

SICUREZZA DEL LAVORO ED ERGONOMIA: STRUMENTI OPERATIVI PER LA PREVENZIONE DEI DISTURBI MUSCOLO-SCHELETRICI – 4 novembre 2026

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE

Monica Bresciani

PSAL – ATS Bergamo

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE (MSK)



Definizione: Alterazioni a carico delle strutture ossee, articolari, muscolari, tendinee e dei tessuti di supporto.

Genesi multifattoriale: Non derivano da un singolo trauma acuto, ma dall'interazione tra fattori di rischio professionali (sovraccarico biomeccanico) e fattori individuali (età, sesso, stato di salute, stile di vita)

Natura cronico-degenerativa: Si sviluppano lentamente nel tempo (spesso definite *Cumulative Trauma Disorders*) a causa di micro-traumi ripetuti che non lasciano il tempo ai tessuti di ripararsi

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE (MSK)



Fattori di rischio individuali

- Età, peso, genere
- Anamnesi personale positiva (comorbilità)
- Condizione psicologica e/o comorbilità
- Corporatura (esile, robusta, longilineo)
- Stile di vita (alimentazione, abitudini voluttuarie ecc.)

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE (MSK)



Per la connotazione di malattia professionale DEVE sussistere l'azione diretta esclusiva o sinergica/integrativa dell'attività lavorativa svolta

Fattori di rischio organizzativi e psicosociali, lavorativi tipici

- Movimenti ripetitivi ad alta frequenza.
- Applicazione di forza elevata.
- Posture incongrue, faticose o mantenute fisse per lungo tempo.
- Movimentazione manuale dei carichi (MMC).
- Esposizione a vibrazioni (es. uso di martelli pneumatici o guida di mezzi pesanti).
- Tempi di recupero/riposo inadeguati.

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE (MSK)



Distretti corporei più colpiti

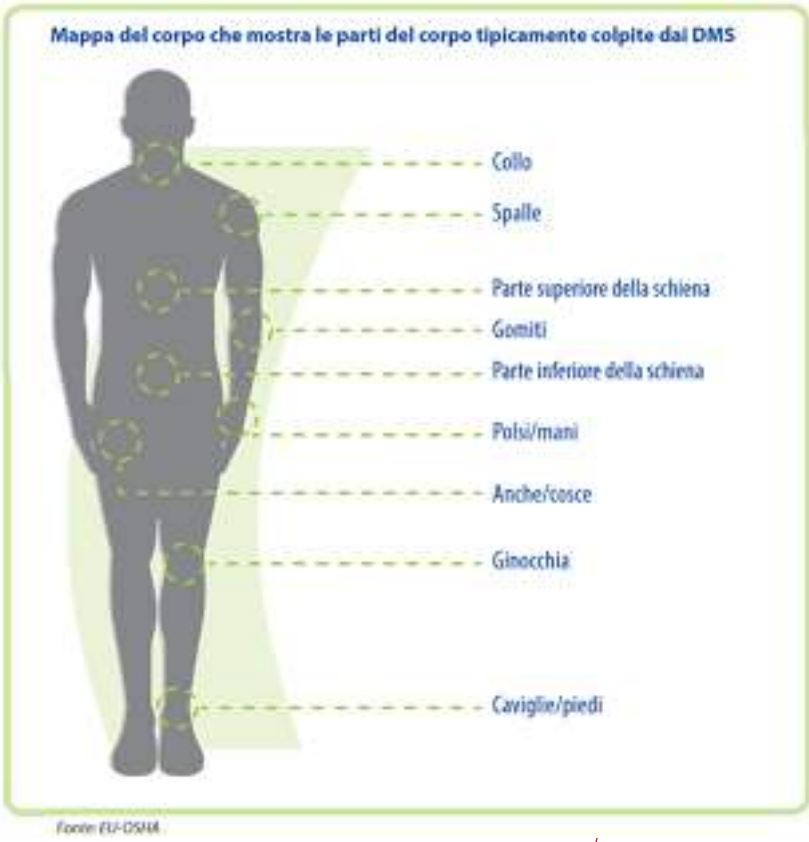
Colonna vertebrale: Lombalgie e ernia del disco (spesso legate al sollevamento manuale di carichi o posture mantenute a lungo).

Spalla: Tendinopatie della **cuffia dei rotatori** e tendiniti calcifiche (dovute a braccia sollevate o movimenti sopra l'altezza delle spalle).

Gomito: Epicondilite/Epitrocleite legata a sforzi di presa o movimenti ripetuti dell'avambraccio.

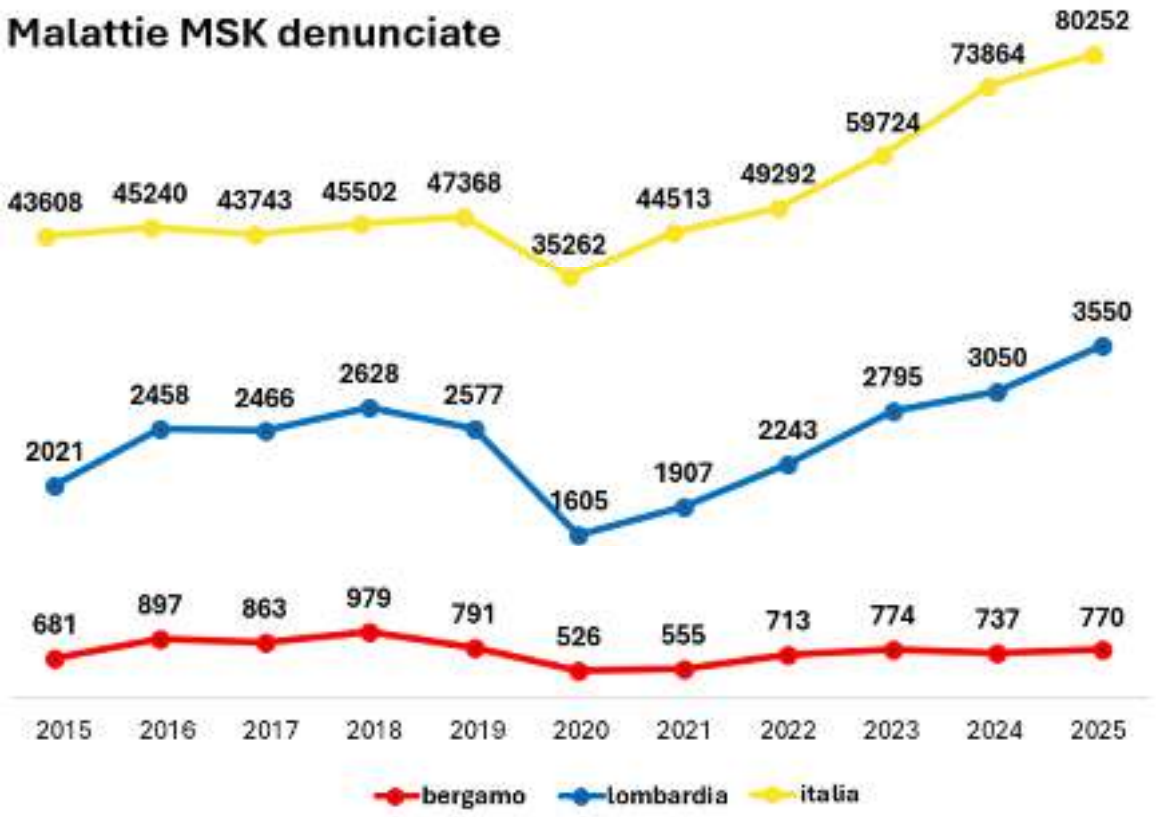
Polso e mano: Sindrome del tunnel carpale e dito a scatto (tipiche di chi esegue movimenti rapidi e ripetitivi delle dita o usa strumenti vibranti).

Arti inferiori: Meniscopatie e coxartrosi (in lavoratori che stanno molto in ginocchio o sollevano pesi



LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE (MSK)





Italia

- **+100% di denunce MSK in 10 anni**
- **msk/totale = 79% media [74-84]**

Lombardia

- **5,1% delle MP Italia**
- **msk/totale = 66% media [59-71]**

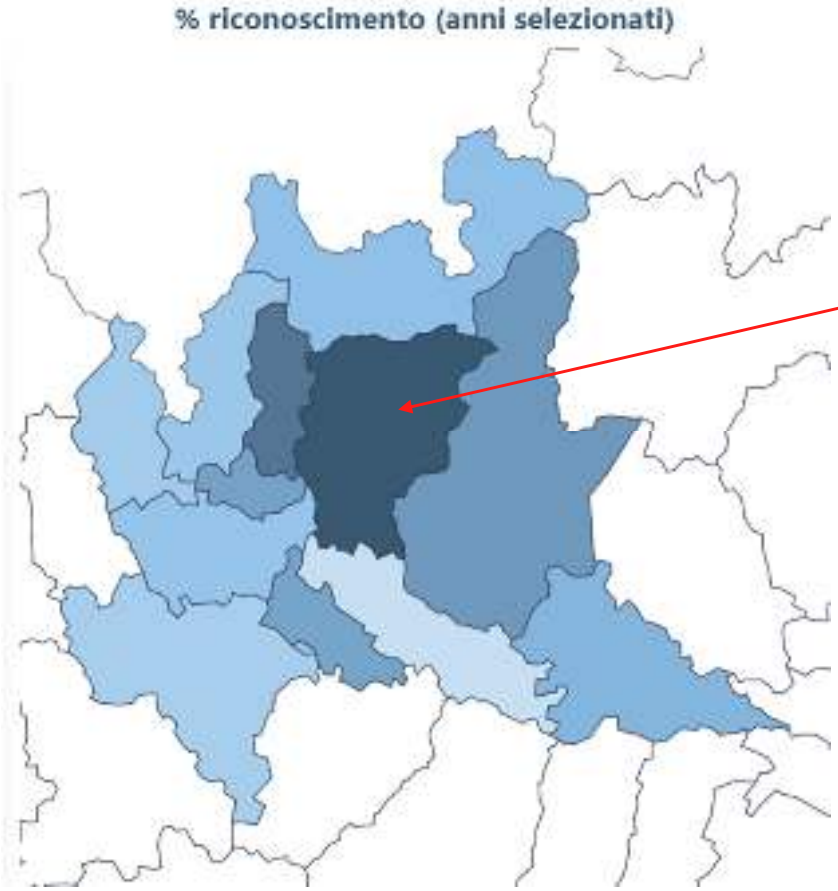
Bergamo

- **21,3 % delle MP Lombardia**
- **msk/totale = 73% media [76-86]**

Fonte open data INAIL

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE





Anno protocollo Regione	Totale Den.	Ric.	%
⊟ **Lombardia**	35.098	16.299	46%
Bergamo	10.248	5.838	57%
Brescia	6.960	3.410	49%
Como	1.040	383	37%
Cremona	1.797	500	28%
Lecco	853	458	54%
Lodi	1.249	550	44%
Mantova	1.798	823	46%
Milano	4.945	1.914	39%
Monza E Della Brianza	2.204	1.013	46%
Pavia	1.004	288	29%
Sondrio	748	305	41%
Varese	2.252	817	36%
Totale	35.098	16.299	46%

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE (MSK)



Grande rilevanza ed impatto socio-sanitario

- Rappresentano la **prima causa di assenza per malattia** e di denunce di **malattia professionale** all'INAIL nel mondo occidentale (costituendo oltre il 70-80% delle denunce per patologie di origine lavorativa)
- In 352 milioni di certificati di malattia analizzati **SOLO** il 20,8% dei certificati riporta una diagnosi codificata rendendo più difficile valutare l'impatto delle malattie croniche sulla capacità lavorativa e sui costi previdenziali
- Nel 2025 il 20% dei certificati con diagnosi codificata è riconducibile a patologie muscolo-scheletriche (+ 100% rispetto al 2013) = > **1,18 milioni di certificati**

Nel 2023 il costo complessivo degli infortuni sul lavoro e delle malattie professionali ammonta a 49,2 miliardi di euro, pari al **2,31% del Pil nazionale**
Le malattie professionali valgono 13,2 miliardi (27%).
Un caso di malattia professionale costa in media 61.135 euro.

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE (MSK)



Costi Diretti per l’azienda (evidenti e quantificabili)

- **Premio assicurativo e oscillazione del tasso INAIL (malus)**
- **Integrazioni salariali:** Gli obblighi contrattuali di integrazione della retribuzione durante i primi giorni o mesi di assenza/malattia non coperti o parzialmente coperti dagli enti previdenziali
- **Spese legali e risarcimenti:** non integralmente coperto dall'indennizzo INAIL
- **Sanzioni amministrative o penali:** dagli organi di vigilanza (ASL/ITL) in caso di accertate violazioni delle norme di salute, sicurezza e prevenzione.

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE (MSK)



Costi Indiretti per l’azienda (nascosti e spesso molto superiori)

- **Perdita di produttività e rallentamenti:** dovuta all'assenza prolungata del lavoratore o alla sua ridotta capacità lavorativa
- **Gestione amministrativa e burocratica:** Ore di lavoro impiegate HR, RSPP e management per la gestione della pratica, denunce, visite mediche di sorveglianza sanitaria e rapporti con gli enti.
- **Formazione e inserimento di un sostituto:** Costi per reclutare, assumere e formare un lavoratore temporaneo o permanente in sostituzione dell'assente.
- **Degrado del clima aziendale e perdita di immagine:** Impatto sul morale del team e potenziale danno reputazionale all'esterno
- **Interruzione o riorganizzazione dei processi:** Fermi macchina o riallocazione delle mansioni che abbassano l'efficienza complessiva dei reparti.

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE (MSK)



Impatto sul Servizio Sanitario Nazionale (SSN)

Costi Diretti (sanitari ed assistenziali)

- **Prestazioni diagnostiche e specialistiche:** Esami clinici, visite mediche, accertamenti strumentali e percorsi diagnostici necessari per individuare e confermare l'origine professionale della patologia.
- **Cure mediche e ospedalizzazioni:** Ricoveri ospedalieri, interventi chirurgici, terapie farmacologiche e cicli di riabilitazione erogati dalle strutture pubbliche.
- **Sorveglianza sanitaria e prevenzione pubblica:** Le risorse impiegate dai dipartimenti di prevenzione delle ASL per i controlli negli ambienti di lavoro, le verifiche igienico-sanitarie e la mappatura dei rischi.

