CAPITOLO

4

Il progetto: dall'analisi alla proposta

Un progetto comincia quando si smette di chiedersi che cosa disegnare e ci si chiede che cosa serve, a chi e in quale luogo.

OBIETTIVI

1. Distinguere un progetto da un disegno e riconoscere i due tipi di proposta chiesti dalle Indicazioni: la modifica dell'esistente e il progetto ex novo.
2. Seguire le fasi del processo progettuale: programma funzionale, analisi del sito, concept, alternative, verifica e sviluppo.
3. Dimensionare ambienti, scale e rampe con le misure del corpo e con i valori di riferimento dell'appendice D, progettando per tutti.
4. Scegliere struttura e materiali in modo consapevole e impostare un progetto bioclimatico con orientamento, schermature, ventilazione naturale e verde.
5. Rappresentare e comunicare un progetto con disegni in scala, assonometria, plastico, modello 3D, tavola di presentazione e relazione illustrativa.

INDICE DEL CAPITOLO

4.1 Progettare: un bisogno, un luogo, una forma 2
4.2 Il processo progettuale 3
4.3 Misurare sul corpo: dimensionamento e accessibilità 6
4.4 Struttura, materiali e sostenibilità 9
4.5 Due progetti svolti 11
4.6 Rappresentare e comunicare il progetto 17

Disegno e Storia dell'arte 5 · Parte I · Rilevare e progettare · versione 1.0
Capitolo 4: Il progetto: dall'analisi alla proposta · pagine 93–118 del volume completo · estratto per lo studio

Nei primi tre capitoli hai usato il disegno per conoscere ciò che esiste: hai schizzato dal vero, hai misurato e restituito un edificio, hai letto e rilevato una piazza. Questo capitolo rovescia la direzione. Il disegno non serve più a descrivere com'è un luogo, ma a immaginare come potrebbe diventare: una rampa che permetta a tutti di entrare in biblioteca, una pergola che faccia ombra in un cortile assolato, un piccolo padiglione in un parco. È il passaggio dall'**analisi** alla **proposta**, che le Indicazioni nazionali chiedono per l'ultimo anno.

Non diventerai un architetto in poche pagine, ma imparerai il metodo con cui un progetto nasce: partire da un bisogno e da un luogo, cercare un'idea, confrontare più soluzioni, verificarle con le misure del corpo, con le norme e con il sole, e presentarle con chiarezza. Ti servirà anche per presentare un tuo lavoro grafico al colloquio dell'esame di Stato e per leggere gli edifici del Novecento dei capitoli di storia.

4.1 Progettare: un bisogno, un luogo, una forma

4.1.1 Che cos'è un progetto

Un **progetto** è la risposta a un bisogno, in un luogo preciso, con una forma che si possa costruire. Ognuna delle tre parole conta. Il **bisogno** è di qualcuno: gli studenti che nell'intervallo non hanno un posto all'ombra, una compagna in sedia a ruote che non può salire i tre gradini della biblioteca, un quartiere che vorrebbe un luogo tranquillo dove leggere. Il **luogo** ha il suo sole, il suo vento, i suoi vicini, la sua storia e i suoi vincoli. La **forma costruibile** deve stare in piedi, con materiali e costi ragionevoli, e deve poter essere usata davvero.

Se togli una delle tre parole, il progetto scompare. Un bel disegno che non risponde a nessun bisogno è un esercizio di stile; un bisogno senza un luogo resta un desiderio; una forma che non si può costruire è un'immagine. Per questo un progetto non comincia dal disegno, ma da domande: *che cosa serve, a chi, dove, perché?*

Il progetto usa gli stessi strumenti del rilievo, ma con un ruolo opposto. Nel rilievo le linee seguono le misure: si disegna ciò che c'è e si risponde alla domanda «com'è?». Nel progetto le misure seguono le decisioni: si disegna ciò che ancora non c'è, e si risponde alla domanda «come potrebbe essere, e perché così?». Ogni linea è un'ipotesi da verificare e deve poter essere giustificata da un bisogno, da un dato del luogo, da una misura, da una norma o dall'idea guida.

4.1.2 Modificare l'esistente o costruire ex novo

Le Indicazioni nazionali parlano di «semplici proposte progettuali di modifica dell'esistente o da realizzare ex-novo». Sono due situazioni diverse, e conviene distinguerle subito.

La **modifica dell'esistente** interviene su un edificio o su uno spazio che c'è già: una rampa davanti a un ingresso, una pergola in un cortile, un'aula trasformata in laboratorio, una piazza ridisegnata. Comincia sempre da un rilievo (capp. 2 e 3), perché non si può modificare ciò che non si conosce, e chiede rispetto: per ciò che funziona, per i materiali, per la storia del luogo. Spesso conviene scegliere interventi **leggeri e reversibili**, che si possano togliere senza danneggiare ciò che c'era prima. Se l'edificio è un bene culturale tutelato dal Codice dei beni culturali e del paesaggio (D.Lgs. 42/2004), ogni intervento deve essere autorizzato dalla Soprintendenza: è il modo in cui lo Stato attua la tutela del patrimonio prevista dall'articolo 9 della Costituzione.

Il **progetto ex novo** costruisce qualcosa di nuovo su un'area libera: un padiglione in un parco, una piccola scuola, una casa. La libertà è maggiore, ma non è assoluta: anche un prato vuoto ha un orientamento, una pendenza, degli alberi, delle strade vicine e delle viste, e un buon progetto nasce proprio da queste condizioni. Oggi, d'altra parte, gran parte del lavoro degli architetti è di modifica: riusare edifici esistenti consuma meno suolo e meno materiali che costruirne di nuovi, come vedrai nel cap. 16.

Le Indicazioni aggiungono che «l'equilibrio tra l'uso del disegno in funzione dell'analisi e come strumento di ricerca progettuale è affidato all'esperienza e alle scelte didattiche di ciascun docente». Il tuo insegnante potrà quindi dare più spazio al rilievo o al progetto, e scegliere i temi; questo capitolo ti offre il metodo per entrambi i tipi di proposta.

APPROFONDIMENTO

Il più antico trattato di architettura giunto fino a noi, il *De architectura* di Vitruvio (I secolo a.C.), che hai incontrato nei volumi precedenti, chiede che ogni edificio sia pensato tenendo conto di tre qualità: «*Haec autem ita fieri debent, ut habeatur ratio firmitatis, utilitatis, venustatis*» (I, 3, 2), cioè «tutte queste opere devono essere fatte in modo che si tenga conto della solidità, dell'utilità e della bellezza».

È ancora un buon controllo: la *firmitas* riguarda struttura e materiali, l'*utilitas* programma, misure e accessibilità, la *venustas* forma, proporzioni e rapporto con il luogo. Un progetto che ne trascura una è incompleto.

4.2 Il processo progettuale

Progettare non è una sequenza lineare di passaggi, ma un ciclo che si ripete (Figura 4.1). Si parte dall'analisi, si cerca un'idea, la si verifica, la si sviluppa; e ogni sviluppo fa nascere domande nuove, che riportano all'analisi. A ogni giro il progetto si precisa e lo si disegna in una scala più grande: prima i volumi nel sito, a 1:500 o 1:200; poi gli spazi e la struttura, a 1:100; infine i materiali e i dettagli, a 1:50 e oltre.

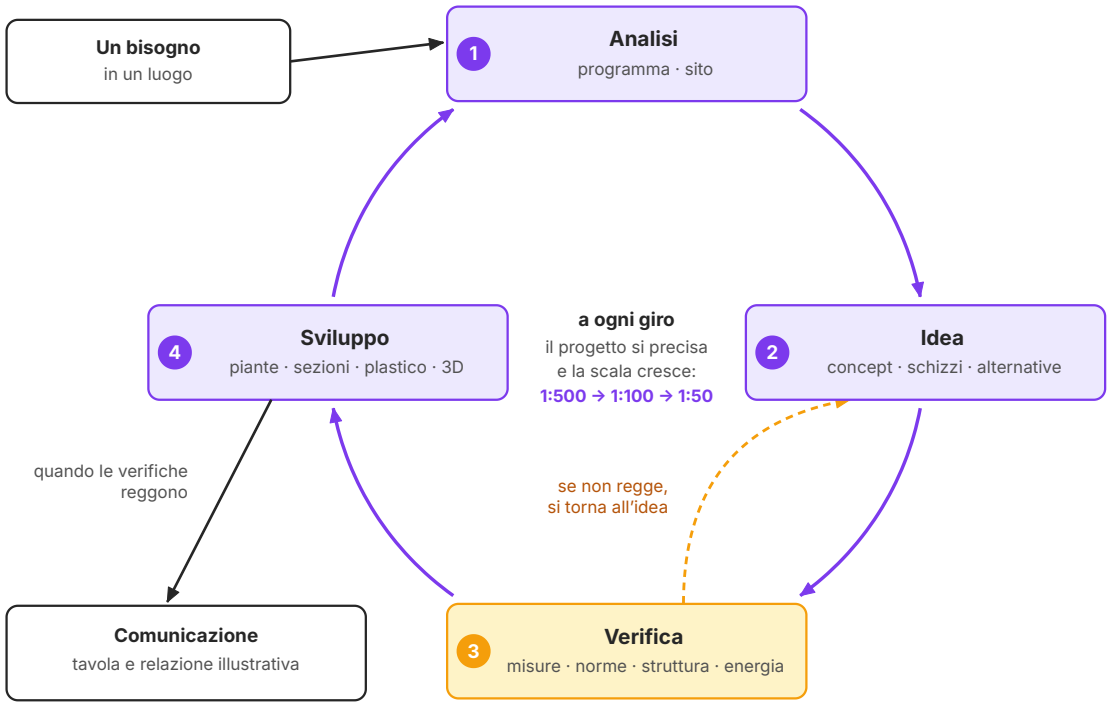


Figura 4.1 Il processo progettuale come ciclo. Da un bisogno, in un luogo, si passa all'analisi, all'idea, alla verifica e allo sviluppo; se una verifica non regge si torna indietro. A ogni giro il progetto si precisa e la scala del disegno cresce; quando le verifiche reggono, il progetto si comunica con la tavola e la relazione.

4.2.1 Il programma funzionale

Il primo documento di un progetto non è un disegno, ma un elenco. Il **programma funzionale** dice chi userà lo spazio, per quali attività, quali ambienti servono, quanto devono essere grandi e quali relazioni devono avere tra loro: è lo *schema funzionale* del vol. 4, cap. 4, letto al contrario, cioè prima che l'edificio esista. Accanto alle superfici il programma fissa i **requisiti**, cioè le qualità che ogni spazio deve avere: luce naturale, silenzio, una vista, l'assenza di gradini, la possibilità di chiudere a chiave.

