Politecnico di Torino

Corso di Laurea in Design e Comunicazione
A.A. 2025/2026
Sessione di Laurea Luglio 2026

Montascale regolabile e a basso costo per pazienti di oncologia pediatrica:

Sistema di riconversione di un carrello merci

Relatore:
Walter Franco

Candidato:
Martino Trinchero

Montascale regolabile e a basso costo per pazienti di oncologia pediatrica:

sistema di riconversione di un carrello merci

Politecnico di Torino

Dipartimento di Architettura e Design

Corso di Laurea in Design e comunicazione

Relatore:
Walter Franco

Candidato:
Martino Trinchero

Sessione:
Luglio 2026

Indice

Capitolo 1 - Introduzione —4
Contesto e origine del progetto —5
Brief —6
Metodologia —7
Progettare per l'accessibilità —12

Capitolo 2 - Metadesign —14
Analisi di Scenario —15
Il committente: l'Unione Genitori Italiani ODV —15
Il target —18
Analisi delle scale piemontesi —28
Stato dell'Arte - Montascale —33
Benchmarking Multicriteria —51
Sistema esigenziale prestazionale —58
I vantaggi dell'approccio autocostruttivo —62

Capitolo 3 - Design —64
La motorizzazione e le dimensioni di massima —65
La prima proposta —71
La scelta del tripode —72
La seconda proposta —72
La terza proposta —73
La quarta proposta —73
La quinta proposta —74

Cap. 4 - Il prodotto finale —78
Architettura di base —81
Configurazione 1 —90
Configurazione 2 —94
Verifica delle prestazioni offerte —97
Conclusioni —99

Bibliografia —100

Ringraziamenti —114

Capitolo 1
Introduzione

Contesto e origine del progetto

Durante una precedente esperienza professionale, sono venuto in contatto con l'UGI - Unione Genitori Italiani contro il tumore dei bambini ODV (Unione Genitori Italiani, 2022) e le sue attività. In quella circostanza UGI organizzava workshop creativi per bambini in chemioterapia, collaborando con un museo torinese.

Venuto a conoscenza di questa realtà, ho deciso di indagare con loro l'eventuale presenza, nella quotidianità di questi bambini, di un problema risolvibile per mezzo del design. Dopo i primi colloqui con il coordinatore e responsabile attività, laboratori e progetti per famiglie di UGI, Domenico de Biasio, sono stato messo in contatto con la terapista occupazionale Alice Labate. Nel corso di diversi colloqui con lei, la fisiatra Paola Imazio ed il fisioterapista Andrea Tisone, sono state analizzate diverse possibilità fino alla definizione del brief.

Brief

Una volta dimessi in seguito alla chemioterapia, i pazienti di oncologia pediatrica vanno incontro ad un periodo di circa tre settimane durante il quale, non potendo appoggiare il peso sulle proprie gambe, utilizzano una carrozzina.

Da questa condizione derivano grandi difficoltà nel momento in cui si deve superare una rampa di scale. Le soluzioni attualmente disponibili in commercio non sono adeguate per vari motivi: i montascale elettrici fissi richiedono interventi irreversibili sull'edificio e tempi dilungati a causa della burocrazia, il che li rende inadatti ad una necessità di breve durata, mentre i montascale mobili motorizzati sono inaccessibili per ragioni economiche, non potendo le famiglie contare su agevolazioni statali in presenza di una disabilità non permanente, viste la Legge 9 gennaio 1989 n. 13, la Legge 5 febbraio 1992, n. 104; DPCM 12 gennaio 2017 (Legge 9 gennaio 1989, 1989, Legge 5 febbraio 1992, n. 104, 1992, DPCM 12 gennaio 2017, 2017).

Di conseguenza, la soluzione più comunemente adottata è che il caregiver, tendenzialmente un genitore, salga la scalinata trasportando di peso il bambino sulle proprie spalle, con evidenti problemi di sicurezza e di comfort.

È dunque richiesto di progettare un sistema a basso costo che permetta ad una persona in carrozzina di salire e scendere le scale, adattandosi a diversi tipi di scalini presenti nelle abitazioni dei pazienti ed adatto ad un'esigenza di così breve durata.

Metodologia

Il progetto è stato portato avanti avvalendosi delle conoscenze e dell'esperienza del personale medico e sanitario dell'Ospedale Infantile Regina Margherita di Torino e dell'UGI ODV, interpellato regolarmente tanto in fase metaprogettuale quanto in quella progettuale, durante la quale i loro feedback hanno contribuito ad indirizzare il prodotto verso la sua forma finale.

In particolare, sono stati coinvolti attivamente e si ringraziano la terapista occupazionale dott.ssa Alice Labate, la fisiatra dott.ssa Paola Imazio ed il medico fisioterapista dott. Andrea Tisone.

Queste figure professionali hanno inizialmente proposto il brief, sollevando una problematica irrisolta. Successivamente, numerose interviste e consultazioni con loro hanno permesso di inquadrare meglio il problema da risolvere, nonché a delineare precisamente alcune delle esigenze degli utenti e dei requisiti insindacabili richiesti al prodotto. Successivamente, sono stati loro sottoposti tutti gli avanzamenti progettuali, mantenendo il progetto saldamente ancorato alle esigenze reali degli utenti e dei caregiver.

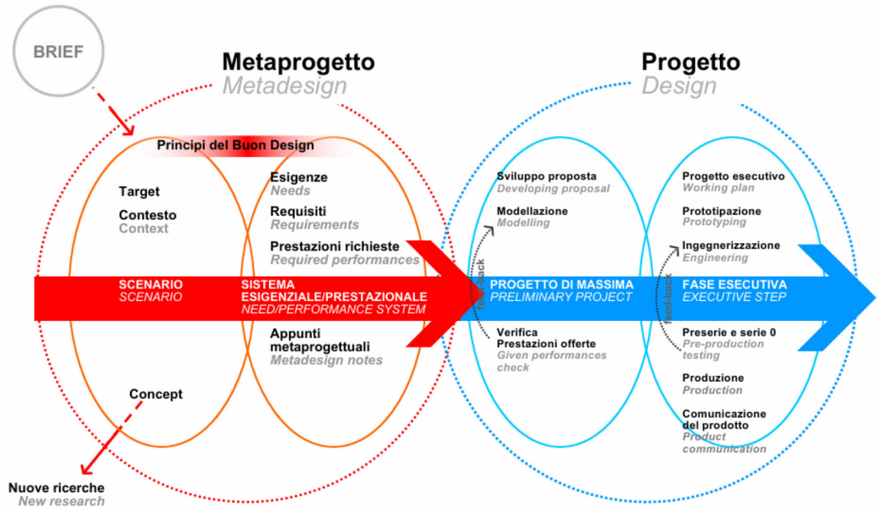


Fig. 1.1: La metodologia progettuale del Politecnico di Torino (Dal Palù, 2024).

Il processo si è avvalso della metodologia progettuale del Politecnico di Torino (Fig. 1.1, 2024), una declinazione del noto “Double Diamond” del Design (Fig. 1.2).

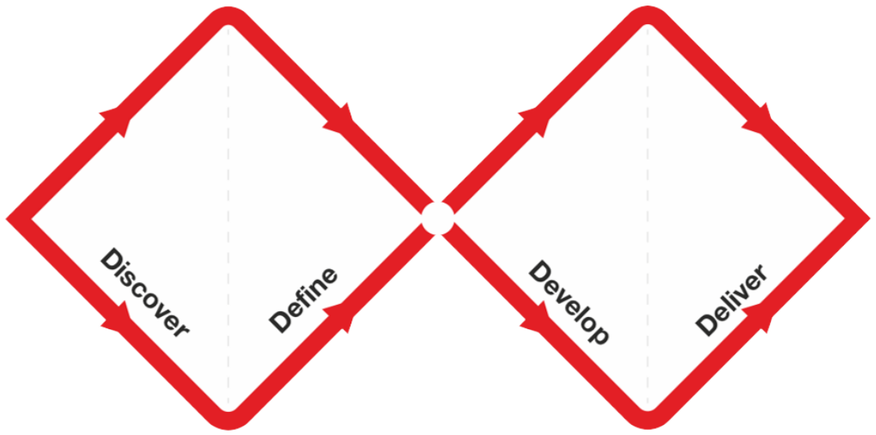


Fig. 1.2: Il “Double Diamond of Design” delineato da Design Council (s.d.).

Alla base di questi approcci, così come di altri largamente diffusi ed adottati tra i progettisti di tutto il mondo (Fig. 1.3, 1.4) vi è l’iterazione di fasi divergenti e convergenti, rispettivamente per espandere l’orizzonte di progettazione oltre alle pratiche attuali raggiungendo così la massima innovazione accettabile (Neumeier, 2006), per poi restringere la rosa di possibilità fino alla soluzione più efficace al problema da risolvere.

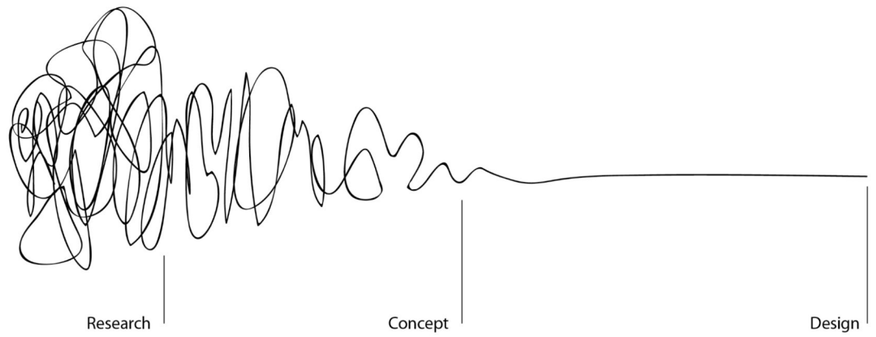


Fig. 1.3: “The Design Squiggle” (2024) rappresenta l'intrinseco caos del processo progettuale.

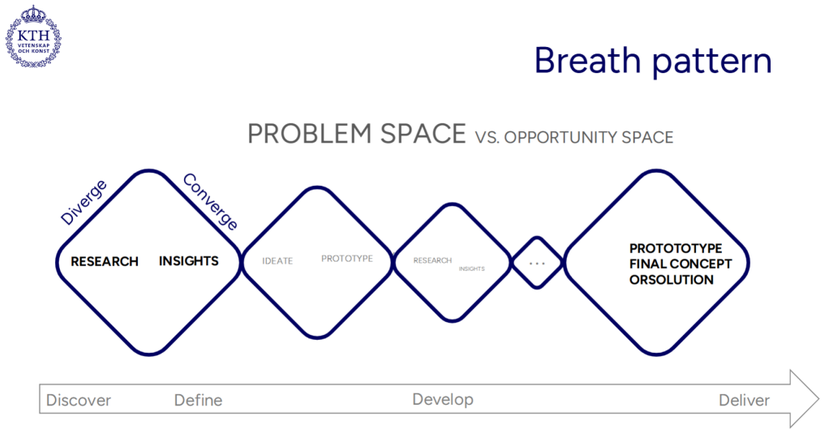


Fig. 1.4: Il “Breathing Diamond” teorizzato presso il KTH (Eneberg, 2025) non limita il processo a due sole iterazioni, che sono invece numerose.

Seguendo il metodo del Politecnico di Torino, una volta ricevuto il brief si suddivide l’attività progettuale in due macro fasi, ossia il metaprogetto ed il progetto vero e proprio.

La fase metaprogettuale è dedicata all’approfondimento del problema da risolvere. Essa comincia con la definizione dello scenario progettuale, lo studio del committente, del target di riferimento, del quadro normativo afferente al progetto, nonché dello stato dell’arte e delle pratiche attuali. Una volta ottenute queste conoscenze fondamentali, può essere definito il sistema esigenziale-prestazionale: il punto di partenza sono le esigenze degli utenti, non limitate a quelle del solo utente finale, che definiscono i requisiti del prodotto e le prestazioni che esso dovrà offrire.

La ricerca durante la fase metaprogettuale è stata condotta attingendo a varie risorse:

Interviste ai professionisti medico-sanitari:

- 10/09/26 - indagine sull’ambito di progetto;
- 18/09/26 - definizione del brief e investigazione sulle esigenze

degli utenti coinvolti;

•20/11/26 - indagine sullo stato dell'arte;

•24/12/26 - indagine sullo stato dell'arte;

•13/04/26 - completamento del sistema esigenziale-prestazionale;

•12/06/26 - architettura e funzionamento del montascale;

•17/06/26 - nuova architettura e funzionamento del montascale; analisi e misurazioni di carrozzine pediatriche.

Interviste a rivenditori e produttori di montascale e carrozzine:

•07/04/26 - intervista con dipendente dell'azienda Spencer, esplorando i dettagli delle soluzioni montascale in commercio e agevolazioni fiscali previste in (Spencer, 2026) Italia per l'acquisto di ausili montascale;

•30/06/2026 - intervista con dipendente di S.T.O. srl (Studio Tecnico Ortopedico, 2026), rivenditore di carrozzine per pediatriche e per adulti a Torino (via Nizza 98).

Sopralluoghi e misurazioni di ausili pediatrici, ausili per adulti, componenti del prodotto, presso:

•Casa UGI - c.so Unità d'Italia 70, Torino (UGI, 2022);

•S.T.O. srl. - via Nizza 98, Torino (S.T.O., 2026);

•Leroy Merlin - Via Nazioni Unite, 8, Collegno (TO) (Leroy Merlin, s.d.).

Ricerca antropologica telematica attingendo a diari, testimonianze, blog, diari, ecc. di utenti, caregiver e familiari.

Ricerca bibliografica, attingendo alle biblioteche di ateneo del Politecnico di Torino e del KTH di Stoccolma.

Ricerca sulle normative e le leggi esistenti, a livello locale a Torino ed in Piemonte, nazionale in Italia ed internazionale.

Ricerca di mercato attingendo a siti di produttori e rivenditori.

Progettare per l'accessibilità

Il presente progetto ricade nella categoria del design for each, ossia "l'approccio alla progettazione dedicato ad una specifica inabilità, volto a risolvere un problema con una soluzione che però potrebbe essere di riferimento per altre disabilità" (Germak, 2025).

Sarebbe tuttavia bene, quando si progetta, non considerare le disabilità secondo il modello individuale, o modello medico, preferendo invece il cosiddetto modello sociale (Barnes, 2011), concentrandosi quindi su come sia la società, in questo caso dal punto di vista architettonico e legislativo, a causare discriminazione ed esclusione, piuttosto che le disabilità in sé. Ciò porterebbe a considerare l'accessibilità fin dalle prime fasi della progettazione, evitando di trovarsi poi a dover adattare soluzioni intrinsecamente discriminatorie in un secondo momento (Non-clusive design, Hedvall et al., 2022), senza contare gli effetti positivi della progettazione accessibile per tutte le fasce della popolazione, le quali saranno statisticamente soggette a disabilità quantomeno temporanee durante la loro vita, e che possono in ogni caso giovare da queste soluzioni in termini di comfort, secondo il noto "curb-cut effect" (Fig. 1.5).

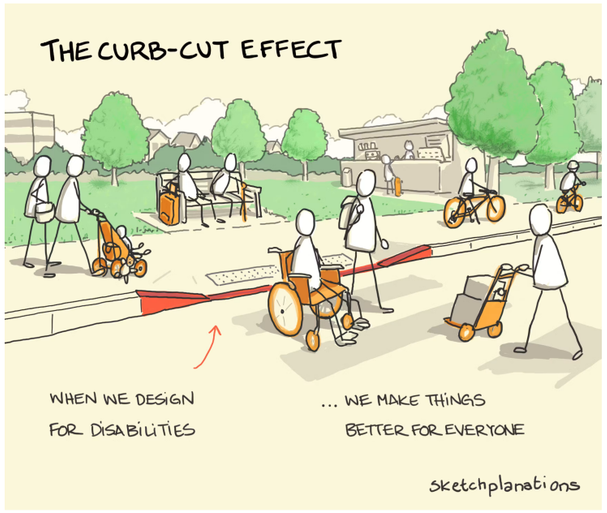


Fig. 1.5: Il "Curb-cut effect" spiegato graficamente (Sketchplanations, 2021).

In questo caso specifico, tuttavia, la richiesta progettuale è proprio volta alla ricerca di una soluzione che possa compensare a questa progettazione miope, sia dal punto di vista strutturale, non prevedendo alternative accessibili alle scale, sia da quello legislativo, che rende inaccessibili i costi non prevedendo agevolazioni economiche in caso di disabilità temporanea (Legge 9 gennaio 1989, 1989, 1992; DPCM 12 gennaio 2017, 2017).

Metadesign

Capitolo 2

Analisi di Scenario

Il committente: l’Unione Genitori Italiani ODV

Fig. 2.1: Il logo di UGI (UGI, 2022).

L’UGI (Fig. 2.1), Unione Genitori Italiani contro il tumore dei bambini, è un'Organizzazione Di Volontariato che dal 1980 offre sostegno alle famiglie con un figlio malato di tumore ed organizza attività di svago o ludico-didattiche per i pazienti. Oltre al sostegno alle famiglie, lo scopo è quello di migliorare l’assistenza medica e sociale ai pazienti, nonché sostenere la ricerca scientifica (UGI, 2022). L’associazione è nata ed opera presso l’Ospedale Infantile Regina Margherita di Torino, in Piemonte (Fig. 2.2).



Fig. 2.2: L’Ospedale Infantile Regina Margherita a Torino, Piemonte (ilTorinese, 2024).

Nel corso degli anni, numerose sono state le iniziative dell'UGI, come l'assegnazione di borse di studio a medici e psicologi per migliorare l'assistenza nei reparti nel 1981, il contributo economico erogato per aprire il Centro Trapianti di Midollo Osseo all'interno dell'Ospedale nel 1989, l'istituzione della scuola media di primo grado statale presso l'Ospedale nel 1993 e molte altre, fino ad arrivare al più recente progetto "Saluzzo 43" per la realizzazione di nuove unità abitative (UGI, 2022).

Ad oggi, l'UGI offre accoglienza alle famiglie dei bambini in terapia, riabilitazione, assistenza economica e pratica dalla diagnosi all'off-therapy, contribuendo al contempo alla alla ricerca mediante l'erogazione di borse di studio per giovani medici, biologi e psicologi (UGI, 2022).

Inoltre, sono negli anni stati portati avanti diversi progetti, tra i quali rimangono attivi i seguenti (UGI, 2022):

- "Modello UGI", percorso di 18 mesi concentrato sulla riabilitazione e sullo sport, sostegno economico e pratico per le famiglie, inclusione sociale e scolastica, educazione e prevenzione;

- "Stare bene con UGI", legato alla consapevolezza e alla prevenzione;

- "La rete che cura", percorso olistico di 18 mesi che include la riabilitazione fisica, il supporto psicologico ed educativo, le attività sportive, l'arte e la cultura;

- "UGIDUE", il primo spazio di riabilitazione funzionale gratuito per bambini con malattie oncologiche;

- "Residence UGI", sei spazi abitativi inaugurati nel 2024;

- "Crescere in rete", per contribuire allo sviluppo della rete di assistenza legata alle malattie oncologiche;

- "Voglio stare a casa... Vieni tu!", un progetto che aumenta la competenza dei familiari per limitare il più possibile le visite ospedaliere e sostenere i pazienti nel proprio domicilio.

Il presente progetto si inserisce dunque nell'impegno di UGI di assistere i pazienti anche una volta finita la terapia, in particolare nelle settimane immediatamente successive alle dimissioni.

Il target

Il target è “la fascia dei potenziali fruitori (...) di un prodotto o servizio” (Dal Palù, 2024). In questo caso, è composto da due categorie diverse di utenti: i passeggeri, che useranno il prodotto in prima persona ma passivamente, e i caregiver, che si faranno carico del trasporto. È dunque bene studiare ed analizzare le esigenze ed i comportamenti attuali di entrambe queste categorie.

Passeggeri

Età

I pazienti di oncologia pediatrica considerati rientrano nel range d’età 7-17 anni. Al fine di progettare uno strumento adatto a tutti gli utenti, sono presi come riferimento dimensionale massimo gli individui di sesso maschile di 17 anni, essendo questi i più alti e pesanti, e come riferimento minimo quelli di sesso femminile di 7 anni di età per ragioni analoghe (Tab. 2.1) (Fredriks et al., 2005; Neyzi, 2014; Zhang e Li, 2015).

Table 1 L, M, and S values for sitting height (SH) (cm), leg length (LL) (cm), and sitting height/height (SH/H) ratio for boys and girls of Dutch origin in the age range 0–21 years

	SH			LL			SH/H		
Age (y)	L	M	S	L	M	S	L	M	S
Boys									
0.25	3.072	41.691	0.045	1.061	19.376	0.080	5.220	0.682	0.034
0.50	3.087	45.669	0.044	0.936	22.136	0.078	5.220	0.671	0.034
0.75	3.092	48.035	0.044	0.824	24.605	0.077	5.220	0.660	0.034
1.0	3.087	49.710	0.044	0.729	26.922	0.075	5.220	0.648	0.034
2.0	3.030	53.599	0.046	0.536	35.711	0.071	5.220	0.604	0.034
3.0	2.971	55.952	0.046	0.513	42.289	0.067	5.220	0.572	0.033
4.0	2.886	58.741	0.047	0.530	47.110	0.064	5.220	0.555	0.033
5.0	2.768	61.831	0.047	0.558	51.291	0.062	5.220	0.546	0.031
6.0	2.624	64.916	0.047	0.588	55.143	0.061	5.220	0.541	0.030
7.0	2.474	67.784	0.046	0.617	58.826	0.060	5.220	0.536	0.029
8.0	2.331	70.446	0.047	0.644	62.405	0.060	5.220	0.531	0.028
9.0	2.212	72.642	0.047	0.672	65.720	0.059	5.220	0.525	0.027
10.0	2.115	74.502	0.048	0.703	68.825	0.059	5.220	0.520	0.026
11.0	2.023	76.435	0.048	0.742	71.947	0.059	5.220	0.516	0.025
12.0	1.931	78.893	0.049	0.791	75.332	0.059	5.220	0.513	0.025
13.0	1.868	81.971	0.050	0.851	79.180	0.059	5.220	0.509	0.025
14.0	1.871	85.482	0.050	0.910	82.832	0.058	5.220	0.508	0.026
15.0	1.925	88.994	0.047	0.957	85.618	0.057	5.220	0.510	0.026
16.0	1.985	91.555	0.044	0.990	87.476	0.057	5.220	0.512	0.027
17.0	2.024	93.017	0.042	1.007	88.456	0.057	5.220	0.513	0.027
18.0	2.047	93.854	0.041	1.013	88.821	0.057	5.220	0.515	0.028
19.0	2.059	94.311	0.040	1.014	88.885	0.057	5.220	0.516	0.028
20.0	2.062	94.432	0.040	1.016	88.954	0.057	5.220	0.516	0.029
21.0	2.060	94.654	0.040	1.019	89.144	0.057	5.220	0.513	0.029
Girls									
0.25	1.510	40.669	0.045	0.707	18.895	0.079	4.720	0.683	0.036
0.50	1.445	44.742	0.045	0.673	21.518	0.077	4.720	0.672	0.036
0.75	1.386	46.962	0.046	0.650	23.999	0.075	4.720	0.660	0.036
1.0	1.336	48.719	0.046	0.641	26.364	0.074	4.720	0.648	0.036
2.0	1.234	52.428	0.048	0.719	35.261	0.069	4.720	0.601	0.036
3.0	1.194	54.615	0.049	0.785	42.145	0.066	4.720	0.568	0.035
4.0	1.164	57.761	0.049	0.764	46.801	0.063	4.720	0.553	0.034
5.0	1.147	61.155	0.050	0.713	50.650	0.061	4.720	0.546	0.032
6.0	1.144	64.146	0.050	0.660	54.452	0.060	4.720	0.541	0.031
7.0	1.153	66.810	0.050	0.625	58.309	0.059	4.720	0.536	0.029
8.0	1.176	69.573	0.050	0.624	62.011	0.058	4.720	0.531	0.028
9.0	1.217	72.287	0.049	0.662	65.409	0.058	4.720	0.526	0.027
10.0	1.277	74.730	0.049	0.738	68.658	0.057	4.720	0.522	0.028
11.0	1.357	77.178	0.048	0.850	71.969	0.057	4.720	0.519	0.027
12.0	1.471	80.100	0.047	0.982	75.247	0.056	4.720	0.516	0.027
13.0	1.610	83.126	0.045	1.101	77.896	0.056	4.720	0.516	0.027
14.0	1.735	85.498	0.043	1.175	79.464	0.056	4.720	0.518	0.027
15.0	1.823	87.060	0.041	1.209	80.153	0.055	4.720	0.522	0.027
16.0	1.883	88.108	0.040	1.225	80.491	0.055	4.720	0.524	0.027
17.0	1.907	88.544	0.039	1.234	80.657	0.055	4.720	0.524	0.027
18.0	1.917	88.707	0.039	1.238	80.749	0.055	4.720	0.524	0.027
19.0	1.933	88.994	0.039	1.242	80.827	0.055	4.720	0.525	0.027
20.0	1.953	89.347	0.038	1.248	80.956	0.055	4.720	0.526	0.027
21.0	1.969	89.627	0.038	1.253	81.057	0.055	4.720	0.526	0.027

Tab. 2.1: La statura (H), ricavata indirettamente grazie al rapporto SH/H, è massima per gli individui maschi di 17 anni e minima per gli individui di sesso femminile di 7 anni (Fredriks et al., 2005).