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE (MSK)



Impatto sul Servizio Sanitario Nazionale (SSN)

Costi Indiretti (sociali ed economici per il sistema pubblico)

- **Spesa previdenziale e assistenziale a lungo termine:** il SSN e lo Stato subiscono il contraccolpo in termini di invalidità civile, aggravio dei servizi sociali territoriali e perdita di gettito fiscale/contributivo.
- **Pressione sulle liste d'attesa e consumo strutturale di risorse:** Il carico cronico delle malattie professionali assorbe stabilmente posti letto e ore specialistiche del servizio pubblico

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE (MSK)



Impatto sul Servizio Sanitario Nazionale (SSN)

Costi Indiretti (sociali ed economici per il sistema pubblico)

- **Spesa previdenziale e assistenziale a lungo termine:** il SSN e lo Stato subiscono il contraccolpo in termini di invalidità civile, aggravio dei servizi sociali territoriali e perdita di gettito fiscale/contributivo.
- **Pressione sulle liste d'attesa e consumo strutturale di risorse:** Il carico cronico delle malattie professionali assorbe stabilmente posti letto e ore specialistiche del servizio pubblico

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE (MSK)



Ricerca internazionale pubblicata dall'equivalente tedesco dell'Inail ha concluso che 1 euro speso in sicurezza sul lavoro genera quindi un valore **più che doppio (= 2.2)**

Traslando il concetto di economia aziendale **ROI** (return on investment) ossia l'indice che misura la redditività di un investimento

Ha calcolato/stimato il **ROP** (**Return on prevention**) ossia il ritorno dell'investire in sicurezza e prevenzione da malattie e infortuni

EU-OSHA website

LE PATOLOGIE MUSCOLOSCHELETRICHE (MSK)

Strumenti

- Sinergia tra enti e della prevenzione e sistema Impresa
- Condivisione di strumenti che riducano i rischi da sovraccarico
- Ricerche atte a implementare tecnologia nel tessuto produttivo senza decremento di impiego risorse umane



Dr.ssa Simonetta Santoponte
Direzione Territoriale INAIL Bergamo

Andamento delle malattie professionali muscoloscheletriche da sovraccarico biomeccanico degli arti e del rachide nei settori manifatturiero ed edile

04 NOVEMBRE 2026

Andamento malattie professionali muscoloscheletriche da sovraccarico biomeccanico arti e rachide denunciate nel periodo 2020-2024

SETTORE MANIFATTURA

AMBITO TERRITORIALE	2020	2021	2022	2023	2024	VARIAZIONE % 2024/2023	VARIAZIONE % 2024/2020
BERGAMO	121	123	152	232	168	-27,59	38,84
LOMBARDIA	394	457	522	761	719	-5,52	82,49
ITALIA	5933	7782	8717	10384	12648	21,80	113,18

SETTORE EDILIZIA

AMBITO TERRITORIALE	2020	2021	2022	2023	2024	VARIAZIONE % 2024/2023	VARIAZIONE % 2024/2020
BERGAMO	156	157	185	205	217	5,85	39,10
LOMBARDIA	262	308	406	466	476	2,15	81,68
ITALIA	5704	7568	8882	11195	14499	29,51	154,19

Fonte: Banca dati Statistica

Numero di casi denunciati di malattie professionali dell'apparato muscolo scheletrico nel settore manufatturiero

BERGAMO						
MANIFATTURA ATECO C	2020	2021	2022	2023	2024	TOTALE
Artropatie (M00-M25)	**5**	**5**	**8**	**8**	**12**	**38**
Altre lesioni di menisco	3	1	4	4	5	17
Artrosi della prima articolazione carpometacarpica	1	3	4	3	6	17
Coxartrosi (artrosi dell'anca)		1			1	2
Gonartrosi (artrosi del ginocchio)	1			1		2
Dorsopatie (M40-M54)	**43**	**40**	**54**	**71**	**58**	**266**
Altre spondilosi	8	10	13	13		44
Degenerazione di altro disco intervertebrale specificato	15	7	20	31	33	106
Disturbi di disco intervertebrale lombare e di altra sede associati a radicolopatia	8	11	5	4	6	34
Ernia di altro disco intervertebrale specificato	12	12	16	23	19	82
Disturbi dei nervi, delle radici nervose e dei plessi nervosi (G50-G59)	**16**	**19**	**24**	**32**	**25**	**116**
Lesione del nervo ulnare	2		1			3
Sindrome del tunnel carpale	14	19	23	32	25	113
Disturbi dei tessuti molli (M60-M79)	**53**	**54**	**58**	**115**	**72**	**352**
Altre sinoviti e tenosinoviti	2	4	2	2	1	11
Dito a scatto	3	1	5	5	7	21
Epicondilite laterale	3	2		2		7
Epicondilite mediale	8	9	4	19	7	47
Sindrome della cuffia dei rotatori	28	36	40	77	53	234
Sinovite e tenosinovite	1		2	2		5
Tendinite bicipitale			1	2	1	4
Tendinite calcificante della spalla	2	2	1	3		8
Tenosinovite dello stiloide radiale (De Quervain)	6		3	3	3	15
Totali malattie professionali	**117**	**118**	**144**	**226**	**167**	**772**

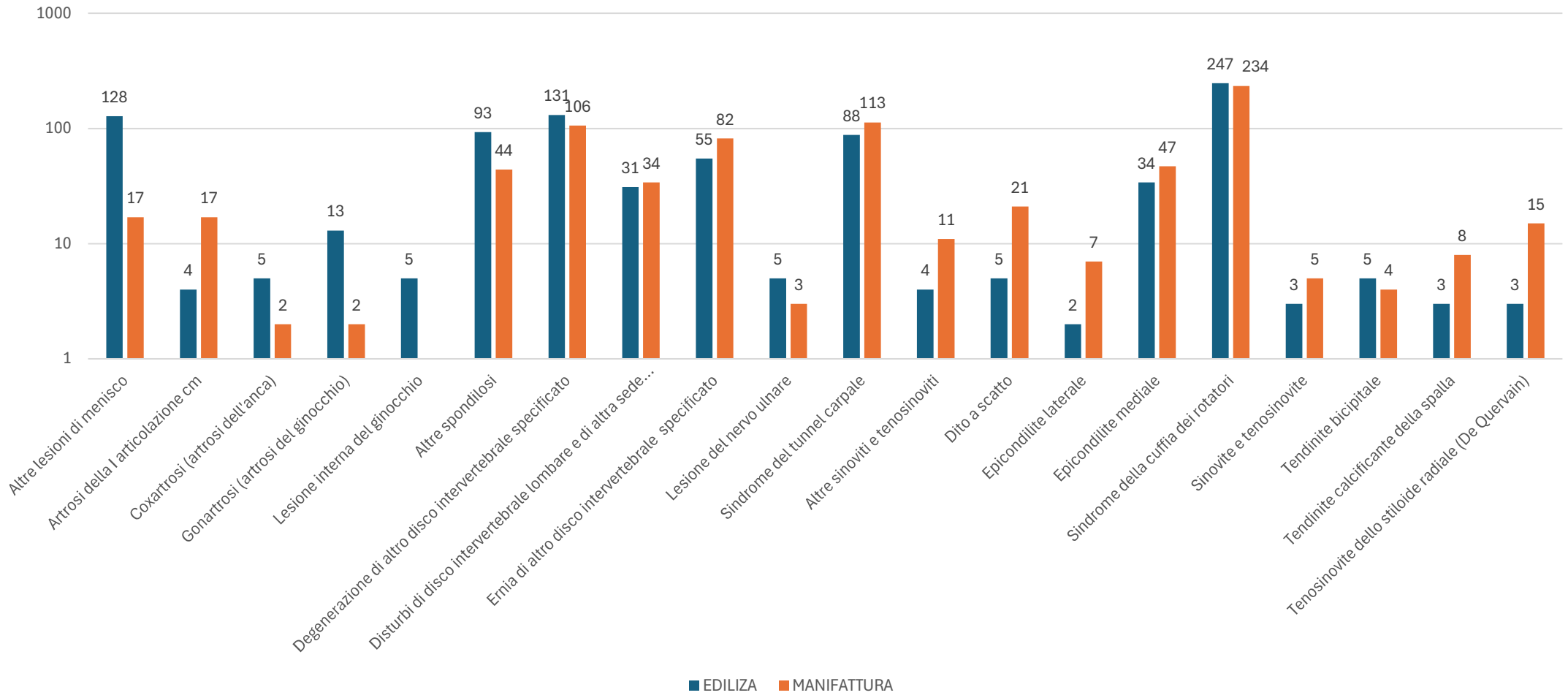
Fonte: Banca dati Statistica

Numero di casi denunciati di malattie professionali dell'apparato muscolo scheletrico nel settore edilizio

BERGAMO						
ATECO COSTRUZIONI F41 - F42 - F43	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**TOTALE**
Artropatie (M00-M25)	**24**	**26**	**35**	**36**	**34**	**155**
Altre lesioni di menisco	20	23	28	29	28	128
Artrosi della prima articolazione carpometacarpica	0	1	0	2	1	4
Coxartrosi (artrosi dell'anca)	1	0	3	1	0	5
Gonartrosi (artrosi del ginocchio)	3	1	2	3	4	13
Lesione interna del ginocchio	0	1	2	1	1	5
Dorsopatie (M40-M54)	**51**	**46**	**55**	**85**	**73**	**310**
Altre spondilosi	20	20	31	21	1	93
Degenerazione di altro disco intervertebrale specificato	15	7	14	44	51	131
Disturbi di disco intervertebrale lombare e di altra sede associati a radicolopatia	12	6	3	3	7	31
Ernia di altro disco intervertebrale specificato	4	13	7	17	14	55
Disturbi dei nervi, delle radici nervose e dei plessi nervosi (G50-G59)	**22**	**15**	**14**	**14**	**28**	**93**
Lesione del nervo ulnare	2	0	0	0	3	5
Sindrome del tunnel carpale	20	15	14	14	25	88
Disturbi dei tessuti molli (M60-M79)	**43**	**60**	**76**	**48**	**79**	**306**
Altre sinoviti e tenosinoviti	0	1	1	2	0	4
Dito a scatto	1	1	2	0	1	5
Epicondilite laterale			1		1	2
Epicondilite mediale	5	4	9	6	10	34
Sindrome della cuffia dei rotatori	37	50	60	34	66	247
Sinovite e tenosinovite	0	0	1	2	0	3
Tendinite bicipitale	0	3	0	2	0	5
Tendinite calcificante della spalla	0	1	1	0	1	3
Tenosinovite dello stiloide radiale (De Quervain)	0	0	1	2	0	3
Totale Complessivo MP	**140**	**147**	**180**	**183**	**214**	**864**

