



POLITECNICO DI MILANO

SCUOLA DEL DESIGN

Corso di Laurea Magistrale Design&Engineering

TAILOR

Active Wheelchair

Docenti

Prof. Mario Guagliano – Dip. Di Meccanica

Prof. Lucia Elena Rampino – Dip. Di Design

Tesi di laurea di:

Raffaele Galetti

Mat. 814182

A.A. 2015/2016

TAILOR – Active Wheelchair

Raffaele Galetti

Abstract

Introduzione 7

1.0 ANALISI 8

1.1 Contesto

1.2 Mielolesioni 10

Lesione del midollo spinale
Mielolesioni in Italia
Dati statistici
Facts

1.3 Bisogni dell'utente 20

Un problema di identità
Il caso Zanardi

1.4 Normative 23

Premesse
Tipologie e definizioni (ISO 7176 part 4.1)
Glossario delle misure (ISO 7176 part 4.3)

1.5 La Carrozzina Base 29

Introduzione
Telaio
Altezza e profondità della seduta
Schienale
Braccioli
Poggiapiedi
Ruote e copertoni
Barre di spinta
Freni

1.6 La Carrozzina Sportiva 36

Introduzione
Considerazioni generali

Telaio
Guscio
Profondità della seduta
Altezza dello schienale
Tensione
Inclinazione
Manovrabilità e stabilità
Poggiapiedi
Ruote posteriori
Dimensione
Camber
Toe-in, Toe-out
Corrimano
Ruote anteriori

1.7 Focus on 48

Light/Ultralight Wheelchair
B-Free
CrossTrainer Wheelchair

1.8 Studi di settore 55

Introduzione

The effect of rear wheel camber in manual wheelchair propulsion

The effects of rear-wheel camber on the kinematics of upper extremity during wheelchair propulsion

Effect of fore-aft seat position on shoulder demands during wheelchair propulsion: part 1. A kinetic analysis

Effect of fore-aft seat position on shoulder demands during wheelchair propulsion: part 2

Conclusioni

Scelte di intervento

2.0 CONCEPT	64
2.1 Scelta dell'utente	
Livello di mielolesione	
Fascia di età	
2.2 Contesto di utilizzo	67
Indoor/outdoor	
Social skills	
2.4 Elementi di innovazione	69
Camber	
Assetto	
Regolazione iniziale/in corso d'uso	
2.5 Geometrie ottenibili	74
Introduzione	
Fase di assetto industriale	
Fase di regolazione con specialista	
Fase di regolazioni in corso d'uso	
User interface	
2.6 Story board	83
Storyboard primo approccio	
Storyboard nuovo acquisto	
Storyboard approccio allo sport	
Storyboard movimenti	

3.0 SVILUPPO	93
3.1 Componentistica standard	
3.2 Scelta dei materiali	100
Percorso progettuale	
Telaio	
Congiunzioni	
Sider	
3.3 Progettazione	103
Telaio	
Congiunzioni	
Freni	
Sider	
<i>Attacco QR (assetto)</i>	
<i>Camber System</i>	
<i>FEM</i>	
4.0 ANALISI DEGLI ELEMENTI FINITI	115
Conclusioni	133
Bibliografia	134
Riferimenti immagini	
Sitografia	

INTRODUZIONE

Questo progetto nasce a partire da un'esperienza di stage curricolare presso la società Gruppo s.r.l., unione dei due marchi storici del ciclismo Columbus e Cinelli. Su commissione dell'atleta paraolimpico Alessandro Zanardi l'ufficio tecnico dell'azienda è stato chiamato a rivalutare la carrozzina da corsa, rientrando nella categoria Handbike, al fine di valutare migliorie morfologiche dell'elemento principale che comprende movimento centrale e sterzo del mezzo. Lo studio di questo componente e l'analisi del settore sportivo che sono stato chiamato a valutare mi hanno fornito le conoscenze base e gli spunti per affrontare un progetto di tesi volto a questa categoria di disabilità in relazione a sport individuali e/o di squadra. Il lavoro svolto presso l'azienda mi ha inoltre permesso di sviluppare conoscenze in campo della lavorazione del tubolare in acciaio secondo le più moderne tecnologie, e quelle del prodotto in carbonio destinato all'ambito sportivo. Il progetto è stato seguito, oltre che da relatore e correlatore universitari, anche dai membri dell'ufficio tecnico in corso di stage.

L'idea di partenza è quindi quella di elaborare un progetto di carrozzina con caratteristiche sportive, partendo dalle conoscenze apprese in corso di stage. La fattibilità di questo progetto verrà di seguito contestualizzata sia per quanto riguarda la necessità di un simile strumento per il target, per il mercato, per il mondo paraolimpico e per la fattibilità normativa e produttiva; successivamente verrà elaborato un concept che terrà conto degli aspetti irrinunciabili, che ci saremo prefissati, e della possibilità di affrontare il progetto concentrandoci maggiormente su alcuni elementi. Al fine di produrre un oggetto che sia coerente con diversi parametri quali: target, fattibilità, bisogni reali e inespressi, vacanze nel mercato etc. è necessario che il concept venga successivamente contestualizzato e ridimensionato rispetto al target di riferimento e alla progettazione dei componenti che compongono una carrozzina concentrandosi principalmente su alcuni elementi e evitando, con coscienza produttiva, di entrare nel merito di altre questioni. Nell'ultima fase, quella produttiva, verrà posta l'attenzione su alcune componenti del prodotto che avranno assunto, in fase di concept, un peso maggiore rispetto alle altre; questi elementi saranno strutturati come prodotti finiti destinati alla produzione dopo un lavoro approfondito su: producibilità, ottimizzazione, scelte materiche e strutturali.

1.0 ANALISI

1.1 CONTESTO

La Carrozzina è una protesi strumentale creata per risolvere in maniera alternativa un problema di mobilità; a differenza di altre protesi infatti quello che offre è un'alternativa di mobilità in senso generale. Nata come un'idea estremamente semplice (una sedia su ruote) è in questi anni rimessa in discussione da concept e progetti in generale che mirano ad avvicinarsi realmente al problema della mobilità intesa come movimentazione degli arti inferiori e non dell'intera persona. Questi progetti, strettamente vincolati a concetti quali robotica, smart materials, nanotecnologie, movimentazioni avanzate e lo studio della biomeccanica, spingono il settore della carrozzina a implementare quelle caratteristiche che la rendono una protesi di potenziamento e non di semplice risposta ad un problema di mobilità.

In questo senso è interessante notare come da diversi anni l'incremento delle caratteristiche prestazionali di una carrozzina base nascono a partire da studi e migliorie sulle equivalenti parenti sportive paraolimpiche; questa relazione è oltremodo rafforzata dalla forte vicinanza di questo settore con quello del ciclismo.

I settori del ciclismo e della produzione di carrozzine, di qualunque tipologia esse siano, convivono ormai da tempo condividendo tecnologie e produzione oltre alle componenti più evidenti (come le ruote) al punto che non è difficile trovare prodotti specifici per carrozzine nei cataloghi dei grandi fornitori asiatici del ciclismo. Nonostante questo è bene ricordare che le carrozzine appartengono al settore delle protesi e per questo rimangono legate ad un discorso medico che richiede la dovuta attenzione e le specifiche competenze.

Questa vicinanza tra i due settori produttivi ha suscitato il mio interesse spingendomi a domandarmi se fosse possibile trasferire o condividere significati dall'uno all'altro campo nel tentativo di produrre un nuovo oggetto con caratteristiche innovative. La scelta dell'utenza nasce quindi dalla possibilità di identificare un utilizzatore che possa condividere, in parte, i medesimi obiettivi sportivi e di immagine che contraddistinguono il rapporto tra un ciclista professionista, o amatore, e il suo mezzo di trasporto; questo rapporto è infatti caratterizzato da una forte attenzione ai dettagli, intesa come scelta dei componenti, e una stretta relazione con le misure

antropomorfe dal momento che una bicicletta con geometrie sbagliate risulta dannosa sia in termini di prestazioni che di utilizzo.

Vi è inoltre da considerare che nel ciclismo esiste un rapporto unico tra oggetto sportivo e utente; questo rapporto, inespresso ma fortemente presente nella consapevolezza di chiunque si trovi a lavorare in questo settore, non riscontrabile in nessun altro settore sportivo per motivazioni che cercheremo di chiarire più avanti, sarebbe in grado di portare incredibili benefici se presente in pari peso nella categoria delle persone in sedia a rotelle.

Immaginando quindi di sviluppare un prodotto per una categoria che abbia le caratteristiche per meglio adattarsi a questo tipo di discorso è necessario interrogarsi sui tipi di prodotti offerti dal mercato in relazione alle varie tipologie di lesioni che ne comportino l'utilizzo.

1.2 MIELOLESIONI

Lesioni del midollo spinale

Le patologie che obbligano una persona all'uso di carrozzine sono molteplici e molto diverse tra loro, questo perché la carrozzina offre delle prestazioni che sono valide per persone con diverse problematiche che vanno dal semplice uso periodico dovuto ad infortuni temporanei fino all'immobilità quasi completa. Data la natura dei nostri intenti è chiaro che dovremo delimitare la nostra ricerca escludendo sia l'uso occasionale che gli utenti più gravi intesi come capacità mobile; la categoria su cui abbiamo deciso di concentrarci, che è anche quella dove questo settore trova maggior possibilità di crescita e innovazione, è quella dei mielolesi:

Per Mielolesioni si intendono i tipi di infortuni della colonna che portano ad un lesione del midollo spinale, il quale ha la funzione di trasmettere i messaggi dal cervello ai nervi spinali, che a loro volta li diffondono ai muscoli, consentendo tutti i movimenti possibili. La frattura midollare interrompe questa trasmissione e la conseguente limitazione dei movimenti, con una gravità che aumenta a seconda del livello di altezza della lesione, determinando quattro gruppi eterogenei di quadri clinici: paraplegia, tetraplegia, paraparesi, tetraparesi.

Per paraplegia si intende una sindrome sensitivo-motoria, che limita cioè sia la mobilità che la percezione sensoriale delle parti del corpo escluse, con paralisi degli arti inferiori e disturbi sfinterici, mentre nella tetraplegia si aggiungono anche paralisi degli arti superiori e disturbi neurovegetativi; la paraparesi e la tetraparesi sono rispettivamente la paralisi incompleta degli arti inferiori e la paralisi incompleta dei quattro arti. Solitamente si considera tetraplegico anche chi presenta una motricità residua relativamente valida degli arti superiori ma comunque compromessa.

1. Tetraplegia *“Questo termine si riferisce al danno o perdita della funzione motoria e/o sensitiva nei segmenti cervicali del midollo spinale dovuto al danno degli elementi neurali all'interno del canale spinale. La tetraplegia è il risultato del danno funzionale negli arti superiori così come del tronco, arti inferiori e organi pelvici.”*

2. Paraplegia *“Questo termine si riferisce al danno o perdita della funzione motoria e/o sensitiva nei segmenti toracico, lombare o sacrale del midollo spinale, secondari al danno degli elementi neurali all’interno del canale spinale. Con la paraplegia, la funzionalità degli arti superiori è risparmiata, ma, in base al livello di lesione, risultano coinvolti il tronco, gli arti inferiori e gli organi pelvici.”*
3. Tetraparesi *“È la paralisi incompleta dei quattro arti.”*
4. Paraparesi *“È una paralisi incompleta degli arti inferiori.”*

[...] In base all’origine del danno le mielolesioni possono essere classificate in due grandi gruppi: mielolesioni traumatiche e non traumatiche. [...] Le lesioni traumatiche sono secondarie alla deformazione o al danno del canale vertebrale provocato da una forza estrinseca, per lo più accidentale e improvvisa. Le lesioni di origine non traumatica sono secondarie a disturbi vascolari, tumorali, displasici, flogistici o iatrogeni.¹

¹ Riabilitazione e valutazione dei pazienti mielolesi G. Scivoletto, L. Di Lucente, U. Fuoco, V. Di Donna, L.a Laurenza, V. Macellari, C. Giacomozzi, M. Molinari – P.5

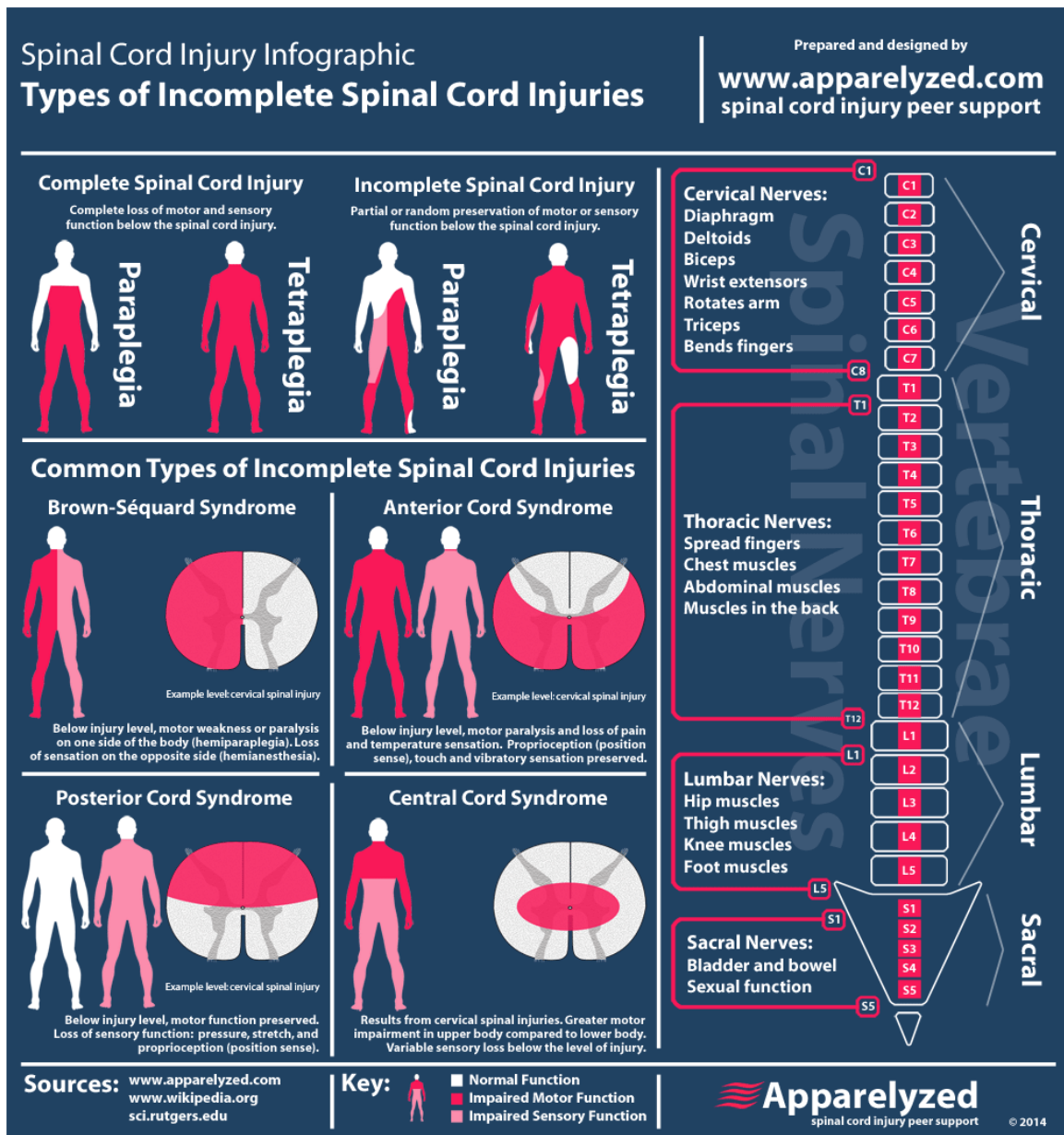


Figura 1 apparelyzed.com “lesioni del midollo”

Mielolesioni in Italia

I traumi costituiscono la causa più frequente di lesione midollare, esistono però anche patologie non traumatiche che possono determinare una lesione spinale. L'ISTAT stima che in Italia risiedono circa 2 milioni 824 mila disabili generici, divisi tra 960 mila uomini e 1 milione 864 mila donne. Di questi, circa 165.500 vivono in presidi socio-assistenziali: si tratta prevalentemente di anziani non autosufficienti (circa 41mila persone), il 77% dei quali di sesso femminile.

Il numero di disabili (di 6 anni o più) che vive in famiglia è di circa 2 milioni 615mila unità, pari al 4,85% della popolazione. Di questi, 894mila sono maschi (3,4% della popolazione) e 1 milione 721mila femmine (6,2% della popolazione). Considerando sia i disabili in famiglia sia quelli nei presidi, si può constatare che 2 milioni 92mila disabili sono anziani oltre i 64 anni. In conseguenza della più lunga sopravvivenza delle donne rispetto agli uomini, il 70% degli anziani disabili è composto da donne.

Solo in minima parte le disabilità vengono registrate alla nascita: infatti per il quattro per mille dei nuovi nati, circa 2.000 l'anno, sono registrate malformazioni o malattie congenite invalidanti. La percentuale delle disabilità rilevate cresce in età scolastica quando si evidenziano in particolare le disabilità mentali. Tra gli iscritti alle scuole elementari, infatti, il tasso degli alunni in situazione di handicap sale all'1,86 per cento ed al 2,50 per cento nelle scuole medie, con una prevalenza di soggetti con insufficienze mentali.

Nella fascia adolescenziale e dell'età adulta aumenta invece il peso delle disabilità fisiche che subiscono una forte impennata dopo i 15 anni per cause prevalentemente derivanti da incidenti sul lavoro, sulle strade, nella pratica sportiva e domestici. Circa 60.000 persone sotto i 65 anni si muovono su sedia a ruote. ²

La lesione midollare traumatica è una condizione che colpisce quasi una persona su mille ogni anno (0,721-0,906 su mille negli Stati Uniti). In Italia l'incidenza della lesione midollare è di circa 18/20 nuovi casi annui per milione di abitanti. In un recente studio epidemiologico italiano (condotto dal GISEM: Gruppo Italiano Studio Epidemiologico Mielolesioni), che ha coinvolto i 37 principali centri che si occupano di mielolesioni, sono stati riscontrati 1014 nuovi casi di mielolesione in due anni (3-5). L'età media delle persone colpite da mielolesione varia per l'80%, in un range che va dai 10 ai 40 anni.

La maggior parte dei casi sono di origine traumatica (67,5%) ma risultano in continuo aumento i casi dovuti a cause non traumatiche (32,5%).

² Dati ISTAT - La disabilità in Italia Il quadro della statistica ufficiale A cura di: Alessandro Solipaca
Coordinamento redazionale: Irene Lofani

I pazienti con lesione traumatica sono in media più giovani rispetto a quelli con lesione non traumatica (34 anni vs 58 anni). Inoltre emerge una generale prevalenza dei soggetti di sesso maschile che è ancora più evidente nel gruppo di traumatizzati. In entrambi i gruppi si evidenzia una prevalenza dei pazienti paraplegici: il 56,6% nei pazienti con lesione traumatica; il 76,4% in quelli con lesione non traumatica. Inoltre i casi di lesione completa sono maggiori nel gruppo ad eziologia traumatica: il 51,5% ha una lesione completa contro solo il 24,2% nelle lesioni non traumatiche.³

I traumi della colonna vertebrale con lesione midollare sono lesioni molto gravi, spesso mortali; dei pazienti che sopravvivono il 75% rimangono paraplegici, il 25% tetraplegici.

La para e la tetraplegia colpiscono soprattutto pazienti giovani al di sotto dei 30 anni: da una statistica compilata dalla "Fondazione per la ricerca sulle lesioni del midollo spinale" con la collaborazione dei più importanti centri di riabilitazione, risulta che il 40% dei casi è in età compresa tra i 20 e i 30 anni, il 35% giovanissimi con meno di 20 anni. L'incidenza di para e tetraplegia è un dato piuttosto allarmante: il Ministero della Sanità valuta in sessanta/settanta mila le persone colpite da mielolesione in Italia, la cui età media varia, per oltre l'80%, in un range che va dai dieci ai quaranta anni. L'epidemiologia e la letteratura scientifica affermano che ogni anno in Italia ci sono circa 1.200 nuovi casi di lesione midollare; ciò significa che ogni giorno, solo nel nostro Paese, almeno tre persone diventano para o tetraplegiche. Questo dato è analogo a quello di altri paesi della Comunità Europea. Da uno studio eseguito dal GISEM (Gruppo Italiano Studio Epidemiologico sulle Mielolesioni), formato da operatori sanitari appartenenti a quarantotto strutture riabilitative che si occupano di mielolesione, si possono estrapolare alcuni dati interessanti che fotografano il "problema" lesione midollare. Le lesioni al midollo spinale di origine traumatica (65% del totale) derivano da:

³ Riabilitazione e valutazione dei pazienti mielolesi G. Scivoletto, L. Di Lucente, U. Fuoco, V. Di Donna, L.a. Laurenza, V. Macellari, C. Giacomozzi, M. Molinari – P.7

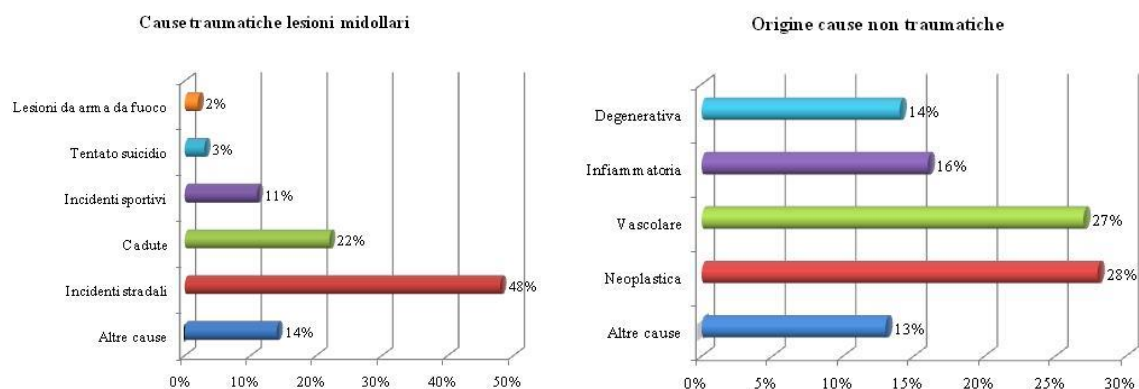


Figura 2

Dati Statistici

È difficile avere una panoramica globale delle persone affette da questo tipo di lesioni, e anche solo per i paesi occidentali non si hanno dati precisi né, purtroppo, condivisi. Questa mancanza è dovuta al fatto che non esistono piani nazionali o globali che si occupano con costanza di queste problematiche, le realtà di supporto e raccolta dati hanno carattere molto più locale, la stessa Italia non presenta statistiche su base nazionale. Al contrario alcuni paesi Europei, come Francia e Gran Bretagna presentano dei dati abbastanza completi mentre negli Stati Uniti è possibile trovare delle statistiche nelle numerose esperienze di ricerca universitaria. Un altro scoglio a cui si va incontro quando si cercano dati di questo tipo sono le tempistiche: non esistendo database condivisibili presso i diversi enti sanitari, le tempistiche per mettere assieme questi dati sono lunghe, di conseguenza non abbiamo dati aggiornati anno per anno bensì sporadiche raccolte che sono considerate valide per un certo range di anni.

Nel concreto possiamo considerare i dati degli ultimi 10-15 anni come sufficientemente attuali e attendibili. Oltre a quelli italiani riportati nei paragrafi precedenti sono riportati i dati di UK, Francia, Germania e USA.

Nel Regno Unito la popolazione che fa uso di carrozzine supera i 50 milioni di persone, circa l'1,3%; dato che, secondo uno studio della facoltà di Scienze Sociali applicate della Lancaster University sarebbe in aumento nei prossimi anni sia tra gli anziani che tra le persone di età media.

[..] there were 710,170 wheelchair users in England while the Audit Commission reported the total number of wheelchair users for the UK to be only 640,000. With England's population being around 50 million and the UK being around 61 million, this would put the percentage of wheelchair users between 1.0-1.4% [...] However, in 2000 the NHS Purchasing and Supply Agency rehabilitation team estimated the English wheelchair user population to be 1.2 million or roughly 2% of the population.⁴

A french study published in 2008 by Vignier et al put the estimate of French Wheelchair users at 0.62%. Or about 361,500 wheelchair users.⁵

[...] a dutch Study put the number of estimated users in the Netherlands at 152,400 at 16 million or just under 1% of the population.⁶

I dati provenienti dai diversi paesi europei sono in linea con i dati negli Stati Uniti, tra i due continenti la percentuale di utilizzatori di sedie a rotelle si aggira attorno all'1%. Se si assume una popolazione complessiva di 500 milioni nell'Unione europea, circa, si stima che sul vecchio continente siano presenti 5 milioni di persone su sedia a rotelle. Leggermente inferiore è il dato negli stati uniti, dove si contano circa 2,8 Mil di persone su sedia a rotelle su un totale di circa 300 milioni.

[...] the US census estimates that in 2002 in the USA there were 2.7 million wheelchair users 15 years and older and 121,000 wheelchair users under 15 years of age. This is a total of over 2.8 million U.S. wheelchair users. From a population of 300 million this is just under 1%.⁷

⁴ Bob Sapey, John Stewart and Glenis Donaldson “The Social Implications of Increases in Wheelchair Use Report” Department of Applied Social Science Lancaster University 2004 – P.43

⁵ Demographics of wheelchair users in France: Results of National community-based handicaps-incapacités-dépendance surveys Nicolas Vignier, Jean-François Ravaud, Myriam Winance, François-Xavier Lepoutre, Isabelle Ville

⁶ RIVM report 318902 012/2002 Wheelchair incidents AW van Drongelen, B Roszek, ESM HilbersModderman, M Kallewaard, C Wassenaar

⁷ Disability Characteristics of Income-Based Government Assistance Recipients in the United States: 2011

Facts

Nel Regno Unito, dove il problema è molto più seguito a livello sociale, vengono redatti frequentemente delle raccolte di “facts” relativi alla vita in generale di una persona affetta da disabilità. Queste raccolte per punti affrontano il problema essenzialmente in modo statistico operando attraverso l’uso di sondaggi su scala locale contando su una discreta omogeneità di servizi e vivibilità che, ad esempio, in Italia o America non è possibile. Tra i principali report abbiamo riportato, di seguito, i facts che maggiormente hanno colpito la nostra attenzione e sui quali vale la pena di soffermarsi.

[...] the prevalence rate of disability rises with age – around 1 in 20 children are disabled, compared to around 1 in 5 working age adults, and almost 1 in 2 people over state pension age”⁸

I dati che emergono sono prevalentemente relativi ai problemi di partecipazione alla vita comune e alle attività che si possono svolgere, parallelamente a questo ci si interroga anche relativamente alla percezione comune che si ha del problema.

In 2011/12, disabled people remained significantly less likely to participate in cultural, leisure, art and sporting activities than non-disabled people.

- 1. 72% of adults with an impairment have at least 1 barrier to playing sport, compared with 54% of adults without an impairment.*
- 2. In 2012/13, disabled people were less likely to participate in sport compared to those without a longstanding illness or disability (29.3% compared to 51.4%).*
- 3. In 2012/13, disabled people had a lower arts engagement rate (72.6%), than non-disabled people (80.9%). This could be due to barriers, for example a lack of suitable transport to art facilities or a lack of hearing loops at the venue enabling disabled people to engage.*

⁸ Office for Disability Issues updated Department for Work and Pensions estimates based on Family Resources survey 2009/10

4. *1 in 5 British adults (21%) surveyed think disabled people need to accept unequal opportunity in their lives. Men are more likely than women to hold this view (28% compared with 15%).*
5. *More than 1 in 4 Britons (26%) think nightclubs and bars are not suitable for wheelchair users. Men (31%) and 18-24 year olds (32%) are the most common holders of this view.*
6. *1 in 4 Britons (24%) believe disabled people often overstate the level of their physical disabilities. Men are more likely to hold this view than women (28% compared with 20%)⁹*

In seconda battuta l'indagine continua focalizzandosi sulle aspettative future riguardo alla categoria. I dati che emergono sottolineano un aumento dei casi tra i più giovani, una diminuzione nelle fasce adolescenziali, seguiti da un incremento oltre i 30 anni.

1. *It is widely anticipated that the proportion of children and young people who are disabled will increase. It is estimated that there will be over 1.25 million children reporting a disability by 2029.*
2. *Up to 2020, it is predicted that the proportion of people in their 20s selfreporting long term health problems or disability will decrease moderately, while for those in their 30s and 40s it will increase moderately. For those in their 50s, it will increase significantly from 43% in 2004 to 58% in 2020.¹⁰*

Queste informazioni sono testimoni delle limitazioni a cui è sottoposta una comune persona affetta da mielolesione. Questa parte della popolazione, che varia in proporzione a seconda dell'età da un rapporto di 1/20 tra i bambini a 1/2 tra gli anziani, si imbatte costantemente in situazione in cui praticare una normale attività diventa difficoltoso. Questi dati peggiorano notevolmente quando si parla di attività, come lo sport o le attività di svago in generale, che avrebbero un impatto ancora più positivo sulla percezione della qualità della vita e l'autonomia della persona. I dati sono destinati ad aumentare sia nelle fasce più giovani che in quelle più

⁹ Papworth Trust Disability in the United Kingdom 2013 Facts and Figures – p.29,30

¹⁰ Papworth Trust Disability in the United Kingdom 2013 Facts and Figures – p.32

anziane. La scelta di affrontare il problema delle carrozzine come un problema di mobilità piuttosto che di potenzialità farà la differenza tra creare un sistema assistenzialista di supporto e un altro che dia possibilità di reintegrare in modo attivo e partecipato queste persone all'interno della società.

Da ultimo bisogna ricordare, utilizzando le parole dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, che ad oggi, per molte persone non è ancora possibile utilizzare uno di questi mezzi di sussidio; tuttavia l'importanza riconosciuta a questa protesi, per i suoi benefici, obbliga gli Stati a considerarla sempre più come un oggetto in grado di riavvicinare realmente le persone affette da disabilità alla realtà del quotidiano e non come uno strumento di supporto per future persone destinate ad essere “un peso per i conti dello stato”.

[...] wheelchair is one of the most commonly used assistive devices for enhancing personal mobility, which is a precondition for enjoying human rights and living in dignity. Wheelchairs assist people with disabilities to become productive members of their communities. About 10% of the global population, i.e. about 650 million people, have disabilities.

Studies indicate that, of these, some 10% require a wheelchair. In 2003, it was estimated that 20 million of those requiring a wheelchair for mobility did not have one. There are indications that only a minority of those in need of wheelchairs have access to them, and of these very few have access to an appropriate wheelchair. The UN Standard Rules [...] request Member States to support the development, production, distribution and servicing of assistive devices and equipment and the dissemination of knowledge about them. It is to be noted that to make optimum use of a wheelchair, an accessible/ barrier-free environment is equally important.¹¹

¹¹ Fact sheet on wheelchair -WORLD HEALTH ORGANIZATION, Disability Injury Prevention and Rehabilitation Unit, Department of Sustainable Development and Healthy Environments World Health Organization, Mahatma Gandhi Marg, New Delhi – 110002, India

1.3 BISOGNI DELL'UTENTE

Un problema di identità

Secondo lo psicologo delle disabilità Carol Gill recuperare un'immagine positiva di sé dopo essere stati inseriti nella categoria dei mielolesi è un problema di identità: “[...] *when you become a member of the group that you have previously felt fear or pity for, you can't help but turn those feelings on yourself*”.¹²

Il problema nasce dal difficile compito di proiettare la nostra immagine all'interno della considerazione che abbiamo sempre avuto rispetto alla categoria dei disabili.

Un trauma o una malattia che improvvisamente ti rendono membro di questa comunità definiscono uno shock di identità, l'incapacità di volersi definire in questo ruolo sta alla base della difficoltà di recuperare un'immagine positiva di se stessi e delle proprie aspettative di vita; la soluzione è quindi un distacco da questa consapevolezza.

Per molte persone la disabilità costituisce l'inizio di un percorso che sembra non avere una conclusione accettabile dal momento che rientrare nella categoria delle persone affette da disabilità significa, di fatto, essere inseriti a forza in una minoranza straniera in una società a misura di normodotati. Molti utilizzatori di sedie a rotelle rifiutano la propria identità come legata inesorabilmente alla protesi e nel corso degli anni possono arrivare a convivere solo per pura abitudine. Per queste persone il percorso di recupero, sia esso fisico che mentale, subisce un rallentamento notevole con un impatto negativo sulla propria identità. I primi anni sono caratterizzati da una serie di “aggiustamenti” riguardo la considerazione di sé stessi e delle proprie capacità. Affrontare questa fase di transizione con lo spirito giusto determina la differenza tra una vita concepita come priva di significato rispetto ad una vita piena di possibilità.

La maggior parte delle persone normodotate considera la disabilità come un'esperienza molto più negativa e difficile di quanto non sia. In un primo momento, non si ha idea di come qualcuno

¹² Life on Wheels: For the Active Wheelchair User, by Gary Karp, copyright 1999, published by O'Reilly & Associates, Inc.

possa rapportarsi quotidianamente con una sedia a rotelle in una vita che sembra vincolata a una completa dipendenza e a difficoltà senza fine.

Quando si entra a far parte di questa comunità, per lesioni o diagnosi di una malattia degenerativa, si tende a trasferire su di sé quelle nozioni sulla disabilità che erano maturate precedentemente. Non è una sorpresa che molte persone cadano in uno stato di depressione, rabbia, ansia, paura, e un profondo senso di sconfitta. Indipendentemente da quanto si è equilibrati, maturi, o emotivamente forti, questo è un evento catastrofico che scuote molte delle proprie credenze di base sulla vita.

Esiste una vasta gamma di disabilità, ogni situazione richiede una propria serie di accorgimenti alcuni più impegnativi rispetto ad altri eppure tutte le persone di questa categoria sono chiamate da subito a superare un'idea sbagliata della nuova condizione per scoprire nel tempo che anche la disabilità più grave non costituisce un ostacolo ad una vita piena di significato.

Il caso Zanardi

Secondo il World Health Organization, una sedia a rotelle risponde in modo appropriato ai bisogni se:

1. Incontra le necessità espresse dall'utente e dal suo contesto d'uso
2. Fornisce adeguate caratteristiche per il supporto posturale e l'adattabilità alle misure dell'utente
3. È disponibile nel Paese
4. Può essere acquistata e mantenuta nel Paese ad un prezzo giustificato.

Se a livello teorico questi quattro punti possono sembrare un livello base irrinunciabile di risposta ad un problema serio di mobilità, nella realtà questa cosa avviene solo in parte e certamente non a livello mondiale. Considerando i soli paesi occidentali, Europa e America, disponibilità e prezzo di queste protesi incontrano spesso diversi ostacoli dal momento che i costi sono tutt'altro che sostenibili sia per gli utenti che per una politica di assistenza. Infatti in generale la tendenza dei governi è quella di contribuire economicamente a partire da un budget che non nasce dal bisogno bensì dalla disponibilità di fondi destinabili.

Dal punto di vista progettuale questo si traduce nella necessità di fornire ai malati carrozzine che abbiano un costo molto basso, le cui caratteristiche sono una conseguenza diretta di questo livello di qualità. È anche vero che il settore deve fare i conti con numeri di vendita molto piccoli, rispetto ad altri settori, e dove i bisogni degli utenti sono molto specifici ed esigenti.

