

INAIL

CONVEGNO NAZIONALE

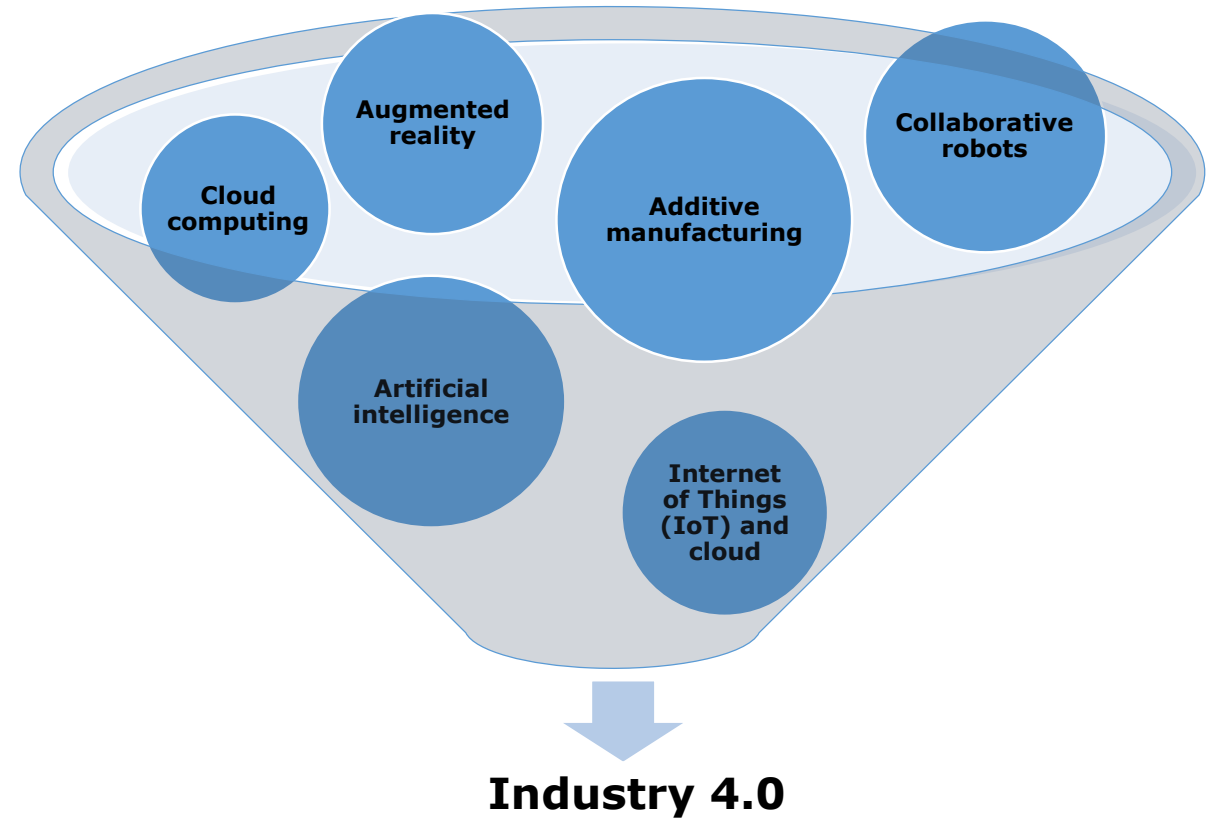
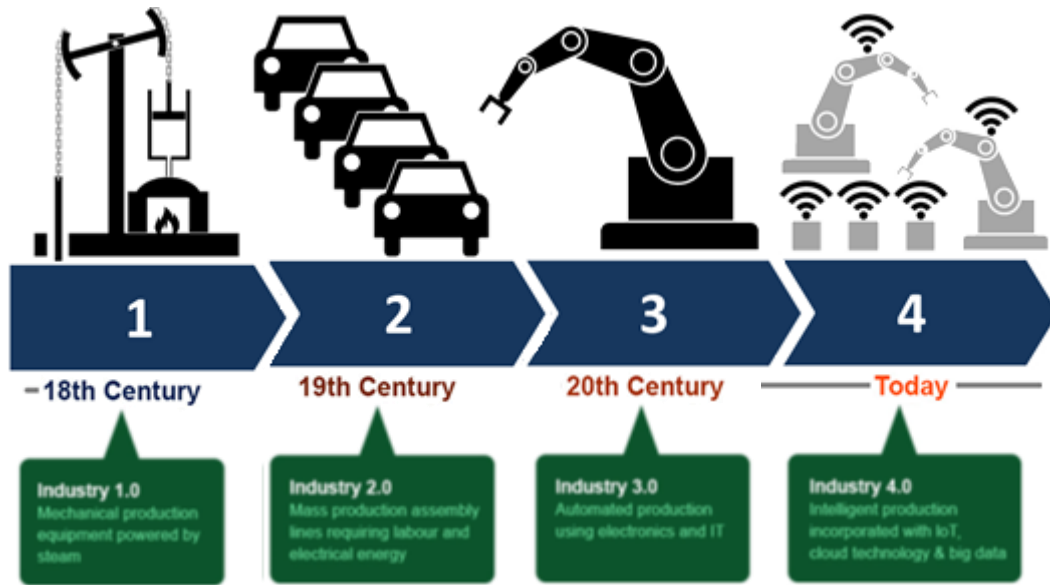
SICUREZZA 2022: La sicurezza delle macchine

**Le iniziative di INAIL al servizio della
sicurezza delle macchine, anche alla
luce del nuovo Regolamento Europeo
Macchine**

La ricerca di Inail per la sicurezza sul lavoro

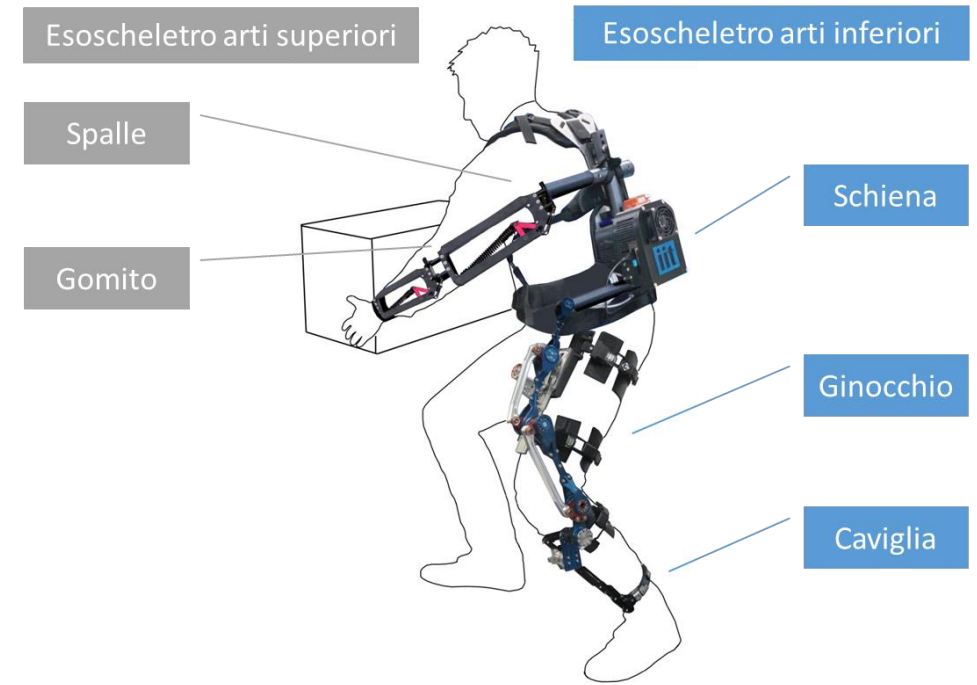
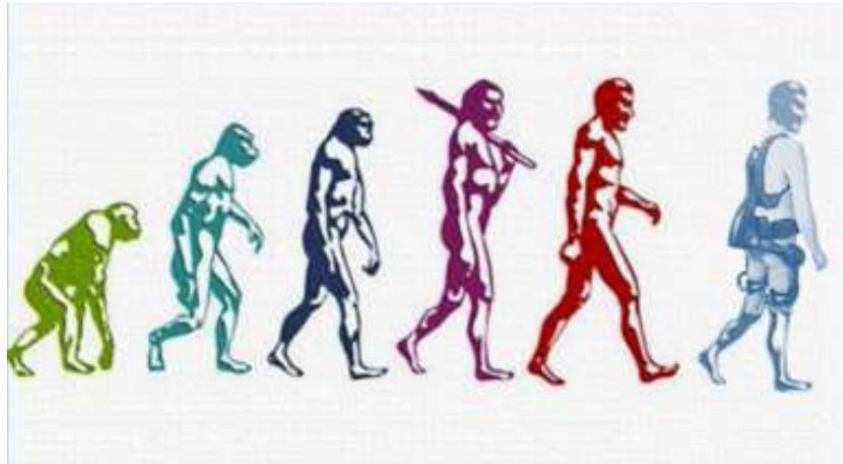