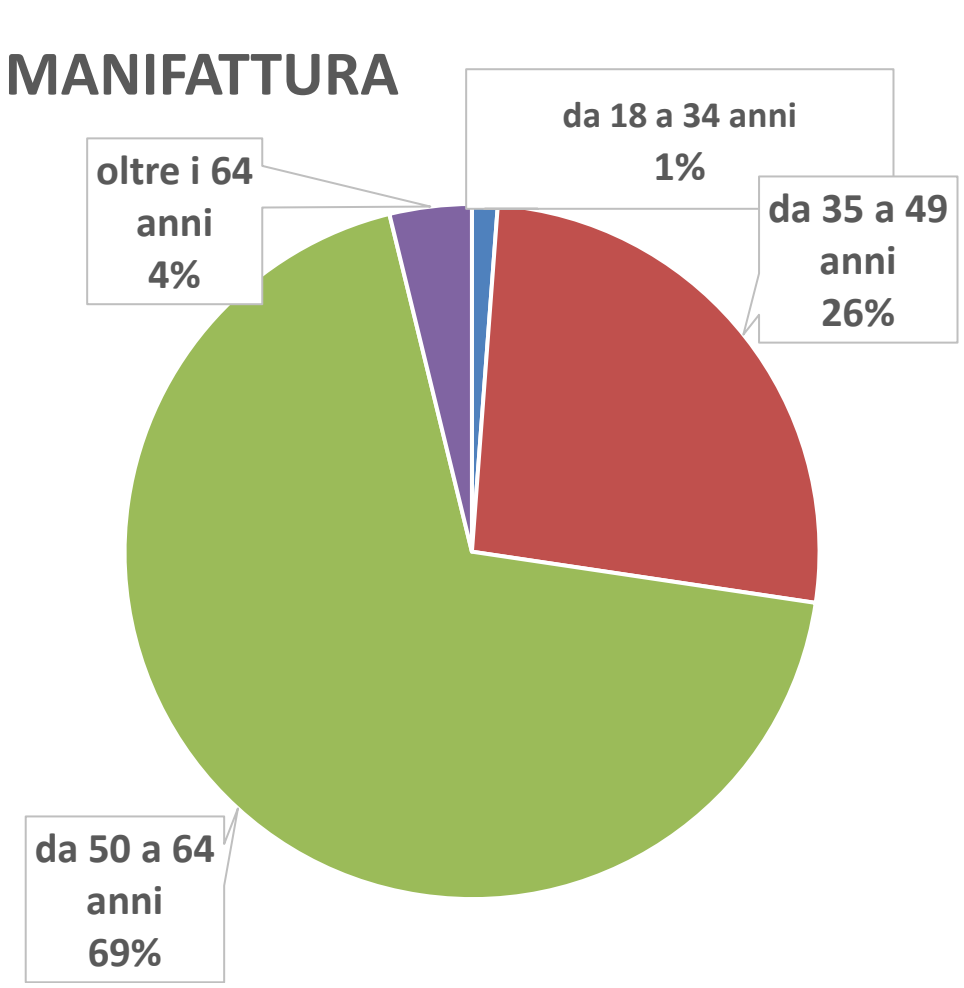
Fonte: Banca dati Statistica

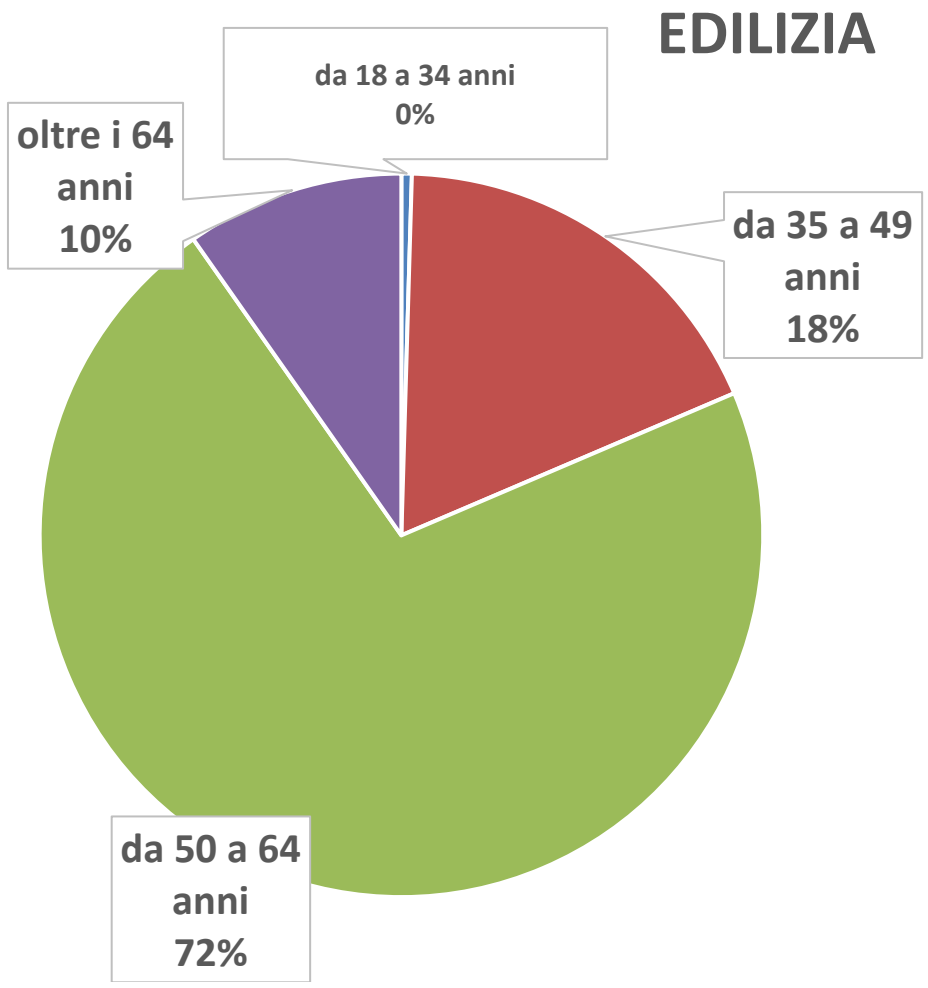
Malattie professionali muscolo scheletriche denunciate nella provincia di Bergamo anni 2020-2024



Fonte: Banca dati Statistica

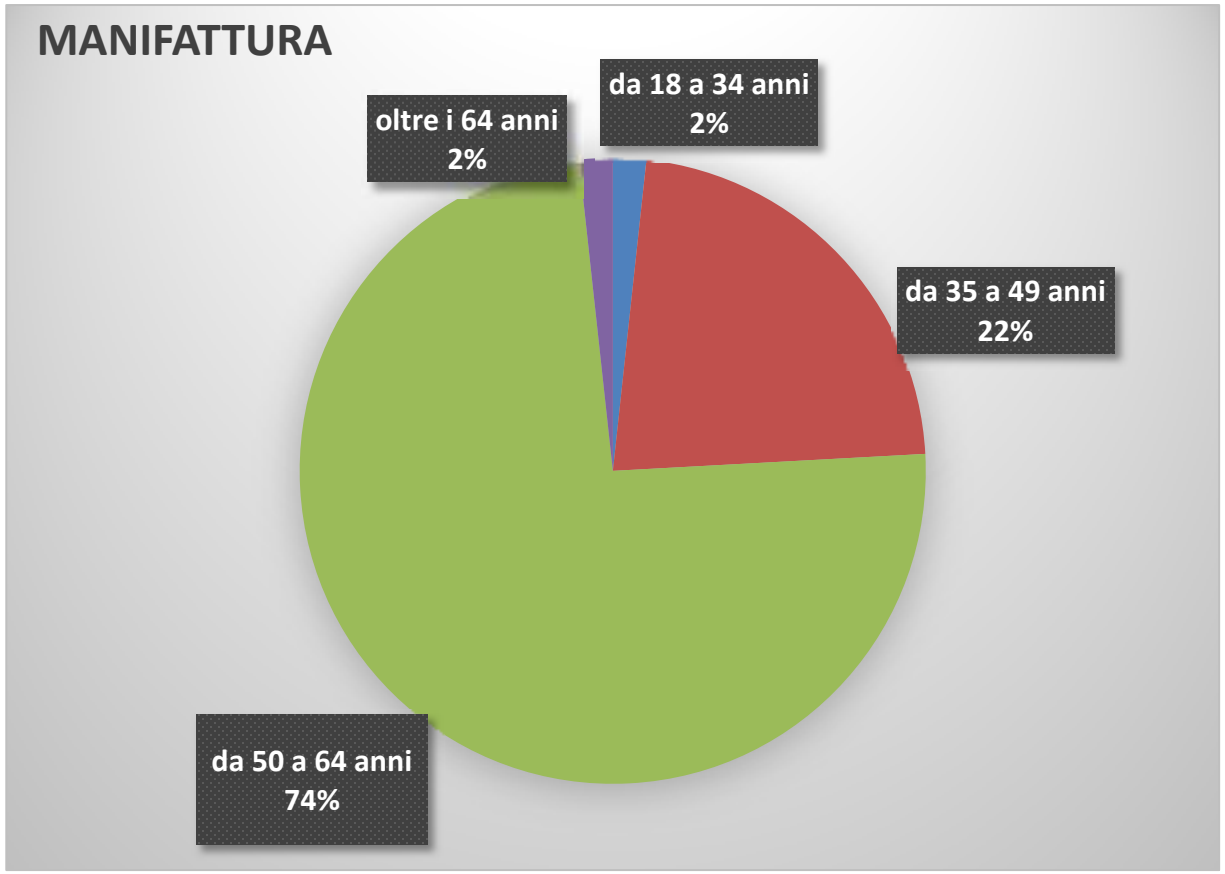
Malattie professionali muscolo scheletriche denunciate 2020-2024 nella provincia Bergamo
CLASSI D'ETA'

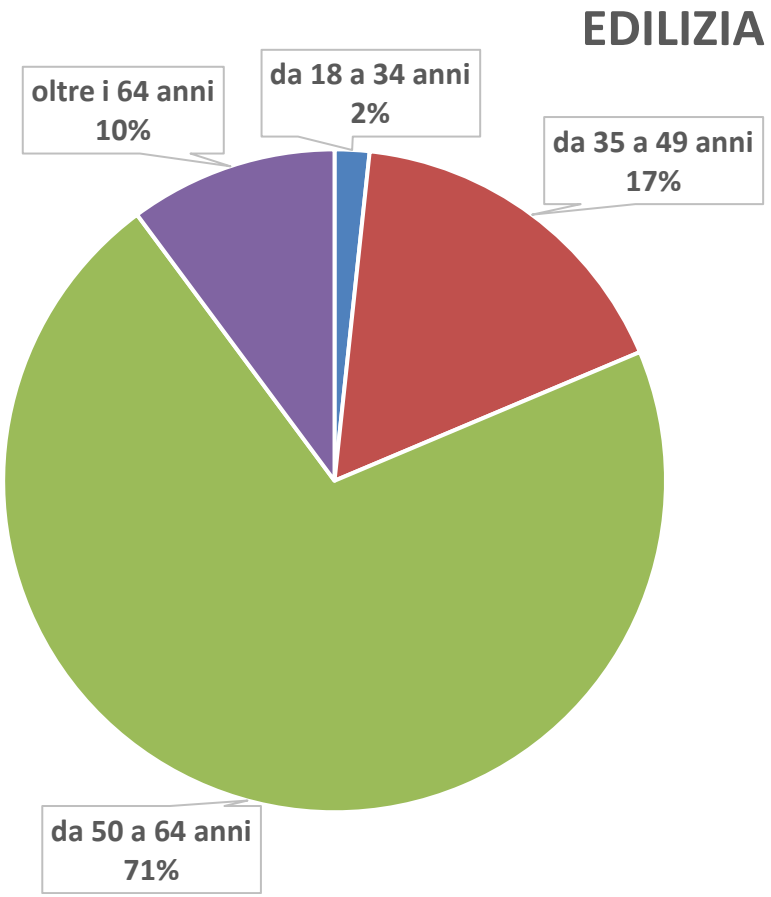




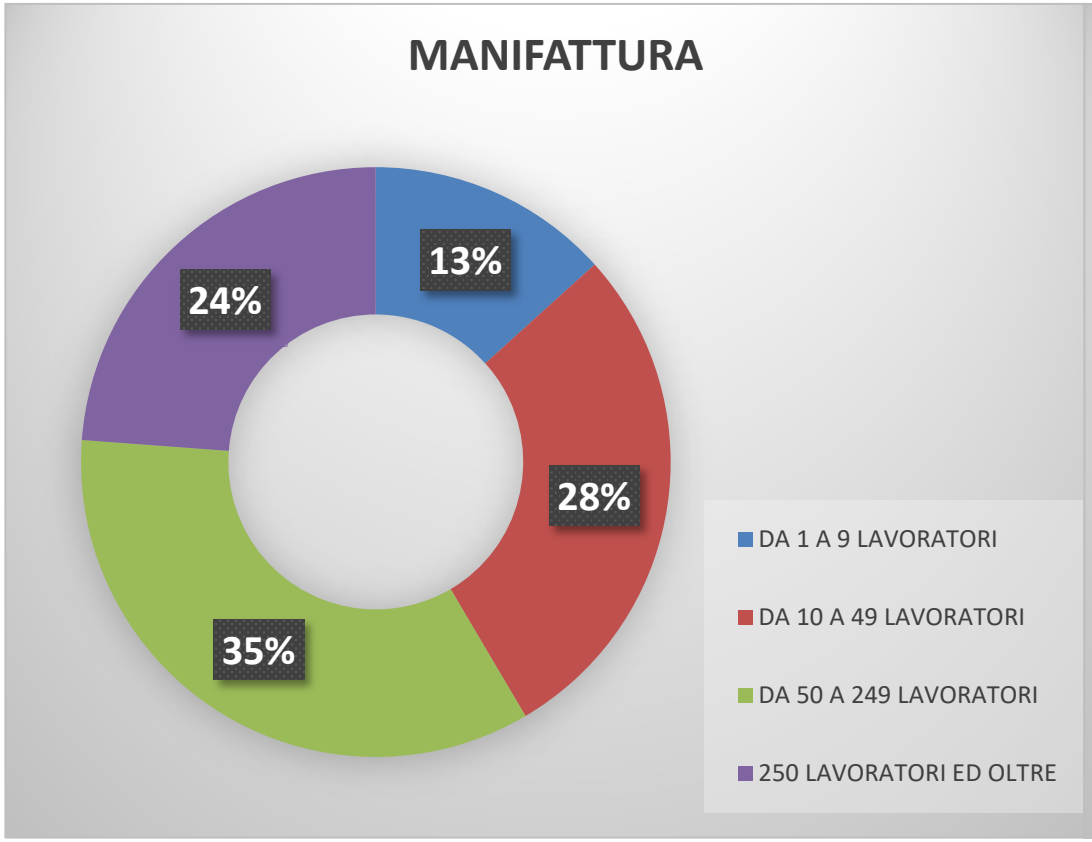
Fonte: Banca dati Statistica

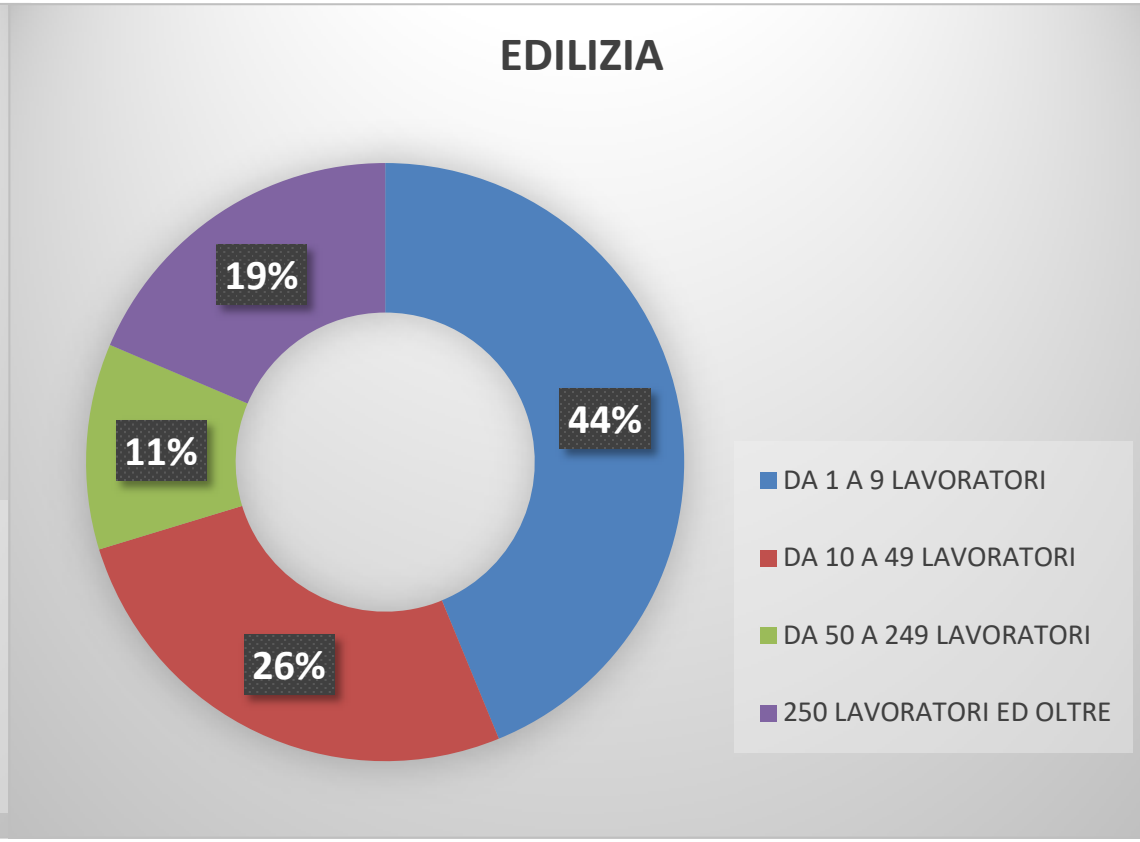
Malattie professionali del sistema nervoso denunciate 2020-2024 nella provincia di Bergamo CLASSI D'ETA'