Significativo è il caso di Alessandro Zanardi, ex pilota di Formula Uno, costretto su una sedia a rotelle dopo un grave incidente è oggi un triatleta di livello mondiale, con all'attivo numerose Ironman, e campione olimpico di track bike e handbike. Lavorando sulla sua Handbike, in corso di stage, ho potuto conoscere la sua esperienza e discutere con lui di questa tesi; dalla sua esperienza (in verità molto distante dalle problematiche più comuni in questo ambiente vista la personale disponibilità economica e lo stile di vita già molto atletico) emergono quelle problematiche di cui abbiamo finora parlato: la difficoltà di maturare una nuova considerazione di se, la necessità di venire a patti con una protesi che appare essenzialmente come un ingombro, le difficoltà nell'avere un rapporto costante con questo strumento etc. La coraggiosa risposta di Zanardi è stata quella di buttarsi a capofitto in tutto ciò che la carrozzina gli permetteva di fare, trovando nuovi modi per praticare quegli sport che già lo impegnavano, valutando quelli specifici per mielolesi e mettendo lui stesso mano alle sue carrozzine. Oggi, oltre ad essere un atleta di un certo livello, è affermato anche come progettista di questo settore, la sua continua ricerca di nuovi modi per migliorare uno strumento che è diventato realmente parte della sua nuova mobilità e la sua conoscenza diretta del problema lo hanno spinto ad essere uno specialista ribaltando gli schemi che si fermano al solo tentativo di riavvicinare un disabile ad una vita normale.

1.4 NORMATIVE

Le normative che riguardano il settore della carrozzina non sono, come si può immaginare, eccessivamente vincolanti. La ragione di questa scelta risiede nel fatto che la “fittabilità” dell’utente supera il valore delle misure standard che si dovrebbero imporre. Inoltre la componentistica e l’intera industria che si occupa della lavorazione dei materiali coinvolti (tubolari in metallo per le strutture, produzione di semilavorati di carbonio, componenti pressofusi...) è da tempo consolidata rispetto alle capacità di valutare quelli che potremmo definire degli standard di tenuta senza dover mettere in discussione costantemente l’affidabilità dei prodotti.

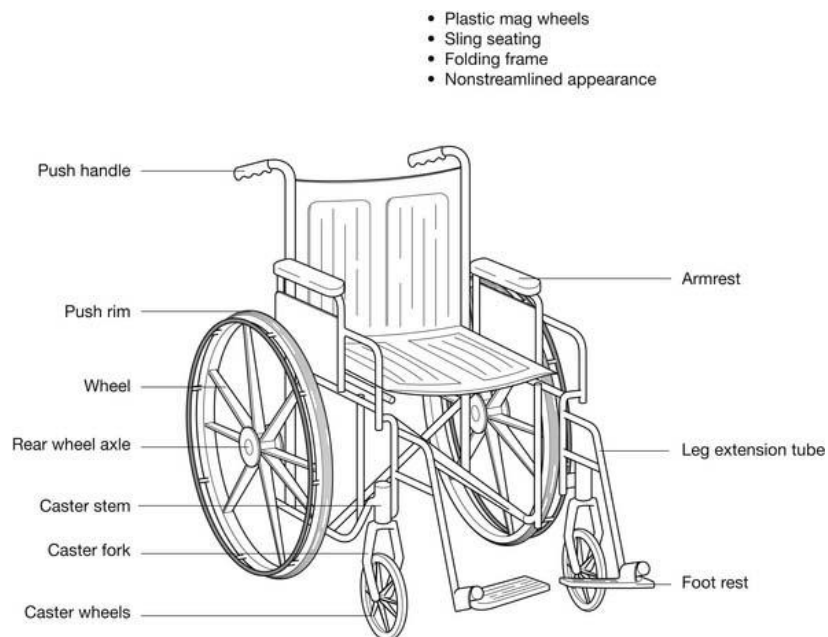


Figura 3: Componenti principali

Per questo motivo, e per la necessità di creare un oggetto il più possibile su misura, le norme ISO si presentano più come un database di informazioni di condivisione in un’ottica di unificazione del linguaggio e, per quanto riguarda le certificazioni di sicurezza, una parte riservata ai test standard che vengono eseguiti direttamente sul prodotto finale.

Per completezza di informazione e come glossario per seguire il resto dell’elaborato sono state riportate di seguito le principali definizioni delle tipologie di carrozzina esistenti e della componentistica standard (le definizioni sono riportate in lingua inglese dal momento che questi termini sono riconosciuti universalmente sul mercato).

Tipologie e definizioni

(ISO 7176 part 4.1)

4.1

Wheelchairs and related mobility devices

4.1.1

wheelchair

device to provide wheeled mobility with a seating support system for a person with impaired mobility

Note 1 to entry: A walking aid with wheels is not a wheelchair.

4.1.2 manual wheelchair

wheelchair (4.1.1) which relies on an occupant (4.2.2) or an assistant (4.2.3) to provide power for its operation

4.1.3

handrim-drive wheelchair

manual wheelchair (4.1.2) designed to be propelled and steered using handrims (4.5.11)

4.1.4

lever-drive wheelchair

manual wheelchair (4.1.2) intended to be propelled and steered by a lever or levers

4.1.5

foot-propelled wheelchair

manual wheelchair (4.1.2) designed to be propelled and steered by contact of the occupant's (4.2.2) foot or feet with the floor

4.1.6

push wheelchair

manual wheelchair (4.1.2) intended to be pushed by an assistant (4.2.3)

4.1.7

aisle wheelchair

push wheelchair (4.1.6) intended to be used in narrow aisles such as on aircraft

4.1.8

electrically powered wheelchair

e chair (deprecated)

electric wheelchair (deprecated)

powered chair (deprecated)

powered wheelchair (deprecated)

wheelchair (4.1.1) in which the motor power is derived from an integral source of electric power

Note 1 to entry: A scooter (4.1.9) is an electrically powered wheelchair.

4.1.9

scooter

electrically powered wheelchair (4.1.8) with a tiller (4.4.7) to control direct steering (4.4.8)

4.1.10

electrically powered wheelchair with integral seat

electrically powered wheelchair (4.1.8) with a seating system (4.7.2) and drive system that cannot be separated

4.1.11

powerbase wheelchair

electrically powered wheelchair (4.1.8) with a powerbase (4.4.3)

4.1.12

balancing wheelchair

electrically powered wheelchair (4.1.8) that electronically maintains the balance of the wheelchair

4.1.13

rigid wheelchair

wheelchair (4.1.1) with frame components under the seat that are fixed and non-foldable

4.1.14

folding wheelchair

wheelchair (4.1.1) with frame components under the seat which can be collapsed

4.1.15

shower wheelchair

wheelchair (4.1.1) intended to be used in the shower

4.1.16

toilet wheelchair

wheelchair (4.1.1) intended to be used over a toilet

4.1.17

stand-up wheelchair

wheelchair (4.1.1) capable of transporting an occupant (4.2.2) in a seated position and which also has the capability to raise and maintain the occupant in a stand-up position

4.1.18

stair-climbing device

device intended to transport a person or an occupied wheelchair by climbing up or down stairs, but that is not fixed to the stairs

4.1.19

stair-climbing chair

stair-climbing device (4.1.18) that includes a seat for the occupant (4.2.2)

4.1.20

stair-climbing wheelchair carrier

stair-climbing device (4.1.18) that carries an occupied wheelchair

4.2 Wheelchair operators

4.2.1

operator

person who operates the wheelchair

Note 1 to entry: Can be either the occupant or the assistant.

4.2.2

occupant

user (deprecated)

person supported by the wheelchair seating system (4.7.2)

assistant

attendant (deprecated)

carer (deprecated)

person, other than the occupant (4.2.2), who manoeuvres the wheelchair

Glossario delle misure

(ISO 7176 part 4.3)

4.3

Overall dimensions

4.3.1

overall length

distance between the most forward and most rearward points of the wheelchair when it is ready for use, measured in a direction parallel to the forward direction of movement

4.3.2

overall width

distance between the outermost side-to-side points of the wheelchair when fully opened and ready for use, measured in a direction perpendicular to the forward direction of movement

4.3.3

overall height

vertical distance from the ground to the uppermost point of the wheelchair when it is ready for use with the back support (4.7.9) in the upright position

4.3.4

stowage length

distance between the most forward and most rearward points of the wheelchair when folded and/or dismantled for transport or stowing purposes

4.3.5

stowage width

overall width folded (deprecated)

distance between the two outermost side-to-side points of the wheelchair when folded and/or dismantled for transport or stowing purposes

4.3.6

stowage height

overall height folded (deprecated)

vertical distance from the ground to the uppermost point of the wheelchair when folded and/or dismantled for transport or stowing purposes

4.3.7

wheelbase

distance between the ground contact points of the front and rear wheels of the wheelchair, measured in a direction parallel to the forward direction of movement

4.3.8

ground clearance

shortest distance between the ground and any part of the wheelchair that is not a wheel

4.3.9

turning diameter

turning radius (deprecated)

turning circle (deprecated)

diameter of the smallest cylindrical envelope in which the occupied wheelchair can be driven in a circle through 360°

4.3.10

reversing width

minimum corridor width required for the occupied wheelchair to turn through 180° where forward and backward movements of the wheelchair may be used

4.3.11

turning width

minimum corridor width required for the occupied wheelchair to turn through 180° where backward movements of the wheelchair may not be used

4.3.12

total mass

mass of the wheelchair when ready for use, but unoccupied

1.5 LA CARROZZINA BASE

La carrozzina è un oggetto esistente in un'ampia selezione tipologica, essenzialmente però è possibile riassumerla in una serie di componenti e dimensioni inseribili all'interno di standard convenzionali:

- Telaio (Dimensioni, tipologia)
- Sedile (Dimensioni, tipologia)
- Schienale (Dimensioni, tipologia)
- Braccioli (tipologia, dimensioni, in alcuni casi)
- Poggiapiedi (Tipologia)
- Poggia gambe (Tipologia)
- Ruote e pneumatici (Tipologia e dimensioni di ruota, pneumatico e cerchio)
- Ruote anteriori o Caster (tipologia e dimensione)

Altre considerazioni sono: peso, quantità e uso previsto, materiali e colori, accessori per la seduta.

Telaio

I telai per carrozzine variano per tipologia e materiali. Generalmente i materiali che si possono trovare sono semilavorati in acciaio, alluminio, titanio e carbonio assemblati in modo da costituire un elemento che faccia da supporto e collegamento tra tutte le componenti. I telai in materiali metallici sono prodotti in serie o su misura da telaisti, mentre quelli in carbonio sono generalmente ottenuti da stampi o tramite fasciatura di semilavorati. Tra tutte le componenti il telaio è quello che più determina la tipologia finale della carrozzina categorizzandola all'interno di "uso quotidiano" o "sportivo", a seconda della posizione che assume l'utente rispetto a tutte le altre componenti, e ne vincola l'uso in termini di prestazioni.

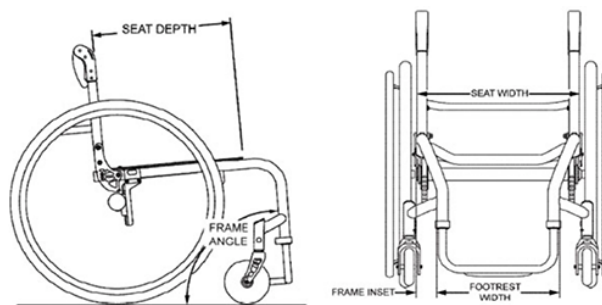


Figura 4: Valori antropometrici

Altezza e profondità della seduta

Questi due valori sono identificati dalle dimensioni del telaio e dal tipo di supporto (rigido o di stoffa) che caratterizzano una carrozzina. Oltre a questi fattori però, altezza e profondità della seduta sono strettamente legati ad un componente reperibile in un numero elevato di tipologie e misure: il cuscino. Quando parliamo di tipologie il discorso è legato ad una questione di innovazione dei materiali e studio del comfort, se invece guardiamo alle misure possiamo trovare una standardizzazione ben definita sul mercato; questo è dovuto al fatto che il cuscino deve rimanere il più possibile all'interno dei limiti antropometrici dell'utente in modo da non allontanare eccessivamente verso l'esterno la presa delle ruote.

Generalmente l'altezza di questi prodotti varia tra i 3 e i 5 cm, tale altezza deve essere considerata sia in fase di costruzione del telaio che, successivamente, in fase di regolazione del prodotto finito da parte del tecnico specializzato.

La posizione della seduta deve essere poi contestualizzata rispetto alla posizione delle ruote secondo i parametri di: comodità, abilità ed uso che ne vorrà fare l'utente.

Per questioni di produzione il mercato si basa generalmente su tabelle standard distribuite su fasce di età, descritte nella tabella 1

Tabella 1

Altezza dal suolo	Lunghezza seduta	Profondità seduta	Età di riferimento
49,5	25,4	20	Prescolastica, infante
49,5	30,5	25,5/29	bambini/infanti altezza elevata
42	30,5	25,5/29	bambini/infanti altezza ridotta
53,5	35,7/37	29	Crescita
44,5/52	35,7/40,5	28/33	Crescita
47	40,5	35,5	Adolescenti/adulti piccoli
49,5	40,5/42	40,5/43	Giovani
49,5/52	45,5	40,5	Adulti
		43	Adulti OverSize (altezza)
49,5/52	51/55,7	40,5	Adulti Oversize (generale)

Tabella 1: Wheelchairs: A Prescription Guide, by A. Bennett Wilson, Jr. and Samuel R. McFarland. Charlottesville, VA : Rehabilitation Press, 6-18, 44-46, 1986

Il cuscino non è quindi da considerarsi come un'aggiunta ma piuttosto come una parte fondamentale del sistema "seduta"; il suo scopo si divide tra:

- *strutturale* ottenere la minor pressione possibile sulle parti a contatto
- *materico* per limitare i danni da sfregamento e contatto.

Schienale

Lo schienale di una comune sedia a rotelle è costituito da un materiale flessibile, generalmente di stoffa resistente, teso all'interno del telaio. L'altezza dello schienale per adulti è generalmente di 40cm e varia anche in questo caso secondo dati di tipo antropometrici con l'aggiunta che si deve considerare l'eventuale presa dell'operatore nella parte superiore. Lo schienale deve essere sufficientemente elevato da fornire supporto senza inibire il movimento ma non così basso da risultare scomodo rispetto alla posizione e i movimenti delle scapole, fattore causa di disagio. Il cuscino ha caratteristiche simili a quello della seduta con la differenza che possiamo trovare molte più tipologie legate a diverse problematiche di supporto quali: accorgimenti per la zona lombare o i tratti superiori della colonna fino ad arrivare ai supporti per la testa

Nel processo di analisi dei volumi si deve ricordare che qualunque tipo di cuscino va a modificare la posizione dell'utente rispetto all'assetto del mezzo posizionandolo più o meno in avanti rispetto all'asse delle ruote. La regolazione, intesa come inclinazione dello schienale, va distinta tra carrozzine sportive classiche e carrozzine per utenti con necessità mediche particolari. In questo secondo caso parliamo ad esempio di pazienti che non possono sedersi completamente in modo eretto (o in altro modo) e devono quindi essere in grado di regolare la posizione della schiena anche attraverso l'uso di un semi-schienale reclinabile a 30 gradi rispetto alla verticale. Altri casi ancora possono portare alla necessità di avere uno schienale completamente reclinabile per facilitare lo spostamento dalla sedia al letto.

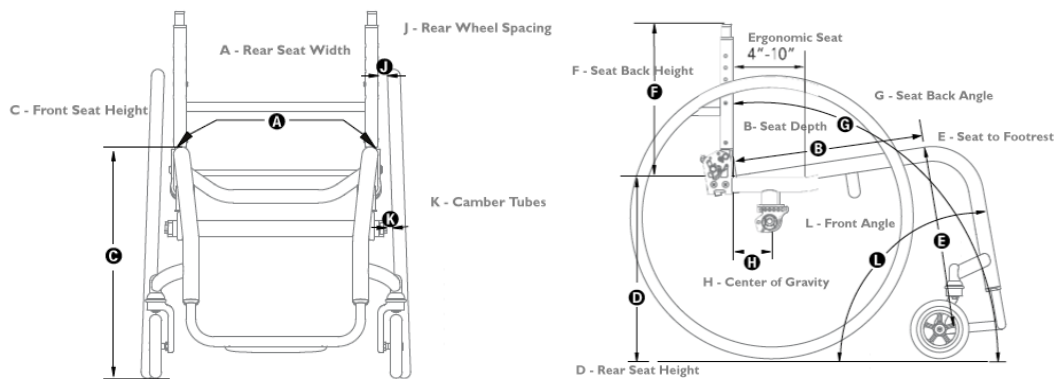


Figura 5: Valori di misurazione

Braccioli

Le sedie più leggere possiedono braccioli fissi o addirittura completamente assenti, in generale però il mercato fa ampio uso di braccioli rimovibili. La mobilità di questa componente è dovuta al fatto che la sua presenza limita in modo più o meno accentuato la capacità di propulsione intesa come movimento degli arti superiori. Per questo motivo possono essere sostituiti nei mezzi più sportivi da spondine laterali che hanno la funzione di proteggere l'utente da eventuali contatti con le ruote. Come le precedenti componenti anche nel caso dei braccioli possiamo trovare diverse varianti sul mercato, disponibili a seconda delle necessità e alla gravità della paralisi del paziente che può coinvolgere anche gli arti superiori. Generalmente sono costituiti da un telaio solidale alla struttura e provvisti di una parte morbida integrata dove avviene il contatto con l'avanbraccio.

Poggiapiedi

Con “poggiapiedi” si intende genericamente l'unione tra la pedaliera e quella parte di telaio frontale destinata alla protezione e al supporto per le gambe. Questa componente assume un ruolo notevole in fase di progettazione, dal momento che ad esse sono collegate altre parti le cui posizioni sono ben definite da standard antropometrici e necessitano di regolazioni su misura. Nello specifico parliamo di:

- Pedaliera (Footrest)
- Sgancio rapido per la chiusura del mezzo
- Attacco per le ruote anteriori (Caster)
- Sistema di slittamento verticale (per portare il footrest a diverse altezze secondo la lunghezza degli stinchi)
- Accessori (ad esempio cinghie ferma gambe)

La progettazione si complica ulteriormente in quei modelli dove la struttura del telaio è molto rigida e compatta, e dove quindi il telaio risulta composto da un unico blocco che “corre” dalla seduta alle gambe. Queste carrozzine, in cui rientrano i modelli con caratteristiche sportive e la classe delle carrozzine light, permettono una riduzione del peso a fronte di una maggior rigidità e a un telaio industrialmente più complesso.

La funzione principale del poggiatesta è quella di tenere i piedi separati dalla linea del terreno, quella meno ovvia ma altrettanto essenziale è quella di regolarne la posizione rispetto al corpo e alla sua capacità propulsiva. La pedaliera è reperibile in diverse tipologie e formati standard, così come le ruote frontali (Caster), tuttavia la loro posizione rispetto all’altezza del terreno e alla posizione delle ruote posteriori/schienale/seduta è strettamente vincolata sia alle misure antropometriche dell’utente che al macro assetto che si vuole dare al mezzo.

Ruote e copertoni

La sedia a rotelle comune possiede due ruote posteriori da 24inc e due anteriori, o Caster, da 8inc. Entrambe le tipologie sono componenti esclusivamente standard le cui caratteristiche sono prese in considerazione in fase di progetto e raramente ci si spinge a strutturarne delle varianti. Oltre alla taglia base è possibile trovare ruote che variano secondo gli stessi parametri delle comuni ruote da bicicletta (sia per i cerchi che per i copertoni). Tra le caratteristiche di queste componenti che appartengono strettamente alla categoria di ruote per carrozzine va evidenziata la presenza di mozzi che lavorano a sbalzo, standardizzati e di “barre di spinta” che permettono all’utente di spingere il mezzo con le braccia senza toccare i copertoni.

La posizione delle ruote posteriori è strettamente vincolata all'altezza della spalla e, quindi, alla capacità di movimento dell'utilizzatore ai fini della propulsione; generalmente vale la regola secondo cui la corretta posizione è identificata dalla coincidenza tra il centro della ruota e il centro del palmo dell'utente a braccia distese lungo i fianchi. Tale posizione è regolabile essenzialmente attraverso l'altezza della seduta ma, per evitare sbilanciamenti del baricentro del corpo rispetto al baricentro del mezzo, si interviene anche variando il diametro della ruota che può arrivare ad essere da 22', 26' o addirittura 28'. I copertoni più usati sono simili per composizione e dimensioni a quelli usati sulle biciclette da corsa e, sempre sul confronto con le gemelle su due ruote, si utilizzano copertoni "aggressivi" tassellati per l'off-road, come quelli usati su Mtb.

I Caster sono standardizzati in misure (in pollici) che variano da 2.5 a 8 (2.5/3/5/6/8). Al diminuire del diametro ci spostiamo su ruote più reattive e quindi legate ai mezzi sportivi, all'aumentare avremo carrozzine più comode, stabili ma più lente negli spostamenti; inoltre nelle misure 6' e 8' troviamo caster con piccoli copertoni in pressione per ovviare al problema dell'aumento del peso. Un Caster di diametro piccolo risulta molto più semplice da gestire in fase di progettazione della carrozzina, dal momento che la sua posizione più corretta oscilla tra la possibilità di ruotare su se stessa, senza urtare né la pedaliera né la ruota posteriore, e la necessità di posizionarne il centro di rotazione il più possibile verso il centro della carrozzina per evitare di aumentare l'ingombro massimo del prodotto. Tra gli elementi Custom caster e ruote posteriori sono tra le più semplici da reperire sul mercato e da riconfigurare secondo i propri bisogni che variano per funzionalità, materiali, leggerezza, manovrabilità, comfort ed estetica.

Barre di spinta

Le barre di spinta sono attaccate al lato dei cerchi per permettere il movimento senza arrivare a contatto con parti potenzialmente sporche. Generalmente sono tubolari in alluminio circolari ma esistono anche diversi tipi di upgrade che rispondono al bisogno di avere un grip superiore attraverso l'uso di altri materiali, l'aumento del diametro del tubolare o l'aggiunta di patch superficiali.

Freni

Un altro elemento che sarà sicuramente oggetto di innovazione nel prossimo futuro è la questione freni. Sulla carrozzina è stata fino a questo momento affrontata essenzialmente come freno di stazionamento dal momento che le velocità raggiungibili sono sempre state abbastanza limitate o almeno non così alte da giustificare il bisogno di frenata in movimento. Per questo la tecnologia del freno è sempre stata affrontata in modo meccanicamente elementare con una semplice leva attaccata alla struttura del telaio che interviene direttamente sullo pneumatico.

La questione si complica nel momento in cui ci spostiamo nel campo paraolimpico, dove la frenata in corsa diventa una necessità di sicurezza. In questo caso possiamo trovare freni da bicicletta posizionati sui “ruotini” frontali da track bike o freni a disco per carrozzine offroad.

Oltre a queste macro componenti esistono una serie di oggetti specifici per i numerosi bisogni che possono caratterizzare le categorie di utenti, essi sono per lo più oggetti che intervengono sul comfort o sul un maggior supporto di specifiche aree del corpo. Rientrano in questa sezione: poggia braccia, spondine, fasce toraciche o per gli arti inferiori, ruotini di supporto (numerati sui modelli sportivi), poggia testa etc.

Per necessità progettuali però non è possibile concentrarsi su una gamma troppo ampia di utenti (intesi in questo caso come diversità cliniche) e si intende quindi cercare una specifica fascia di utenti con caratteristiche in grado di utilizzare dei mezzi che possano ricevere un upgrade di tipo sportivo.

1.6 LA CARROZZINA SPORTIVA

Dal momento che lo sport è una realtà oggi sempre più aperta alle persone con disabilità, la necessità di avere mezzi sempre più specifici e specializzati nel singolo sport è diventato lo standard anche per le carrozzine, così come in ogni altro attrezzo sportivo per normodotati. Queste sedie sono essenzialmente più leggere e progettate specificamente per uno sport, esse vengono continuamente aggiornate a partire dai feedback degli atleti creando nuovi standard che finiscono presto sul mercato a disposizione della gente comune.

Le carrozzine sportive sfruttano le tecnologie più recenti e utilizzano i materiali più leggeri come la fibra di carbonio e titanio per garantire la massima manovrabilità e velocità.



Figura 6: Basket Wheelchair



Figura 7: Track bike

Una carrozzina sportiva è molto specializzata, ed è costruita in termini di velocità, manovrabilità e forza richiesti dal singolo settore. Stabilità e resistenza del mezzo sono i punti critici della progettazione di uno di questi strumenti, assieme alla necessità di conferire un assetto che sia un giusto compromesso tra la corretta posizione dell'atleta rispetto ai bisogni relativi alla sua condizione e la necessità di avere un assetto performante.

Il costo di questi strumenti è molto alto (indicativamente va da un minimo di 1500 ad un massimo di 20000 euro), fortunatamente però nel momento in cui un aspirante atleta decide di praticare uno di questi sport esistono diverse possibilità legate alla disponibilità di associazioni sportive specifiche in grado di accompagnare l'atleta nel percorso anche fornendo inizialmente la carrozzina.

Senza entrare nello specifico di ogni carrozzina in questo elaborato si intende analizzare alcune tra queste categorie al fine di individuare l'eventuale legame esistente con la carrozzina base e quali siano i punti cruciali da cui può nascere un concept che porti benefici alle persone che ne fanno uso.

Considerazioni generali nella scelta di una carrozzina sportiva

Le carrozzine sportive sono disponibili sia con telai rigidi (su misura) che con telai standardizzati con possibilità di regolazione. Nel primo caso abbiamo sicuramente un aumento delle prestazioni e un miglior controllo dei pesi, a scapito della flessibilità ad adattare l'assetto a diverse situazioni; nel secondo andiamo incontro sicuramente ad una riduzione dei costi a fronte di una maggior complessità strutturale del mezzo.

Tabella 2

	Vantaggi	Svantaggi
Rigidità	Maggior resistenza alle sollecitazioni Leggerezza	Flessibilità limitata
Regolazione	Possibilità di avere diverse configurazioni Più semplice da riparare	Pesantezza Minor affidabilità Forze interne

Generalmente si può affermare che i telai rigidi su misura sono consigliati per atleti professionisti in cui la consapevolezza del mezzo e delle proprie caratteristiche è ad un livello tale da giustificare un'unica configurazione ottimale. In alternativa un giovane atleta con meno esperienza (intesa sia come coscienza della propria condizione clinica che come conoscenza dello sport) opterà per un mezzo offerto dal mercato configurabile nell'assetto.

Un atleta sul punto di scegliere il proprio mezzo deve cercare il più possibile di provare o addirittura testare più di una opzione; inoltre bisognerebbe rivolgersi a fisioterapisti e specialisti in grado di valutare eventuali problematiche specifiche per la singola condizione clinica.

Generalmente bisogna considerare:

- Livello e tipologia di mielolesione
- Età

- Misure Antropometriche
- Capacità di resistenza in termini di posizione

Quando si valutano differenti modelli di una carrozzina bisogna domandarsi: quanto tempo si trascorrerà su quel mezzo, se saranno necessari accorgimenti di tipo materico componentistico per garantire un comfort ottimale, se l'uso sarà esclusivamente interno o esterno, se sarà necessario avere un modello richiudibile per il trasporto e tutti quei dati relativi al supporto e alla garanzia dell'azienda di provenienza.

Telaio

Il telaio è il centro di connessione con tutte le altre parti e contemporaneamente determina la posizione dell'atleta rispetto alle stesse definendone la posizione e quindi l'efficienza. Le principali caratteristiche di cui tenere conto sono due: materiali e regolazione.

Attraverso il materiale si definisce il peso e la rigidità della carrozzina, questi sono parametri di carattere vitale in un'ottica di prestazioni; un peso inferiore minimizza la resistenza del mezzo alla propulsione abbassando la richiesta di sforzo e la rigidità mantiene costante il comportamento del mezzo in diverse situazioni (a scapito della comodità e delle vibrazioni). In ogni caso questi materiali devono essere abbastanza resistenti a forti sollecitazioni, anche di impatto, ed è per questo motivo che materiali come il titanio e l'alluminio sono considerati tra i migliori per questi scopi, lasciando al carbonio spazio in quei settori dove prevale la velocità come nella Track bike (carrozzina da corsa) o la Handbike (Ciclismo).

Guscio

Il guscio è composto da due diverse parti: la seduta e lo schienale. Attorno ad entrambe l'atleta è chiamato a fare delle riflessioni rispetto a quattro parametri che condizionano sensibilmente, oltre alla comodità, le prestazioni sportive.

1. Profondità della seduta
2. Altezza dello schienale
3. Tensione del telaio su cui appoggiano i cuscini
4. Inclinazioni (Guscio/Schienale)

Guscio: profondità della seduta

Una carrozzina sportiva deve essere il più possibile su misura dell'atleta che ne fa uso in modo che essa dia la percezione di essere un tutt'uno con chi la guida; questo permette alla carrozzina di rispondere correttamente e il più rapidamente possibile ai movimenti dell'atleta senza richiedere un carico eccessivo di energia. Tra tutte le parti che concorrono a questo scopo lo spazio tra l'inizio della seduta e lo schienale è senza dubbio quella di maggior impatto.

Dal momento che per "seduta ottimale" si intende contemporaneamente la corretta aderenza tra la zona poplita con il bordo della seduta e la coincidenza della zona lombare della schiena con il cuscino dello schienale, bisogna distinguere le problematiche relative ad una posizione sbagliata in uno o nell'altro senso.

Se la schiena non aderisce correttamente allo schienale, l'atleta si ritroverà a scivolare indietro contro di esso perdendo in reattività e bilanciamento del mezzo; al contrario invece rischierà di avere le ginocchia troppo esposte e il baricentro spostato rispetto all'asse delle ruote limitando ancora una volta il corretto equilibrio. Una seduta con profondità ottimale, facilita il movimento sincronizzato tra atleta e carrozzina permettendo di avere un corretto controllo dell'intera stabilità del mezzo, naturalmente nel caso in cui questa sia stata definita correttamente

Guscio: altezza schienale

Altro elemento importante è l'altezza dello schienale: uno schienale alto fornisce un supporto migliore all'atleta riducendo lo sforzo per mantenere la schiena dritta durante periodi lunghi; tuttavia, se troppo elevato, ha ricadute sulla capacità di movimentazione del mezzo, soprattutto nelle manovre che richiedono più agilità. Altezze ridotte permettono un movimento più ampio delle braccia e una maggior torsione del busto (nei limiti della lesione).

La regolazione che però ha più impatto, positivo o negativo, è senza dubbio l'inclinazione. La corretta inclinazione di uno schienale sposta il baricentro del corpo in avanti o indietro rispetto all'asse delle ruote e, cosa più importante, fa ruotare di riflesso il centro della spalla aumentando o diminuendo il raggio di azione delle braccia sulle ruote variandone la capacità propulsiva.

Guscio: tensione

Molte carrozzine offrono la possibilità di tendere i supporti dei cuscini sia della seduta che dello schienale. Questo è possibile dal momento che questo supporto è generalmente costituito da una stoffa resistente o una serie di strisce tese sul telaio e fissate con il velcro.

Uno schienale molto teso risulta più performante, nelle carrozzine da tennis ad esempio incoraggia l'atleta a colpire la palla in una posizione avanzata rispetto ad esso (movimento che risulta preferibile). Al contrario nelle carrozzine da basket è preferibile uno schienale meno teso, e quindi più avvolgente, in un'ottica di possesso palla; uno schienale più morbido costituisce inoltre un supporto migliore per quelle situazioni dove la lesione spinale interessa le aree più alte della colonna ed è quindi necessario un sostegno (in questi ultimi casi è possibile prevedere anche l'uso di fasce toraciche).

In ogni caso la tensione è un fattore che, a differenza della posizione dei cuscini o delle ruote, deve essere di rapida riconfigurazione o regolazione.

In ogni caso la tensione è un fattore che, a differenza della posizione dei cuscini o delle ruote, deve essere di rapida riconfigurazione o regolazione.

Guscio: inclinazione

Come già accennato l'inclinazione congiunta della seduta e dello schienale, a cui ci si riferisce con il termine *Seat bucket* (Guscio) è un altro punto che influenza la stabilità dell'atleta. Le misure sono da considerare come un'entità sola dal momento che la posizione dell'angolo formato da schienale e seduta può variare rispetto al centro delle ruote non solo nelle dimensioni orizzontale e verticale ma anche come macro rotazione del guscio. Diminuendo tale angolo l'atleta avvicina, chiudendole, le ginocchia al petto assumendo una posizione della schiena più ricurva e spostando il peso frontalmente; questo è ben visibile nelle carrozzine da corsa. Questa pratica possiede anche un risvolto più clinico dal momento che, diminuendo il guscio aumentando l'inclinazione della seduta e non dello schienale, permette di avere una stabilità maggiore per quei casi dove la lesione ha portato ad un alto livello di immobilità del busto.

Una posizione troppo abbassata del guscio abbassa il baricentro portando maggior stabilità al sistema, contemporaneamente però, si riduce la capacità propulsiva. Ecco perché gli atleti con una buona capacità di movimento del busto preferiscono schienali molto bassi e un guscio relativamente più aperto.

Guscio: manovrabilità e stabilità

Quando parliamo di assetto ottimale nelle carrozzine sportive ci riferiamo essenzialmente a due parametri: *manovrabilità* e *stabilità*. Per il controllo di questi due parametri esistono tra tutte due macro aree della carrozzina il cui settaggio va ad incidere in maniera preponderante, parliamo di *altezza della seduta* (intesa come distanza tra la proiezione del baricentro sulla seduta e il suolo) e di *slittamento orizzontale* della stessa.

In generale è preferibile avere una posizione di seduta il più alta possibile in quasi tutti i modelli sportivi di sedia a rotelle; nel basket e nel rugby questo diventa un fattore ancora più evidente se considerato rispetto alle necessità agonistiche ma anche per il tennis, ad esempio, aumenta l'altezza del punto di vista aumentando la capacità di valutazione di errori. Nonostante queste necessità ci sono un numero di altri fattori che vanno considerati dal momento che influenzano sia la stabilità che la manovrabilità del mezzo:

- All'aumentare dell'altezza di seduta si alza anche il baricentro del sistema andando a incidere sulla capacità di stabilità (soprattutto in casi di minor controllo del settore toracico)
- Una seduta più alta va ad interferire con la capacità di raggiungere le barre di spinta e può arrivare a richiedere ruote con diametri più grossi (con tutti i vantaggi e gli svantaggi che seguono in termini di peso, ingombri e performance)
- Un baricentro troppo alto influisce sulla manovrabilità rendendo più difficile la propulsione ma anche i movimenti più ravvicinati in presenza di ostacoli.

In sostanza ogni atleta è chiamato a valutare quale siano gli aspetti più importanti da tenere in considerazione sia rispetto alla propria esperienza di guida sia rispetto al suo ruolo all'interno di uno specifico sport.

Per quanto riguarda lo *slittamento*, ossia la possibilità di avere una seduta più o meno centrata orizzontalmente rispetto all'asse delle ruote, bisogna sapere che una posizione molto arretrata può essere ottenuta anche spostando il centro della ruota, ecco perché per la regolazione di questo parametro ci si esprime generalmente nella possibilità di spostare avanti o indietro l'asse delle ruote.

Un asse posizionato molto in avanti nel sistema (seduta arretrata) può facilitare la manovrabilità dal momento che il baricentro dell'utente non sta più all'interno dello spazio gli assi delle ruote anteriori e posteriori. Un limite di questa posizione è che, se troppo spostata in avanti, si riduce lo spazio di propulsione inteso come raggio di presa delle barre di spinta e si verifica una tendenza più accentuata al ribaltamento all'indietro (soprattutto in salita).

Idealmente sarebbe preferibile sedersi in posizione tale per cui il centro dell'asse delle ruote coincide con la posizione verticale del baricentro del corpo dell'atleta, in modo tale da essere in grado di fare presa sulle barre da una misura ideale che va dalle 12' alle 3' di un ipotetico orologio rappresentato sulle ruote (Figura 8) da qui è possibile definire diversi assetti spostandosi più indietro o avanti di una misura non superiore ad una manciata di cm.