Peso

Come peso di riferimento, è stato indicato dal personale dell'UGI il limite massimo di 60 kg.

Ai fini del progetto, questo si traduce in una portata necessaria di 60 kg.

Altezza in posizione seduta

Con “altezza in posizione seduta” si intende “la distanza fra la sommità del capo e la superficie di supporto sulla quale un individuo è seduto in posizione eretta” (Merriam Webster, s.d.) ed è fondamentale per la progettazione di una seduta. Per questo progetto, il valore massimo di riferimento è di 93 cm, mentre quello minimo è di 67 cm.

Questi valori derivano dalle ricerche svolte in merito da Fredriks et al. (2005), Neyzi (2014), e Zhang e Li (2015), rispettivamente nei Paesi Bassi, in Turchia, ed in Cina. In tutti questi contesti differenti, tale misura si assesta mediamente sui 93 cm (Tab. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4) per i maschi 17enni, e sui 67 cm o superiore per le femmine di 7 anni.

Queste ricerche mostrano inoltre che, anche in presenza di differenze di statura in posizione eretta tra le diverse popolazioni studiate, queste non si ripercuotono significativamente sull’altezza in posizione seduta (Zhang e Li, 2015), il che rende accettabile questa misura anche per utenti prevalentemente italiani.

Ai fini del progetto, i valori di 66 e 93 cm delimitano il range per l’altezza complessiva dello schienale e del supporto per il capo, fondamentale soprattutto quando l’utente si trova inclinato all’indietro.

Table 3 SDS values for sitting height and sitting height/height ratio in girls

		Sitting Height (cm)							Sitting Height / Height						
Age (years)	*n*	−3	−2	−1	Mean	+1	+2	+3	−3	−2	−1	Mean	+1	+2	+3
6	41	50.98	58.24	62.84	66.29	69.08	71.44	73.50	0.51	0.53	0.54	0.56	0.57	0.58	0.59
6.5	138	57.38	61.28	64.53	67.35	69.84	72.09	74.14	0.50	0.52	0.54	0.55	0.56	0.58	0.59
7	179	57.78	61.72	65.14	68.19	70.95	73.48	75.82	0.51	0.53	0.54	0.55	0.56	0.58	0.59
7.5	209	58.23	62.16	65.81	69.23	72.46	75.52	78.44	0.51	0.52	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59
8	222	60.16	63.91	67.45	70.81	74.02	77.09	80.03	0.51	0.52	0.53	0.55	0.56	0.57	0.59
8.5	247	60.06	64.62	68.59	72.14	75.37	78.33	81.08	0.51	0.52	0.53	0.54	0.56	0.57	0.59
9	241	62.10	65.87	69.54	73.11	76.59	79.98	83.30	0.51	0.52	0.53	0.54	0.56	0.57	0.59
9.5	243	61.72	66.41	70.69	74.64	78.33	81.79	85.07	0.51	0.52	0.53	0.54	0.56	0.57	0.59
10	254	63.39	67.75	71.89	75.84	79.64	83.29	86.82	0.50	0.52	0.53	0.54	0.55	0.57	0.58
10.5	223	65.57	69.97	74.03	77.83	81.39	84.76	87.97	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.57	0.58
11	265	68.21	72.03	75.79	79.48	83.11	86.69	90.21	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.58
11.5	363	70.71	74.39	77.92	81.31	84.59	87.77	90.85	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.56	0.58
12	378	70.36	75.17	79.19	82.66	85.74	88.52	91.05	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.56	0.57
12.5	430	72.36	76.92	80.76	84.08	87.03	89.69	92.12	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.57
13	409	74.12	77.95	81.45	84.69	87.72	90.56	93.25	0.49	0.51	0.52	0.53	0.55	0.56	0.57
13.5	376	75.76	79.09	82.35	85.55	88.69	91.78	94.81	0.49	0.51	0.52	0.53	0.55	0.56	0.58
14	319	76.79	80.02	83.17	86.25	89.25	92.19	95.07	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56	0.57
14.5	246	77.16	80.36	83.60	86.87	90.18	93.54	96.93	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56	0.57
15	213	77.64	80.67	83.83	87.11	90.51	94.04	97.71	0.50	0.51	0.52	0.54	0.55	0.57	0.58
15.5	188	77.42	80.88	84.31	87.70	91.06	94.38	97.68	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.57	0.58
16	150	78.47	81.53	84.68	87.90	91.22	94.63	98.12	0.50	0.51	0.53	0.54	0.55	0.57	0.58
16.5	122	77.55	80.99	84.34	87.61	90.82	93.96	97.03	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.57	0.58
17	110	80.86	83.43	86.11	88.88	91.76	94.75	97.85	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57

Tab. 2.2: Altezza in posizione seduta femminile in Turchia (Neyzi, 2014).

Table 4 SDS values for sitting height and sitting height/height ratio in boys

		Sitting height (cm)							Sitting height/height						
Age (years)	*n*	−3	−2	−1	Mean	+1	+2	+3	−3	−2	−1	Mean	+1	+2	+3
6	41	58.17	60.52	63.01	65.65	68.47	71.48	74.68	0.51	0.53	0.54	0.56	0.57	0.58	0.59
6.5	43	54.49	59.79	63.86	67.20	70.07	72.58	74.84	0.50	0.52	0.54	0.55	0.57	0.58	0.59
7	80	56.85	60.84	64.59	68.13	71.49	74.70	77.77	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58
7.5	106	60.42	63.39	66.41	69.49	72.62	75.80	79.03	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.59
8	122	60.73	64.11	67.38	70.57	73.67	76.69	79.65	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.57	0.58
8.5	135	62.43	65.69	68.97	72.26	75.56	78.88	82.21	0.51	0.52	0.53	0.54	0.56	0.57	0.58
9	144	64.36	66.99	69.86	73.00	76.45	80.26	84.50	0.50	0.52	0.53	0.54	0.56	0.57	0.58
9.5	152	64.54	67.72	71.02	74.43	77.96	81.61	85.38	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.58
10	155	65.85	69.02	72.26	75.56	78.92	82.33	85.81	0.50	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56	0.58
10.5	138	67.06	70.14	73.33	76.63	80.04	83.57	87.21	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.58
11	221	67.42	70.55	73.85	77.31	80.96	84.79	88.83	0.49	0.50	0.51	0.52	0.54	0.55	0.57
11.5	410	68.61	71.88	75.31	78.93	82.73	86.74	90.95	0.49	0.50	0.51	0.52	0.54	0.55	0.57
12	459	69.60	72.80	76.29	80.12	84.33	88.97	94.13	0.48	0.50	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56
12.5	510	70.83	74.15	77.80	81.84	86.33	91.35	97.00	0.48	0.50	0.51	0.52	0.54	0.55	0.57
13	459	70.39	74.90	79.38	83.83	88.25	92.65	97.02	0.48	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56
13.5	437	72.65	77.02	81.42	85.83	90.26	94.71	99.17	0.48	0.49	0.51	0.52	0.53	0.55	0.56
14	359	73.60	78.88	83.59	87.88	91.82	95.48	98.90	0.49	0.50	0.51	0.52	0.54	0.55	0.57
14.5	280	75.36	80.43	85.02	89.24	93.15	96.80	100.24	0.48	0.50	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56
15	265	79.72	83.32	86.93	90.56	94.19	97.84	101.50	0.49	0.50	0.51	0.53	0.54	0.55	0.57
15.5	174	82.02	85.09	88.33	91.76	95.40	99.25	103.34	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.56	0.58
16	159	78.09	83.61	88.30	92.41	96.09	99.44	102.51	0.46	0.49	0.51	0.53	0.55	0.56	0.57
16.5	107	80.53	85.11	89.24	93.01	96.49	99.74	102.78	0.48	0.50	0.51	0.53	0.55	0.56	0.57
17	86	84.16	86.78	89.66	92.86	96.45	100.50	105.13	0.45	0.49	0.52	0.53	0.55	0.56	0.57

Tab. 2.3: Altezza in posizione seduta maschile in Turchia (Neyzi, 2014).

Table 2. Means value of SH, LL, SH/LL and their gender difference for Chinese children and adolescents ($\bar{x} \pm SD$).

	SH[a]			LL			SH/LL		
Completed years	Boys	Girls	Difference[b]	Boys	Girls	Difference[b]	Boys	Girls	Difference[b]
0	33.5 ± 1.6	33.2 ± 1.6	0.3*	16.8 ± 1.4	16.5 ± 1.4	0.3*	2.00 ± 0.20	2.03 ± 0.20	−0.03*
1	48.0 ± 2.1	46.9 ± 2.0	1.1*	28.5 ± 1.8	28.0 ± 1.8	0.5*	1.69 ± 0.13	1.68 ± 0.13	0.01
2	53.5 ± 2.3	52.7 ± 2.2	0.8*	34.9 ± 2.1	34.5 ± 2.1	0.4*	1.54 ± 0.10	1.53 ± 0.10	0.01
3	57.1 ± 2.3	56.2 ± 2.3	0.9*	39.7 ± 2.2	39.3 ± 2.2	0.4*	1.44 ± 0.08	1.43 ± 0.08	0.01
4	59.9 ± 2.3	59.1 ± 2.3	0.8*	44.2 ± 2.3	44.0 ± 2.3	0.2*	1.36 ± 0.06	1.35 ± 0.06	0.01
5	62.9 ± 2.4	62.1 ± 2.3	0.8*	48.3 ± 2.5	48.1 ± 2.5	0.2*	1.30 ± 0.06	1.29 ± 0.06	0.01
6	65.6 ± 2.5	64.8 ± 2.5	0.8*	52.1 ± 2.7	51.8 ± 2.7	0.3*	1.26 ± 0.06	1.25 ± 0.06	0.01
7	68.1 ± 2.7	67.2 ± 2.7	0.9*	55.8 ± 3.0	55.3 ± 2.9	0.5*	1.22 ± 0.06	1.22 ± 0.05	0.00
8	70.5 ± 2.9	69.6 ± 2.9	0.9*	59.4 ± 3.2	58.8 ± 3.2	0.6*	1.19 ± 0.06	1.18 ± 0.05	0.01
9	72.7 ± 3.2	71.9 ± 3.1	0.8*	62.6 ± 3.5	62.2 ± 3.4	0.4*	1.16 ± 0.06	1.16 ± 0.05	0.00
10	74.7 ± 3.4	74.6 ± 3.3	0.1	65.5 ± 3.7	65.6 ± 3.6	−0.1	1.14 ± 0.06	1.14 ± 0.05	0.00
11	76.8 ± 3.6	77.8 ± 3.5	− 1.0*	68.6 ± 4.0	68.9 ± 3.7	−0.3	1.12 ± 0.06	1.13 ± 0.06	−0.01
12	79.9 ± 3.9	81.0 ± 3.5	− 1.1*	72.2 ± 4.2	71.3 ± 3.8	0.9*	1.11 ± 0.06	1.14 ± 0.06	−0.03*
13	83.8 ± 4.1	83.5 ± 3.3	0.3*	75.8 ± 4.3	72.6 ± 3.8	3.2*	1.11 ± 0.06	1.15 ± 0.06	−0.04*
14	87.5 ± 4.0	85.1 ± 3.2	2.4*	78.2 ± 4.2	73.2 ± 3.9	5.0*	1.12 ± 0.06	1.16 ± 0.06	−0.04*
15	90.0 ± 3.7	86.0 ± 3.1	4.0*	79.4 ± 4.1	73.4 ± 3.9	6.0*	1.13 ± 0.06	1.16 ± 0.06	−0.03*
16	91.5 ± 3.5	86.4 ± 3.0	5.1*	79.7 ± 4.1	73.5 ± 3.9	6.2*	1.14 ± 0.06	1.17 ± 0.06	−0.03*
17	92.3 ± 3.4	86.7 ± 3.0	5.6*	79.8 ± 4.1	73.5 ± 3.9	6.3*	1.15 ± 0.06	1.18 ± 0.06	−0.03*
18	92.6 ± 3.4	86.9 ± 3.0	5.7*	79.9 ± 4.1	73.6 ± 3.9	6.3*	1.16 ± 0.06	1.18 ± 0.06	−0.02*

[a]Crown-rump length was measured before 3 years, sitting height was measured after 3 years (contained 3 years).
[b]Difference = boys − girls.
*$p < 0.05$.

Tab. 2.4: Altezza in posizione seduta in Cina (Zhang e Li, 2015).

Caregiver

Caratteristiche demografiche

Nel caso preso in esame, il ruolo di caregiver è ricoperto nella stragrande maggioranza dei casi da un parente stretto, specificatamente un genitore o, più raramente, un fratello o una sorella.

Tuttavia, è documentato che siano le donne a svolgere più spesso queste mansioni, anche in presenza di un'occupazione (Magill-Evans et al., 2010).

Per quanto riguarda l'età dei caregiver, assumendo che questi siano i genitori, l'età media delle madri piemontesi al momento del parto è in crescita e stabilmente superiore ai 31 anni a partire dal 2007 (Istat, 2022), mentre per le madri italiane in generale si arriva ai 31,9 anni registrati nel 2024 (Fig. 2.4, Eurostat, 2026).

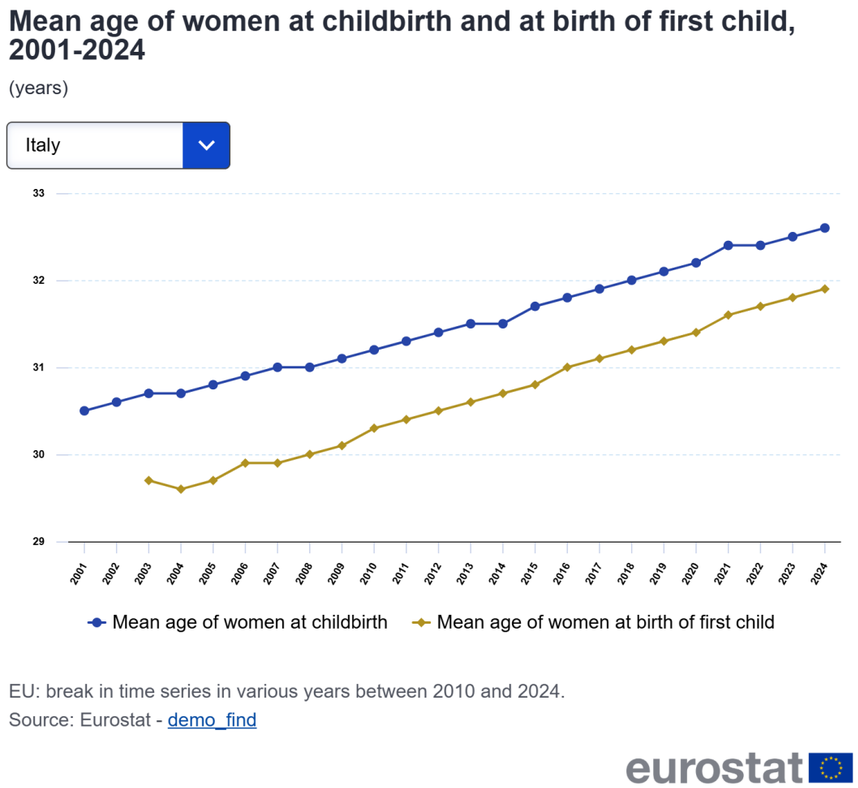


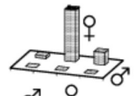
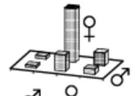
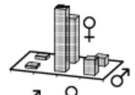
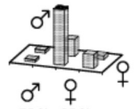
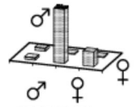
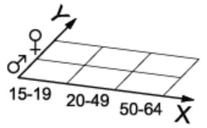
Fig. 2.4: Età delle madri italiane alla nascita del primo figlio ed al parto in generale (Eurostat, 2026).

Considerando che in Europa i padri sono mediamente più vecchi di 2,5-3 anni rispetto alle madri (INED, 2015; Statistics Netherlands, 2025), si può indicare 35 anni come età media del padre al momento del parto. Sommando queste cifre all'età dei pazienti oncologici, si ottiene un range d'età per le caregiver di sesso femminile di 38-48 anni e di 42-52 per quelli di sesso maschile.

Forza esercitabile ed altezza dell'impugnatura

Le Norme ISO 11228 Parte 2 (International Organization for Standardization, 2022-a) regolano la movimentazione manuale di carichi, in particolare quando questi vengono spinti o tirati, e stabiliscono i limiti di forza che possono essere esercitati in sicurezza in un contesto domestico.

Come visibile (Tab. 2.6), il valore dipende dall'altezza alla quale è esercitata la forza e dal sottogruppo del quale fanno parte gli utenti presi in considerazione. Alla luce dei parametri demografici definiti in precedenza (maggioranza femminile, età generalmente inferiore ai 50 anni), il sottogruppo più adatto a questo progetto è il numero 2 (Tab. 2. 5). Inoltre, al fine di massimizzare la forza esercitabile dal caregiver, l'altezza di applicazione della forza deve rientrare nel range tra 55 e 115 cm dal suolo. Tale forza, a seconda dell'altezza precisa, può variare tra i 66 e i 72 N.

Gender distribution male to female ratio %	Visualization [a]	Population subgroup no.
0:100	 0 % : 100 %	1
25:75	 25 % : 75 %	2
59:41 Natural distribution	 59 % : 41 %	3
75:25	 75 % : 25 %	4
100:0	 100 % : 0 %	5
a  X age Y sex		

Tab. 2.5: Gruppo demografico di riferimento (ISO, 2022-a).

Table B.10 — Basic force limits, F_B, when PULLING, accounting for absolute working height, h_w, and population subgroup — Central European working population, DOMESTIC users

Absolute working height, h_w m	Basic force limits, F_B N									
	Population subgroup no. [a]									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,05	N/A	N/A	N/A	1	22	N/A	N/A	N/A	1	10
1,9	9	12	18	24	48	8	10	15	18	30
1,75	23	26	35	42	74	20	23	31	35	50
1,6	36	40	49	56	97	32	36	45	49	69
1,45	47	51	60	68	116	43	47	56	61	85
1,3	57	61	70	77	131	52	56	65	70	98
1,15	64	67	76	83	140	58	62	71	76	107
1,0	68	71	79	87	145	62	66	75	80	111
0,85	69	72	80	87	146	63	66	75	80	111
0,7	67	70	78	85	142	62	65	73	78	107
0,55	63	66	73	80	133	58	60	68	73	99
0,4	56	59	66	72	119	51	54	61	65	87
0,25	47	49	56	62	102	42	45	51	55	72

NOTE 1 Age and gender distribution according to the Europe of the 12 member states, 1993.

NOTE 2 Stature distribution according to Reference [8].

NOTE 3 Strength distribution according to DIN 33411-5 [7].

NOTE 4 Domestic users include younger and elderly non-working population.

NOTE 5 Technical solutions could possibly completely transform the task or at least improve the condition for it.

NOTE 6 Although these data are presented, it is not advisable to work above shoulder height.

NOTE 7 These data are not recommended force limits.

[a] Refer to Tables B.5 and B.6.

Tab. 2.6: Limite di forza esercitabile in sicurezza da utenti domestici, tirando, in relazione all'altezza dell'impugnatura (ISO, 2022-a).

La pratica attuale

Come definito in sede di brief, in mancanza di soluzioni soddisfacenti, la pratica ricorrente vede il caregiver caricare il passeggero sulla propria schiena, trasportandolo fisicamente lungo la rampa di scale.

Ciò comporta problemi significativi relativamente al comfort, ma soprattutto alla sicurezza di entrambe le persone coinvolte, che rischiano di andare incontro a cadute e, nel caso del caregiver, a problemi di salute legati a sforzi in condizioni non ottimali. Inoltre, questo modus operandi risulta inaccessibile a caregiver più fragili.

Per una progettazione efficace è dunque necessario ridurre lo sforzo fisico richiesto al caregiver e migliorarne la sicurezza. Inoltre, è bene ottimizzare il tempo necessario per azionare ed utilizzare il prodotto, per evitare che esso cada in disuso e vengano preferite soluzioni alternative, benché deleterie per la sicurezza del caregiver e del passeggero, solo perché percepite come più rapide.

Considerazioni sul tempo di utilizzo

Quando si considera il tempo di utilizzo del prodotto, vanno individuati due momenti principali: il trasferimento del passeggero (con o senza la propria carrozzina) al montascale e viceversa, e l'effettiva salita o discesa.

Per quanto riguarda il trasferimento dell'utente sul montascale, è un'operazione che richiede attualmente pochi secondi. Pertanto, è importante che la nuova soluzione proposta non sia percepita come eccessivamente più lunga di questa. Per quanto risulti difficile quantificare precisamente il limite di questa differenza temporale, in assenza di precise indicazioni in merito nella letteratura scientifica relativa ai prodotti industriali, è possibile basarsi sugli studi di Jacob Nielsen nell'ambito dell'ergonomia cognitiva applicata alle interfacce digitali. Nel saggio "Usability engineering" (Nielsen, 1993), egli individua 10 secondi come "limite per mantenere l'attenzione dell'utente sull'interfaccia", prima che questo si distragga e cominci a compiere azioni alternative in parallelo. Trasponendo questo concetto all'uso di prodotti fisici, si può stabilire che il tempo di trasferimento non debba eccedere la pratica attuale di più di 10 secondi.

Analisi delle carrozzine utilizzate dal target

Ai fini del progetto, è fondamentale avere un quadro chiaro delle dimensioni e del funzionamento delle carrozzine utilizzate dal target. Queste, visto il range d'età considerato, includono le carrozzine pediatriche, dalle dimensioni ridotte ed adatte per utenti giovani, ma anche carrozzine di medio-piccole per adulti, per gli utenti più vicini alla maggiore età.

I dati riportati in questa fase sono la sintesi di:

- misurazioni prese presso Casa UGI (UGI, 2022) a Torino (Corso Unità d'Italia, 70), accompagnato dalla terapista occupazionale Alice Labate, la quale mi ha permesso di entrare dove l'ODV stocca gli ausili che lascia in utilizzo agli utenti;

- misurazioni prese dal sottoscritto nel negozio S.T.O. srl (STO, 2026), rivenditore di carrozzine per pediatriche e per adulti a Torino (via Nizza 98);

- ricerca di mercato sui siti web dei principali rivenditori;

- indicazioni del personale medico-sanitario dell'UGI (dott.sse Imazio e Labate).

Le principali differenze riguardano la struttura dell'ausilio, pieghevole o fisso, la loro larghezza, il raggio delle ruote, e la configurazione dei montanti verticali, alcuni dei quali sono dritti ed allineati con i bordi della seduta, mentre altri presentano geometrie più complesse; inoltre, alcuni sono collocati in corrispondenza del centro delle ruote, mentre più spesso si trovano discostati da esso di qualche cm.

I dati sono sintetizzati di seguito (Tab. 2.7, Fig. 2.5)

Grandezza	Valore (cm)
Diametro ruota (d)	29 < d < 30 v 55 < d < 60
Spessore ruota (w)	2,5 < w < 3
Larghezza (l) (registrata esternamente tra le due ruote)	47 < l < 65
Altezza maniglie dal suolo (h)	82 < h < 90
Larghezza tra le maniglie (a) (esterna)	31 < a < 45
Larghezza tra i montanti (b) (esterna)	29 < b < 45
Diametro esterno tubolari (c)	2,5 < c < 3
Altezza seduta (e)	43 < e < 49

Tab. 2.7: Riferimenti dimensionali delle carrozzine utilizzate dal target di riferimento.



Fig. 2.5: Riferimenti dimensionali delle carrozzine utilizzate dal target di riferimento (adattato da Antano Group, s.d.).

Analisi delle scale piemontesi

Quadro normativo

In Italia, i vincoli di progettazione degli elementi architettonici sono regolati dal Decreto Ministeriale 14 giugno 1989, n. 236: “Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche” (DECRETO MINISTERIALE 14 giugno 1989, 1989). Ai fini di questo progetto è particolarmente rilevante il Capo IV, articolo 8 (“Specifiche Funzionali e Dimensionali”), che regola, fra le altre cose, le scale. Di seguito si riportano i passaggi fondamentali.

“Le rampe di scale che costituiscono parte comune o siano di uso pubblico devono avere una larghezza minima di 1,20 m, avere una pendenza limitata e costante per l'intero sviluppo della scala. (...)

I gradini devono essere caratterizzati da un corretto rapporto tra alzata e pedata (pedata minima 30 cm): la somma tra il doppio dell'alzata e la pedata deve essere compresa tra 62/64 cm. (...)

Le rampe di scale che non costituiscono parte comune o non sono di uso pubblico devono avere una larghezza minima di 0.80 m. (...)