Per scrivere un buon programma si ascoltano gli utenti (un'intervista ai compagni o ai bibliotecari vale più di molte ipotesi), si osserva come lo spazio è usato oggi e si studiano **casi analoghi**, cioè edifici nati per bisogni simili. Un programma onesto distingue poi l'indispensabile da ciò che sarebbe bello avere: quando spazio o denaro non bastano, si sa che cosa sacrificare.

4.2.2 L'analisi del sito

L'**analisi del sito** applica al luogo del progetto i metodi del cap. 3. Le domande principali sono sempre le stesse:

- **sole e orientamento**: dove sorge e dove tramonta il sole, quali parti restano in ombra e in quali stagioni (a mezzogiorno il sole è a sud; sorge a est e tramonta a ovest agli equinozi, più verso nord d'estate e più verso sud d'inverno; d'estate è alto, d'inverno basso);
- **vento e clima**: da dove arrivano i venti freddi e le brezze d'estate, dove si accumula il caldo;
- **accessi e percorsi**: da dove si arriva a piedi, in bicicletta, in auto, con i mezzi pubblici;
- **viste e rumori**: che cosa si vede di bello e che cosa conviene nascondere; da dove arriva il rumore;
- **suolo, verde e acqua**: pendenze, alberi da conservare, dove scorre e dove ristagna la pioggia;
- **vincoli e storia**: edifici tutelati, distanze da rispettare, regolamenti locali, tracce del passato.

Il risultato è la carta delle **criticità** e delle **potenzialità** del cap. 3: un buon progetto risolve le prime e sfrutta le seconde.

4.2.3 Il concept e gli schizzi di progetto

Tra l'analisi e il disegno in scala c'è il momento più difficile: trovare un'idea. Gli architetti la chiamano **concept**, con una parola inglese che significa *idea guida*: una scelta di fondo, che si può dire in una frase e disegnare in uno schema, e che orienta tutte le scelte successive. «Una lama di legno aperta verso il lago e chiusa verso la strada» è un concept; «un edificio moderno e funzionale» non lo è, perché non aiuta a decidere nulla.

Il concept si cerca disegnando: con gli **schizzi di progetto** del cap. 1, rapidi e numerosi, e con i **diagrammi**, disegni astratti di frecce, bolle e campiture che mostrano relazioni (dove entra il sole, da dove si arriva, quali spazi stanno vicini). Qui la matita morbida è meglio del computer: costringe a pensare in grande, senza perdersi nei millimetri.

4.2.4 Alternative, verifica e sviluppo

Una sola idea non basta. Disegnare almeno due o tre **alternative**, cioè risposte davvero diverse allo stesso programma, e confrontarle con gli stessi criteri (luce, percorsi, vista, costo, semplicità costruttiva) è il modo più sicuro per scegliere bene, e per saper spiegare perché si è scelto così.

La soluzione scelta va poi sottoposta a una **verifica**: le misure sono sufficienti per le attività? Le norme sono rispettate? La struttura è plausibile? Che cosa succede d'estate e d'inverno? Se la risposta è no, si torna indietro, fino all'idea o addirittura al programma: è la freccia tratteggiata

della Figura 4.1. Solo quando le verifiche reggono si passa allo **sviluppo**, con piante, sezioni, prospetti, viste e modelli sempre più precisi.

ERRORE FREQUENTE

Innamorarsi della prima idea. La prima soluzione che viene in mente è quasi sempre la più ovvia, e lo studente tende a difenderla anche quando le verifiche dicono che non funziona, aggiustando qua e là invece di ripensare. Rimedio: prima di sviluppare, disegna almeno una seconda alternativa davvero diversa, e confrontale per iscritto con gli stessi criteri. Se la prima vince, sarai sicuro che sia la migliore; se perde, avrai risparmiato molto lavoro.

IN SINTESI

1. **Bisogno e programma**: chi, che cosa, quanto spazio, con quali requisiti.
2. **Analisi del sito**: sole, vento, accessi, viste, rumori, verde, vincoli; criticità e potenzialità.
3. **Concept**: l'idea guida, in una frase e in uno schema.
4. **Alternative**: almeno due soluzioni diverse, confrontate con gli stessi criteri.
5. **Verifica**: misure, norme, struttura, sole ed energia; se non regge, si torna indietro.
6. **Sviluppo e comunicazione**: disegni in scala crescente, modelli, tavola e relazione.

4.3 Misurare sul corpo: dimensionamento e accessibilità

4.3.1 Il corpo come unità di misura

Il **dimensionamento** è l'operazione con cui si danno le misure agli spazi e agli elementi di un progetto. Il riferimento è il corpo umano e ciò che il corpo fa: stare in piedi, sedersi, passare da una porta, salire, girare con una sedia a ruote, leggere vicino a una finestra (Figura 4.2). Una persona adulta è alta in media tra 1,60 e 1,80 m e ha gli occhi a circa 1,60 m da terra quando è in piedi: è l'altezza dell'orizzonte nelle prospettive a misura d'uomo del cap. 1.

L'idea è antica: Vitruvio descrive l'uomo inscritto in un cerchio e in un quadrato, che Leonardo disegnò intorno al 1490, e nel Novecento Le Corbusier ne ricaverà il Modulor, una serie di misure tratte dal corpo umano. Oggi si usano manuali di misure ricorrenti, come quello del tedesco Ernst Neufert (1936). Qui useremo solo i valori dell'appendice D, che sono **valori di massima**: in un progetto reale valgono le norme in vigore e i regolamenti locali.

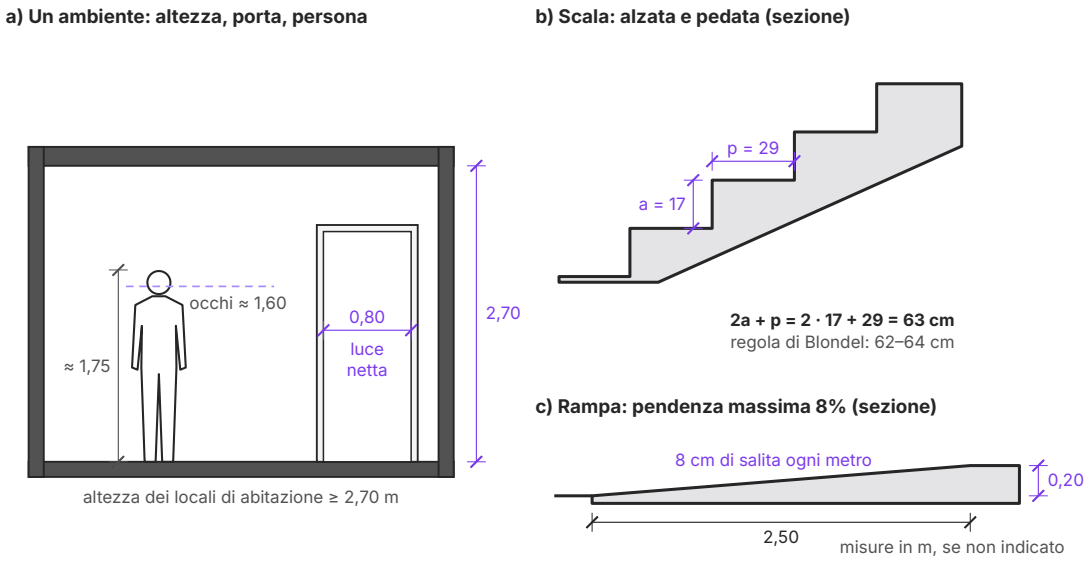


Figura 4.2 Misure di riferimento a scala umana (valori di massima dell'appendice D). a) Un ambiente alto 2,70 m, con una persona di circa 1,75 m e una porta con luce netta di 0,80 m; b) una scala con alzata di 17 cm e pedata di 29 cm, che rispetta la regola di Blondel; c) una rampa all'8%, che sale di 20 cm in 2,50 m. Ogni schema ha la propria scala; nelle sezioni b) e c) la scala orizzontale è uguale a quella verticale.

Due misure dell'appendice D riguardano gli ambienti. L'**altezza interna** dei locali di abitazione deve essere di almeno 2,70 m (D.M. 5 luglio 1975): un soffitto più basso fa sentire oppressi e rende difficile il ricambio dell'aria. La **luce netta** di una porta, cioè la larghezza libera di passaggio a porta aperta, misurata tra gli stipiti e non sul telaio, deve essere di almeno 80 cm per la porta d'ingresso di un alloggio (D.M. 236/1989), una misura che permette il passaggio di una sedia a ruote.

4.3.2 Scale e rampe

Una scala comoda non dipende solo dall'altezza dei gradini. Ogni gradino ha un'**alzata** a, la parte verticale, e una **pedata** p, la parte orizzontale su cui si appoggia il piede. Nel Seicento l'architetto francese François Blondel osservò che il passo di una persona in piano misura circa due piedi francesi, poco meno di 65 cm, e che salendo ogni unità di alzata «costa» al passo quanto circa due unità in orizzontale. Da qui la **regola di Blondel**, nella forma usata oggi:

$$2a + p \approx 62\text{–}64 \text{ cm}$$

Più l'alzata è alta, più la pedata deve essere corta: per la scala di un edificio si scelgono di solito alzate tra 16 e 18 cm.

ESEMPIO SVOLTO

Problema. Una scala deve superare un dislivello di 3,06 m tra due piani. Quante alzate servono, e quanto è lunga la rampa in pianta?

Soluzione. Si cerca un numero intero di alzate che dia un'alzata comoda: 3,06 m : 18 = 0,17 m, cioè 18 alzate di 17 cm. Con la regola di Blondel, $p \approx 62–64 - 2 \cdot 17 = 28–30$ cm: scegliamo $p = 29$ cm ($2 \cdot 17 + 29 = 63$ cm). Le pedate sono una in meno delle alzate, perché l'ultima alzata porta direttamente sul pianerottolo: 17 pedate · 0,29 m = 4,93 m. In una pianta a 1:50 la rampa misura 4,93 m : 50 = 98,6 mm, cioè circa 99 mm.

Se lo spazio in pianta non basta, si spezza la scala in due rampe con un pianerottolo intermedio: il numero delle alzate non cambia.

Per chi non può usare una scala serve una **rampa**, cioè un piano inclinato. La sua **pendenza** è il rapporto tra il dislivello h e la lunghezza orizzontale l, espresso in percentuale:

$$\text{pendenza} = \frac{h}{l} \cdot 100 \quad \text{da cui} \quad l = \frac{h}{\text{pendenza}}$$

Per l'accessibilità la pendenza di una rampa non deve superare l'8% (D.M. 236/1989): 8 cm di salita ogni metro di lunghezza. Per un dislivello di 30 cm servono quindi almeno 0,30 : 0,08 = 3,75 m. È un rapporto che sorprende sempre: anche un dislivello piccolo chiede una rampa lunga, e trovarle posto è spesso il vero problema di progetto. Una rampa ha inoltre bisogno di **ripiani di sosta** in piano, in cima, in fondo e lungo i percorsi lunghi, e di corrimano: il decreto ne fissa le dimensioni, che in un progetto reale vanno verificate.