Malattie professionali muscolo scheletriche denunciate 2020-2024 nella provincia di Bergamo
DIMENSIONE AZIENDALE

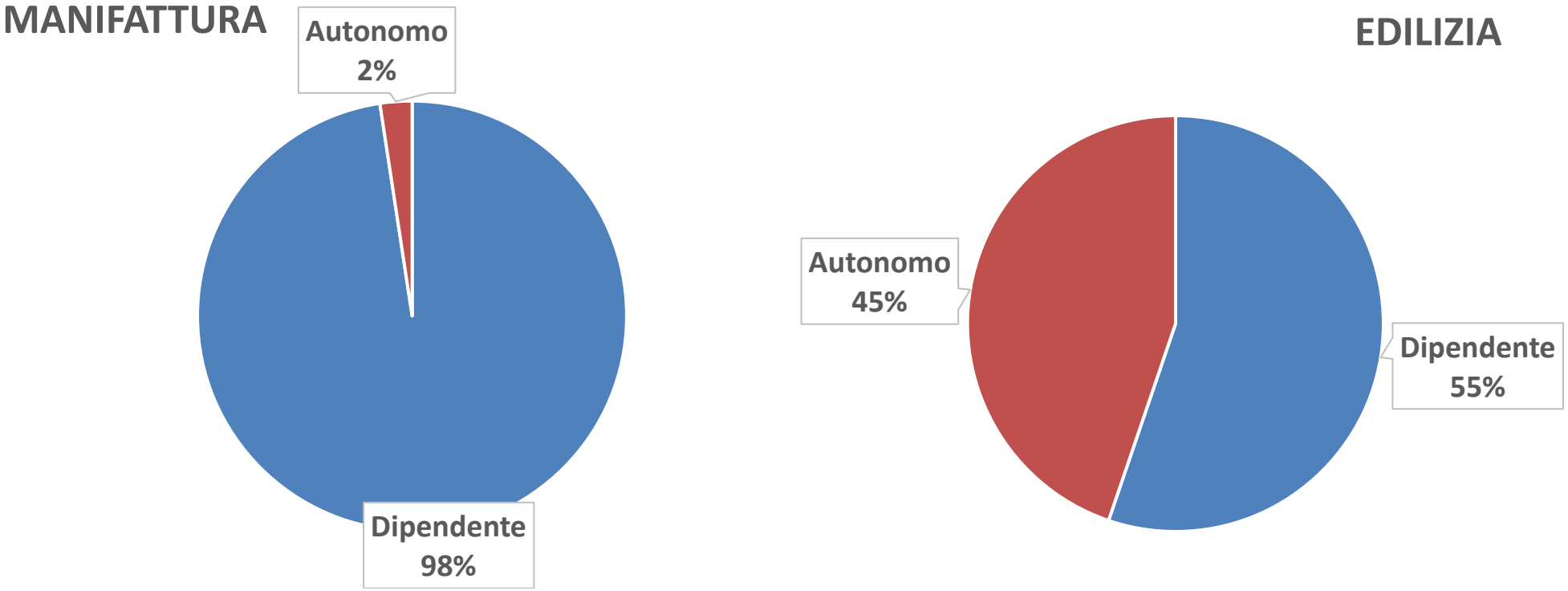




	DA 1 A 9 LAVORATORI	DA 10 A 49 LAVORATORI	DA 50 A 249 LAVORATORI	>250 LAVORATORI
C ATTIVITA' MANIFATTURIERE	6874	1720	503	93
% di incidenza ditte	**12,54%**	**36,57%**	**52,34%**	**51,67%**
F COSTRUZIONI	15044	771	90	7
% di incidenza	**27,45%**	**16,39%**	**9,37%**	**3,89%**

Fonte: Banca dati Statistica

Malattie professionali muscolo scheletriche denunciate 2020-2024 nella provincia di Bergamo
TIPOLOGIA LAVORATORE



Fonte: Banca dati Statistica

Malattie professionali muscolo scheletriche denunciate e riconosciute nel settore manufatturiero anni 2020 –2024 nella provincia di Bergamo

BERGAMO		
MANIFATTURA ATECO C	**TOTALE DENUNCIATE**	**% ACCOLTE**
Artropatie (M00-M25)		
Altre lesioni di menisco	**17**	**6%**
Artrosi della prima articolazione carpometacarpica	**17**	**24%**
Dorsopatie (M40-M54)		
Altre spondilosi	**44**	**55%**
Degenerazione di altro disco intervertebrale specificato	**106**	**36%**
Disturbi di disco intervertebrale lombare e di altra sede associati a radicolopatia	**34**	**65%**
Ernia di altro disco intervertebrale specificato	**82**	**32%**
Disturbi dei nervi, delle radici nervose e dei plessi nervosi (G50-G59)		
Lesione del nervo ulnare	**3**	**67%**
Sindrome del tunnel carpale	**113**	**57%**
Disturbi dei tessuti molli (M60-M79)		
Altre sinoviti e tenosinoviti	**11**	**73%**
Dito a scatto	**21**	**52%**
Epicondilite laterale	**7**	**57%**
Epicondilite mediale	**47**	**45%**
Sindrome della cuffia dei rotatori	**234**	**41%**
Sinovite e tenosinovite	**5**	**40%**
Tendinite bicipitale	**4**	**25%**
Tendinite calcificante della spalla	**8**	**38%**

Fonte: Banca dati Statistica

Malattie professionali muscolo scheletriche denunciate e riconosciute nel settore edilizio anni 2020 -2024 nella provincia di Bergamo

BERGAMO		
ATECO COSTRUZIONI F41 - F42 - F43	**TOT. DENUNCIATE**	**% ACCOLTE**
Artropatie (M00-M25)		
Altre lesioni di menisco	**128**	**46%**
Artrosi della prima articolazione carpometacarpica	**4**	**25%**
Lesione interna del ginocchio	**5**	**80%**
Dorsopatie (M40-M54)		
Altre spondilosi	**93**	**72%**
Degenerazione di altro disco intervertebrale specificato	**131**	**57%**
Disturbi di disco intervertebrale lombare e di altra sede associati a radicolopatia	**31**	**94%**
Ernia di altro disco intervertebrale specificato	**55**	**93%**
Disturbi dei nervi, delle radici nervose e dei plessi nervosi (G50-G59)		
Lesione del nervo ulnare	**5**	**40%**
Sindrome del tunnel carpale	**88**	**77%**
Disturbi dei tessuti molli (M60-M79)		
Dito a scatto	**5**	**100%**
Epicondilite laterale	**2**	**100%**
Epicondilite mediale	**34**	**71%**
Sindrome della cuffia dei rotatori	**247**	**77%**
Sinovite e tenosinovite	**3**	**100%**
Tendinite calcificante della spalla	**3**	**100%**
Tenosinovite dello stiloide radiale (De Quervain)	**3**	**67%**

Fonte: Banca dati Statistica

Malattie professionali definite - % INDENNIZZI anni 2020/2024 - Bergamo

Sottocategoria ICDX: Malattie del sistema osteomuscolare e del tessuto connettivo (M00-M79) -ATECO C-Bergamo					
Tipo Indennizzo	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**
In capitale	76,92	77,27	83,67	83,33	90,24
In rendita	23,08	22,73	16,33	14,58	9,76
In temporanea				2,08	

Sottocategoria ICDX: Malattie del sistema osteomuscolare e del tessuto connettivo (M00-M99)-ATECO F-Bergamo					
Tipo Indennizzo	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**
In capitale	67,5	73,47	67,54	77,69	69,03
In rendita	32,5	23,47	32,46	21,49	30,97
In temporanea		3,06		0,83	



Grazie per l'attenzione

ERGODESIGN

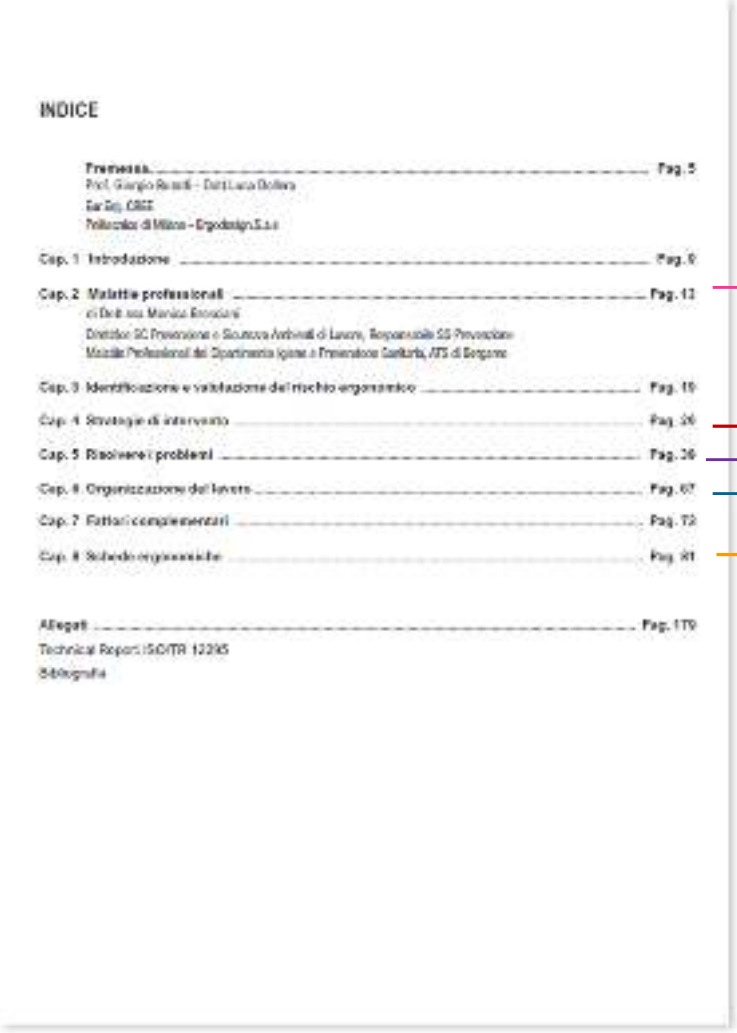
AROUND THE HUMAN FACTOR

PIÙ INTELLIGENZA, MENO FATICA
Strumenti teorici e operativi per la prevenzione dei disturbi muscoloscheletrici nel settore manifatturiero

Prof.Giorgio Buratti

PIÙ INTELLIGENZA, MENO FATICA





INDICE

Premessa ..... Pag. 5
Cap. 1 Introduzione ..... Pag. 9
Cap. 2 Malattie professionali ..... Pag. 13
Cap. 3 Identificazione e valutazione del rischio organizzativo ..... Pag. 19
Cap. 4 Strategie di intervento ..... Pag. 26
Cap. 5 Risolvere i problemi ..... Pag. 36
Cap. 6 Organizzazione del lavoro ..... Pag. 67
Cap. 7 Fattori complementari ..... Pag. 72
Cap. 8 Schede organizzative ..... Pag. 81
Allegati ..... Pag. 179
Technical Report ISO/TR 12295
Bibliografia

- DIRIGENTI
- DIRETTORI DI PRODUZIONE
- UFFICIO TECNICO
- DATORE DI LAVORO
- MEDICO COMPETENTE
- RSPP
- RLS
- CAPIREPARTO
- OPERATORI
- RSU
- E CHIUNQUE NE ABBIA BISOGNO

TEORIA

PRATICA

SCHEDE
(ancora più pratica)



1. INTRODUZIONE

1.1 Cos'è l'ergonomia?

L'ergonomia, dal greco *Ergon* (lavoro) e *Nomos* (legge), è una disciplina scientifica che analizza le relazioni tra l'uomo umano ed i suoi prodotti, con l'obiettivo di ottimizzare il benessere individuale e la prestazione

L'approccio ergonomico si fonda su una progettazione centrata sulle caratteristiche fisiche e psicologiche dell'uomo e sulla necessità di superare ai fattori di rischio per la salute, la sicurezza umana e qualità

1.2 Chi è l'ergonomo?

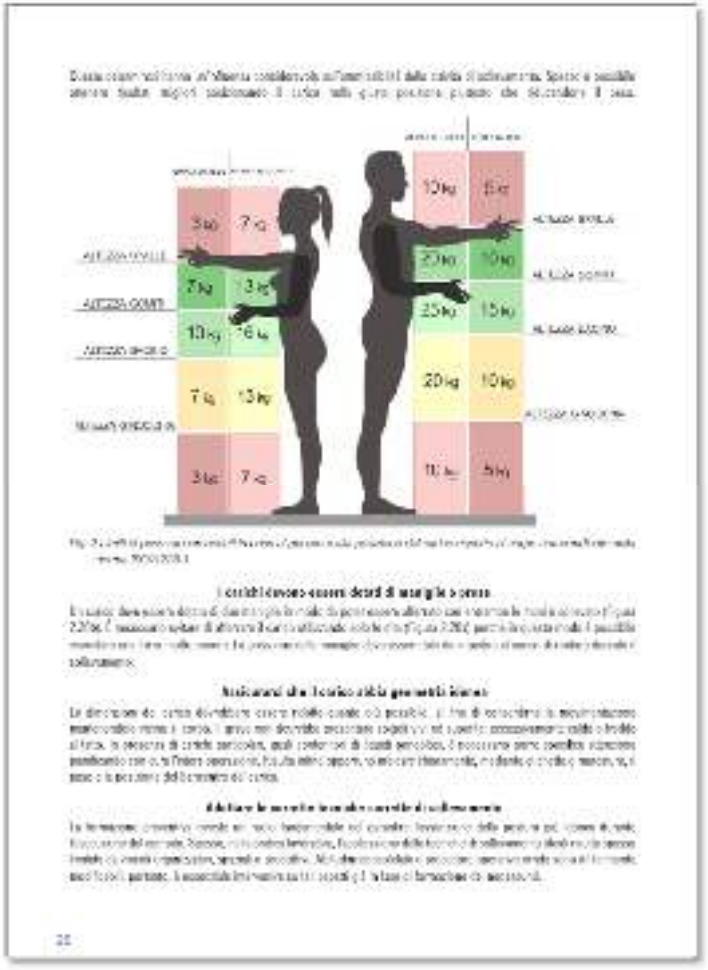
L'ergonomo è il professionista che opera alla valutazione e alla progettazione della qualità del lavoro, degli strumenti, dei prodotti e dell'ambiente, attraverso l'analisi del rapporto uomo-macchina-ambiente e le caratteristiche fisiche, cognitive e sociali dell'individuo.