In tal caso devono comunque essere rispettati il gia' citato rapporto tra alzata e pedata (in questo caso minimo 25 cm), e la altezza minima del parapetto.” (DECRETO MINISTERIALE 14 giugno 1989, 1989)

Essendo il progetto prettamente rivolto al contesto domestico, il prodotto dovrà fare riferimento ai limiti definiti per utilizzo privato. Il dato relativo all’alzata massima non è esplicitato ma è ricavabile indirettamente: sapendo che 2a + p 64 cm e che p 25 cm, l’alzata massima si verifica quando p = 25 cm. In quel caso, 2a = (64 - 25) cm = 39 cm. Pertanto, l’alzata massima prevista dalla legge è a = 19,5 cm.

Per quanto riguarda i pianerottoli, indicazioni utili sono reperibili nella sezione seguente, dedicata alle rampe inclinate.

“Ogni 10 metri di lunghezza ed in presenza di interruzioni mediante porte, la rampa deve prevedere un ripiano orizzontale di dimensioni minime pari a 1.50 x 1,50 m, ovvero 1.40x1.70 m in senso trasversale e 1.70 m in senso longitudinale al verso di marcia, oltre l'ingombro di apertura di eventuali porte.” (DECRETO MINISTERIALE 14 giugno 1989, 1989).

A Torino, dove opera UGI, in aggiunta alla legge nazionale dal 2023 vige il Regolamento Edilizio n. 381 della Città di Torino. Questo, nonostante reiteri i limiti minimi di larghezza (120 e 80 cm, rispettivamente per edifici pubblici e privati), accetta anche scale più strette in casi particolari:

“Scale con larghezza utile non inferiore a metri 0,60, sono ammesse solo per servire locali già autonomamente accessibili tramite percorsi o aperture con larghezza minima di metri 0,80. Le scale di collegamento tra locali adibiti alla permanenza di persone e locali ad usi accessori dovranno essere dotate di idonea chiusura.” (Regolamento Edilizio n. 381, 2018)

Di seguito un riassunto dei vincoli definiti dalla legge (Tab.2.8):

Grandezza	Valore (cm)
Larghezza minima (pubb.)	120
Larghezza minima (priv.)	80
Larghezza utile minima (priv. secondaria)	60
Pedata minima (pubb.)	30
Pedata minima (priv.)	25
Rapporto tra pedata (p) e alzata (a)	$62\ cm \leq 2a + p \leq 64$
Alzata massima	19,5
Dimensioni minime pianerottolo	150 x 150
Dimensioni minime pianerottolo (con porta)	140 x 170

Tab. 2.8: Vincoli definiti dalla legge (DECRETO MINISTERIALE 14 giugno 1989, 1989, Regolamento Edilizio n. 381, 2018).

Non conformità alle normative in Piemonte

Una considerazione importante quando si trattano elementi architettonici come le scale, tuttavia, riguarda la differenza tra quanto dettato dalle normative e ciò che effettivamente esiste. Stando ai dati del Centro Ricerche Economiche Sociali di Mercato per l'Edilizia (Cresme, 2024), infatti, in Italia “Il 72% del patrimonio edilizio residenziale è stato costruito prima del 1980” ed è pertanto di almeno 9 anni anteriore rispetto alle normative citate in precedenza. In Piemonte in particolare, la percentuale raggiunge l’81%, un dato secondo solo alla Liguria (Cresme, 2024).

Per garantire l’efficacia del prodotto anche in assenza di rispetto delle normative, piuttosto che considerare esclusivamente i limiti legali è dunque fondamentale tenere conto dei dati reali, derivati da secoli di tradizione progettuale e da leggi precedenti.

Prima dell’entrata in vigore di una legge nazionale unica, l’edilizia si basava infatti su norme locali. In particolare, a Torino vigevano i Regolamenti Edilizi, il primo dei quali entrato in vigore nel 1843 (Regolamento Edilizio, 1843). Tuttavia, tra tutti quelli precedenti la normativa e liberamente consultabili, ossia fino al Regolamento Edilizio n 7 bis del 1968 (1968), è evidente la scarsa attenzione rispetto al tema dell’accessibilità: questi documenti regolano principalmente aspetti relativi all’igiene, alla solidità, alla prevenzione di incendi e all’esecuzione lavori, piuttosto che imporre dei limiti alle dimensioni dei gradini. L’indicazione che più vi si avvicina viene introdotta all’ Art. 71 del Regolamento Edilizio del 1912 e riguarda i marciapiedi:

“I marciapiedi di pietra verso le vie e piazze dovranno esser d'un solo pezzo nel senso trasversale, ed avere grossezza non minore di centimetri 10. I marciapiedi di cemento e di asfalto dovranno esser muniti di guida esterna di pietra lavorata nella parte vista, dell'altezza di m. 0,20 e della grossezza di centimetri sei.” (Regolamento Edilizio, 1912).

Questa indicazione sembra suggerire un’alzata minima di 10 - 16 cm per i marciapiedi.

In assenza di chiari vincoli legali, è quindi utile investigare le pratiche più diffuse fra i progettisti del tempo. Una fonte autorevole in merito è costituita dal “Manuale dell’Architetto” di Donghi (1935), architetto milanese e professore presso la Regia Scuola di Ingegneria ed Architettura di Padova (Signorelli, s.d.). In questo saggio, egli indica 1,30 m come limite minimo di larghezza per le scale pubbliche, ad eccezione dei 90 minimi nel caso di ambienti come tribune; per quanto riguarda l’alzata, raccomanda di “non superare i 17 cm. di alzata per le scale ordinarie e 19 per quelle delle tribune” (Donghi, 1935). Egli riporta inoltre un esempio da oltreoceano, dove in seguito ad un incidente furono stabiliti il limite massimo di 17-18 cm per l’alzata e dei 28 cm minimi per la pedata (Donghi, 1935). Questi dati, che non differiscono di molto dalla normativa corrente, suggeriscono il suo fondamento su principi e pratiche lungamente consolidate rendendo difficile immaginare drastiche variazioni dimensionali negli edifici precedenti alla normativa.

Un’altra fonte autorevole, di molto successiva, è l’ “Enciclopedia pratica per il progettare e il costruire” di Ernst Neufert (1980). In questo saggio, punto di riferimento per architetti ed ingegneri civili (Hoepli Editore, 2024), si trovano indicazioni lievemente discordi con quanto riportato in precedenza: le misure di pedata e alzata arrivano a 22 cm x 22 cm per le scale esterne, mentre si suggeriscono misure fino a 21 cm x 24 cm per uso privato. Il rapporto tra pedata (p) e alzata (a) si discosta significativamente dalla proporzione adottata ad oggi: 55 2a + p 70. Soltanto il valore della larghezza minima, tra 60 e 80 cm, è vicino a quello attuale (Neufert, 1980).

Misure di riferimento per il progetto

Alla luce di questa analisi, al fine di garantire che il prodotto sia utilizzabile ed efficace anche in edifici che non rispettano le normative, è

bene che il prodotto sia utilizzabile su scale con le caratteristiche riportate in Tab. 2.9.

Grandezza	Valore (cm)
Larghezza minima	80 (60)
Pedata minima	24
Alzata massima	20
Dimensioni minime pianerottolo)	150 x 150

Tab. 2.9: Misure delle scale da tenersi come riferimento per il progetto.

È opportuno notare che, a prescindere dalla larghezza del montascale, spesso sono le carrozzine stesse ad eccedere i 60 cm di larghezza, ed è dunque bene tenere in considerazione anche il limite di 80 cm.

Stato dell'Arte - Montascale

Un'analisi esaustiva delle soluzioni montascale disponibili in commercio è fondamentale ai fini di una progettazione consapevole delle opportunità e dei limiti offerti dal panorama tecnologico attuale.

Flessibilità

La prima distinzione possibile tra i vari sistemi montascale esistenti riguarda la loro flessibilità, potendo distinguere tra montascale fissi e mobili.

Montascale fissi



Fig. 2.6: Montascale fisso con seduta trasversale (Elelift, s.d.).

I montascale fissi sono soluzioni motorizzate costituite da un supporto ancorato al mancorrente o alla parete, lungo il quale si muove la seduta oppure una pedana sulla quale caricare l'intera carrozzina. Sono adatti a diversi tipi di scale, dai pochi gradini rettilinei di uno scalone d'ingresso, alle scale segmentate costituite da più rampe. Alcuni prevedono che l'utente fronteggi la direzione del movimento, altri che segga trasversale ad essa (Fig. 2.6), altri ancora che l'utente sia sempre rivolto verso valle o verso monte sia in fase di salita che in fase di discesa.

Questo tipo di soluzione non è adatto alle esigenze del target di riferimento: a causa della complicata installazione, la quale richiede interventi permanenti sull'edificio e procedure burocratiche lunghe, ed a causa del prezzo elevato, sono poco adatte a risolvere una necessità di poche settimane.

Montascale mobili

La naturale alternativa ai montascale fissi è costituita dai sistemi mobili (Fig. 2.7). Per sistemi mobili si intendono tutte quelle soluzioni che non necessitano di essere installate e fissate al mancorrente o alla parete, diventando di conseguenza più flessibili, occasionalmente pieghevoli, e meno complesse dal punto di vista organizzativo.



Fig. 2.7: Il montascale Jolly (JOLLY RAMP, s.d.) è un esempio di soluzione mobile.

Sistemi dedicati, add-on e integrati

L'approccio al trasporto dell'utente, che può essere di tre tipi. Se i sistemi dedicati sono preposti al trasporto del solo utente senza la carrozzina, i sistemi add-on sono progettati per aggiungersi alla carrozzina, trasportando anch'essa, mentre in quelli integrati è la carrozzina stessa a poter adottare all'occorrenza la funzione di montascale.

Sistemi dedicati

I sistemi dedicati, siano essi fissi o mobili, prevedono il trasferimento dell'utente dalla carrozzina al montascale, rendendo necessario il trasporto della carrozzina in un secondo momento (Figg. 2.8 2.9).

Il difetto di queste soluzioni, benché molto valide, risiede nei frequenti trasferimenti dalla carrozzina al montascale e viceversa, che può comportare controindicazioni nel caso degli utenti più fragili, e la necessità di trasportare separatamente la carrozzina.

Nel caso specifico di questo progetto, il trasferimento dalla sedia al montascale non è da escludere a priori, dal momento che è un'operazione

che le famiglie già effettuano dal letto alla carrozzina almeno due volte al giorno. Una considerazione importante, tuttavia, è che questa operazione deve essere sufficientemente veloce da evitare che lo strumento cada in disuso perché percepito come sconveniente. Adottare un sistema che permetta di trasportare anche la carrozzina sarebbe preferibile per quanto non imperativo.



Fig. 2.8: Esempio di Montascale dedicato fisso Stannah ("Montascale per Anziani", s.d.).



Fig. 2.9: Il modello "Scoiattolo", indicato dai professionisti interpellati come esempio virtuoso, è un esempio di montascale dedicato mobile ("Montascale Scoiattolo a Ruote", s.d.).

Sistemi add-on

I sistemi add-on consentono di trasportare l'utente normalmente seduto sulla propria carrozzina (Fig. 2.10). Se tra i pregi vi è la celerità e la non necessità di trasferimento, tra i potenziali svantaggi si annoverano il peso complessivo, particolarmente rilevante soprattutto nel caso di soluzioni non motorizzate, e la predisposizione alla presenza di giochi che possono generare nell'utente una sensazione di instabilità.



Fig. 2.10: Esempio di Montascale add-on motorizzato (“Sunwa Stairmate”, s.d.).

Sistemi Integrati

Si tratta di carrozzine in grado di superare scalini o intere rampe di scale (Figg. 2.11, 2.12). Il fatto che siano motorizzate ne aumenta significativamente il costo, le dimensioni ed il peso.



Fig. 2.11: Esempio di montascale integrato nella carrozzina (Quaglia et al., 2016).



Fig. 2.12: Esempio di montascale integrato nella carrozzina (“Scewo BRO”, 2024).

Rampe

Le rampe portatili, definite dalla Norma ISO 9999:2022 - TC come “superfici inclinate mobili atte al superamento di dislivelli contenuti” (ISO, 2022-b), sono considerabili come parte delle soluzioni add-on. Sono costituite da una pedana inclinata su cui è possibile transitare con una sedia a rotelle. Ne esistono molteplici varianti.

Le rampe a canalina, costituite da due guide parallele, una per ciascuna ruota, tra le più usate in ambito domestico; le rampe piatte monoblocco, spesso pieghevoli, costituite da una pedana unica in alluminio più larga della sedia a rotelle; le rampe telescopiche, allungabili e progettate per dislivelli variabili; le rampe a soglia, create per dislivelli minimi come piccoli gradini o soglie di porte finestre; rampe arrotolabili; rampe basculanti, progettate utilizzo non frequente e dotate di una piattaforma finale basculante pieghevole.

Generalmente, la superficie antiscivolo destinata al contatto con le ruote della carrozzina (Fig. 2.13) è rivestita in silicato d'alluminio, gomma, oppure ottenuta mediante geometrie zigrinate (Mobilex, 2026).

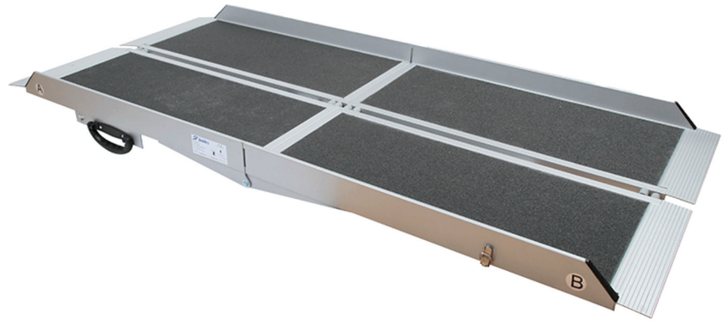


Fig. 2.13: Superficie antiscivolo di una rampa portatile (Mobilex, 2026).

Motorizzazione

La distinzione tra ausili motorizzati e non motorizzati, precedentemente suggerita, è fondamentale per le sue ricadute sulla funzionalità e sul prezzo.

I Sistemi Manuali

Gli ausili non motorizzati, detti anche “manuali”, sono mossi da uno o più caregiver, mentre solo raramente dall’utente stesso. Se tra i loro vantaggi si annoverano il prezzo significativamente inferiore ed un peso ridotto, richiedono naturalmente un importante sforzo fisico da parte del caregiver (Figg. 2.14, 2.15).



Fig. 2.14, 2.15: Differenti esempi di sistemi non motorizzati, entrambi adibiti all’evacuazione in caso di emergenza (Spencer, 2024).

Sistemi motorizzati

Gli strumenti motorizzati si servono di un motore elettrico ricaricabile, incaricato di fornire la coppia necessaria al superamento degli scalini tanto in salita quanto in discesa. L’aumento significativo del peso è giustificato dal minore sforzo fisico richiesto al caregiver, con conseguente aumento del prezzo. A seconda della fascia di prezzo, il motore può assistere anche ulteriori funzioni oltre al superamento degli scalini, aiutando nell’equilibrio o spingendo l’utente anche in piano (Figg. 2.16, 2.17).



Fig. 2.16: Nel modello VOCIC AY04, il motore assiste esclusivamente in fase di salita e di discesa (VOCIC AY04, s.d.).



Fig. 2.17: Nel modello iBot di Mobius Mobility, il motore muove la carrozzina anche in piano e permette di sollevare la seduta mantenendosi in equilibrio sulle ruote disposte in verticale (Mobius Mobility, 2026).

Autonomi o con necessità di accompagnamento

Successivamente alla distinzione tra soluzioni motorizzate e manuali, si pone la questione della necessità o meno di un caregiver. Tuttavia, è importante notare che queste categorie non si sovrappongono interamente: sono molte le soluzioni motorizzate che necessitano di un operatore, come ad esempio lo Scoiattolo citato sopra (“Montascale Scoiattolo a Ruote”, s.d.).

Adoperabili in autonomia

Gli strumenti adoperabili in autonomia (Fig. 2.18) sono tendenzialmente motorizzati e comandati dall'utente mediante un joystick o interfacce analoghe, compatibili con la condizione dell'utente.



Fig. 2.18: Esempio di montascale adoperabile in autonomia ("Scewo BRO", 2024).

Più raramente, le soluzioni montascale possono essere azionate ad autospinta (Fig. 2.19) direttamente dall'utente.



Fig. 2.19: Concept per un montascale manuale ad autospinta (Adattato da Verma et al., 2025).

Ai fini di questo progetto non è opportuno né necessario un sistema adoperabile in autonomia dall'utente, che deve comunque sempre contare sulla presenza di un caregiver nella sua quotidianità.

Con necessità di assistenza

In alternativa alle soluzioni manovrabili in autonomia, la maggior parte necessita invece dell'assistenza da parte di un'altra persona (Fig. 2.20), o in alcuni casi anche di molteplici (Fig. 2.21).



Fig. 2.20: Nello Scoiattolo, il caregiver è necessario per mantenere la corretta inclinazione della seduta ("Montascale Scoiattolo a Ruote", s.d.).



Fig. 2.21: Le slitte di evacuazione come quelle di PEPE Mobility richiedono due caregiver per la risalita (PEPE Mobility, s.d.).

Le soluzioni con un solo caregiver sono accomunate dal posizionamento di quest'ultimo a monte rispetto allo strumento sia in salita sia in discesa, dal momento che posizionarsi a valle ostacolerebbe significativamente il superamento dell'ostacolo.

Ai fini di questo progetto, è accettabile prevedere l'intervento di un caregiver, ma non di due o più, ai fini di andare incontro alle complicate esigenze logistiche delle famiglie coinvolte.

Gruppo di locomozione

Un'ulteriore importante distinzione riguarda il sistema di locomozione, indipendentemente dalla motorizzazione.

Tripode

Uno dei sistemi di locomozione più comuni per questo scopo è costituito dal tripode. Questa architettura a due gradi di libertà (Quaglia et al., 2011) si compone di tre ruote equidistanti e complanari, vincolate singolarmente nel proprio centro e come insieme nel baricentro del triangolo equilatero che ne collega i centri (Fig. 2.22).

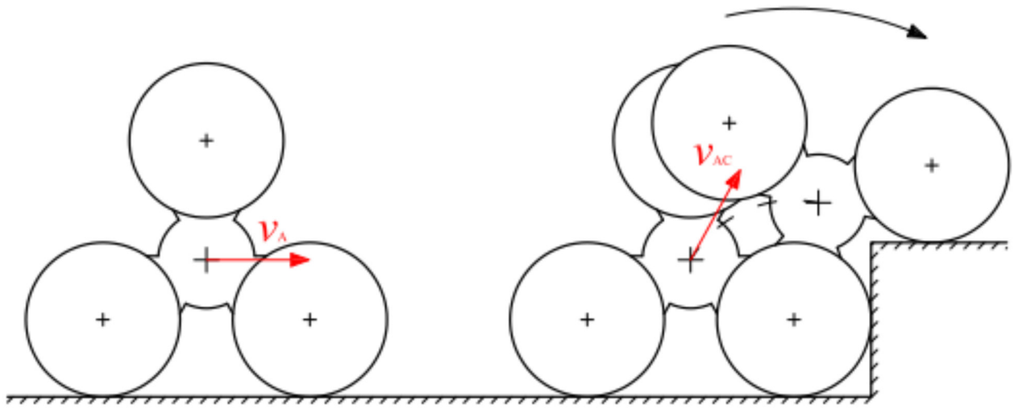


Fig. 2.22: Funzionamento di un sistema a tripode (Quaglia et al., 2011)

Durante la marcia in piano, la carrozzina procede appoggiandosi sulle due ruote inferiori. Quando quella anteriore entra in contatto con l'alzata dello scalino, l'intero tripode inizia a ruotare finché la ruota superiore si trova sulla pedata successiva. A questo punto, esercitando una forza sufficiente, l'intera carrozzina è issata sul gradino successivo.

Questo meccanismo è comune tanto nei montascale quanto in altri prodotti, come i trolley per trasportare la spesa o i carrelli per carichi pesanti (Fig. 2.23).



Fig. 2.23 : Il carrello saliscale Uplift è un esempio di carrello per merci dotato di tripode (Carrello saliscale Uplift, s.d.).

Sebbene il sistema più diffuso sia quello del tripode costituito da 3 ruote, ne esistono diverse varianti, differenti nel numero di ruote e forma del telaio. Esistono anche modelli privi di ruote, che sono sostituite da componenti alternativi (Fig. 2.24).

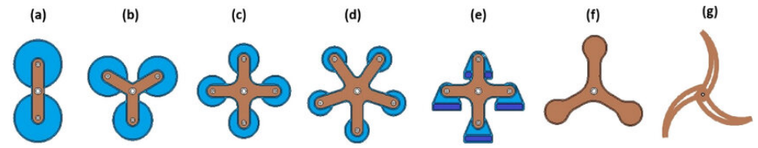


Fig. 2.24: Varianti del tripode (Verma et al., 2025).

Tra gli svantaggi di questa architettura vi è il cosiddetto “polygon effect” (Quaglia et al., 2016), ovvero l’andamento irregolare e del baricentro della carrozzina, potenzialmente scomodo per l'utente (Fig. 2.25).

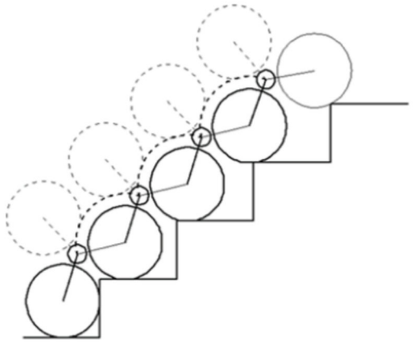


Fig. 2.25: Polygon effect (Quaglia et al., 2016).

È tuttavia ragionevole, ai fini di questo progetto, derubricare tale problema a trascurabile, vista l'inadeguatezza delle soluzioni attualmente in atto.

Cingolati

Nei sistemi cingolati, i cingoli si adattano all’ inclinazione dei gradini, garantendo sicurezza e stabilità (Azione Salute, 2026). Il cingolo è solitamente rivestito di un materiale che consenta di migliorarne l’aderenza alla scala (Ross et al., 2017). La lunghezza dei cingoli deve garantire il contatto costante con almeno con due gradini (Fig. 2.26), con conseguenze sulla manovrabilità in spazi angusti (Bellincioni, 2020).

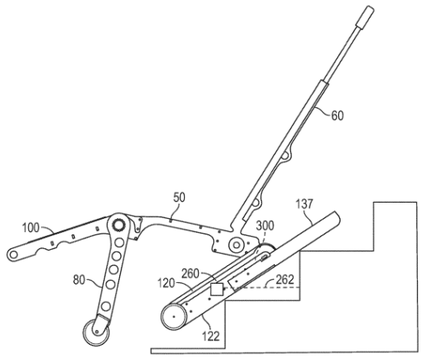


Fig. 2.26: (Ross et al. 2017).

Slitte



Fig. 2.27: La slitta da evacuazione Slyde (Slyde, s.d.).

Questo sistema consiste in un supporto che scorre lungo la superficie dei gradini tramite pattini o runner, senza l'ausilio di ruote.

Nella grande maggioranza dei casi, questo tipo di sistema viene utilizzato per l’evacuazione in situazioni di emergenza in cui non è possibile utilizzare un ascensore (Slyde, s.d.). Questi dispositivi possono avere la conformazione di una barella (Fig. 2.27), in cui il paziente è sdraiato e fissato tramite delle bretelle, o di una sedia (Fig. 2.28).



Fig. 2.28: La Evac+Chair 400H è un esempio di slitta scendi-scale in cui il paziente è seduto (“Evacuation Chair”au, s.d.).

Gambe





Figg. 2.29 e 2.30: C Max U1 è un esempio di montascale dotato di gambe capace di percorrere 23 gradini al minuto (C-max U1, s.d.).

Le soluzioni con gambe (Figg. 2.29, 2.30) sono tra le meno diffuse sul mercato. Le gambe motorizzate consentono al caregiver di trasportare l'utente un gradino alla volta. Questo tipo di sistema è più adatto alle scalinate a chiocciola rispetto agli altri dispositivi presenti sul mercato (C-max U1, s.d.).

Il limite principale di questo genere di prodotti è una velocità di locomozione inferiore rispetto ad altri sistemi.

In ambito di ricerca sono state ultimamente esplorate soluzioni dotate di gambe robotiche (Akamisaka e Nagao, 2024), benché questo tipo di soluzioni non sia ancora comunemente diffuso sul mercato.

Seduta

La seduta è un dettaglio fondamentale per i sistemi dedicati ed integrati, mentre quelli add-on ne sono privi, potendo contare sulla seduta propria della carrozzina. Esse presentano due configurazioni principali, nello specifico la seduta fissa e la seduta basculante.

Nel primo caso, la seduta non ha la possibilità di essere reclinata e la sua inclinazione segue quella del montascale. Nei montascale mobili ciò si traduce nella posizione eretta su superfici piane, per poi inclinarsi nelle fasi di salita e discesa. Molti montascale fissi, tendenzialmente a seduta fissa, dispongono di una seduta pieghevole per ridurre l'ingombro del sistema quando non in funzione.

Le sedute basculanti presentano invece meccanismi atti a modificare l'inclinazione dell'utente. Ciò può avvenire automaticamente o manualmente.