4.3.3 Progettare per tutti

Nel vol. 4, cap. 4, hai incontrato le **barriere architettoniche**: gli ostacoli che impediscono o rendono faticoso a qualcuno l'uso di uno spazio. Il D.M. 236/1989 distingue tre livelli di qualità. L'**accessibilità** è la possibilità, anche per persone con ridotta capacità motoria o sensoriale, di raggiungere un edificio e i suoi ambienti, di entrarvi agevolmente e di usarli in sicurezza e autonomia. La **visitabilità** è un livello più limitato: poter accedere agli spazi di relazione e ad almeno un servizio igienico. L'**adattabilità** è la possibilità di modificare lo spazio nel tempo, a costi contenuti, per renderlo completamente accessibile.

Oggi si preferisce parlare di **progettazione universale** (*design for all*): progettare per tutti fin dall'inizio, invece di aggiungere alla fine qualcosa «per i disabili». Una rampa ben fatta serve a chi è in sedia a ruote, ma anche a chi spinge un passeggino, a un anziano, a chi ha una gamba ingessata; lo stesso vale per contrasti di colore che aiutano chi vede poco e per porte che si aprono senza sforzo. Pensata fin dal concept, l'accessibilità di solito non costa di più e migliora il progetto per tutti.

DA RICORDARE

Valori di riferimento usati in questo libro (appendice D), da verificare sempre sulle norme in un progetto reale:

- scala: regola di Blondel, $2a + p \approx 62$–64 cm;
- rampa: pendenza non oltre l'8% (D.M. 236/1989), cioè $l \geq h : 0{,}08$;
- porta d'ingresso di un alloggio: luce netta di almeno 80 cm (D.M. 236/1989);
- locali di abitazione: altezza interna di almeno 2,70 m (D.M. 5 luglio 1975).

4.4 Struttura, materiali e sostenibilità

4.4.1 Scegliere la struttura

Nel vol. 4, cap. 4, hai imparato a riconoscere i sistemi strutturali: la muratura portante, il sistema trilitico, l'arco e la volta, il telaio. In un progetto il sistema non si riconosce, si sceglie, e la scelta dipende dalla **luce** da coprire, dai carichi, dai materiali disponibili, dai tempi e dal tipo di intervento. In una modifica dell'esistente si preferiscono strutture leggere, appoggiate più che murate, e la **costruzione a secco**, cioè con elementi assemblati con viti, bulloni e incastri invece che con malte e getti: si monta in fretta, si smonta senza demolire, si ricicla più facilmente. È la logica della **prefabbricazione**, che nell'Ottocento rese possibile il Crystal Palace (cap. 6).

La struttura fa parte dell'idea. Una **maglia strutturale** regolare, cioè la griglia degli assi su cui stanno i pilastri, ordina la pianta, suggerisce la posizione delle aperture e semplifica la costruzione. In un progetto scolastico basta che la struttura sia **plausibile**: pilastri e travi al posto giusto, campate ragionevoli, muri che arrivano a terra; il calcolo strutturale spetta a un ingegnere o a un architetto abilitato.

4.4.2 Materiali consapevoli

Ogni materiale ha qualità e costi, anche ambientali. Il **legno** è leggero, si monta a secco ed è rinnovabile se viene da foreste gestite responsabilmente, ma va protetto dall'umidità. L'**acciaio** è resistente e riciclabile, ma produrlo richiede molta energia. Il **calcestruzzo armato** prende qualunque forma ed è durevole, ma la produzione del cemento emette molta anidride carbonica. Il **vetro** porta luce e vista, ma se è mal orientato disperde calore d'inverno e lo fa entrare d'estate. Materiali **riciclati** e riuso di elementi esistenti riducono rifiuti ed estrazione di materie prime.

Per confrontarli si considera il loro **ciclo di vita**: dall'estrazione della materia prima alla produzione, al trasporto, all'uso, fino alla demolizione, al riciclo o al riuso. La valutazione del ciclo di vita (*Life Cycle Assessment*, LCA) ne misura gli impatti ambientali; in un progetto scolastico

basta ragionare in modo qualitativo: da dove viene questo materiale, quanto dura, che cosa ne resterà.

4.4.3 Il progetto bioclimatico

Le Indicazioni chiedono di arrivare, nel corso dell'anno, ai sistemi costruttivi «finalizzati ad un uso ecosostenibile» (cap. 16). Molto si decide già in un piccolo progetto, prima di qualunque impianto: è il campo dell'**architettura bioclimatica**, che usa il sole, il vento, il verde e la forma dell'edificio per ridurre il bisogno di energia (Tabella 4.1). Nel nostro emisfero una facciata a sud riceve d'inverno il sole basso, che scalda gratuitamente, e una a nord luce diffusa, senza abbagliamento: è la scelta dell'**orientamento**. La **schermatura** (sporti, pergole, frangisole, alberi a foglia caduca) ferma il sole alto dell'estate e lascia passare quello basso dell'inverno. La **ventilazione naturale** usa aperture su lati opposti (ventilazione incrociata) e aperture in alto, da cui esce l'aria calda che sale (effetto camino). Si aggiungono un **involucro** ben isolato, il **tetto verde**, cioè una copertura con terra e piante che trattiene la pioggia e protegge dal caldo, e superfici permeabili, che lasciano filtrare l'acqua nel terreno.

Tabella 4.1 Strategie bioclimatiche e dove le userai nei due progetti svolti del capitolo.

Strategia	Che cosa fa	Nei progetti del capitolo
Orientamento	lati lunghi a nord e a sud: sole d'inverno da sud, luce diffusa da nord	il padiglione, allungato da est a ovest
Schermatura	ferma il sole alto estivo, lascia entrare quello basso invernale	lo sporto del padiglione; la pergola del cortile
Ventilazione naturale	ricambia l'aria e raffresca senza macchine	aperture a nord e a sud nel padiglione
Involucro isolato	riduce le dispersioni d'inverno e il caldo d'estate	pareti e tetto del padiglione
Verde e acqua	trattiene la pioggia, rinfresca l'aria e il suolo	tetto verde; aiuole al posto dell'asfalto
Materiali e ciclo di vita	materiali rinnovabili, riciclabili, montati a secco	telaio in legno; pergola smontabile

La direttiva europea 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia ha introdotto l'obiettivo degli edifici «a energia quasi zero». Il calcolo energetico è materia da tecnici, ma forma, orientamento, schermature e materiali sono scelte di progetto, e si fanno a matita.

COLLEGAMENTI

Geografia astronomica e fisica: quanto è alto il sole? A mezzogiorno solare l'altezza del sole sull'orizzonte, ai due solstizi, è circa 90° − latitudine + 23,4° (21 giugno) e 90° − latitudine − 23,4° (21 dicembre); agli equinozi è 90° − latitudine. Per 45° di latitudine nord (all'incirca Torino e la pianura padana) si ottengono circa 68° in giugno e circa 22° in dicembre; per Palermo (circa 38°) circa 75° e 29°. Sono i valori usati in questo capitolo, con il goniometro, per tracciare i raggi del sole nelle sezioni: è la teoria delle ombre del vol. 4, cap. 3, applicata a una domanda di progetto.

ERRORE FREQUENTE

«Verde» come etichetta. Qualche pianta sul tetto o un pannello solare non rendono sostenibile un edificio orientato male, pieno di vetri esposti a ovest e costruito con materiali che arrivano dall'altra parte del mondo. Presentare come ecologico ciò che non lo è si chiama *greenwashing*. Nella tua relazione, per ogni scelta «sostenibile», scrivi che cosa fa e perché funziona in quel luogo.

4.5 Due progetti svolti

I due esempi seguenti, inventati ma con dati coerenti, mostrano il metodo per intero: una modifica dell'esistente e un progetto ex novo. Puoi rifarli con i dati del libro o, meglio, su un luogo vero della tua scuola o del tuo quartiere.

4.5.1 Modifica dell'esistente: il cortile della scuola

Il luogo. Il cortile interno di un liceo è un rettangolo di 20,00 × 14,00 m, chiuso a nord dall'ala principale (tre piani, alta 11,00 m), a est dalla palestra, a ovest da un'ala di due piani e a sud da un muro alto 2,20 m con il cancello sulla strada. Lungo l'ala nord corre una terrazza profonda 3,00 m, a quota +0,45, su cui si aprono la porta della biblioteca e quella di un corridoio; vi si sale soltanto con tre gradini di 15 cm. Il cortile è tutto asfaltato e non ha né alberi né sedute.

L'analisi (Figura 4.3) mette in luce tre criticità: la terrazza, e quindi la biblioteca, non è accessibile a chi non può fare i gradini; l'asfalto si scalda d'estate e non assorbe la pioggia; non c'è un solo posto all'ombra o per sedersi. Ma mostra anche delle potenzialità: la terrazza guarda a sud ed è soleggiata d'inverno, quando l'ombra del muro di cinta copre invece la parte meridionale del cortile; lo spazio libero è ampio; oltre il muro si vedono gli alberi di un viale.

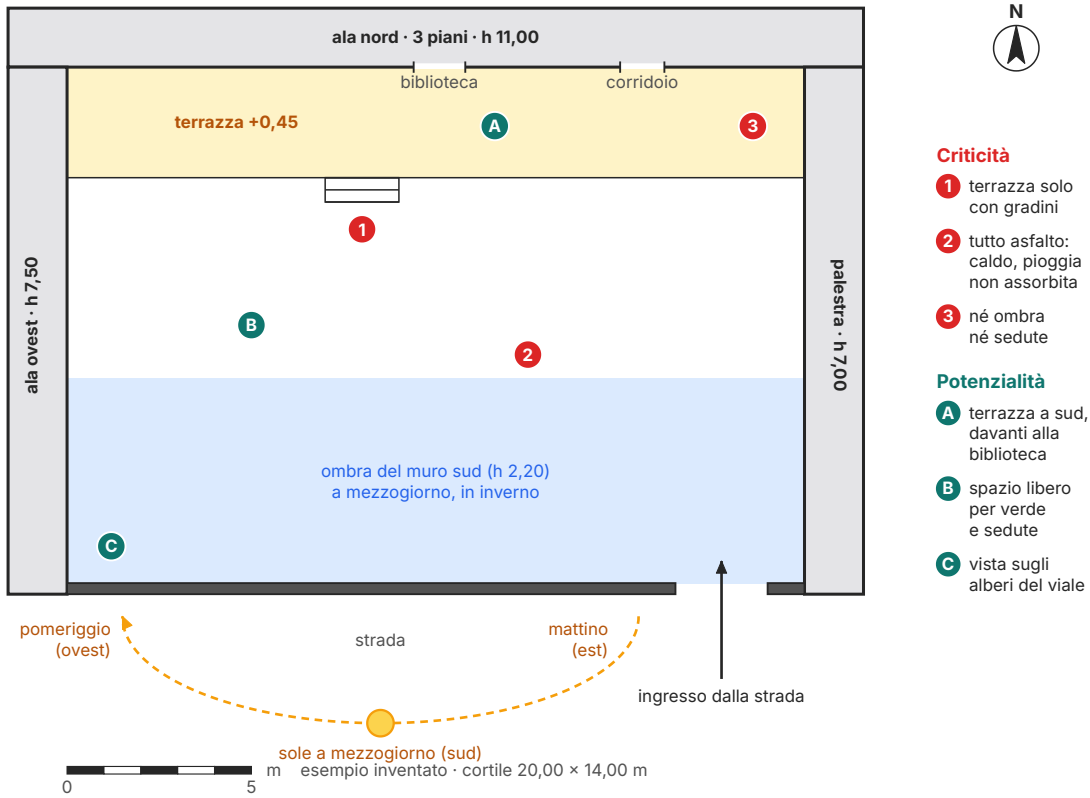


Figura 4.3 Analisi del sito di un cortile scolastico (esempio inventato, 20,00 × 14,00 m). In azzurro l'ombra del muro sud a mezzogiorno del solstizio d'inverno, calcolata per 45° di latitudine nord; il percorso del sole è uno schema. In rosso le criticità, in verde le potenzialità.