La professione richiede quindi solide impianto di tipo pratico che integra conoscenze tecnologiche, abilità e

1.3 Importanza per l'azienda

Per molte anni, l'ergonomia principalmente riguardava il rischio fisico, quindi la movimentazione manuale dei carichi, legato al miglioramento delle prestazioni. In anni successivi, l'applicazione del principio ergonomico ha portato benefici economici ed organizzativi, soddisfando la compatibilità dell'impresa.

Dati consolidati in diversi Paesi dell'Unione Europea mostrano infatti che i costi diretti rappresentano



I costi diretti sono costi legati al singolo evento

Indicatori che fanno riferimento ai costi diretti

Valutare la spesa totale sostenuta a carico dell'azienda



SCHEDA 16

PER LE PICCOLE IMPRESE

PERCHÉ?

COSA?

VALUTAZIONE DEL RISCHIO ERGONOMICO

ERGODESIGN
AROUND THE HUMAN FACTOR

COSA?

ATTIVITÀ	OBBLIGO DI VALUTAZIONE
Movimentazione manuale dei carichi	Ogniqualvolta uno o più operatori utilizzino la forza muscolare per manipolare, trasportare, sollevare, deporre o spingere, tirare e spostare per più di 1 m un oggetto fisico (escluse persone o animali) di peso pari o superiore ai 3 kg.
Traino e spinta	Ogniqualvolta uno o più operatori spingano o tirino un oggetto, anche dotato di ruote, per la quale l'entità della forza superi i 30N (o 50N per una frequenza di una volta ogni 5 min.) per sforzi continuativi e prolungati, e circa 100N per sforzi massimi iniziali.
Movimenti ripetitivi degli arti superiori	Ogniqualvolta uno o più operatori compiano un'azione o compito lavorativo eseguito ciclicamente e in maniera simile per almeno 1 ora al giorno, anche non continuativa.
Attività con ritmi di lavoro elevati	Ogniqualvolta uno o più operatori ripetano un'attività lavorativa con un tempo di ciclo inferiore a 30 secondi, oppure quando la medesima azione tecnica occupa oltre il 50% del tempo complessivo di lavoro.
Posture di lavoro incongrue	Ogniqualvolta uno o più operatori assumano una postura che a causa della geometria, del mantenimento nel tempo superiore ai 4 secondi o della frequenza di ripetizione causi disagio.
Impiego elevato di forza fisica	Ogniqualvolta l'impegno biomeccanico richiesto ad uno o più operatori superi il 40% della forza massima volontaria, in particolare qualora tale impegno sia applicato con elevata frequenza, mantenuto in modo statico e/o associato a movimenti ripetitivi.
Utilizzo di apparecchi vibranti	Ogniqualvolta uno o più lavoratori utilizzino attrezzature di lavoro che trasmettano vibrazioni agli arti superiori (trapani, smerigliatrici o martelli pneumatici) o vibrazioni al corpo intero (carrelli elevatori, escavatori o trattori).

COME? TECHNICAL REPORT ISO/TR 12295



1 MOVIMENTAZIONE CARICHI		
È presente il SOLLEVAMENTO o il TRASPORTO MANUALE di un oggetto di 3 Kg o più?	NO	SI
Se SI si procede con lo step 2 Quick Assessment		

2 TRAINO E SPINTA		
È presente un'attività di SPINTA o TRAINO effettuata con una sola mano e con tutto il corpo?	NO	SI
Se SI si procede con lo step 2 Quick Assessment		

3 MOVIMENTI RIPETITIVI DEGLI ARTI SUPERIORI		
Vi sono uno o più compiti o attività che gli arti superiori sono da sommare di 1 ora o più nel turno?	NO	SI
Se SI si procede con lo step 2 Quick Assessment		

4 POSTURA		
Vi sono posture statiche e incongrue del COLLO-TESTA, del TRONCO e/o degli ARTI SUPERIORI o [illegible] per oltre 4 secondi non esclusivi e ripetute per una parte significativa del tempo di lavoro?	NO	SI
Se SI si procede con lo step 2 Quick Assessment		

Se le risposte a le precedenti 4 domande sono negative, l'attività lavorativa considerata non presenta rischi da sovraccarico biomeccanico. Se una o più risposte sono positive si procede alla fase successiva di Valutazione Rapida (Quick Assessment) [illegible] "SI" alla domanda 1 "È presente il sollevamento o il trasporto manuale di un oggetto di 3 Kg o più?". Dovremo ora passare alle serie di domande previste dallo Step 2 VALUTAZIONE RAPIDA - ASPETTI PRELIMINARI (Quick Assessment).

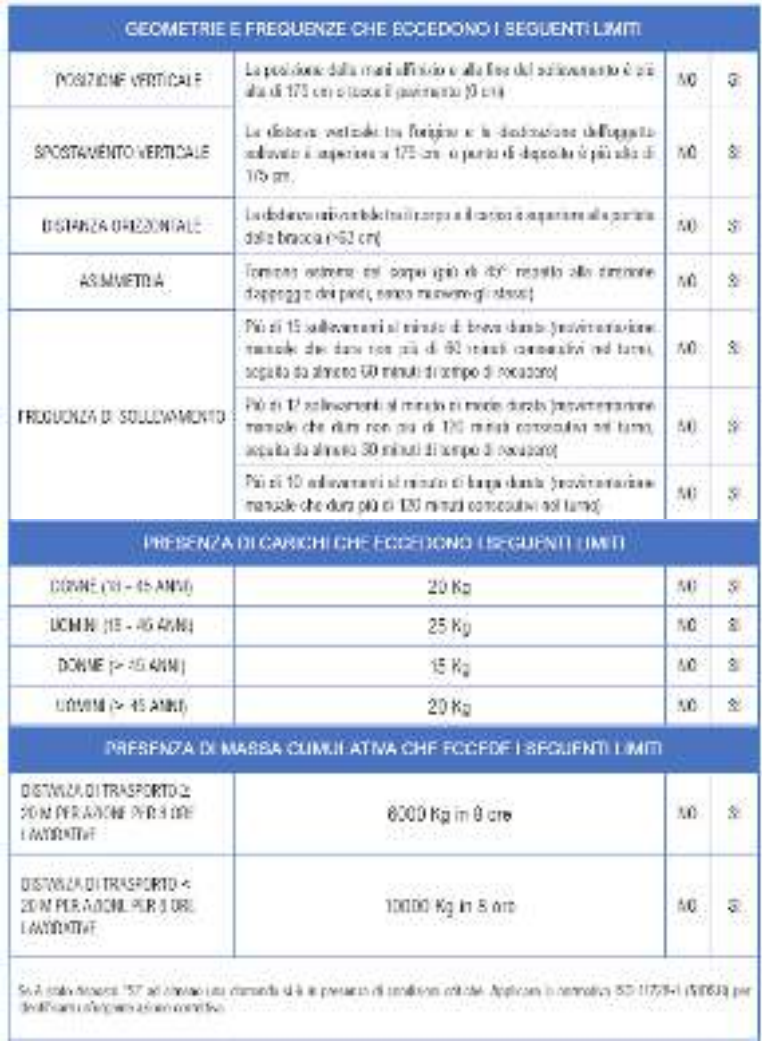
STEP 2a Movimentazione carichi – Aspetti preliminari

Lo Step 2a parte della valutazione preliminare delle condizioni ambientali nonché organizzative, elencate in Tabella 2, che potrebbero presentare un rischio aggiuntivo nella movimentazione manuale dei carichi.

Tabella 2. Movimentazione carichi: Aspetti preliminari

Condizioni di lavoro e sfavorevoli per la attività di sollevamento e trasporto manuale?		
Sono presenti impianti ascensore (trasversale)	NO	SI
Sono presenti pavimenti scivolosi, non stabili, irregolari	NO	SI
Sono presenti spazi insufficienti per il sollevamento e trasporto	NO	SI
Vi sono caratteristiche sfavorevoli dell'oggetto per il sollevamento e trasporto manuale?		
La dimensione dell'oggetto limita la visuale dell'operatore e ne ostacola il movimento?	NO	SI
Il contenuto provoca [illegible]	NO	SI
La forma dell'oggetto presenta spigoli o superfici taglienti o protrusioni?	NO	SI
Le superfici di contatto sono troppo calde o fredde?	NO	SI
Durata eccessiva		
Le [illegible] di sollevamento e trasporto manuale durano più di 1 ora al giorno?	NO	SI

Se [illegible] "SI" ad almeno una domanda si è in presenza di condizioni critiche. Applicare la normativa ISO 11228-1 (SIDSM) per identificare un'eventuale azione correttiva.



GEOMETRIE E FREQUENZE CHE ECCEDONO I SEGUENTI LIMITI			
POSIZIONE VERTICALE	La posizione delle mani all'inizio e alla fine del sollevamento è più alta di 175 cm o tocca il pavimento (0 cm)	NO	SI
SPOSTAMENTO VERTICALE	La distanza verticale tra l'origine e la destinazione dell'oggetto sollevato è superiore a 175 cm o punto di deposito è più alto di 175 cm.	NO	SI
DISTANZA ORIZZONTALE	La distanza orizzontale tra il corpo e il carico è superiore alla portata delle braccia (>63 cm)	NO	SI
ASIMMETRIA	Torniamo estreme del corpo (più di 45° rispetto alla direzione d'appoggio dei piedi, senza muovere gli stessi)	NO	SI
FREQUENZA DI SOLLEVAMENTO	Più di 15 sollevamenti al minuto di breve durata (movimentazione manuale che dura non più di 60 minuti consecutivi nel turno, seguita da almeno 60 minuti di tempo di recupero)	NO	SI
	Più di 12 sollevamenti al minuto di media durata (movimentazione manuale che dura non più di 120 minuti consecutivi nel turno, seguita da almeno 30 minuti di tempo di recupero)	NO	SI
	Più di 10 sollevamenti al minuto di lunga durata (movimentazione manuale che dura più di 120 minuti consecutivi nel turno)	NO	SI
PRESENZA DI CARICHI CHE ECCEDONO I SEGUENTI LIMITI			
DONNE (18 - 45 ANNI)	20 Kg	NO	SI
UOMINI (18 - 45 ANNI)	25 Kg	NO	SI
DONNE (> 45 ANNI)	15 Kg	NO	SI
UOMINI (> 45 ANNI)	20 Kg	NO	SI
PRESENZA DI MASSA CUMULATIVA CHE ECCEDE I SEGUENTI LIMITI			
DISTANZA DI TRASPORTO ≥ 20 M PER AZIONE PER 8 ORE LAVORATIVE	6000 Kg in 8 ore	NO	SI
DISTANZA DI TRASPORTO < 20 M PER AZIONE PER 8 ORE LAVORATIVE	10000 Kg in 8 ore	NO	SI