Contenimenti

Fra gli accessori tanto dei montascale quanto delle carrozzine, si trovano i cosiddetti contenimenti, ossia gli elementi che aiutano l'utente a mantenere una posizione stabile, comoda e sicura durante l'utilizzo. In particolare, i professionisti consultati durante il progetto hanno indicato come necessaria la presenza di bretelle, braccioli e pedane.

Bretelle

Hanno lo scopo di immobilizzare l'utente e possono presentare diverse architetture, lasciando o meno libero lo sterno (Figg. 2.31, 2.32) e la zona pelvica (Fig. 2.33), essere costituite da pettorine o cinture (Figg. 2.33, 2.34) (Ausilium, s.d.).

Un’ulteriore distinzione riguarda il numero di punti di fissaggio, nella fattispecie 2, 4 o 5 (Ausilium, s.d.).



Fig. 2.31: Bretellaggio Trimline (Bodytech, 2022).



Fig. 2.32 Fissaggio toracico a X del marchio Demarta Virginio (Ausilium, s.d.).



Fig. 2.33: Gilet di contenzione con presa pelvica di Medycare System (Ausilium, s.d.).



Fig. 2.34: Cintura di bretellaggio Surace (Ausilium, s.d.).

A differenziarsi particolarmente in questa categoria sono i sistemi che bloccano altre parti del corpo, quali ad esempio il capo (Fig. 2.35).



Fig. 2.35: Contenimento per il capo (Spencer, 2024).

Ai fini di questo progetto non è necessario ricorrere a sistemi per il capo, su indicazione del personale medico-sanitario.

Braccioli

I braccioli, deputati al sostegno delle braccia dell’utente, sono generalmente costituiti da un’anima in tubolare metallico rivestito da ABS o carbonio per aumentare il comfort. Possono essere fissi, regolabili in altezza, girevoli, o estraibili (Progeo, s.d.).

Pedane

Le pedane, deputate al sostegno dei piedi dell’utente ed al riposo delle gambe (ISO, 2022-b), sono generalmente regolabili in altezza ed estraibili. Possono prevedere la presenza di una fibbia per bloccare i piedi, di un supporto per il polpaccio e possono essere costituite da una struttura distinta per ciascun piede o da una unica (Grace Medy, 2025).

Sistemi di sicurezza

I sistemi di sicurezza dei montascale sono regolati a livello europeo nelle norme EN 81-40:2020 (ISO, 2020). In particolare, viene stabilito l'obbligo di una portata minima di 250 kg se si trasportano utenti in sedia a rotelle, di controlli "hold-to-run", ovvero attivati dalla pressione costante del caregiver sul controller, in mancanza della quale il sistema si arresta automaticamente, e del controllo della velocità massima, eccedeuta la quale il sistema deve essere bloccato (ISO, 2020).

Per questo, i montascale dispongono di sistemi di frenata di emergenza che, eccedute certe velocità, bloccano meccanicamente il movimento (Fig. 2.36), come descritto nel brevetto italiano IT202100003905A1 (Nigro, 2021).

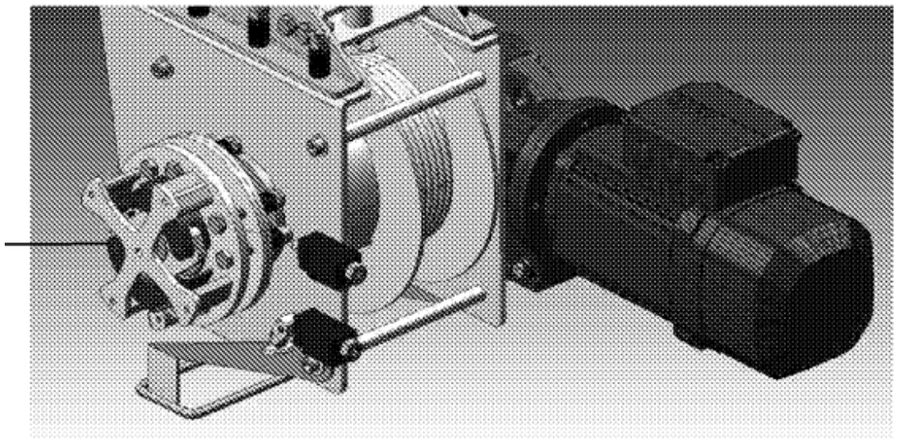


Fig. 2.36: Freno di emergenza per montascale (Nigro, 2021).

Benchmarking Multicriteria

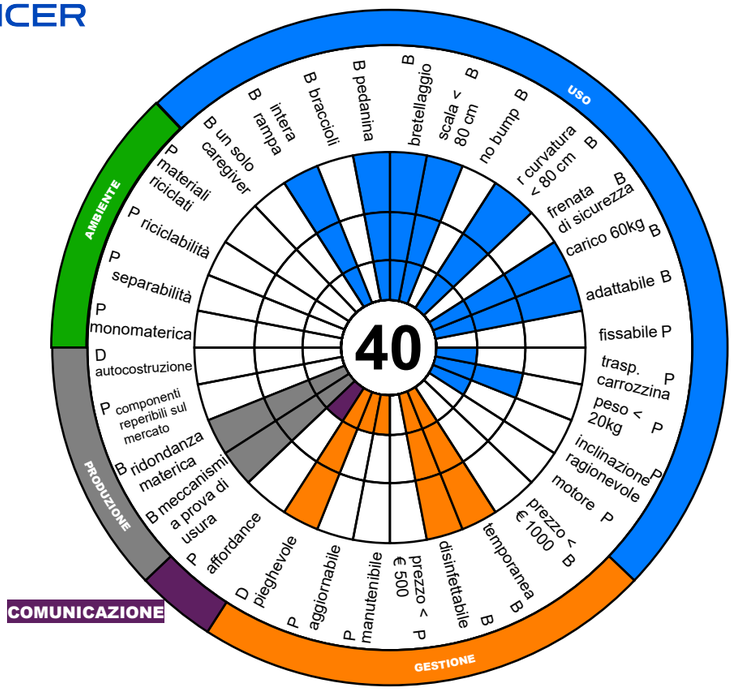
4Bell Silver+ SPENCER



112 x 49 x 90,5 cm

9,4 kg

€ 1700



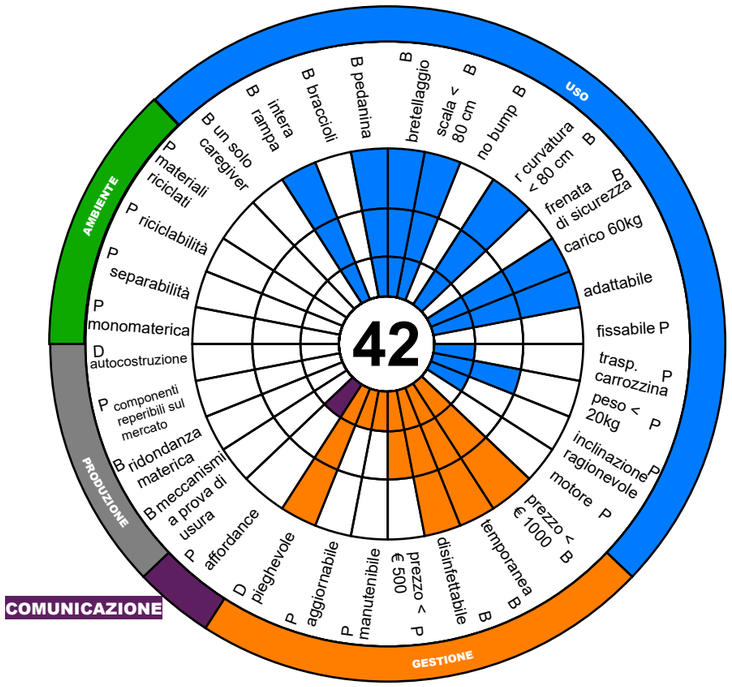
Jiumxliu



90 x 54 x 156 cm

13 kg

€ 234



PEPE Mobility

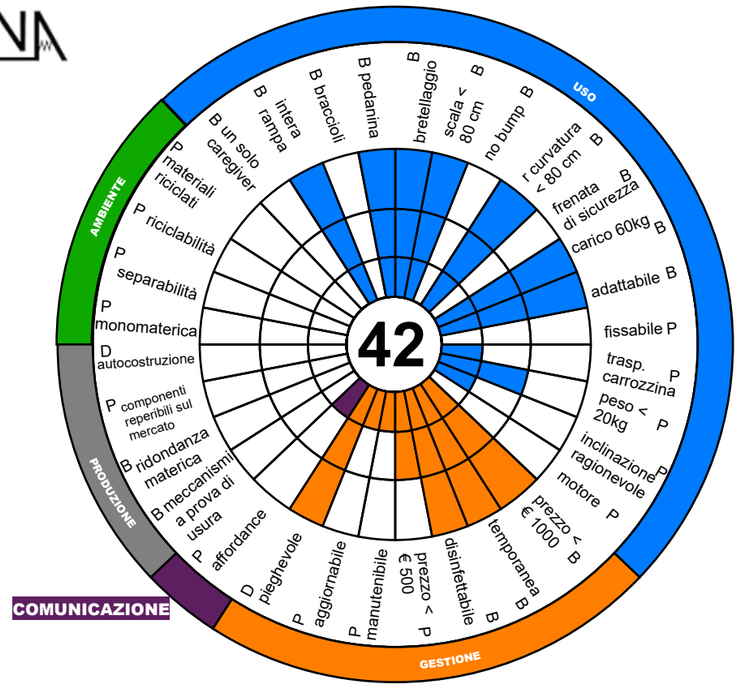
KMINA



85 x 52,5 x 95 cm

10 kg

€ 179



AY04

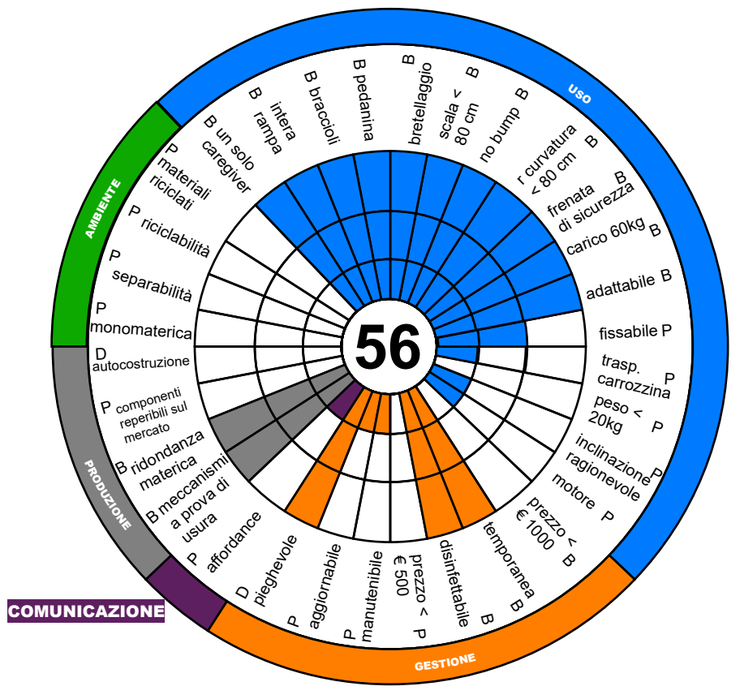
VOCIC



127 x 53 x 114 cm

37 kg

€ 1600



Pro SKID-E

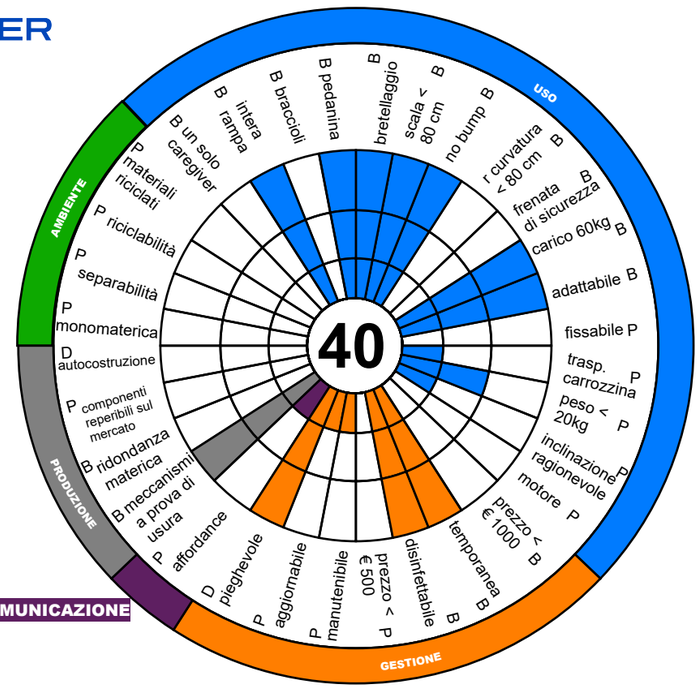
SPENCER



145 x 55 x 160 cm

12 kg

€ 1700



Telo Pax WOW

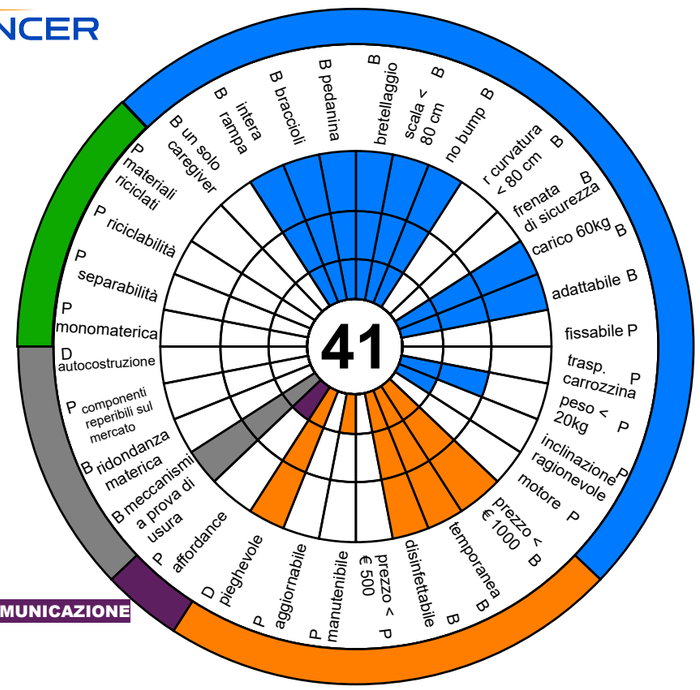
SPENCER



256 cm

6 kg

€ 671



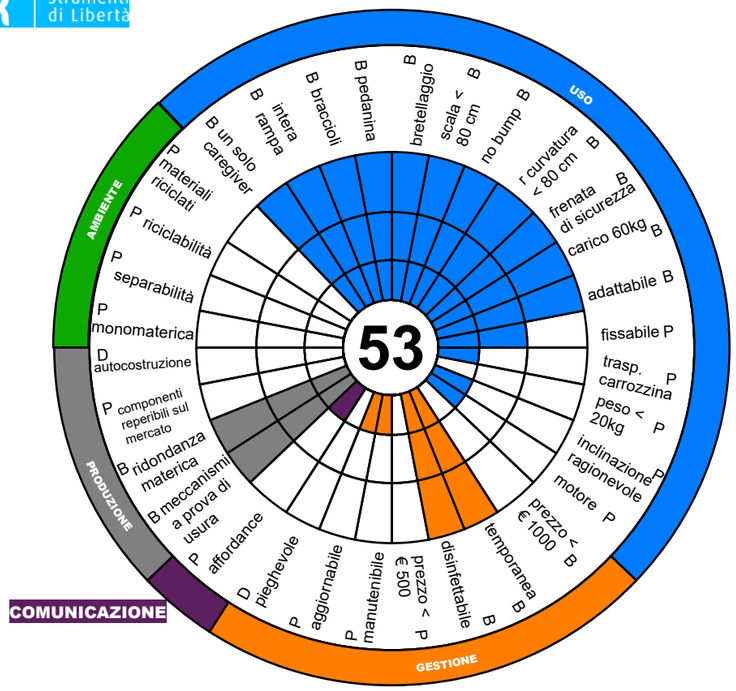
Scoiattolo



80 x 54 x 120 cm

60 kg

€ 3600



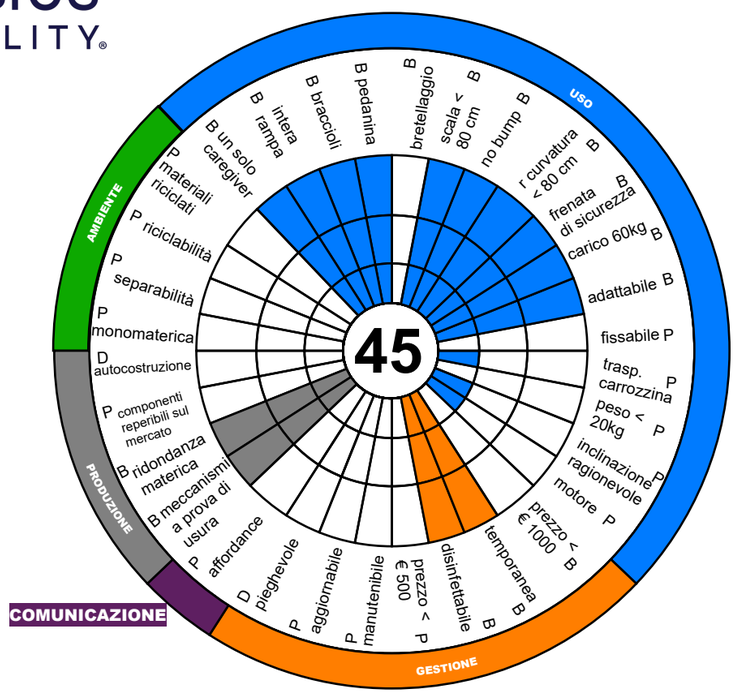
iBot



82 x 62,5 x 91 cm

80 kg

Elevato



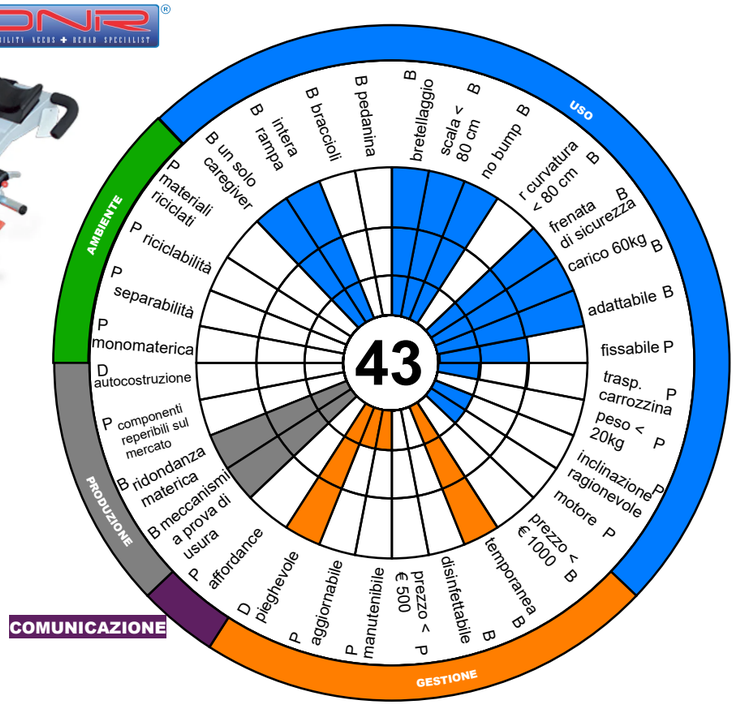
Sunwa Stairmate



139 x 65 x 95 cm

59 kg

€ 7500



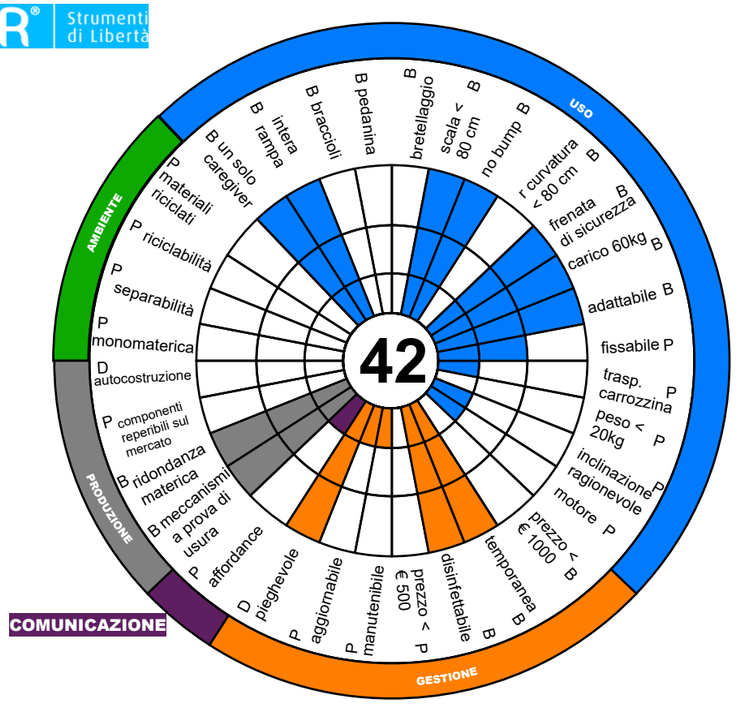
Jolly Ramp



105 x 92 x 67 cm

70 kg

€ 4950



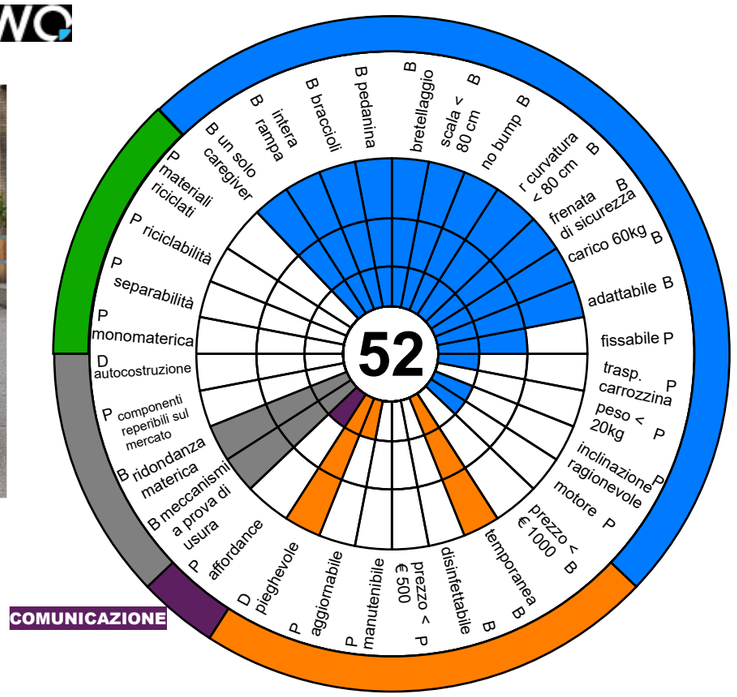
Scewo BRO



105 x 69 cm

162 kg

€ 35 000



Le conclusioni traibili dal benchmarking

Analizzando i risultati dell'analisi di benchmarking, tre prodotti si distaccano nettamente sugli altri.

Al primo posto, il montascale cingolato AY04, motorizzato, azionabile da un solo operatore e dotato di tutti i contenimenti necessari, ma il 150% più costoso rispetto a quanto richiesto dall'UGI (VOCIC AY04, s.d.).

In seconda posizione, la carrozzina motorizzata Scewo BRO, full-optional e con funzione montascale integrata, ma dal prezzo al dettaglio di € 35 000 ("Scewo BRO", 2024).

In terza posizione, la seduta Scoiattolo, indicata dal personale medico-sanitario dell'UGI come esempio virtuoso ma dal prezzo superiore ai € 3 500 ("Montascale Scoiattolo a Ruote", s.d.).

A seguire, gli altri modelli presentano punteggi simili tra loro, essendo però tutti privi di almeno uno tra i requisiti di prezzo e di manovrabilità da parte di un solo operatore. Appare evidente che, sul mercato, il requisito del singolo operatore, e di conseguenza motorizzazione dello strumento, e di prezzo contenuto siano impossibili da conciliare.

Sistema esigenziale prestazionale

Analisi delle esigenze degli utenti

Alla luce dell'analisi di scenario, è stato possibile individuare le seguenti esigenze:

Utenza d'Uso (Paziente)

- Superare scale domestiche.
- Superare scale anche non a norma, dal momento che molti edifici, tra cui l'81% degli edifici residenziali piemontesi, sono antecedenti rispetto al Decreto Ministeriale 236 del 1989 (Cresme, 2024).
- Essere assistito da un solo caregiver, per non rendere necessaria la presenza di entrambi i genitori.
- Comodità.
- Sicurezza.
- Sicurezza percepita.