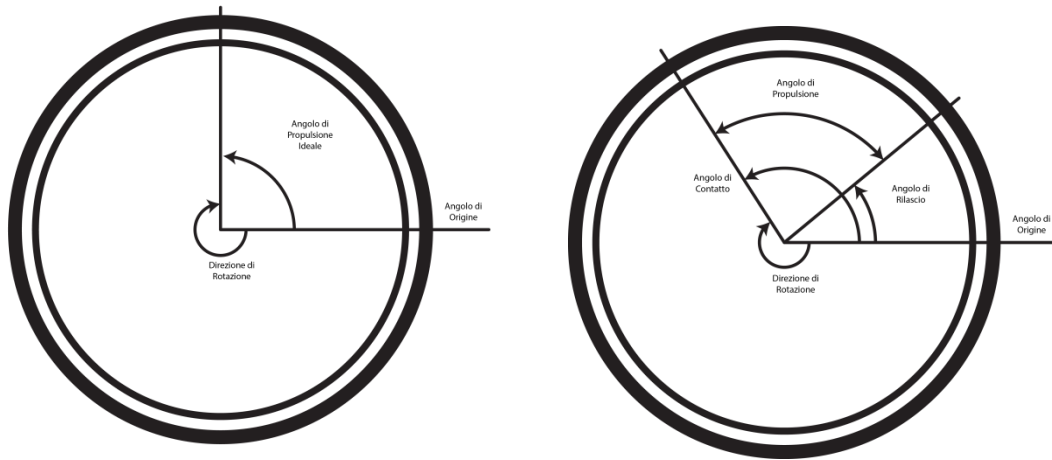


Figura 8: Angoli di propulsione ideale ed effettivo

Poggiapiedi

Un'altra importante questione da considerare quando parliamo di assetto ottimale della seduta è la posizione dei piedi in relazione ad essa. Se la pedana è posizionata troppo in alto non ci sarà aderenza tra il cuscino e la parte posteriore del ginocchio. Questo provocherebbe, oltre ad una scomodità della seduta per periodi prolungati, anche una diminuzione del controllo del mezzo. Inoltre esistono altezze minime tra la linea del terreno e l'altezza della pedana oltre le quali non è consigliabile scendere (generalmente il limite è fissato a 5 cm).

La regolazione dell'altezza del poggiapiedi, o footrest, è preferibilmente regolata cambiando altezza e inclinazione del guscio, questo perché si potrebbe andare incontro a problematiche di

TOE-in o TOE-out (inclinazione frontale delle ruote, ancora più presente in carrozzine con ruote inclinate).

Spostare il poggiatesta più all'esterno o all'interno rispetto alla seduta comporta un diverso assetto del mezzo: portandolo all'interno e piegando quindi le ginocchia indietro si concentra la massa dell'atleta in uno spazio più piccolo permettendo di abbassare la seduta per le carrozzine da spinta (track bike); portandolo all'esterno, facendo distendere le gambe, andremo invece verso una stabilità migliore ma una reattività inferiore.

Ruote posteriori

Le ruote posteriori sono responsabili del movimento combinato atleta/carrozzina; le diverse prestazioni che possono dare sono relative ad una serie di parametri standard da scegliere secondo le esigenze dello sport e dell'atleta.

Ruote posteriori: dimensione

La dimensione delle ruote, intesa come diametro, ha un impatto significativo sul risparmio di forze nella *propulsione* così come sulla capacità di *accelerazione* e quella di *scatto*. Il diametro delle ruote va generalmente da 24" a 27"inc, tra queste le taglie più grosse risultano più appropriate per carrozzine da basket o rugby dove l'altezza elevata della seduta limita la capacità di raggiungere agilmente la barra di spinta. Ruote più piccole sono generalmente attribuite a sport dove l'atleta assume una posizione più compressa e bassa, ad esempio nella corsa, e dove il peso del mezzo ha sicuramente più importanza in termini di prestazioni. Da questo punto di vista bisogna però ricordare che diametri troppo piccoli (24") hanno dimostrato di generare molta più resistenza dei grossi diametri a specifiche velocità, per questo motivo si verifica la necessità di montare ruote più grosse anche in quelle fasce dove la misura piccola dovrebbe essere preferita per motivi di assetto generale. Contemporaneamente però ruote di diametro maggiore faticano ad essere performanti sugli scatti improvvisi (indicativamente 20m) nonostante non ci siano grosse differenze in termini di velocità iniziale o di manovrabilità.

Ruote posteriori: Camber

Con questo termini si indica l'inclinazione delle ruote posteriori verso l'esterno del mezzo. Questa caratteristica è diffusa praticamente in tutti i mezzi sportivi e anche in quelli per l'uso quotidiano (sebbene in misura di pochi gradi). Questo perché i benefici che si possono ottenere dall'inclinazione delle ruote non sono limitati ad un solo aspetto del movimento bensì riportano migliorie in termine di: risparmio della capacità di spinta, maggior capacità di accelerazione, maggior forza scattante e rapidità nelle manovre.

I mezzi sportivi possiedono un angolo di camber che varia da un minimo di 15° a un massimo di 24°gradi, recentemente si riscontra la tendenza ad applicare un camber minimo di 2-5° anche nelle carrozzine quotidiane dove però subentrano anche problematiche di tipo di ingombro a causa delle barriere architettoniche.

A differenza di tanti altri parametri analizzati finora una carrozzina con camber garantisce contemporaneamente una miglior stabilità ed una manovrabilità incrementata.

Una base più ampia garantisce infatti una stabilità più decisa, cosa che va a risanare parzialmente quei mezzi con sedute molto alte e incrementa la stabilità dei mezzi con sedute basse ma che raggiungono velocità più significative.

Per quanto riguarda la manovrabilità il discorso si complica dal momento che studi recenti, che affronteremo più avanti, hanno stabilito che esistono diversi livelli di vantaggio al variare dell'ampiezza del camber.

Il Camber ha un impatto positivo anche sulla riduzione di attrito in corsa, sia in fase di partenza che in velocità sostenute. Nonostante tutti questi benefici la questione Camber è comunque affrontata con una certa riluttanza dal momento che, come altri parametri, ha una preferenza essenzialmente personale che può variare notevolmente da atleta ad atleta. Inoltre la necessità strutturale di non poter regolare questo parametro obbliga le carrozzine a possedere un'unica misura o al più un margine di regolazione che rimane nel campo dell'assetto iniziale da parte del costruttore o dello specialista medico.

L'inclinazione delle ruote genera anche altre problematiche rispetto alla possibilità di intervenire su altre misure: alzare o diminuire la posizione della seduta o delle ruote frontali, quando questi risultano strutturalmente solidali con le ruote genera casi di *toe-in* e *toe-out*.

Ruote posteriori: toe-in e toe-out

La condizione di *toe-in* e *toe-out* si verifica nel momento in cui le ruote posteriori assumono un'angolazione rispetto al piano superiore della seduta (ortogonalmente al Camber). Parliamo di Toe-in quando la distanza frontale tra le ruote è inferiore a quella posteriore e di Toe-out quando è quella posteriore ad essere maggiore.

Teoricamente la distanza non ammette tolleranza perché gli svantaggi che porta questa condizione sono da subito riscontrabili e oltre i 2cm di differenza tra le due misure arrivano a superare qualunque beneficio dato dalla presenza del camber; tuttavia, per ragioni industriali di precisione è ammessa una certa tolleranza entro i 15 mm che dovrebbe essere controllata periodicamente.

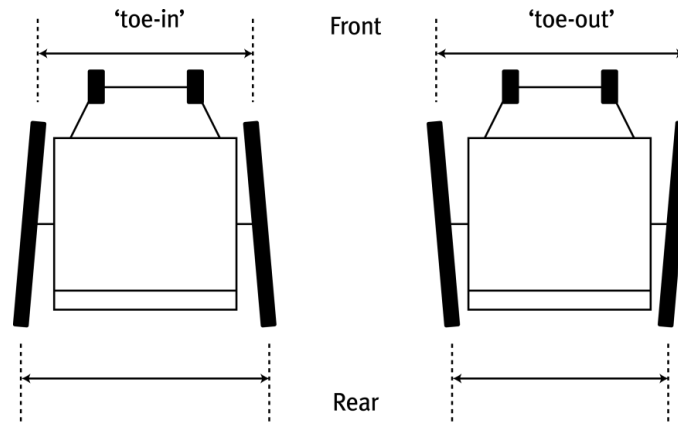


Figura 9: Toe in/out, errore di settaggio

Ruote posteriori: corrimano

La funzione dei corrimano è quella di gestire il controllo delle ruote, divisa tra la capacità di spinta e il controllo vero e proprio del mezzo; ne esistono numerose tipologie che differiscono per diametri, materiali, spessore e prossimità ai copertoni.

In una carrozzina sportiva il diametro del corrimano è generalmente 2/2.5 cm inferiore rispetto a quello delle ruote, tuttavia negli ultimi anni si è registrata la tendenza a farlo coincidere, o quasi, con il diametro del copertone (scelta resa possibile dalla presenza di un camber superiore ai $3/4^\circ$ che impedisce il contatto con il terreno), pratica che tuttavia risponde solamente a delle esigenze di comodità più che di prestazione.

Il materiale con cui sono realizzati varia da sport a sport, e anche all'interno di uno stesso sport è possibile trovare diverse tipologie di corrimani. Resistenza, leggerezza e minore/maggiore grip sono i parametri che determinano queste differenze. Nel rugby, ad esempio, i giocatori che occupano ruoli difensivi usano coperture in gomma per aumentare il grip ed essere più agili nel cambio di direzione improvviso, inoltre materiali con maggior attrito forniscono un ulteriore elemento di frenata per le carrozzine avversarie durante il contatto. Diversamente i giocatori in posizione più avanzata utilizzano corrimano in metallo lucidato molto più vicini ai copertoni per limitare lo spazio occupato e diminuire l'attrito in fase di contatto.

Anche i giocatori di tennis preferiscono cerchi ricoperti con materiali gommosi per aumentare il controllo dal momento che una mano è impegnata ad impugnare la racchetta.

Lo spessore dei tubolari e la vicinanza alle ruote sono due valori strettamente legati alla sfera delle preferenze personali. Oltre ai vantaggi tecnici perseguibili (come nel caso del rugby) la distanza di questi elementi dai copertoni è legata alla dimensione delle mani e alla tecnica di spinta dell'atleta; la tecnica differisce per: tipologia di sport, lunghezza dei settori che compongono gli arti superiori, eventuali limitazioni cliniche e posizione arretrata rispetto all'asse delle ruote. Va inoltre considerato che per quanto riguarda gli sport praticati in strutture al chiuso (ma non solo) molti atleti preferiscono spingere direttamente sui copertoni e avere quindi dei corrimani molto vicini in modo da poter afferrare contemporaneamente tutti e due i diametri.

Ruote anteriori

Le ruote anteriori, o Castor, differiscono per dimensioni, materiali e cuscinetti interni. Sebbene la loro funzione primaria sia quella di conferire stabilità al sistema diverse tipologie di questo componente possono fornire una diversa resistenza allo scorrimento e una reattività maggiore nelle curve.

Ruote caratterizzate da piccoli diametri (ad esempio 45 mm) hanno una maggior capacità di reattività unita ad un peso inferiore a scapito di un aumento della resistenza al rotolamento. Queste ruote sono quindi preferite in quegli sport, come il tennis, dove la reattività e il cambio di direzione sono più importanti della percorrenza di lunghe distanze. La misura più comunemente usata negli sport risulta essere la 62mm.

Oltre alle classiche due ruote frontali è possibile trovare carrozzine con una sola ruota frontale e una ruota posteriore (leggermente arretrata rispetto alle ruote principali) oppure una sola ruota frontale. La prima scelta risolve il problema dell'aumento della resistenza al rotolamento, dimezzandolo di fatto a scapito della stabilità in movimento, e fornisce un supporto ulteriore al ribaltamento; il secondo caso, più raro, permette prestazioni più elevate che vanno contestualizzate rispetto alla posizione del guscio e quindi dell'atleta. Un esempio limite di singola ruota frontale è quello delle Track bike (carrozzine da corsa) dove il Castor è sostituito con una ruota raggiata e la posizione dell'atleta è molto arretrata e piegata in avanti.

In questa categoria rientrano anche le ruote da contatto e quelle anti ribaltamento; le prime sono posizionate in orizzontale lungo il telaio (generalmente nella zona frontale) per diminuire l'attrito da contatto con altri mezzi o evitare di colpire terze parti; le ruote anti ribaltamento sono invece piccole castor posizionate frontalmente o posteriormente in posizione rialzata dal terreno in modo da "attivarle" solamente in caso di ribaltamento e ridurre l'attrito durante i movimenti regolari.

1.7 FOCUS ON

Light/Ultralight Wheelchair

Tra tutte le tipologie di carrozzine presenti sul mercato quella più recente e, per caratteristiche che andremo ad analizzare, quella sicuramente più aperta all'innovazione di massa è quella delle carrozzine leggere (Light e Ultralight). La definizione del mercato le classifica come carrozzine dal peso ridotto (generalmente sotto gli 11 Kg) con telai relativamente complessi e rigidi.

Questa categoria si sviluppa a partire dalle nuove tecniche di lavorazione dei materiali per la produzione di telai che sono stati sviluppati negli ultimi 30 anni: alluminio, titanio, carbonio. Queste carrozzine sono caratterizzate da una linea molto pulita in cui emerge un telaio apparentemente più semplice rispetto ad una comune carrozzina, ma dove alla giunzione di parti per saldatura è preferita la curvatura dei tubi e i diametri maggiorati in favore di spessori più sottili. I telai di questi mezzi sono esclusivamente prodotti dagli stessi telaisti che producono telai per biciclette e le competenze richieste sono le medesime.



Figura 10 JOKER By Sirio



Figura 11 FREE By Able to Enjoy



Figura 12 ZR By TiLight

L'utente di riferimento di questa tipologia di carrozzine appartiene alla fascia sopra descritta di paraplegici da lesioni violente. Questa categoria possiede un'età media relativamente giovane (20-40 anni) ed è quindi caratterizzata da un forte desiderio di recuperare il più possibile la propria mobilità e autonomia. Per queste persone la carrozzina ultraleggera si presenta come un

agile strumento in grado di rendere molto più performante un mezzo che viene guardato principalmente per i suoi limiti; la leggerezza e la compattezza, unite alla reattività, permettono all'utente di incrementare in maniera significativa la sua autonomia e il controllo del mezzo.

Oltre alla propulsione sono facilitate la salita e la discesa dal mezzo e la movimentazione della carrozzina stessa da una posizione esterna ad essa. Non a caso infatti lo standard per la chiusura di queste carrozzine, qualora prevista, è legata allo spazio del bagaglio a mano di un aereo. La scelta della misura è dettata sia da un'esigenza di riduzione dei volumi che da una maggiore possibilità di mobilità del cliente

Nonostante questo prodotto appartenga ad una fascia di prezzo nettamente superiore rispetto a una comune carrozzina il mercato è in espansione; questo è dovuto sia al fatto che gli utenti di gran parte dei Paesi in cui sono disponibili questi mezzi possono aspettarsi un aiuto di tipo economico dai propri governi sia dal fatto che parliamo di una protesi con la quale si passerà la maggior parte del proprio tempo, la cui importanza in termini qualitativi è notevole. Inoltre questo aspetto risulta ancora più evidente dal momento che il pubblico medio a cui si rivolge ha un'età relativamente bassa.

Tra i vari modelli disponibili sul mercato troviamo molti telai in alluminio nelle leghe 6061 e 7075, essendo tra tutti il più economico in termini di lavorazione sui grandi numeri. Grazie alle leghe più moderne e alle nuove tecnologie (vedi l'idroformatura) è possibile realizzare oggi dei telai molto complessi con minor necessità di lavorazioni costose. Segue il titanio, molto più performante nelle caratteristiche meccaniche ma decisamente più difficile da modellare attraverso le lavorazioni più classiche (trafilatura, conifica e sagomatura, saldatura) ma molto in voga tra le carrozzine con caratteristiche più sportive. Da ultimo esiste anche una fetta di mercato occupata dal carbonio, molto più ridotta per i costi materici e di lavorazione ma sicuramente più pregiata e dalle prestazioni più elevate. Nel caso del carbonio possiamo anche trovare dei semilavorati (spesso tubolari) integrati in telai in alluminio o componenti di carbonio a basso modulo fasciato ad altre strutture di carbonio semplificate. Se le prestazioni del carbonio sono nettamente superiori agli altri materiali va però ricordata la natura fragile di questo materiale che ne accorcia la vita utile aumentandone la pericolosità.

Gli accessori disponibili sono di fascia alta, particolarmente attenti ai nuovi materiali e alle nuove tecnologie. Parallelamente al mondo del ciclismo, infatti, possiamo trovare in questi modelli le ultime novità per quanto riguarda i materiali per sedute, cinghie o attacchi e, più di ogni altra categoria, nelle ruote. Il target di riferimento e le tecnologie usate per la struttura di base impongono infatti un'attenzione continua alle novità offerte dai prodotti custom fatti per atleti paraolimpici e contemporaneamente un'attenzione per la componentistica più in voga in termini estetici.

In questo caso ritorna il parallelismo con il mondo del ciclismo, dove al telaio su misura o comunque di fascia professionale largamente ricercato dagli amatori, si affianca la scelta di componentistica di un certo livello e con un'alta visibilità.

La carrozzina si presenta come una protesi che da un lato sopperisce ad una mancanza motoria e, dall'altro, è in grado di potenziare la mobilità in diverse situazioni; nella carrozzina ultraleggera la componentistica non tende ad essere nascosta, nel tentativo di ridurre l'impatto visivo della "meccanicità" ma è valorizzata nella sua estetica, messa in mostra ad indicare l'aspetto implementativo della protesi.

Tra i concept di carrozzine ultraleggere che si distinguono per sensibilità rispetto alla qualità di vita che si intende offrire agli utenti sono riportati di seguito due esempi particolarmente significativi.

Il primo, in fase di produzione, è un progetto di carrozzina multifunzione disponibile in 4 diverse tipologie (Standard, Spiaggia, 4x4, Sport) e altamente configurabile in fase di acquisto; il secondo, al momento ancora solo in fase di concept, si presenta come una carrozzina multisportiva in grado di cambiare assetto spostando la posizione delle ruote rispetto a un sistema rigido prefissato.

B-Free



Figura 13: B-FREE, regular/Offroad/Beach

La carrozzina B-Free Multifunction è un prodotto in fase avanzata di sviluppo concepito per consentire la massima autonomia possibile.

Progettata dal designer Danilo Ragona in collaborazione con l'azienda Globosan s.r.l. si presenta come una carrozzina altamente funzionale e configurabile con componenti che variano dal carbonio all'alluminio. Tra le principali caratteristiche troviamo il telaio pieghevole e il sistema di multiregolazione sia per le ruote posteriori che per quelle anteriori.

Il punto centrale del progetto riguarda la possibilità di gestire i diversi terreni in modo specifico mantenendo un assetto sempre performante e su misura di utente; il telaio pieghevole e il peso molto ridotto (8Kg versione standard) ne fanno un mezzo facilmente gestibile negli spostamenti e durante l'uso di altri mezzi di viaggio.



Figura 14: B-Free Ultralight Wheelchair



Figura 15: Chiusura e trasporto



Figura 16: Vista frontale



Figura 17: Vista laterale

CrossTrainer Wheelchair



Figura 18: CrossTrainer rendering

CrossTrainer Wheelchair è un concept di carrozzina in grado di essere declinata rispetto a diversi assetti sportivi. Al centro del progetto sta la semplicità e la rapidità del cambio di assetto da uso quotidiano a sportivo ottenuto attraverso una serie di posizioni fisse in cui poter inserire gli elementi di fissaggio dei perni. L'idea sviluppata dal designer Andrew Lowe si inserisce in un discorso di incoraggiamento ad uno stile di vita più atletico e sano:

'How can design be used to increase accessibility to adaptive sports for those living with disabilities?' [...] The specialty wheelchairs used [in] many adaptive sports all share the same core design with relatively minor variations to tailor the chair to a particular sport. [...] Disabled children can greatly benefit from the rehabilitation offered by adaptive sports. The high costs of equipment and available funding for only daily use wheelchairs prevent parents from purchasing several sports wheelchairs for their children. A 'cross-trainer' chair that could be adapted to several sports would help increase participation of children in adaptive sports.

Il concept si presenta come un prodotto in grado di funzionare sia come carrozzina quotidiana che come carrozzina sportive, oltre ai componenti che compongono il modello base sono quindi stati sviluppati una serie di accessori in grado di cambiare la configurazione del mezzo rispetto alle consuetudini dei singoli sport.

Figura 20: Versione standard



Figura 19: Versione Basket



Figura 22: Versione Tennis



Figura 21: Versione corsa

1.8 STUDI DI SETTORE

Tra i vari articoli e ricerche di settore sono stati scelti quattro principali studi svolti negli ultimi anni sui temi della mobilità delle carrozzine rispetto al variare di alcuni parametri. Rispetto alle analisi svolte sulle tipologie di carrozzine e le loro componenti ci è sembrato possibile valutare fin da subito la necessità di ridurre il campo di indagine a due principali tipologie di regolazione per la loro importanza e il peso che stanno assumendo negli studi più recenti. Nello specifico si è deciso di riportare due studi volti a determinare l'effetto del cambiamento dell'angolazione delle ruote posteriori e due che affrontassero, invece, il tema della posizione del guscio rispetto al sistema,

Di seguito sono riportati i riassunti delle quattro ricerche così come presentati dagli autori.

Nella prima ricerca si è cercato di ricostruire gli effetti dell'aumento dell'inclinazione delle ruote (da 0 a 9°) sulla cinematica del mezzo valutando, a fronte dei benefici già noti di questa pratica, se ci fosse o meno un significativo aumento della resistenza tale da non giustificare questo tipo di parametrizzazione al di là delle performance richieste in campo sportivo.

THE EFFECT OF REAR WHEEL CAMBER IN MANUAL WHEELCHAIR PROPULSION

Dirkjan (H.E.J.) Veeger, MSc; Luc H.V. van der Woude, PhD ; Rients H. Rozendal Department of Functional Anatomy, Faculty of Human Movement Sciences, Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands

ABSTRACT

Eight nonimpaired subjects participated in a wheelchair exercise test using a motor-driven treadmill in order to study the effect of rear wheel camber on wheelchair ambulation. The test consisted of four runs with rear wheels in 0, 3, 6, and 9 degrees camber at four speed steps of 2, 3, 4, and 5 km/hr. There were no significant effects upon oxygen cost, heart rate, and mechanical efficiency. The kinematic parameters of push time, push angle, and abduction showed differences between 3 and 6 degrees camber. The relationship between the findings, using surface EMG results for six shoulder muscles, is

discussed. For one subject, data were extended to study the angular velocities of shoulder and elbow.

METHODS:

The experiment consisted of four 12-minute wheelchair exercise tests on a motor-driven treadmill (Enraf Nonius, model 3446, length 3.0 m, width 1.25 m), in which camber varied from 0 to 3, 6, and 9 degrees. Wheel alignment was kept constant as much as possible. Within each test, the belt speed increased every three minutes (0.56, 0.83, 1.11, 1.39 m/s). Prior to testing, the subjects performed a five-minute warm-up (speed 1.11 m/s) followed by a five-minute rest. Tests were performed on a Morrien-Tornado basketball wheelchair (weight 14.5 kg, rim diameter 0.52 m, tires Vredestein DOETO). Seat height was standardized so that the elbow angle was at 120 degrees when sitting in an upright position, where the elbows were in the sagittal plane as much as possible, and the hands were at top dead center of the rims (12 o'clock). Rolling resistance was determined in a drag test (11)

. Differences in rolling resistance between the camber angles were compensated for during the tests ; the external power outputs corresponded with the four different testing speeds set at 0.17, 0.26, 0.35, and 0.44 Watts/(kg_{total}, weight) respectively (total weight was the sum of body weight and wheelchair weight). Normalization took place via weights which were connected to the rear of the wheelchair through a system of pulleys The weights added up to the rolling resistance.

RESULTS:

The change in camber did result in a minor, but significant, difference in rolling resistance between camber angles (8.74, 8.3, 8.22 and 7.55 N for 0 to 9 degrees camber). To exclude the possible effects on the results, the variations in rolling resistance with camber were compensated for in every condition by correction of the imposed power output, using the pulley system described above. Since the subjects were nonwheelchair users, an ANOVA was performed to check for possible learning effects. No significant influences of experimental sequence on VO and PA for camber angles were found

CONCLUSIONS

In this project for cambered rear wheels, no kinematic or physiological advantages were found. The suggested advantages of a less-strenuous propulsion technique, and less abduction of the arms, could not be supported. Cambered wheels do have some advantages, though. They have better lateral stability, lower rolling resistance, a lower downward turning moment on lateral slopes, and, in turns at higher speeds, there is less stress on the bearings. Also, when used indoors, the hands are protected while moving the chair through doors and along walls. The disadvantages of cambered wheels include: a larger wheelbase that may cause greater difficulty when negotiating narrow passages; greater strain on the rear wheel ball-bearings (4) ; and a sharp increase in rolling resistance as a result of the misalignment of the rear wheels when the wheelchair is tilted.

Studio dell'effetto cinematico della variazione del Camber (tra 0 e 9°) in 3 diversi stati di velocità. Sebbene non siano state trovate grosse differenze in campo fisiologico e cinematico, migliorie generali sono state riscontrate a scapito di un aumento della resistenza non eccessivo; tali migliorie comprendono:

- Aumento della stabilità
- Diminuzione del rollio
- Minor momento torcente sulle zone laterali
- Diminuzione del carico percepito sui cuscinetti
- Protezione per le mani negli spazi stretti

In un secondo studio, ad opera di un altro team di ricerca, si è tentato di stabilire la relazione cinematica tra l'aumento dell'angolo del Camber e i movimenti di busto e arti superiori.

THE EFFECTS OF REAR-WHEEL CAMBER ON THE KINEMATICS OF UPPER EXTREMITY DURING WHEELCHAIR PROPULSION

Chung-Ying Tsai¹, Chien-Ju Lin¹, Yueh-Chu Huang¹, Po-Chou Lin¹ and Fong-Chin Su^{1,2}

ABSTRACT

Background: The rear-wheel camber, defined as the inclination of the rear wheels, is usually used in wheelchair sports, but it is becoming increasingly employed in daily propulsion. Although the rear-wheel camber can increase stability, it alters physiological performance during propulsion. The purpose of the study is to investigate the effects of rear-wheel cambers on temporal-spatial parameters, joint angles, and propulsion patterns.

METHODS:

Twelve inexperienced subjects (22.3±1.6 yr) participated in the study. None had musculoskeletal disorders in their upper extremities. An eight-camera motion capture system was used to collect the three-dimensional trajectory data of markers attached to the wheelchair-user system during propulsion. All participants propelled the same wheelchair, which had an instrumented wheel with cambers of 0°, 9°, and 15°, respectively, at an average velocity of 1 m/s.

Results:

The results show that the rear-wheel camber significantly affects the average acceleration, maximum end angle, trunk movement, elbow joint movement, wrist joint movement, and propulsion pattern. The effects are especially significant between 0° and 15°. For a 15° camber, the average acceleration and joint peak angles significantly increased ($p < 0.01$). A single loop pattern (SLOP) was adopted by most of the subjects.

CONCLUSIONS:

The rear-wheel camber affects propulsion patterns and joint range of motion. When choosing a wheelchair with camber adjustment, the increase of joint movements and the base of support should be taken into consideration.

I risultati hanno mostrato che, all'aumentare del valore del camber (0-15°) si registra un aumento della mobilità dei nodi anatomici degli arti superiori e un raggio di azione più ampio sul controllo delle barre di spinta sulle ruote, con conseguente aumento della capacità propulsiva e di controllo del mezzo.

EFFECT OF FORE-AFT SEAT POSITION ON SHOULDER DEMANDS DURING WHEELCHAIR PROPULSION: PART 1. A KINETIC ANALYSIS.

Mulroy SJI, Newsam CJ, Gutierrez DD, Requejo P, Gronley JK, Haubert LL, Perry J.

Abstract

BACKGROUND/OBJECTIVE:

The highly repetitive and weight-bearing nature of wheelchair (WC) propulsion has been associated with shoulder pain among persons with spinal cord injury (SCI). Manipulation of WC seat position is believed to reduce the overall demand of WC propulsion. The objective of this investigation was to document the effect of fore-aft seat position on shoulder joint kinetics.

METHODS:

Thirteen men with complete motor paraplegia propelled a test WC in 2 fore-aft seat positions during free, fast, and graded conditions. The seat-anterior position aligned the glenohumeral joint with the wheel axle and the seat-posterior position moved the glenohumeral joint 8 cm posteriorly. The right wheel of the test chair was instrumented to measure forces applied to the pushrim. An inverse dynamics algorithm was applied to calculate shoulder joint forces, external moments, and powers.

RESULTS:

For all test conditions, the superior component of the shoulder joint resultant force was significantly lower in the seat-posterior position. During graded propulsion, the posterior component of the shoulder joint force was significantly higher with the seat posterior. Peak shoulder joint moments and power were similar during free and fast propulsion. During graded propulsion, the seat-posterior position displayed increased internal rotation moment, decreased sagittal plane power absorption, and increased transverse plane power generation.

CONCLUSIONS:

This investigation provides objective support that a posterior seat position reduces the superior component of the shoulder joint resultant force. Consequently, this intervention potentially diminishes the risk for impingement of subacromial structures.

EFFECT OF FORE-AFT SEAT POSITION ON SHOULDER DEMANDS
DURING WHEELCHAIR PROPULSION: PART 2. AN
ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS.

Gutierrez DDI, Mulroy SJ, Newsam CJ, Gronley JK, Perry J.

ABSTRACT

BACKGROUND/OBJECTIVES:

Shoulder pain is common in persons with complete spinal cord injury. Adjustment of the wheelchair-user interface has been thought to reduce shoulder demands. The purpose of this study was to quantify the effect of seat fore-aft position on shoulder muscle activity during wheelchair propulsion.

METHODS:

Shoulder electromyography (EMG) was recorded while 13 men with paraplegia propelled a wheelchair in the following 2 seat positions: (a) shoulder joint center aligned with the wheel axle (anterior) and (b) shoulder joint center 8 cm posterior to the wheel axle (posterior) in 3 test conditions (free, fast, and graded). Duration of EMG activity and median and peak intensities were compared.

RESULTS:

During free propulsion, the median EMG intensity of all muscles was similar between anterior and posterior seat positions. The major propulsive muscles (pectoralis major and anterior deltoid) demonstrated significant reductions in their median and peak intensities in the posterior seat position. Pectoralis major median intensity was significantly reduced in the posterior position during fast (52% vs 66% maximal muscle test [MMT]) and graded (41 % vs 49% MMT) conditions, and peak intensity was significantly reduced in the free condition (29% vs 52% MMT) and the fast condition (103% vs 150% MMT). Anterior deltoid intensity was significantly reduced in the posterior position during fast propulsion only (26% vs 31% MMT). For all muscles, EMG duration was similar between positions in all test conditions.

CONCLUSIONS:

Reduction in the intensity of the primary push phase muscles (pectoralis major and anterior deltoid) during high-demand activities of fast and graded propulsion may reduce the potential for shoulder muscle fatigue and injuries.

Conclusioni

Dagli studi analizzati è possibile affermare che ad oggi esistono migliorie nate in campo sportivo di cui possono beneficiare anche i mezzi di uso quotidiano se applicate anche in piccola parte. Inoltre viene ribadita la necessità di poter provare, testare e verificare il più possibile questi parametri direttamente sul singolo utente finale.

L'assetto della carrozzina, se sviluppato esclusivamente a partire dalle misure antropometriche, non sarà mai in grado di portare benefici e valori aggiunti alla mobilità ma sarà al più incentrato sulla necessità di non creare disagio. In altre parole ciò che riguarda il settaggio di una carrozzina per uno specifico utente non dovrebbe essere esclusivamente rivolto ad evitare problematiche ma deve guardare a quegli aspetti che ne possono implementare le caratteristiche.

Camber e posizione dell'utente rispetto al sistema devono poter essere contestualizzati rispetto alla possibilità di costituire un valore aggiunto nelle situazioni quotidiane dal momento che i parametri di quotidianità sono sempre più legati alla necessità di autonomia e ad un ideale di vita sempre più attivo e sano.

Scelte di intervento

Dal materiale raccolto fino a qui emergono diversi elementi su cui è possibile focalizzarsi per generare un concept in questo settore. Da una parte esiste la necessità di incrementare i servizi che ruotano attorno alla carrozzina e a chi ne fa uso dal momento che, per quanto performante e rivoluzionaria ad oggi non è possibile immaginare uno scenario in cui gli spazi, concepiti per normodotati, possano un domani essere perfettamente fruibili anche con una carrozzina. Il motivo è senza dubbio legato ad una questione di ingombri e mobilità ma anche ad una diversa prospettiva che caratterizza una persona da una posizione seduta piuttosto che in piedi (in questo senso sono interessanti quei concept che tentano di portare l'utente in posizione eretta). Quello che emerge di interessante è il fatto che una carrozzina possa essere concepita come uno strumento di mobilità alternativa ma anche come uno strumento in grado di portare vantaggi. Si inseriscono in questa direzione tutti quei prodotti (non necessariamente concept) caratterizzati da un forte carattere sportivo. Il motivo del successo di questi prodotti è legato ai valori indiretti che sono legati da sempre allo sport: benessere, salute, performance, libertà, passione, ricerca etc. Questi stessi valori sono in grado di avere un forte impatto sulla vita delle persone e sulla sua qualità, essi passano attraverso la relazione diretta tra utente e strumento sportivo. Riuscire a trasferire questi valori anche solo in parte su un carrozzina potrebbe ribaltare il percorso aggiungendo nella vita di una persona disabile un elemento in più per rivalutare la propria situazione: la carrozzina passerebbe da una categoria di strumento correttivo a quella di strumento implementativo.

Ecco perché è necessario valutare quelle ricerche che indagano sulla possibilità di trasferire caratteristiche sportive su carrozzine destinate all'uso di tutti i giorni.

Il concept che segue intende quindi veicolare i risultati di tali studi verso la necessità di creare un nuovo modello di carrozzina, con caratteristiche performanti, elementi fino ad ora destinati al solo uso sportivo e l'intenzione di creare un legame con l'utente che abbia quel carattere e quella passione tipici tra un prodotto sportivo ed un atleta.

2.0 CONCEPT

Consideriamo la definizione di “carrozzina” secondo le parole dell’Organizzazione Mondiale della Sanità:

“[...] la carrozzina dovrebbe essere progettata per permettere all’utente di condurre una vita sempre più attiva e poter partecipare al più alto numero di attività possibili senza intaccarne la salute o la sicurezza. La progettazione di una carrozzina deve essere finalizzata a creare un prodotto resistente, durevole nel tempo e appropriato all’ambiente in cui verrà utilizzato.”¹⁴

È qui evidente la necessità di ridefinire i valori connessi a questo tipo di protesi. Il semplice ruolo di sostegno e trasporto, che per anni ha caratterizzato la produzione di questi mezzi, non è più sufficiente a garantire un adeguato livello di benessere per le persone che ne fanno uso. Partendo da questa consapevolezza e con il supporto delle ricerche più recenti nel settore, si intendono vagliare le ipotesi necessarie a sviluppare un prodotto con caratteristiche che possano realmente portare un cambiamento di prospettiva nella mobilità dell’utente senza spostarsi nel campo delle carrozzine sportive.

¹⁴ Fact sheet on wheelchair -WORLD HEALTH ORGANIZATION, Disability Injury Prevention and Rehabilitation Unit, Department of Sustainable Development and Healthy Environments World Health Organization, Mahatma Gandhi Marg, New Delhi – 110002, India

2.1 SCELTA DELL'UTENTE

Livello di mielolesione

Dai dati in nostro possesso e dallo stile di vita verso cui la società attualmente ci indirizza è difficile stabilire una precisa fascia di disabilità a cui rivolgersi. Tuttavia una prima scrematura dovrebbe riguardare sicuramente quelle patologie in cui la carrozzina è essenzialmente un mezzo di supporto che necessita di un operatore; questo perché qualunque discorso di incremento della mobilità verrebbe meno in partenza. Sempre in questa direzione crediamo sia opportuno non considerare i livelli di mielolesione in cui l'altezza midollare del danno va a definire una paralisi, anche solo parziale, degli arti superiori.