Il programma e il concept. Il programma, discusso con la classe e con il personale, è breve: un accesso senza gradini alla terrazza e alla biblioteca; un luogo ombreggiato con panche per l'intervallo; meno asfalto e più verde. Il concept si può dire così: *una terrazza raggiungibile da tutti, all'ombra d'estate e al sole d'inverno*.

Le alternative. Una rampa perpendicolare alla terrazza occuperebbe più di 6 m della profondità del cortile e lo dividerebbe in due; una rampa parallela al bordo della terrazza lascia libero il centro e arriva a un ripiano vicino alla porta della biblioteca. Si sceglie la seconda (Figura 4.4).

ESEMPIO SVOLTO

Problema. Dimensionare la rampa per il dislivello di 0,45 m tra il cortile e la terrazza.

Soluzione. Con la pendenza massima dell'8%, la lunghezza minima è $l = 0{,}45 : 0{,}08 = 5{,}625$ m, cioè circa 5,63 m. Scegliamo una lunghezza di 6,00 m, che dà una pendenza di $0{,}45 : 6{,}00 \cdot 100 = 7{,}5\%$: un poco più dolce del limite, e quindi più comoda. La lunghezza della superficie inclinata si trova con il teorema di Pitagora: $\sqrt{(6{,}00^2 + 0{,}45^2)} \approx 6{,}02$ m, appena 2 cm in più della sua proiezione orizzontale, che è la misura che si disegna in pianta.

Aggiungiamo un ripiano in piano di 1,50 × 1,50 m alla partenza e uno all'arrivo, collegato alla terrazza: lo spazio necessario per fermarsi e girare con una sedia a ruote. La rampa, larga 1,20 m, ha corrimano su entrambi i lati e un cordolo verso il cortile. In tutto l'intervento è lungo 1,50 + 6,00 + 1,50 = 9,00 m: in scala 1:50 diventa 9,00 m : 50 = 180 mm, e la pianta entra in un foglio A4 orizzontale (277 mm utili).

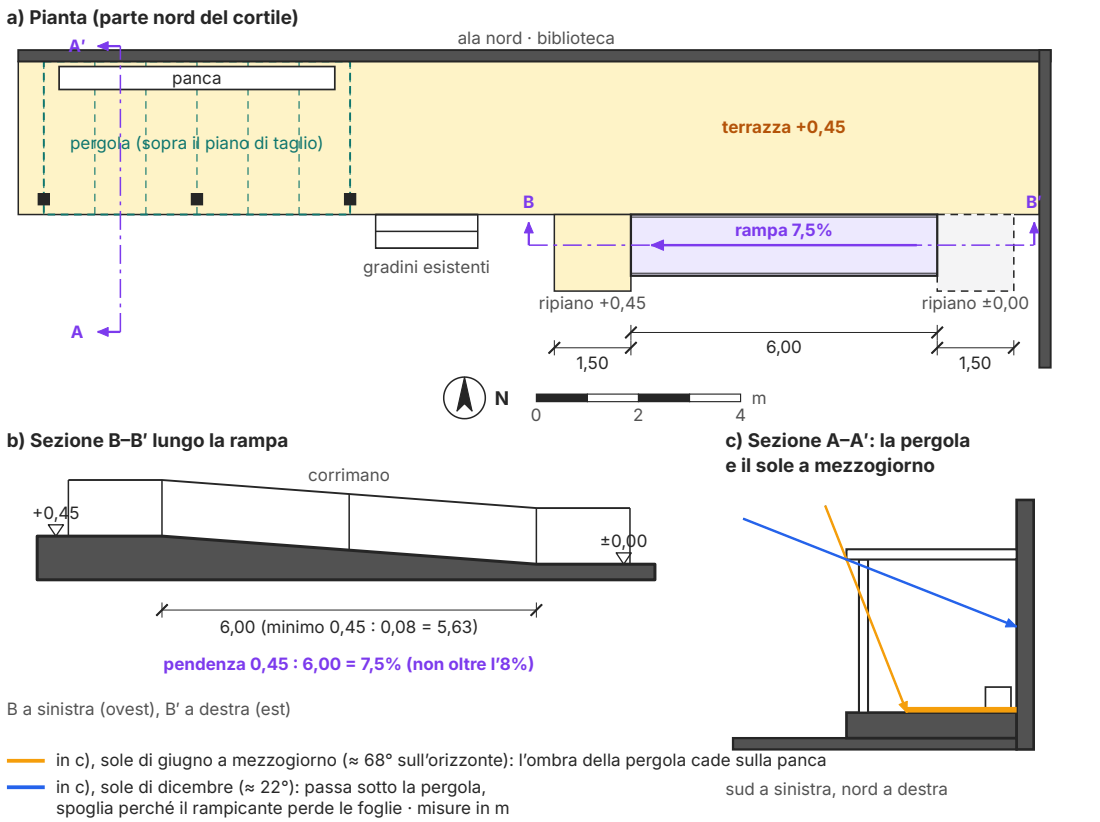


Figura 4.4 Progetto di modifica dell'esistente: rampa e pergola nel cortile (esempio inventato). a) Pianta della parte nord del cortile; b) sezione B–B' lungo la rampa, con la stessa scala in orizzontale e in verticale; c) sezione A–A' della pergola, con i raggi del sole a mezzogiorno ai due solstizi per 45° di latitudine nord.

La pergola. Sulla parte ovest della terrazza si propone una pergola di legno di 6,00 × 3,00 m, alta 2,70 m, con una panca lungo il muro e un rampicante a foglia caduca, come il glicine. La sezione con i raggi del sole (Figura 4.4, c) mostra perché la scelta funziona: a mezzogiorno di giugno il sole è alto, e l'ombra della pergola cade sulla panca; a mezzogiorno di dicembre il sole è basso e, poiché il rampicante ha perso le foglie, scalda chi siede sotto la pergola. La pergola è appoggiata e fissata a secco: si può smontare senza toccare l'edificio.

Completano il progetto due aiuole con alberi, ricavate togliendo l'asfalto al centro del cortile: fanno ombra e assorbono la pioggia.

4.5.2 Ex novo: un padiglione di lettura nel parco

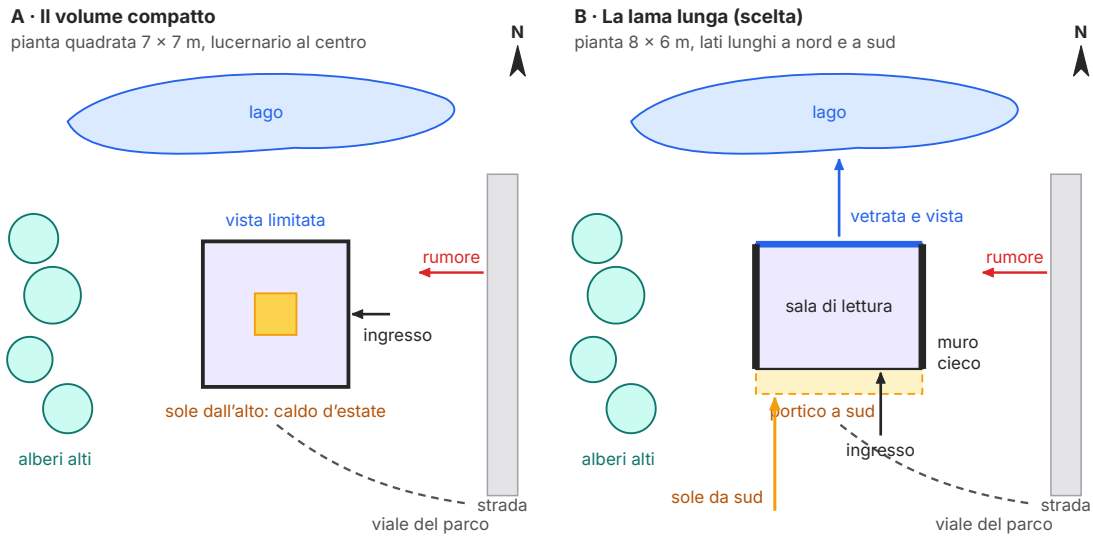
Il luogo. In una radura di un parco cittadino, in pianura, a circa 45° di latitudine nord, il Comune vuole un piccolo padiglione di lettura. A nord c'è un laghetto, a ovest un gruppo di alberi alti, a est una strada trafficata; da sud-est arriva il viale del parco. I servizi igienici del parco sono vicini e non entrano nel programma.

Il programma (Tabella 4.2) chiede una sala per una ventina di persone, una parete per i libri, un ingresso senza gradini e un portico esterno. I requisiti più importanti sono la luce adatta alla lettura, il silenzio, la vista sul lago e un buon comfort d'estate senza aria condizionata.

Tabella 4.2 Programma funzionale del padiglione di lettura (esempio inventato; superfici di massima).

Spazio	Attività	Requisiti	Superficie (m²)
Sala di lettura	leggere, studiare, piccoli incontri (circa 20 persone)	luce naturale diffusa, silenzio, vista sul lago	36
Parete attrezzata	libri, riviste, deposito	al riparo dal sole diretto	3
Ingresso	entrare, lasciare giacche e ombrelli	senza gradini, porta ampia	3
Totale interno			**42**
Portico esterno	sostare e leggere all'aperto	ombra d'estate, una panca	≈ 10

Due alternative (Figura 4.5). La prima, *il volume compatto*, è un quadrato di 7 × 7 m con un lucernario al centro: semplice, ma la luce dall'alto è difficile da schermare d'estate, la vista sul lago è limitata e l'ingresso guarda verso la strada. La seconda, *la lama lunga*, è un rettangolo di 8 × 6 m allungato da est a ovest: una grande vetrata a nord sul lago, che dà luce diffusa e vista; un portico a sud, il cui sporto ferma il sole estivo; un muro cieco a est, verso la strada e il rumore; una finestra a ovest, ombreggiata dagli alberi nelle ore calde del pomeriggio. Il confronto (Tabella 4.3) fa scegliere la seconda.