Il nuovo contesto tecnologico negli ambienti di lavoro



Gli esoscheletri occupazionali

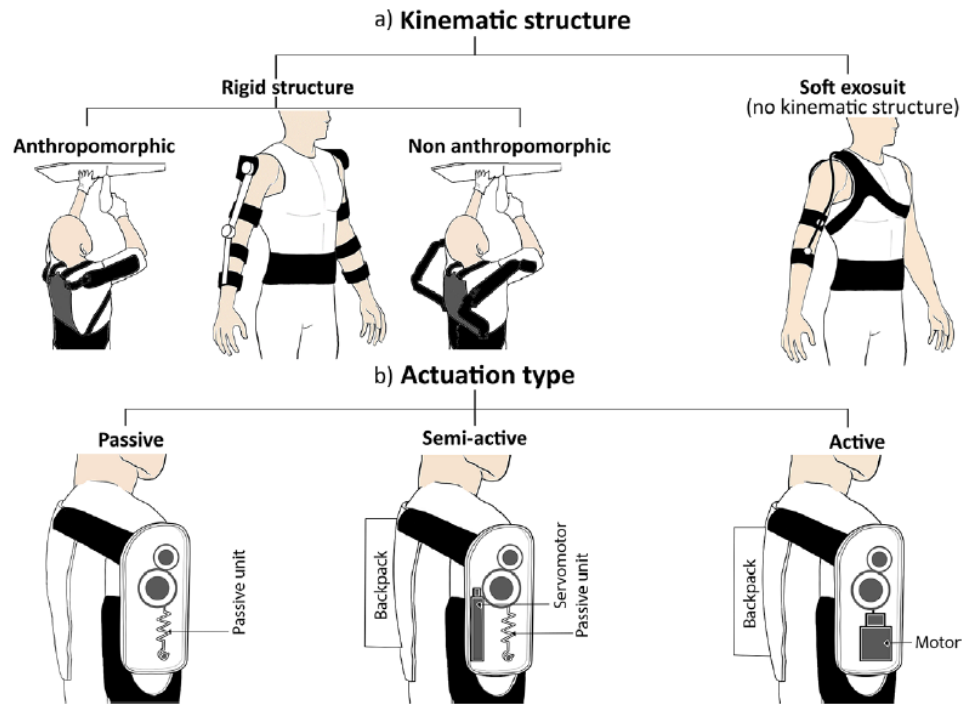
Dispositivi indossabili portatili di servizio, che agiscono sul corpo in modo meccanico, assistendo l'operatore durante un'attività lavorativa. Un esoscheletro modifica le forze interne ed esterne che agiscono sul corpo e di conseguenza il carico biomeccanico dell'operatore, con l'intenzione lo scopo di supportarlo durante un'attività lavorativa mediante una forza o coppia assistiva.



Questi dispositivi si propongono come soluzioni tecnologiche volte a ridurre il carico fisico o limitare l'adozione di posture incongrue di un lavoratore, al fine di prevenire possibili disturbi muscoloscheletrici negli ambienti di lavoro durante un'attività lavorativa;

Potenzialmente gli esoscheletri occupazionali sono in grado di offrire una soluzione laddove altre misure tecniche, organizzative o di progettazione ergonomica non siano realizzabili o efficaci a mitigare i fattori di rischio da sovraccarico biomeccanico.

Gli esoscheletri occupazionali: stato dell'arte



Simona Crea¹ et al. Occupational exoskeletons: A roadmap toward large-scale adoption. Methodology and challenges of bringing exoskeletons to workplaces. Wearable Technologies (2021), 2, e11. doi:10.1017/wtc.2021.11