In compenso esiste una fascia di utenti sempre più in crescita in cui il livello della lesione, per quanto differenziato, è limitato alla sola immobilità degli arti inferiori senza andare a modificare la mobilità di braccia e dorso.

Fascia di età

Nonostante le statistiche segnalino che la fetta più consistente di utilizzatori di carrozzine rimanga, per ovvie ragioni, la classe di persone over 65, i dati raccolti testimoniano la crescita di un settore traumatologico che riguarda un pubblico molto giovane. Le cause di tali traumi sono riconducibili a diversi fattori, tra cui:

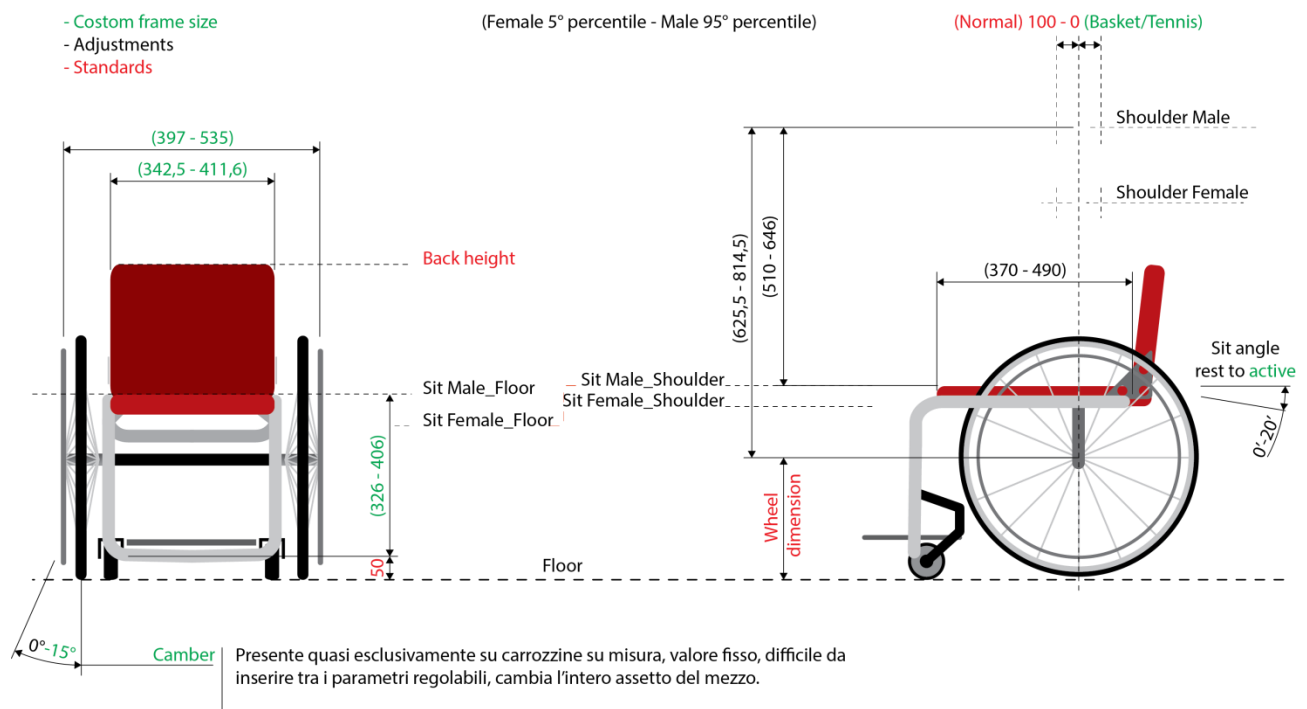
- Disponibilità di mezzi di spostamento più avanzati in termini di prestazioni
- Maggior fruibilità di questi mezzi a fasce di età sempre più giovani
- Incremento dei sistemi di sicurezza

In altre parole si può affermare che la riduzione dei decessi favorita dall'utilizzo di migliori dispositivi di sicurezza ha portato, in generale, ad un aumento dei casi di mielolesioni.

Per questo motivo negli ultimi anni si è registrato un incremento della produzione di carrozzine, e altre protesi di questo tipo, dedicate a fasce di età sempre più giovani; inoltre va sottolineato lo sviluppo dei settori sportivi dedicati a queste fasce di età, legato all'aumento degli studi di ricerca e alla disponibilità di un'utenza sempre più giovane e desiderosa di recuperare una vita il più normale possibile.

Si è quindi deciso di concentrare i propri sforzi progettuali in direzione delle fasce di età giovanili (10-40anni) identificandole come utenza di riferimento. Gli strumenti a disposizione di questa fascia spaziano da carrozzine standard a mezzi molto sofisticati, pur rimanendo nella sfera quotidiana, e sono costantemente messi in relazione tecnico/prestazionale con gli equivalenti mezzi sportivi. I limiti antropometrici che si vuole inserire nel progetto prevedono sia la fascia di età scelta che le misure antropometriche che variano dal 5° percentile femminile fino al 95° maschile. Inoltre bisogna considerare che chiunque appartenga a queste fasce deve poter regolare il proprio assetto modificando la posizione del guscio, dello schienale e delle ruote.

Figura 23 ingombri di massima e minima



2.2 CONTESTO DI UTILIZZO

Indoor/outdoor

Il contesto di utilizzo del concept è strettamente legato all'uso quotidiano, per sua definizione e per la scelta di inserire il progetto nella categoria delle carrozzine ultraleggere bisogna considerare il fatto che sia a tutti gli effetti una carrozzina che verrà utilizzata per la maggior parte del tempo nell'ambiente domestico. Oltre a questo però è desiderio di questa ricerca sviluppare un prodotto in grado di essere più facilmente adattabile a situazioni diverse, siano esse di ambientali o di occasione. Per adattabilità si intende la possibilità di gestire le performance del mezzo (direttamente proporzionate alla guidabilità e al comfort) in maniera agile e da una prospettiva di utilizzo. Il concept deve poter prevedere l'uso esterno, l'uso su terreni specifici come sportivi o urbani e, in generale, il più alto numero di possibilità legate ai comuni momenti di svago di una vita normale.

Social skills

I valori di una carrozzina sono legati alla sua immagine e alle abilità dell'utilizzatore. Una carrozzina che si presenta come una struttura meccanica articolata e complessa dalle grandi performance non potrà mai avere un impatto positivo se immaginata per un uso quotidiano e prolungato. In generale la discrezione e la leggerezza dei volumi, unita a pochi elementi in grado di veicolare dei valori di efficienza, è ciò che definisce un prodotto ben riuscito secondo la percezione di un utilizzatore medio. Secondo uno studio del dipartimento di Scienze Sociali Applicate dell'università di Lancaster i valori che si cercano quando si desidera comprare una carrozzina sono:

1. *Aesthetics of wheelchair*
2. *Discrimination – models of disability; group identity; new social movements*
3. *Impairment/ age/ onset – loss*
4. *Perception of impairment by self and others – stigma; reflexivity*
5. *Self esteem*

6. *Social activity – starting family; sexuality; partners; carers, children; social life; employment; education; sport*

7. *Social changes and increase – causal relationship¹⁵*

Lo studio applica anche una divisione tra coloro che usano assiduamente la carrozzina rispetto a coloro i quali ne fanno un uso più moderato:

The long term full time user – no walking ability

1. *High Activity – Independent mobility and lifestyle. Appropriate equipment reduces dependence on others and improves quality of life.*

2. *Restricted Activity – Unable to self-propel. Independent mobility with powered wheelchair. May require attendant for outdoor mobility. Degree of independence in basic daily needs.*

3. *Low Activity – Limited or nil ability to self-propel. Dependent for many basic daily needs. Hence the level of activity of the user will determine the type of wheelchair supplied.*

The long term occasional user – (limited walking ability)

1. *Variable walking ability due to fluctuating condition. High degree of independence but requires wheelchair to maintain level of independence and quality of lifestyle.*

2. *Ability to walk a short distance. Requires wheelchair on regular basis for outdoor use or to enhance quality of life for user and carer.¹⁶*

¹⁵ The Social Implications of Increases in Wheelchair Use Report by Bob Sapey, John Stewart and Glenis Donaldson
Department of Applied Social Science Lancaster University 2004 – P.23

¹⁶ The Social Implications of Increases in Wheelchair Use Report by Bob Sapey, John Stewart and Glenis Donaldson
Department of Applied Social Science Lancaster University 2004 – P.31,32

2.4 ELEMENTI DI INNOVAZIONE

L'idea di base è creare la possibilità di definire uno strumento in grado di assumere diverse configurazioni di assetto rispetto alle possibili necessità dell'utente, dove per necessità si intende sia l'insieme di azione legate al quotidiano, sia la capacità di gestire meglio situazioni di terreno diverse (e di reattività su questi terreni), e infine la possibilità di un mezzo versatile che permetta di coltivare interessi personali che può voler coltivare una persona senza l'obbligo di dover valutare di volta in volta anche la sola possibilità di iniziare tale attività. Arrivati a questo punto per sviluppare un nuovo progetto occorre partire da un oggetto, o una categoria già esistente, ciò favorisce l'utente evitandone il disorientamento e permette di contare su un background industriale già avviato. Tra tutte le categorie quella della *Carrozzina Ultraleggera* è risultata la più idonea sia in termini di utenti di riferimento sia nella sua capacità intrinseca di assumere diversi significati ed essere, tra le varie tipologie, quella con le caratteristiche che più si avvicinano ad una nuova idea di mobilità e possibilità inesprese per la categoria dei mielolesi. Il concept dovrà naturalmente possedere le principali caratteristiche della categoria di appartenenza, che significa: pesi contenuti, rigidità e compattezza del telaio, semplicità delle parti, intercambiabilità e standardizzazione delle componenti, personalizzazione. Dal momento che la sfida è piuttosto ambiziosa ed è facile cadere in un progetto eccessivamente complesso sia in termini di fattibilità che di costi è necessario concentrarsi direttamente su pochi aspetti che fin qui hanno dimostrato di poter dare un contributo in termini di migliorie abbastanza significativo.

Nello specifico il concept avrà come base i seguenti punti di partenza:

- I risultati degli studi sul cambiamento di *Camber* hanno dimostrato l'importanza di poter inserire questo parametro tra quei valori soggetti a regolazione anche da parte dell'utente.
- La necessità di avere assetti diversi per diverse tipologie di utilizzo/terreno/sport o comunque legati ad interessi che possono nascere nell'utenza senza dover necessariamente acquistare da subito un altro mezzo specifico per quell'uso.
- Un nuovo modo di concepire la sedia a rotelle come elemento destinato all'upgrade secondo gusti e necessità personali, sulla scia di quegli stessi parametri che si riscontrano nel mondo del ciclismo dove la ricerca del componente specifico è un elemento ricorrente.

Camber

La possibilità di variare il camber è un aspetto che non è ancora stato affrontato, se non in rari casi, per ovvie ragioni di assetto. Variare l'inclinazione delle ruote su una carrozzina comporta infatti problematiche dell'assetto non indifferenti col rischio di compromettere comfort e mobilità del mezzo o, addirittura di limitarne la mobilità (come nel caso di Toe-in/Toe-out).

Ciononostante, limitando la libertà di controllo e scegliendo un appropriato range di modifica in linea con i casi studio precedentemente trattati, è possibile valutare diversi escamotage per gestire questo aspetto. In seconda battuta bisogna definire come e in che misura l'utente sarà in grado di gestire questo parametro sia rispetto alle premesse relative alla flessibilità sia (data la portata dell'innovazione in termini meccanici) rispetto alla reale fattibilità.

In un'ipotesi dove il parametro della gestione dell'utente è privilegiata su tutto il resto si immagina la possibilità di regolare il camber delle ruote posteriori in questi termini:

- Raggiungibilità delle parti che controllano il movimento direttamente dalla posizione di utilizzo
- Controllo dell'apertura/chiusura attraverso uno sforzo minimo senza andare a modificare la compattezza e la solidità dell'intero sistema in nessun tipo di assetto
- Semplicità del meccanismo al fine di rimanere in linea con i prodotti della categoria Ultralight
- Leggerezza delle componenti (dal momento che andremo a creare qualcosa di non presente in precedenza il peso totale aumenterà in partenza)
- Estetica (un'immagine complessa dell'intero sistema risulterà consonante con l'idea di leggerezza e autonomia propria della categoria)

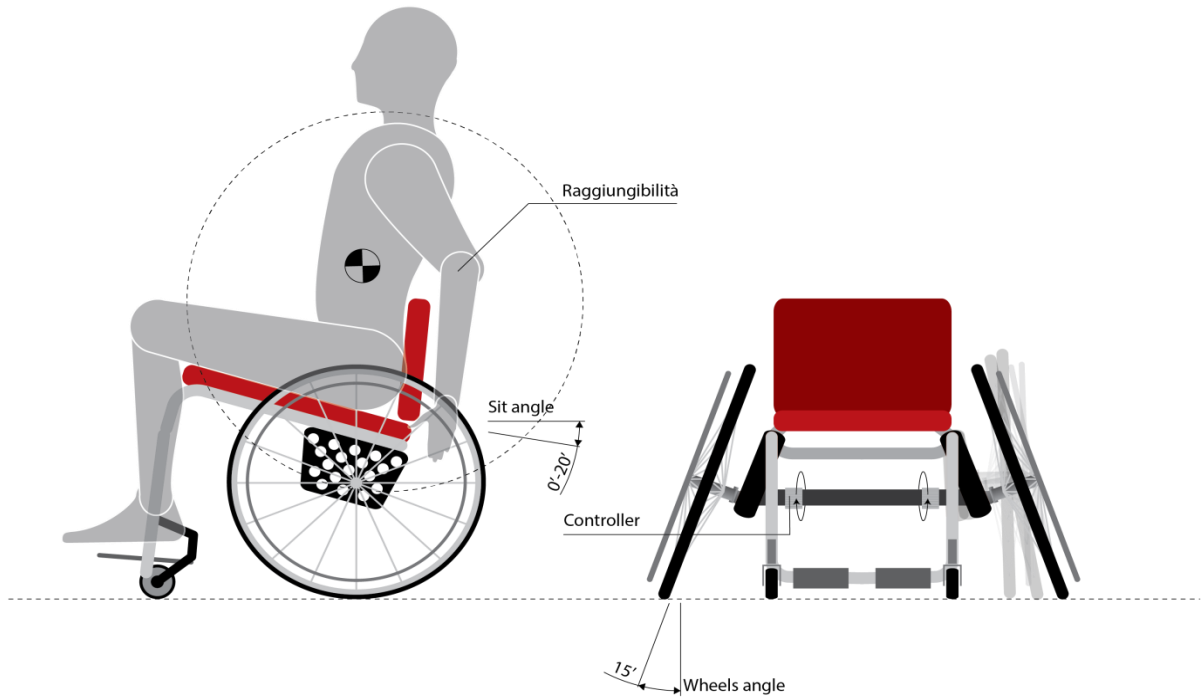


Figura 24: Regolazione del camber, raggiungibilità

Assetto

Come abbiamo visto in fase di analisi parlare di assetto dell'intero veicolo significa comprendere le numerose parti che compongono la carrozzina e la loro capacità di interazione. Tra tutte le tipologie esistenti la carrozzina Ultraleggera si presenta come un oggetto che ha sicuramente meno capacità di regolazione rispetto a mezzi più comuni, ciononostante andando ad intervenire sui parametri oggetto di studio degli articoli analizzati (gestendo cioè la posizione del guscio all'interno del sistema) è possibile ottenere dei risultati interessanti.

Sul mercato esiste un gran numero di concept e prodotti già disponibili che hanno fatto della possibilità di regolare tutti i parametri principali il centro del progetto ottenendo ottimi risultati. Nella maggior parte dei casi si è registrato però un aumento delle componenti meccaniche che ha fatto abbassare il livello di affidabilità del prodotto e altri che hanno dovuto mettere la questione dei pesi in secondo piano. L'aumento dei pesi e degli ingombri mal distribuiti, costituisce infatti

un aspetto negativo dal momento che le parti meccaniche che permettono la regolazione non sono pensate in questi termini e sono generalmente posizionate là dove è presente spazio utilizzabile.

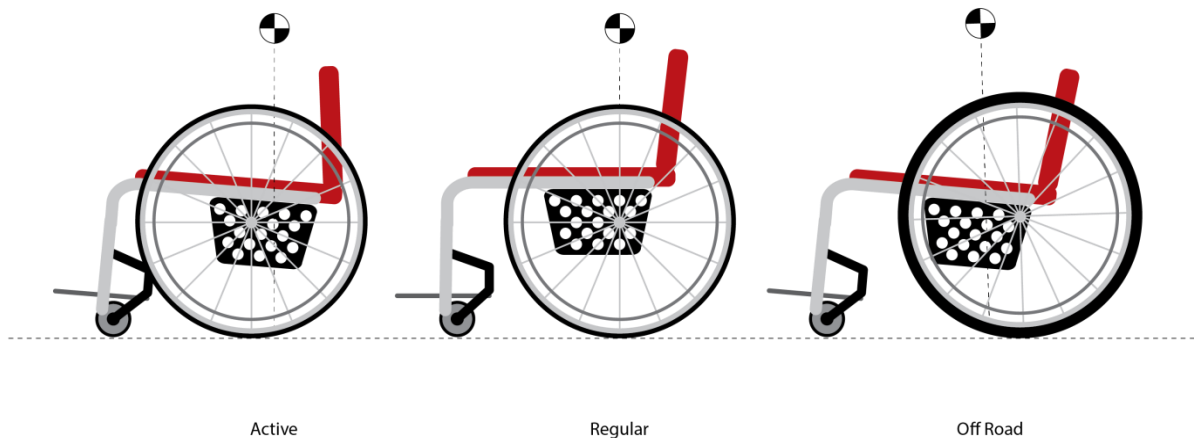


Figura 25: Esempi di assetto al variare della posizione delle ruote rispetto alla posizione del baricentro dell'utilizzatore

Regolazione iniziale/Regolazione in corso d'uso

Uno degli aspetti di cui il concept deve occuparsi è quello della divisione tra le regolazioni del mezzo in fase di primo settaggio, generalmente ad opera di un operatore sanitario specializzato, e le modifiche di assetto che sarà possibile chiedere all'utente. L'utente da solo non è in grado di valutare la differenza tra i parametri che influenzano la semplice comodità e quali invece, se scelti in modo erraneo, rischiano di creare problematiche di tipo clinico. È prassi comune infatti che la prima regolazione del mezzo sia ad opera di un ortopedico o di uno specialista, soprattutto se è la prima volta che l'utente viene a contatto con la carrozzina.

Questa pratica può anche essere vista non in un'ottica medica ma sportivo/prestazionale (ad opera cioè di un esperto o di una persona già informata) per quei significati, oltre l'uso di base, che vorremmo assumesse il prodotto finale.

Dal momento che ricercare un prodotto altamente personalizzabile porterebbe il progetto a contrastare con le stesse necessità di leggerezza e semplicità che abbiamo elencato nella definizione del concept per il Camber (valide, di riflesso, anche in questo step) abbiamo da subito

dovuto definire quali regolazioni dovessero essere svolte in una fase iniziale, ad opera quindi di uno specialista, di un esperto, o dell'utente stesso da una posizione esterna al mezzo; e quali potessero e dovessero essere ad opera esclusiva dell'utente in fase d'uso.

Regolazione Iniziale:

- Scelta di un certo numero di assetti strettamente necessari all'uso specifico di cui fa richiesta l'utente oltre l'uso quotidiano (es: outdoor, posizione avanzata per aumentare la stabilità su tratti in salita, posizione arretrata per aumentare la capacità propulsiva, regolazione rispetto a differenti diametri di ruote per diversi scopi, assetto più alto per sporadici allenamenti sportivi o momenti di svago)
- Limitazione degli assetti ad un numero ragionevole (2-3)
- Impostazione iniziale degli elementi fissi che andranno ad identificare questi assetti
- Analisi dei dati antropometrici dell'utente e regolazione dei vari assetti precedentemente scelti rispetto a tali dati
- Considerazioni rispetto alle taglie e all'età.

Regolazione in uso:

- Cambio di componentistica quali ruote, spondine...
- Gestione degli angoli (rientra in questa fase sia la regolazione che la chiusura della carrozzina per il trasporto)
- Possibilità di spostarsi da una configurazione di base ad un'altra, precedentemente definita, attraverso semplici movimenti.

2.5 GEOMETRIE OTTENIBILI

Le geometrie che dovrà coprire il progetto riguardano sia la possibilità di rispondere ai diversi bisogni antropometrici di diverse fasce di età che quelli relativi ai due differenti sessi. Come spesso accade per progetti in cui le misure antropometriche sono fondamentali si è deciso di strutturare il prodotto rispetto alla possibilità che sia fruibile ad una popolazione che vada dal 5° percentile femminile fino al 95° maschile, lasciando le prime ed ultime fasi al campo dell'Oversize. Inoltre, dopo attenti studi sui prodotti in commercio, si è deciso di inserire la produzione del telaio (inteso come guscio) in un'ottica custom per diversi parametri quali la larghezza o l'altezza e di strutturare tutte le componenti destinate a svolgere i compiti sopracitati in modo da poter essere montate su diverse misure di telaio.

Il progetto è quindi strutturato suddividendo il compito della regolazione e della parametrizzazione in maniera ottimale tra: fase di produzione, regolazione iniziale presso ortopedico/specialista e fase di regolazione in corso d'uso.

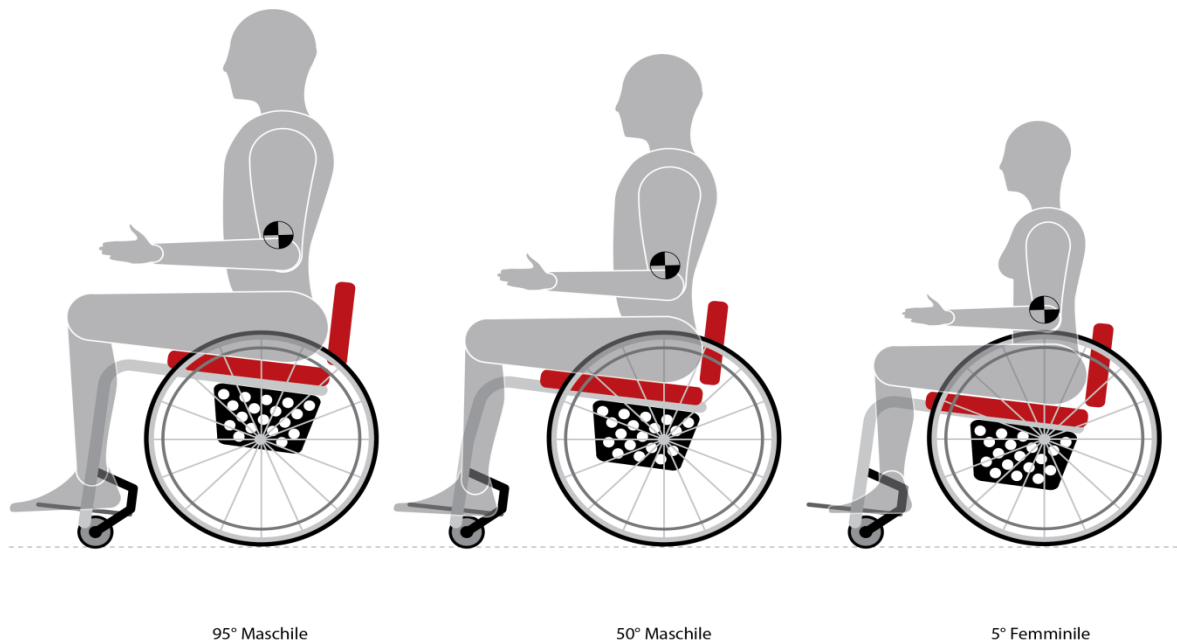


Figura 26 Percentili di riferimento

Fase di assetto industriale

In fase di produzione sarà richiesto all'utente un'attenta analisi dei propri valori antropometrici al fine di creare un telaio che sia essenzialmente su misura per quanto riguarda l'altezza dello schienale e la larghezza del mezzo. Questa pratica, già abbondantemente diffusa tra i produttori di carrozzine sportive, è perseguibile con costi relativamente contenuti dal momento che i telai sono prodotti a mano da telaisti, siano essi su misura o suddivisi in taglie; inoltre un'attenta pianificazione del progetto (in grado cioè di ridurre al minimo gli elementi che distinguono una taglia dall'altra) può portare a zero la differenza di costo rispetto ad una carrozzina con misure standardizzate.

Dal momento che il concept si prefigge il compito di gestire la regolazione dell'assetto e delle taglie, in lunghezza e profondità, attraverso la progettazione di un nuovo componente unico per tutte le taglie (che da questo momento in poi chiameremo "Sider"), al telaista rimarrà unicamente il conto di gestire la larghezza della seduta e associarla ad un corretto diametro delle ruote. L'altezza dello schienale potrà invece essere configurabile rispetto alla posizione delle scapole dell'utente e alla necessità di riuscire a raggiungere quelle parti responsabili della regolazione in corso d'uso.

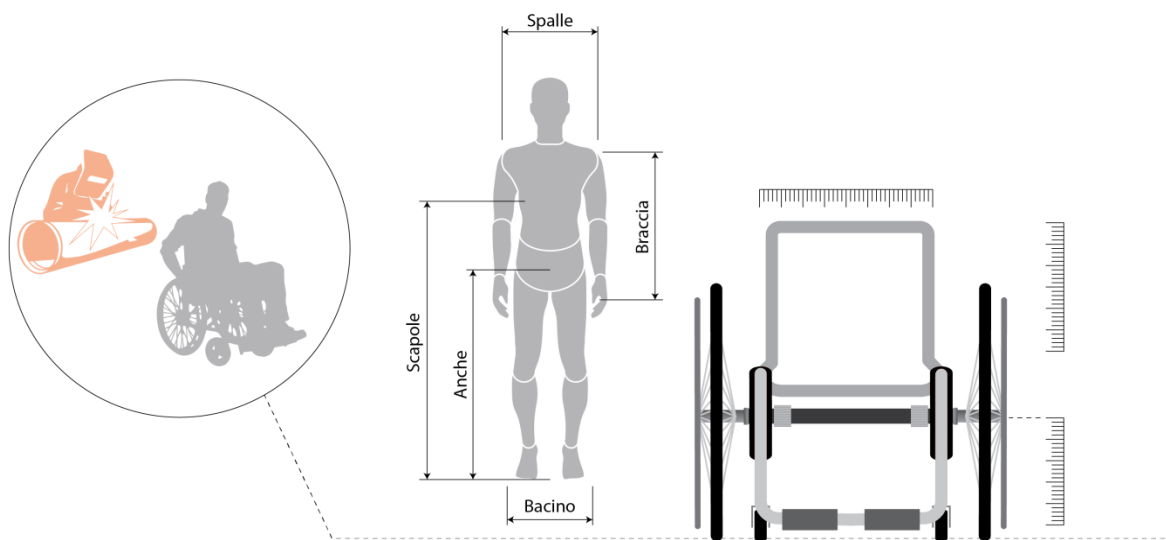


Figura 27: Relazioni tra telaio e misure antropometriche

Fase di regolazione con specialista

Le carrozzine escono dalla fabbrica differendo solamente per larghezza del telaio (seduta), misura delle ruote e altezza dello schienale. Prima di poter essere utilizzate vengono regolate (come avviene già per le nuove carrozzine e per i mezzi sportivi) da medici specialisti tenendo conto non solo delle misure antropometriche ma anche della singola condizione clinica del compratore. In questa fase la regolazione si divide tra:

- Regolazione dell'altezza del poggiatesta
- Avanzamento (+/-2cm) del guscio rispetto al centro del Sider e al controllo del Camber
- Scelta della posizione fissa delle ruote (tra quelle presenti sul Sider)
- Scelta di una seconda/terza posizione su cui inserire da subito la femmina del QR rispetto alle necessità dell'utente (active, off road, sports...)
- Regolazione dell'altezza del poggiatesta
- Regolazione degli errori di Toe In/Out attraverso l'inclinazione della parte frontale

Tutte queste regolazioni sono reversibili e sostituibili con nuovi assetti in un secondo momento anche ad opera dell'utilizzatore e senza il supporto di uno specialista, tenendo presenti i rischi di postura in cui si può incorrere.

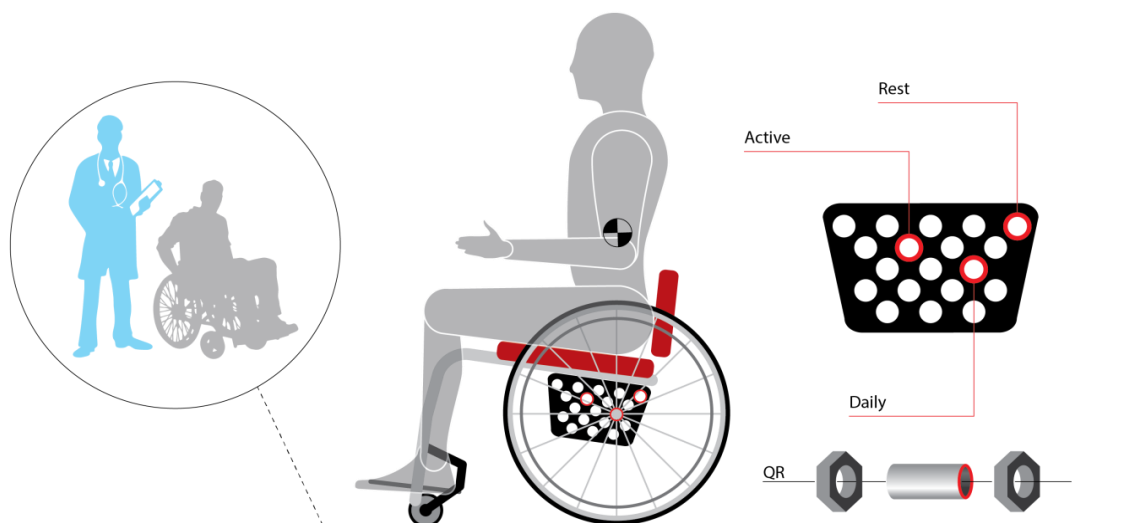


Figura 28: Configurazione dei vari assetti

Fase di regolazione in corso d'uso

L'utente finale sarà in grado di operare rapidi cambi di assetto, tra quelli definiti nella seconda fase, semplicemente spostando le posizioni delle ruote da un inserto all'altro attraverso l'uso del Quick Release (componente standard di molti modelli di carrozzina presenti sul mercato). È possibile svolgere questa operazione sia da una posizione esterna alla carrozzina che da una posizione di utilizzo sollevando la carrozzina su un lato di pochi gradi, appoggiandosi ad un supporto con una mano ed estraendo/inserendo la ruota dal lato sollevato con l'uso della seconda mano. Questa pratica rientra tra le abilità di base facilmente eseguibili già dopo poco tempo che si utilizza una carrozzina comune ed è ulteriormente facilitata dal peso ridotto di una sedia Ultraleggera. Ripetendo l'operazione per la seconda ruota si ottiene un nuovo assetto che coinvolge sia la posizione del guscio (più o meno arretrata e più o meno rialzata rispetto all'asse delle ruote) sia la sua inclinazione, dal momento che il resto della carrozzina si comporta come un corpo rigido che va dal poggiatesta alla fine del telaio. È possibile regolare l'inclinazione dello schienale in modo sicuro e sempre da una posizione di utilizzo; per quanto riguarda l'inclinazione della parte inferiore del telaio, anche questa indipendente, è consigliabile che avvenga solamente da una posizione esterna e in caso di chiusura del mezzo per lo stoccaggio, per evitare il rischio che il mezzo collassi.

Sempre da una posizione seduta sarà possibile gestire l'ampiezza del Camber da un minimo di 0° (posizione verticale) ad un massimo di 15° (range che dagli studi analizzati ha dimostrato di essere il più incisivo nella variazione di prestazioni). La regolazione avverrà tramite meccanismo meccanico con l'obiettivo secondario di rendere quest'ultimo il più semplice possibile per tipologia e numero di parti senza però dimenticare il carico di sforzo richiesto all'utente per completare questa azione. La regolazione di questo parametro sarà gestita attraverso la manipolazione di un elemento di controllo raggiungibile con minimo sforzo affiancato ad un riscontro visivo della misura esatta di variazione del parametro. La posizione di entrambi questi sottogruppi progettuali verrà contestualizzata in fase di sviluppo rispetto alle necessità dell'intero sistema.

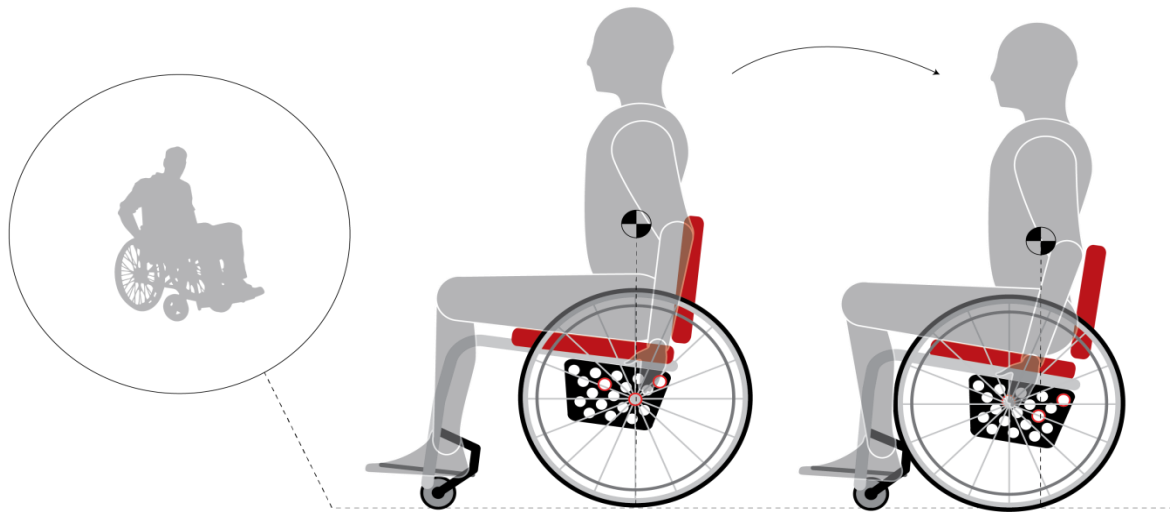


Figura 29: Cambio di assetto in uso

User Interface

Una volta che il prodotto è stato configurato, sia in fase di acquisto nelle misure del telaio che in fase di definizione degli assetti con specialista, le operazioni che coinvolgono direttamente l'utente nel cambio di assetto sono le seguenti: Spostamento dei freni, cambio di posizione delle ruote (con macro cambiamento dell'assetto) e gestione dell'apertura del camber.

Il primo riguarda un semplice accorgimento rispetto al cambio delle ruote; dal momento che la posizione del freno è strettamente vincolata a quella del copertone, spostare in avanti o indietro l'asse delle ruote implica un avanzamento/arretramento dei freni.

I freni sono studiati per scorrere lungo il telaio avanzando, o arretrando, in direzione dell'asse attraverso l'uso di una clamp apposita con sgancio rapido.

