**Approcci partecipativi alla formazione docenti basati sulla** **progettazione iterativa di percorsi didattici**

**Italo TESTA***Dipartimento di Fisica “E. Pancini”, Università Federico II, Napoli*

**Abstract** La letteratura in didattica ha recentemente posto l’attenzione ad approcci alla formazione docenti basati su reti professionali, partenariati e comunità di pratica. Tali approcci permettono di costruire un ponte e al tempo stesso ridurre il divario tra la ricerca e la pratica scolastica. Nonostante questo interesse, la maggior parte delle innovazioni recentemente introdotte nei curricula scolastici della scuola secondaria superiore ha visto una marginale compartecipazione di insegnanti e ricercatori in didattica in questi processi. Ancora più sorprendentemente, anche in contesti di ricerca che sottolineano il ruolo degli insegnanti nella progettazione collaborativa dei materiali del curriculum, il modo in cui questa partecipazione è implementata è generalmente ignorato. In questo articolo si discuterà un approccio collaborativo alla formazione docenti nell’ambito di un percorso sulle proprietà ottiche dei materiali.

1. **Introduzione**

I ricercatori in didattica sostengono da molti anni l’efficacia degli approcci iterativi per sviluppare interventi validati empiricamente [1]. Nell’educazione scientifica, l’approccio iterativo è una caratteristica chiave per lo sviluppo di una sequenza di insegnamento/apprendimento [2-4]. In particolare, la strategia adottata in questo approccio consiste in una fase di “progettazione” basata sulla letteratura di ricerca, seguita da una fase di “implementazione”, i cui risultati sono alla base, attraverso feedback e analisi di riflessione, delle successive fasi di “riprogettazione” e “implementazione”, con conseguenti perfezionamenti della sequenza originariamente sviluppata. Ogni iterazione contribuisce a perfezionare gli obiettivi didattici, a migliorare le attività di insegnamento-apprendimento e a ottenere informazioni sulle concezioni degli studenti e sul contesto educativo in cui viene implementata la sequenza didattica. Tuttavia, tale processo è spesso implicito per gli insegnanti, pochi dei quali sono consapevoli in dettaglio di come i feedback ottenuti durante l’implementazione in classe sono discussi, elaborati e utilizzati nelle successive fasi di riprogettazione e implementazione per ottimizzare la sequenza. Per affrontare questo problema, in questo contributo, descriviamo come lo sviluppo iterativo di una sequenza sulle proprietà ottiche dei materiali è stato utilizzato come contesto di formazione insegnanti. In particolare, si mostrerà come i risultati delle fasi di attuazione in classe abbiano influito sulle successive fasi di riprogettazione del TLS, concentrandosi sulle decisioni e le successive modifiche apportate a ciascuna delle versione della TLS da parte degli insegnanti partecipanti al progetto.

1. **Quadro teorico**
	1. *Studi sulla progettazione e lo sviluppo di sequenze di insegnamento/apprendimento*