Utenza di Gestione (Caregiver, Famiglie, Personale sanitario e dell'UGI)

- Sostenere una spesa ragionevole, al fine di rendere il prodotto accessibile sia alle singole famiglie, sia all'UGI affinché possa eventualmente metterlo in condivisione con i suoi utenti.
- Disfarsi della soluzione dopo tre settimane.
- Pulire e disinfettare il prodotto.
- Comprendere facilmente il funzionamento dello strumento.
- Svolgere autonomamente della semplice manutenzione.
- Trasportare in sicurezza l'utente.
- Avere a disposizione un'alternativa più pratica rispetto a quella attuale.

Requisiti

Una volta individuate le esigenze degli utenti, seguendo l'approccio esigenziale-prestazionale del Politecnico di Torino, sono stati definiti i seguenti requisiti del prodotto, definiti come la "Richiesta (...) di possedere caratteristiche di funzionamento tali da soddisfare determinate esigenze" (Marzi, 2024).

- Larghezza contenuta.
- Manovrabilità in spazi stretti.
- Portata sufficiente a trasportare un utente.
- Adattabilità a differenti misure di pedata ed alzata, anche non rispettose delle normative.
- Superare l'intera rampa di scale senza limitazioni nel numero di gradini.
- Garantire una postura sicura al caregiver.
- Sforzo del caregiver minore o uguale a quello richiesto dalla pratica attuale.
- Comodità.
- Sicurezza.
- Prezzo accessibile.
- Non necessità di interventi permanenti sull'edificio.
- Facilità di pulizia.
- Intuitività.
- Rapidità di trasferimento.
- Velocità di percorrenza delle scale.
- Trasportare sia l'utente sia la carrozzina.

Prestazioni richieste

Tradotte le esigenze degli utenti in requisiti del prodotto, si possono definire le prestazioni richieste allo stesso, definendo una prestazione come il "comportamento di un determinato componente nell'atto dell'impiego." (Marzi, 2024)

- Larghezza minore o uguale a 60 cm, laddove la carrozzina lo

consente, e comunque non superiore a 80 cm, per poter essere utilizzata anche su rampe più strette di quanto previsto dalla legge (DECRETO MINISTERIALE 14 giugno 1989, 1989, Regolamento Edilizio n. 381, 2018).

- Portata fino a 60 kg, come richiesto dal personale medico-sanitario dell'UGI.
- Superamento di pedate minime di 25 cm ed alzate massime di 20 cm.
- Superare l'intera rampa di scale senza limitazioni nel numero di gradini.
- Maniglie collocate tra i 55 e i 115 cm di altezza rispetto al caregiver durante la salita e la discesa, nel rispetto delle Norme ISO 11228 Parte 2 (ISO, 2022-a).
- Forza richiesta non superiore a quanto previsto dalle Norme ISO 11228 Parte 2 (ISO, 2022-a), considerando l'altezza dell'impugnatura.
- Poggiatesta collocato tra i 109 e i 122 cm di altezza rispetto al suolo, considerando l'altezza minima della seduta di 43 cm con un utente di sesso femminile di 7 anni, e massima 49 cm con utente di sesso maschile di 17 anni.
- Braccioli, pedane e bretellaggio, esplicitamente richiesti dai professionisti, anche utilizzando quelli integrati nativamente nella carrozzina.
- Prezzo inferiore ai 1000 (preferibilmente 500) euro.
- Non necessità di interventi permanenti sull'edificio.
- Superfici e componenti facilmente disinfettabili.
- Frenata di sicurezza.
- Intuitività di utilizzo.
- Il tempo di trasferimento al montascale può eccedere la pratica attuale di al massimo 10 secondi, limite sopra il quale l'utente perde la concentrazione ed è spinto a cercare un'alternativa più rapida (Nielsen, 1993).
- Trasportare sia l'utente sia la carrozzina.

Table B.10 — Basic force limits, F_B, when PULLING, accounting for absolute working height, h_w, and population subgroup — Central European working population, DOMESTIC users

Absolute working height, h_w m	Basic force limits, F_B N									
	Population subgroup no. [a]									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,05	N/A	N/A	N/A	1	22	N/A	N/A	N/A	1	10
1,9	9	12	18	24	48	8	10	15	18	30
1,75	23	26	35	42	74	20	23	31	35	50
1,6	36	40	49	56	97	32	36	45	49	69
1,45	47	51	60	68	116	43	47	56	61	85
1,3	57	61	70	77	131	52	56	65	70	98
1,15	64	67	76	83	140	58	62	71	76	107
1,0	68	71	79	87	145	62	66	75	80	111
0,85	69	72	80	87	146	63	66	75	80	111
0,7	67	70	78	85	142	62	65	73	78	107
0,55	63	66	73	80	133	58	60	68	73	99
0,4	56	59	66	72	119	51	54	61	65	87
0,25	47	49	56	62	102	42	45	51	55	72

NOTE 1 Age and gender distribution according to the Europe of the 12 member states, 1993.

NOTE 2 Stature distribution according to Reference [8].

NOTE 3 Strength distribution according to DIN 33411-5 [7].

NOTE 4 Domestic users include younger and elderly non-working population.

NOTE 5 Technical solutions could possibly completely transform the task or at least improve the condition for it.

NOTE 6 Although these data are presented, it is not advisable to work above shoulder height.

NOTE 7 These data are not recommended force limits.

[a] Refer to Tables B.5 and B.6.

Tab. 2.10: Valori massimi di forza di trazione accettabili per la popolazione di riferimento (gruppo 2), considertando l'altezza delle maniglie tra 55 e 115 cm (ISO, 2022-a).

I vantaggi dell’approccio autocostruttivo

I risultati del benchmarking mostrano l’assenza sul mercato di un prodotto che garantisca il rispetto di tutti i requisiti fondamentali, in particolare un prezzo accessibile (individuato dal personale dell’UGI come inferiore a € 1000, e possibilmente a € 500) e la contemporanea possibilità di essere adoperato da un solo caregiver.

Alla luce di ciò, l’approccio autocostruttivo sembra la via migliore per ottenere uno strumento in grado di soddisfare le esigenze degli utenti e costituirà la base del presente progetto.

L’autocostruzione non è una pratica nuova nell’ambito della progettazione, essendo stata promossa ed attuata a più riprese nel passato, particolarmente per la sua accessibilità economica e per la sua sostenibilità ambientale e sociale. Nella fattispecie, si ricordano la mostra “Proposta per un’autoprogettazione” di Enzo Mari nel 1974 (Bordone, 2020) e la celebre rivista “The Whole Earth Catalog” a cura di Steward Brand, nata con la pubblicazione del primo numero nel 1968, incentrata sull’autosufficienza e sull’ecologia (Whole Earth Index, s.d.).

Capitolo 3

Design

Terminata la fase del metadesign, è stato possibile dedicarsi alla progettazione vera e propria, un processo costituito da iterazioni di calcoli, scelte progettuali e revisioni con il personale medico-sanitario.

La motorizzazione e le dimensioni di massima

Una delle prime questioni da dirimere ha riguardato la motorizzazione: vista l'importanza di ottenere una soluzione dal costo contenuto e visto il grande impatto della motorizzazione sul prezzo del montascale, sono stati svolti dei calcoli per verificare l'effettiva necessità di inserire un motore. L'intento è stato quello di stimare la forza necessaria a condurre il montascale durante la salita per poi confrontarlo con la forza massima di trazione richiedibile al caregiver (vedere Capitolo 2 - Il target).

Contemporaneamente, sono stati utilizzati questi calcoli per definire approssimativamente le dimensioni di massima del montascale.

Posizione del baricentro

Per realizzare i diagrammi di corpo libero necessari, la posizione del baricentro del complesso utente-carrozzina è fondamentale. Il primo passo è stato calcolare la posizione del baricentro per un utente maschio di 17 anni, ragionevolmente il più pesante nella popolazione di riferimento.

Per questo scopo, è stato utilizzato il modello proposto da Murakami e Sonobe (2023), che permette di calcolare la posizione del baricentro relativo delle diverse parti del corpo (Fig. 3.1, Tab. 3.1).

Assunto che SH = 93 cm, l'altezza totale H = 172,2 secondo il rapporto SH = 0,54 H. Si ottengono così i seguenti valori (Tab. 3.2).

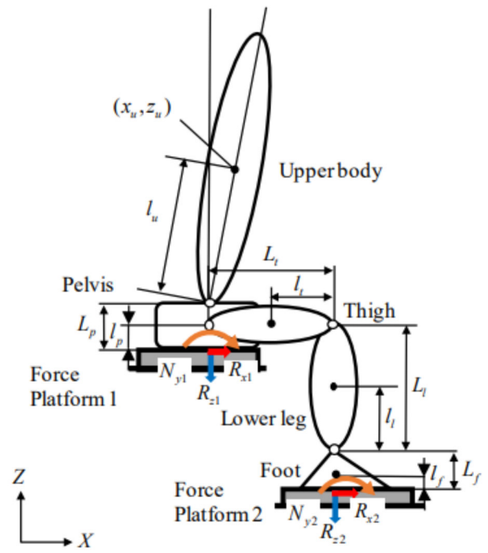


Fig. 3.1: Schematizzazione del modello di Murakami e Sonobe (Murakami e Sonobe, 2023).

Table 1 Physical parameters of the mechanical models.

Segment	Symbol	Value	Segment	Symbol	Value
Upper body	m_u	$0.534M$	Lower leg	m_l	$0.102M$
	J_u	$0.00990MH^2$		l_l	$0.146H$
	l_u	$0.173H$		L_l	$0.246H$
Pelvis	m_p	$0.122M$	Foot	m_f	$0.022M$
	l_p	$0.025H$		l_f	$0.016H$
	L_p	$0.050H$		L_f	$0.039H$
Thigh	m_t	$0.220M$	M : Total body weight [kg], H : height [m]		
	l_t	$0.102H$			
	L_t	$0.195H$			

Tab. 3.1: Formule per il calcolo della massa relativa e della posizione del baricentro di ciascuna parte del corpo (Murakami e Sonobe, 2023).

Segmento	Simbolo	Valore Calcolato	Unità di Misura
Tronco e Capo	mu	32,04	kg
	lu	29,79	cm
Bacino	mp	7,32	kg
	lp	4,31	cm
	Lp	8,61	cm
Cosce	mt	13,2	kg
	lt	17,56	cm
	Lt	33,58	cm
Gambe	ml	6,12	kg
	ll	25,14	cm
	Ll	42,36	cm
Piedi	mf	1,32	kg
	lf	2,76	cm
	Lf	6,72	cm

Tab. 3.2: Valori ottenuti utilizzando il modello di Murakami e Sonobe a partire da SH = 93 cm.

Durante il calcolo, l'unica differenza rispetto al modello di Murakami e Sonobe (2023) è l'inclinazione del busto dell'utente, collocato a 90° rispetto alle cosce in quanto appoggiato allo schienale della seduta.

Per la lunghezza sagittale del tronco, è stato preso come riferimento il valore di 19 cm, arrotondando all'unità il 50esimo percentile (Tab. 3.3) negli Stati Uniti d'America (McDowell, 2008).

Table 21. Sagittal abdominal diameter in centimeters for children and adolescents aged 8–19 years and number of examined persons, mean, standard error of the mean, and selected percentiles, by sex and age: United States, 2011–2014

Sex and age[1]	Number of examined persons	Mean	Standard error of the mean	Percentile								
				5th	10th	15th	25th	50th	75th	85th	90th	95th
Male				Centimeters								
8 years	197	14.2	0.18	11.6	12.0	12.4	12.7	13.4	15.2	16.3	17.0	18.4
9 years	211	14.4	0.18	11.7	12.1	12.4	12.9	14.0	15.0	16.3	17.8	19.6
10 years	199	15.4	0.31	12.1	12.4	12.7	13.1	14.5	17.6	18.4	19.7	20.8
11 years	182	16.7	0.31	12.6	13.1	13.5	14.1	15.8	18.6	19.7	21.3	22.9
12 years	169	16.3	0.31	12.3	13.3	13.6	14.2	15.7	17.2	19.2	20.6	21.9
13 years	169	17.5	0.34	13.6	14.1	14.4	15.1	16.8	19.4	20.4	21.2	23.6
14 years	175	17.7	0.30	14.1	14.3	14.7	15.3	16.8	19.0	21.7	22.1	25.0
15 years	152	18.3	0.34	†	14.7	15.3	16.0	17.3	19.7	21.0	22.3	26.9
16 years	173	18.8	0.24	15.1	15.4	15.7	16.3	17.4	20.9	21.8	23.1	25.8
17 years	143	18.8	0.41	14.9	15.4	15.6	16.3	18.0	19.9	21.5	23.9	26.2
18 years	156	19.6	0.41	†	15.8	16.1	16.9	18.7	21.4	22.6	23.8	26.3
19 years	142	19.4	0.41	15.6	15.9	16.2	16.9	18.4	20.4	23.4	24.6	27.6

Tab. 3.3: Diametro sagittale addominale in cm per bambini e adolescenti negli Stati Uniti d'America (McDowell, 2008).

Sulla base di questi dati, è stato possibile calcolare graficamente la posizione del baricentro complessivo (Fig. 3.2) applicando l'accelerazione di gravità in due direzioni differenti, individuando il baricentro del corpo come l'intersezione delle due direzioni percorse dalla Forza Peso risultante (De Biagi, 2023).

Fig. 3.2: Calcolo grafico della posizione del baricentro di un utente maschio di 17 anni.

La posizione del baricentro risulta così essere G (17,2; 19,8), misurata in cm, rispetto al sistema di riferimento avente come origine il punto d'incontro tra lo schienale e la seduta (Fig. 3.3).

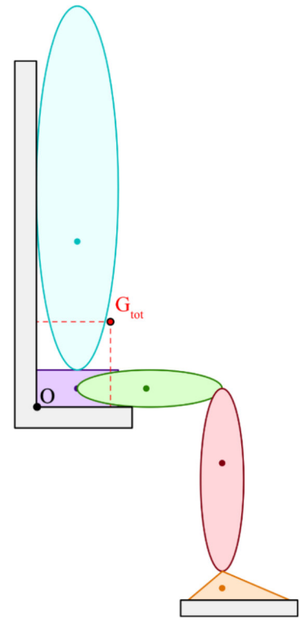


Fig. 3.3: Posizione del baricentro di un utente maschio di 17 anni.

Per quanto riguarda il baricentro della carrozzina, viene in nostro soccorso il lavoro di Loisel et al. (2020), che individuano il baricentro di una carrozzina nel punto (8,9; 28,2) cm rispetto al sistema di riferimento scelto.

Con questa informazione, è possibile calcolare il baricentro del complesso passeggero-carrozzina, analogamente rispetto a quanto fatto in precedenza. Ne risulta che il baricentro del complesso è situato nel punto (45,5; 61,7) cm (Fig. 3.4).

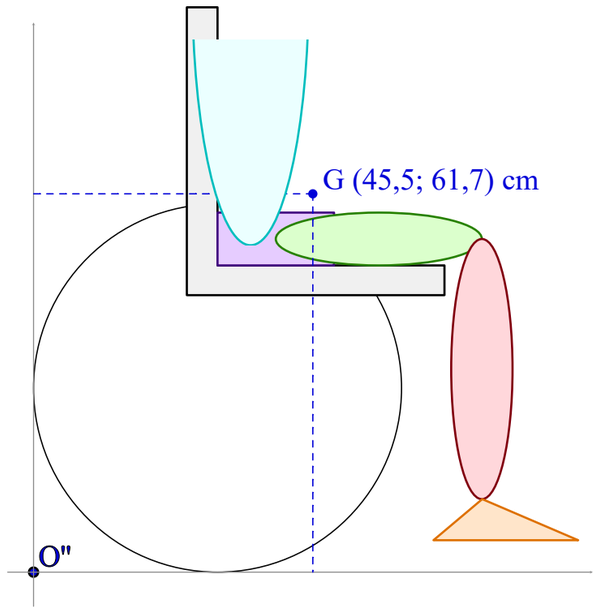


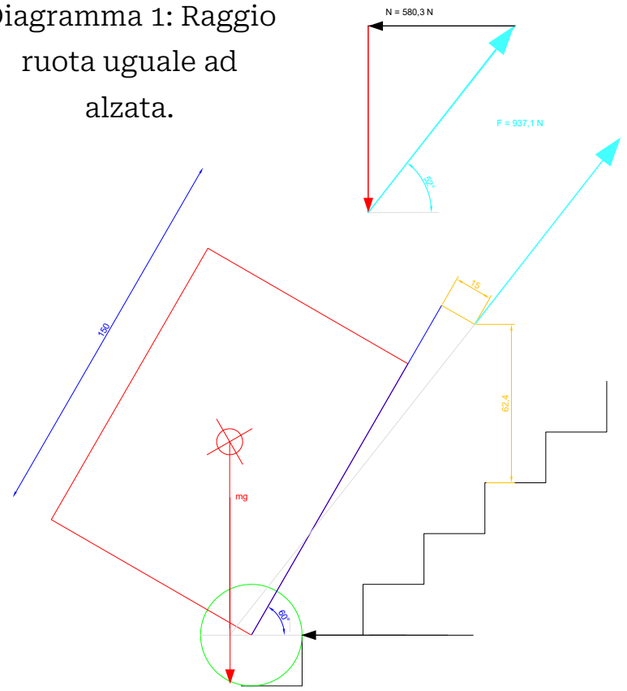
Fig. 3.4: Posizione del baricentro del complesso utente-carrozzina.

Diagrammi di corpo libero

Nota la posizione del baricentro, è stata calcolata la forza di salita richiesta al caregiver mediante diagrammi di corpo libero. In questa fase, il gruppo di locomozione è stato approssimato ad una ruota singola. I calcoli sono stati ripetuti variando indipendentemente tra loro: l'altezza complessiva del montascale e conseguentemente la posizione delle maniglie, la lunghezza delle maniglie, l'inclinazione del montascale durante la salita ed il raggio della ruota, in modo da determinare la combinazione ottimale.

DIAGRAMMI DI CORPO LIBERO													
simbolo	valore1	valore2	valore3	valore4	valore5	valore6	valore7	valore8	valore9	valore10	valore11	valore12	valore13
r	20	20	20	15	15	15	23	23	23	20	20	23	23
θ	60	45	75	60	45	75	60	45	75	75	75	60	45
l	150	150	150	150	150	150	150	150	150	90	120	150	150
x	15	0	15	15	0	15	15	0	15	15	15	15	0
h	62,4	46,07	81,08	57,4	41,07	76,01	65,4	49,07	84,01	63,05*	75,31	65,4	49,07
F	937,1	985,9	735,7	937,4	984	862,6	851,3	878,2	793,2	938,5	875,6	816,5	843,5
γ	52	48	60	52	49	59	51	49	59	52	57	56	52
N	580,3	656,3	424,2	580,8	655,2	450,3	534,7	585	407,6	582,6	474,8	462,8	519,4
m1	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
G	(45,5; 61,7)	(45,5; 61,7)	(45,5; 61,7)	(45,5; 61,7)	(45,5; 61,7)	(45,5; 61,7)	(45,5; 61,7)	(45,5; 61,7)	(45,5; 61,7)	(45,5; 61,7)	(45,5; 61,7)	(30,5; 61,7)	(30,5; 61,7)

Diagramma 1: Raggio ruota uguale ad alzata.



A sinistra (Fig. 3.5, Tab. 3.4), un esempio di diagramma ed i risultati ottenuti per ogni scenario.

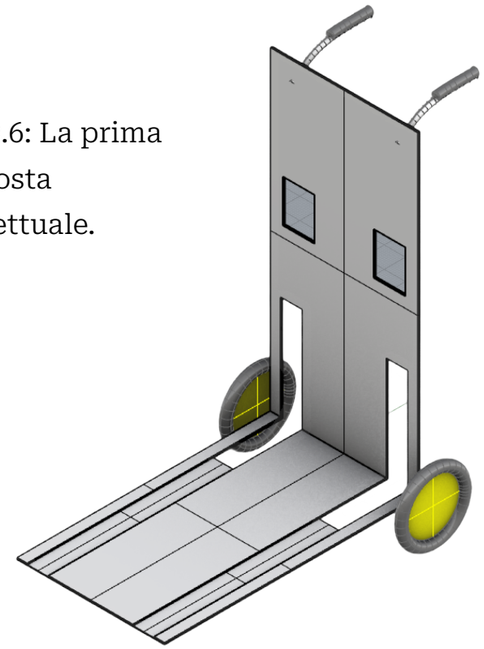
Analizzando 13 scenari, è stato possibile trarre le seguenti conclusioni: la configurazione più favorevole prevede raggio della ruota 23 cm, un angolo di inclinazione dello schienale di 60° rispetto all'orizzontale, 150 cm lunghezza dello schienale e 15 cm di lunghezza delle maniglie. Nonostante queste indicazioni siano state un fondamento utile per il dimensionamento futuro del montascale, anche in questa configurazione, pur essendo fra le più favorevoli, la F richiesta al caregiver risulta essere oltre dieci volte quanto consentito.

Questa scoperta ha determinato la decisione di includere un motore nel prodotto.

La prima proposta

Alla luce di ciò, tenendo presente tutti i vincoli e le conoscenze acquisite durante il metaprogetto, è stata sviluppata la prima proposta progettuale (Fig. 3.6).

Fig. 3.6: La prima proposta progettuale.



Questa configurazione acerba presentava numerose criticità, in particolare: il peso eccessivo, dovuto all'eccessiva ridondanza materica (una lastra metallica di tale estensione risulta inutilmente pesante) e l'assenza di sistemi di fissaggio adeguati (i fori che dovevano fungere da sede per le ruote della carrozzina ne avrebbero causato l'usura eccessiva, ed il sistema è privo di un vincolo fra il telaio o lo schienale della carrozzina e quello del carrello).

La scelta del tripode

Prima di lavorare alla seconda proposta, ci si è posto maggiormente nel dettaglio il problema del gruppo di locomozione.

La scelta è ricaduta sul tripode, preferito alla ruota singola per la sua maggiore adattabilità a dimensioni diverse di alzata e pedata, ed ai sistemi cingolati per il suo peso significativamente minore.

La seconda proposta

La seconda proposta (Fig. 3.7) ha visto il parziale abbandono della lamiera in favore del tubolare. Tuttavia, la base è rimasta una lastra metallica solida. Per il fissaggio, sparite le sedi per le ruote, si è ricorso a delle cinghie analoghe a quelle per il trasporto su veicoli, collegabili al tubolare mediante moschettoni. Questa proposta, pur avendo sostituito parte delle lamiere piene con un tubolare, presentava lacune di natura realizzativa, non essendo facilmente autoproducibile. Inoltre, il fissaggio avrebbe generato giochi eccessivi, a seconda della tensione delle cinghie.

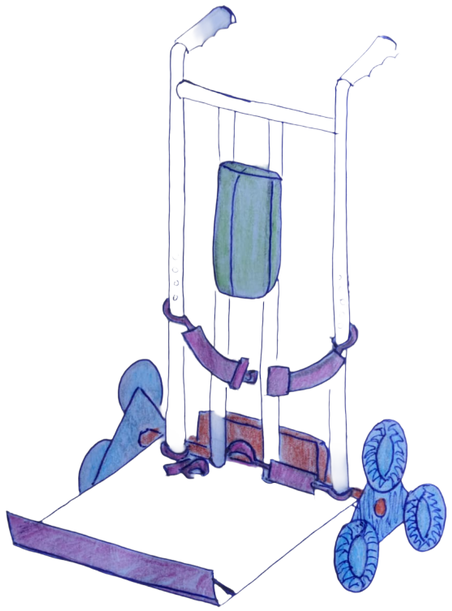


Fig. 3.7: La seconda proposta progettuale.

La terza proposta

La terza proposta (Fig. 3.8) mirava alla semplificazione estrema, rinunciando del tutto al ruolo della pedana e demandando il fissaggio unicamente a dei morsetti vincolati ad un supporto orizzontale.

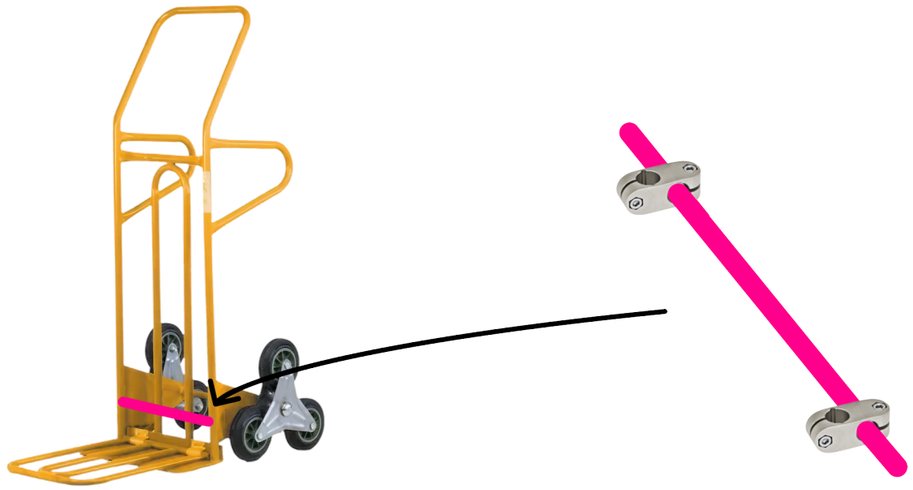


Fig. 3.8: La terza proposta progettuale.