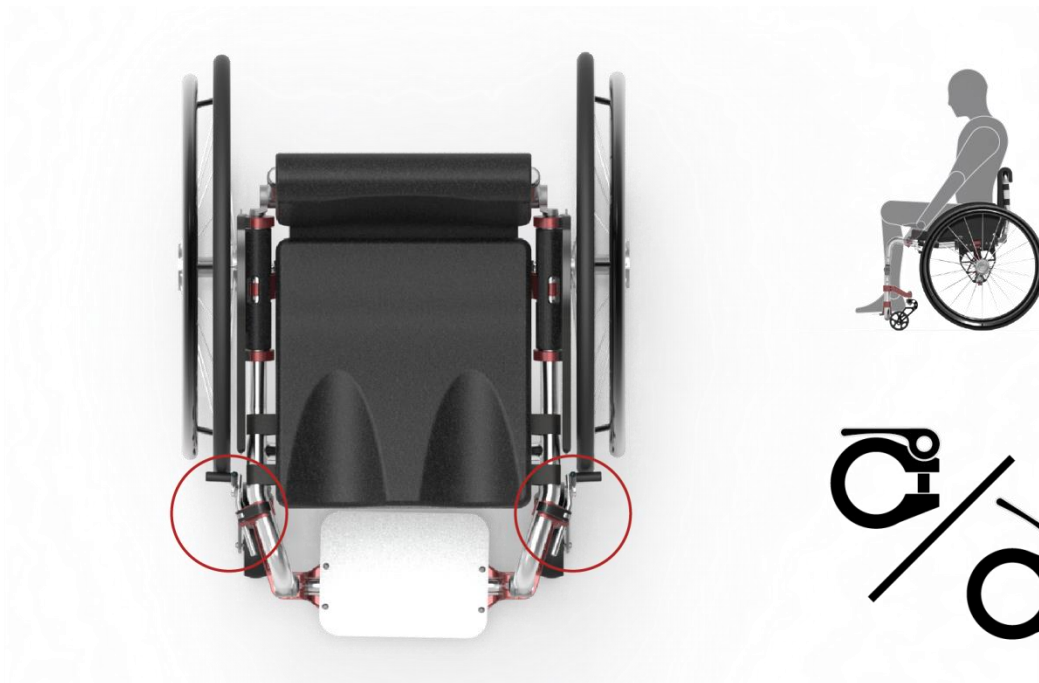


Figura 30: Render - Sblocco freni di stazionamento

In caso di passaggio ad una posizione più performante, dove le ruote vengono traslate frontalmente rispetto all'asse laterale del baricentro, l'utente sarà chiamato a: sganciare la clamp, far scorrere lungo il telaio il blocco freno di una misura simile a quella dell'avanzamento delle ruote, bloccare la clamp e spostare la ruota (è consigliato valutare l'esatto avanzamento una volta effettuato il cambio ruota).



Figura 31: Render - Avanzamento freni

Una volta portati in posizione più avanzata i freni (sempre nell'ipotesi di un passaggio da posizione di riposo ad una più attiva) l'avanzamento delle ruote è privo di ostacoli. Per spostarle, una alla volta, è necessario eseguire una manovra che di norma si impara già dopo poco tempo di utilizzo di una carrozzina; questa manovra consiste nel sollevare lateralmente un lato della carrozzina aiutandosi con un qualunque punto di appoggio presente nell'ambiente.



Figura 32: Render – Sollevamento laterale

Raggiunta una posizione di stabilità si procede ad estrarre la singola ruota premendo al centro dell'asse e sganciando il perno dalla femmina del quick release. Si estrae la ruota e la si inserisce in posizione numero due, precedentemente definita in fase di primo settaggio. A questo punto la carrozzina è riportata in piano e si esegue la stessa manovra con l'altra ruota.

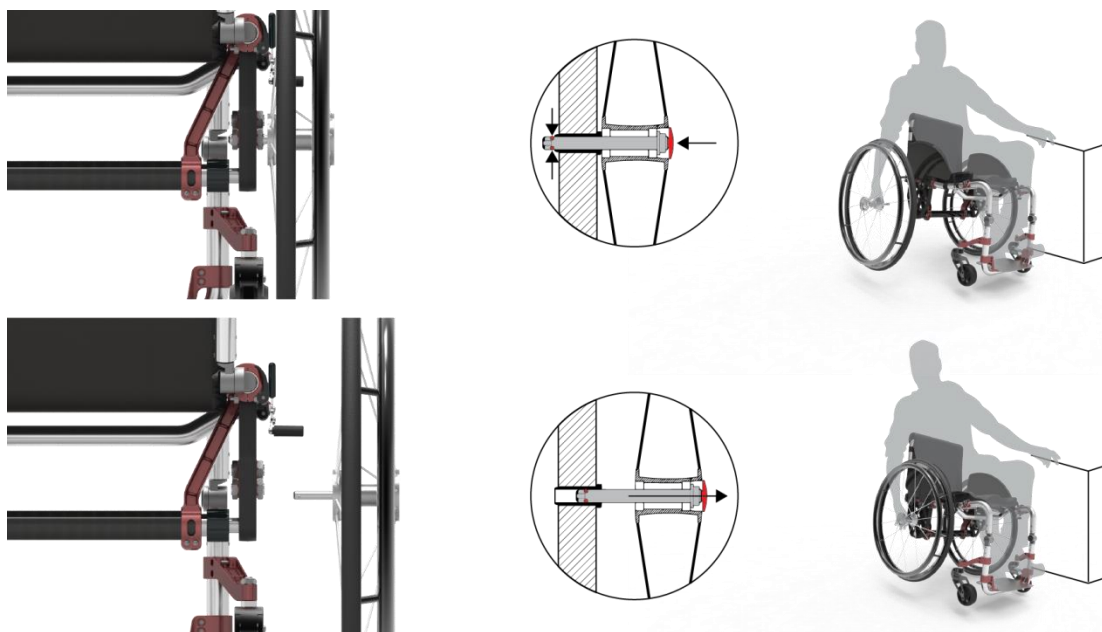


Figura 33: Render – Cambio posizione ruota

La variazione di camber viene eseguita anch'essa da una posizione di utilizzo operando su una manopola raggiungibile posteriormente (la posizione della manopola è contestualizzata rispetto alla raggiungibilità antropometrica ed è facilitata da un'altezza ridotta dello schienale).

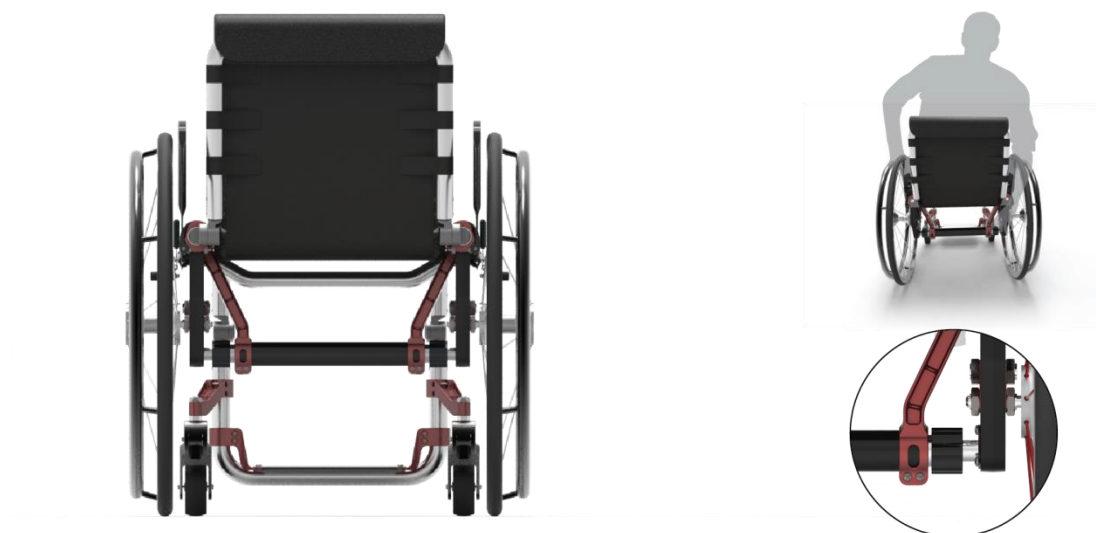


Figura 34: Render – Regolazione camber

Il sistema meccanico di estrazione è costituito da una serie di perni filettati mantenuti in posizione dalla congiunzione in alluminio, in asse dall'elemento trasversale che collega i due lati della carrozzina e sono collegati al sider attraverso due uniball rotanti. La manopola agisce direttamente sul perno filettato portandolo all'esterno del sistema, come mostrato in figura [2.5.9]



Figura 35: Render – Regolazione camber

Per regolare la corretta ampiezza del camber è presente un indicatore posto a lato delle cosce dell'utente. Attraverso una serie di scanalature (una ogni grado di variazione) è possibile avere visione della progressione del movimento. L'indicatore svolge anche una funzione essenziale dal momento che, essendo un'operazione da svolgere sulla singola ruota, è importante evitare errori di asimmetria del mezzo.

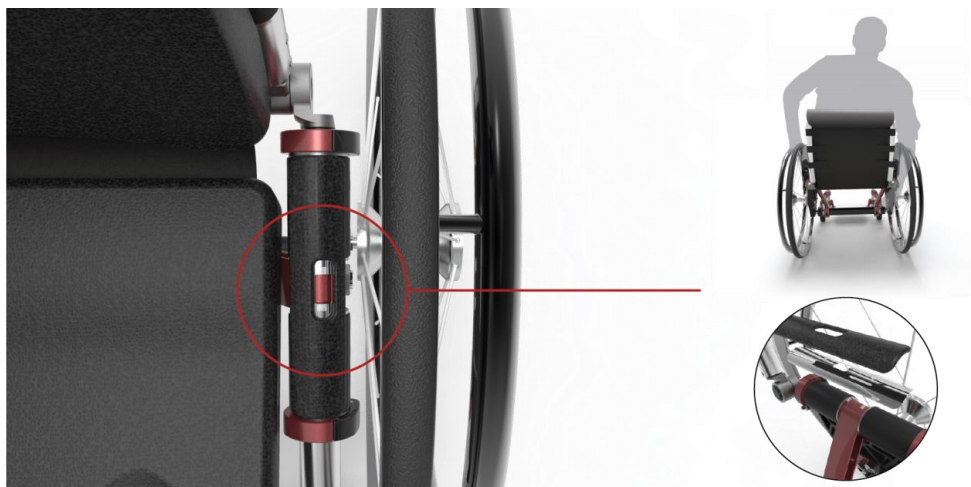


Figura 36: Render – Regolazione camber

2.6 STORY BOARD

Dal momento che stiamo sviluppando un prodotto che vuole rispondere alle necessità di un pubblico sempre più crescente, desideroso di potersi approcciare a diverse attività senza essere eccessivamente vincolato alle caratteristiche del proprio mezzo di trasporto è necessario immedesimarsi in un contesto simile per immaginare il percorso tipo che una persona affetta da mielolesione intraprende dal momento in cui avviene il primo incontro con la protesi in avanti.

Storyboard: primo approccio

- Evento traumatico
- Riabilitazione
- Carrozzina Standard
- Riabilitazione/regolazione del mezzo (presso specialista/ortopedico)
- Ripresa delle attività normali (con relative limitazioni)
- Analisi dei bisogni e delle necessità rispetto al proprio stile di vita e all'ambiente circostante
- Recupero delle attività più complesse (outdoor, spostamenti, vincoli)
- Necessità di upgrade del mezzo e delle proprie attività

Nel momento in cui una persona contrae una lesione che lo porterà a dover utilizzare una carrozzina inizia un percorso personale di recupero e accettazione molto importante. La vicinanza di familiari e amici gioca un ruolo fondamentale in questo processo, è tuttavia necessario che il malato riconosca a se stesso la possibilità di avere una vita il più possibile normale, la cui qualità dipenderà molto dal suo atteggiamento. Paradossalmente una carrozzina che si presenta inizialmente come un ingombro con cui dover convivere può essere un valido aiuto nel processo di riabilitazione sia esso fisico che mentale. Una carrozzina più o meno performante accompagna l'utente nel recupero della sua quotidianità e nelle attività che precedentemente era stato in grado di fare; tuttavia esisteranno sempre una serie di attività che gli saranno precluse per vari motivi. La carrozzina non può infatti essere considerata un oggetto in grado di rispondere adeguatamente a qualunque attività.

WHEELCHAIR APPROACH

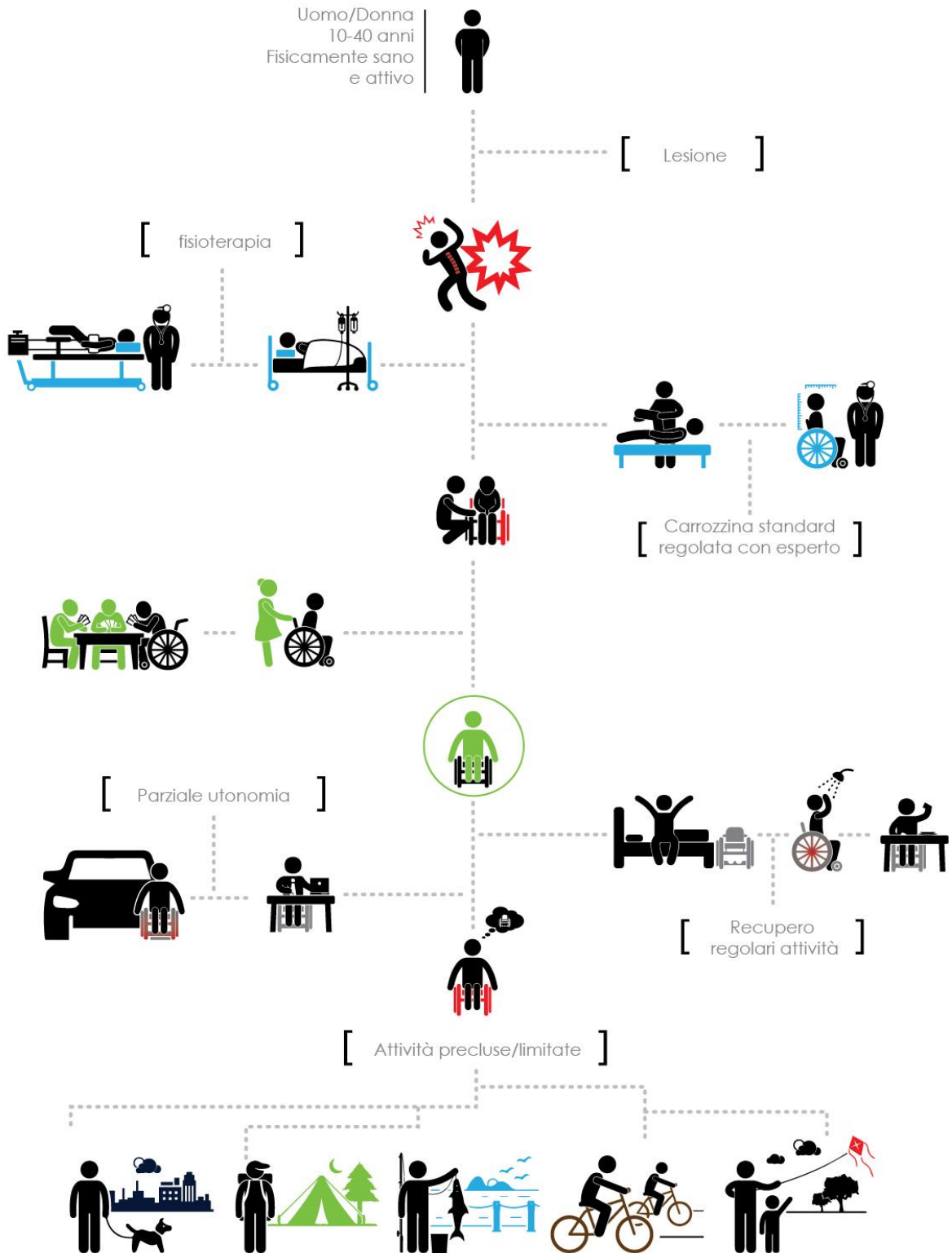


Figura 37: Storyboard primo impatto con la carrozzina

Storyboard: nuovo acquisto

- Scelta di un mezzo più performante rispetto ai bisogni riscontrati dopo un certo periodo di tempo
- Ultralight wheelchair/sport wheelchair
- Configurazione da produttore, gestione dei parametri (in relazione alle disponibilità economiche e al livello agonistico raggiunto)
- Ultralight: Sostituzione della carrozzina principale come carrozzina quotidiana, leggerezza e prestazioni generali aumentate (non è un mezzo sportivo)
- Sport: Uso del mezzo come sostituto del mezzo principale durante la pratica dello sport

La carrozzina standard è un valido elemento clinico per risolvere un problema di mobilità giornaliero. La sua inadeguatezza diventa però evidente nel momento in cui l'utente medio, con prospettiva di vita comunque ottimale (e che è stato in grado di recuperare quasi interamente le attività che svolgeva precedentemente) desidera avere un mezzo performante oltre che funzionale.

L'incremento di performance in questo settore è erroneamente associato ad una mera questione di peso e resistenza dei mezzi. Chiunque abbia avuto a che fare con una carrozzina standard sa bene invece che un mezzo standard presenta una serie di problematiche relative a: spazi di utilizzo, ingombri relativi alla componentistica, spostamenti, attività a rischio e mobilità.

Una carrozzina ultraleggera si prefigge lo scopo di ridurre in parte queste problematiche riducendo la distanza tra protesi e mezzo sportivo: la leggerezza si traduce in rapidità negli spostamenti e nella mobilità del mezzo, la resistenza e la semplicità ne fanno un oggetto più vicino alle capacità di settaggio e riparazione. In generale l'approccio di queste carrozzine non è solamente relativo ad un aumento delle prestazioni, questi strumenti offrono la possibilità di far progredire il disabile all'interno della sfera delle proprie abilità e possibilità. Queste carrozzine sono reperibili esclusivamente presso precisi produttori che si rivolgono in parte a tecniche di costruzione comuni alle carrozzine standard, in parte presso fornitori del settore sportivo. Il settaggio e la configurazione ne sono un esempio: molti produttori parametrizzano i telai rispetto alle misure antropometriche del singolo utente.

REGULAR WHEELCHAIR UPGRADE

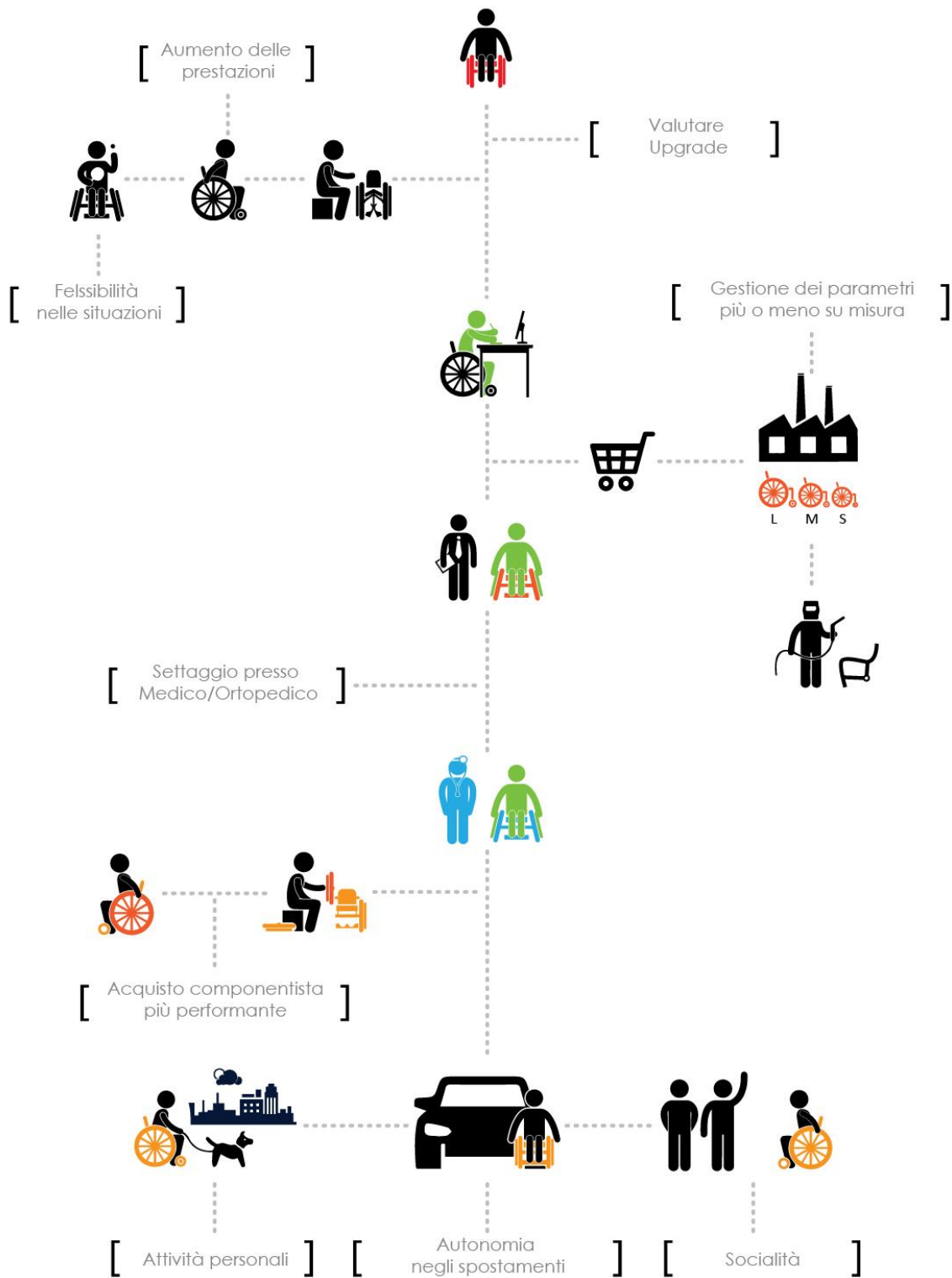


Figura 38: Storyboard acquisto carrozzina ultraleggera

Storyboard: approccio allo sport

- Analisi degli sport praticati in precedenza e di quelli ora accessibili
- Ricerca sul territorio delle attività disponibili (disponibilità effettiva nella realtà locale)
- Fiere/Eventi associazioni sportive promuovono gli sport paraolimpici
- Possibilità di provare dei mezzi specifici
- Sport di squadra:
 - Le associazioni mettono a disposizione delle risorse (pensate come mezzi temporanei rispetto ad acquisti futuri)
 - Livello professionista facilitato (sponsorizzazioni)
 - Nonostante gli aiuti statali gli strumenti sportivi richiedono una spesa notevole a qualunque livello professionale
- Sport personale:
 - Contatti e associazioni (Limiti evidenti)

Approcciarsi al mondo delle carrozzine sportive può essere problematico per una serie di motivi quali: disponibilità, costi, rischi clinici etc. Tendenzialmente l'utente medio che decide di praticare uno sport ha bisogno di un numero maggiore di riflessioni rispetto ad un normodotato e di conseguenza, è più facile che vi rinunci.

La disponibilità di risorse messe a disposizione dai vari Paesi varia profondamente, anche da regione a regione e da città in città; difficilmente infatti un atleta può trovare disponibilità in campi sportivi differenti. Tuttavia le attività e le associazioni relative a questi sport sono disponibili e lavorano in continuazione per facilitare l'approccio sportivo attraverso eventi, fiere, test di carrozzine, incontri con gli atleti...

Una volta venuti a contatto con queste realtà è possibile fare affidamento su carrozzine in prestito, tuttavia la necessità di un mezzo proprio risulta evidente già dall'inizio. Dopo la fase di avvicinamento (che ha già richiesto un cospicuo carico decisionale) è necessario affidarsi a produttori di carrozzine specializzati; questi possono essere aziende che producono mezzi con caratteristiche più o meno standard o telaisti che sviluppano un prodotto su misura (tendenzialmente la prima carrozzina sportiva apparterà alla prima categoria). Gli aiuti statali

variano da regione a regione, quello che è costante è che gran parte del costo, che varia tra i 1000 e i 5000 euro, dovrà essere a carico dell'utente.

Gli sport di squadra sono nettamente avvantaggiati dal momento che le associazioni, oltre che a fornire gli spazi e i servizi, offrono la possibilità di incontrare e dialogare con persone affette da problemi clinici simili, cosa che ha dimostrato di avere un forte impatto sulla qualità della vita degli atleti. Un'ottica sportiva più personale è invece molto più difficile da perseguire dal momento che emergono tutte le problematiche immaginabili dal tentare di praticare sport in ambienti pensati per normodotati.

SPORT WHEELCHAIR PURCHASE

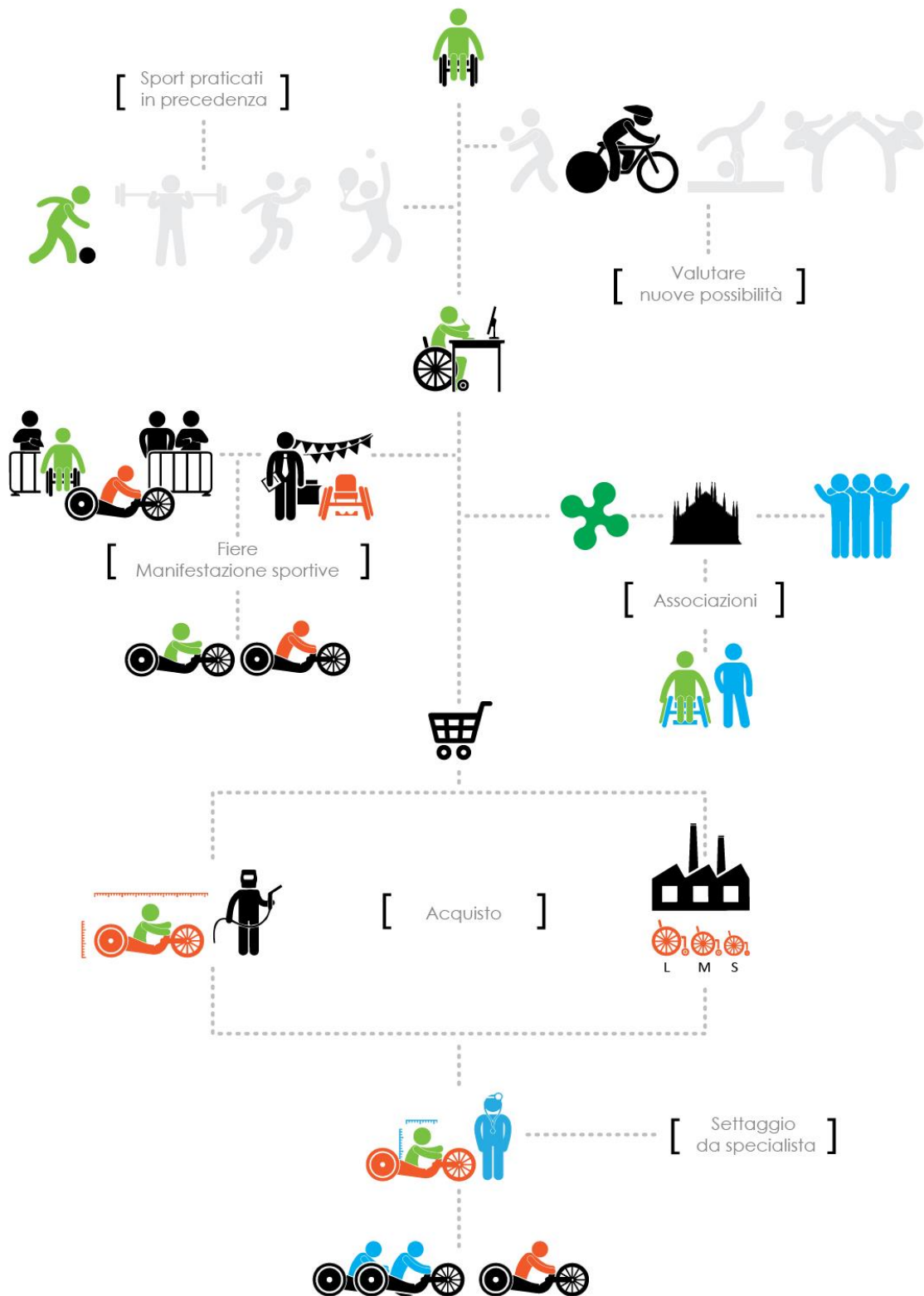


Figura 39: Storyboard acquisto carrozzina sportiva

Il concept si inserisce in questo contesto allo stesso modo di una carrozzina ultraleggera: l'utente dopo un certo periodo di convalescenza e di utilizzo di altri mezzi decide di migliorare le prestazioni della propria protesi con un acquisto mirato. La carrozzina in suo possesso non solo avrà le caratteristiche che cercano gli attuali compratori di carrozzine ultraleggere ma gli permetterà anche di avere un maggior controllo di quegli assets che sono tipici della regolazione di carrozzine più sportive.

Tali migliorie non intendono portare lo strumento ad un livello sportivo professionale (dal momento che esistono differenze ben precise con le carrozzine sportive e tra le carrozzine sportive stesse) tuttavia saranno un valido elemento per imparare a gestire autonomamente i parametri che regolano le prestazioni in qualunque situazione e contemporaneamente gli permetteranno di essere più agile nell'adattarsi a situazioni che normalmente richiederebbero un mezzo differente. Parliamo in questo caso di percorsi outdoor (anche accidentati), assetti per una velocità maggiore o una reattività maggiore in sedute di allenamento personale, pratica di sport in luoghi pubblici senza la necessità di recarsi nei luoghi specifici gestiti dalle associazioni paraolimpiche etc.

In generale gli sarà possibile approcciarsi a tutta una serie di attività che un normodotato non ha problemi a svolgere e che invece un utilizzatore di sedia a rotelle deve collegare a condizioni e strutture limitate e vincolate.

Storyboard: movimenti

Rispetto ad una normale carrozzina il nostro concept si prefigge la possibilità di gestire una serie di parametri, in particolare il cambio rapido di assetto precedentemente concordato e la gestione dell'ampiezza del Camber.

Il cambio di assetto avviene spostando consecutivamente le ruote da una posizione all'altra tramite estrazione del perno quick release (QR). Questa operazione avviene direttamente dalla posizione seduta, inclinando il mezzo su una ruota sola e spostando l'altra (pratica già nota tra gli utilizzatori di carrozzine); l'azione si conclude ripetendo il movimento anche per la seconda ruota. Il resto della carrozzina, che segue la forma ad "S" del telaio cambia l'intero assetto dal momento che si sposta l'attacco della ruota sia in posizione orizzontale che verticale. Da qui si evince l'importanza di avere posizioni precedentemente concordate con un esperto, tuttavia la semplicità del sistema permette allo stesso utente di poter pianificare nuovi assetti, purché l'operazione sia svolta da una posizione esterna al mezzo.

Per quanto concerne il cambiamento dell'angolo di camber si è deciso di renderlo indipendente svincolato dal cambio di assetto. Ancora una volta si interviene a turno prima su un lato del mezzo e poi sul successivo regolando, tramite sistema meccanico, l'apertura o la chiusura di questo parametro; dal momento che deve essere possibile effettuare queste modifiche in corso d'uso, la posizione del comando deve essere raggiungibile dall'utente in posizione seduta e la misura del movimento deve essere visibile in ogni momento per evitare asimmetrie nel sistema.

3.0 SVILUPPO

Lo sviluppo di una carrozzina si struttura a partire dai vincoli legati alle misure antropometriche (minime e massime) che si desidera considerare e dagli ingombri della componentistica, sia essa standard o meno. Nonostante sia intenzione di questo procedimento cercare di approfittare il più possibile di componentistica standard la realizzazione delle parti non può avvalersi di eccessiva libertà; una volta definiti gli ingombri antropometrici degli utenti di riferimento bisogna contestualizzarle rispetto alla compatibilità con la posizione delle singole componenti mantenendo quel livello prestazionale di cui si è parlato in fase di concept.

Una volta definite le componenti che si desiderano mantenere è necessario suddividere le restanti tra quelle che necessitano di uno studio approfondito (attraverso l'uso del calcolo degli elementi finiti) e quali invece potranno avvalersi di un background industriale consolidato che li classifichi come sufficientemente affidabili in termini di morfologie, materiali, tecnologie e costi.

Per quanto riguarda i costi si è deciso sin da subito di non eseguire una stima del progetto finito dal momento che il costo di questi prodotti è fortemente influenzato dai mercati di riferimento e dalle diverse aree geografiche. Inoltre è già preventivamente possibile immaginare che il costo generale del mezzo possa cambiare, rispetto ad un modello già presente sul mercato, solo per quanto riguarda poche componenti che andremo a creare e il cui costo, più che sostituirsi a qualcosa di esistente andrà considerato come aggiuntivo in ogni caso. La direzione progettuale dovrà quindi favorire in partenza un'economia dei costi di queste componenti.

3.1 COMPONENTISTICA STANDARD

All'interno di una carrozzina esistono delle componenti che generalmente hanno una provenienza da fornitori esterni e altre che, pur essendo riprogettate di volta in volta, possono contare su un background consolidato al punto da non renderne necessaria la completa definizione.

Nel primo gruppo rientrano i seguenti elementi: supporti morbidi (cuscino della seduta e dello schienale), ruote anteriori (casters) e posteriori (con relativi attacchi e barre di spinta), strisce di supporto, freni, spondine e altre componenti di supporto specifiche.

Per quanto riguarda gli elementi che devono essere progettati di volta in volta troviamo i telai, gli attacchi e i nodi meccanici principali. Questi elementi possono essere riprogettati in un'ottica di innovazione materico/funzionale tenendo a mente l'universalità degli attacchi per la componentistica standard.

Tra la componentistica standard che si intende usare troviamo: ruote posteriori, caster, cuscino/straps, snodi e collarini per il blocco del saider.

Le ruote posteriori sono disponibili in una serie di misure e tipologie ben definite sul mercato e dal momento che già in fase di concept si è stabilita la necessità di rendere versatile il nostro mezzo la dimensione di ruote e copertoni non risulta vincolante. È invece importante che qualunque modello di ruota si sia scelto (presumibilmente in fase di pianificazione di acquisto o successivamente come upgrade ad opera dell'utente finale) abbia un attacco Quick Release standard con specifiche illustrate come in figura [41].

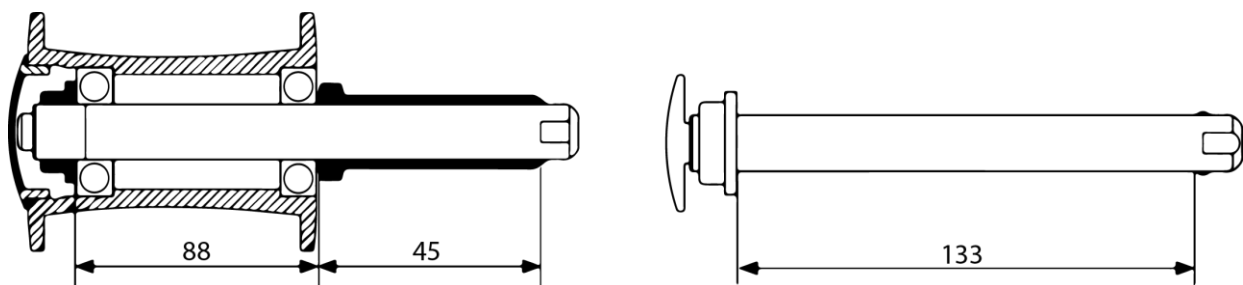


Figura 41: QR axle standard 133mm

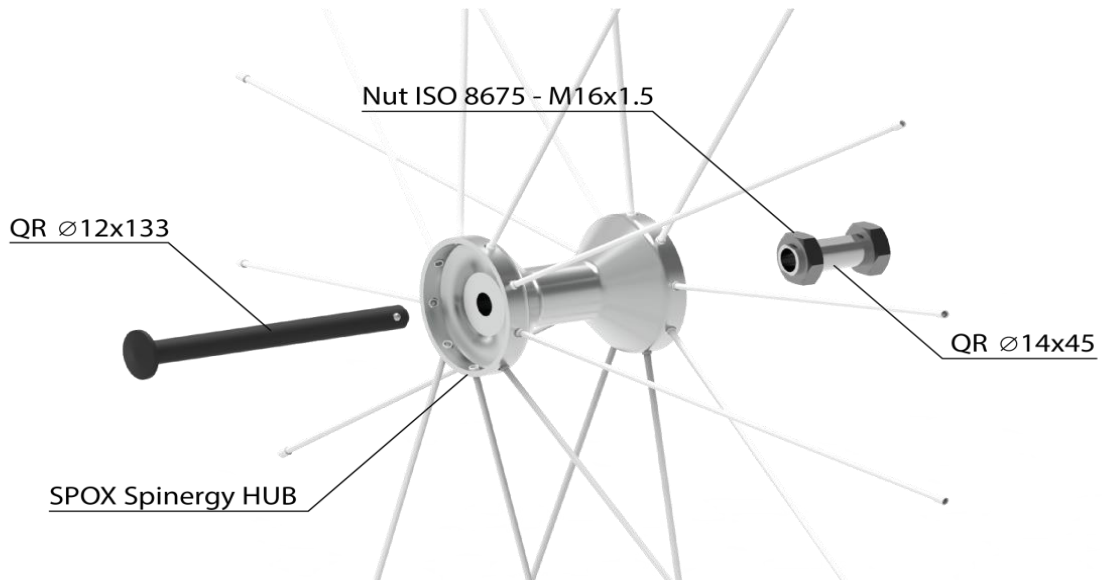


Figura 42: Rendering: QR axle Assembly

Come riferimento per la progettazione sono state scelte le ruote SPOX Everyday 26" di Spinergy, ruote molto performanti, con caratteristiche sportive ma concepite per l'uso quotidiano. Le ruote sono disponibili nei diversi formati per cui è stato pensato il concept e sono dotate di un mozzo con compatibilità QR. Questo modello di ruote e in generale la gamma sportiva di questo produttore si sono distinte sul mercato per il loro carattere sportivo innovativo pur restando nel settore delle carrozzine quotidiane.