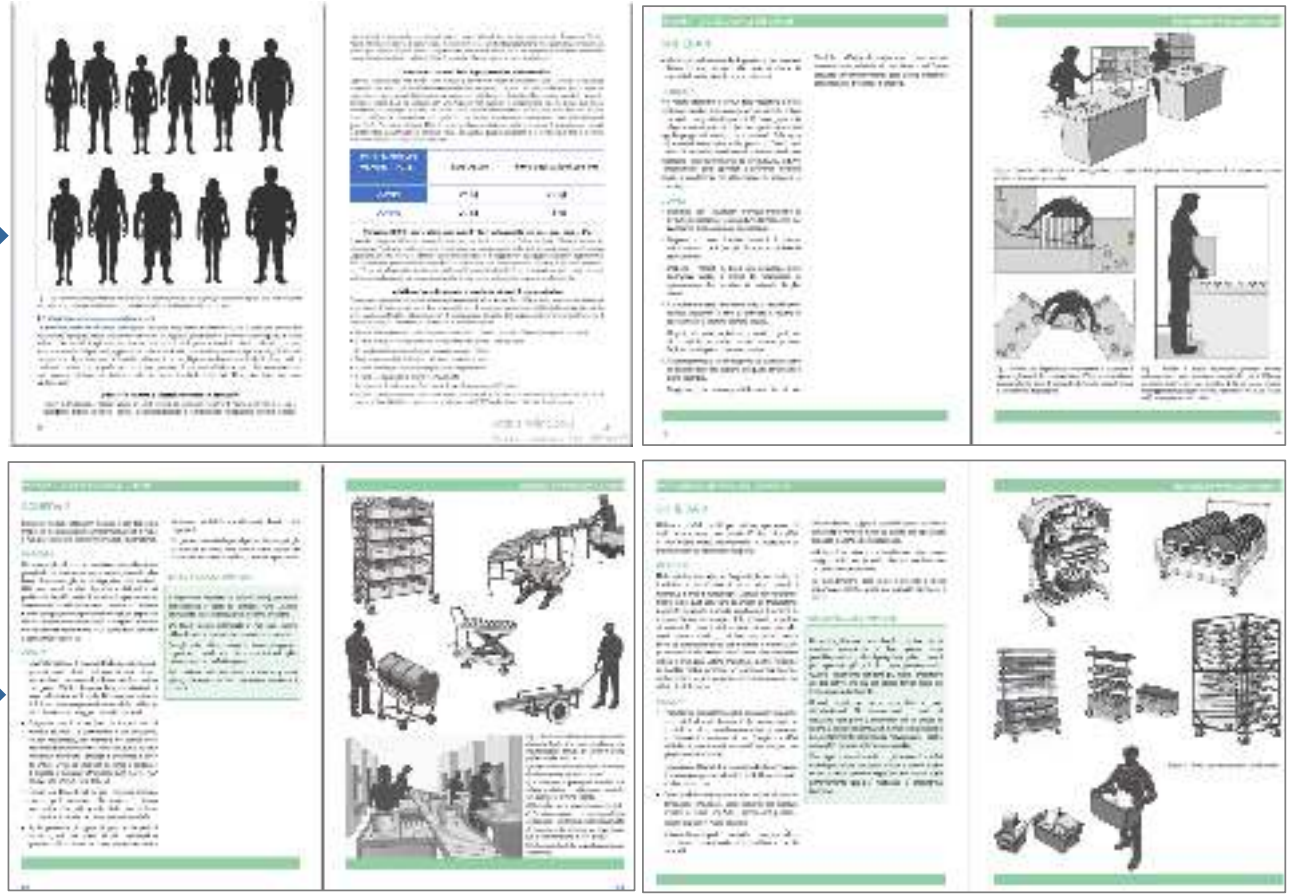
Se A scala domanda "SI" ad almeno una domanda si è in presenza di condizioni critiche. Applicare la normativa ISO 11228-1 (SIDSM) per identificare un'eventuale azione correttiva.

RISOLVERE

…E ADESSO?

ATTIVITÀ	OBBLIGO DI VALUTAZIONE	APPROFONDIMENTI
Movimentazione manuale dei carichi	Ogniqualvolta uno o più operatori utilizzano la forza muscolare per manipolare, trasportare, sollevare, deporre o spingere, tirare e spostare per più di 1 m. un oggetto fisico (escluse persone o animali) di peso pari o superiore ai 3 kg	
Traino e spinta	Ogniqualvolta uno o più operatori spingano o tirino un oggetto, anche dotato di ruote, per la quale l'entità della forza superi i 30N (o 50N per una frequenza di una volta ogni 5 min.) per sforzi continuativi e prolungati, o circa 100N per sforzi massimi iniziali.	
Movimenti ripetitivi degli arti superiori	Ogniqualvolta uno o più operatori compiano un'azione o compito lavorativo eseguito ciclicamente e in maniera simile per almeno 1 ora al giorno, anche non continuativa.	
Attività con ritmo di lavoro elevato	Ogniqualvolta uno o più operatori ripetano un'attività lavorativa con un tempo di ciclo inferiore a 30 secondi, oppure quando la medesima azione tecnica occupa oltre il 50% del tempo complessivo di lavoro.	
Posture di lavoro incongrue	Ogniqualvolta uno o più operatori assumano una postura che a causa della geometria, del mantenimento nel tempo superiore ai 4 secondi o della frequenza di ripetizione causi disagio.	
Impiego elevato di forza fisica	Ogniqualvolta l'impegno biomeccanico richiesto ad uno o più operatori superi il 40% della forza massima volontaria, in particolare qualora tale impegno sia applicato con elevata frequenza, mantenuto in modo statico e/o associato a movimenti ripetitivi.	
Utilizzo di apparecchi vibranti	Ogniqualvolta uno o più lavoratori utilizzino attrezzature di lavoro che trasmettano vibrazioni agli arti superiori (trapani, smerigliatrici o martelli pneumatici) o vibrazioni al corpo intero (carrelli elevatori, escavatori o trattori)	

SI PASSA AL PROGETTO RISOLUTIVO
tra suggerimenti teorici e pratici



RISOLVERE (SCHEDE)

- MOVIMENTAZIONE MANUALE CARICHI
  Stoccaggio, movimentazione e trasporto
- POSTURE
  Utensili e postazione di lavoro
- BIOMECCANICA
  Dimensionamento della postazione di lavoro
- VIBRAZIONI E ILLUMINAZIONE
- ORGANIZZAZIONE E COORDINAMENTO
  Tempi, pause e ritmi di lavoro

SCHEDA 6

Ridurre progressivamente la movimentazione manuale dei materiali, con l'obiettivo di eliminarla completamente. Ciò consente di ottimizzare l'impiego della risorsa umana, liberandola da compiti gravosi e rendendola disponibile per attività a maggiore valore aggiunto.

PERCHÉ?

La movimentazione manuale dei materiali, comprensiva lo stoccaggio, il carico e lo scarico, non garantisce alcun plusvalore. Sostituendola con mezzi meccanici, i lavoratori possono dedicare il loro tempo a lavori a maggior valore aggiunto. Questa considerazione risulta valida sia per manufatti di massa elevata sia per elementi di dimensioni ridotte e peso contenuto. La movimentazione manuale continua di determinati pesi costringe porta infatti a posture di lavoro scorrette e a movimenti ripetitivi pericolosi. Ciò può causare problemi muscolari e articolari, con conseguente calo della produttività.

COME?

- Analizzare le operazioni di movimentazione dei materiali al fine di individuare quelle che possono essere sostituite da sistemi meccanici o automatizzati.
- In presenza di budget limitati è possibile ricorrere a dispositivi ad azionamento manuale quali tavoli elevatori idraulici, gru idrauliche a pavimento, paranchi a leva o a catena. È tuttavia fondamentale verificare che le forze necessarie per l'utilizzo non comportino ulteriori rischi o problematiche di natura ergonomica. Va inoltre considerato che, nel tempo, la differenza di costo tra le soluzioni manuali e quelle motorizzate si è progressivamente ridotta, rendendo il ricorso a dispositivi manuali una scelta residuale.
- Laddove i dispositivi azionati manualmente non siano in grado di gestire correttamente i materiali pesanti, utilizzare dispositivi azionati elettricamente, come elevatori elettrici o idraulici, nastri trasportatori o linee di sospensione. Questi dispositivi spesso consentono di organizzare il trasporto automatico dei materiali alla stazione di lavoro successiva.
- Qualora l'impiego di un dispositivo di movimentazione meccanico non risulti praticabile, è possibile adottare soluzioni passive quali uno scivolo a gravità per i materiali leggeri o un trasportatore a rulli inclinato per i materiali più pesanti. In tali configurazioni è la forza di gravità a garantire lo spostamento dei materiali.
- Garantire un'adeguata formazione dei lavoratori sulle procedure di sicurezza relative all'impiego dei dispositivi, verificando al contempo che gli stessi dispositivi risultino idonei a consentire operazioni sicure.
- Assicurarsi che i rischi connessi all'introduzione di nuovi dispositivi meccanici siano correttamente valutati e che vengano adottate opportune misure di prevenzione e protezione.

PER LE PICCOLE IMPRESE

Ultimare dispositivi polivalenti che i lavoratori possano adattare facilmente per diverse attività di movimentazione.

Installare i dispositivi di sollevamento in modo che le azioni lavorative antecedenti o successive la movimentazione meccanica non richiedano ulteriori sollevamenti manuali (che renderebbero inutile il ricorso alla meccanizzazione).

È necessario prestare particolare attenzione al trasporto e alla movimentazione di materiali sciolti o contenenti polveri. Tali materiali non devono essere trasferiti in aree in cui lavoratori consumano pasti o bevande.

È opportuno trarre indicazioni dai buoni esempi applicati in settori merceologici diversi, che quali è possibile ricavare soluzioni semplici e pratiche. Oltre ai siti web dei produttori, numerose banche dati di associazioni di categoria, enti pubblici e altre istituzioni possono contenere indicazioni utili.



ERGODESIGN
AROUND THE HUMAN FACTOR

RISOLVERE (SCHEDE)

MOVIMENTAZIONE MANUALE CARICHI
Stoccaggio, movimentazione e trasporto

POSTURE
Utensili e postazione di lavoro

BIOMECCANICA
Dimensionamento della postazione di lavoro

VIBRAZIONI E ILLUMINAZIONE

ORGANIZZAZIONE E COORDINAMENTO
Tempi, pause e ritmi di lavoro

POSTURE E BIOMECCANICA

SCHEDA 17

Per gli utensili manuali è fondamentale che le impugnature siano progettate con spessore, lunghezza, forma e dimensioni adeguate, in modo da [illegible]. Un utensile dovrebbe adattarsi all'operatore con la stessa naturalezza con cui un capo di abbigliamento si conforma al corpo. Per questo motivo è fondamentale utilizzare utensili dotati di impugnature proporzionate all'utilizzatore.

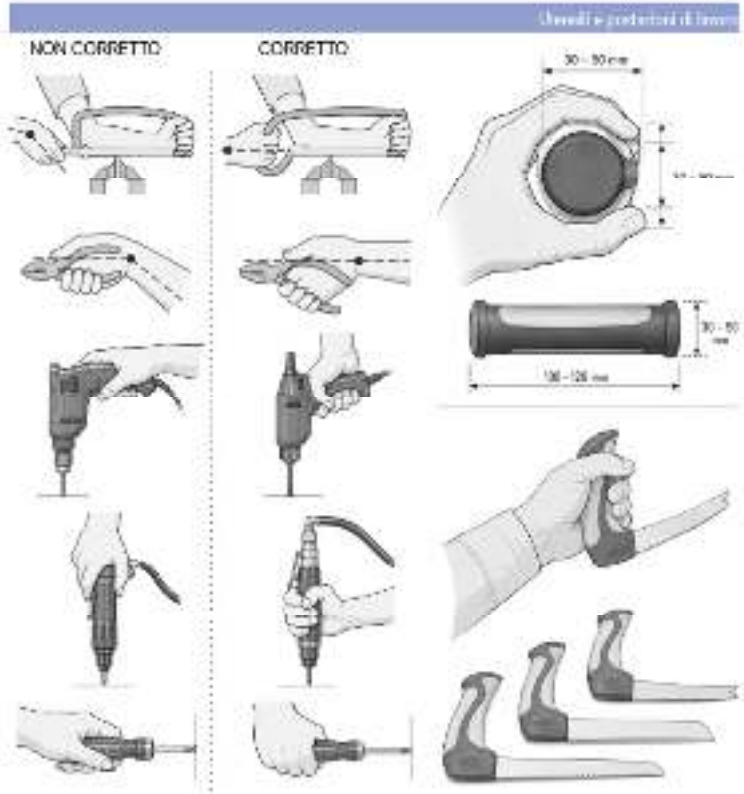
PERCHÉ?

Ogni utensile manuale presenta due estremità: una destinata all'azione sul materiale e l'altra al contatto con la mano dell'operatore. L'impugnatura, pertanto, deve essere adattata sia alle caratteristiche antropometriche della mano, sia al tipo di operazione da eseguire. La conformazione ergonomica dell'impugnatura, in termini di forma, spessore e lunghezza, riveste un ruolo determinante. Un'impugnatura ben progettata consente infatti al lavoratore di esercitare un controllo più stabile sull'utensile, riducendo la forza necessaria per il suo utilizzo. Ne derivano una migliore qualità del lavoro prodotto, una significativa diminuzione dell'affaticamento muscolare e una riduzione del rischio di incidenti.

COME?

- Nel caso di utensili a manico singolo, impugnati con le quattro dita che avvolgono il manico e il pollice che si oppone poggiandosi sopra l'indice, il diametro ottimale del manico deve essere compreso tra 30 e 40 mm. Per gli utensili a doppia impugnatura, la distanza iniziale tra le maniglie (prima dell'uso) dovrebbe essere inferiore a 100 mm, mentre la distanza finale (in posizione chiusa) deve risultare compresa tra 40 e 50 mm. In questi casi, il diametro delle impugnature deve essere sufficientemente ampio da garantire comfort e prevenire dolore o compressioni eccessive.
- Per le prese a uncino, simili a quella con cui si trasporta un secchio, dove le quattro dita agiscono come un gancio il diametro consigliato del manico è compreso tra 30 e 50 mm.
- La lunghezza dell'impugnatura deve essere pari ad almeno 100 mm, sebbene una misura di 125 mm risulti generalmente più confortevole. Un manico di almeno 125 mm è particolarmente raccomandato quando la mano rimane completamente chiusa (ad esempio nell'uso di una sega) o in presenza di guanti di protezione.
- La maggioranza degli utensili sono progettati principalmente per mani maschili, in caso di utilizzo da parte di lavoratrici può rendersi opportuno ricorrere a fornitori che offrono versioni con dimensioni più ridotte.
- L'impugnatura deve consentire al polso di mantenere una posizione neutra, simile a quella della stretta di mano. In alcune situazioni, l'impugnatura a pistola può rappresentare una soluzione ergonomicamente vantaggiosa.
- Adottare utensili idonei sia per lavoratori destrimani che per mancini, al fine di garantire accessibilità e ridurre il rischio di posture scorrette.