Questa idea ha rappresentato il punto di svolta all'interno del processo, essendo la prima ad essere concepita specificatamente per la riconversione autonoma di un carrello merci. Nonostante ciò, faceva affidamento a tecnologie ad elevata complessità per l'utente generico, come la saldatura. Inoltre, l'assenza di una sede per le ruote non appariva una soluzione appropriata.

La quarta proposta

La quarta proposta (Fig. 3.9), pur avvalendosi ancora della saldatura ed in alcuni caso di fori per viti praticati nel tubolare, operazione complessa e dalla potenziale distruttività strutturale, si avvicina molto alla forma finale del prodotto.

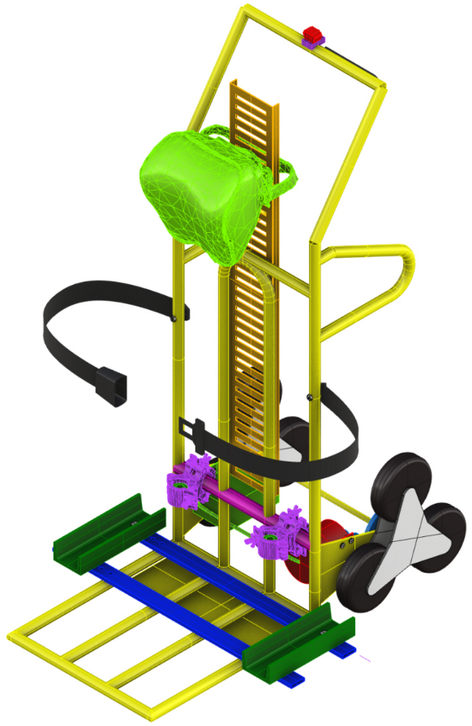


Fig. 3.9: La quarta proposta progettuale.

Per il fissaggio, si ricorre a due morsetti a sgancio rapido vincolati ai montanti della carrozzina ed ad un tubolare orizzontale. Viene inoltre introdotta una coppia regolabile di binari per accogliere le ruote.

La quinta proposta

La quinta proposta, l'ultima prima della soluzione definitiva, è quasi totalmente matura.

Tutte le tecnologie complesse ed i sistemi di fissaggio irreversibili sono stati sostituiti da morsetti, garantendo semplicità di assemblaggio ed il massimo adattamento alle dimensioni della carrozzina.

La proposta presenta tre configurazioni diverse (Figg. 3.10, 3.11, 3.12), in base alla larghezza delle maniglie della carrozzina: larghe quanto il tubolare, più larghe o più strette di pochi centimetri, più larghe o più strette di oltre una decina di centimetri.

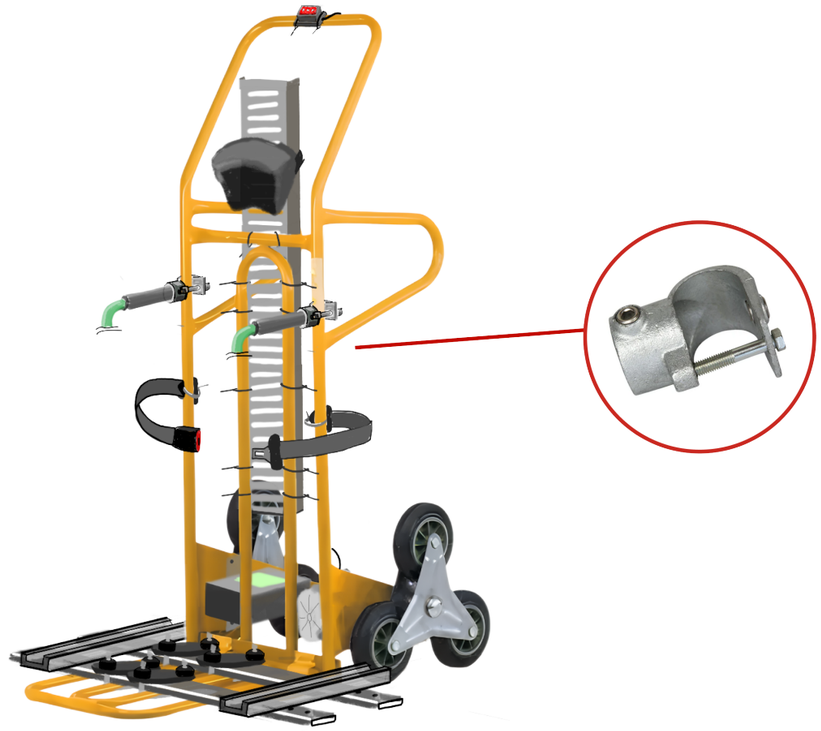


Fig. 3.10: La prima configurazione, pensata per carrozzine dalle maniglie larghe quanto il carrello.

Il prodotto finale, pur mantenendo questa architettura praticamente invariata, rinuncerà alla seconda configurazione, prevedendo un solo sistema di fissaggio tra il carrello e maniglie non allineate ad esso.

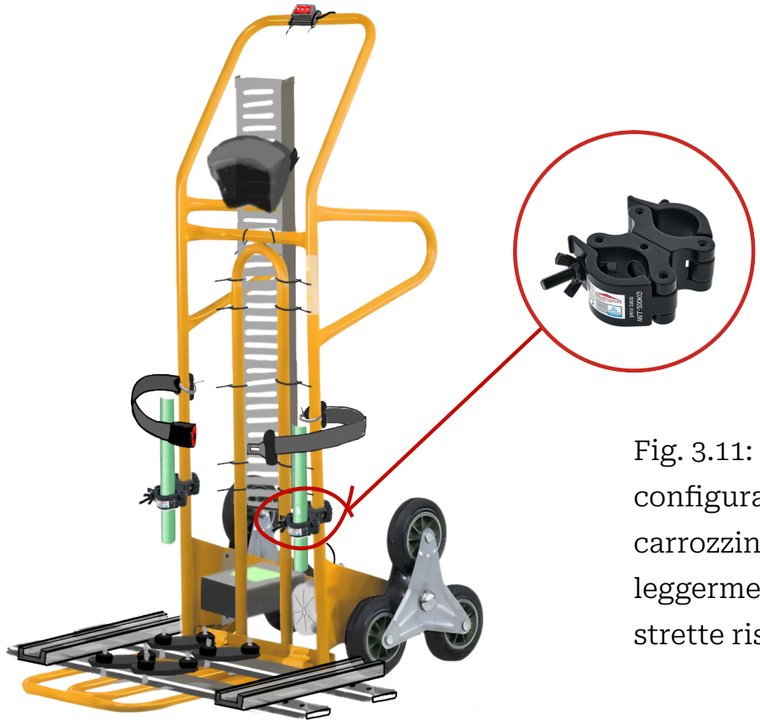
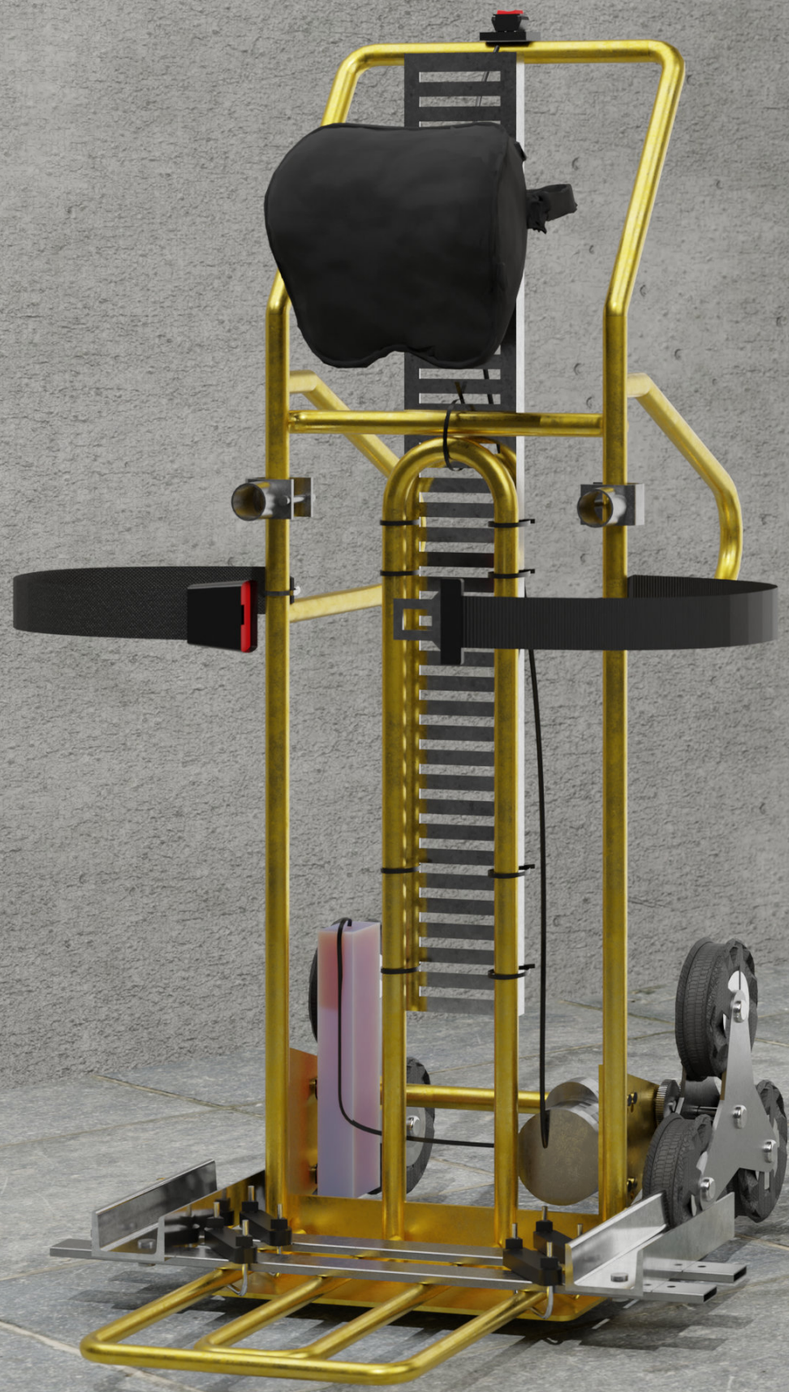


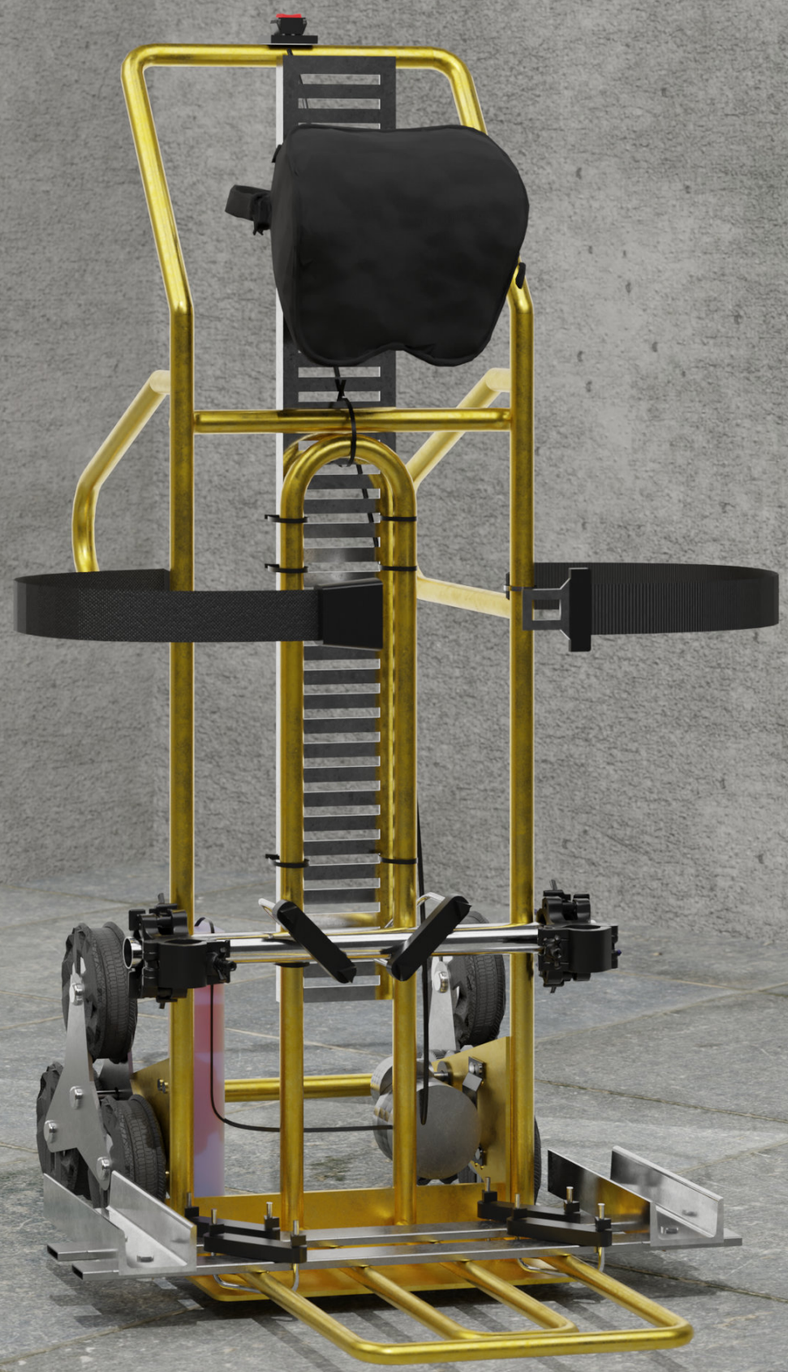
Fig. 3.11: La seconda configurazione, pensata per carrozzine dalle maniglie leggermente più larghe o più strette rispetto al carrello.

Fig. 3.12: La terza configurazione, pensata per carrozzine dalle maniglie ampiamente più larghe o più strette rispetto al carrello.



Cap. 4 - Il prodotto finale





L’esito di questo percorso progettuale è un montascale regolabile e a basso costo, realizzabile in autonomia dall’utente riconvertendo un carrello merci.

Il prodotto può essere assemblato senza ricorrere a tecniche avanzate, utilizzando componenti comunemente disponibili in commercio al dettaglio, per un costo massimo complessivo di € 540,31.

A seconda delle dimensioni della carrozzina, il montascale prevede due configurazioni alternative a partire dalla stessa architettura di base. La prima è pensata per le carrozzine le cui maniglie sono più strette o più larghe rispetto alla struttura tubolare; la seconda affronta invece il caso-limite nel quale le maniglie sono larghe quanto i tubolari del carrello. Ciascuna delle due configurazioni, grazie ai sistemi di fissaggio reversibili, permette ulteriori regolazioni per garantire la massima flessibilità.

Architettura di base

La base (Fig. 4.1), comune ad entrambe le configurazioni, è ottenibile a partire dai seguenti componenti.

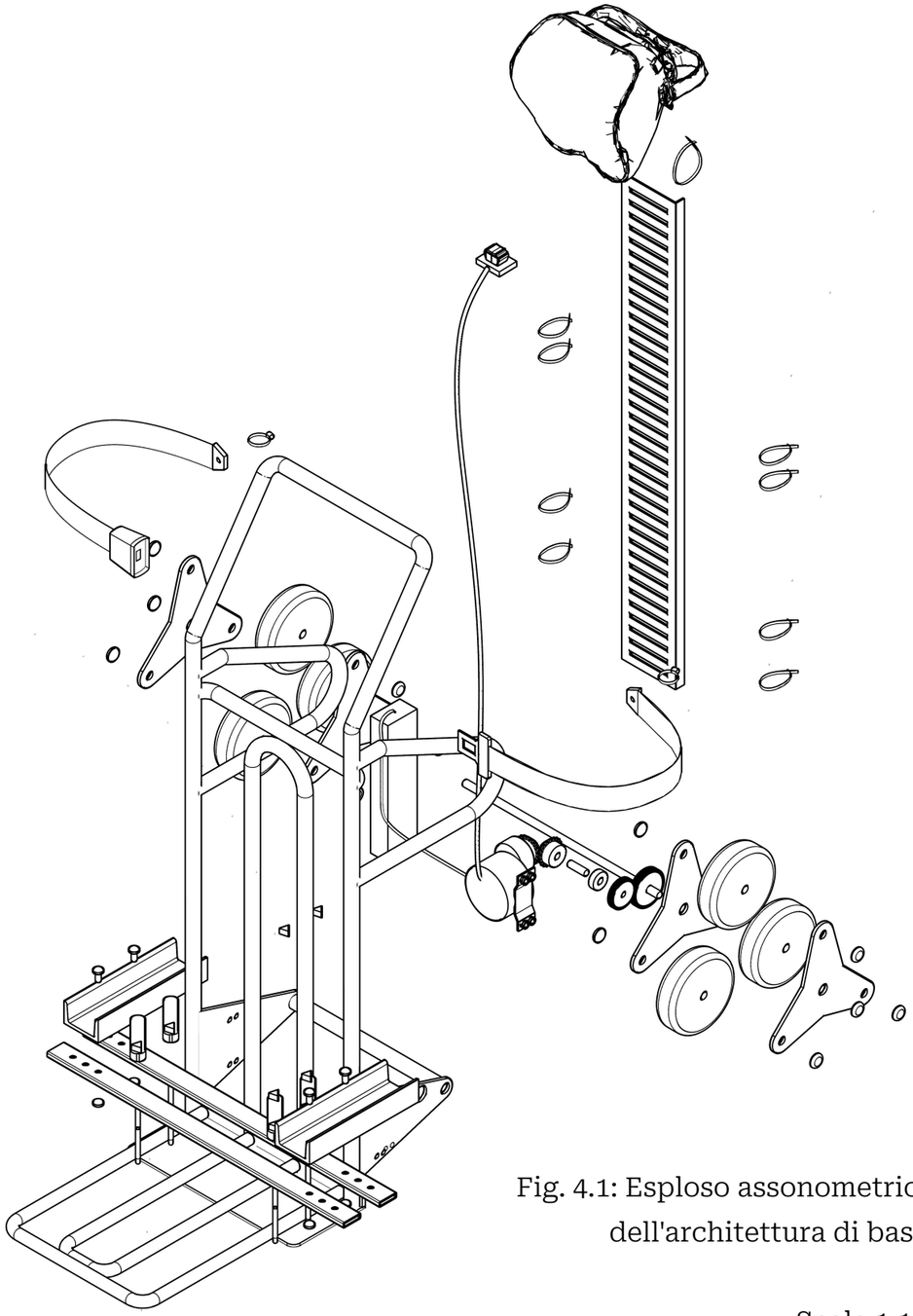


Fig. 4.1: Esploso assonometrico dell'architettura di base.

Scala 1:10.

Carrello saliscale Uplift



Fig. 4.2: Il carrello saliscale Uplift (Carrello saliscale Uplift, s.d.).

Questo carrello (Fig. 4.2), dal prezzo di € 89,99, pesa 18 kg ed ha una portata di 250 kg. Si avvale di un sistema di locomozione a tripode, è costituito da tubolari in acciaio di diametro di 250 mm ed è stato scelto per la sua larghezza contenuta (400 mm), la quale gli consente di trovare spazio tra le ruote di tutte le carrozzine prese in esame (Carrello saliscale Uplift, s.d.). .

Griglia zincata per canaletta calpestabile

Questa griglia in ferro zincato (Fig. 4.3), dal prezzo di € 5,73 e peso di 1 kg, presenta ottima resistenza a flessione ed è stata riadattata a schienale e supporto per il poggiatesta. Dimensioni: 995 × 126 × 20 mm (“Griglia Zincata”, s.d.). è vincolata al telaio del carrello per mezzo di dodici fascette.



Fig. 4.3: La griglia riadattata a schienale (“Griglia Zincata”, s.d.).

Poggiatesta automobilistico (Fig. 4.4)

Facilmente regolabile con una cinghia, ha un prezzo di € 26,19 ed un peso stimato di 0,2 kg (“Crofy Paquete de 2 almohadas”, s.d.).



Fig. 4.4: Poggiatesta (“Crofy”, s.d.).

Cintura di sicurezza per trattori

Dal prezzo di € 18,99 e peso di 0,5 kg (“Cintura di sicurezza omolgata AMA”, s.d.), del marchio Agrilavor (4.5), è vincolata al telaio con due fascette metalliche nei fori passanti alle estremità. Il fissaggio mediante fascette metalliche consente di collocarla all’altezza desiderata in fase di montaggio, sulla base delle dimensioni del passeggero e della geometria della carrozzina.



Fig. 4.5: “Cintura di sicurezza omolgata AMA” (s.d.).

Fascette metalliche

Due fascette metalliche stringitubo (Fig. 4.6) vincolano la cintura di sicurezza al tubolare. Prezzo e peso complessivi: €11, 0,033 kg (“BGS”, s.d.).



Fig. 4.6: Fascette stringitubo ("BGS", s.d.)

Tubi rettangoli

Due tubi rettangoli in ferro lunghi 700 mm (sezione riportata in Fig. 4.7) e vincolati al tubolare della pedana ribaltabile del carrello mediante morsetti costituiscono la base per

due binari destinati ad accogliere le ruote della carrozzina. I binari sono vincolati ad essi per mezzo di bulloni M8. I fori passanti per le viti dovranno essere praticati simmetricamente a 250, 280 e 310 mm dal punto medio del tubo rettangolo. Prezzo e peso complessivi, rispettivamente: € 5,60, 1,5 kg (Ferrofacile, s.d.-a).

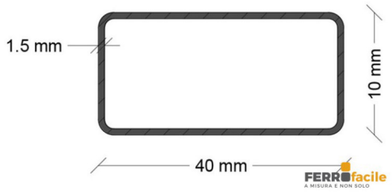


Fig. 4.7: Sezione dei tubi rettangoli, scala 1: 1.

Profilati a U

Due profilati a U in ferro (Fig. 4.8), vincolati ai tubi rettangoli tramite bulloni, accolgono le ruote della carrozzina. La loro larghezza di 80 mm e la posizione dei fori sui tubi consentono di accogliere carrozzine dalla larghezza tra le ruote compresa tra i 465 mm e i 700 mm. Sono scelti di lunghezza di 26 cm, studiando i possibili punti di appoggio della ruota. I fori passanti per le viti sono da praticarsi come in Fig. 4.8. Prezzo e peso complessivi: € 12,24, 4,3 kg (Ferrofacile, s.d.-b).

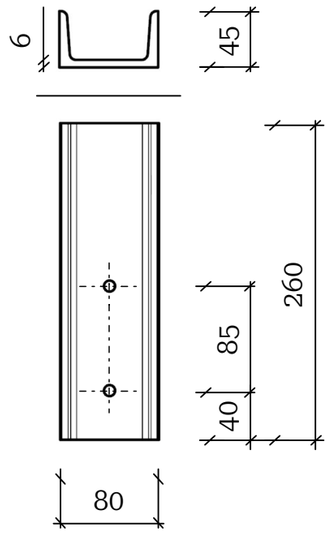
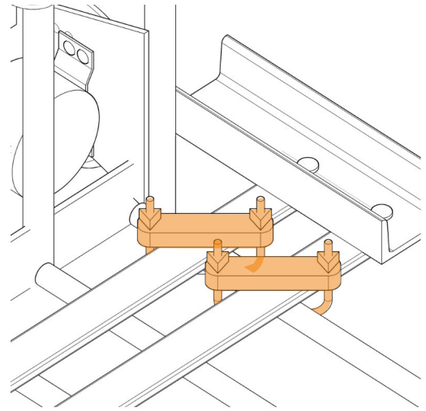


Fig. 4.8: I profilati a U.
Scala 1:5, quote in mm.

Staffe di montaggio

Ciascuno dei due tubi rettangoli di sostegno è vincolato al tubolare mediante due staffe di montaggio per portabagagli automobilistici della marca Gathiness (Fig. 4.9), posizionate come in Fig. 4.10. Peso e prezzo complessivi: € 32,39, 0,420 kg (“Gathiness Staffe di Montaggio”, s.d.).





Figg. 4.9, 4.10: le staffe di montaggio (Gathiness, s.d.) ed il loro assemblaggio.

Motore e trasmissione

Come emerso durante la progettazione, la motorizzazione è imprescindibile per l’usabilità del prodotto. Praticando quattro fori passanti nelle lamiere posteriori del carrello, l’utente può fissare la flangia di un motore elettrico 350 W, 36 V dal prezzo di € 105,36 e peso stimato di 2,6 kg. Modello Bnineteenteam2dk7hy0g5a del marchio Bnineteenteam (“Motore Elettrico con Riduttore”, 2026), con motoriduttore integrato e comunemente usato per biciclette elettriche.