Figura 43: Rendering SPOX everyday 26

Anche i *Caster* sono stati scelti rispetto al loro carattere innovativo; fermo restando che la carrozzina è stata progettata per essere flessibile rispetto alla sostituzione della componentistica di diversa misura (e che può quindi accogliere praticamente tutte le misure di Caster disponibili). Abbiamo dunque optato per il modello *BIG-RIGS* con ruote *EPIC Aluminum Narrow Court Caster 3 x 1* del marchio *FROG LEG*.

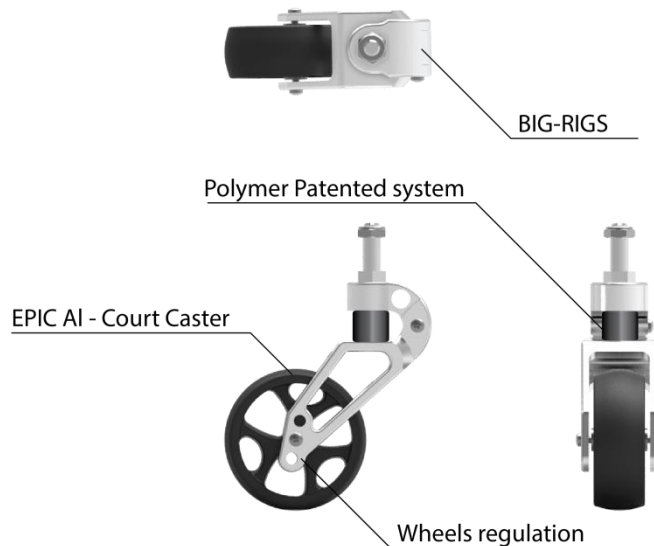


Figura 44: Rendering: Frog Leg

Cuscini e Straps non costituiscono un problema di produzione ma sono essenzialmente una scelta di tipo commerciale, lo spessore dei cuscini considerato in fase di progettazione fa riferimento allo standard di 50 mm che copre la maggior parte dei prodotti disponibili sul mercato, mentre le altre dimensioni dipendono strettamente dalle misure antropometriche dell'utente. Gli Straps di supporto sia per la seduta che per lo schienale rientrano nella stessa categoria, la versatilità di questi prodotti ha permesso di non avere particolari vincoli progettuali nella creazione delle altre componenti. In ogni caso si è fatto riferimento in maniera generica ai prodotti della linea *JAY GO* della ditta *Jay Cushions & Backs*.

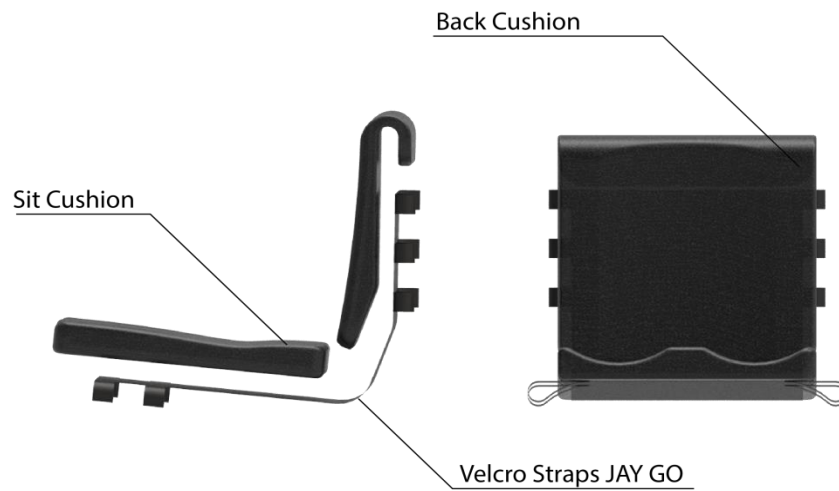


Figura 45: Rendering: JAY GO

La carrozzina è concepita per avere una struttura il più rigida possibile, le tre macro aree in cui è stato suddiviso il telaio necessitano di collegamenti meccanici in grado di preservare questa rigidità. Dopo attente ricerche su quello che offriva il mercato della meccanica delle congiunzioni si è deciso di inserire nel progetto due elementi prodotti per scopi industriali che in passato sono stati utilizzati su carrozzine leggere proprio per la loro rigidità e affidabilità.

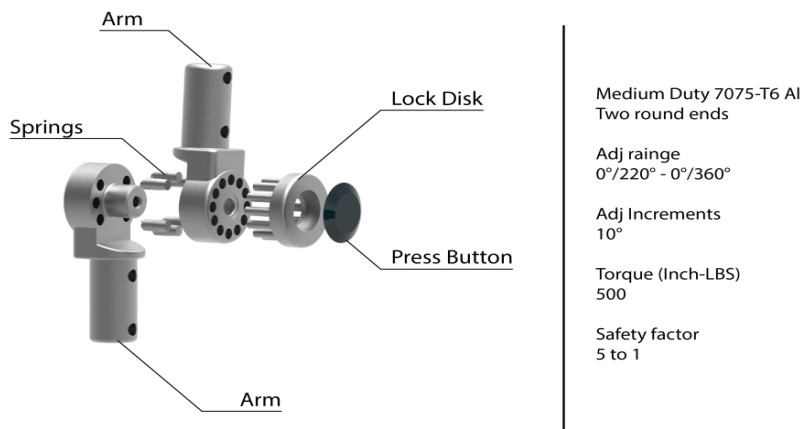


Figura 46: Rendering: Variloc Esploso

Questi snodi (uno per collegare il telaio centrale con il poggiatesta e il secondo per lo schienale) sono prodotti meccanici con comando a spinta azionabile direttamente in corso d'uso; inoltre bisogna sottolineare che i limiti strutturali forniti dall'azienda superano con un margine cinque volte superiore gli standard di carico per questi prodotti; questo ha semplificato le operazioni di progettazione di altre componenti risolvendo contemporaneamente i problemi di regolazione degli angoli e quello della chiusura della carrozzina.

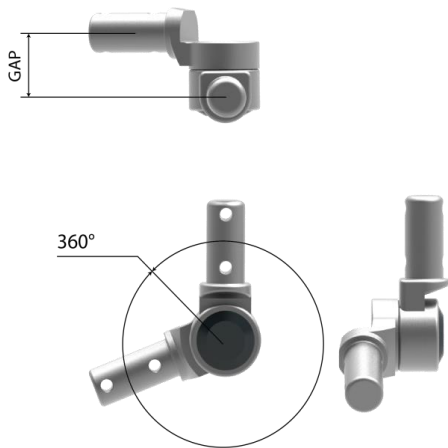


Figura 47: Variloc 360° medium duty Al

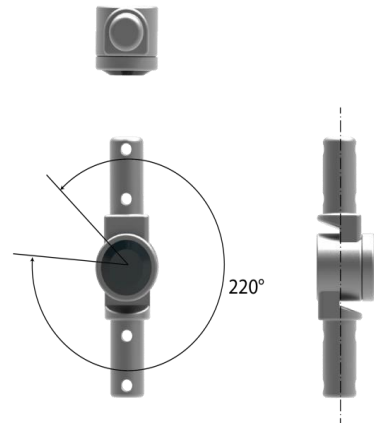


Figura 48: Variloc 220° medium duty Al

L'unione tra telaio e giunzioni rotanti Variloc, nonostante la compatibilità di materiali per la saldabilità, è stata definita attraverso elementi di giunzione meccanica, questo perchè il Sider viene inserito nel telaio e regolato solo successivamente alla fase di produzione. Per questo motivo tutte le 8 estremità dei tubolari che ospitano ciascuna uno dei due bracci che compongono il Variloc sono forate per il passaggio di minuteria; inoltre è stato necessario produrre un componente su misura, in materiale plastico, per adattare il diametro del telaio a quello delle giunzioni.

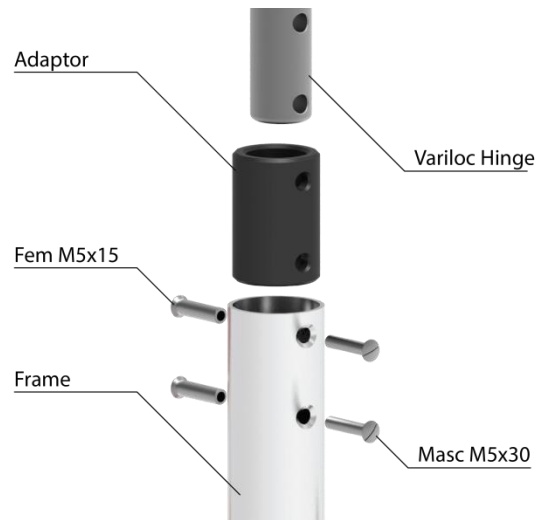


Figura 49: Rendering: Congiunzione Variloc/Telaio

Da ultimo si è deciso di utilizzare dei collarini tipicamente usati nel campo del ciclismo per mantenere in posizione i due Sider; questi collarini (o Shaft Collar) sono prodotti a partire da un progetto standard da cui è possibile ottenere geometrie su misura. La peculiarità di questo elemento è la versatilità nella movimentazione: queste componenti permettono infatti al telaio di essere alleggerito da ulteriori lavorazioni (intenzione che avevamo dichiarato precedentemente) e conferiscono all'intero progetto la flessibilità nel controllare l'avanzamento/arretramento del guscio. La funzione dei collarini sarà meglio contestualizzata nella descrizione delle componenti responsabili delle varie regolazioni.



Figura 50: Rendering: Staff-Lock progetto personalizzato

3.2 SCELTA DEI MATERIALI

La scelta dei materiali si è focalizzata su un numero esiguo di componenti che non è stato possibile equiparare ad altri già esistenti o per i quali è stato necessario riconsiderarne la funzionalità; nello specifico parliamo di telaio, di Sider e delle principali congiunzioni meccaniche (collegamento con il tubo trasversale, attacco Caster e attacco poggiapiedi).

Per quanto riguarda il telaio sono state valutate le diverse opzioni già esistenti sul mercato per scegliere poi il materiale più adatto rispetto a parametri di: producibilità, target, adattabilità a diverse componenti e semplicità di assemblaggio/regolazione. Le congiunzioni, separate dal telaio in un'ottica di aumento della gestibilità delle singole componenti, sono state studiate rispetto ad esempi già presenti su altri prodotti; da ultimo, il Sider, è stato valutato in diverse declinazioni materiche da verificare attraverso analisi degli elementi finiti.

Telaio

Le carrozzine ultraleggere sono spesso costituite da materiali leggeri ma resistenti; le carrozzine più performanti sono costruite con telai in carbonio il cui costo però grava in modo determinante sul prezzo finale. Il titanio rimane una scelta ancora diffusa, nonostante sul mercato inizino ad affacciarsi acciai ad altissime prestazioni in grado di raggiungere spessori minimi (475 decimi di millimetro) in grado di competere alla pari per resistenza meccanica e alla corrosione. L'alluminio, forte delle leghe di ultima generazione e delle più recenti tecniche di idroformatura (che hanno permesso di aumentare la complessità strutturale dei semilavorati), si presenta come la scelta con il miglior rapporto qualità prezzo. Inoltre, sempre riguardo all'alluminio, bisogna sottolineare il carattere industriale, dal momento che, se prodotto in quantità discrete, il costo dei semilavorati scende vertiginosamente; fenomeno facilmente riscontrabile anche nel settore del ciclismo dove i prodotti entry level destinati ad un grande pubblico fanno affidamento proprio su queste leghe. La scelta dell'alluminio presenta poi il vantaggio di poter lavorare con spessori più consistenti rispetto a carbonio, acciaio e titanio; questo fattore è preferibile dal momento che si intende sfruttare collegamenti mobili o riposizionabili direttamente a contatto con le pareti dei tubi.

Congiunzioni

Le tre congiunzioni presenti nel progetto sono responsabili del collegamento con parti strutturali e di appoggio. Generalmente queste componenti sono prodotte in materiale metallico pressofuso o lavorato a CNC, a seconda dei tipi di volumi di vendita che ci si aspetta. I materiali più usati sono le leghe di alluminio per la loro leggerezza ma è facile anche trovare componenti in fibra di carbonio accoppiata a giunzioni in acciaio. La presenza di tutte e tre le congiunzioni non è scontata in una carrozzina, dal momento che si preferisce creare gli attacchi direttamente sul telaio saldando piccole congiunzioni tubolari o inserti; questa opzione non è stata vagliata dal momento che questo progetto prevede una certa flessibilità nel cambio di assetto che coinvolge anche la disposizione di tutte e tre le congiunzioni e dal momento che il telaio deve essere semplificato in termini di lavorazione e complessità.

Per queste ragioni si è deciso di sfruttare in modo diverso la microfusione di leghe di alluminio creando delle congiunzioni in grado di lavorare alla stregua degli attacchi per biciclette.

Sider

Il Sider è un nuovo componente di discrete dimensioni. Per valutare diverse opzioni materiche si è tenuto conto, nell'ordine, di: complessità morfologica, tenuta meccanica e leggerezza del componente. Per la complessità e le grosse dimensioni si è da subito scartata la fibra di carbonio materiale perfetto sia in termini di resa meccanica che di leggerezza ma con costi eccessivi; materiali metallici microfusi avrebbero creato invece un problema di peso mentre un polimero avrebbe disatteso le proprietà meccaniche.

Nel mondo del ciclismo e dell'automotive sono da tempo disponibili prodotti polimerici stampabili ad iniezione caricati con una percentuale di fibre di carbonio che va dal 5% al 40%; questi componenti sono sfruttati per le loro alte proprietà meccaniche, la leggerezza rispetto a metalli pressofusi e il loro costo ammortizzabile come un normale componente in plastica stampata.

Tra le varie opzioni (presenti a catalogo di fornitori specifici del settore del ciclismo) si è deciso di considerare tre diverse varianti polimeriche caratterizzate dalla presenza di fibre di carbonio corte in percentuali diverse e di valutarle in corso di analisi degli elementi finiti facendo emergere i differenti comportamenti sotto sforzo. I tre materiali, prodotti dal fornitore di materie prime Torayca sono: ABS CF18 (18% Short carbon fiber reinforced) PC-CF5+GF8 (8% Short carbon fiber reinforced) e PA66-CF30 (30% Short carbon fiber reinforced).

3.3 PROGETTAZIONE

Percorso progettuale

La progettazione della componentistica responsabile delle regolazioni dell'assetto e del camber ha seguito il seguente percorso: innanzitutto è stato impostato un assetto standard per misura media maschile (50° percentile) inserendo gli elementi standard e gli ingombri minimi; successivamente sono stati marcati i principali posizionamenti possibili delle ruote studiando i diversi assetti del mezzo spostando lungo le direzioni X e Y la posizione dell'asse delle ruote e considerando il resto come un corpo rigido.

Con queste informazioni si è disegnato un primo telaio declinato per coprire un range di misure che comprendesse contemporaneamente i parametri relativi alle dimensioni delle ruote e le misure antropometriche degli utenti (dal 5° femminile al 95° maschile). Solo a questo punto è stato possibile ipotizzare una struttura laterale rigida Sider in grado di accogliere le diverse posizioni che si volevano raggiungere. Questa struttura è stata poi contestualizzata rispetto alla congiunzione con il telaio e con gli altri elementi. Nello specifico si è deciso di strutturare il Sider come un elemento rigido in grado di ruotare sugli stessi semilavorati del telaio, bloccandone la corsa con un collegamento trasversale rigido, normalmente identificato come l'asse di congiunzione delle ruote. Il collegamento tra i due elementi è stato pensato per consentire la regolazione del Camber mentre, per i movimenti del sider, è previsto l'uso di boccole per la scorrevolezza sul telaio.

Il sistema di fissaggio delle boccole delle ruote è stato sviluppato mantenendo come linee guida la rigidità del sistema in fase di uso e la flessibilità nel settaggio. Al fine di ridurre il peso del sider si è deciso di utilizzare un secondo elemento direzionabile che faccia da collegamento tra la boccola e il sider stesso. Questo ha permesso di progettare la geometria come un reticolato aperto e rigido, risparmiando in materiale e peso. La necessità di spostare le 2/3 boccole (per non averne una fissa in ogni posizione) avrebbe reso il sider in materiale plastico inadatto alla tipologia di carico esercitata, gli elementi orientabili permettono invece di gestire in modo diverso le forze in gioco.

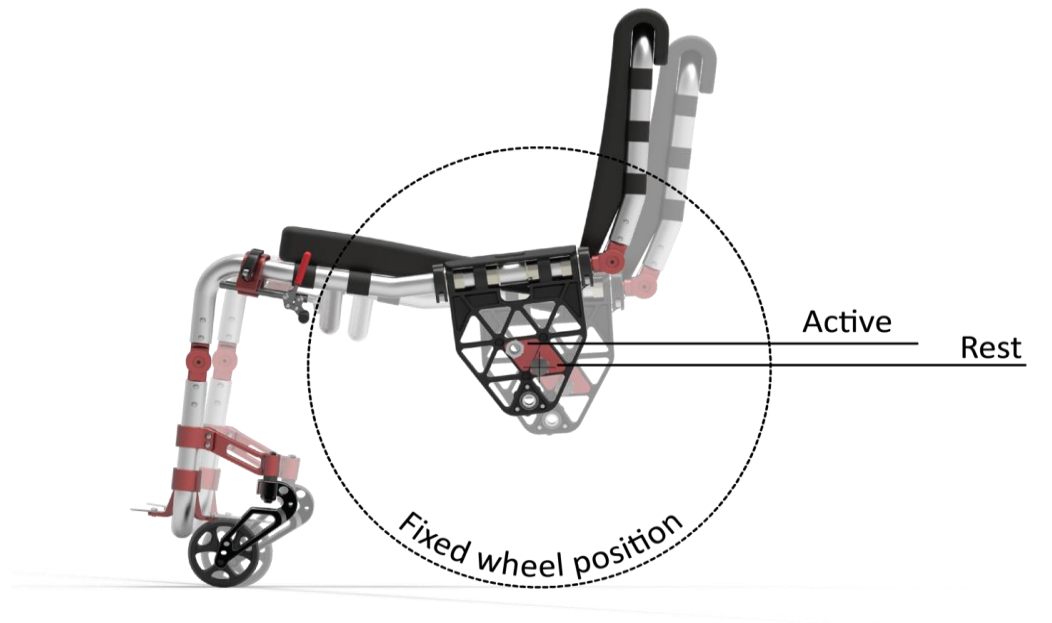


Figura 51: Render - macro spostamento del telaio al variare della posizione della ruota

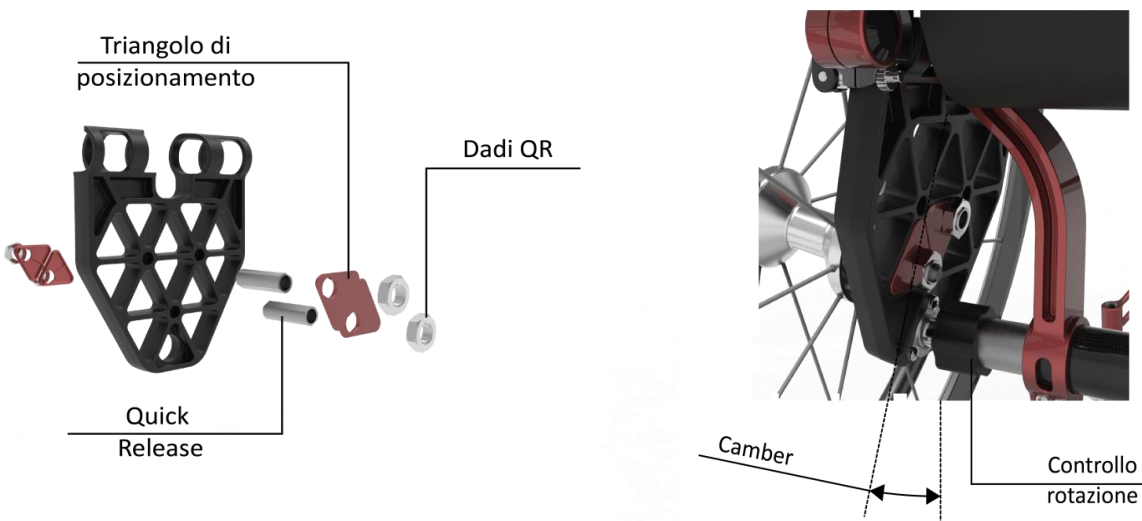


Figura 52: Render – esploso del sistema di gestione dell'assetto

Figura 53: Render – Elementi di controllo variazione camber

Telaio

Per progettare un telaio da carrozzina leggera bisogna considerare contemporaneamente la capacità di resistenza della struttura, la componentistica con cui dovrà interagire e le misure dell'utente. La maggior parte delle carrozzine di questa categoria garantisce un alto livello di personalizzazione rispetto alle misure antropometriche dell'utente, il nostro concept si prefigge lo scopo di poter contribuire in questo senso già con altre componenti ed è quindi necessario sviluppare un telaio che sia in grado di collaborare con questi altri elementi al fine di garantire un livello pari o superiore di personalizzazione.

Il telaio si divide in 3 macro aree collegate da elementi di giunzione mobili. Queste tre aree (schienale, parte centrale e parte frontale), per rispettare gli standard di tenuta, sono strutturate a partire dai semilavorati più comunemente utilizzati nel settore.

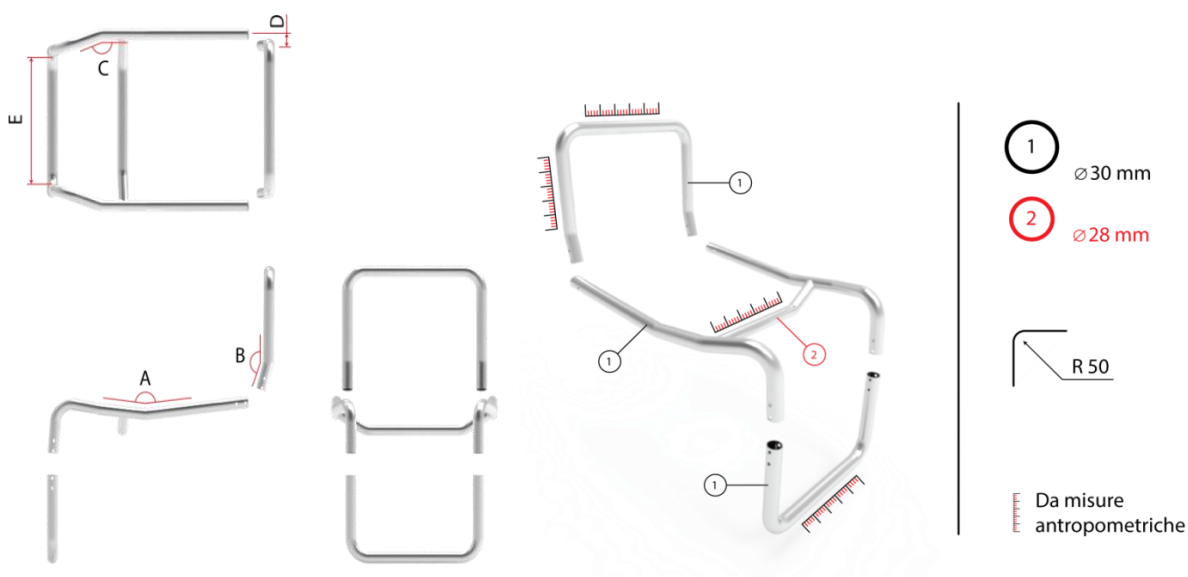


Figura 54: Render – Accorgimenti morfologici

Figura 55: Render – Parametrizzazione del telaio

Le tre parti che compongono il telaio sono costituite da 5 tubolari piegati con utensile unico a raggio 50; un diametro diverso, 28 mm, è stato scelto per il tubo trasversale del gruppo seduta per necessità di saldabilità. Entrambi i modelli di tubolare hanno spessore 1,5mm, scelto rispetto ai

valori più comunemente usati in questo settore. Nell'immagine [3.3.4] sono visibili le parti parametrizzabili in fase di produzione: il tubo trasversale controlla la larghezza della seduta andando a definire anche la larghezza del tubo dello schienale e il tubo del poggiatesta, mentre lo schienale è progettato secondo altezze standard.

In figura [3.3.3] sono invece visibili alcuni elementi morfologici che si sono resi necessari in fase di progettazione: (A) angolo laterale della seduta è il risultato dell'accoppiamento con il Sider, che vedremo successivamente, in relazione con l'apertura/chiusura dell'angolo di Camber. Questo angolo di 12° limita il problema del Toe In andando a correggere l'inclinazione dell'assetto che, a causa degli elementi in gioco, risulta volumetrica e non piana. (B) Angolo dello schienale di 15°, permette allo schienale di essere ribaltato frontalmente a 90° tenendo conto dello spessore dei cuscini. (C/E) Sono due misure che riducono l'ingombro frontale permettendo l'uso di cinghie per il blocco degli arti inferiori e contemporaneamente creano un elemento di protezione e stabilità; il valore non è parametrizzato ma calcolato rispetto all'ampiezza del bacino. (D) Gap schienale/guscio è relativo alle misure dello snodo *VARILOC 360° medium duty aluminum locking hinges*.

Congiunzioni

Tra le congiunzioni rientrano gli attacchi per le ruote frontali, il supporto per la pedana e lo snodo che collega in modo rigido telaio, sider e tubo trasversale. Originariamente questo snodo è un elemento dalle dimensioni ridotte, in materiale metallico ottenuto attraverso fusione o lavorazione CNC. Rispetto ad un modello comune lo snodo del nostro progetto è stato riadattato per vincolare in modo rigido la posizione del sider, limitando i movimenti del sistema di regolazione del camber. Tutte e tre le componenti sono state progettate tenendo come punti di riferimento la leggerezza e la semplificazione produttiva; essendo componenti pressofusi (opzione preferita al CNC per la complessità delle forme) si è cercato di limitare al massimo la complessità dello stampo eliminando sottosquadri e lavorando su strutture nervate piuttosto che massicce.

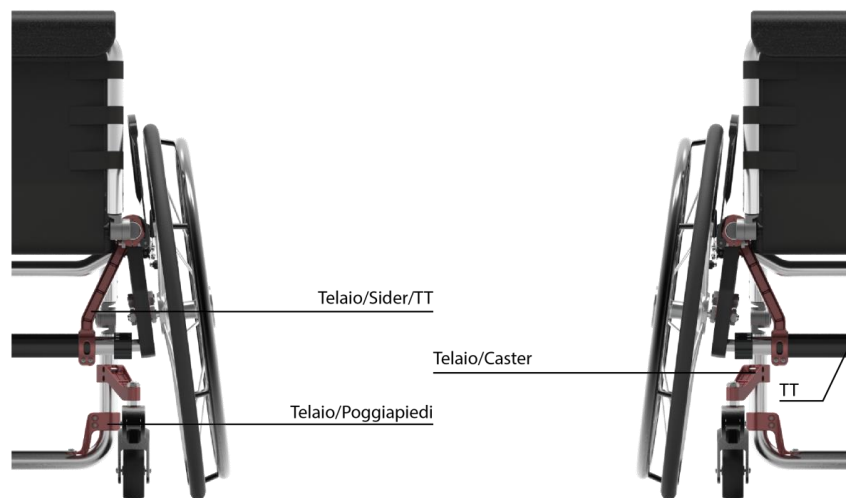


Figura 56: Render – vista delle principali congiunzioni

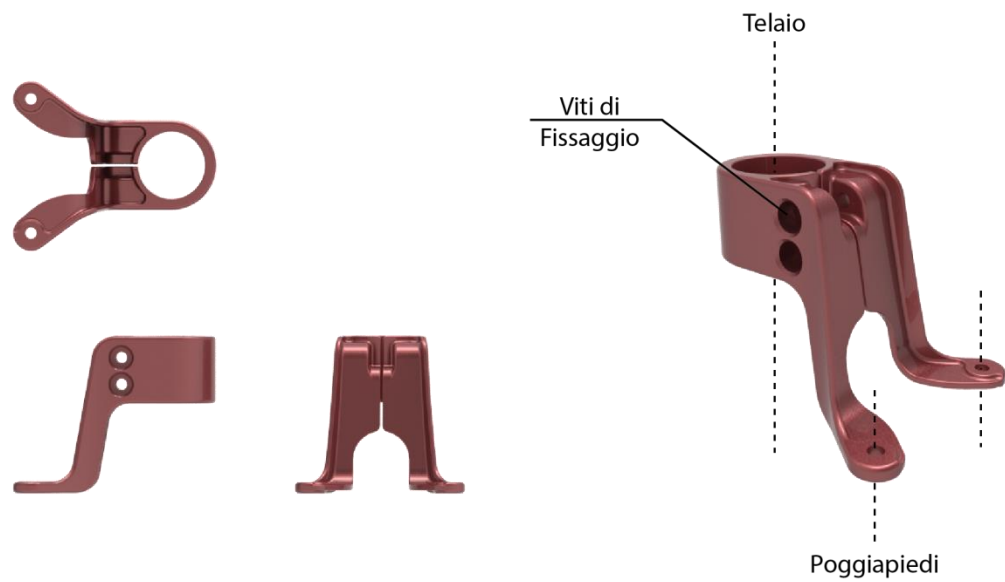


Figura 57: Render – Congiungente telaio inferiore/pedana poggiapiedi

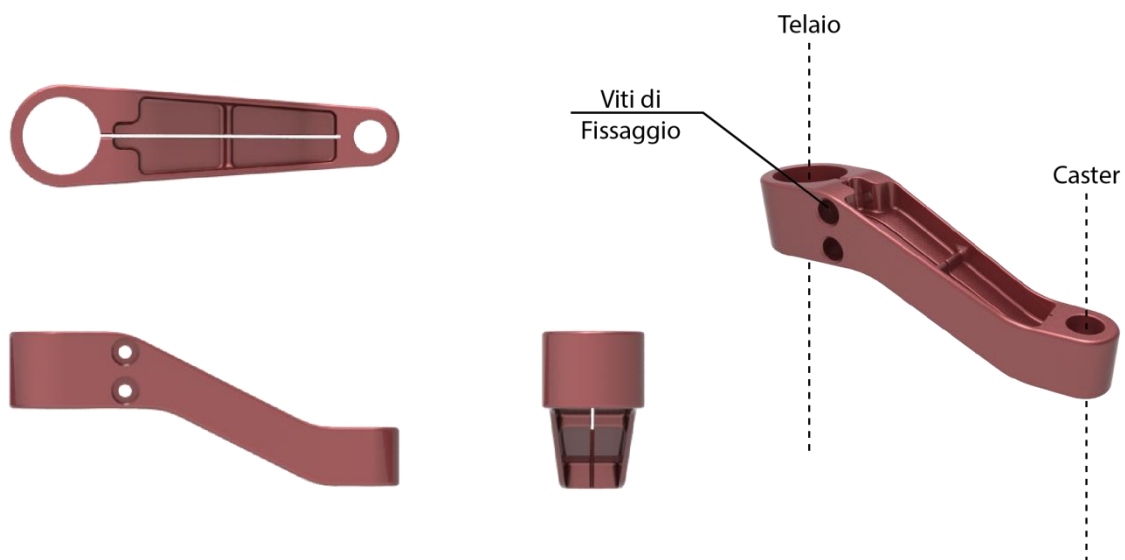


Figura 58: Render – Congiungente telaio inferiore/ attacco caster



Figura 59: Render – Congiungente telaio centrale/Tubo trasversale

Freni

I freni per carrozzine non hanno subito grandi variazioni nel corso degli anni e solo recentemente si sono visti esempi di innovazione sulla scia dei moderni freni a disco del settore ciclistico. Queste nuove tipologie sono state prese in considerazione solo nelle prime fasi ma, dato il loro carattere sperimentale, si è deciso di ragionare utilizzando dei comuni freni presenti in commercio (resta il fatto che l'area responsabile della frenata sarà nei prossimi anni uno dei principali punti di innovazione di questi mezzi di trasporto).

In un concept dove la posizione della ruota è in continuo movimento è necessario avere dei freni in grado di adattarsi a questa mobilità; per ovviare a questo problema, dal momento che i freni per carrozzina sono saldamente fissati al telaio, si è ricorso un'altra volta all'uso di clamp per potere gestire l'avanzamento o l'arretramento di questi elementi lungo il telaio. Per far questo sono state apportate delle modifiche ai comuni freni presenti sul commercio, prevedendo che in fase di cambiamento dell'assetto all'utente sia richiesto di spostare a turno entrambi i freni prima di cambiare la posizione della ruota.

Sider

Con il termine “Sider” si identifica il componente principale del progetto, ossia l’elemento che definisce le diverse posizioni per la ruota. Dal momento che si è resa evidente già nelle prime fasi l’impossibilità di gestire la complessità dell’oggetto mantenendo una struttura solida ed efficiente questo elemento è stato diviso in ulteriori componenti.

Inizialmente si era deciso di declinare il Sider come un componente polimerico che contenesse già al suo interno tutti i QR in modo fisso, “annegati” nel materiale già in fase di produzione industriale. Questa linea è stata superata dal momento che l’utente sarebbe stato eccessivamente facilitato nel cambiare assetto provocando errori o rischi posturali; inoltre si sarebbe dovuto fare i conti con un aumento in termini di: peso, componenti ripetute e complessità di produzione del pezzo. Per questi motivi si è cercata una diversa via progettuale che semplificasse il componente limitando il carico diretto sul polimero.

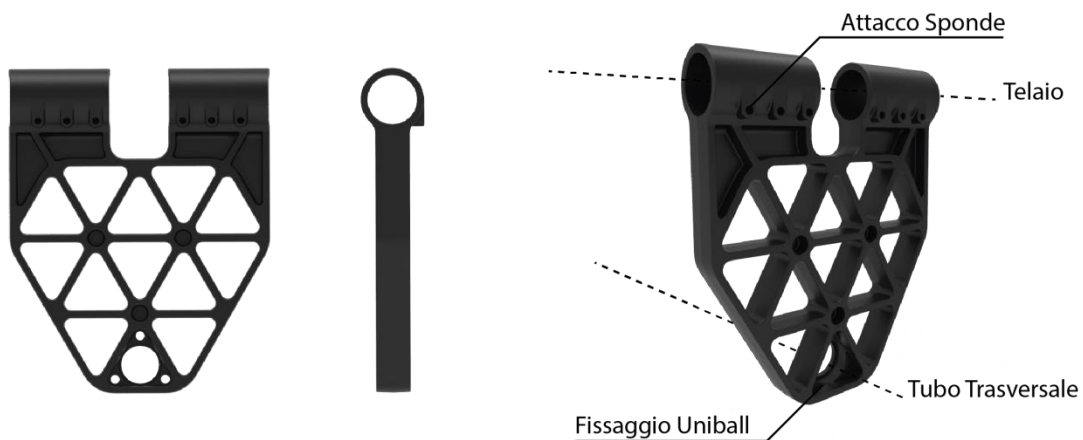


Figura 60: Render - Sider

Sider: Attacco QR (assetto)

Il risultato ottenuto sono due calotte orientabili, inserite in una struttura leggera ma morfologicamente rigida e mantenute in posizione dal QR bloccato con l'uso di controdadi. Così facendo il carico delle forze in gioco è stato spostato dai bordi del sider polimerico (fragili) alle facce interne della struttura triangolare abbondantemente inclinate ($2,5^\circ$ di sforno).