Schemi senza scala; sito e dati inventati.

Figura 4.5 Due concept per il padiglione di lettura (sito e dati inventati). A: un volume compatto con lucernario al centro. B: una «lama» allungata da est a ovest, aperta sul lago e chiusa verso la strada, con un portico a sud: è l'alternativa scelta.

Tabella 4.3 Confronto tra le due alternative del padiglione con gli stessi criteri.

Criterio	A · volume compatto	B · lama lunga
Luce per leggere	dall'alto, diretta: abbagliamento e caldo d'estate	diffusa da nord; sole d'inverno da sud
Vista sul lago	limitata	piena, dalla vetrata nord
Sole estivo	lucernario difficile da schermare	sporto a sud; muro cieco a est
Rumore della strada	ingresso rivolto verso la strada	muro cieco verso la strada
Accesso	senza gradini	senza gradini, dal viale del parco
Costruzione	semplice; il lucernario è un punto delicato	telaio regolare, campate di 2,00 m

Lo sviluppo. Il padiglione (Figura 4.6) è un telaio di legno lamellare: cinque coppie di pilastri, a 2,00 m l'una dall'altra, reggono travi di 6,00 m di luce e un tetto verde piano. La maglia di 2,00 m ordina il resto: a sud tre campate di finestre (davanzale a +0,90) e una con l'ingresso vetrato a due ante; a nord una vetrata continua sopra una seduta interna rivolta al lago; a est una parete cieca con la libreria. Il pavimento è alla quota del viale (±0,00), senza gradini; la sala è alta 3,00

m e misura circa 7,60 × 5,90 = 44,8 m² netti, poco più dei 42 m² del programma. Il tetto sporge di 1,20 m a sud, dove forma il portico, di 0,60 m a nord e di 0,40 m sui lati.

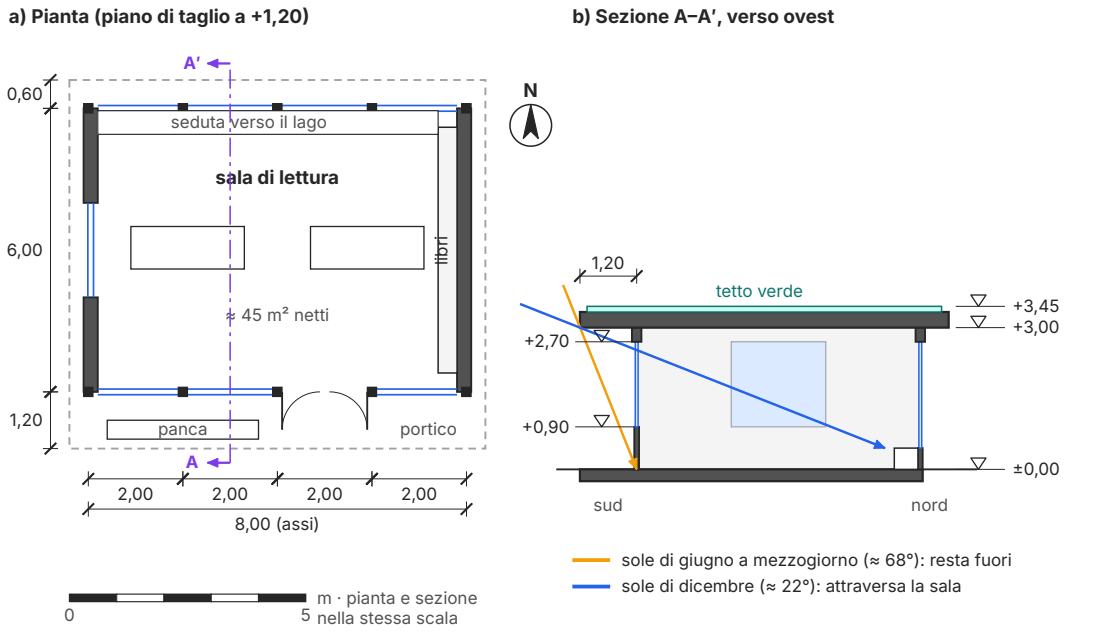


Figura 4.6 Il padiglione di lettura (progetto ex novo, esempio inventato): a) pianta, con il piano di taglio a +1,20; b) sezione A–A′, che guarda verso ovest, con i raggi del sole a mezzogiorno ai due solstizi per 45° di latitudine nord. Sulla tavola, scala 1:100; i muri est e ovest sono spessi 0,30 m.

ESEMPIO SVOLTO

Problema. Verificare graficamente che lo sporto di 1,20 m, a quota +3,00, protegga dal sole di giugno le finestre a sud (davanzale +0,90, architrave +2,70) e lasci entrare quello di dicembre.

Soluzione. Nella sezione a 1:50 si traccia, con il goniometro, il raggio del sole di mezzogiorno che passa per il bordo dello sporto. Con l'inclinazione di giugno (circa 68°) il raggio incontra il piano della facciata quasi a terra, circa 59 mm sotto l'intradosso sul disegno, cioè a circa +0,03 m: a mezzogiorno nessun raggio diretto colpisce i vetri. Con l'inclinazione di dicembre (circa 22°) il raggio incontra la facciata circa 10 mm sotto l'intradosso, cioè a circa +2,52 m, appena sotto l'architrave (+2,70): resta in ombra solo una fascia di circa 18 cm in alto; il sole entra da quasi tutta la finestra e, come mostra la sezione, attraversa la sala fino alla seduta sul lato nord.

Le misure si leggono sul disegno, per triangoli simili, senza calcoli trigonometrici. A fine agosto il sole di mezzogiorno è più basso che a giugno e un po' di sole raggiungerà la parte bassa dei vetri: se serve, si aggiungono tende esterne o un albero a foglia caduca.

Gli altri accorgimenti. Le finestre a sud, all'ombra del portico, e i pannelli alti della vetrata nord si aprono: d'estate l'aria attraversa la sala ed esce in alto, con una ventilazione incrociata aiutata dall'effetto camino. Il muro est ripara anche dal sole basso del mattino estivo, difficile da schermare. Il legno può venire da foreste certificate e si monta a secco. L'assonometria (Figura 4.7) mostra il risultato come lo vedrebbe chi arriva dal viale.

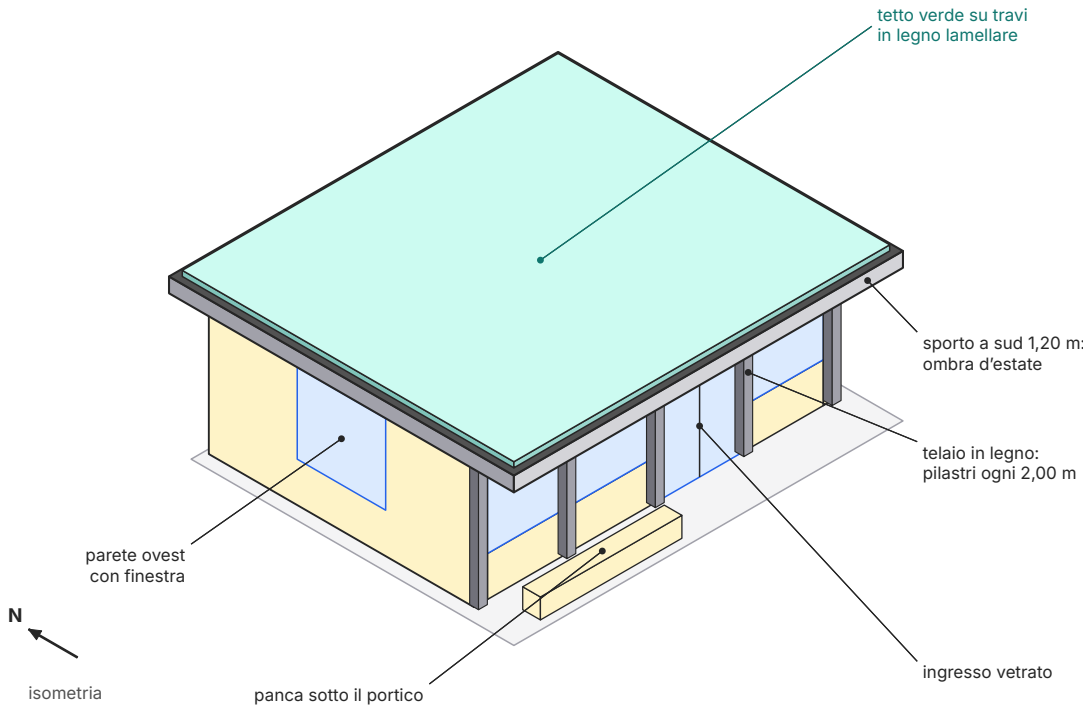


Figura 4.7 Il padiglione di lettura in assonometria isometrica, visto da sud-ovest (esempio inventato): telaio di pilastri in legno ogni 2,00 m, tetto verde, sporto di 1,20 m sul portico a sud. Le misure sono quelle della Figura 4.6.

4.6 Rappresentare e comunicare il progetto

4.6.1 I disegni del progetto

I disegni del progetto sono quelli del vol. 4, cap. 4: piante, sezioni e prospetti con spessori di linea, segni, quote e nord. La scala segue la fase: 1:500 o 1:200 per il **planivolumetrico**, la pianta dei volumi nel loro intorno; 1:100 per l'edificio; 1:50 per un ambiente o una parte, come la rampa del cortile; 1:20 e oltre per i dettagli.

L'**assonometria** (vol. 2) spiega: mostra insieme volumi, struttura e rapporti tra le parti, senza deformare le misure lungo gli assi. La **prospettiva** (voll. 3 e 4) racconta: mostra lo spazio come lo vedrà una persona, con l'orizzonte all'altezza dei suoi occhi.

4.6.2 Plastico, modello 3D e render

Il **plastico di studio** è un modello rapido in cartoncino, cartone vegetale o balsa, alle scale 1:200 – 1:50. Non deve essere bello, ma utile: si taglia, si cambia, e fa capire in pochi minuti volumi, proporzioni e rapporti con il contesto. Illuminato da una lampada orientabile, che fa da sole, mostra le ombre nelle diverse ore e stagioni.

Il **modello 3D** al computer si costruisce con le operazioni del vol. 4, cap. 6: si estrudono le piante, si sottraggono le aperture con le operazioni booleane, si posizionano una camera e una luce. Dal modello si ricavano viste e sezioni coerenti tra loro e il **render**, cioè un'immagine calcolata dal programma con materiali, luci e ombre, simile a una fotografia.