Nello sviluppo di attività didattiche in ambito scientifico, i ricercatori hanno sfruttato diversi framework di progettazione per il loro lavoro [5]. A livello europeo, Lijnse e i suoi colleghi [6] sono stati tra i primi a proporre una sequenza didattica sviluppata in modo iterativo, la cui struttura si componeva di cinque fasi: motivazione, domanda, indagine, applicazione e riflessione. In tale contesto, l’intervento iniziava tipicamente da uno scenario motivante, spesso formulato dagli studenti stessi con l’aiuto del docente, per poi evolversi verso un livello descrittivo e un livello teorico. La progettazione delle attività didattico-didattiche era legata alla raccolta di dati empirici, che consentono un successivo perfezionamento della sequenza iniziale [7]. Nello stesso periodo, Artigue [8] elaborava un approccio per lo sviluppo di sequenze didattiche basate su una metodologia di risoluzione dei problemi. L’approccio si concentrava sull’analisi a priori del contenuto lungo tre dimensioni della conoscenza: una dimensione epistemologica – che si riferisce ai contenuti da insegnare e alla loro genesi storica; una dimensione psico-cognitiva – che si riferisce all’analisi dello sviluppo cognitivo degli studenti; e una dimensione didattica – che si riferisce all’analisi del contesto didattico. Nel modello della ricostruzione educativa [9], la tradizione didattica tedesca sui contenuti scientifici è combinata con approcci costruttivisti all’insegnamento e all’apprendimento. In questo modello, l’adattamento didattico della conoscenza delle materie scientifiche è la chiave dello sviluppo delle attività didattiche. In tale processo, si tiene conto della struttura del contenuto scientifico, dell’analisi del significato educativo del contenuto e degli studi empirici sull’apprendimento degli studenti. Il processo è ciclico nel senso che i risultati dell’analisi preliminare della struttura dei contenuti influenzano la definizione degli obiettivi e degli studi empirici, i cui risultati, a loro volta, influenzano l’ulteriore analisi educativa e la elementarizzazione del contenuto. Più recentemente, Tiberghien e colleghi hanno sviluppato un approccio chiamato “dei due mondi” per la progettazione di attività didattiche attingendo all’epistemologia della science e alla teoria di Vygotsky dell’apprendimento [10]. I due mondi si riferiscono alla conoscenza della fisica e alla conoscenza quotidiana e condividono la modellizzazione come processo di guida. In tale approccio, la modellizzazione viene analizzata attraverso una prospettiva epistemologica e psico-cognitiva ed è concettualizzata come base per la conoscenza scientifica, e come la principale strada attraverso la quale gli studenti dovrebbero imparare i contenuti scientifici. Il framework dei cosiddetti Learning Demands [11] riunisce la prospettiva sociale-interattiva e personale del processo di apprendimento e identifica la lingua come la forma centrale di mediazione nel processo di insegnamento. Basato sulle concezioni alternative e sulle differenze tra i risultati di apprendimento degli studenti e gli obiettivi didattici relativi ad auna sequenza di apprendimento/insegnamento, il quadro mira a identificare gli obiettivi concettuali della sequenza e a chiarire la natura dell’apprendimento richiesto dagli studenti al fine di rendere significative interpretazioni personali del linguaggio scientifico. Infine, nel framework di Andersson e Bach [12], una sequenza didattica viene dettagliata in termini di attività e suggerimenti per gli insegnanti. Il carattere distintivo di queto framework è che una qualsiasi sequenza didattica dovrebbe anche delineare alcuni aspetti generali e fornire materiali pertinenti in modo che gli insegnanti stessi possano sviluppare autonomamente le attività pertinenti. Inoltre, il processo di progettazione dovrebbe includere approfondimenti sulle condizioni che favoriscono l’apprendimento di argomenti specifici in contesti educativi specifici.

A titolo esemplificativo, nel prossimo paragrafo, presenteremo alcuni studi empirici sulla progettazione e lo sviluppo di sequenze di apprendimento/insegnamento, concentrandosi sulla struttura e sulle modifiche della sequenza stessa.

