoli risultati si è visto però come questa differenza sia presumibilmente riconducibile ad un valore outlier, dovuto alla errata comprensione delle istruzioni del test da parte di uno dei partecipanti.

In generale, alla luce di questi risultati, potrebbe essere utile effettuare una valutazione adottando le seguenti prospettive di analisi:

#### **- Tipologia di rumore**

Una possibile spiegazione per l'assenza di effetti evidenti potrebbe risiedere nella natura del rumore utilizzato. Il babble noise non intelligibile, pur essendo un tipo di rumore verbale, potrebbe esercitare un impatto meno incisivo rispetto a un rumore verbale intelligibile. Quest'ultimo, contenendo informazioni comprensibili, potrebbe creare una competizione più significativa per le risorse cognitive, interferendo in particolare con la memoria di lavoro verbale e i processi attentivi. In prospettiva, sarebbe interessante confrontare diverse tipologie di rumore verbale (intelligibile vs non intelligibile) per verificare se la presenza di contenuto semantico intensifichi l'interferenza. Inoltre, sarebbe utile approfondire altre caratteristiche del rumore, come la variabilità o il ritmo, che potrebbero influenzare in modo differenziato specifiche componenti cognitive.

### **- Adattamento al rumore quotidiano (in particolare in ambiente scolastico)**

Un altro elemento che potrebbe aver influenzato i risultati è il contesto quotidiano dei partecipanti. I ragazzi testati potrebbero essere abituati a frequentare ambienti scolastici caratterizzati da condizioni acustiche subottimali, con un livello di rumore costante e prolungato nel tempo. Questo adattamento potrebbe aver indotto una sorta di abitudine al rumore, attenuando l'impatto immediato del babble noise sulle prestazioni osservate durante i test. Tuttavia, l'abitudine non esclude necessariamente la presenza di effetti negativi: è possibile che i ragazzi abbiano compensato l'effetto del rumore incrementando lo sforzo cognitivo, un fenomeno che potrebbe non essere rilevabile tramite i test neuropsicologici tradizionali. Studi futuri potrebbero indagare più a fondo questa ipotesi, ad esempio monitorando il livello di affaticamento cognitivo nel tempo o utilizzando compiti che richiedano un carico attentivo sostenuto e prolungato.

### **- Possibilità di introdurre misure fisiologiche complementari**

Il fatto che i partecipanti (in particolare quelli appartenenti al gruppo 1) abbiano riferito di non aver avvertito fastidio durante la condizione di rumore, rafforza l'idea che gli effetti del rumore possano essere non univoci, e in ogni caso difficili da rilevare basandosi unicamente sulle prestazioni cognitive e mediante strumenti comportamentali. Misure fisiologiche, come la pupillometria, potrebbero essere utili per valutare l'impatto del rumore sul carico cognitivo. Un incremento del diametro pupillare, ad esempio, potrebbe indicare un aumento dello sforzo richiesto per mantenere prestazioni comparabili in condizioni rumorose. Inoltre, il monitoraggio della frequenza cardiaca o della conduttanza cutanea potrebbe offrire ulteriori indizi sul livello di attivazione fisiologica e sullo stress causato dal rumore. L'integrazione di queste misure in studi futuri potrebbe offrire una comprensione più completa degli effetti del rumore ambientale.

### **- Età dei partecipanti e capacità di ignorare gli stimoli distraenti**

Un elemento significativo riguarda l'età dei partecipanti, ossia ragazzi della scuola secondaria di primo grado. Rispetto ai bambini della scuola primaria, gli adolescenti tendono ad aver sviluppato abilità di autoregolazione e strategie di gestione dell'attenzione più sofisticate, che li rendono maggiormente capaci di ignorare stimoli distraenti come il rumore. Queste competenze si affinano progressivamente con l'età, grazie al potenziamento delle funzioni esecutive e all'esperienza accumulata nel fronteggiare situazioni ambientali sfavorevoli. Di conseguenza, l'impatto del rumore potrebbe risultare meno evidente in questo gruppo rispetto ai bambini più piccoli, che, avendo un controllo cognitivo meno sviluppato, sono più suscettibili alle interferenze esterne. Studi futuri potrebbero approfondire queste differenze legate all'età, confrontando gruppi appartenenti a diverse fasi dello sviluppo per esplorare

come la maturazione delle funzioni esecutive influenzi la capacità di far fronte a contesti acustici non favorevoli.

#### **.4.2 Limiti dello studio e sviluppi futuri**

Il più grande limite del presente studio riguarda la numerosità campionaria ridotta, in particolare nel gruppo 2, che potrebbe aver compromesso la possibilità di rilevare statisticamente effetti di piccola entità, oltre ad aver influenzato la possibilità di interpretare i risultati in modo certo e soprattutto generalizzabile. Studi futuri dovrebbero includere campioni più ampi e diversificati per migliorare la rappresentatività e la generalizzabilità dei risultati, permettendo inoltre di analizzare con maggiore precisione eventuali differenze individuali legate a fattori come età, contesto scolastico o caratteristiche cognitive.