APPROFONDIMENTO

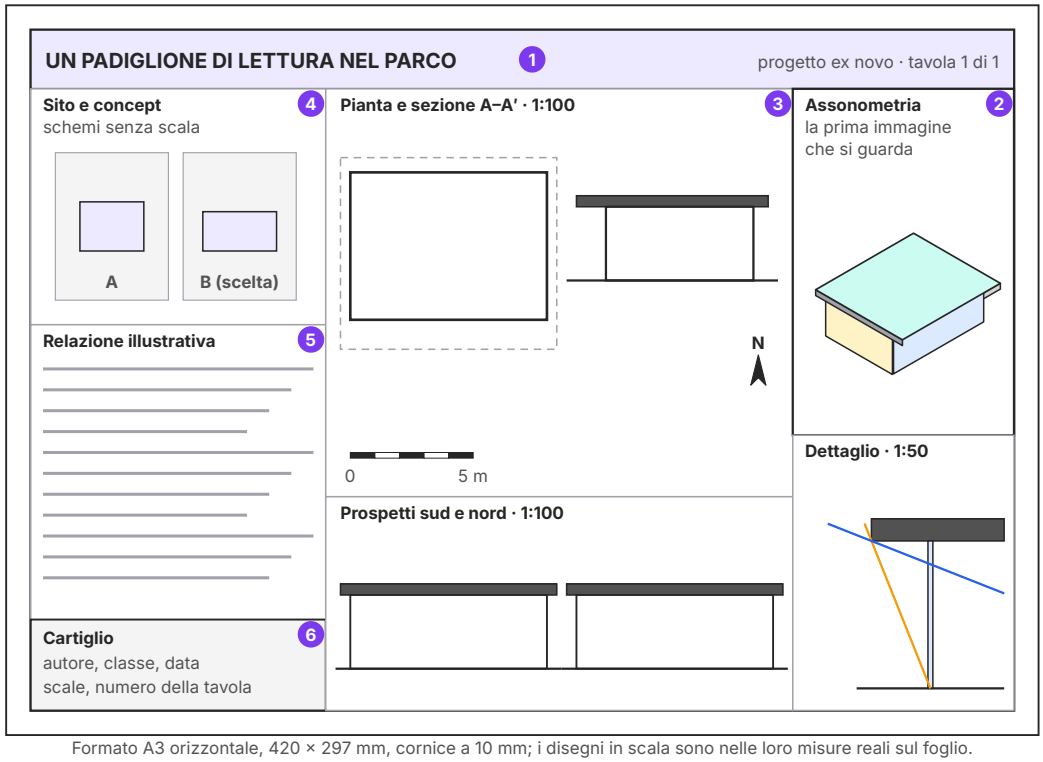
I modelli sono antichi quanto i grandi cantieri. Nel 1418, al concorso per la cupola di Santa Maria del Fiore a Firenze, i concorrenti, tra cui Filippo Brunelleschi, presentarono modelli per spiegare le proprie idee. Michelangelo fece costruire un grande modello in legno della cupola di San Pietro, ancora conservato in Vaticano: strumento di verifica, mezzo per convincere i committenti e guida per un cantiere che continuò dopo la sua morte. Sono i compiti di un plastico o di un modello 3D anche oggi.

ERRORE FREQUENTE

Il render che seduce. Un render ben fatto, con un cielo al tramonto e qualche figura sorridente, può far sembrare riuscito anche un progetto che non funziona: una rampa troppo ripida, una sala in cui il sole d'estate entra di prepotenza, una struttura impossibile. Il render serve a controllare l'aspetto e l'atmosfera, non sostituisce le verifiche: misure, pendenze, ombre e struttura si controllano su piante e sezioni in scala.

4.6.3 La tavola di presentazione e la relazione

La **tavola di presentazione** è il foglio, spesso in formato A3 o A1, che riunisce i disegni principali di un progetto in modo che chi lo guarda capisca l'idea in pochi secondi e i dettagli in pochi minuti (Figura 4.8). Conta la **gerarchia**: un titolo chiaro, un'immagine principale più grande delle altre, i disegni in scala allineati tra loro (pianta e sezione sulla stessa linea, come proiezioni ortogonali), le scale grafiche e il nord su ogni pianta, poche scritte leggibili e il **cartiglio**, il riquadro con autore, classe, data, scale e numero della tavola. Gli spazi vuoti non sono sprechi: separano i gruppi e fanno respirare il foglio.



Formato A3 orizzontale, 420 × 297 mm, cornice a 10 mm; i disegni in scala sono nelle loro misure reali sul foglio.
I numeri viola indicano l'ordine in cui l'occhio dovrebbe leggere la tavola.

Figura 4.8 Schema di impaginazione di una tavola di presentazione in A3 orizzontale per il padiglione di lettura. I numeri viola indicano la gerarchia di lettura: titolo, immagine principale, disegni in scala, sito e concept, relazione, cartiglio.

La **relazione illustrativa** accompagna la tavola: un testo breve, di una pagina al massimo, che spiega il bisogno, il luogo, l'idea e le scelte principali, con gli argomenti che i disegni non dicono da soli. Per il padiglione potrebbe cominciare così: «Il padiglione è una lama di legno allungata da est a ovest: si apre a nord sul lago, da cui riceve una luce diffusa adatta alla lettura, e si chiude a est verso la strada. Lo sporto del portico a sud ferma il sole di giugno e lascia entrare quello di dicembre…». Una buona relazione usa le parole della tavola, cita le figure e non promette ciò che il progetto non fa.

Presentare a voce un proprio lavoro grafico, come potrai fare al colloquio dell'esame di Stato, è un'abilità che si allena: conviene seguire l'ordine della tavola, cioè bisogno e luogo, idea, scelte dimostrate con i disegni, limiti. Un progetto scolastico è infatti una **proposta**, non un progetto esecutivo: per costruire servono un progettista abilitato, il calcolo delle strutture e i permessi previsti dalla legge. Saper dire dove finisce il proprio lavoro fa parte del lavoro.

SINTESI

- Un **progetto** risponde a un bisogno, in un luogo, con una forma costruibile; ogni sua linea deve poter essere giustificata.
- Le Indicazioni chiedono semplici proposte di **modifica dell'esistente**, che parte dal rilievo e preferisce interventi leggeri e reversibili, o **ex novo**, che nasce comunque dalle condizioni del sito.
- Il processo progettuale è un **ciclo**: programma e analisi del sito, concept, alternative, verifica, sviluppo; a ogni giro la scala del disegno cresce.
- Il **programma funzionale** elenca utenti, attività, spazi, superfici e requisiti; l'**analisi del sito** ne individua criticità e potenzialità.
- Il **concept** è l'idea guida, da dire in una frase e da disegnare in uno schema; va confrontato con almeno un'alternativa.
- Si dimensiona sul corpo: regola di Blondel $2a + p \approx 62$–64 cm; rampe non oltre l'8% ($l = h : 0{,}08$); porta d'ingresso di un alloggio con luce netta di almeno 80 cm; locali di abitazione alti almeno 2,70 m.
- La **progettazione universale** pensa l'accessibilità fin dall'inizio, per tutti; il D.M. 236/1989 distingue accessibilità, visitabilità e adattabilità.
- Struttura e materiali si scelgono con consapevolezza: maglia strutturale, costruzione a secco, ciclo di vita dei materiali; il calcolo spetta ai professionisti.
- L'**architettura bioclimatica** usa orientamento, schermature, ventilazione naturale, isolamento, verde e acqua; il sole di mezzogiorno è alto d'estate (circa 68° a 45° N) e basso d'inverno (circa 22°).
- Un progetto si comunica con disegni in scala, assonometrie e prospettive, plastico, modello 3D e render, una **tavola di presentazione** ordinata per gerarchia e una breve **relazione illustrativa**.

ESERCIZI

Comprendere e ricordare

1. ● Secondo le Indicazioni nazionali, nel quinto anno il disegno serve all'analisi dell'ambiente costruito e:

   A. alla copia dal vero di opere d'arte famose

   B. all'elaborazione di semplici proposte progettuali di modifica dell'esistente o da realizzare ex novo

   C. al calcolo strutturale degli edifici

   D. alla progettazione esecutiva di edifici pubblici

2. ● Il programma funzionale di un progetto è:

   A. la pianta definitiva dell'edificio

   B. l'elenco dei materiali da costruzione

   C. il calendario dei lavori del cantiere

   D. l'elenco di utenti, attività, spazi, superfici e requisiti che il progetto deve soddisfare

3. ●● Una scala ha alzate di 17 cm. Secondo la regola di Blondel, la pedata deve misurare circa:

   A. 28–30 cm

   B. 22–24 cm

   C. 34–36 cm

   D. 40–42 cm

4. ●● Per superare un dislivello di 0,60 m con una rampa all'8%, la lunghezza orizzontale minima è:

   A. 4,80 m

   B. 6,00 m

   C. 7,50 m

   D. 9,60 m

5. ● Nel linguaggio del progetto, il *concept* è:

   A. il render finale da mostrare al committente

   B. l'idea guida che orienta tutte le scelte

   C. la relazione tecnica sulle strutture

   D. l'elenco delle norme da rispettare

6. ●● Nel nostro emisfero, uno sporto orizzontale sopra una finestra rivolta a sud:

   A. scherma soprattutto il sole basso dell'inverno

   B. serve soltanto a riparare dalla pioggia

   C. funzionerebbe meglio su una facciata a nord

   D. ferma il sole alto dell'estate e lascia entrare quello basso dell'inverno

7. ● Il plastico di studio serve soprattutto a:

   A. verificare volumi, proporzioni e ombre nello spazio, in modo rapido

   B. sostituire piante e sezioni

   C. calcolare le dimensioni delle travi

   D. presentare al committente il progetto finito

8. ● Secondo il D.M. 236/1989, la porta d'ingresso di un alloggio deve avere una luce netta di almeno:

   A. 60 cm

   B. 70 cm

   C. 80 cm

   D. 100 cm

9. ● La ventilazione incrociata:
   A. richiede un ventilatore elettrico
   B. sfrutta aperture poste su lati opposti di un ambiente
   C. richiede finestre soltanto sul lato sud
   D. funziona soltanto d'inverno

Lessico e norme

10. ● Completa. Un progetto parte da un _____ (che cosa serve, a chi), lo traduce nel _____ funzionale, studia il luogo con l'analisi del _____ , cerca un'idea guida, il _____ , ne confronta più _____ e le sottopone a una _____ prima di svilupparle.

11. ● Vero o falso? Correggi le affermazioni false. a) Una rampa con pendenza del 10% è adatta a una persona in sedia a ruote. b) La regola di Blondel lega alzata e pedata: $2a + p \approx 62–64$ cm. c) Un render ben fatto dimostra che il progetto funziona. d) Un progetto scolastico ben disegnato si può costruire così com'è. e) I locali di abitazione devono essere alti almeno 2,70 m. f) Un intervento reversibile si può togliere senza danneggiare l'edificio esistente.