* 1. *Progettazione e sviluppo di sequenze didattiche*

Komorek e Duit [13] usano esplicitamente il modello della ricostruzione educativa per progettare una sequenza riguardante i fenomeni non lineari. L’argomento specifico affrontato era la crescita dei frattali, tra cui l’instabilità dinamica, la stabilità strutturale, gli attrattori caotici e l’auto-somiglianza. Pur consentendo flessibilità e approfondimento dei processi di apprendimento degli studenti, la sequenza didattica proposta sembra piuttosto chiusa, senza alcuna descrizione delle successive modifiche basate su dati empirici. Allo stesso modo, Tiberghien e colleghi [14] discutono dello sviluppo di una sequenza sulla forza in meccanica in linea con il riferimento teorico dei “due mondi”. La sequenza era sviluppata in collaborazione con degli insegnanti ed è stato basata da tre cicli iterativi di attuazione delle attività didattiche nella pratica scolastica. Leach, Ametller & Scott [15] presentano un’applicazione del loro quadro teorico dei learning demands per sviluppare una sequenza didattica sul modello particellare della materia per studenti di età 11-12 anni. La sequenza è sviluppata in collaborazione con gli insegnanti come una serie di lezioni e segue una struttura aperta, con esempi elaborati e suggerimenti per gli insegnanti piuttosto che presentare una serie strutturata di attività. Anche Andersson e Bach [12] hanno sviluppato la loro sequenza didattica sull’ottica geometrica utilizzando un approccio collaborativo ed iterativo, sebbene non vengano riportati dettagli specifici sulle modifiche fatte alla versione originale in funzione dei risultati delle implementazioni.

1. **Un modello per la progettazione iterativa di percorsi didattici**

Il modello che si è discute in questo articolo è mostrato in Fig. 1. Fondamentalmente, la fase di progettazione include tutte le azioni intraprese dai progettisti per sviluppare la sequenza didattica. Il risultato è una serie di attività da implementare in un contesto scolastico. I risultati di tale implementazione vengono utilizzati per alimentare una fase di riprogettazione.



**Figura 1**. Schema di sviluppo iterativo di una sequenza didattica

Per analizzare i dati delle fasi di implementazione, si è concettualizzato lo sviluppo e il perfezionamento della sequenza didattica seguendo il modello di Pickering [16]. In questo modello, originariamente sviluppato per descrivere l’evoluzione delle pratiche scientifiche, una sequenza didattica è considerata come un prodotto scientifico nel campo della ricerca didattica, sottoposti a cambiamenti secondo i seguenti fattori: *educativo*, *materiale*, *scientifico*. Il fattore *educativo* comprende le variabili contestuali quotidiane dell'ambiente di apprendimento, come, ad esempio, la tradizione educativa, l’esperienza degli insegnanti, il tipo di amministrazione e i rapporti con i genitori degli studenti. Il fattore *materiale* include l’infrastruttura della scuola, ad esempio le forniture sperimentali, i dispositivi tecnologici (ad esempio, i PC o le lavagne interattive), materiali quotidiani e le aule di laboratorio. Il fattore *scientifico* riguarda la letteratura di riferimento nel cui ambito si è sviluppata la sequenza didattica (ad esempio, il costruttivismo, l’*inquiry-based science education*). Nel complesso, i tre fattori servono per categorizzare sia gli obiettivi didattici che e i risultati di apprendimento attesi, ma anche i cambiamenti e le modifiche successive che permettono di superare difficoltà incontrate durante l’implementazione (ad esempio la non chiarezza nella presentazione di un concetto o difficoltà legate alle attitudini degli insegnanti). Secondo questo modello, ogni modifica introdotta per migliorare la sequenza originale è associata ad uno o più fattori: in particolare, si considera che il fattore principale è quello *educativo* se la modifica è determinata dall’esperienza degli insegnanti e/o dai risultati di apprendimento degli studenti. In secondo luogo, una modifica è associata al fattore *scientifico* se è determinata dall’analisi della letteratura di riferimento. Infine, una modifica è associata al fattore *materiale* se è guidato da vincoli legati al contesto. Il processo permette quindi anche agli insegnanti che partecipano alla progettazione della sequenza didattica di migliorare le loro competenze nelle aree legate ai tre fattori.

Per descrivere nel dettaglio il processo iterativo presentiamo in questo articolo come abbiamo applicato il modello di Pickering ad una sequenza didattica sulle proprietà ottiche dei materiali [17-18].