Esoscheletri occupazionali passivi



Esoscheletri occupazionali passivi soft



Esoscheletri occupazionali attivi



Esoscheletri passivi Vs. Attivi

Esoscheletri passivi

- Semplici
- Leggeri
- Minore costo



Laevo V2. Laevo,
2019

Esoscheletri attivi

- Complessi
- Pesanti
- Ingombranti
- Alto costo



Sarcos, Guardian
XO, 2022

Esoscheletri passivi

Più efficaci in posizioni statiche



Posture incongrue



ra la testa

Esoscheletri passivi

Meno efficaci in altre attività



Traino



Trasporto carichi



Attività miste

XoTrunk



INAIL
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

iit
ISTITUTO ITALIANO
DI TECNOLOGIA

INAIL

XoTrunk



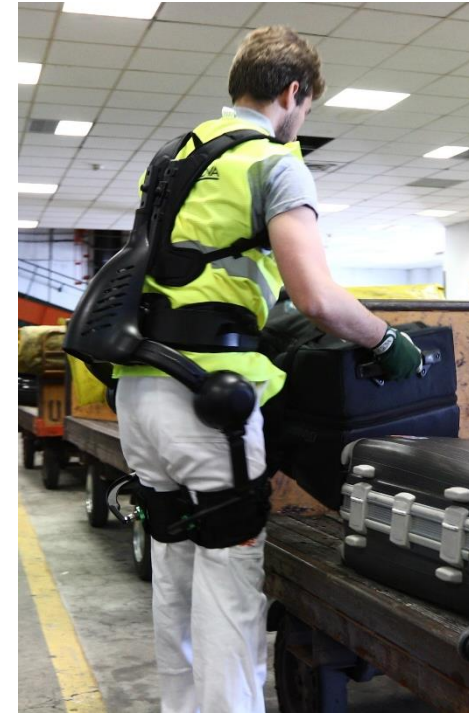
Robo-Mate Trunk module
2015



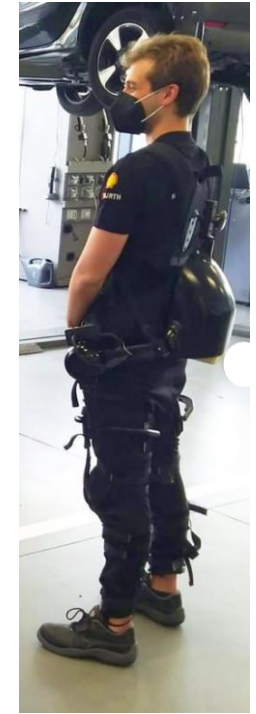
Robo-Mate Trunk module MKII
2016



Robo-Mate Trunk module MKIIb
2017



XoTrunk
2018



XoTrunk
2021

Robo.Mate

INAIL

INAIL
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

XoTrunk



20Kg

Robo-Mate Trunk module
2015



12Kg

Robo-Mate Trunk module MKII
2016



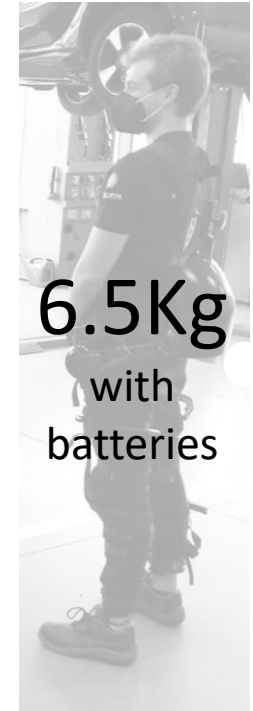
10.5Kg

Robo-Mate Trunk module MKIIb
2017



6Kg

XoTrunk
2018



6.5Kg
with
batteries

XoTrunk
2021

Robo.Mate

INAIL

INAIL
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

XoTrunk



Sollevamento
statico

Robo-Mate Trunk module
2015



Sollevamento
statico

Robo-Mate Trunk module MKII
2016



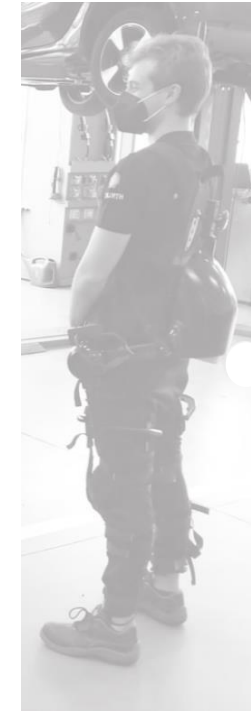
Sollevamento
statico
Stima del carico

Robo-Mate Trunk module MKIIb
2017



Sollevamento
dinamico
Stima del carico

XoTrunk
2018



XoTrunk
2021

Robo.Mate

INAIL

INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

XoTrunk



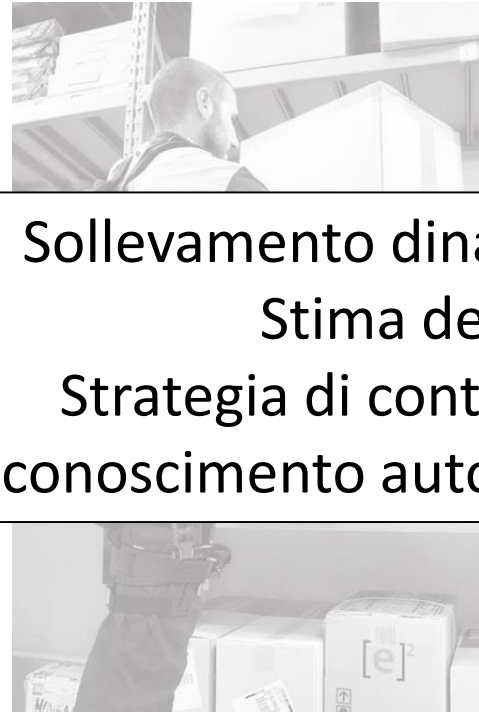
Sollevamento
statico

Robo-Mate Trunk module
2015



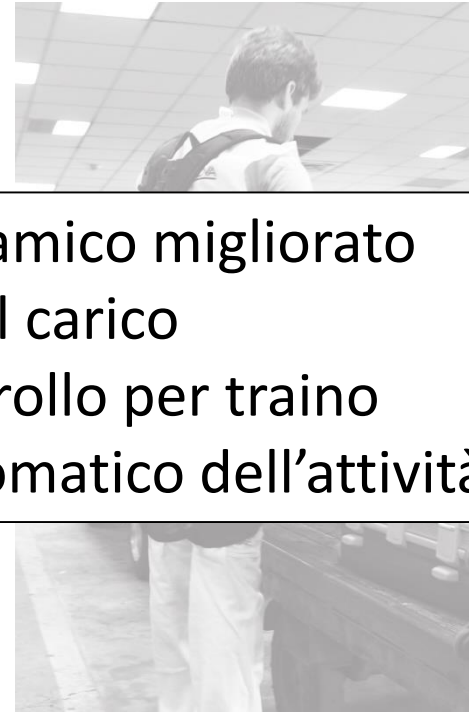
Sollevamento
statico

Robo-Mate Trunk module MKII
2016



Sollevamento dinamico migliorato
Stima del carico
Strategia di controllo per traino
Riconoscimento automatico dell'attività

Robo-Mate Trunk module MKIIb
2017



XoTrunk
2018



XoTrunk
2021

Robo.Mate

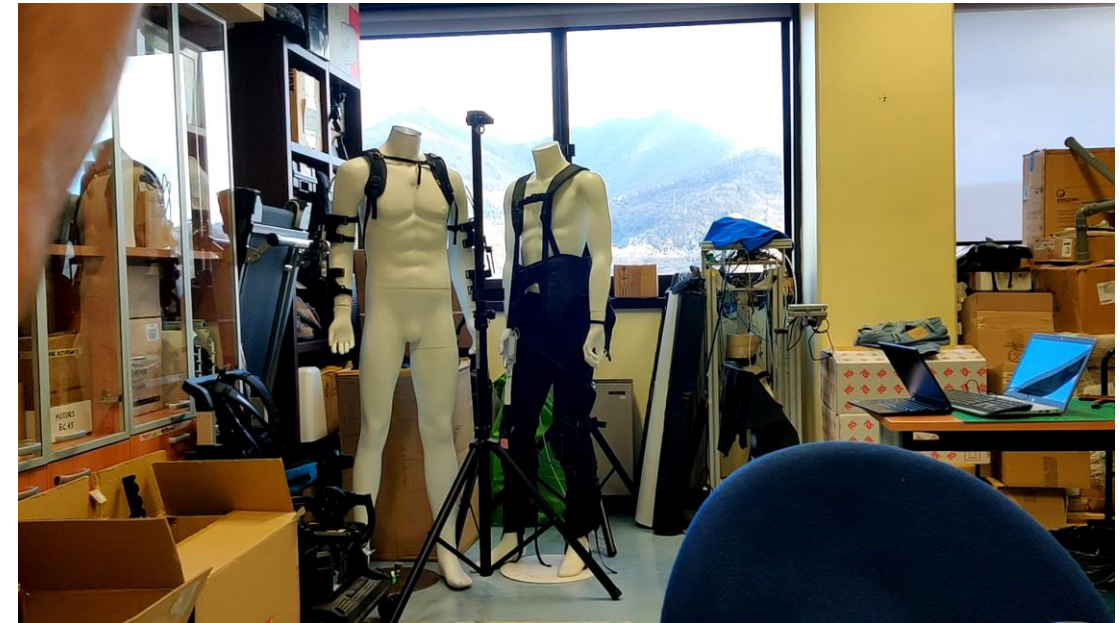
INAIL

INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

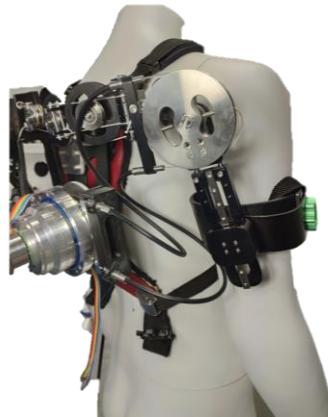
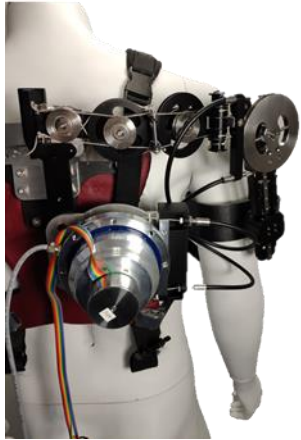
Gli esoscheletri occupazionali INAIL/IIT