12. ● Abbina ogni termine alla sua definizione. Termini: a) sporto; b) tetto verde; c) ventilazione incrociata; d) relazione illustrativa; e) tavola di presentazione; f) ciclo di vita. Definizioni: 1) foglio che riunisce i disegni del progetto, ordinati per gerarchia; 2) copertura con terra e piante che trattiene la pioggia e protegge dal caldo; 3) testo breve che spiega bisogno, luogo, idea e scelte; 4) sporgenza orizzontale che ripara una facciata dal sole e dalla pioggia; 5) insieme delle fasi di un materiale o di un edificio, dalla produzione alla demolizione o al riuso; 6) ricambio d'aria tra aperture poste su lati opposti.

13. ● Modifica dell'esistente o progetto ex novo? a) Una rampa davanti all'ingresso della scuola. b) Un padiglione in un'area vuota di un parco. c) Un'aula trasformata in laboratorio, abbattendo un tramezzo. d) Una nuova palestra su un lotto libero. e) Un cortile in cui si toglie l'asfalto per piantare alberi. f) Un rifugio in alta montagna, dove non c'è alcun edificio.

14. ●● Spiega con parole tue, con un esempio ciascuno, la differenza tra accessibilità, visitabilità e adattabilità secondo il D.M. 236/1989. Perché si preferisce parlare di progettazione universale?

15. ● Completa con le misure dell'appendice D. Con un'alzata di 16 cm, la pedata di una scala comoda misura tra _____ e _____ cm. Una rampa accessibile ha una pendenza non superiore all'_____%, cioè sale al massimo di _____ cm ogni metro. La luce netta della porta d'ingresso di un alloggio è di almeno _____ cm.

Progettare

16. ●● **Una rampa per la biblioteca.** L'ingresso di una biblioteca è a +0,36 rispetto al marciapiede. a) Calcola la lunghezza minima di una rampa all'8%. b) Se scegli una rampa lunga 5,00 m, qual è la sua pendenza? c) Quanto è lunga la superficie inclinata? d) Aggiungi un ripiano di 1,50 m alla partenza e uno all'arrivo e disegna pianta e sezione in scala 1:50 su un foglio A4 orizzontale: quanto è lungo sul foglio l'intero intervento?

17. ●● **Una scala tra due piani.** Un dislivello di 2,88 m deve essere superato da una scala con alzate di un numero intero di centimetri, comprese tra 15 e 19 cm. a) Trova le soluzioni possibili. b) Per ciascuna, scegli la pedata con la regola di Blondel e calcola la lunghezza della rampa in pianta. c) Disegna in scala 1:50 la sezione della soluzione che preferisci.

18. ●● **L'ombra della pergola.** Una pergola profonda 3,00 m ha le travi a 2,50 m dal pavimento; il suo lato aperto guarda a sud. Disegna la sezione in scala 1:50 su un A4 verticale e traccia con il goniometro i raggi del sole di mezzogiorno che passano per il bordo sud, con le inclinazioni di circa 68° (giugno) e 22° (dicembre) indicate nel capitolo per 45° di latitudine nord. A quale distanza dal bordo cade, sul pavimento, il limite dell'ombra in giugno? Che cosa succede in dicembre?

19. ●● **Dimensionare uno sporto.** Una finestra a sud ha il davanzale a +0,90 e l'architrave a +2,40; sopra di essa, a +3,00, si vuole uno sporto orizzontale. Con una costruzione grafica in scala 1:20 (raggio di giugno a circa 68°), trova la sporgenza minima perché a mezzogiorno di giugno il sole non raggiunga il davanzale. Poi verifica, con il raggio di dicembre (circa 22°), se lo sporto lascia entrare il sole d'inverno.

20. ●●● **Un programma funzionale.** La scuola vuole un'aula studio pomeridiana per 24 studenti. Assumi questi dati di progetto: 2,0 m^2 per ogni posto di studio, un deposito di 6 m^2, un servizio igienico accessibile di 5 m^2, un ingresso di 4 m^2, e un 15% in più della superficie netta per muri e tramezzi. a) Scrivi il programma in forma di tabella. b) Calcola la superficie netta e quella lorda. c) Proponi due rettangoli di pianta possibili e scegline uno, motivando la scelta con l'orientamento.

21. ●● **Sul campo: rendere accessibile un ingresso.** Scegli un ingresso della tua scuola o del tuo quartiere che ha dei gradini. Rileva il dislivello (somma delle alzate), lo spazio libero davanti e l'orientamento; disegna un eidotipo e poi la pianta in scala 1:50 di una rampa che lo renda accessibile. *In classe*, con questi dati: due gradini di 15 cm ciascuno, 6,00 m liberi in profondità davanti all'ingresso, larghezza disponibile 4,00 m. Una rampa rettilinea con un ripiano di 1,50 m all'arrivo entra nello spazio?

22. ●●● **Il padiglione in assonometria.** Con i dati della Figura 4.6 (assi 8,00 × 6,00 m, intradosso a +3,00, tetto spesso 0,45 m, sporti di 1,20 m a sud, 0,60 m a nord e 0,40 m sui lati) disegna il padiglione in assonometria isometrica in scala 1:100, senza riduzione sugli assi. Quanto misurano sul foglio, lungo gli assi, il lato di 8,00 m, il lato del tetto verso sud, l'altezza dei pilastri e lo sporto a sud?

23. ●● **Il plastico.** Devi costruire un plastico di studio del padiglione in scala 1:100. Calcola le misure dei pezzi di cartoncino: il tetto (sporti compresi), le due pareti est e ovest (alte quanto l'intradosso), i dieci pilastri (alti quanto l'intradosso) e la base del portico. Quali parti realizzeresti in acetato trasparente?

24. ●●● **Cambiare il sito.** Immagina che il lago sia a sud della radura invece che a nord, e che la strada sia a ovest. Ripensa il padiglione: quali scelte della lama lunga restano valide e quali vanno cambiate? Disegna il nuovo concept con uno schema come quelli della Figura 4.5 e spiega in cinque righe come proteggeresti dal sole la vetrata verso la vista.

Leggere il disegno

25. ● In una sezione di progetto, una rampa supera un dislivello di 0,50 m con una lunghezza orizzontale di 5,80 m. La rampa rispetta il limite dell'8%? Se non lo rispetta, quanto dovrebbe essere lunga almeno?

26. ●● Osserva la Figura 4.6. a) Qual è l'interasse dei pilastri? b) Quanto sporge il tetto a sud e a nord? c) A quale quota sono l'intradosso e l'estradosso del tetto? d) Da dove si entra, e in quale verso si aprono le ante della porta? e) Perché la sezione A–A′ mostra, al di là del piano di taglio, una finestra?

27. ●● In un progetto, una scala ha 17 alzate di 17,5 cm e pedate di 24 cm. Verifica la regola di Blondel, spiega che cosa sbaglia questa scala e proponi una pedata corretta.

28. ●● Osserva la Figura 4.3. a) Dove metteresti delle panche da usare negli intervalli d'inverno, e perché? b) Dove manca l'ombra d'estate a mezzogiorno? c) Quale delle criticità segnate risolve la rampa della Figura 4.4?

29. ●●● In un progetto per il cortile, la porta della biblioteca che dà sulla terrazza ha una luce netta di 75 cm. Confrontala con il valore di riferimento dell'appendice D: che cosa proporresti? Perché, in un progetto reale, non basterebbe questo confronto?

Verso l'esame

30. ●● **Presentare la propria tavola.** Prepara la scaletta di una presentazione di 5 minuti della tavola del padiglione (Figura 4.8) o di un tuo progetto: che cosa dici nel primo minuto, quali disegni mostri e in quale ordine, come concludi.

31. ●●● **Il metodo e la storia.** Scegli una delle scelte di progetto del capitolo (la costruzione a secco e prefabbricata, la maglia strutturale regolare, la pianta libera dal telaio, lo sporto e l'orientamento) e collegala a un edificio o a un movimento dei capitoli di storia di questo volume. Scrivi una traccia di 10–15 righe da presentare al colloquio.

PER APPROFONDIRE

- [DOC] M. Docci, D. Maestri, *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*: per il rilievo da cui parte ogni progetto di modifica dell'esistente.
- [LYN] K. Lynch, *L'immagine della città*: come le persone percepiscono i luoghi, una base per l'analisi del sito.
- [BEN] L. Benevolo, *Storia dell'architettura moderna*: per vedere come i grandi architetti del Novecento hanno affrontato programma, sito e costruzione.
- [FRA] K. Frampton, *Storia dell'architettura moderna*: per il rapporto tra luogo, clima e progetto nell'architettura contemporanea.

Glossario del capitolo

Accessibilità
Possibilità per tutti, anche per persone con ridotta capacità motoria o sensoriale, di raggiungere un edificio, entrarvi e usarne gli spazi in sicurezza e autonomia (D.M. 236/1989).

Alternativa
Soluzione diversa allo stesso programma, da confrontare con le altre secondo gli stessi criteri.

Analisi del sito
Studio del luogo di progetto: sole, vento, accessi, viste, rumori, verde, vincoli; individua criticità e potenzialità.

Architettura bioclimatica
Architettura che usa il sole, il vento, il verde e la forma dell'edificio per ridurre il bisogno di energia.

Ciclo di vita
Insieme delle fasi di un materiale o di un edificio, dall'estrazione delle materie prime alla demolizione, al riciclo o al riuso.

Concept
Idea guida di un progetto, che si può dire in una frase e disegnare in uno schema.

Costruzione a secco
Costruzione con elementi assemblati con viti, bulloni e incastri, senza malte o getti; si monta e si smonta facilmente.

Dimensionamento
Operazione con cui si danno le misure agli spazi e agli elementi di un progetto, a partire dal corpo e dalle attività.

Luce netta
Larghezza libera di passaggio di una porta o di un varco, misurata tra gli stipiti.

Maglia strutturale
Griglia degli assi su cui sono disposti i pilastri di una struttura a telaio.

Pendenza
Rapporto tra il dislivello e la lunghezza orizzontale di una rampa, espresso in percentuale.

Plastico di studio
Modello fisico rapido, in cartoncino o simili, che serve a verificare volumi, proporzioni e ombre.

Progettazione universale
Progettazione pensata fin dall'inizio perché uno spazio possa essere usato da tutti (*design for all*).

Programma funzionale
Elenco di utenti, attività, spazi, superfici e requisiti che un progetto deve soddisfare.

Regola di Blondel
Relazione tra alzata e pedata di una scala comoda: $2a + p \approx 62–64$ cm.

Relazione illustrativa
Testo breve che accompagna la tavola e spiega bisogno, luogo, idea e scelte del progetto.

Schermatura
Elemento (sporto, pergola, frangisole, albero) che ripara dal sole una facciata o uno spazio.

Tavola di presentazione
Foglio che riunisce i disegni principali di un progetto, ordinati secondo una gerarchia di lettura.