* 1. *Descrizione della sequenza didattica sulle proprietà ottiche dei materiali*

La sequenza didattica sulle proprietà ottiche dei materiali si concentra sui legami tra applicazioni tecnologiche e la fisica, con le fibre ottiche usate come contesto tecnologico. Poiché il punto di partenza è un contesto motivante, la sequenza segue un approccio molto vicino a quello sviluppato nel progetto olandese PLON [6]. La prima versione della sequenza didattica si componeva di quattro fasi per un totale di circa 10 ore. Nella prima fase, le attività si concentrano sullo studio del comportamento della luce all’interfaccia tra i due materiali di cui è costituita una fibra ottica, nucleo e rivestimento. L’obiettivo didattico è far capire come e in quali condizioni la luce può essere guidata lungo uno specifico percorso e come le fibre ottiche assolvono esattamente a questa funzione. Quindi, nella seconda fase, i fenomeni di rifrazione e riflessione vengono interpretati come casi specifici di deviazione della luce dal percorso rettilineo. La descrizione quantitativa è data in termini di leggi dell’ottica geometrica, usando come idee chiave il modello a raggi, l’indice di rifrazione e l’angolo critico. Nella terza fase, il ruolo svolto dall’indice di rifrazione del materiale o dei materiali della fibra viene chiarito attraverso esempi concreti: in particolare, l’attenzione è rivolta agli indici di rifrazione del nucleo e del rivestimento che consentono alla luce di seguire uno specifico percorso nella fibra. Nella quarta e ultima fase, viene introdotta l’analisi di diversi tipi di fibre per facilitare la consapevolezza del motivo per cui fibre così diverse vengono utilizzate in molti campi diversi.

L’approccio pedagogico adottato è *l’inquiry* guidato, dove gli studenti sono tenuti a effettuare misurazioni il più possibile da soli, ad analizzare i dati per rispondere agli stimoli delle schede di lavoro e a sostenere le loro conclusioni con argomenti validi basati sulle osservazioni condotte. Viene inoltre utilizzato un approccio di modellizzazione descrittiva [19-20] per ricavare le leggi dell’ottica geometrica a partire da una foto del fenomeno acquisita mediante un’immagine acquisita da fotocamera digitale mediante il software Cabrì Geometre o Geogebra [21-22]. Nelle figure 2a-c riportiamo un esempio di modellizzazione proposta nella sequenza didattica.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| (a) | (b) | (c) |
| **Figura 2.** Esempio di modellizzazione utilizzata nella sequenza didattica sulle proprietà ottiche dei materiali: (a) esperimento con un getto d’acqua che fuoriesce da un foro di una vaschetta e attraverso il quale si propaga un raggio laser; (b) misura di angoli di incidenza e rifrazione in un esperimento di raggio laser che si propaga dall’acqua all’aria; (c) simulazione mediante Cabrì Geometre della propagazione di una raggio dall’acqua all’aria |

1. **Campione e strumenti**

Cinque insegnanti di fisica in servizio presso cinque licei scientifici di Napoli e provincia, hanno partecipato allo studio. Gli insegnanti erano laureati in fisica (2) e matematica (3) con un’esperienza di insegnamento di oltre 20 anni (esperienza media = 19.6 ± 8.6 anni). Tutti gli insegnanti coinvolti implementavano all’epoca della sperimentazione almeno 2 ore di laboratorio in una settimana. Per il ciclo iterativo, sono stati raccolti i seguenti dati: suggerimenti di esperti e insegnanti; fogli di lavoro degli studenti, questionari pre e post- e registrazioni video. Il processo di iterazione ha richiesto due cicli di implementazione coinvolgendo complessivamente 44 studenti: 9 studenti sono stati coinvolti nel primo ciclo, 35 nel secondo ciclo.