La trasmissione del moto (Fig. 4.11) è demandata ad una coppia di ruote dentate coniche a 45° di tipo A, modulo 2, diametro esterno 53,5 mm (Group Special Ingranaggi, s.d.), una ruota dentata cilindrica modulo 1,5, diametro esterno 54, ed una ruota dentata modulo 1,5 diametro esterno 68 (Cator, s.d.). Una delle due ruote coniche e la cilindrica da

54 sono separate dalla lamiera del carrello, appositamente forata per accogliere un albero di rinvio 12 mm ed un cuscinetto dal diametro esterno di 32 mm ("Cuscinetto a sfere, s.d."). Un albero trasmette poi il moto al tripode opposto al motore. Prezzo e peso complessivi del comparto adibito alla trasmissione del moto ammontano a 2 kg e € 60.

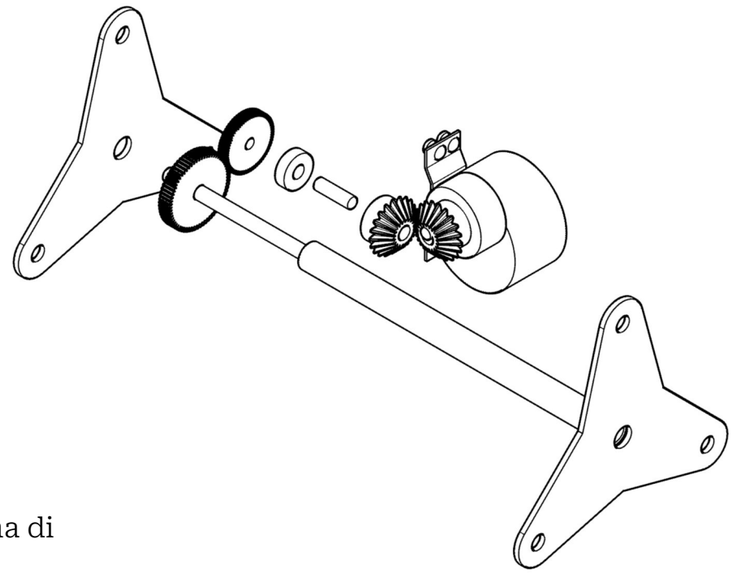


Fig. 4.11: Esploso assonometrico del sistema di trasmissione. Scala 1:5.

Batteria

La batteria, vincolata analogamente al motore sull'altra lamiera, è una batteria ricaricabile per biciclette elettriche da 36V e 10.5 Ah del marchio BGGNG ("Batteria", s.d.). Il peso e il prezzo sono rispettivamente di € 78 e 1,5 kg.

Interruttore a bilanciere

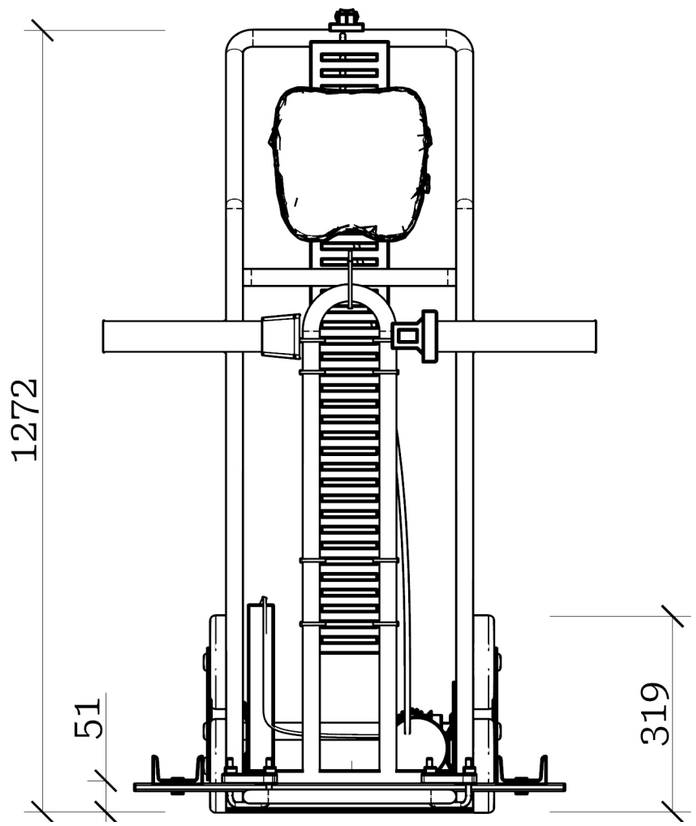
Per controllare la marcia del montascale, sulla maniglia del carrello è fissato un interruttore a bilanciere mediante due fascette, il quale ritorna automaticamente in posizione neutrale se il caregiver smette di esercitare pressione (approccio "hold-to-run"). L'interruttore scelto, del marchio MixWare-MegaShop ha un costo di € 6,19 ("Interruttore a bilanciere", s.d.).

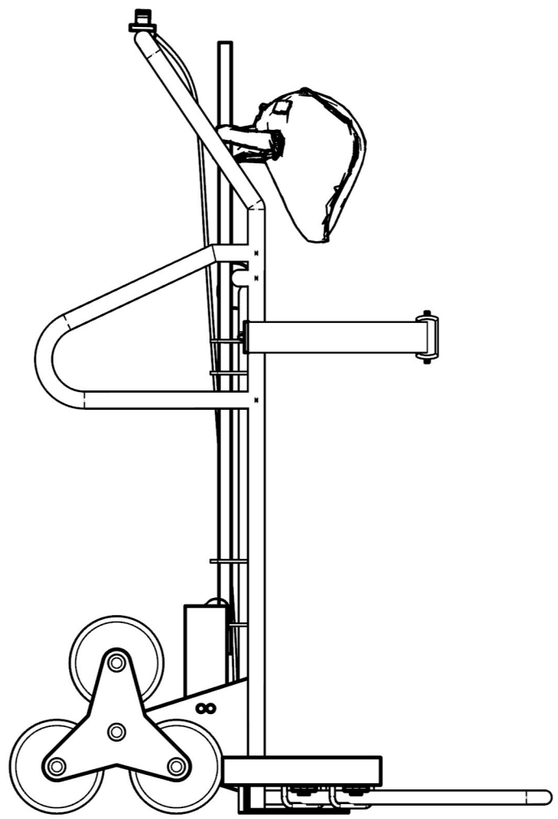
Fascette

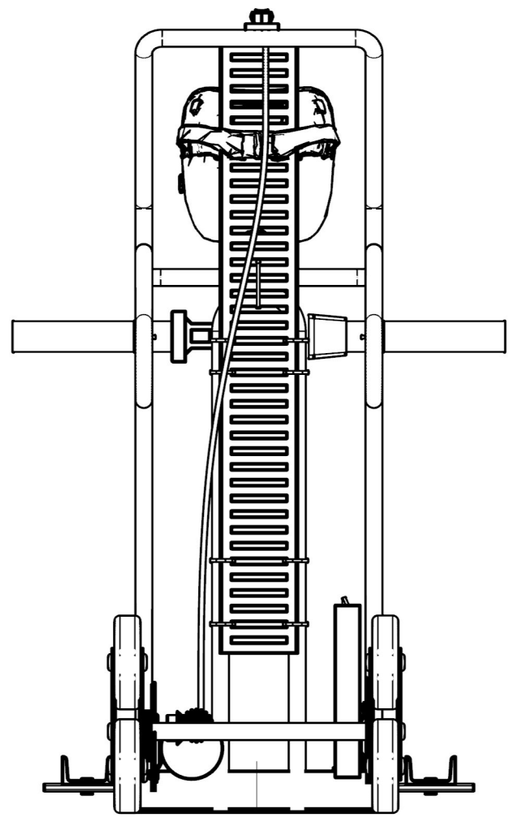
Dal peso trascurabile, costituiscono un solido sistema di fissaggio a basso costo: € 0,90 (Fig.4, "Fascette", s.d.).

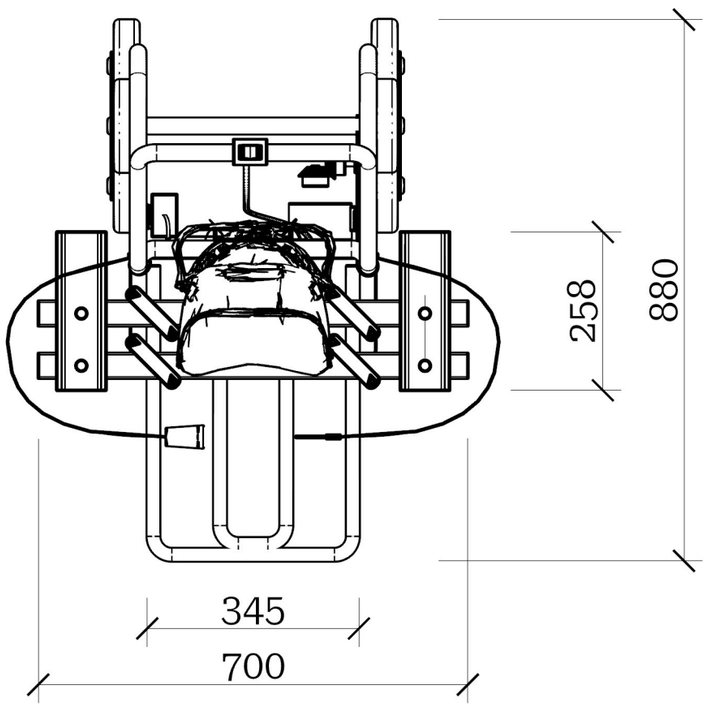
Costo e peso complessivi

Il costo totale dell'architettura di base ammonta a € 452.58, mentre il peso complessivo è di 32.2 kg.









Scala 1:10, quote in mm.

Configurazione 1

La prima configurazione (Fig. 4.12) è pensata per le carrozzine le cui maniglie sono più strette o più larghe rispetto alla struttura tubolare, ovvero più larghe di 400 mm o più strette di 350 mm.



Fig. 4.12: la prima configurazione.

In questo caso, il telaio della carrozzina viene vincolato a quello del carrello mediante dei morsetti a sgancio rapido ancorati ad un tubolare orizzontale. Il vincolo reversibile scelto permette di fissare rispettivamente il tubolare all'altezza desiderata ed i morsetti alla larghezza ottimale per adattarsi ai montanti della carrozzina, la cui geometria è molto variabile tra i vari modelli.

Per realizzare questa configurazione, è necessario acquistare ed assemblare i seguenti ulteriori componenti:

Tubo

Il supporto orizzontale è costituito da un tubolare cavo in ferro (celeste in Figg. 4.15, 4.16) dal diametro interno di 320 mm, spessore di 2 mm e lunghezza di 510 mm. Prezzo e peso complessivi sono rispettivamente pari a € 2,96 e 0,75 kg (Ferrofacile, s.d.-c).

Staffe di montaggio

Il tubo è vincolato al tubolare mediante due staffe di montaggio per portabagagli automobilistici della marca Gathiness, già utilizzate per l'architettura di base, posizionate come in Fig. 4.16 (dettaglio blu scuro). Peso e prezzo complessivi: € 32,39, 0,210 kg ("Gathiness Staffe di Montaggio", s.d.).

Morsetti a sgancio rapido

Per il fissaggio dei montanti al tubolare, si ricorre a due morsetti a sgancio rapido della Thomann, modello Duratruss PRO Jr (vedere Fig. 4.13 e dettaglio arancio in Figg. 4.15, 4.16), pensati per il mondo dello spettacolo e dalla portata di 200 kg. Peso e prezzo complessivi: € 29,40, 0.710 kg ("Duratruss PRO Jr", s.d.).

Adattatori per manubrio di bicicletta

Necessari nel caso in cui il tubolare della carrozzina abbia un diametro esterno minore di 320 mm per favorire l'accoppiamento con il morsetto.



Fig. 4.13. Morsetto a sgancio rapido ("Duratruss PRO Jr", s.d.).

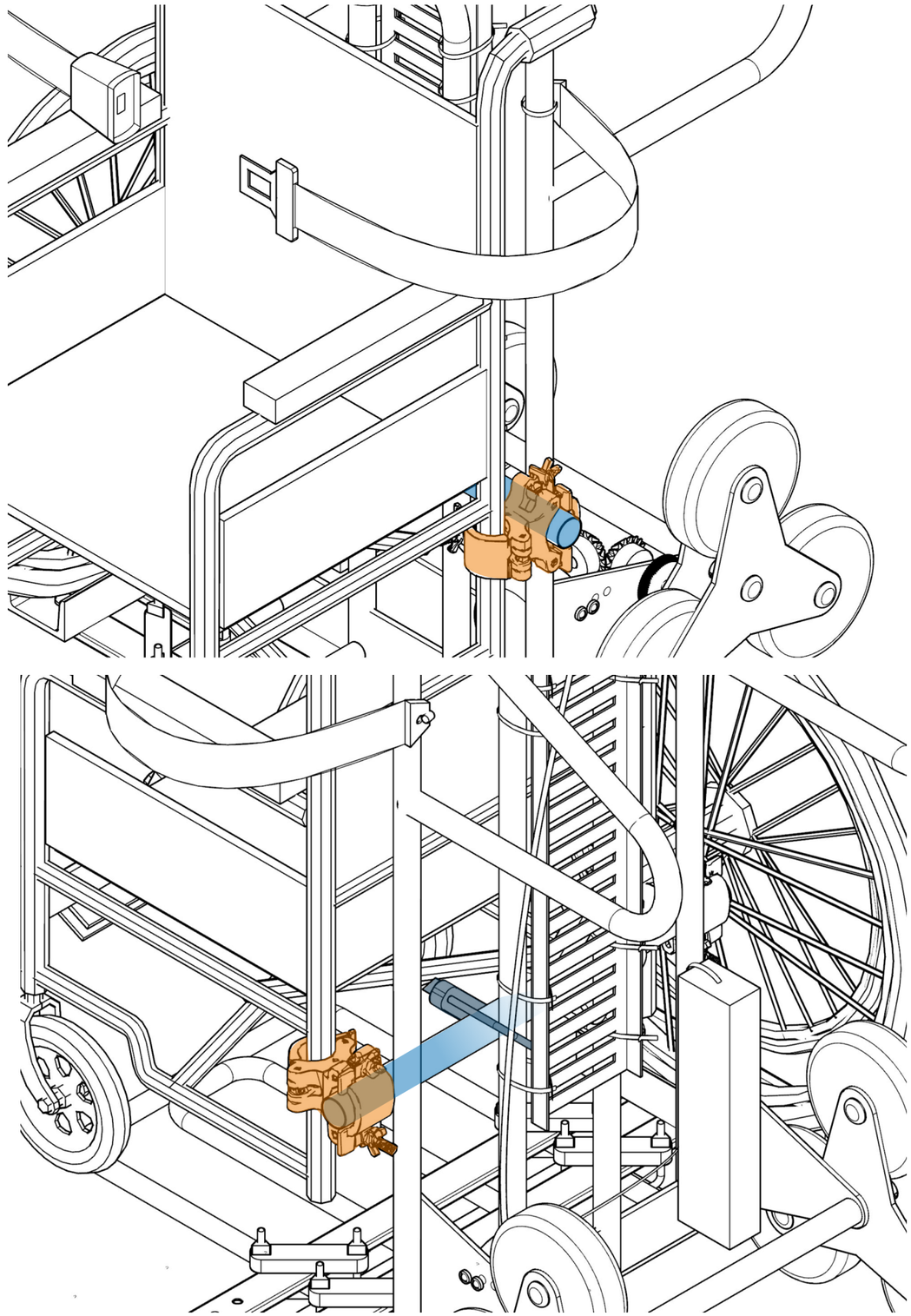


Fig. 4.14. Adattatore per manubrio ("Cuneo Manubrio", s.d.).

Prezzo e peso complessivi di € 22, 98 e 0,066 kg ("Cuneo Manubrio", s.d.) Vedere fig. 4.14.

Costo e peso complessivi

Il costo totale della prima configurazione, includendo quello dell'architettura di base, ammonta a € 540,31, mentre il peso complessivo è di 34 kg.



Figg. 4.15, 4.16: Dettaglio del sistema di fissaggio. Scala 1:5. La carrozzina è stata rappresentata priva di una ruota per maggiore chiarezza.

Configurazione 2

La seconda configurazione si presta alle carrozzine con larghezza esterna tra le maniglie compresa tra 350 mm e 400 mm, che causa l'allineamento delle maniglie con il tubolare del carrello. Avendo le maniglie una lunghezza compresa tra 120 mm e 150 mm, ciò causa l'arrivo in battuta delle maniglie prima che i montanti della carrozzina raggiungano il raggio d'azione dei morsetti Duratruss PRO Jr ("Duratruss PRO Jr", s.d.).



Fig. 4.17: la seconda configurazione.

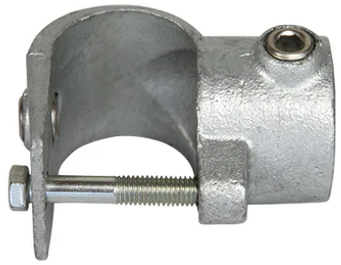
Per questo motivo, è stato necessario prevedere un sistema di fissaggio ad hoc, costituito esclusivamente dal seguente raccordo per tubi.

Raccordo per tubi

Il raccordo B34 grezzo (Fig. 4.18) ha un peso complessivo di 0,72 kg e prezzo complessivo di € 9,82 ("Raccordo tubolare JM135-B34", s.d.). Al primo utilizzo, può essere fissato dall'utente all'altezza corretta sul carrello, dove rimane anche in fase di non utilizzo. Prima di ogni salita o discesa, il caregiver deve assicurarsi che le maniglie della carrozzina entrino nell'apposita sede, ed eventualmente stringerla con una brugola.

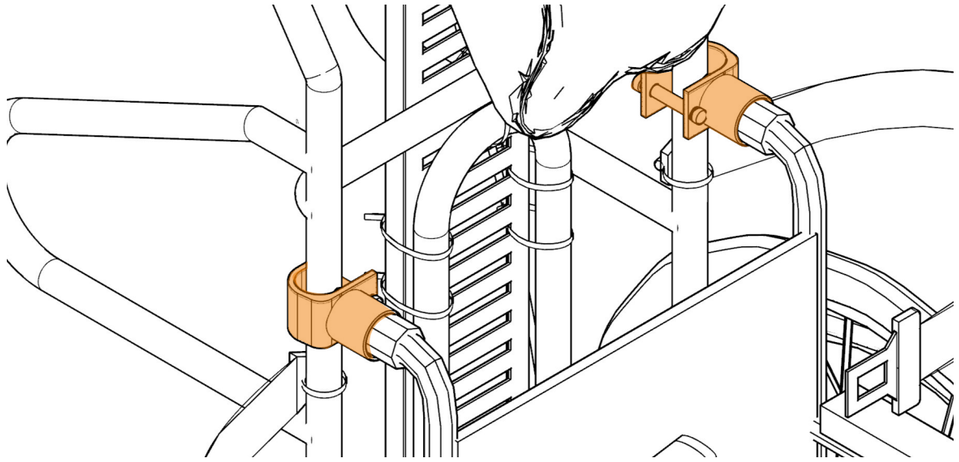
Costo e peso complessivi

Il costo totale della seconda configurazione, includendo quello dell'architettura di base, ammonta a € 462,40, mentre il peso complessivo è di 32.92 kg.



Sinistra - Fig. 4.18: Il raccordo B34 grezzo ("Raccordo tubolare JM135-B34", s.d.).

Sotto - Fig. 4.19: Dettaglio del sistema di fissaggio (raccordo in arancio).



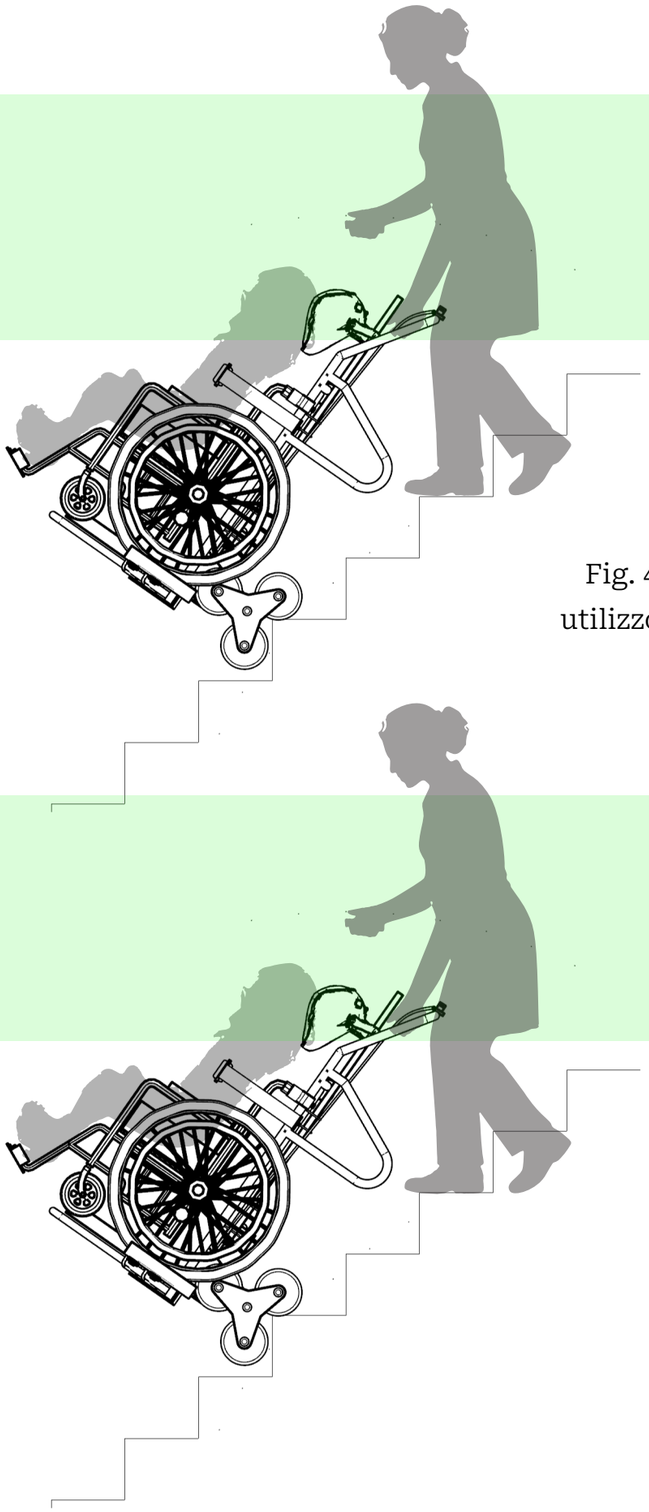


Fig. 4.20, 4.21: Rappresentazione di utilizzo. In verde, il range ottimale di altezza dell'impugnatura.

Verifica delle prestazioni offerte

Al fine di trarre delle conclusioni sulla qualità della progettazione, è utile confrontare le prestazioni offerte dal prodotto con quelle richieste alla luce del sistema esigenziale-prestazionale di cui al Capitolo 2.

Questo confronto, illustrato nella tabella seguente (Tab. 4.1), evidenzia il rispetto della maggior parte dei vincoli, con tre eccezioni.

La prima riguarda il non rispetto di un vincolo secondario sulla larghezza del prodotto, che doveva tassativamente essere minore di 80 cm (rispettato), e possibilmente anche di 60 cm (non rispettato). Il rispetto di tale misura avrebbe consentito di accedere anche alle scale a chiocciola più strette permesse nella città di Torino (Regolamento Edilizio n. 381, 2018). Tuttavia, essendo spesso le carrozzine stesse ad eccedere tale limite, è stato necessario rendere il montascale più largo. Inoltre, tali scale “sono ammesse solo per servire locali già autonomamente accessibili tramite percorsi o aperture con larghezza minima di metri 0,80” (Regolamento Edilizio n. 381, 2018), implicando la presenza di una via alternativa percorribile dal montascale. Infine, data la forte personalizzazione permessa dal progetto, se un utente riscontrasse l’inderogabile necessità di una soluzione più stretta di 60 cm, potrebbe ottenerla semplicemente riducendo la lunghezza dei tubi rettangoli, unico elemento superiore ai 70 cm e necessari in tutta la loro estensione soltanto per carrozzine maggiori del limite.

La seconda eccezione riguarda la presenza di un freno di sicurezza, assente dal prodotto finale e da indagare ulteriormente per sviluppi futuri.