Soluzioni

1. B. Le Indicazioni parlano di «semplici proposte progettuali di modifica dell'esistente o da realizzare ex-novo»; il calcolo e il progetto esecutivo spettano ai professionisti.

2. D. Il programma precede il disegno: dice chi userà lo spazio, per fare che cosa, in quali ambienti, con quali superfici e requisiti.

3. A. $p \approx 62–64 - 2 \cdot 17 = 28–30$ cm.

4. C. $l = 0{,}60 : 0{,}08 = 7{,}50$ m.

5. B. Il concept è un'idea guida che si dice in una frase e si disegna in uno schema.

6. D. D'estate il sole di mezzogiorno è alto e lo sporto lo intercetta; d'inverno è basso e i raggi passano sotto lo sporto.

7. A. Il plastico di studio è rapido e modificabile; non sostituisce i disegni in scala e non serve al calcolo.

8. C. Luce netta di almeno 80 cm (appendice D).

9. B. Aperture su lati opposti producono una corrente d'aria che attraversa l'ambiente.

10. bisogno; programma; sito; concept; alternative; verifica.

11. a) F: la pendenza massima è dell'8%. b) V. c) F: il render controlla l'aspetto, ma misure, pendenze, ombre e struttura si verificano su piante e sezioni in scala. d) F: è una proposta; per costruire servono un progettista abilitato, il calcolo strutturale e i permessi. e) V (D.M. 5 luglio 1975). f) V.

12. a–4; b–2; c–6; d–3; e–1; f–5.

13. Modifica dell'esistente: a, c, e. Ex novo: b, d, f.

14. *Traccia di risposta.* Accessibilità: raggiungere l'edificio e i suoi ambienti, entrarvi e usarli in sicurezza e autonomia (una biblioteca con rampa, porte larghe, bagno accessibile). Visitabilità: accedere agli spazi di relazione e ad almeno un servizio igienico (un ristorante in cui si raggiungono la sala e un bagno). Adattabilità: poter rendere lo spazio accessibile in seguito, con lavori limitati (un alloggio progettato in modo che il bagno si possa allargare spostando un tramezzo). Progettazione universale: l'accessibilità pensata dall'inizio migliora lo spazio per tutti (passeggini, anziani, chi si è fatto male) e non resta un'aggiunta «per i disabili».

15. 30 e 32 cm ($62–64 - 32$); 8%; 8 cm; 80 cm.

16. a) $l = 0{,}36 : 0{,}08 = 4{,}50$ m. b) $0{,}36 : 5{,}00 \cdot 100 = 7{,}2\%$. c) $\sqrt{(5{,}00^2 + 0{,}36^2)} \approx 5{,}01$ m. d) $1{,}50 + 5{,}00 + 1{,}50 = 8{,}00$ m, che a 1:50 sono 160 mm: entrano nei 277 mm utili dell'A4 orizzontale. Sul foglio la rampa è lunga 100 mm e il dislivello misura 7,2 mm.

17. a) Il numero di alzate deve dividere esattamente 288 cm: 16 alzate da 18 cm oppure 18 alzate da 16 cm (con 15, 17 o 19 cm non si ottiene un numero intero di alzate). b) Con $a = 18$ cm: $p \approx 62–64 - 36 = 26–28$ cm, per esempio 27 cm; 15 pedate $\cdot$ 0,27 = 4,05 m (81 mm a 1:50). Con $a = 16$ cm: $p \approx 30–32$ cm, per esempio 30 cm; 17 pedate $\cdot$ 0,30 = 5,10 m (102 mm a 1:50). La seconda è più comoda ma più lunga. c) Disegno: la sezione deve mostrare il numero corretto di alzate e di pedate e le quote ±0,00 e +2,88.

18. In giugno il limite dell'ombra cade a circa 1,0 m dal bordo sud, verso nord: sul disegno a 1:50, misura attesa ≈ 20 mm ± 1 mm. In dicembre il raggio è così inclinato che, prima di toccare il pavimento, percorre circa 6,2 m in pianta (misura attesa ≈ 124 mm ± 1 mm sul disegno): sotto la pergola profonda 3,00 m non c'è ombra della copertura e, con un rampicante a foglia caduca, il sole scalda tutto lo spazio.

19. Si traccia dal davanzale (+0,90) il raggio di giugno a circa 68°, verso l'alto e verso sud, fino alla quota +3,00: la sporgenza minima è di circa 0,85 m (misura attesa sul disegno a 1:20 ≈ 42 mm ± 1 mm); si arrotonda, per esempio, a 0,90 m. Con una sporgenza di 0,85 m, il raggio di dicembre (circa 22°) che passa per il bordo dello sporto incontra la facciata a

circa +2,66, sopra l'architrave (+2,40): d'inverno il sole entra da tutta la finestra. Nota: a fine estate il sole è più basso che a giugno e servono tende o un albero.

20. a) Tabella con: aula studio, 24 posti · 2,0 m² = 48 m²; deposito 6 m²; servizio igienico accessibile 5 m²; ingresso 4 m². b) Superficie netta 48 + 6 + 5 + 4 = 63 m²; lorda 63 · 1,15 = 72,45 m², circa 72 m². c) Per esempio 9,00 × 8,00 m (72 m²) oppure 12,00 × 6,00 m (72 m²); il secondo, con i lati lunghi a nord e a sud, permette di avere tutte le postazioni vicino alle finestre, con luce da nord e sole d'inverno da sud schermato da sporti. Ogni scelta motivata è accettabile.

21. Dislivello 2 · 15 = 30 cm; lunghezza minima 0,30 : 0,08 = 3,75 m; con il ripiano di arrivo di 1,50 m servono 3,75 + 1,50 = 5,25 m, meno dei 6,00 m disponibili: la rampa rettilinea entra (si può anche allungarla fino a 4,50 m, con pendenza 0,30 : 4,50 · 100 ≈ 6,7%, più comoda). A 1:50, 5,25 m = 105 mm. Sul campo: la verifica è che pendenza ≤ 8% e che rampa e ripiani stiano nello spazio rilevato, con l'eidotipo quotato e il nord.

22. In isometria senza riduzione le misure lungo gli assi sono vere, divise per la scala: lato di 8,00 m → 80 mm; lato del tetto verso sud 0,40 + 8,00 + 0,40 = 8,80 m → 88 mm; altezza dei pilastri 3,00 m → 30 mm; sporto a sud 1,20 m → 12 mm (il tetto, profondo 0,60 + 6,00 + 1,20 = 7,80 m, misura 78 mm). Le misure non parallele agli assi, come le diagonali, non sono in vera grandezza.

23. Tetto 8,80 × 7,80 m → 88 × 78 mm, spessore 4,5 mm (o due cartoncini); pareti est e ovest 6,00 × 3,00 m → 60 × 30 mm; dieci pilastri 0,20 × 0,20 × 3,00 m → 2 × 2 × 30 mm; base del portico e del padiglione 8,80 × 7,20 m (da 1,20 m a sud fino all'asse nord) → 88 × 72 mm. In acetato trasparente le vetrate nord e sud (80 × 30 mm, da forare dove servono le parti opache) e la finestra ovest.

24. *Traccia di risposta.* Restano valide la pianta allungata, il telaio regolare, il tetto verde e la ventilazione incrociata. Cambia l'orientamento delle aperture: la grande vetrata verso il lago ora guarda a sud e va protetta con uno sporto profondo o un portico, con frangisole orizzontali o con alberi a foglia caduca davanti; la luce diffusa per leggere può venire da finestre alte a nord; il muro cieco va spostato a ovest, verso la strada, dove protegge anche dal sole basso del pomeriggio estivo.

25. Pendenza 0,50 : 5,80 · 100 ≈ 8,6%: supera l'8% e la rampa non va bene. Lunghezza minima 0,50 : 0,08 = 6,25 m.

26. a) 2,00 m. b) 1,20 m a sud, 0,60 m a nord. c) Intradosso +3,00, estradosso +3,45. d) Dal portico a sud, nella campata tra il terzo e il quarto pilastro contando da ovest; le due ante si aprono verso l'esterno, nel portico. e) Perché la sezione guarda verso ovest e mostra, oltre il piano di taglio, la parete ovest con la sua finestra, disegnata con linea sottile.

27. 2 · 17,5 + 24 = 59 cm, meno di 62–64: le pedate sono troppo corte per l'alzata e la scala è ripida e scomoda (il piede non si appoggia bene). Con a = 17,5 cm serve $p \approx 62–64 - 35 = 27–29$ cm, per esempio 28 cm; la rampa si allunga da 16 · 0,24 = 3,84 m a 16 · 0,28 = 4,48 m.

28. *Traccia di risposta.* a) Sulla terrazza e nella parte nord del cortile, fuori dalla fascia d'ombra del muro sud e al riparo dell'ala nord: a mezzogiorno d'inverno ricevono sole. b) In quasi tutto il cortile: a mezzogiorno d'estate il sole è alto e le ali dell'edificio non fanno ombra; resta solo una striscia d'ombra di poco meno di 1 m lungo il muro sud (circa 0,9 m, come si vede tracciando il raggio di giugno a 68° in una sezione del muro). Per questo servono la pergola e gli alberi. c) La criticità 1 (terrazza raggiungibile solo con gradini).

29. *Traccia di risposta.* 75 cm è meno degli 80 cm di riferimento: si propone di allargare il vano o di sostituire la porta con una a due ante, di cui almeno una con luce netta di 80 cm o più. Il valore dell'appendice D riguarda la porta d'ingresso di un alloggio; una biblioteca scolastica è un edificio pubblico, per il quale le norme in vigore possono chiedere requisiti propri, da verificare in un progetto reale.

30. *Traccia di risposta.* 1) Primo minuto: il bisogno e il luogo (lettura, lago, strada, sole), il concept in una frase. 2) Le alternative e il perché della scelta (tabel-

la di confronto). 3) Pianta e sezione: la maglia di 2,00 m, la luce da nord, lo sporto e il sole nelle due stagioni. 4) L'assonometria: struttura in legno, tetto verde, accessibilità senza gradini. 5) Conclusione: limiti della proposta (calcoli, permessi) e possibili sviluppi.

31. *Traccia di risposta* (4–6 collegamenti). Per esempio: costruzione a secco e prefabbricazione → il Crystal Palace di Paxton (1851) e le Esposizioni universali (cap. 6); maglia strutturale e telaio → la Scuola di Chicago (cap. 6) e i cinque punti di Le Corbusier, con la pianta libera (cap. 14); progettare oggetti e spazi per l'uso → dal Werkbund al Bauhaus (cap. 13); orientamento e sporti → l'architettura bioclimatica e i sistemi costruttivi ecosostenibili (cap. 16). Collegamenti possibili: storia (la rivoluzione industriale), scienze (clima e risorse), fisica (luce e calore), educazione civica (art. 9 della Costituzione).