1. **Risultati**

Nel complesso, dopo il primo studio sono stati effettuate sette tipi di modifiche alla sequenza didattica sulle fibre ottiche. Tre modifiche riguardavano le scelte progettuali: 1) le attività di laboratorio sono state spostate dalla prima alla seconda fase; 2) è stato raffinato l’approcci alla modellizzazione; 3) si è enfatizzato il ruolo delle fibre ottiche come tema trainante per motivare gli studenti introducendo uno scenario completo incentrato sull’uso delle fibre soprattutto nelle telecomunicazioni.

Il primo cambiamento, ad esempio, è stato determinato dalla osservazione che era difficile per gli insegnanti introdurre attività di laboratorio sin dall’inizio della sequenza. Le osservazioni in aula e i colloqui post-lezione hanno dimostrato che gli insegnanti coinvolti dovevano dedicare troppo tempo alle osservazioni qualitative. Per questo motivo, questo cambiamento è stato associato al fattore *educativo*. Il terzo cambiamento è stato determinato da una *review* della letteratura da cui è emersa la necessità di inquadrare le conoscenze tecnologiche nell’insegnamento dei contenuti scientifici affrontati nel curricolo. Per tale motivo, questa modifica è stata associata al fattore *scientifico*. Le restanti quattro modifiche riguardavano il contenuto scientifico affrontato nella sequenza: 4) l’ordine di presentazione convenzionale delle leggi dell’ottica geometrica è stato modificato, affrontando prima la rifrazione e poi la riflessione al fine di concentrarsi fin dall’inizio sulla deviazione del fascio e di correlare meglio i risultati di diversi esperimenti; 5) gli insegnanti hanno chiarito meglio le ipotesi alla base del modello a raggi dell’ottica geometrica; 6) il ruolo dell'indice di rifrazione di un materiale sul comportamento della luce quando si propaga in quel materiale è stato approfondito attraverso specifiche attività dimostrative; 7) si è posto maggiormente l’accento sulla relazioni matematiche che descrivono il funzionamento delle fibre ottiche.

Ad esempio, il quarto e il quinto cambiamento sono stati guidati dal fatto che l’osservazione di una visibilità diversa di un raggio laser in acqua e aria aveva portato gli studenti a trascurare la deviazione del fascio quando attraversava l’interfaccia tra i due materiali, concentrandosi solo sui possibili fattori che influenzavano la visibilità della luce. L’osservazione che un insegnante aveva utilizzato la fibra ottica solo come contesto iniziale tralasciando il comportamento delle fibre anche dopo l’introduzione delle leggi geometriche sull’ottica, ha motivato l’ultima modifica. In generale, tutte queste modifiche sono state tutte associate al fattore *educativo*.

Dopo la seconda implementazione sono state apportate ulteriori cinque modifiche. Le prime due riguardavano: 1) l’eliminazione di alcuni esperimenti qualitativi nella prima fase; e 2) l’unificazione nella stessa sessione dello scenario e degli esperimenti per correlare più strettamente l’oggetto tecnologico (la fibra ottica) con i concetti scientifici alla base del suo comportamento. La ragione di questi cambiamenti si basava sulla percezione degli insegnanti che il divario di tempo dedicato alla presentazione dello scenario e alla prima attività aveva portato ad alcune ripetizioni superflue. Poiché entrambi erano stati suggeriti dall’esperienza degli insegnati, questi cambiamenti sono stati associati al fattore *educativo*. Altre due modifiche riguardavano il contenuto scientifico della sequenza: 3) le leggi della riflessione e della rifrazione sono state presentate come due aspetti collegati della deviazione della luce, che si verificano contemporaneamente; 4) introduzione della determinazione dell’apertura numerica di una fibra utilizzando solo il ragionamento geometrico e gli indici di rifrazione del nucleo e del rivestimento. L’ultimo cambiamento è stato guidato dai risultati di apprendimento degli studenti nel questionario post-istruzione, che ha suggerito che la fibra ottica può essere vista semplicemente come un’applicazione tecnologica dei concetti scientifici, trascurando la rilevanza delle leggi fisiche nella progettazione della fibra ottica. Per questo motivo, questi cambiamenti sono stati associati al fattore *educativo*. Un ultimo cambiamento, associato al fattore *materiale*, è stato introdotto dopo questa seconda iterazione: 5) possibilità per l’insegnante di presentare in prima persona i risultati delle misure con Cabrì a causa della mancanza di postazioni dotate di PC. Riepiloghiamo in Tabella 1 i principali cambiamenti apportati alla sequenza iniziale dopo le due fasi di implementazione e ri-progettazione.