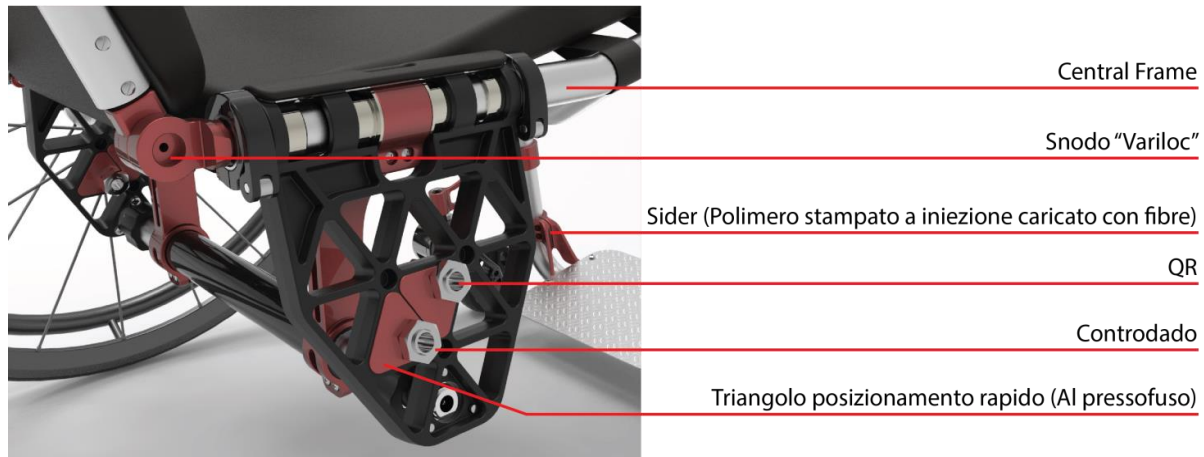


Figura 61: Render – elementi del sistema di regolazione di assetto

Il collegamento tra sider e telaio è stato affrontato immaginando che il primo fosse inserito direttamente sul secondo e che tra i due ci fosse libertà di rotazione assiale. Il diametro della zona di contatto è stato pensato per accogliere delle boccole standard al fine di aumentarne la scorrevolezza; da ultimo sono stati selezionati dei collarini per bloccare la traslazione lungo l'asse del telaio.

Sider: Camber System

La difficoltà maggiore si è avuta nel definire il collegamento inferiore tra sider e tubolare trasversale. Quest'ultimo, un semilavorato in carbonio, è stato collegato con un elemento rigido direttamente al telaio superiore e al sider con un sistema meccanico composto da un elemento filettato inserito all'interno del tubo trasversale. Segue una manopola collegata ad un elemento estraibile filettato a sua volta, connesso con il sider tramite due uniball. La doppia presenza

dell'uniball si è resa necessaria dal momento che il movimento del sistema esige un doppio grado di libertà lungo l'asse del movimento laterale. Tutti questi componenti, ad esclusione della manopola, sono elementi meccanici presenti sul mercato con limiti di carico elevato, al punto da non dover considerare l'ipotesi di valutarne la tenuta attraverso calcolo matematico.



Figura 62: Render – elementi del sistema di regolazione dell'angolo delle ruote

Il sistema così concepito permette di poter gestire l'ampiezza del Camber attraverso la rotazione della manopola; il filetto è stato definito per ridurre lo sforzo necessario a scapito di una regolazione più lenta dal momento che l'intera operazione è concepita per essere eseguita da una posizione di utilizzo della carrozzina.

Sider: FEM

L'analisi FEM è un processo che va semplificato e schematizzato il più possibile in configurazioni che prevedano l'uso del minor numero di piani possibili nello spazio. Nel nostro caso tuttavia è necessario capire il comportamento di un particolare componente in una situazione di carico fortemente vincolata alla variazione di angoli in tutti e tre i piani dello spazio tridimensionale. Per questo motivo si è optato per l'analisi di un modello 3D solido cercando di eliminare il più possibile le componenti non necessarie sostituendole con vincoli superficiali o al più rendendo infinitamente rigidi quegli elementi di cui si è era certi riguardo la tenuta meccanica.

Di seguito viene riportata la struttura della carrozzina e le forze in gioco a livello di sistema; queste forze saranno da contestualizzare rispetto alla semplificazione del modello destinato all'analisi.

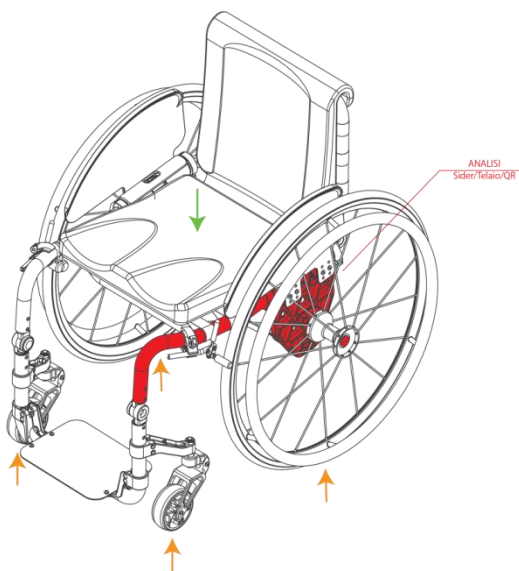


Figura 64: Ambito dell'analisi

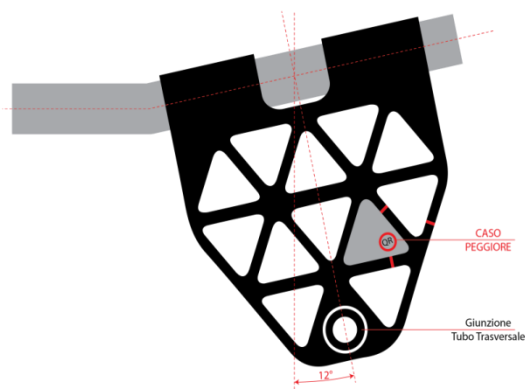


Figura 63: Caso critico

Dal momento che si intende verificare la tenuta di un solo componente attraverso diverse declinazioni materiche l'analisi coinvolge principalmente il gruppo laterale che comprende: Sider, porzione di telaio, QR e Perno ruota.

Il carico del sistema è stato valutato rispetto ad un normale utilizzo (e non partendo da un caso limite) distribuendo il carico sulla seduta in modo disomogeneo rispetto ai punti di pressione e considerando i punti di appoggio sul terreno che determinano le forze vincolari opposte dal mezzo.

Si è poi scelto di identificare tra le posizioni possibili per l'attacco alla ruota quella che a livello teorico avrebbe costituito il caso limite. Dal momento che il telaio lavora essenzialmente a sbalzo rispetto all'asse delle ruote e che il variare di questo rispetto all'attacco del tubo trasversale costituisce un momento notevole nella struttura del sider sono state escluse da subito le posizioni comprese tra il centro e la parte frontale della carrozzina. Tra le restanti sono state considerate contemporaneamente la distanza dal tubo trasversale e i punti più deboli della struttura.

Di seguito sono riportati entrambi gli schemi delle due analisi svolte, la prima riguarda il sistema in condizione di Camber pari a 0° , nella seconda è stato impostato un angolo di Camber massimo di 15° così com'è definito dal progetto.

4.3 ANALISI DEGLI ELEMENTI FINITI

Le aree in cui sono stati applicati i carichi (identificate dal colore verde) corrispondono ai punti di pressione del cuscino sul telaio. La forza applicata, 350N pari alla metà del valore del peso di una persona media, è stata distribuita in modo disomogeneo andando a gravare maggiormente nella parte posteriore; la distribuzione segue l'andamento dei due diversi carichi vincolari che sono invece stati applicati sulla parte frontale del telaio (20% F totale) e sul perno della ruota (80% F totale). Le congiunzioni e i punti di ancoraggio sono stati vincolati limitando a zero gli spostamenti e le rotazioni sui tre assi a seconda dei movimenti permessi. Relazioni di contatto sono state applicate tra i diversi elementi ed è stato impostato un piano di simmetria sull'intero sistema. Gli elementi che non è stato possibile sostituire con dei vincoli per necessità del calcolatore sono stati impostati con caratteristiche di infinita rigidità, questo è stato possibile dal momento che sono componenti standard la cui tenuta non è sotto esame.

Telaio e triangoli di fissaggio sono stati da subito definiti nei materiali mentre il Sider è stato valutato rispetto a 4 diverse varianti di polimeri caricati con fibra di carbonio al fine di trovare il migliore per proprietà meccaniche. Tutte e quattro le varianti materiche sono prodotti del settore in commercio, progettate per componenti meccaniche dalle stesse aziende che operano nel settore del ciclismo e delle protesi sportive in generale.

CAMBER 0°

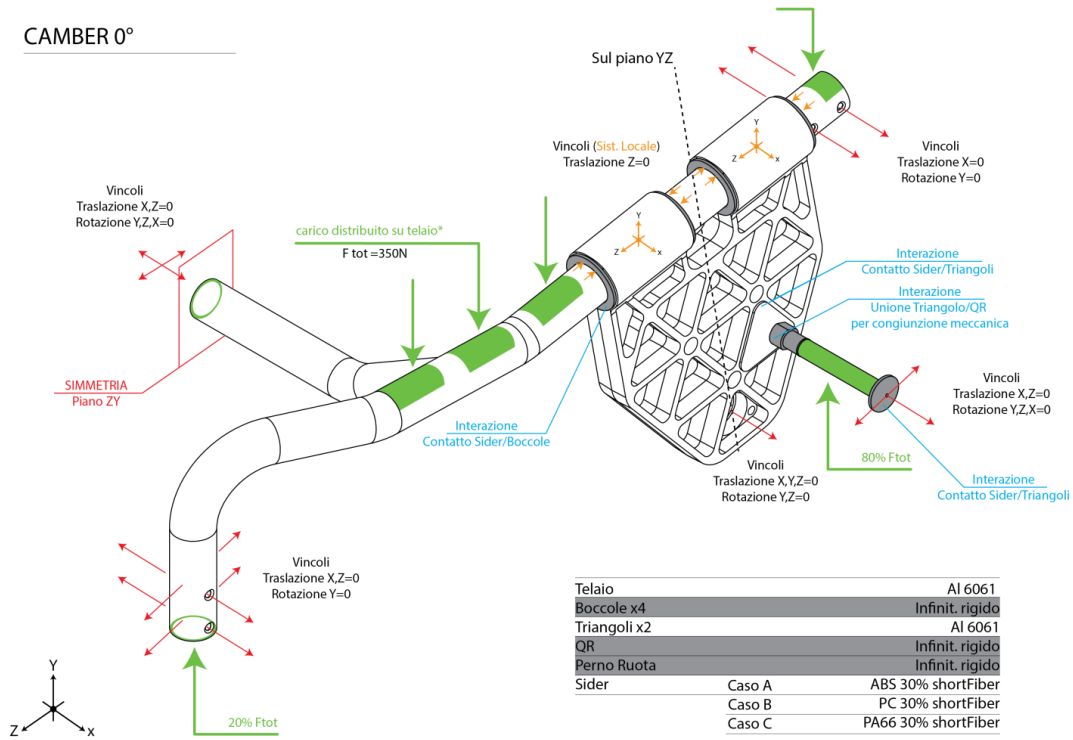


Figura 65

CAMBER 15°

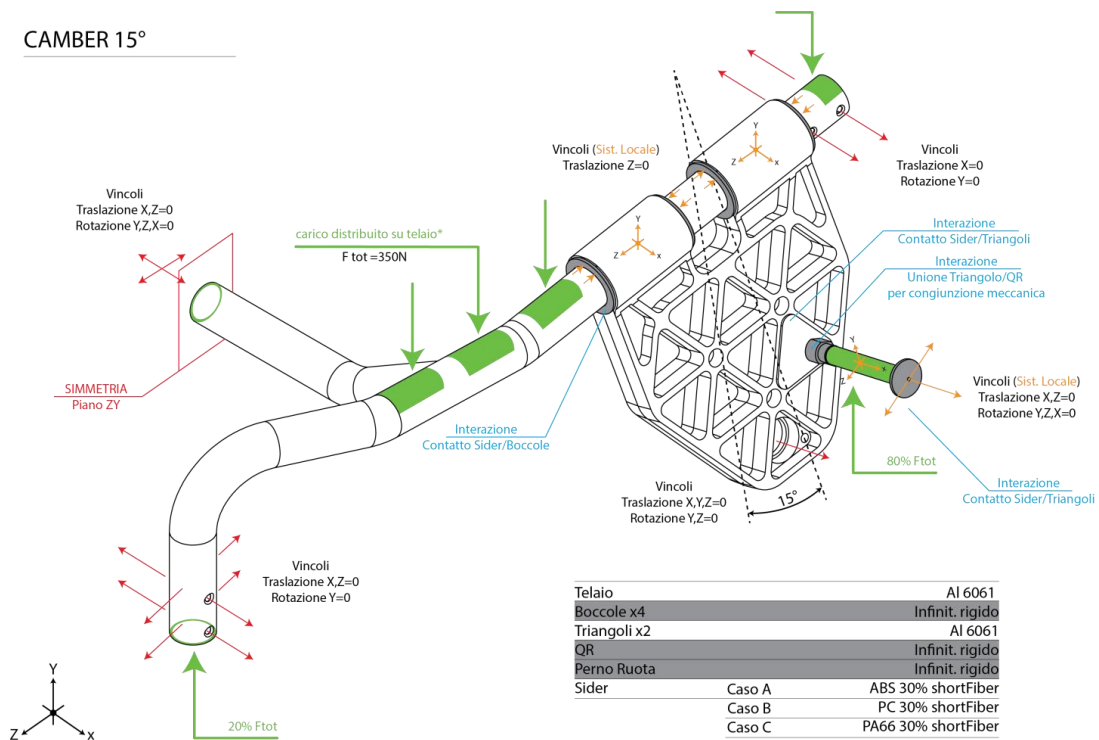


Figura 66

Informazioni sul modello

Elemento	Nome/Caratteristica	Proprietà volumetriche
	Telaio Corpo solido	Massa:0.30703 kg Volume:113.715 cm ³ Densità:0.0027 kg/cm ³ Spessore:0.306822 kgf
	Sider Corpo solido	Massa:0.334581 kg Volume:274.923 cm ³ Densità:0.001217 kg/cm ³ Spessore:0.334354 kgf
	Elemento triangolare Corpo solido	Massa:0.00679311 kg Volume:2.51596 cm ³ Densità:0.0027 kg/cm ³ Spessore:0.0067885 kgf
	Elemento triangolare Corpo solido	Massa:0.00679311 kg Volume:2.51596 cm ³ Densità:0.0027 kg/cm ³ Spessore:0.0067885 kgf

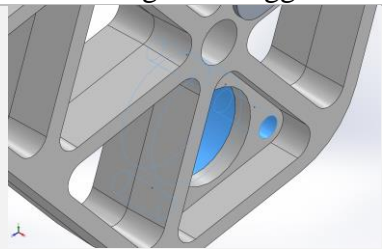
Proprietà di studio

Proprietà studio	Analisi statica ABS(18%)CF
Nome studio	
Tipo di analisi	Analisi statica
Tipo di mesh	Mesh mista
Effetto termico:	Attivo
Opzione termica	Includi carichi di temperatura
Temperatura di deformazione zero	298 Kelvin
Tipo di solver	FFEPlus
Opzioni di unione non congruenti	Automatica
Attrito	Disattivo

Unità

Sistema di unità:	Metrico (G)
Lunghezza/Spostamento	mm
Temperatura	Celsius
Velocità angolare	Hertz
Pressione/Sollecitazione	N/mm ² (MPa)

Carichi e fissaggi

Nome fissaggio	Immagine fissaggio	Dettagli fissaggio	
Collegamento Sider/Uniball		Entità:	4 facce
		Tipo:	Su facce cilindriche
		Traslazione:	---, ---, 0
		Rotazione:	---, ---, ---
		Unità:	mm, rad

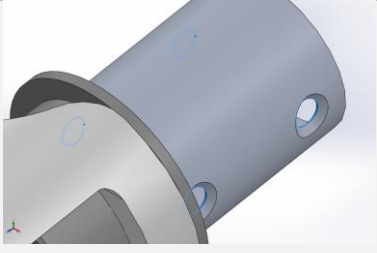
Forze risultanti

Componenti	X	Y	Z	Risultante
Forza di reazione(kgf)	-2.01135	0.511959	0.0605905	2.07636
Momento di reazione(kgf.cm)	0	0	0	1.01972e-032

Simmetria del modello		Entità:	1 facce
		Tipo:	Simmetria


Forze risultanti

Componenti	X	Y	Z	Risultante
Forza di reazione(kgf)	1.50219	-1.74961e-005	-5.02411e-005	1.50219
Momento di reazione(kgf.cm)	0	0	0	1.01972e-032

<p>Giunzione Varilock</p>		<p>Entità: 4 facce Tipo: Su facce cilindriche Traslazione: ---, ---, 0 Rotazione: ---, ---, --- Unità: mm, rad</p>
-------------------------------	---	--

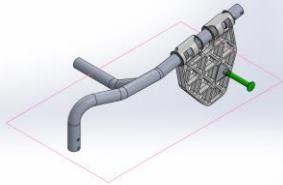
Forze risultanti

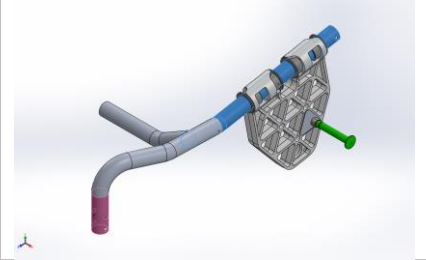
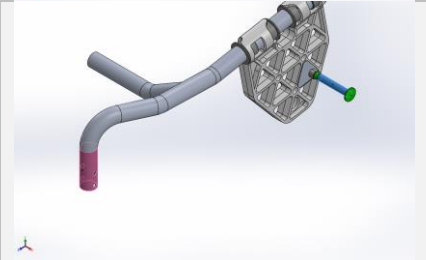
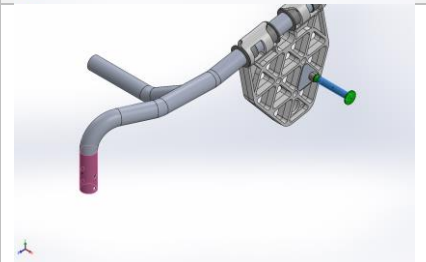
Componenti	X	Y	Z	Risultante
Forza di reazione(kgf)	2.32127	0.00254209	-0.0020579	2.32127
Momento di reazione(kgf.cm)	0	0	0	1.01972e-032

<p>Giunzione Variloc</p>		<p>Entità: 4 facce Tipo: Geometria fissa</p>
------------------------------	--	---

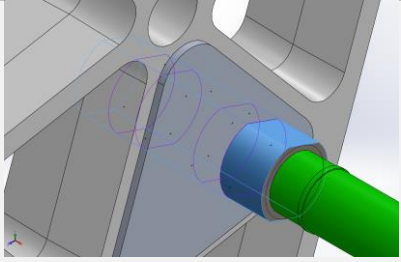
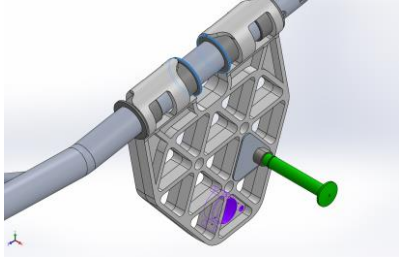
Forze risultanti

Componenti	X	Y	Z	Risultante
Forza di reazione(kgf)	-0.421721	6.12298	-0.000113877	6.13749
Momento di reazione(kgf.cm)	0	0	0	1.01972e-032

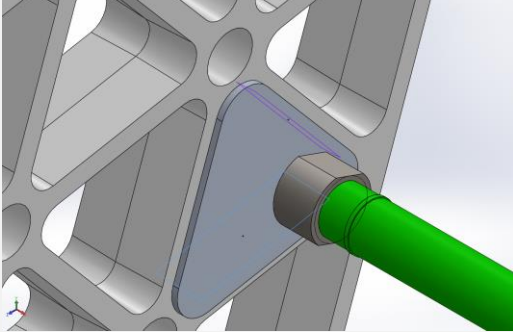
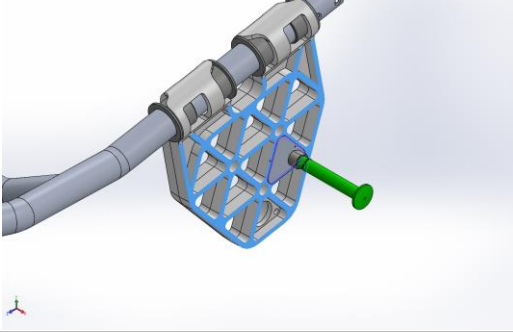
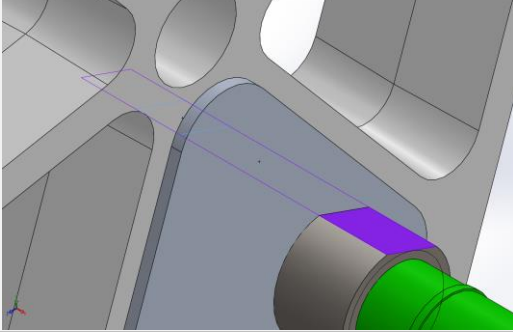
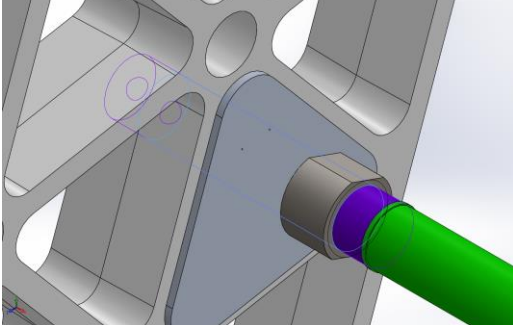
Nome del carico	Immagine carico	Dettagli carico
<p>Gravità</p>		<p>Riferimento: Piano superiore Valori: 0 0 -9.81 Unità: SI</p>

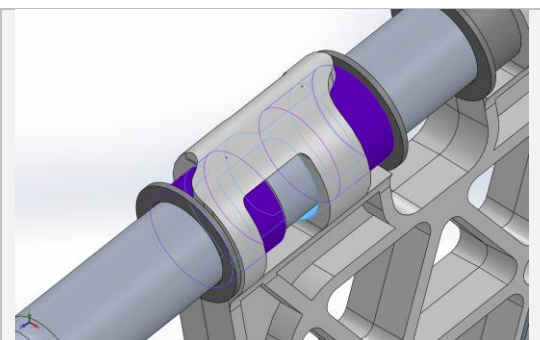
F1		Entità: 3 facce Riferimento: Telaio Tipo: Applica forza Valori: ---, ---, 350 N Momenti: ---, ---, --- N.m
F2		Entità: 1 facce Riferimento: QR Tipo: Applica forza Valori: ---, ---, -300 N Momenti: ---, ---, --- N.m
F3		Entità: 4 facce Riferimento: Telaio Tipo: Applica forza Valori: ---, ---, -50 N Momenti: ---, ---, --- N.m

Connettori

Nome del connettore	Dettagli connettore	Immagine connettore
Connettore rigido QR/Bolt	Entità: 12 facce Tipo: Rigida	
Connettore rigido Congiunzione Al	Entità: 7 facce Tipo: Rigida	

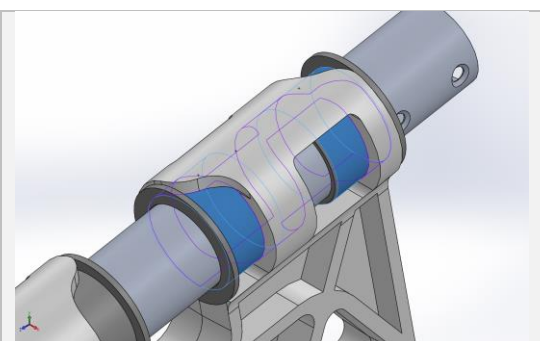
Informazioni di contatto

Contatto	Immagine contatto	Proprietà contatto
<p>Gruppo di contatto</p> <p>Pareti interne Sider/Triangolo</p>		<p>Tipo: Coppia di contatto unita</p> <p>Entità: 2 facce</p>
<p>Gruppo di contatto</p> <p>Faccia esterna Sider/Triangolo</p>		<p>Tipo: Coppia di contatto unita</p> <p>Entità: 2 facce</p>
<p>Gruppo di contatto</p> <p>QR/Triangolo</p>		<p>Tipo: Coppia di contatto unita</p> <p>Entità: 2 facce</p>
<p>Gruppo di contatto</p> <p>QR maschio/femmina</p>		<p>Tipo: Coppia di contatto unita</p> <p>Entità: 2 facce</p>

<p>Gruppo di contatto</p> <p>Sider/Boccole</p>		<p>Tipo: Coppia di contatto senza compenetrazione</p> <p>Entità: 3 facce</p>
--	--	--

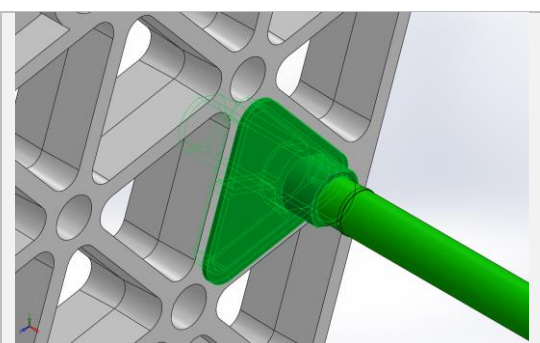
Forza contatto/attrito

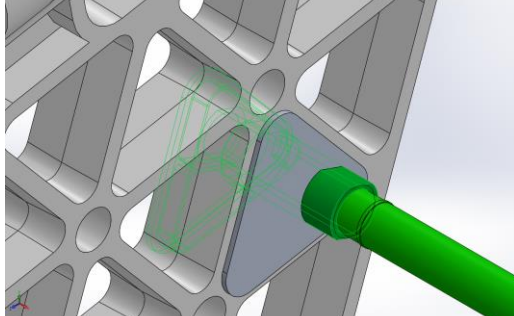
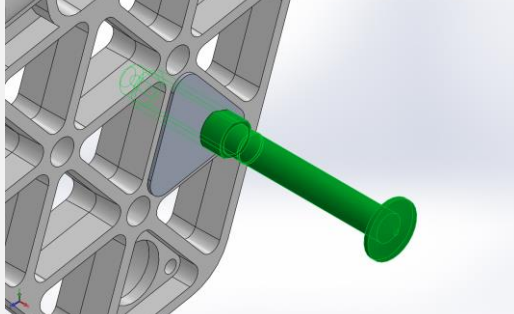
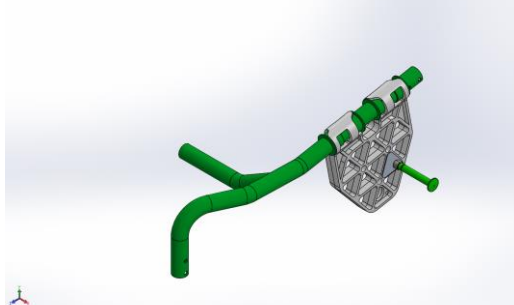
Componenti	X	Y	Z	Risultante
Forza di contatto(kgf)	-1.7107	-1.0576	-0.19558	2.0207

<p>Gruppo di contatto</p> <p>Sider/Boccole</p>		<p>Tipo: Coppia di contatto senza compenetrazione</p> <p>Entità: 3 facce</p>
--	---	--

Forza contatto/attrito

Componenti	X	Y	Z	Risultante
Forza di contatto(kgf)	-6.3226	4.7115	0.87331	7.9332

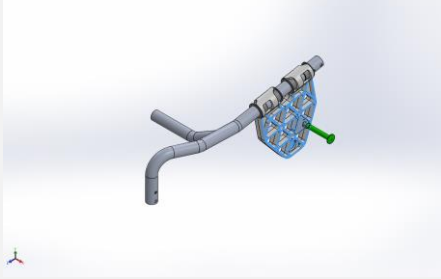
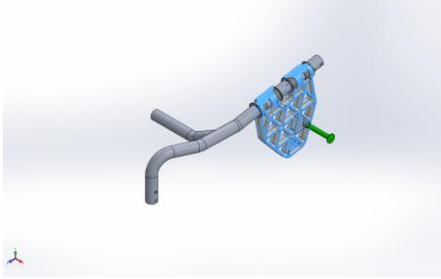
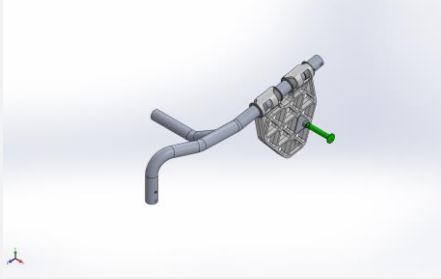
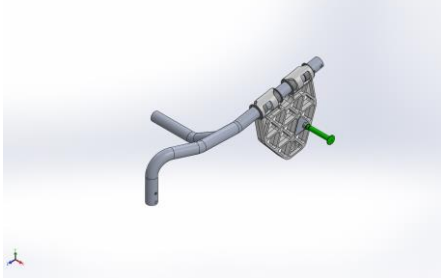
<p>Contatto</p> <p>QR/Triangolo est.</p>		<p>Tipo: Unito</p> <p>Componenti: 2 Corpo/i del solido</p> <p>Opzioni: Mesh non congruente</p>
--	--	--

<p>Contatto QR/Triangolo int.</p>		<p>Tipo: Unito Componenti: 2 Corpo/i del solido Opzioni: Mesh non congruente</p>
<p>Contatto QR Maschio/Femmina</p>		<p>Tipo: Unito Componenti: 2 Corpo/i del solido Opzioni: Mesh non congruente</p>
<p>Contatto Telaio/Boccole</p>		<p>Tipo: Unito Componenti: 5 componenti Opzioni: Mesh non congruente</p>

Informazioni MESH

Tipo di mesh	Mesh mista
Mesher usato:	Mesh basata su curvatura
Punti Jacobiani	4 Punti
Verifica Jacobiana per shell	Attivo
Dimensione massima elemento	15.0385 mm
Dimensione elemento minima	3.00771 mm
Qualità della mesh	Ottima
Nodi totali	156539
Elementi totali	87342
Tempo per completare la mesh (hh:mm:ss):	00:00:05

Dettagli sensori

Nome sensore	Ubicazione	Dettagli sensore
Spostamento1		Valore : Entità :16 facce Risultato :Spostamento Componente :URES: spostamento risultante Criterio :Massimo sulle entità selezionate Criterio fase : Attraverso tutte le fasi Fase num.:1 Valore di avvertimento: NA
Sollecitazione1		Valore : Entità :26 facce Risultato :Sollecitazione Componente :VON: sollecitazione von Mises Criterio :Massimo sulle entità selezionate Criterio fase : Attraverso tutte le fasi Fase num.:1 Valore di avvertimento: è maggiore di 0 N/m ²
Sensori1		Valore : Entità : Risultato :Deformazione Componente :ESTRN: deformazione equivalente Criterio :Massimo del modello Criterio fase : Attraverso tutte le fasi Fase num.:1 Valore di avvertimento: NA
Sollecitazione2		Valore : Entità : Risultato :Sollecitazione Componente :VON: sollecitazione von Mises Criterio :Massimo del modello Criterio fase : Attraverso tutte le fasi Fase num.:1 Valore di avvertimento: NA

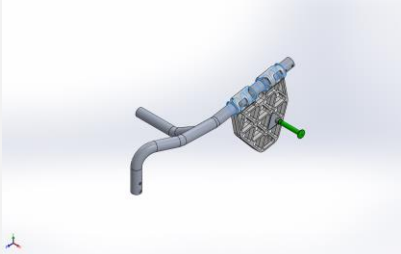
Forze risultanti

Gruppo selezione	Unità	Somma X	Somma Y	Somma Z	Risultante
Modello intero	kgf	0.00236006	11.2656	-2.73622	11.5931


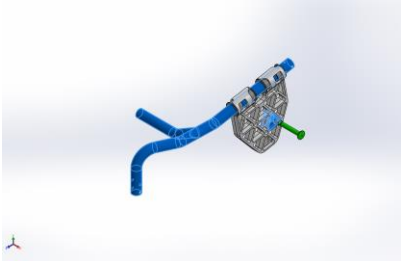
Momenti di reazione

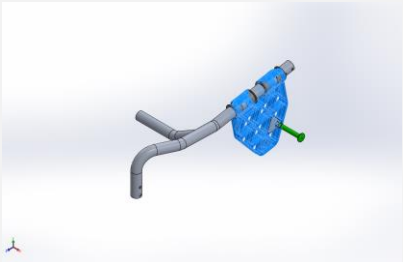
Gruppo selezione	Unità	Somma X	Somma Y	Somma Z	Risultante
Modello intero	kgf.cm	0	0	0	1.01972e-032