Flexo



Gli esoscheletri occupazionali INAIL/IIT

XoShoulder



INAIL

INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

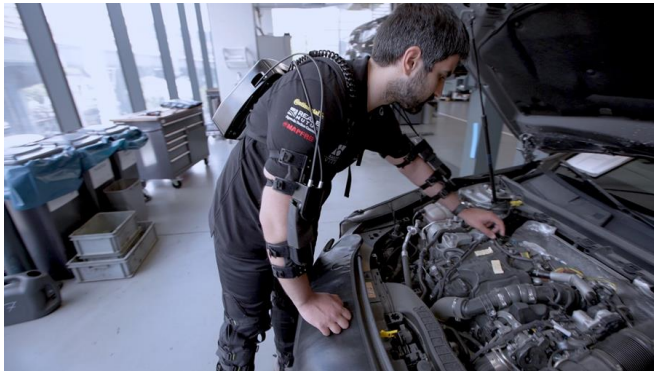
iit

ISTITUTO ITALIANO
DI TECNOLOGIA

Dipartimento Innovazione Tecnologica e Sicurezza degli Impianti, Prodotti e Insediamenti Antropici

Gli esoscheletri occupazionali INAIL/IIT

XoElbow



INAIL

INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

iit

ISTITUTO ITALIANO
DI TECNOLOGIA

Dipartimento Innovazione Tecnologica e Sicurezza degli Impianti, Prodotti e Insediamenti Antropici

Gli esoscheletri occupazionali INAIL/IIT



Gli esoscheletri occupazionali



INAIL
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INfortUNI SUL LAVORO

**DISCUSSION
PAPER**



OCCUPATIONAL EXOSKELETONS: WEARABLE ROBOTIC DEVICES AND WORK-RELATED MUSCULOSKELETAL DISORDERS PREVENTION IN THE WORKPLACE OF THE FUTURE

Introduction

This article was developed as part of the collaboration agreement signed by INAIL with EU-OSHA related to the provision of research services in the area of musculoskeletal disorders (MSDs) prevention, and presents results of a joint INAIL/Italian Institute of Technology (IIT) project on collaborative exoskeletons.

In recent years, new assistive devices worn by the worker, the so-called exoskeletons, have been introduced in the workplace. This growing interest in exoskeletons indicates that wearable robotic devices will represent one of the next major changes in many occupational scenarios (e.g. in economic sectors such as automotive and aerospace manufacturing, logistics, construction, and agriculture).

The idea of supporting human activities with automation and mechanization as robots and robotic devices is not recent. Robots and robotic devices, as the exoskeletons, typically perform or support the performance of tasks to improve the quality of life of intended users, irrespective of age or capability.

In particular, manual material handling (MMH) is a common physically demanding activity in many occupational contexts (e.g. in economic sectors such as manufacturing, logistics, construction, and agriculture). MMH includes tasks such as dynamic lifting and prolonged stooped postures, can generate large compressive pressure on the lumbar spine, and is one of the main risk factors for work-related musculoskeletal disorders (WRMSDs). WRMSDs not only increase the costs sustained by companies, but most importantly have a severe impact on workers' quality of life (EU-OSHA, 2019). Safety and ergonomics guidelines for the workplace aim to reduce the workload on workers, often resulting in very strict limitations on MMH operations in terms of object weights and movement frequency (Garg, 1995).

With the use of technical devices, such as external manipulators, which unload all or part of the weight to be handled, the physical workload on workers can be reduced.

Nevertheless in some circumstances, such devices and other technical and organizational measures to design workplaces can be impractical or infeasible, and therefore it becomes necessary to consider the use exoskeletons.

As a matter of fact, there are many workplaces that are not tied to a specific location (e.g. logistics, construction, agriculture), where ergonomic design measures cannot be implemented because of the changing environmental requirements (Schick, 2018). Furthermore, in other scenarios overexertion of the musculature, frequent lifting or incorrect postures can increase the risk of physical overstrain. In all these contexts, exoskeletons may offer a number of possibilities to improve working conditions and help in preventing WRMSDs.

In this perspective, this article try to define the state of the art of occupational exoskeletons and to illustrate which needs must be met and what requirements this typology of exoskeleton must possess in order to maximize the user benefits and minimize his potential negative impacts, through a human-centred design process.

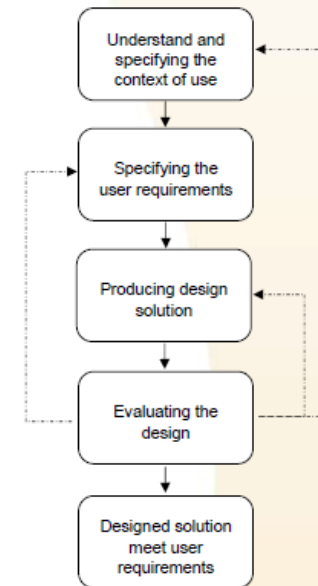
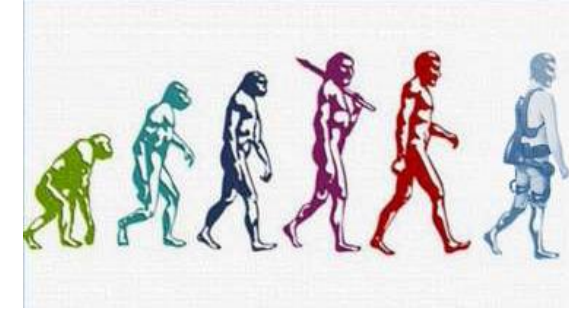


Figure 4 – Plan the human centred design process (personal elaboration of figure 1 – Interdependence of human centred design activities of the EN ISO 9241-210:2019)

<https://osha.europa.eu/en/publications/occupational-exoskeletons-wearable-robotic-devices-and-preventing-work-related-musculoskeletal-disorders-workplace-future/view>

Gli esoscheletri occupazionali

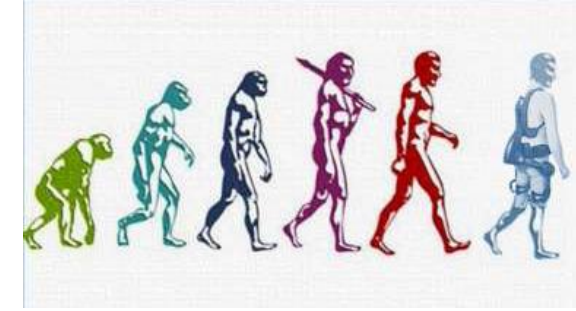
La Commissione UNI/CT 042 "Sicurezza"

considerando:

- il documento programmatico 2019-2021 della Commissione Sicurezza (vedere doc. UNI/CT 042 N 186) discusso in occasione della riunione tenuta il 1 ottobre 2019 (vedere doc. UNI/CT 042 N 204);
- la scheda preliminare predisposta dall'Area Normazione (vedere primo allegato);
- lo stralcio del resoconto della riunione del Comitato di Presidenza CCT tenuta il 12 febbraio 2020 (vedere secondo allegato).
- l'art. 5 del Regolamento per lo svolgimento dell'attività di normazione da parte del sistema UNI entrato in vigore il 26 aprile 2017;

decide di:

costituire il Gruppo di Lavoro UNI/CT 042/SC 01/GL 16 "Sicurezza e salute dei dispositivi indossabili per agevolare le attività lavorative" con il seguente campo di attività: "Dispositivi indossabili quali esoscheletri (attivi e/o passivi), schermi, caschi ed altri dispositivi per agevolare le attività lavorative, le attività lavorative nella realtà virtuale e/o nella realtà aumentata."



Nuova attività normativa

Possibile titolo Sicurezza e salute dei dispositivi indossabili per agevolare le attività lavorative

Campo di attività Dispositivi indossabili quali esoscheletri (attivi e/o passivi), schermi, caschi ed altri dispositivi per agevolare le attività lavorative, le attività lavorative nella realtà virtuale e/o nella realtà aumentata.

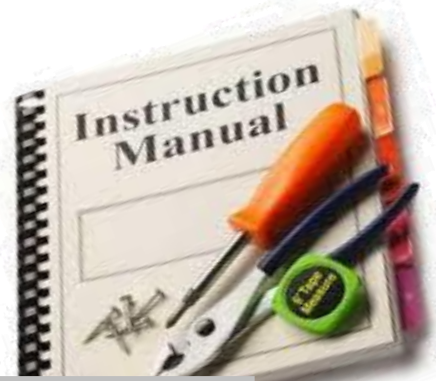
Aspetti da valutare

- definire una classificazione dei dispositivi: macchine, dpi, altro (?);
- definire i requisiti di sicurezza sulla base della classificazione;
- definire un metodo per valutare come cambia il sovraccarico biomeccanico nell'utilizzo di dispositivi quali gli esoscheletri;
- benessere del lavoratore sia fisico (per esempio: confort termico) sia psicologico (effetti sulla psicologia umana dell'immagine alla "Robocop" data dall'indossare dispositivi quali gli esoscheletri)

Selezione di un esoscheletro occupazionale

1. **Destinazione d'uso:** la destinazione d'uso prevalente identifica l'utilizzo al quale è destinato un dispositivo secondo le indicazioni fornite dal fabbricante (es. supporto alle attività lavorative caratterizzate da movimenti ripetuti dell'arto superiore, movimentazione manuale di carichi, posture statiche)
2. **Caratteristiche tecniche:** le caratteristiche generali del dispositivo e quelle che ne identificano le funzioni.
 - Peso.
 - Ingombro
 - Attuazione (es. modalità di attuazione, autonomia, direzione della forza/coppia assistiva, profilo ed ampiezza della forza/coppia assistiva)
 - Struttura cinematica.
 - Taglie e regolazioni.
 - Materiali.
3. **Evidenze scientifiche sull'efficacia del dispositivo**
4. **Certificazioni**