|  |
| --- |
| **Tabella 1.**  Riepilogo delle modifiche alla sequenza didattica sulle fibre ottiche |
| Fattore | Primo ciclo di iterazione  | Secondo ciclo di iterazione |
| *Educativo* | * rimodulazione attività di laboratorio;
* modifica del tipo di modellizzazione adottata;
* introduzione del contesto basato sulle fibre ottiche
 | * eliminazione di esperimenti qualitativi nella fase iniziale
* unificazione scenario/esperimenti
 |
| *Scientifico* | * modifica ordine di presentazione dei concetti
* chiarimento delle ipotesi del modello a raggi
* chiarimento del ruolo dell’indice di rifrazione
* introduzione delle relazioni matematiche che descrivono il funzionamento delle fibre ottiche
 | * modifica modalità di presentazione delle leggi dell’ottica geometrica
* determinazione caratteristiche tecniche delle fibre ottiche
 |
| *Materiale* |  | * esplorazione delle attività con Cabrì guidata dal docente
 |

1. **Discussione**

I risultati presentati offrono la possibilità di inquadrare lo sviluppo di sequenze didattiche in termini di formazione insegnanti. Prima di tutto, gli insegnati coinvolti hanno potuto familiarizzarsi con una sequenza didattica sull’ottica geometrica risultato molto innovativa rispetto al sillabo di fisica. A livello di scuola secondaria in Italia, infatti, sebbene in generale l’insegnamento della fisica sia focalizzato sull’utilizzo di semplici modelli matematici e sulla discussione di applicazioni nella vita di tutti i giorni di tali modelli, le leggi dell’ottica geometrica sono spesso trattate con un approccio trasmissivo senza una base sperimentale adeguata e oltretutto senza legami con contesti quotidiani o tecnologici. Al contrario, la sequenza didattica sulle proprietà ottiche dei materiali era proprio finalizzata a costruire le leggi dell’ottica geometrica a partire da semplici esperimenti e applicazioni delle fibre nelle telecomunicazioni. Partecipando al processo di progettazione e revisione, gli insegnanti coinvolti hanno potuto familiarizzarsi con un approccio che può essere utile anche per introdurre altri contenuti del sillabo di fisica (es. circuiti, corpi rigidi, meccanica quantistica). Inoltre, gli insegnanti hanno potuto sperimentare anche come modificare alcuni aspetti della sequenza didattica per la propria pratica scolastica senza stravolgerne il razionale inziale. Non è quindi casuale che il fattore che ha maggiormente influito sul processo di modifica iterativa sia stato il fattore educativo.

I perfezionamenti relativi al fattore scientifico, vale a dire quelli ispirati dalla letteratura in didattica sono stati più limitati ma sono stati più profondi e significativi, perché hanno influenzato i principi di progettazione della sequenza. Anche in questo caso, gli insegnanti coinvolti hanno potuto acquisire competenze riguardanti l’approccio *inquiry* o sull’integrazione pedagogica tra i contenuti scientifici e tecnologici, promuovendo al contempo la partecipazione attiva dei loro studenti alle attività [23]. Queste evidenze suggeriscono che l’approccio collaborativo alla formazione insegnanti può aumentare la diffusione degli approcci innovativi nella pratica scolastica.