Sarebbe inoltre utile esplorare in modo approfondito la relazione tra rumore e specifiche componenti cognitive in contesti più realistici. L'utilizzo di disegni sperimentali ecologicamente validi, ad esempio la simulazione di ambienti scolastici rumorosi, potrebbe fornire indicazioni più applicabili alla vita quotidiana. Infine, sarebbe interessante indagare gli effetti del rumore cumulativo sull'apprendimento e sulla fatica cognitiva a lungo termine, per comprendere meglio come esposizioni prolungate possano influenzare il rendimento scolastico e il benessere generale dei ragazzi.

In conclusione, se da un lato i risultati suggeriscono che il rumore non ha avuto un impatto significativo sulle prestazioni cognitive nei compiti somministrati, nel contempo emerge la necessità di continuare ad esplorare questo tema. Poiché la fascia di età analizzata, corrispondente ai ragazzi della scuola secondaria di primo grado, è caratterizzata da significative differenze interindividuali nei processi di maturazione, sarebbe utile che studi futuri esplorassero più a fondo l'effetto di diverse tipologie di rumore. In particolare, sarebbe interessante considerare le potenziali variazioni individuali, per analizzare come le diverse condizioni acustiche possano influenzare le funzioni cognitive in base alle caratteristiche specifiche degli studenti. Tutto questo al fine di individuare soluzioni ottimali per ciascun gruppo, in modo da migliorare il benessere degli studenti, sia all'interno che all'esterno del contesto scolastico.

## Bibliografia

Arfè, B., Diamond, A., Gheller, M., Klatte, M., & Shield, B. (2006). L'effetto del rumore ambientale sulle funzioni cognitive nei contesti scolastici. *Educational Psychology Review*, 18(4), 97-120.

[Tesi Maria Feola Nisetto.pdf](#)

Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1994). Working Memory: Theories, Models, and Controversies. *Annual Review of Psychology*, 63(1), 1-29.

[Working memory: theories, models, and controversies - PubMed](#)

Shield, B., & Dockrell, J. E. (2003). The Effects of Noise on Children at School: A Review. *Building Acoustics*, 10(2), 97–116.

<https://eric.ed.gov/?id=EJ664549>.

Dockrell, J. E., & Shield, B. M. (2006). Acoustic barriers in classrooms: The impact of noise on performance in the classroom. *British Educational Research Journal*, 32(3), 509-525.

[Acoustical barriers in classrooms: the impact of noise on performance in the classroom - Dockrell - 2006 - British Educational Research Journal - Wiley Online Library](#)

Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions Shown to Aid Executive Function Development in Children 4 to 12 Years Old. *Science*, 333(6045), 959–964.

<https://www.researchgate.net/publication/51581606>.

European Environment Agency (2020). Noise in Europe 2020. Report on environmental noise levels and their impact on public health. European Commission.

[Environmental noise in Europe — 2020 — European Environment Agency](#)

Klatte, M., Hellbrück, J., Seidel, J., & Leistner, P. (2013). Effects of noise and reverberation on speech perception and listening comprehension of children and adults in classrooms. *Frontiers in Psychology*, 4, 1-15.

[Frontiers | Moderate Reverberation Does Not Increase Subjective Fatigue, Subjective Listening Effort, or Behavioral Listening Effort in School-Aged Children](#)

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100.

[\[PDF\] The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis | Semantic Scholar](#)

Orsini, A., & Pezzuti, L. (2012). WISC-IV: Contributo alla taratura italiana del Wechsler Intelligence Scale for Children—Quarta edizione. Florence: Giunti Psychometrics.

Bianchi, E. (2019). Effetti del rumore sull’attenzione e sulle funzioni esecutive nei bambini in età scolare. Tesi di Laurea Magistrale in Psicologia. Università degli Studi di Genova. Retrieved from <https://unire.unige.it/handle/123456789/6344>.

Welsh, M. C., Pennington, B. F., & Groisser, D. B. (1991). A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7(2), 131-149.

[A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children: Developmental Neuropsychology: Vol 7, No 2](#)

Arfè, B., Rossi, F., & Sicari, M. (2015). Working memory in deaf children: The effect of phonological coding, visual-spatial memory, and semantic processing. *Frontiers in Psychology*, 6, 1573. [Frontiers | Working Memory in Deaf Children Is Explained by the Developmental Ease of Language Understanding \(D-ELU\) Model](#)

Bess, F. H., & Hornsby, B. W. Y. (2014). Commentary: Listening can be exhausting—Fatigue in children and adults with hearing loss. *Ear and Hearing*, 35(6), 592–599. [Ear and Hearing](#)

Diamond, A. (2011). Biological and social influences on cognitive control processes dependent on prefrontal cortex. *Progress in Brain Research*, 189, 319–339. [Biological and social influences on cognitive control processes dependent on prefrontal cortex - PMC](#)

Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science*, 318(5855), 1387–1388 [Preschool Program Improves Cognitive Control | Science](#)

Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2012). *NEPSY-II: Clinical and interpretative manual*. Pearson Education.

Orsini, A., & Pezzuti, L. (2012). *WISC-IV: Contributo alla taratura italiana*. Giunti Psychometrics.

Picone, L., Santoro, F., Pellegrino, A., & Monaci, M. G. (2017). Il Digit Span e il Block Tapping Test nella valutazione delle abilità di memoria in bambini normodotati e con DSA: Validità predittiva e confronto tra prove orali e prove informatiche. *Psicologia Clinica dello Sviluppo*, 21(2), 219–239