Utensili e protezioni di lavoro



ERGODESIGN
AROUND THE HUMAN FACTOR

RISOLVERE (SCHEDE)

MOVIMENTAZIONE MANUALE CARICHI
Stoccaggio, movimentazione e trasporto

POSTURE
Utensili e postazione di lavoro

BIOMECCANICA
Dimensionamento della postazione di lavoro

VIBRAZIONI E ILLUMINAZIONE

ORGANIZZAZIONE E COORDINAMENTO
Tempi, pause e ritmi di lavoro



POSTURE E BIOMECCANICA

SCHEDA 23

Garantire che il lavoratore possa vedere e raggiungere agevolmente tutti gli utensili e i comandi dei macchinari, assicurando condizioni di utilizzo sicure ed efficienti.

PERCHÉ?

Tutti gli strumenti e i comandi utilizzati per l'esecuzione del compito lavorativo devono essere disposti in modo ordinato e funzionale. Soltanto sono gli stessi lavoratori a organizzare la postazione, ma non è detto che questo avvenga nella maniera corretta. Quando i comandi o gli strumenti non risultano immediatamente visibili o accessibili, gli operatori tendono a utilizzarli affidandosi ad abitudini o supposizioni, con conseguente aumento del rischio di errore o infortunio. Una disposizione corretta riduce tempi e sforzi, evitando posture scorrette: comandi collocati in posizione troppo elevata possono generare dolore alle spalle, mentre quelli troppo in basso possono provocare disturbi alla schiena.

COME?

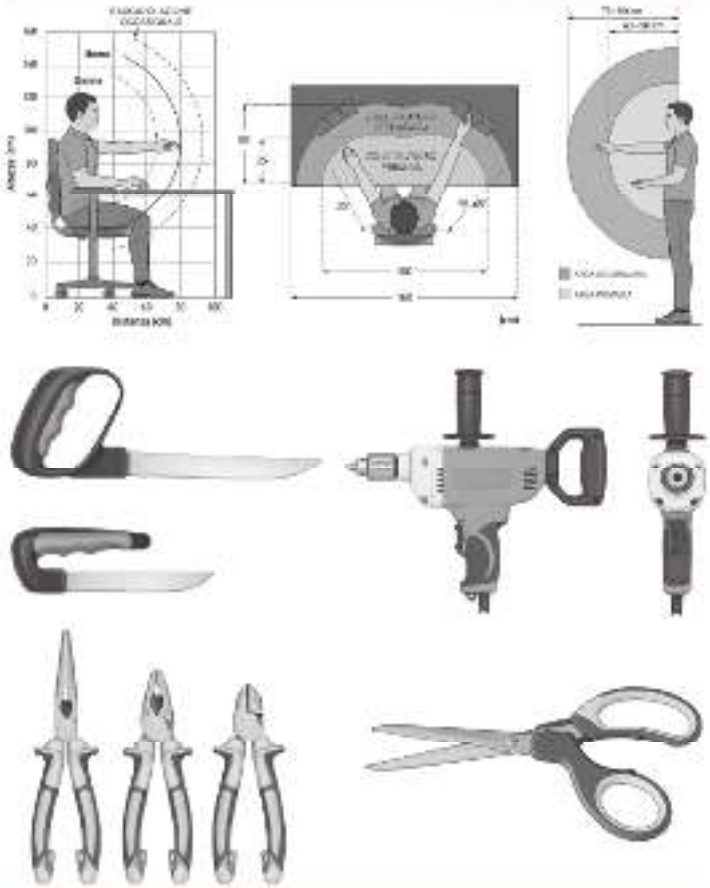
- Utensili e comandi di utilizzo più frequente o prolungato (zona primaria) devono essere collocati formalmente all'operatore, in corrispondenza dell'altezza del gomito, così da consentirne l'azionamento senza pagamenti nel tronco del corpo.
- Comandi o componenti di utilizzo non frequente possono essere posizionati nella zona secondaria, purché rimangano facilmente raggiungibili mantenendo la postura abituale di lavoro ed evitando movimenti innaturali.
- Qualora i comandi risultino eccessivamente elevati, è opportuno adottare piattaforme per rialzare la superficie di lavoro o il piano d'appoggio dell'operatore; se troppo bassi, vanno invece rialzati mediante spostamento o l'inserimento di supporti sotto la macchina o il banco.
- In fase di introduzione di nuove postazioni o macchinari, è preferibile selezionare soluzioni adeguate alle caratteristiche antropometriche degli operatori, oppure dotate di regolazioni in altezza.

PER LE PICCOLE IMPRESE

È opportuno definire l'area di movimento delle mani, collocata a una distanza compresa tra 25 e 50 cm dalla parte anteriore del corpo e fino a 40 cm lateralmente, all'altezza del gomito. L'area secondaria si estende oltre tali limiti, senza tuttavia superare i 60 cm lateralmente. I comandi e gli elementi di utilizzo primario (quali utensili, componenti e materiali) dovrebbero essere posizionati all'interno dell'area primaria, mentre quelli di uso accessorio nell'area secondaria.

La disposizione dei comandi deve essere ottimizzata in relazione agli altri elementi presenti sulla postazione di lavoro (utensili, componenti, semilavorati e contenitori), preferibilmente mantenendo del contributo di operatori esperti. In determinati contesti, la suddivisione della superficie del banco in sotto-aree dedicate alle diverse fasi operative può favorire una migliore organizzazione delle attività, facilitare i processi di apprendimento e incrementare la produttività.

92



Dimensionamento della postazione

93

RISOLVERE (SCHEDE)

- MOVIMENTAZIONE MANUALE CARICHI
  Stoccaggio, movimentazione e trasporto
- POSTURE
  Utensili e postazione di lavoro
- BIOMECCANICA
  Dimensionamento della postazione di lavoro
- VIBRAZIONI E ILLUMINAZIONE
- ORGANIZZAZIONE E COORDINAMENTO
  Tempi, pause e ritmi di lavoro



ILLUMINAZIONE E VIBRAZIONI

SCHEDA 34

Fornire illuminazione localizzata per le attività che richiedono elevata precisione visiva o per operazioni di ispezione. Le luci locali, opportunamente posizionate e orientate, consentono di ottenere livelli di illuminamento adeguati nelle specifiche aree di lavoro, riducendo al contempo il carico energetico dell'impianto generale.

PERCHÉ?

Una progettazione corretta dell'illuminazione può risultare estremamente efficace nel migliorare la qualità visiva e l'efficienza operativa. Per le attività di precisione è di frequente e necessario un livello di illuminamento superiore rispetto a quello richiesto per la produzione ordinaria o per il lavoro d'ufficio. L'impiego di corpi illuminanti locali, opportunamente posizionati, permette in modo significativo la precisione e l'efficienza operativa. Una combinazione equilibrata tra illuminazione generale e locale soddisfa le esigenze specifiche delle diverse mansioni e previene la formazione di ombre fastidiose.

COME?

- Assicurarsi che l'illuminazione locale sia progettata e posizionata in modo da non limitare il campo visivo dell'operatore né ostacolare i movimenti durante l'esecuzione delle attività.
- Posizionare le sorgenti luminose locali in prossimità e al di sopra delle aree di precisione o di ispezione. Le lampade devono essere dotate di schermi o diffusori adeguati a evitare fenomeni di abbagliamento e per ridurre la formazione di ombre fastidiose.
- Quando possibile, utilizzare luci locali mobili, facilmente orientabili e regolabili in base alle esigenze operative.
- Prediligere apparecchi di illuminazione locali di facile pulizia e manutenzione, per garantire prestazioni costanti nel tempo.
- Per le attività che richiedono un'accurata percezione cromatica, impiegare sorgenti luminose con un elevato indice di resa cromatica (CRI o Ra ≥ 90) e temperatura di colore compresa nell'intervallo della luce diurna (circa 5.000 - 6.500 K), così da assicurare una percezione naturale e ridurre l'affaticamento visivo.
- Assicurarsi che ogni postazione di lavoro disponga di un adeguato equilibrio tra la luce generale e quella locale, in modo da mantenere un corretto contrasto tra il campo operativo e lo sfondo, ottimizzando così il comfort visivo e la qualità del lavoro.

PER LE PICCOLE IMPRESE

Assicurarsi che l'illuminazione locale sia progettata e posizionata in modo da non limitare il campo visivo dell'operatore né ostacolare i movimenti durante l'esecuzione delle attività.

Quando si impiegano sorgenti luminose locali, è fondamentale montare le strutture rigide e sospendenti, evitando il passaggio diretto su macchine o attrezzature soggette a vibrazioni, che potrebbero compromettere la stabilità dell'illuminazione e la durata delle lampade.

Quando possibile, utilizzare luci locali mobili, facilmente orientabili e regolabili in base alle esigenze operative.

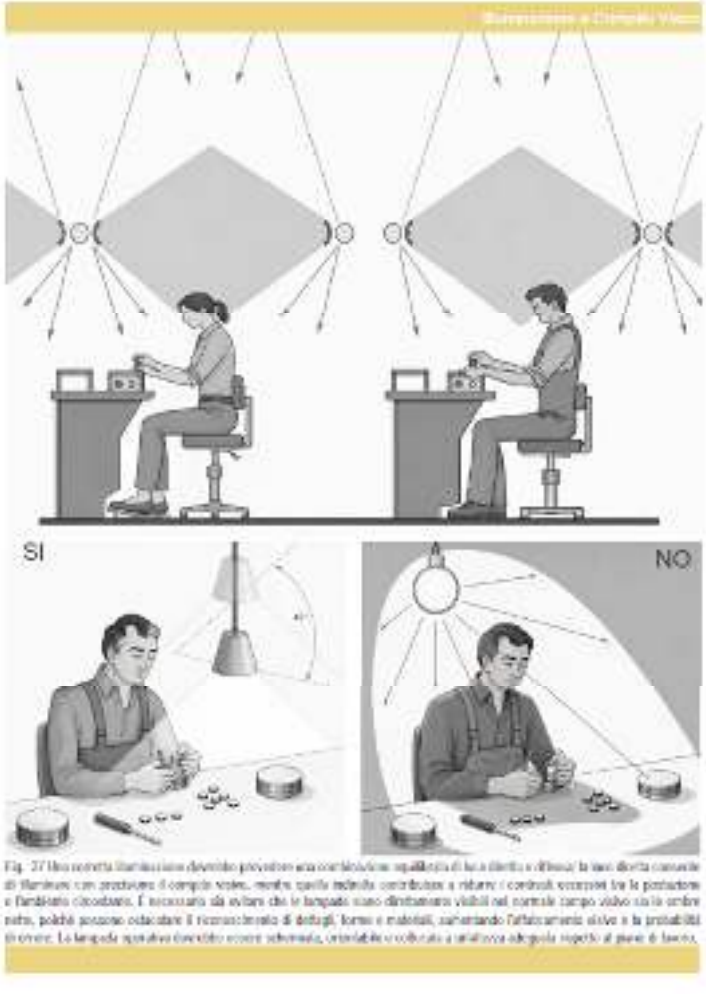


Fig. 27 Una corretta illuminazione dovrebbe prevedere una combinazione equilibrata di luce diffusa e diretta: la luce diretta consente di illuminare con precisione il campo visivo, mentre quella indiretta contribuisce a ridurre i contrasti eccessivi tra la postazione e l'ambiente circostante. È necessario da evitare che le lampade siano direttamente visibili nel normale campo visivo così le ombre nette, poiché possono ostacolare il riconoscimento di dettagli, forme e materiali, aumentando l'affaticamento visivo e la probabilità di errore. La lampada operativa dovrebbe essere schermata, orientabile e collocata a un'altezza adeguata rispetto al piano di lavoro.

RISOLVERE (SCHEDE)

- MOVIMENTAZIONE MANUALE CARICHI
  Stoccaggio, movimentazione e trasporto
- POSTURE
  Utensili e postazione di lavoro
- BIOMECCANICA
  Dimensionamento della postazione di lavoro
- VIBRAZIONI E ILLUMINAZIONE
- ORGANIZZAZIONE E COORDINAMENTO
  Tempi, pause e ritmi di lavoro



ORGANIZZAZIONE E COORDINAMENTO

SCHEDA 44

È opportuno diversificare ed integrare i compiti lavorativi al fine di rendere il lavoro più stimolante e variegato, favorendo al contempo un'ottimizzazione della produttività.

PERCHÉ?

La ripetizione continua dei medesimi compiti possono determinare fenomeni di noia, affaticamento e riduzione della motivazione, con risvolti negativi sull'efficienza complessiva dell'organizzazione. La monotonia operativa tende a compromettere i livelli di attenzione e concentrazione, incrementando il rischio di prestazioni qualitativamente inadeguate, di errori e, in taluni casi, di infortuni sul luogo di lavoro. Al fine di prevenire tali criticità, è utile introdurre una periodica variazione delle attività, promuovendo la rotazione e l'alternanza dei compiti. Tale impostazione organizzativa, oltre a rappresentare un presupposto normativo in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (art. 15 del D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, che prevede per il datore di lavoro l'obbligo di misure volte ad eliminare il lavoro monotono e ripetitivo, nonché all. 11 d.lgs. 21 aprile 2011, n. 67, che considera "lavori usuranti" le attività caratterizzate da elevata ripetitività o da carichi cognitivi monotoni) contribuisce a mantenere elevati livelli di vigilanza e produttività degli operatori. L'ampliamento delle mansioni lavorative, inoltre, favorisce lo sviluppo di competenze trasversali, accresce la flessibilità organizzativa e rafforza la capacità di assolvimento del personale. In ultimo, l'azienda può beneficiare di una più efficiente gestione dei processi operativi.

COME?