Una seconda importante implicazione è che gli insegnanti coinvolti hanno acquisito la competenza di affrontare contenuti presenti nel sillabo di fisica costruendo contesti motivanti ed al contempo utile ad affrontare esplicitamente misconcezioni degli studenti sugli argomenti trattati. Come da loro stessi riportato in sede di progettazione, il compito di progettare lo scenario per introdurre le fibre ottiche è stato quello più difficile. Ciò sembra suggerire che molto raramente gli insegnanti coinvolti avevano avuto la possibilità di includere un contesto o scenario nel loro insegnamento, siano essi legati alla tecnologia o alla società [24]. L’esempio discusso delle proprietà ottiche dei materiali suggerisce che con l’approccio collaborativo è possibile familiarizzare gli insegnanti con la progettazione di scenari motivanti e non banali e che non si riducono ad una lezione frontale utilizzata per descrivere l’applicazione del contenuto che si andrà ad affrontare o ad un esperimento di laboratorio, il quale può essere più proficuamente utilizzato per progettare soluzioni allo scenario proposto senza fornire tutte le informazioni necessarie prima di effettuarlo. Tuttavia, come sottolineato anche da uno degli insegnanti coinvolti, la capacità di progettare scenari didatticamente efficaci richiede anche il superamento della convinzione che gli studenti dovrebbero conoscere tutti i dettagli tecnici di un oggetto tecnologico (come la fibra ottica) per poter discutere adeguatamente dello scenario proposto. Tale attenzione all’informazione tecnica può far trascurare la possibilità di discutere lo scenario per motivare allo studio del contenuto scelto.

Infine, il fatto che siano state poche le modifiche guidate dal fattore *materiale* suggerisce che l’approccio collaborativo può aiutare a superare l’idea per la quale i vincoli legati al particolare contesto scolastico siano l’ostacolo più importante nell’attuazione di approcci innovativi. Pertanto, i nostri risultati mostrano che l’approccio collaborativo può aiutare gli insegnanti a superare queste idee al fine di ridurre le barriere che impediscono l’introduzione di approcci innovativi nella pratica scolastica.

1. **Implicazioni e conclusioni**

Riepilogando i risultati ottenuti, è possibile dedurre le seguenti implicazioni. Le modifiche alla sequenza didattica originaria possono essere differenziate in base al fattore a cui sono correlati. In generale, il fattore educativo è legato all’esperienza degli insegnanti e determina le modifiche necessarie ad affrontare le difficoltà degli studenti, mentre il fattore scientifico determina i cambiamenti finalizzati a minimizzare l’impatto degli approcci didattici innovativi basati sulla ricerca nella prassi scolastica abituale. Poiché i suggerimenti degli insegnanti sono stati alla base di molti dei cambiamenti eseguiti, il nostro studio mostra come l’approccio collaborativo alla formazione degli insegnanti può favorire l’adozione di sequenze didattiche innovative nella pratica di classe. La mancanza di tale formazione può portare gli insegnanti a trasformare l’approccio proposto piuttosto che la loro pratica. Infine, i ricercatori dovrebbero identificare le condizioni di sostegno e i vincoli che ostacolano la fase di progettazione di una sequenza didattica. Nei casi descritti nel presente studio, le condizioni di supporto relative ai docenti erano, ad esempio, l’abitudine di incorporare esperimenti nella prassi abituale, la conoscenza degli aspetti epistemologici legati alla scienza, la consapevolezza delle difficoltà di apprendimento degli studenti sull'argomento specifico affrontato. Allo stesso modo, i fattori principali che hanno spesso condizionato l’implementazione in classe della sequenza didattica sono stati, ad esempio, i vincoli legati all’orario scolastico, i prerequisiti degli studenti o la scarsa abitudine degli studenti nel rispondere alle domande dei fogli di lavoro. La formazione insegnanti promossa durante la progettazione della sequenza può essere quindi utile per anticipare queste difficoltà. La figura 3 riassume il modello partecipativo adottato nel presente studio. Per maggiori dettagli si veda [25].