Proprietà materiale

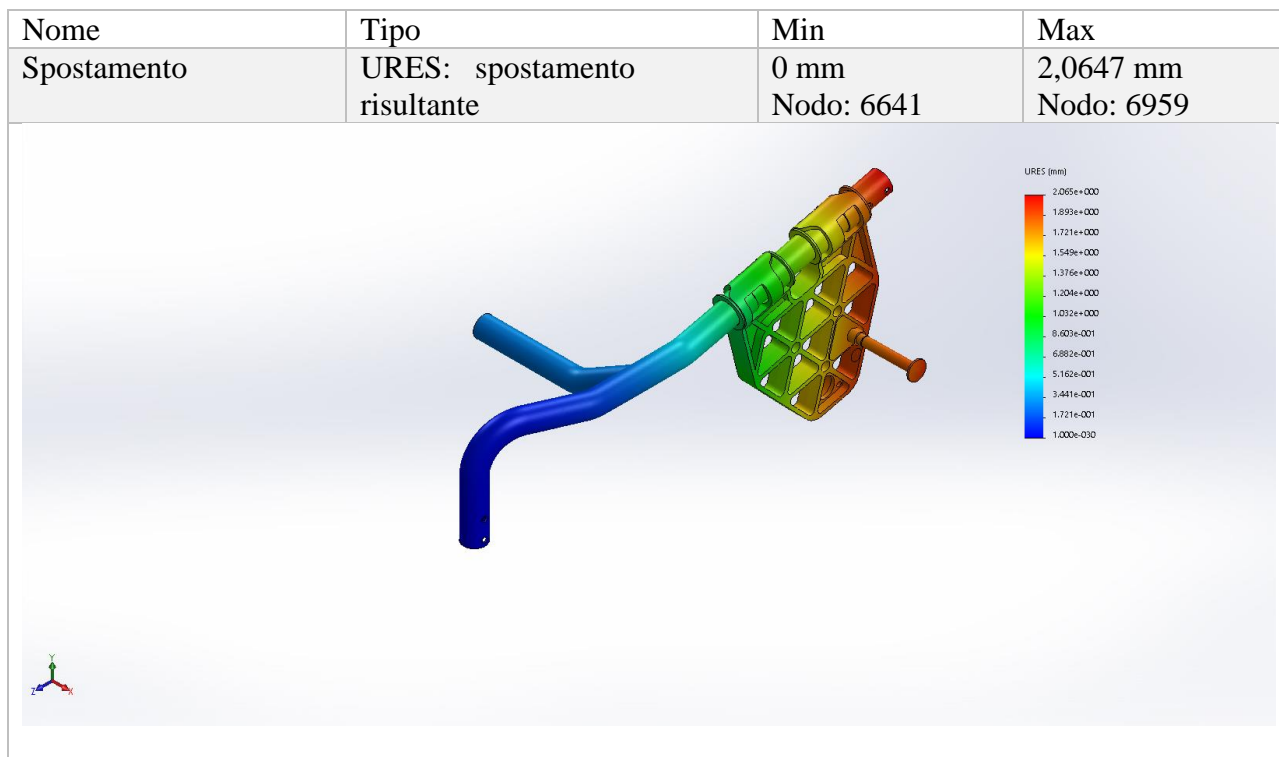
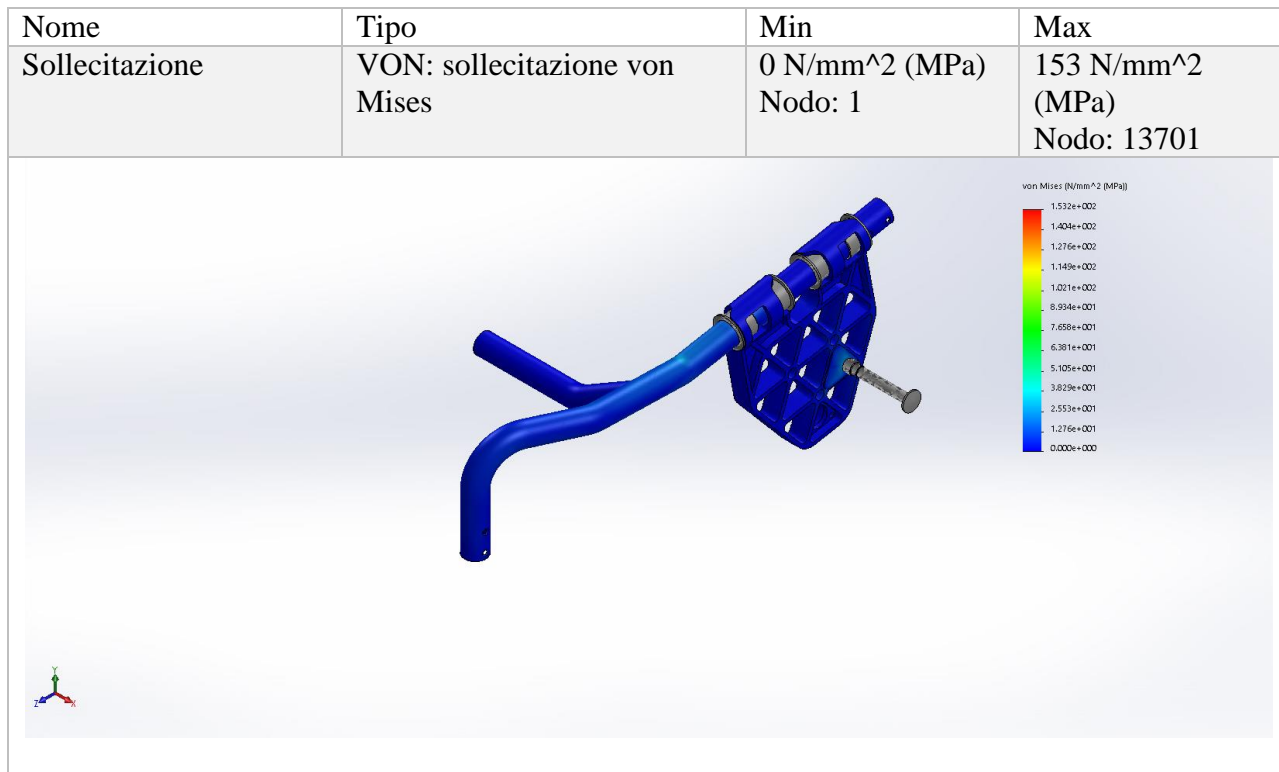
Riferimento modello	Proprietà	Componenti
	<p>Nome: 2.0060 (Cu-ETP)</p> <p>Tipo di modello: Isotropico elastico lineare</p> <p>Fallimento di default: Non conosciuto</p> <p>Snervamento: 200 N/mm²</p> <p>Resistenza alla trazione: 250 N/mm²</p> <p>Modulo elastico: 120000 N/mm²</p> <p>Coefficiente di Poisson: 0.34</p> <p>Densità di massa: 8900 g/cm³</p> <p>Modulo di taglio: 47000 N/mm²</p> <p>Coefficiente di espansione termica: 1.7e-005 /Kelvin</p>	Boccole

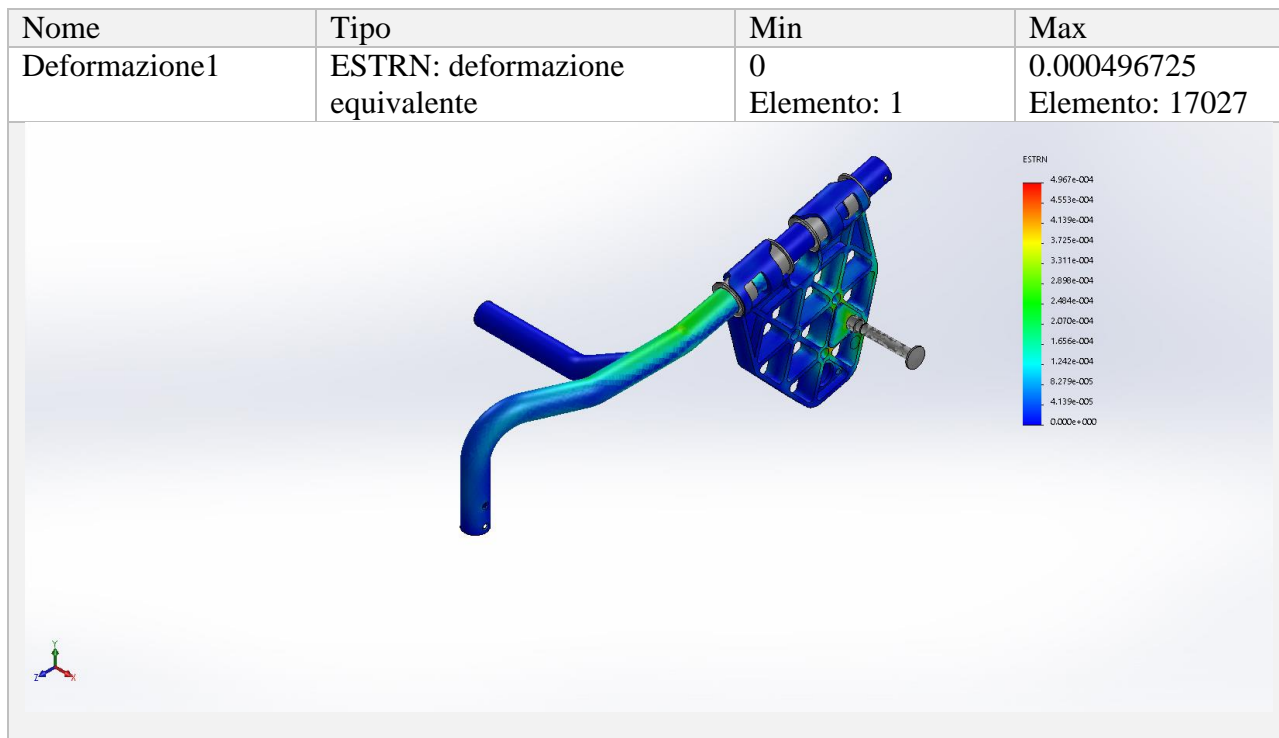
Dati curva:N/A

	<p>Nome: AISI A2, acciaio da utensili</p> <p>Tipo di modello: Isotropico elastico lineare</p> <p>Fallimento di default: Non conosciuto</p> <p>Modulo elastico: 203000 N/mm²</p> <p>Coefficiente di Poisson: 0.285</p> <p>Densità di massa: 7860 g/cm³</p> <p>Modulo di taglio: 78000 N/mm²</p> <p>Coefficiente di espansione termica: 1.1e-005 /Kelvin</p>	<p>QR axle&nut</p>
	<p>Nome: Lega 6061</p> <p>Tipo di modello: Isotropico elastico lineare</p> <p>Fallimento di default: Non conosciuto</p> <p>Snervamento: 55.1485 N/mm²</p> <p>Resistenza alla trazione: 124.084 N/mm²</p> <p>Modulo elastico: 69000 N/mm²</p> <p>Coefficiente di Poisson: 0.33</p> <p>Densità di massa: 2700 g/cm³</p> <p>Modulo di taglio: 26000 N/mm²</p> <p>Coefficiente di espansione termica: 2.4e-005 /Kelvin</p>	<p>Telaio Triangoli</p>

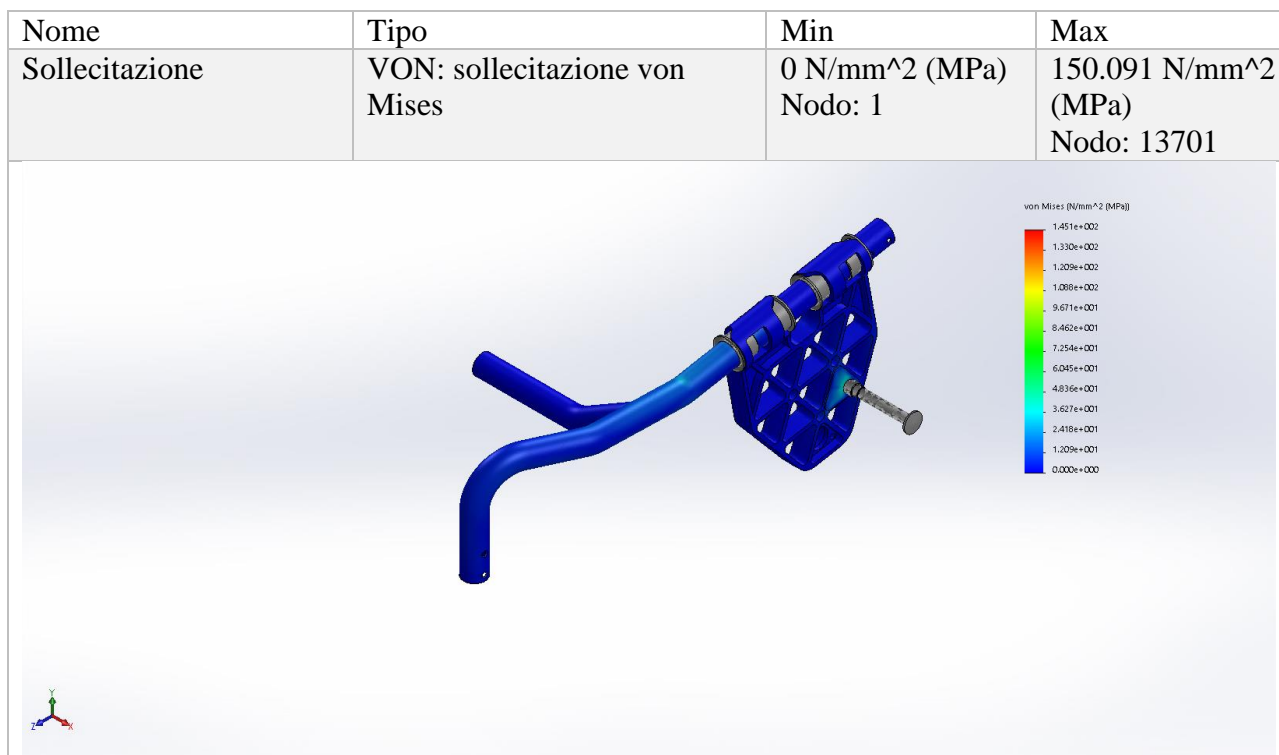
	<p>Nome: PA 30% Short Fiber Tipo di modello: Isotropico elastico lineare Fallimento di default: Non conosciuto Snervamento: 264 N/mm² Modulo elastico: 23000 N/mm² Coefficiente di Poisson: 0.35 Densità di massa: 1217 g/cm³ Modulo di taglio: 20000 N/mm²</p>	<p>Sider</p>
<p>VARIANTE</p>	<p>Nome: PA 30% Short Fiber Tipo di modello: Isotropico elastico lineare Fallimento di default: Non conosciuto Snervamento: 264 N/mm² Modulo elastico: 23000 N/mm² Coefficiente di Poisson: 0.35 Densità di massa: 1217 g/cm³ Modulo di taglio: 20000 N/mm²</p>	<p>-</p>
<p>VARIANTE</p>	<p>Nome: PA 30% Short Fiber Tipo di modello: Isotropico elastico lineare Fallimento di default: Non conosciuto Snervamento: 264 N/mm² Modulo elastico: 23000 N/mm² Coefficiente di Poisson: 0.35 Densità di massa: 1217 g/cm³ Modulo di taglio: 20000 N/mm²</p>	<p>-</p>

Risultati studio ABS 18% Short Carbon Fiber

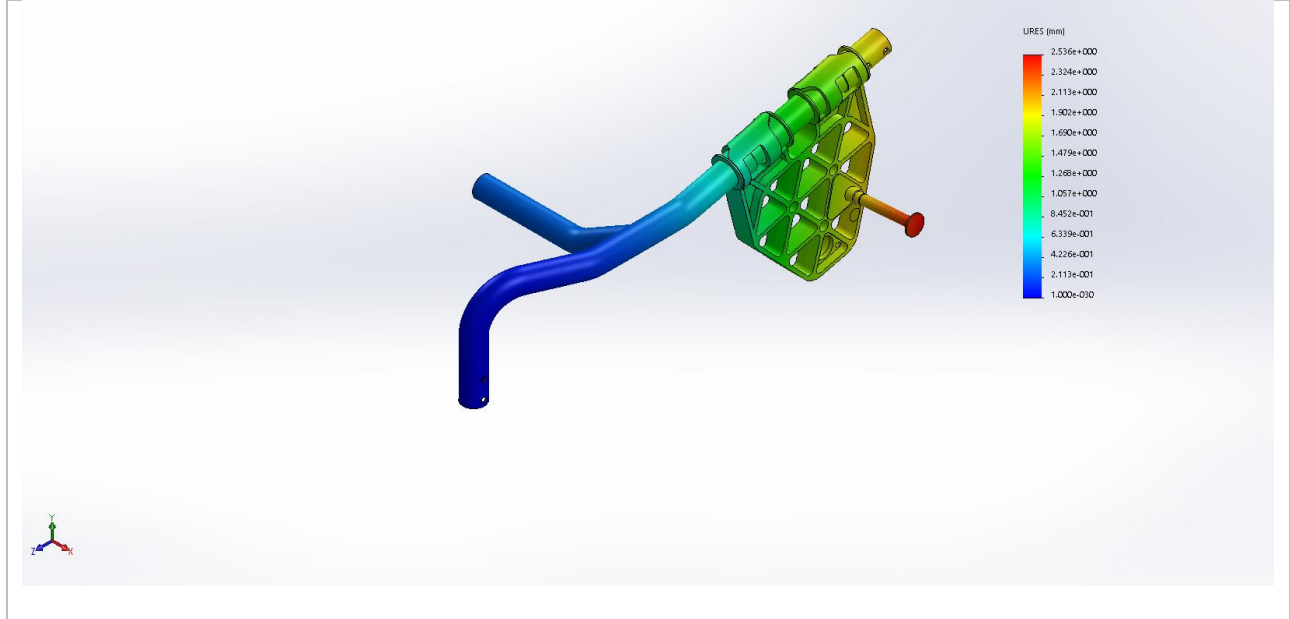




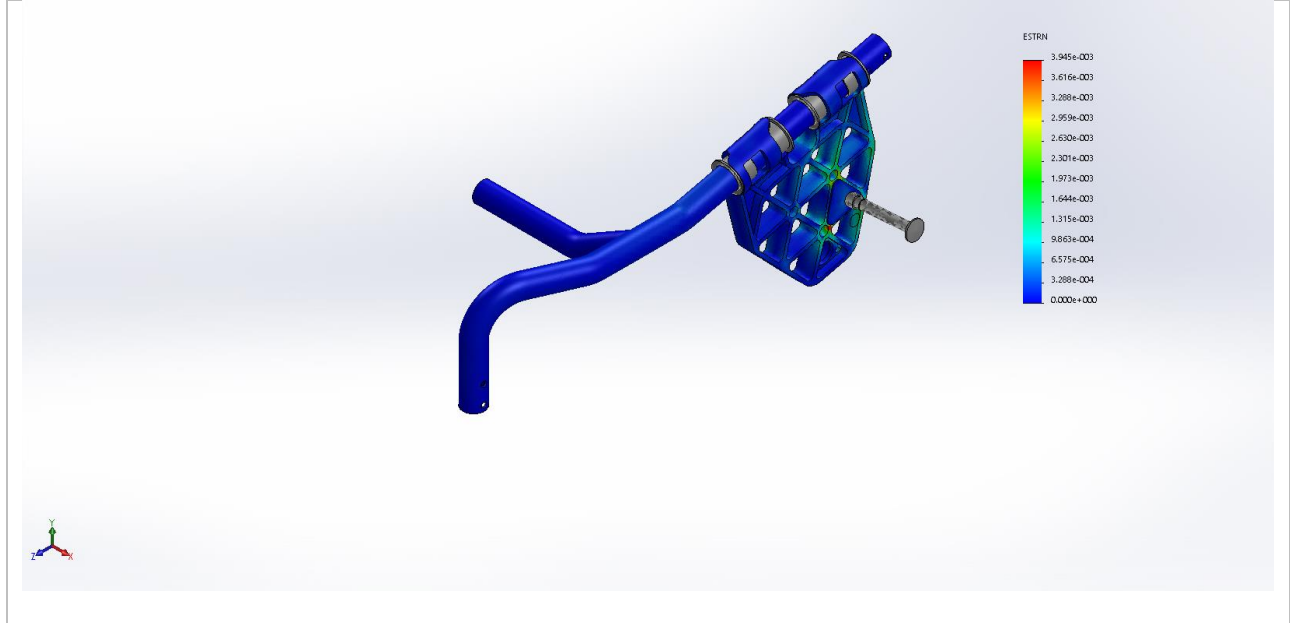
Risultati studio PC 8% Short carbon Fiber



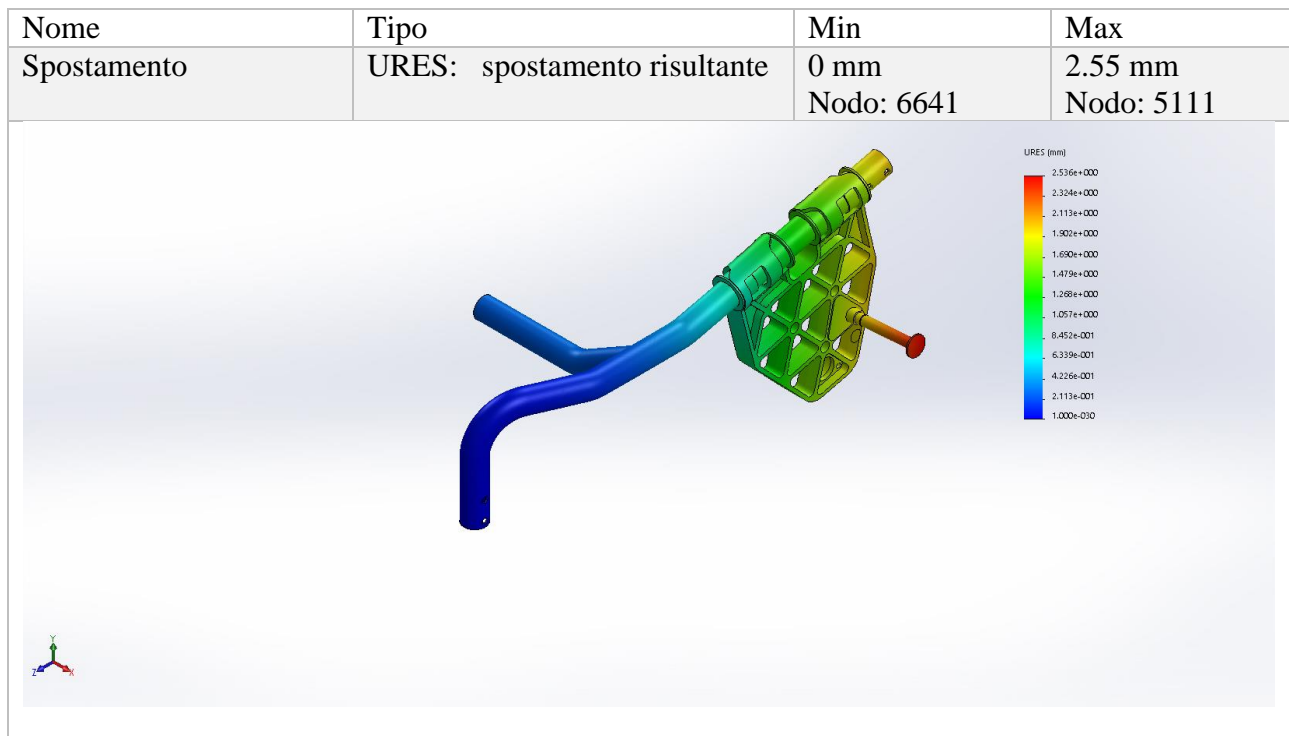
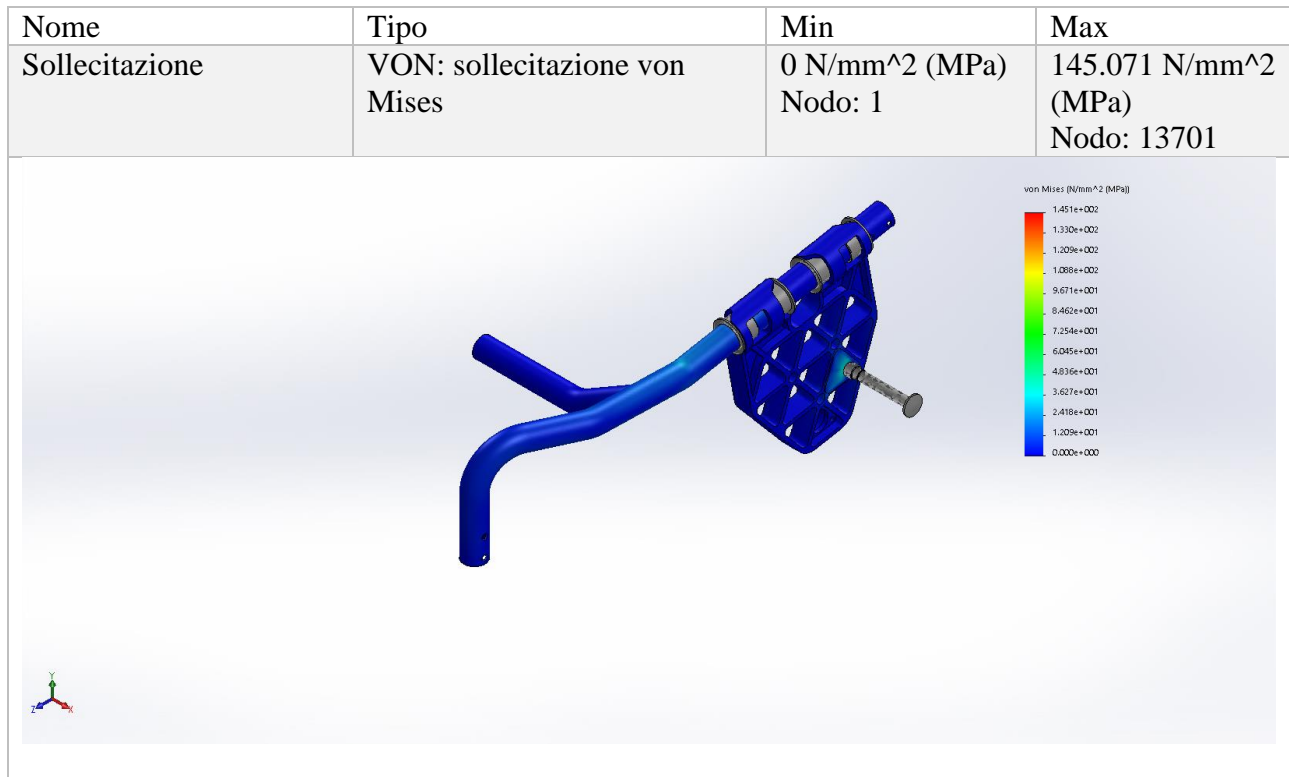
Nome	Tipo	Min	Max
Spostamento	URES: spostamento risultante	0 mm Nodo: 6641	2.1952 mm Nodo: 5111

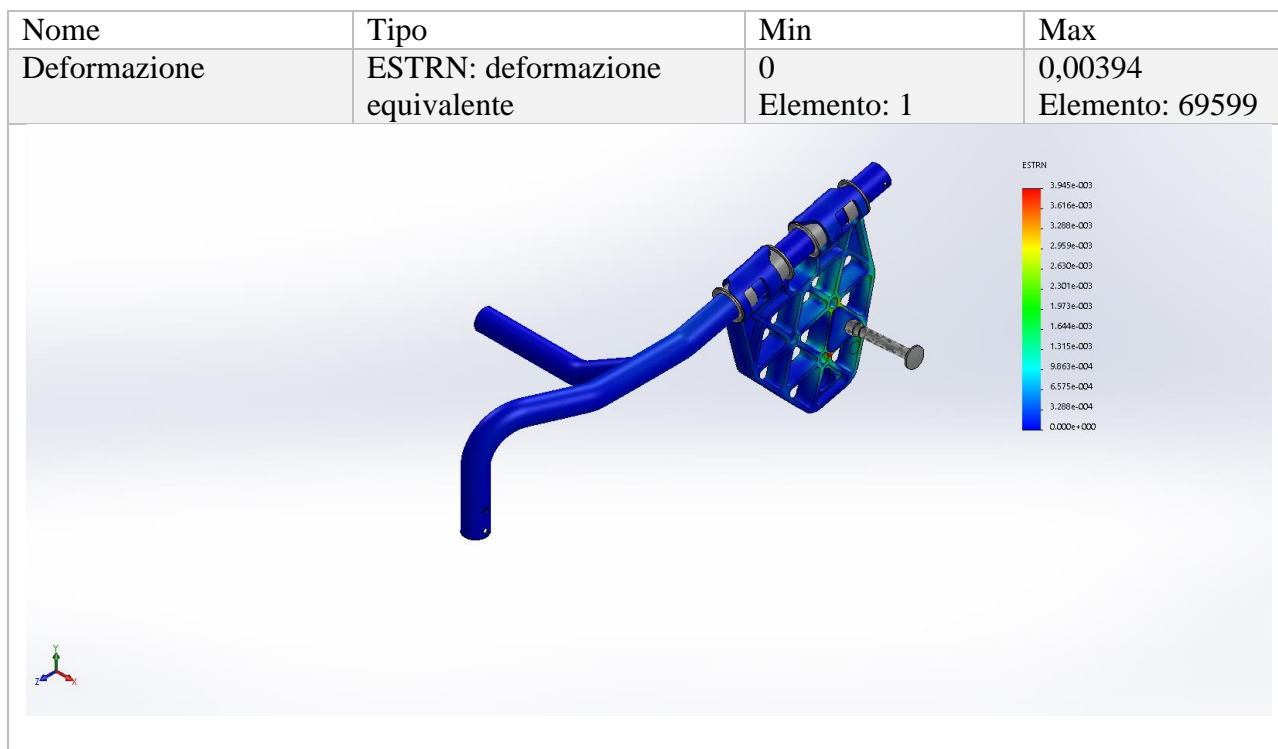


Nome	Tipo	Min	Max
Deformazione	ESTRN: deformazione equivalente	0 Elemento: 1	0.000781 Elemento: 69599



Risultati studio PA 30% Short Carbon Fiber





Tutte e tre le tipologie di materiali hanno risposto in modo positivo all'analisi:

Lo spostamento generale dei tre modelli sotto sollecitazione (in posizione vincolata di carico) non arriva a superare i 5 mm in tutti e tre i casi in modo quasi uniforme. Il carico risulta ben distribuito dal momento che i punti di massima sollecitazione sono sottoposti a carichi massimi attorno ai 150 MPa, indice di una geometria in grado di veicolare in modo dispersivo il peso dell'utente. Le deformazioni volumetriche risultano al limite della trascurabilità, tuttavia l'approssimazione del calcolo non lineare non ci permette di fare eccessivo affidamento su quest'ultimo valore.

In generale è possibile affermare che tutti e tre i materiali sono in grado di rispondere correttamente alle necessità del progetto; la scelta può quindi essere rivolta in un'ottica economica e di facilità di produzione.

Conclusioni

Camber e posizione dell'utente rispetto al sistema devono poter essere contestualizzati rispetto alla possibilità di costituire un valore aggiunto nelle situazioni quotidiane superando quei problemi che appiattiscono la quotidianità di queste persone alla necessità di superare barriere architettoniche e allargandola ai nuovi valori qualitativi di una vita normale; valori che ricercano uno stile di vita il più possibile autonomo, attivo e sano. Senza avere la pretesa di sostituirsi ad un mezzo sportivo specifico Tailor si inserisce in questo contesto come uno strumento in grado di generare una maggior consapevolezza della propria mobilità.

Progettato per rientrare all'interno della categoria delle carrozzine ultraleggere possiede il progetto caratteristiche che lo avvicinano al mondo sportivo senza risultare eccessivamente complesso: la gestione dell'assetto, unita alla possibilità di regolarne i parametri direttamente in fase d'uso fanno di Tailor una carrozzina in grado di rispondere ad un bisogno di mobilità più autonomo e performante, sia esso legato ad un utilizzo giornaliero che sportivo.

BIBLIOGRAFIA

A. Bennett Wilson, Jr. and Samuel R. McFarland *Wheelchairs: A Prescription Guide*, Reprinted Charlottesville, VA: Rehabilitation Press - 1986

Aissaoui R, Arabi H, Lacoste M, Zalzal V, Dansereau J: *Biomechanics of manual wheelchair propulsion in elderly: System tilt and back recline angles*. Am J Phys Med Rehabil – 2002

AW van Drongelen, B Roszek, ESM HilbersModderman, M Kallewaard, C Wassenaar *Wheelchair incidents RIVM report for Dutch Inspectorate for Health Care* – 2002

Bernice L. Boursiquot and Matthew W. Brault *Disability Characteristics of Income-Based Government Assistance Recipients in the United States* Report Number: ACSBR/11-12 2011

Chung-Ying Tsai, Chien-Ju Lin, Yueh-Chu Huang, Po-Chou Lin and Fong-Chin Su1 *The effects of rear-wheel camber on the kinematics of upper extremity during wheelchair propulsion* Biomedical Engineering OnLine, - 2012

Donaldson G. Sapey B. Stewart J. *The Social Implications of Increases in Wheelchair Use* Department of Applied Social Science Lancaster University - 2004

Gary Karp, *Life on Wheels: For the Active Wheelchair User*, published by O'Reilly & Associates, Inc. -1999

Hedge A. *Anthropometry and Workspace Design* DEA 3250/6510, Cornell University, 2013

Linch A. Smith J. *Guidance on the stability of wheelchairs* MHRA, Department of health, 2004

Mason B. Tolfrey V. van der Woude L. *Practical guideline for wheelchair selection in the Court Sports*, Loughborough University - Center of Human Movement Science University of Groningen - 2011

Mulroy SJ1, Newsam CJ, Gutierrez DD, Requejo P, Gronley JK, Haubert LL, Perry J. *The effect of fore-aft seat position on shoulder demands during wheelchair propulsion: part 1 and 2* - 2005

Rozendal R. Veeger D. Van der Woude L. *The effect of rear wheel camber in manual wheelchair propulsion*, Department of Functional Anatomy, Faculty of Human Movement Sciences, Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands – 1989

Solipaca A. Lofani I. *La disabilità in Italia: Il quadro della statistica ufficiale* Istat, Servizio editoria – 2010

Stoddard, Susan. *2014 Disability Statistics Annual Report*. Durham, NH: University of New Hampshire – 2014

Vignier N. ,cois Ravaud J. Winance M. ois-Xavier Lepoutre F. Ville I. *Demographics of wheelchair users in France: Results of National community-based handicaps-incapacit'es-d'ependance surveys* Journal of Rehabilitation Medicine, Foundation for Rehabilitation Information – 2008

World Health Organization, *Fact sheet on wheelchair* Disability Injury Prevention and Rehabilitation Unit, Department of Sustainable Development and Healthy Environments World Health Organization - 2010

Xu A. *Disability in the United Kingdom 2013 Facts and Figures* Papworth Trust
Bernard Sunley Centre Annual Report – 2013

RIFERIMENTI IMMAGINI

Figura 1	http://www.apparelyzed.com/spinal-cord-injury-awareness-days.html	12
Figura 2	http://www.roadrunnerfoot.com/chisiamo/Invalidi_civili.html	15
Figura 3	http://clinicalgate.com/wheelchairs-and-seating-systems/	23
Figura 4	http://www.howirellsports.com/quickie-gt-wheelchair	29
Figura 5	http://www.adaptivespecialties.com/tilite-zr-titanium-wheelchair.aspx	32
Figura 6	http://kizilcahamamgsim.com/tekerlekli-sandalye-basketbol-milli-takimindan-gumus-madalya/	36
Figura 7	http://www.crowdfunder.co.uk/racing-wheelchairs	36
Figura 10	http://www.rehateamprogeo.com/	48
Figura 11	http://www.abletoenjoy.com/it/portfolio-view/i-free-to-move/	48
Figura 12	http://www.tilite.com/chairs_tr.php	48
Figura 13	http://www.abletoenjoy.com/it/portfolio-view/b-free-multifunction/	51
Figura 14	http://www.abletoenjoy.com/it/portfolio-view/b-free-multifunction/	52
Figura 15	http://www.abletoenjoy.com/it/portfolio-view/b-free-multifunction/	52
Figura 16	http://www.abletoenjoy.com/it/portfolio-view/b-free-multifunction/	52

Figura 17	http://www.abletoenjoy.com/it/portfolio-view/b-free-multifunction/	52
Figura 18	http://www.coroflot.com/lowe9/crosstrainer-wheelchair	53

SITOGRAFIA

MIELOLESIONI

<http://www.istud.it/superabile/lesione.asp>

<http://www.iss.it/publ/index.php>

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16048140>

<http://www.medicaljournals.se>

<http://www.newdisability.com/wheelchairstatistics.htm>

http://www.apparelyzed.com/incomplete_spinal_cord_injury.html

CARROZZINE

http://schmicking-uk.co.uk/mtb_overview.php

<http://cargocollective.com/ideatak/LFC-Sport-Wheelchair-2012>

<http://www.officinasanitariabarbieri.it/sanitaria/carrozzine-sport-per-disabili/>

<http://www.rehab.research.va.gov/>

<https://www.youtube.com/>

<http://www.abilitychannel.tv/carrozzine-per-disabili-1/>

<http://www.abletoenjoy.com/it/>

http://www.tilite.com/tifit_overview.php

<http://morphixdesign.com>

<http://www.disabili.com/prodotti/speciali-prodotti-a-ausili/carrozzine-per-disabili/carrozzine-per-disabili-tipologie>

ANTROPOMETRIA

<http://www.phc-online.com/Measure-for-wheelchair>

<http://mreed.umtri.umich.edu/mreed/>

<http://www.openlab.psu.edu/tools/calculators/AnsurDimensionSelect.php>

<http://www.sportaid.com/>

COMPONENTI

<http://www.resna.org/sites/default/files/legacy/conference/proceedings/2008/Wheeled%20Mobility/Streeter.html>

http://www.adjustablelockingtech.com/products_variloc_aluminum.php

<https://www.bodypoint.com/ecommerce/product/hw303/framesaver-clamp>

<http://www.metalspipeconnectors.com/quality-4560284-rotation-aluminum-pipe-joint-hinge-360-degree-rotate-and-move-odm-size>

http://www.melrosewheelchairs.com/index.php?main_page=index&cPath=8_38_41

<http://www.1800wheelchair.com/category/wheelchair-parts/>

<http://www.spinergy.com/products/spox-everyday>

<http://froglegsinc.com/>

<http://www.bene-inox.com/ecrou-relieur-fraise-bombe-fendu-inox-a2-215630/>

http://www.toray.com/products/plastics/pla_011.html