L'etichetta elettronica per la gestione delle attrezzature di lavoro



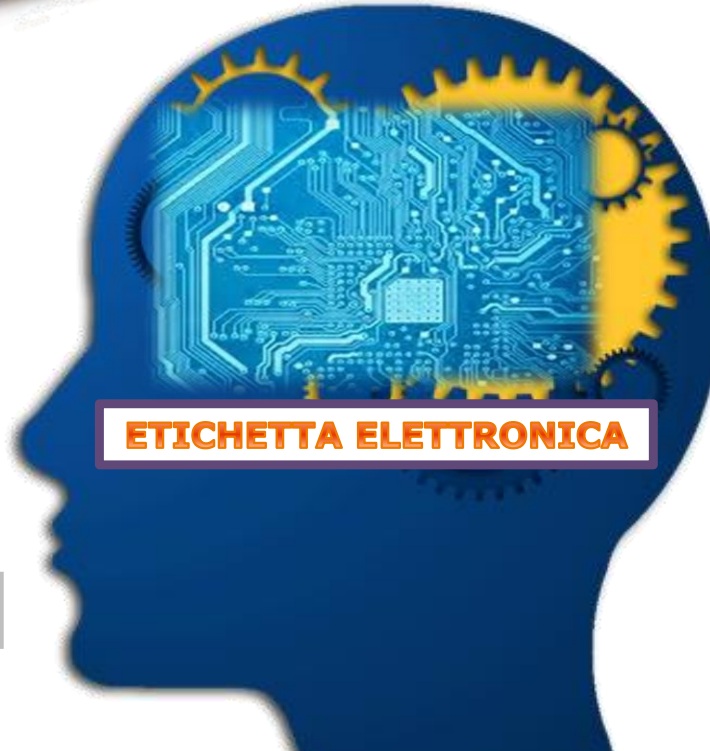
smarrimento istruzioni d'uso



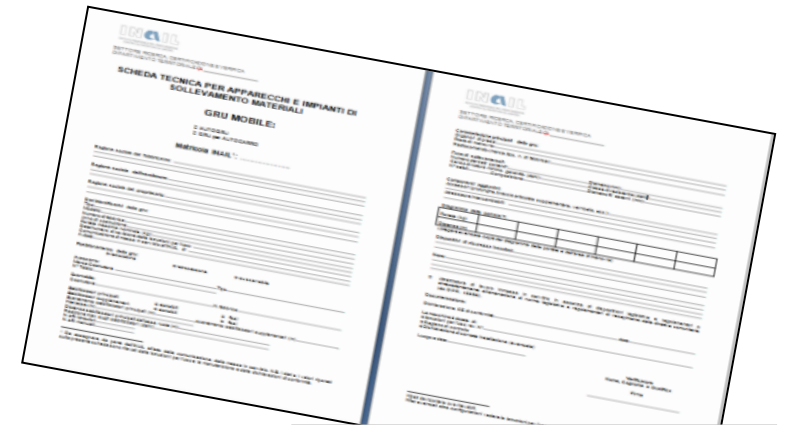
mancanza dei registri di controllo



smarrimento dichiarazione CE

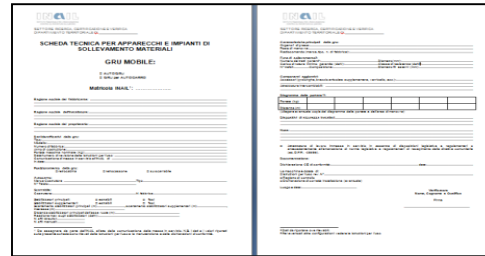


ETICHETTA ELETTRONICA



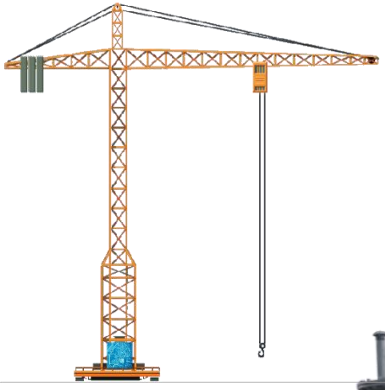
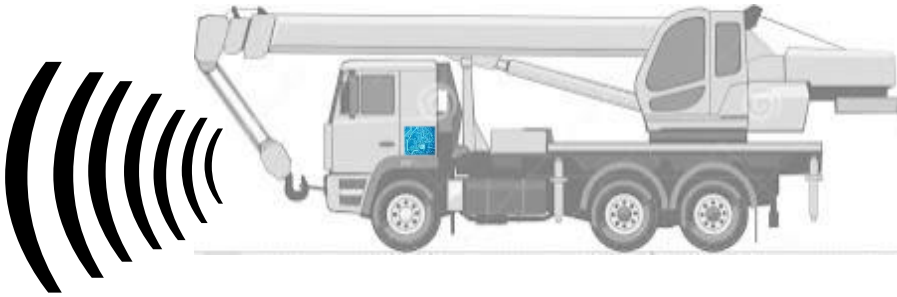
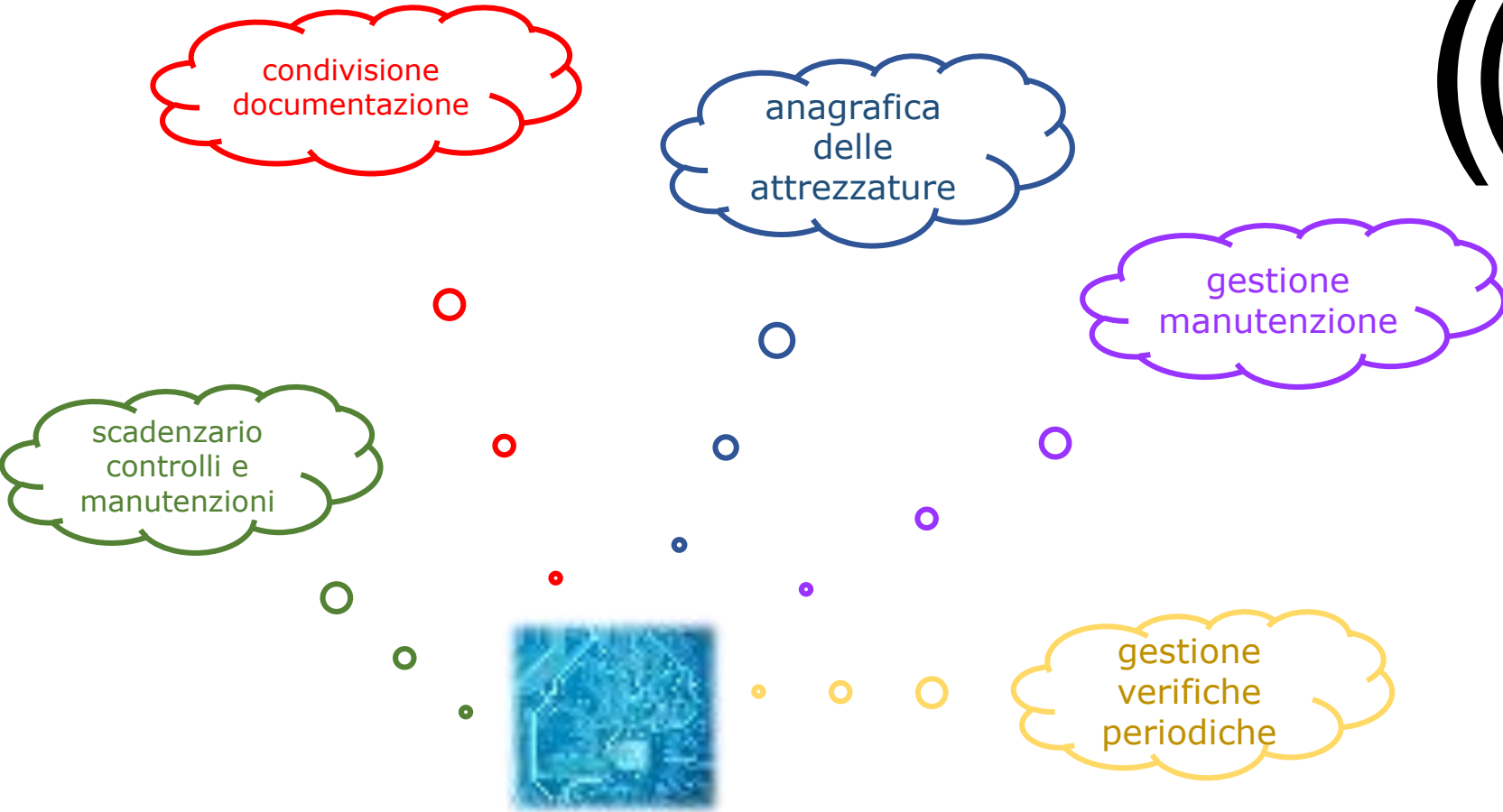
smarrimento verbali e schede tecniche

L'etichetta elettronica

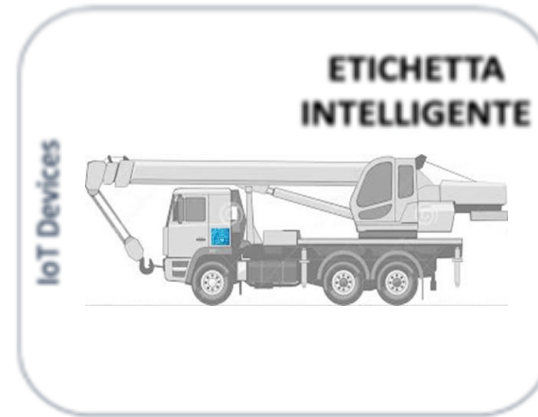
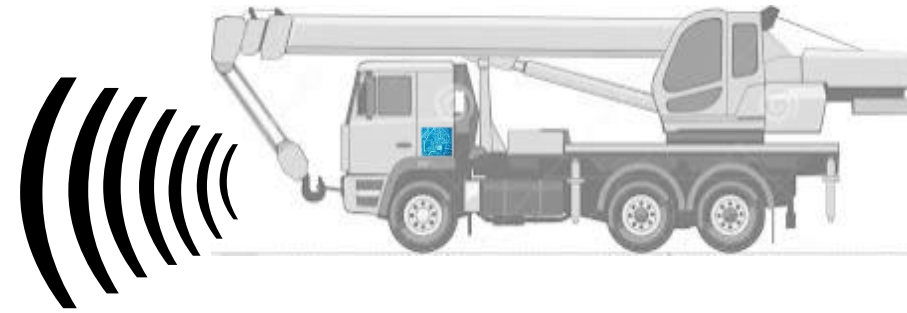


INAIL

L'etichetta elettronica per la gestione delle attrezzature di lavoro



L'etichetta elettronica per la gestione delle attrezzature di lavoro



Interazione hardware e software nel sistema proposto.