**Figura 3.** Modello partecipativo alla formazione insegnanti [25]

Nel complesso, il nostro studio fornisce utili esempi di come la progettazione iterativa di sequenze didattiche possa essere utilizzata per la formazione insegnante. Seguendo tali esempi, i ricercatori potranno descrivere in dettaglio non solo lo sviluppo di qualsiasi sequenza didattica ma anche documentare come sono stati formati gli insegnanti che andranno ad implementare la sequenza nella propria pratica.

1. **Riferimenti**

[1] Collins A Joseph D & Bielaczyc K 2004 *J. Learn. Sc.* **13** 15

[2] Psillos D & Kariotoglou P 2016 In D Psillos & P Kariotoglou (eds) *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences* (Dordrecht: Springer Science+Business Media) pp 11- 34

[3] Psillos D Molohidis A Kallery M & Hatzikraniotis E 2016 In D Psillos & P Kariotoglou (eds) *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences* (Dordrecht: Springer Science+Business Media) pp 287- 329

[4] Testa I & Monroy G 2016 In D Psillos & P Kariotoglou (eds) *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences* (Dordrecht: Springer Science+Business Media) pp 233-286

[5] Duschl R Maeng S & Sezen A 2011 *St. Sc. Ed.* **47** 123

[6] Eijkelhof H & Lijnse P 1988 *Int. J. of Sc. Ed.* **10** 464

[7] Lijnse P L 1995  *Sc. Ed.*  **79** 189

[8] Artigue M 1988 *Rech. Did.mathém.*  **9** 281

[9] Duit R Gropengieber H Kattmann U Komorek M & Parchmann I 2012 *Cult. Persp. in Sc.* **5** 13

[10] Buty C Tiberghien A & Le Maréchal J F 2004 *Int. J. of Sc. Ed.* **26** 579

[11] Leach J & Scott P 2002 *St. in Sc. Ed.* **38** 115

[12] Andersson B & Bach F 2005 *Sc. Ed.* **89** 196

[13] Komorek M & Duit R 2004 *Int. J. of Sc. Ed.* **26** 619

[14] Tiberghien Α Vince J & Gaidioz P 2009 *Int. J. of Sc. Ed.* **31** 2275

[15] Leach J Ametler J & Scott P 2010 In K Kortland & K Klaassen (Eds) *Designing theory-based teaching – Learning sequences for science education* (Utrecht: CD Beta Press – Fisme Utrecht University) pp 7–35

[16] Pickering A 1995 *The mangle of practice* (Chicago: The University Chicago Press)

[17] Testa I Monroy G Lombardi S & Sassi E (2016) In D Psillos & P Kariotoglou (eds) *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences* (Dordrecht: Springer Science+Business Media) pp 101-125

[18] Testa I Lombardi S 2011 *G. di Fis.* **52** 33

[19] Sassi E 2001 In R Pinto & S Surinach (Eds) *Physics teacher education beyond 2000* (Paris: Elsevier) pp 57–64

[20] Lijnse P L 1998 In Tiberghien A Leonard Jossem E & Barojas J (Eds) *Connecting research in physics education with teacher education* (Paris: International Commission on Physics Education)

[21] Monroy G Testa I & Lombardi S 2008 In E van den Berg T Ellermeijer & O Slooten (Eds) *Modelling in physics and physics education* (Amsterdam: University of Amsterdam) pp 299–307

[22] Testa I Lombardi S 2007 *G. di Fis.* **48** 151

[23] Bybee R W 2006 In L B Flick & N G Lederman (Eds ) *Scientific inquiry and nature of science* (Dordrecht: Springer) pp 1–14

[24] Klosterman M Sadler T & Brown J 2012  *Res. in Sc. Ed.* **42** 51

[25] Couso D 2016 In D Psillos & P Kariotoglou (eds) *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences* (Dordrecht: Springer Science+Business Media) pp 47-71