La terza ed ultima eccezione riguarda il tempo necessario al trasferimento del passeggero sul montascale. Onde evitare che il prodotto cada in disuso, era stato definito che la nuova pratica non dovesse eccedere di oltre dieci secondi quella attuale. Per verificare il rispetto di questo

Prestazione	Configurazione 1	Configurazione 2
.arghezza minore non superiore a 80 cm (possibilmente 60 cm).	Sì (No)	Sì (No)
fino a 60 kg, come richiesto dal personale medico-sanitario dell'UGI.	Sì	Sì
›eramento di pedate minime di 25 cm ed alzate massime di 20 cm.	Sì	Sì
rare l'intera rampa di scale senza limitazioni nel numero di gradini.	Sì	Sì
lie collocate tra i 55 e i 115 cm di altezza durante la salita e la discesa.	Sì	Sì
›hiesta non superiore a quanto previsto dalle Norme ISO 11228 Parte 2.	Sì	Sì
ggiatesta collocato tra i 109 e i 122 cm di altezza rispetto al suolo.	Sì	Sì
Braccioli, pedane e bretellaggio.	Sì	Sì
Prezzo inferiore ai 1000 (preferibilmente 500) euro.	Sì (Sì)	Sì (Sì)
Non necessità di interventi permanenti sull'edificio.	Sì	Sì
Superfici e componenti facilmente disinfettabili.	Sì	Sì
Frenata di sicurezza.	No	No
Intuitività di utilizzo.	Si	Si
o di trasferimento al montascale può eccedere la pratica attuale di al massimo 10 secondi.	Da testare	Da testare
Trasportare sia l'utente sia la carrozzina.	Sì	Sì

Tab. 4.1.: Verifica delle prestazioni offerte.

requisito, sarebbe necessario realizzare dei test con utenti reali. Inoltre, il limite stesso dei dieci secondi è derivato dal mondo delle interfacce digitali (Nielsen, 1993), e sarebbe opportuno verificare, tramite osservazione sul campo, quale sia il reale limite di tempo percepito come eccessivo dagli utenti in questo ambito.

Un'ulteriore precisazione circa la fattibilità del progetto riguarda la possibilità, in un contesto regolato dalle normative europee, di riconvertire un prodotto certificato per il trasporto di beni alla mobilità verticale di esseri umani. È facile immaginare che, benché in ambito domestico la normativa possa essere meno stringente, diventi limitante nel caso di prestito del montascale a più utenti da parte di una stessa organizzazione.

Conclusioni

L'esito di questo lavoro è un montascale regolabile e a basso costo, ottenibile in autonomia dall'utente riconvertendo un carrello merci.

Con il suo prezzo inferiore ai € 500, il prodotto costituisce un'alternativa ai montascale commerciali unendo l'accessibilità economica dei modelli a basso costo con i vantaggi funzionali dei modelli motorizzati.

Le tecnologie e i componenti utilizzati permettono la sua realizzazione autonoma da parte dell'utente e consentono l'adattabilità a carrozzine pediatriche di varie dimensioni.

Bibliografia

Akamisaka, A., & Nagao, K. (2024). Transformable Quadruped Wheelchairs Capable of Autonomous Stair Ascent and Descent. Sensors, 24(11), 3675--. https://doi.org/10.3390/s24113675

Antano Group. (s.d.) Urania. Recuperato 4 luglio 2026, da https://antanogroup.com/prodotto/urania/

Ausilium (s.d.). Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.ausilium.it/p-104396-fissaggio-toracico-a-x-senza-zip-adiggy-taglia-universale

Barnes, C. (2011). Understanding disability and the importance of design for all. Journal of Accessibility and Design for All, 1(1). https://doi.org/10.17411/jacces.v1i1.81

Batteria Per Bicicletta Elettrica Da 36V 10.5AH 10S3P. (s.d.). Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.amazon.it/Bicicletta-Elettrica-Impermeabile-Monopattino-Ricaricabile/dp/B0GXP22FCG/ref=sr_1_54?__mk_it_IT=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crid=AYQ0WTXHMPT-G&dib=eyJ2IjoiMSJ9.ZYIUmwaCxiLRfa9Gb1gdkwf-Xd3knrMPIGZ9cKu0-zEc1LoMuC1ugo-HVwU1bJg1h3lKWVbCwodUxHNBTNlCdaT2SzAfla0psMbISc358TpsXU-PvPlaFe5HuFjWHldJ-M989nHufoD5QIQAwGFe-qhnzGB5iWEV0vcLiM-FkJQCJa7hFjQETRbqIQCZPphaxyhcYlNIhRtDqA1TFnR43FateL1Y4NvbHCk9nFUXxtJXk0t9jlwBMJ2EBuUFoOsUYSXDau8NLC_U3Zkp-BOQgM6xpI76Dz9TAC1czFfeFNWCZ8.EAHTQAvOI1YmjhWAgeVLZLe4Xt-pVXx7U-FTIgyopYbA&dib_tag=se&keywords=batteria+36v+17.5ah&qid=1782978361&sprefix=batteria+per+bicicletta+elettrica+36v+17.5ah%2Caps%2C181&sr=8-54

Bellincioni, R., Quaglia, G., & Franco, W. (2020). Controllo di carrozzina per il superamento di barriere architettoniche. Politecnico di Torino.

BGS 8095-30x45 | Fascetta stringitubo | acciaio inox | 30 x 45 mm | 10 pz. (s.d.). Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.amazon.it/BGS-strin-

gitubo-acciaio-inox-pezzo/dp/B006J6KCD4/ref=asc_df_B006J6KCD4?mcid=0a84bf4a8d703a2f9a895c292cd939b5&tag=googshopit-21&linkCode=df0&hvadid=700850869600&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=6002127809505862171&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=9199055&hvtargid=pla-432452147253&hvocijid=6002127809505862171-B006J6KCD4-&hvexpln=0&th=1

Bordone, S. (s.d.). Autoprogettazione: Da Enzo Mari alle istruzioni d'artista per realizzare un'opera d'arte a casa propria. Domus. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.domusweb.it/it/arte/2020/04/16/autoprogettazione-da-enzo-mari-alle-istruzioni-dartista.html

Bundak, R., Bas, F., Furman, A., Günöz, H., Darendeliler, F., Saka, N., Poyrazoğlu, Ş., & Neyzi, O. (2014). Sitting height and sitting height/height ratio references for Turkish children. European Journal of Pediatrics, 173(7), 861–869. https://doi.org/10.1007/s00431-013-2212-3

Carrello saliscale Uplift in acciaio giallo portata 250 kg. (s.d.). Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.obi-italia.it/p/4130753/carrello-saliscale-uplift-in-acciaio-giallo-portata-250-kg

Cator. (s.d.) Ruote dentate cilindriche. https://www.cator.it/it/catalog/it/ruote-dentate-cilindriche

C-max U1. (s.d.). Recuperato 4 luglio 2026, da https://aat-online.de/en/rehabilitation/climb/c-max

Cintura di sicurezza fissa omologata AMA in offerta. (s.d.). Agrilavor. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.agrilavor.com/cinture-di-sicurezza/1419-cintura-di-sicurezza-fissa-omologata-ama.html

Cresme. (2024). Il valore dell'abitare—La sfida della riqualificazione energetica del patrimonio edilizio italiano.

Crofy Paquete de 2 almohadas para el cuello del automóvil. (s.d.). Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.amazon.com/-/es/almohadas-automóvil-reposacabezas-viscoel%C3%A1stica-transpirable/dp/B09BDZZQ4Y/ref=sr_1_3?__mk_es_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crid=SRPICBZSODH1&dib=eyJ2IjoiMSJ9.XWlo_1IfGngPW_xyrYk1qM6pE9tNIubLBYCOfUu3u_Drht8AxOS2grzlO2WbBWyLsj2uk3RwR9XvqEnUxxTv1JhKoU3g4YC9-jrBYoQXdh4Cn8U9DjkKONNoE-T0WeTC9UhCpte9vBcXeUPBih3usaPamenxSxATdRiHL7mMbtCzkG7_nxqFAuGBEYWWLJM6GYa9-miSVQwrqnzuMJgIw4DPwKX8guSzBRWqR-vC6n9i5opQZ4JK8bsNGp-Jcuh5Ltel1wy1Gz7Ioy5p0UPYAvY5YiAY_p54nGdZwXtarOPJg.l-Wtp0L51rF0MOD1JWnWcKx1GQz172YkJho6OrkGOXf0&dib_tag=se&keywords=head%2Brest&qid=1782302632&sprefix=head%2Brest%2Caps%2C274&sr=8-3&th=1

Cuneo Manubrio—Adattatore Bici Ad Alta Resistenza. (s.d.). Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.amazon.it/dp/B0FV2QQBH6/?tag=trovaprezzi-mp-sport-prime-21&creative=23478&creativeASIN=B0FV2QQBH6&linkCode=df0&smid=AMDE2Q3QF8LNT&ascsubtag=7B2273223A226230667796866E776822C226323A3230303752C2274223A22323630363239222C22747222A22227D&th=1

Cuscinetto a sfere. (s.d.) Tecnocam. https://tecnocam.eu/products/cuscinetto-a-sfere-6201-2rs-12x32x10-schermato-gomma-a-tenuta-stagna?currency=EUR&country=IT&variant=46707487605070&stkn=7ef828b40267&utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=shopping&utm_content=Cuscinetto+a+Sfere+6201+2RS+12x32x10+mm+Schermato+Gomma+a+Tenuta+Stagna&dm_cam=23151677976&dm_grp=&dm_ad=&dm_kw=&dm_net=adwords&gad_source=1&gad_campaignid=23161402234&gbraid=0AAAACrNwAh577oNNfsxuhAkL6aaTtuCr&gclid=Cj0KCQjw3qLSBhDaARIsAFTiVh7VFuIykWWB-Ou4Qw5sKBNwe-x99YR1yq3XBOPXjl29r5gcFziXJgaAu6sEALw_wcB

Dal Palù, D. (2024). Un approccio metodologico [Lezione]. Corso 03NBUWT, Concept Design—Design I, Politecnico di Torino.

De Biagi, V. (2023). Appunti di Principi di staticaper il design [Dispensa], Corso in Keywords Design—Principi di Statica per il Design, Politecnico Di Torin.

DECRETO MINISTERIALE 14 giugno 1989, n. 236. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1989/06/23/089G0298/sg

Design Council. (s.d.). The Double Diamond. Design Council. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.designcouncil.org.uk/resources/the-double-diamond/

Donghi, D. (1935). Manuale dell' architetto. UTET.

DPCM 12 gennaio 2017 (2017). https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1989/06/23/089G2547/sg

Duratruss PRO Jr Swivel Clamp Black. (s.d.). Thomann. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.thomann.it/duratruss_pro_jr_swivel_clamp_black.htm

Elelift Srl. (s.d.) Montascale e servoscala. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.eleliftmontascale.it/montascale-e-servoscala/

Eneberg, M. (2025). Introduction [Lezione]. Corso MF2039 in Advanced Service Design, KTH. https://www.kth.se/student/kurser/kurs/MF2039?l=en

Eurostat. (2026) Fertility statistics. Recuperato 4 luglio 2026, da https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Fertility_statistics

Evacuation Chair | Evac+Chair Evacuation Chairs I. (s.d.). Evacuation Chairs by Evac+Chair. Recuperato 4 luglio 2026, da https://evac-chair.com/

FASCETTE 2.5X100 100PZ.NERO | Leroy Merlin. (s.d.). Leroy Merlin - Giardinaggio, ristrutturazione, fai da te. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.leroymerlin.it/prodotti/fascette-2-5x100-100pz-nero-89895647.html

Ferrofacile. (s.d.-a) FERRO TUBOLARE RETTANGOLO 40X10X1,5 MM. (s.d.). Ferrofacile. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.ferrofacile.com/p/ferro-tubolare-rettangolo-40x10x15-mm/

Ferrofacile. (s.d.-b) FERRO A U 80X45X6. (s.d.).https://www.ferrofacile.com/p/ferro-a-u-80x45x6/

Ferrofacile. (s.d.-c) FERRO TUBO TONDO 32X2. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.ferrofacile.com/p/ferro-tubo-tondo-32x2/

Fredriks, A. M. (2005). Nationwide age references for sitting height, leg length, and sitting height/height ratio, and their diagnostic value for disproportionate growth disorders. Archives of Disease in Childhood, 90(8), 807–812. https://doi.org/10.1136/adc.2004.050799

GATHINESS Staffe di Montaggio Set per Portapacchi Auto 4 Pezzi. (s.d.). Amazon.Recuperato4luglio2026,dahttps://www.amazon.it/GATHINESS-Trasversali-Portatutto-Montaggio-Portabagagli/dp/B0H2C8B9F5

Germak, C. (2024). Scenari contemporanei [Lezione]. Corso 03NBZWT Design per l'industrializzazione—Design per la Produzione Seriale, Politecnico di Torino.

Grace Medy (2025, marzo 3) Perché i poggiapiedi per sedia a rotelle sono essenziali per la postura GRACE MEDY Arredamento ospedaliero. https:/

/www.gracemedy.com/it/why-are-wheelchair-footrests-essential-for-posture/

Griglia Zincata Canaletta «NOR» e «TOP» A15 Pedonabile. (s.d.). Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.ferramentailtriangolo.it/it/griglia-zincata-per-canaletta-a15.html?utm_source=google_ads&utm_medium=CPC&gad_source=1&gad_campaignid=21990683461&gbraid=0AAAAACvkxEAxFd_o9K0aSafAyJXwApt6H&gclid=CjwKCAjwgO7RBhBKEiwAZNP85hE4cqA5-mZZp5wPKOA6n3L7DzQ9CY6Gcw9B43Vwst2DkvI6re1NgCxoCRT0QAvD_BwE

Group Special Ingranaggi. (s.d.) RUOTE DENTATE CONICHE DENTI DIRITTI TIPO “A”. https://www.specialingranaggi.com/wp-content/uploads/2024/05/catalogo-coppie_coniche.pdf

Hedvall, P.-O., Price, M., Keller, J., & Ericsson, S. (2022). Towards 3rd Generation Universal Design: Exploring Nonclusive Design. In I. Garofolo, G. Bencini, & A. Arenghi (A c. Di), Studies in Health Technology and Informatics. IOS Press. https://doi.org/10.3233/SHTI220824

Hoepli Editore (2024), “Enciclopedia pratica per progettare e costruire”. Recuperato il 04 luglio 2026 da https://www.hoeplieditore.it/universita/articolo/enciclopedia-pratica-per-progettare-e-costruire-ernst-neufert/9788836014699/2985#emanazione_rilegata_type

ilTorinese. (2024, maggio 26). All’ospedale Regina Margherita di Torino un Centro di simulazione per i piccoli pazienti vittime di violenza. Il Torinese.https://iltorinese.it/2024/05/26/allospedale-regina-margherita-di-torino-un-centro-di-simulazione-per-i-piccoli-pazienti-vittime-di-violenza/

INED. (2015). Men have children later than women. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.ined.fr/en/everything_about_population/demographic-facts-sheets/focus-on/men-have-children-later

International Organization for Standardization. (2022). Ergonomics. Manual handling. Part 2, Pushing and pulling. British Standards Institution.

Interruttore a bilanciere. (s.d.). Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.amazon.it/Interruttore-bilanciere-pulsante-apertura-ricambio/dp/B073RP6F63/ref=asc_df_B073RP6F63?mcid=6320ca6560f53b09bd0b68828-be331fc&tag=googshopit-21&linkCode=df0&hvadid=700929867062&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=7126624114587903496&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1008857&hvtargid=-pla-700547736673&psc=1&hvocijid=7126624114587903496-B073RP6F63-&hvexpln=0

ISO (2020). EN 81-40:2020—UNI Ente Italiano di Normazione. Recuperato 4 luglio 2026, da https://store.uni.com/en-81-40-2020

ISO (2022-a). 11228-2-2007+A1-2022 International Organization of Standards

ISO (2022-b). UNI EN ISO 9999:2022—UNI Ente Italiano di Normazione. Recuperato 4 luglio 2026, da https://store.uni.com/uni-en-iso-9999-2022

Istat. (2022). Età media della madre al parto per ordine di nascita e regione—Anni 1952-2020 [Dataset]. https://share.google/sQPfHc1bzxuEGMDtO

JOLLY RAMP: montascale mobile a cingoli. (s.d.). TGR - Strumenti di Libertà. Recuperato 4 luglio 2026, da https://tgr.it/prodotto/jolly-ramp-montascale-mobile-a-cingoli/?srsltid=AfmBOopR3mTLsVoG7A8TomS8-BaiiRTa25TtCK7pZEOxqFmGMRw0Lf5uP

Legge 5 febbraio 1992, n. 104 (1992). https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1992/02/17/092G0108/s

Legge 9 gennaio 1989 (1989). https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2017/03/18/17A02015/s

Leroy Merlin (s.d.). Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.leroymerlin.it/?at_medium=Sea-Paid&at_source=Google&at_section=PureBrand&at_campaign=LM_Cr.PureBrand_Sea-Paid_Google_Search_Conversion_AO_Conversion&gad_source=1&gad_campaignid=21782945445&gbraid=0AAAADc_GzjreIqX1sc3_FsVw-wazjjsE&gclid=CjwKCAjwu53SBhAhEiwAJzSLNvhhxitiA-jm0Hv5rf79awrh12YaRyA2aQFbCvJg-3ZGqTeaWhVG2RoCY34QAvD_BwE

Loisel, J., Bascou, J., Poulet, Y., & Sauret, C. (2020). Evaluation of a simple characterisation method of the 3D-position of a manual wheelchair centre of mass. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 23(sup1), S172–S174. https://doi.org/10.1080/10255842.2020.1815328

Magill-Evans, J., Darrah, J., & Galambos, N. L. (2011). The Parenting Journey of Mothers of Young Adults with Multiple Impairments. Journal of Developmental and Physical Disabilities, 23(3), 183–193. https://doi.org/10.1007/s10882-010-9214-0

Mari, E. (1974). [Mostra].

Marzi, T. (2024). Approccio Esigenziale-Prestazionale [Lezione]. Corso 03NBUWT, Concept Design—Cultura Tecnologica della Progettazione, Politecnico di Torino.

McDowell, M. A., Fryar, C. D., Ogden, C. L., & Flegal, K. M. (2008). Anthropometric Reference Data for Children and Adults: United States, 2003-2006: (623932009-001) [Dataset]. https://doi.org/10.1037/e623932009-001

Merriam-Webster (s.d.). Definition of SITTING HEIGHT. In Merriam-Webster. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.merriam-webster.com/dictionary/sitting+height

Mobilex. (2026). Wheelchair ramps—Mobilex selection of ramps.

Montascale a cingoli: Cos'è, come funziona, prezzi. (2023, aprile 3). Azione Salute. https://www.azionesalute.it/blogs/articolo/montascale-cingoli-guida-come-funzionano-prezzi

Montascale per Anziani. (s.d.). Stannah. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.stannah.com/it-it/montascale

Montascale Scoiattolo a Ruote con Poltrona—TGR – Usato. (s.d.). Mandara Ortopedia. Recuperato 4 luglio 2026, da https://mandaraortopedia.it/prodotto/montascale-scoiattolo-a-ruote-con-poltrona-tgr/

Motore Elettrico con Riduttore per Bici Elettrica, 36V 350W MY1016Z3. (2026). Amazon. https://www.amazon.it/Bnineteenteam-Elettrico-Riduttore-Silenzioso-Prestazioni/dp/B0DD7RVBVP

Mobius Mobility. (2026) https://mobiusmobility.com/

Murakami H., & Sonobe M. (2023). Center of mass estimation of upper body in sitting posture using force platforms. Transactions of the JSME (in Japanese), 89(917), 22-00294-22–00294. https://doi.org/10.1299/transjsme.22-00294

Neufert, E. (1980). Enciclopedia pratica per progettare e costruire. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.hoeplieditore.it/universita/articolo/enciclopedia-pratica-per-progettare-e-costruire-ernst-neufert/9788836014699/2985

Neumeier, M. (c2006). The brand gap: How to bridge the distance between business strategy and design: A whiteboard overview (Rev. ed.). Berkekley, CA: New Riders.

Nielsen, J. (1993). Usability engineering (1st edition). AP Professional.

Nigro, G. (2021). Freno di emergenza (Brevetto No. IT202100003905A1). https://patents.google.com/patent/IT202100003905A1/en?oq=IT202100003905A1

PEPE Mobility Sedia per Scale Pieghevole per Disabili e Anziani. (s.d.). Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.amazon.it/dp/B0D4R2MP3Q/ref=sspa_dk_detail_0?pd_rd_i=B0D4R2MP3Q&pd_rd_w=xil8i&content-id=amzn1.sym.27357f71-bd5d-4a5b-ba8c-4ad04b414c62&pf_rd_p=27357f71-bd5d-4a5b-ba8c-4ad04b414c62&pf_rd_r=DF9660Q681KAPDCD17M3&pd_rd_wg=dy2pQ&pd_rd_r=b95cbd91-4373-4d94-b8d0-6615b3faab8b&aref=M52rlPYaao&sp_csd=d2lkZ2V0TmFtZT1zcF9kZXRhaWw&th=1

Progeo. (s.d.) Braccioli. Recuperato 4 luglio 2026, da https://antanogroup.com/prodotto/urania/

Quaglia, G., Franco, W., & Nisi, M. (2019). Stair-Climbing Wheelchair.q05: From the Concept to the Prototype. In N. A. Aspragathos, P. N. Koustoumpardis, & V. C. Moulianitis (A c. Di), Advances in Service and Industrial Robotics (Vol. 67, pp. 245–255). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00232-9_25

Quaglia, G., Franco, W., & Oderio, R. (2011). Wheelchair.q, a motorized wheelchair with stair climbing ability. Mechanism and Machine Theory, 46(11), 1601–1609. https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2011.07.005

Quaglia, G., Nisi, M., Franco, W., Bruzzone, L., Politecnico di Torino, & University of Genoa, Via Opera Pia 15A, 16145 Genoa, Italy. (2017). Dynamic Simulation of an Electric Stair-Climbing Wheelchair. International Journal of Automation Technology, 11(3), 472–480. https://doi.org/10.20965/ijat.2017.p0472

Raccordo tubolare JM135-B34—Raccordo a T apribile per tavolo da negozio. (2026, luglio 6). Tubeo.com. https://tubeo.com/it-it/products/raccordi-per-un-tavolo-personalizzato-jm135-b34-brut

Regolamento Edilizio (1912). Città di Torino.

Regolamento Edilizio n. 7 bis (1968). Città di Torino.

Regolamento Edilizio n. 381 (2018). Città di Torino.

Ross, L., Chris, G., Bjorn, G., & Brosnan, D. (2020). Patient transfer apparatus with integrated tracks (United States Brevetto No. US10758437B2). https://patents.google.com/patent/US10758437B2/en?oq=US10758437B2

Scewo BRO | All information about costs. (2024, aprile 8). Scewo. https://www.scewo.com/scewo-bro-preis/

Signorelli, B. (s.d.). DONGHI, Daniele. In Enciclopedia Treccani. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.treccani.it/enciclopedia/daniele-donghi_%28Dizionario-Biografico%29/#google_vignette

Sketchplanations. The curb-cut effect. (2021, maggio 23). https://sketchplanations.com/the-curb-cut-effect

Slyde—Emergency Evacuation Sled. (s.d.). Slyde. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.evacuationslyde.com

Spencer. (2024, luglio 9). Come Utilizzare le Sedie Scendiscale SKID per l'Evacuazione di Pazienti con Mobilità Ridotta [Film]. https://www.youtube.com/watch?v=q75NVw7bCDI

Spencer (2026). Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.spencer.it/

Statistics Netherlands. (2025). 77 thousand first-time fathers in 2024 [Webpagina]. https://www.cbs.nl/en-gb/news/2025/24/77-thousand-first-time-fathers-in-2024

S.T.O. Studio Tecnico Ortopedico (2026). Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.ortopedia-sto.com/

Sunwa Stairmate. (s.d.). DNR WHEELS PTE LTD. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.dnrwheels.com/products/sunwa-stair-climber

The Design Squiggle. (2024, aprile 1). The Squiggle. The Squiggle. https://thedesignsquiggle.com/

Unione Genitori Italiani. (2022, luglio 4). Home—UGI Sito. https://ugi-torino.it

Verma, A., Shrivastava, S., & Ramkumar, J. (2025). Development of an optimized stair-climbing mechanism using parametric curved wheels inspired by human foot strides on flat stairs. Engineering Research Express, 7(3), 035436. https://doi.org/10.1088/2631-8695/ae086f

VOCIC AY04. (s.d.). Amazon. Recuperato 4 luglio 2026, da https://www.amazon.it/VOCIC-AY04-Scaletta-elettrica-pieghevole/dp/B0DY1LXW-GC?th=1

Whole Earth Catalog Fall 1968. (1968). Portola Institute, Inc. http://archive.org/details/wholeearthcatalo00unse_8

Whole Earth Index. (s.d.). Whole Earth Index. Recuperato 4 luglio 2026, da https://wholeearth.info/

Zhang, Y., & Li, H. (2015). Reference charts of sitting height, leg length and body proportions for Chinese children aged 0–18 years. Annals of Human Biology, 42(3), 225–232. https://doi.org/10.3109/03014460.2014.934283

Vorrei dedicare questo lavoro a Barbara.

Ringraziamenti

Un grazie molto sentito alle dott.sse Alice Labate e Paola Imazio, che hanno messo a disposizione il loro tempo e la loro esperienza contribuendo a rendere questo progetto motivo di grande orgoglio per me.

Ringrazio il professor Walter Franco, che mi ha seguito con grande pazienza, disponibilità e interesse, indirizzando il progetto verso continui miglioramenti.

Ringrazio Hans per il suo prezioso contributo.

Infine, vorrei ringraziare di cuore la mia famiglia e i miei amici, sia quelli che c'erano già, sia quelli conosciuti nel corso di questi anni, che mi porterò dietro per tutta la vita:

sono il regalo più prezioso di questo percorso.

Martino