L'etichetta elettronica – la sperimentazione

Step 2:
Collegamento fisico
tag/attrezzatura



Collegamento virtuale (scrittura) fisico
tag/attrezzatura tramite APP



Gestione documenti durante
attività di verifica tramite APP



Carica Documentazione

ID Matricola (*)

Dichiarazione CE (*)

 Nessun file selezionato

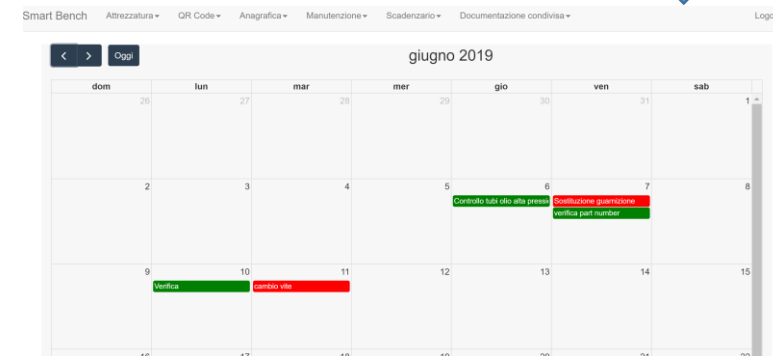
Dichiarazione di corretta installazione

 Nessun file selezionato

Istruzioni (*)

 Nessun file selezionato

Richiesta messa in servizio

 Nessun file selezionato

Gestione attività manutenzione/verifiche
tramite WEB

INAIL

Step1: Inserimento «anagrafica» macchinario

La realtà virtuale immersiva per la formazione in sicurezza degli operatori



Accordo 22 febbraio 2012 - Individuazione delle attrezzature di lavoro per le quali è richiesta una specifica abilitazione degli operatori (art. 73, comma 5, d.lgs. 81/2008)

CONFERENZA PERMANENTE PER I RAPPORTI TRA LO STATO, LE REGIONI E LE PROVINCE AUTONOME DI TRENTO E BOLZANO

Accordo 22 febbraio 2012

Accordo ai sensi dell'art. 4 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, tra il Governo, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano concernente l'individuazione delle attrezzature di lavoro per le quali è richiesta una specifica abilitazione degli operatori, nonché le modalità per il riconoscimento di tale abilitazione, i soggetti formatori, la durata, gli indirizzi ed i requisiti minimi di validità della formazione, in attuazione dell'art. 73, comma 5, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e successive modifiche e integrazioni. (Repertorio atti n. 53/CS8).

(G.U. 12. Marzo 2012, n. 60 - s.o. n. 47)

LA CONFERENZA PERMANENTE PER I RAPPORTI TRA LO STATO, LE REGIONI E LE PROVINCE AUTONOME DI TRENTO E BOLZANO

Nella odierna seduta del 22 febbraio 2012:

Visto l'art. 4 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, il quale dispone che Governo, Regioni e Province autonome di Trento e Bolzano, in attuazione del principio di leale collaborazione e nel perseguimento di obiettivi di funzionalità, economicità ed efficacia dell'azione amministrativa, possono concludere in sede di Conferenza Stato-Regioni accordi, al fine di coordinare l'esercizio delle rispettive competenze e svolgere attività di interesse comune;

Visto l'art. 73 del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e, in particolare, il comma 5, il quale prevede che in sede di Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano sono individuate le attrezzature di lavoro per le quali è richiesta una specifica abilitazione degli operatori nonché le modalità per il riconoscimento di tale abilitazione, i soggetti formatori, la durata, gli indirizzi e i requisiti minimi di validità della formazione;

Vista la nota del 9 novembre 2011 con la quale il Ministero del lavoro e delle politiche sociali ha trasmesso una proposta di accordo in attuazione del citato art. 73, comma 5, che è stata diramata alle Regioni e Province autonome con lettera in data 14 novembre 2011;

Considerato che, per l'esame del provvedimento in argomento, è stata convocata una riunione tecnica per il giorno 11 gennaio 2012 nel corso della quale sono state esaminate alcune proposte emendative delle Regioni e Province autonome e, in particolare, le richieste avanzate dalla Provincia autonoma di Bolzano,

3.2. Modulo pratico per PLE che possono operare senza stabilizzatori (4 ore)

3.2.1. Individuazione dei componenti strutturali: sistemi di stabilizzazione, livellamento, telaio, torretta girevole, struttura a pantografo/braccio elevabile, piattaforma e relativi sistemi di collegamento,

3.2.2. Dispositivi di comando e di sicurezza: identificazione dei dispositivi di comando e loro funzionamento, identificazione dei dispositivi di sicurezza e loro funzione.

3.2.3. Controlli pre-utilizzo: controlli visivi e funzionali della PLE, dei dispositivi di comando, di segnalazione e di sicurezza previsti dal costruttore e dal manuale di istruzioni della PLE.

3.2.4. Pianificazione del percorso: pendenze, accesso, ostacoli sul percorso e in quota, condizioni del terreno.

3.2.5. Movimentazione e posizionamento della PLE: delimitazione dell'area di lavoro.

3.2.6. Esercitazioni di pratiche operative: osservando le procedure operative

3.2.7. Manovre di emergenza: effettuazione di manovre di emergenza: piattaforma posizionata in quota.

3.2.8. Messa a riposo della PLE a fine lavoro: autorizzato. Modalità di ricarica delle batterie.

3.3 Modulo pratico ai fini dell'abilitazione per gli operatori che possono operare con stabilizzatori (6 ore)

3.3.1 Individuazione dei componenti strutturali: sistemi di stabilizzazione, livellamento, telaio, torretta girevole, struttura a pantografo/braccio elevabile, piattaforma e relativi sistemi di collegamento,

3.3.2. Dispositivi di comando e di sicurezza: identificazione dei dispositivi di comando e loro funzionamento, identificazione dei dispositivi di sicurezza e loro funzione.

3.3.3. Controlli pre-utilizzo: controlli visivi e funzionali della PLE, dei dispositivi di comando, di segnalazione e di sicurezza previsti dal costruttore e dal manuale di istruzioni della PLE.

3.3.4. Controlli prima del trasferimento su strada: verifica delle condizioni di assetto (presa di forza, struttura di sollevamento e stabilizzatori, ecc.).

3.3.5. Pianificazione del percorso: pendenze, accesso, ostacoli sul percorso e in quota, condizioni del terreno.

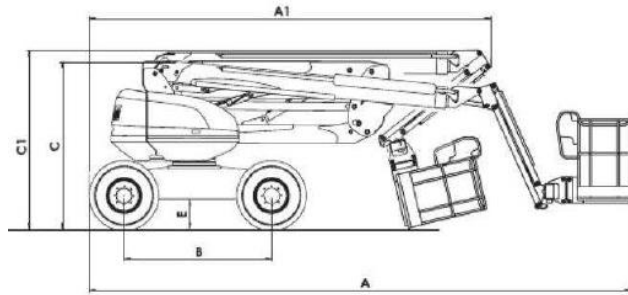
3.3.6. Movimentazione e posizionamento della PLE: delimitazione dell'area di lavoro, segnaletica da predisporre su strade pubbliche, spostamento della PLE sul luogo di lavoro, posizionamento stabilizzatori e livellamento.

3.3.7. Esercitazioni di pratiche operative: effettuazione di esercitazioni a due terzi dell'area di lavoro, osservando le procedure operative di sicurezza. Simulazioni di movimentazioni della piattaforma in quota.

3.3.8. Manovre di emergenza: effettuazione delle manovre di emergenza per il recupero a terra della piattaforma posizionata in quota.

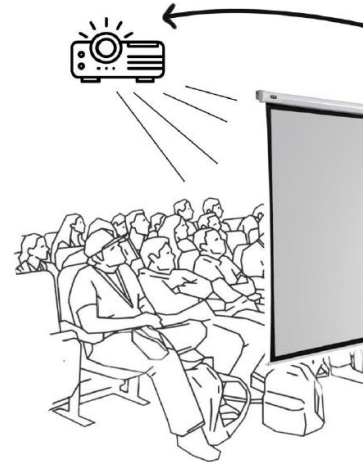
3.3.9. Messa a riposo della PLE a fine lavoro: parcheggio in area idonea, precauzioni contro l'utilizzo non autorizzato. Modalità di ricarica delle batterie in sicurezza (per PLE munite di alimentazione a batterie).

Simulatore di piattaforma di lavoro elevabile per il sollevamento di persone



A1.1: Architettura del simulatore

Verrà integrata un'uscita video che permetterà di inviare le immagini della simulazione ad un dispositivo di riproduzione per scopi formativi. Ad esempio sarà possibile integrare un proiettore per illustrare la simulazione in tempo reale ad ulteriore personale.



Utente con visore che opera nel cestello fissato sulla piattaforma mobile. L'utente interagisce con i comandi che saranno sia reali che riprodotti nell'ambiente virtuale.



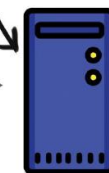
Gli utenti possono contemporaneamente interagire nello stesso ambiente simulato.



Utente con visore che opera sui comandi al telaio della PLE. I comandi saranno sia reali che riprodotti nell'ambiente virtuale.



Pc di controllo per la simulazione dell'uomo nel cestello e per la movimentazione della piattaforma mobile. Postazione per il teacher che potrà lanciare e chiudere le simulazioni, osservare a video l'operato degli utenti ed interagire con la simulazione modificandone le condizioni ambientali o facendo partire agenti animati.



Pc di controllo per la simulazione dell'uomo al telaio.

Simulatore di piattaforma di lavoro elevabile per il sollevamento di persone



ISTITUTO
DI TECNOLOGIE DELLA
COMUNICAZIONE,
DELL'INFORMAZIONE,
E DELLA
PERCEZIONE



Sant'Anna
Scuola Universitaria Superiore Pisa

INAIL

Simulatore di piattaforma di lavoro elevabile per il sollevamento di persone



A2.1: Piattaforma mobile e interfacce meccaniche necessarie

- Il cestello sarà posizionato su **una piattaforma mobile che permetterà all'operatore sul cestello di ricevere tutte le sensazioni fisiche** dovute allo spostamento, alla movimentazione del carico e agli eventuali urti.
- Interfacce meccaniche:
 - un'interfaccia meccanica che permetta **l'ancoraggio in sicurezza del cestello sopra la piattaforma;**
 - un'interfaccia che **colleghi il cablaggio del visore al pc di simulazione** in modo che gli operatori siano completamente liberi nei movimenti della testa;
 - **supporto per ospitare i comandi da telaio** in modo che questi ultimi siano alla medesima altezza del mezzo reale.



Payload: 350kg

Heave: -128 +139 mm, 266mm/s, 0.5G

Pitch: $\pm 17.1^\circ$, 60°/s, 250°/s²

Roll: $\pm 20^\circ$, 50°/s, 250°/s²

Weight: 260kg



ISTITUTO
DI TECNOLOGIE DELLA
COMUNICAZIONE,
DELL'INFORMAZIONE
E DELLA
PERCEZIONE



Sant'Anna
Scuola Universitaria Superiore Pisa

INAIL

Simulatore di piattaforma di lavoro elevabile per il sollevamento di persone



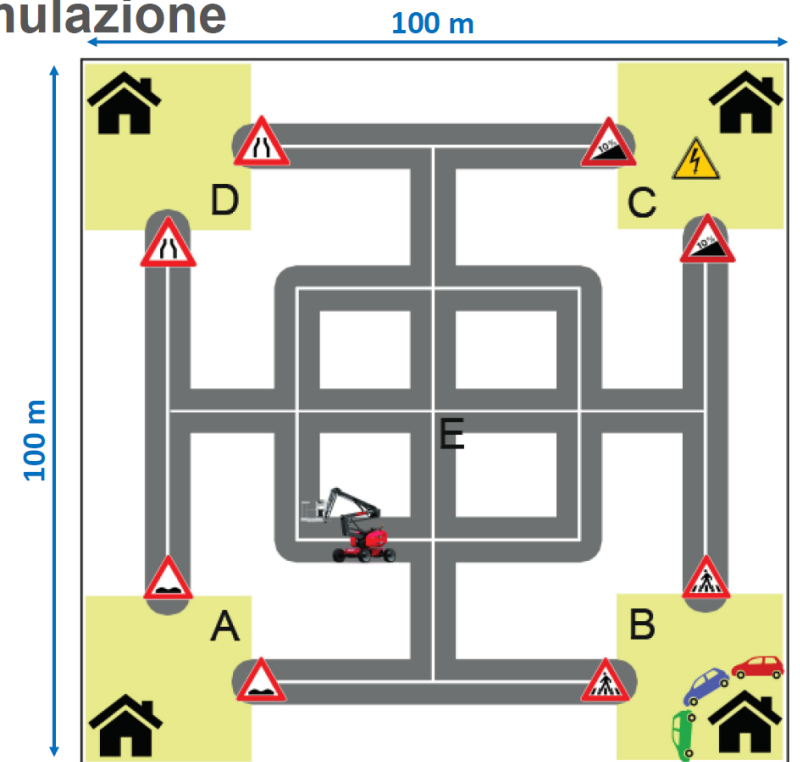
A1.1 Scenario operativo di simulazione

A – Si accede e si esce tramite **terreno accidentato caratterizzato da dossi e cunette**. E' presente un edificio e il target da raggiungere è una finestra posta **all'altezza massima** raggiungibile dalla PLE. **Non vi sono ostacoli in avvicinamento** all'edificio.

B – Si accede e si esce tramite zona pedonale, **sono presenti agenti animati che simulano la presenza di persone sul percorso**. E' presente un edificio e il target da raggiungere è posto ad **altezza media**. Il target va raggiunto rimanendo ad una certa distanza in quanto alcune **automobili parcheggiate impediscono l'accostamento ideale** all'edificio.

C – **Piano rialzato**, si accede e si esce tramite **strade in pendenza** (anche diversificate). L'operatore deve raggiungere una finestra posta **all'interno di un balcone aggettante** di un edificio. Inoltre nella zona sono presenti **cavi dell'alta tensione** da evitare in fase di avvicinamento.

D – Si accede e si esce da questa zona tramite **particolari strettoie**. Tutta questa parte di scenario è caratterizzata da uno **spazio di movimento molto limitato**. Il target è posto ad un'**altezza rilevante** da raggiungere con **spostamenti molto mirati** per non colpire ostacoli molto vicini.



E – La PLE ha la possibilità di spostarsi da un punto di interesse all'altro dello scenario navigando un percorso stradale. Nel percorso sono presenti **indicazioni stradali precise e stringenti da rispettare**, altri mezzi al lavoro e automobili di passaggio. L'operatore deve raggiungere il punto di interesse evitando incidenti.

ISTITUTO
DI TECNOLOGIE DELLA
COMUNICAZIONE,
DELL'INFORMAZIONE
E DELLA
PERCEZIONE



Sant'Anna
Scuola Universitaria Superiore Pisa

INAIL

Scenario operativo in ambiente virtuale





INAIL

Dipartimento Innovazioni Tecnologiche e Sicurezza degli Impianti Prodotti e insediamenti Antropici

Grazie per l'attenzione

s.anastasi@inail.it

l.monica@inail.it