- Prevedere più compiti per singolo lavoratore, garantendo gli opportuni adeguamenti della postazione e degli strumenti di lavoro, al fine di assicurare condizioni ergonomiche e operative conformi ai principi di sicurezza e salubrità.
- Aggregare differenti compiti lavorativi in modo tale che il tempo di ciclo complessivo attribuito a ciascun lavoratore risulti più elevato, riducendo la ripetitività delle operazioni a favore di una maggiore varietà delle mansioni svolte.
- Introdurre sistemi di rotazione dei compiti all'interno di linee ed isole, consentendo a ciascun componente di alternarsi con regolarità le proprie attività. Tale pratica contribuisce a prevenire fenomeni di monotonia operativa, ad accrescere la flessibilità organizzativa e ad ampliare il patrimonio di competenze individuali.
- Costituire gruppi di lavoro autonomi, nei quali più lavoratori condividono la responsabilità e la gestione integrata delle attività combinate. Ciò rafforza il senso di appartenenza e consente una distribuzione più equilibrata dei carichi di lavoro.
- Garantire un'adeguata formazione del personale, affinché ciascun lavoratore sia in grado di svolgere correttamente e in condizioni di sicurezza le nuove mansioni integrate, sviluppando competenze tecniche trasversali coerenti con le esigenze produttive.

PER LE PICCOLE IMPRESE

Predisporre postazioni di lavoro flessibili, utilizzabili per lo svolgimento di più compiti da parte dello stesso lavoratore o da diversi lavoratori, al fine di favorire la multifunzionalità e la continuità operativa.

Durante la combinazione o rotazione dei compiti, alternare le posizioni in maniera di variare postura — ad esempio alternando periodi in posizione seduta e in piedi — o di muoversi all'interno dell'ambiente di lavoro, così da ridurre l'affaticamento fisico e migliorare le performance.



ORGANIZZAZIONE E COORDINAMENTO

PRIMA - LINEA TRADIZIONALE

DOPO - CELLULA DI ASSEMBLAGGIO UDINESE

fig. 4) Attività semplici, monotone e ripetitive possono essere assegnate in sequenza ciascuna più volte, affidando al singolo lavoratore o a un gruppo semiautonomo la realizzazione di più fasi del processo. Anche all'alto più complesso possono venire assegnate, come dimostrato dall'esperienza di Volvo nello stabilimento di Uddevalla, consegne diverse in corrispondenza al modello lavorativo della catena di montaggio. Il lavoro flessibile, la cella autoregolabile, con uso di operazioni brevi e frammentate, il montaggio su celle di assemblaggio organizzate in gruppi, nelle quali gruppi relativamente autonomi realizzano sezioni intere auto e l'intera vettura. Le postazioni di lavoro sono costituite da supporti regolabili o orientabili, così da agevolare l'accesso alle diverse parti del veicolo e ridurre l'assunzione di posture incongrue. Componenti e attrezzature sono predisposti secondo la sequenza di montaggio, così da consentire agli operatori di prelevare sempre i pezzi e gli utensili più idonei e più ergonomici. Ogni cella è dotata di propri dispositivi per la movimentazione dei materiali e dei componenti, mentre il gruppo assume responsabilità condivise rispetto alla qualità finale, alla distribuzione dei compiti, alla qualità e alla risoluzione dei problemi. Dopo l'assunzione di tale modello di assetto assemblaggio di circa 60 auto/giorno, con una varietà di 20 modelli diversi, le interruzioni e gli assenteismi risultarono molto più contenuti rispetto alla linea tradizionale, inoltre, i costi unitari di modello si ridussero circa del 25-30% e il ritorno alla normale produttività fu in tempi molto più brevi. La produttività è più elevata negli anni più vicini. Livelli di qualità ed efficienza produttiva tipici di un lavoro ripetitivo di routine professionale.

RISOLVERE (SCHEDE)

- MOVIMENTAZIONE MANUALE CARICHI
  Stoccaggio, movimentazione e trasporto
- POSTURE
  Utensili e postazione di lavoro
- BIOMECCANICA
  Dimensionamento della postazione di lavoro
- VIBRAZIONI E ILLUMINAZIONE
- ORGANIZZAZIONE E COORDINAMENTO
  Tempi, pause e ritmi di lavoro



ORGANIZZAZIONE E COORDINAMENTO

SCHEDA 44

È opportuno diversificare ed integrare i compiti lavorativi al fine di rendere il lavoro più stimolante e variegato, favorendo al contempo un'ottimizzazione della produttività.

PERCHÉ?

La ripetizione continua dei medesimi compiti possono determinare fenomeni di noia, affaticamento e riduzione della motivazione, con risvolti negativi sull'efficienza complessiva dell'organizzazione. La monotonia operativa tende a compromettere i livelli di attenzione e concentrazione, incrementando il rischio di prestazioni qualitativamente inadeguate, di errori e, in taluni casi, di infortuni sul luogo di lavoro. Al fine di prevenire tali criticità, è utile introdurre una periodica variazione delle attività, promuovendo la rotazione e l'alternanza dei compiti. Tale impostazione organizzativa, oltre a rappresentare un presupposto normativo in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (art. 15 del D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, che prevede per il datore di lavoro l'obbligo di misure volte ad eliminare il lavoro monotono e ripetitivo, nonché all. 11 d.lgs. 21 aprile 2011, n. 67, che considera "lavori usuranti" le attività caratterizzate da elevata ripetitività o da carichi cognitivi monotoni) contribuisce a mantenere elevati livelli di vigilanza e produttività degli operatori. L'ampliamento delle mansioni lavorative, inoltre, favorisce lo sviluppo di competenze trasversali, accresce la flessibilità organizzativa e rafforza la capacità di assolvimento del personale. In ultimo, l'azienda può beneficiare di una più efficiente gestione dei processi operativi.

COME?

- Prevedere più compiti per singolo lavoratore, garantendo gli opportuni adeguamenti della postazione e degli strumenti di lavoro, al fine di assicurare condizioni ergonomiche e operative conformi ai principi di sicurezza e salubrità.
- Aggregare differenti compiti lavorativi in modo tale che il tempo di ciclo complessivo attribuito a ciascun lavoratore risulti più elevato, riducendo la ripetitività delle operazioni a favore di una maggiore varietà delle mansioni svolte.
- Introdurre sistemi di rotazione dei compiti all'interno di linee ed isole, consentendo a ciascun componente di alternarsi con regolarità le proprie attività. Tale pratica contribuisce a prevenire fenomeni di monotonia operativa, ad accrescere la flessibilità organizzativa e ad ampliare il patrimonio di competenze individuali.
- Costituire gruppi di lavoro autonomi, nei quali più lavoratori condividono la responsabilità e la gestione integrata delle attività combinate. Ciò rafforza il senso di appartenenza e consente una distribuzione più equilibrata dei carichi di lavoro.
- Garantire un'adeguata formazione del personale, affinché ciascun lavoratore sia in grado di svolgere correttamente e in condizioni di sicurezza le nuove mansioni integrate, sviluppando competenze tecniche trasversali coerenti con le esigenze produttive.

PER LE PICCOLE IMPRESE

Predisporre postazioni di lavoro flessibili, utilizzabili per lo svolgimento di più compiti da parte dello stesso lavoratore o da diversi lavoratori, al fine di favorire la multifunzionalità e la continuità operativa.

Durante la combinazione o rotazione dei compiti, alternare le posizioni in maniera di variare postura — ad esempio alternando periodi in posizione seduta e in piedi — o di muoversi all'interno dell'ambiente di lavoro, così da ridurre l'affaticamento fisico e migliorare le performance.



ORGANIZZAZIONE E COORDINAMENTO

PRIMA - LINEA TRADIZIONALE

DOPO - CELLULA DI ASSEMBLAGGIO UDINESE

fig. 4) Attività semplici, monotone e ripetitive possono essere assegnate in sequenza ciascuna più volte, affidando al singolo lavoratore o a un gruppo semiautonomo la realizzazione di più fasi del processo. Anche all'alto più complesso possono venire assegnate, come dimostrato dall'esperienza di Volvo nello stabilimento di Uddevalla, consegne diverse in corrispondenza al modello lavorativo della catena di montaggio. Il lavoro flessibile, la cella autoregolabile, con uso di operazioni brevi e frammentate, il montaggio su celle di assemblaggio organizzate in gruppi, nelle quali gruppi relativamente autonomi realizzano sezioni intere auto e l'intera vettura. Le postazioni di lavoro sono costituite da supporti regolabili o orientabili, così da agevolare l'accesso alle diverse parti del veicolo e ridurre l'assunzione di posture incongrue. Componenti e attrezzature sono predisposti secondo la sequenza di montaggio, così da consentire agli operatori di prelevare sempre i pezzi e gli utensili più idonei e più ergonomici. Ogni cella è dotata di propri dispositivi per la movimentazione dei materiali e dei componenti, mentre il gruppo assume responsabilità condivise rispetto alla qualità finale, alla distribuzione dei compiti, alla qualità e alla risoluzione dei problemi. Dopo l'assunzione di tale modello di assetto assemblaggio di circa 60 auto/giorno, con una varietà di 20 modelli diversi, le interruzioni e gli assenteismi risultarono molto più contenuti rispetto alla linea tradizionale, inoltre, i costi unitari di modello si ridussero circa del 25-30% e il ritorno alla normale produttività fu in tempi molto più brevi. La produttività è più elevata negli anni più vicini. Livelli di qualità ed efficienza produttiva tipici di un lavoro ripetitivo di routine professionale.

ESEMPI NELLE SCHEDE

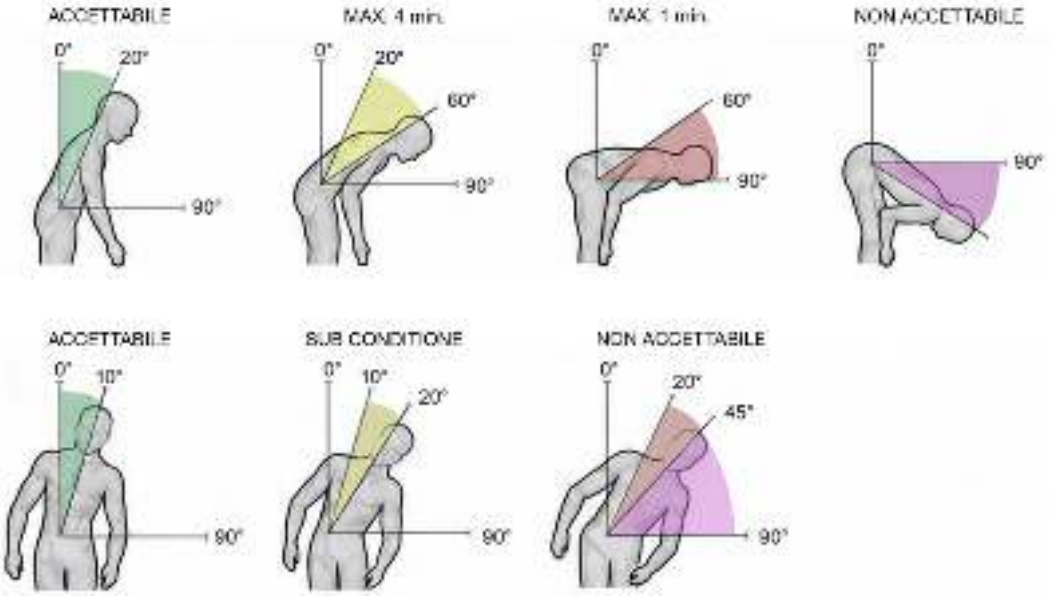




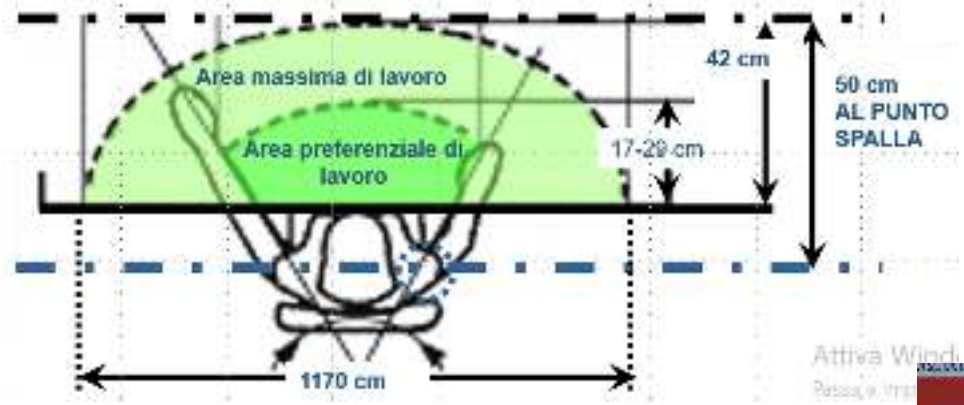


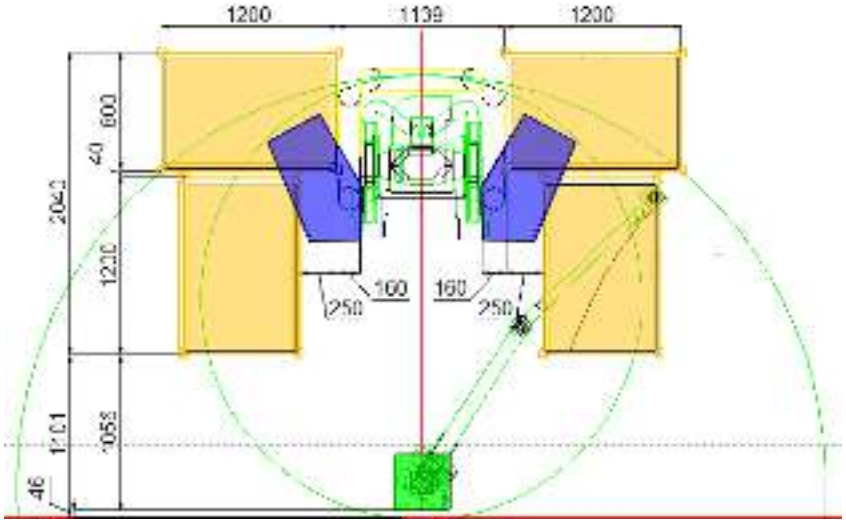
PROBLEMI

Lavorazioni con movimentazione di pesi 18-23 Kg
Alta frequenza d'azione
Movimenti Ripetitivi
Posture incongrue (rachide arti superiori)
Età media elevata



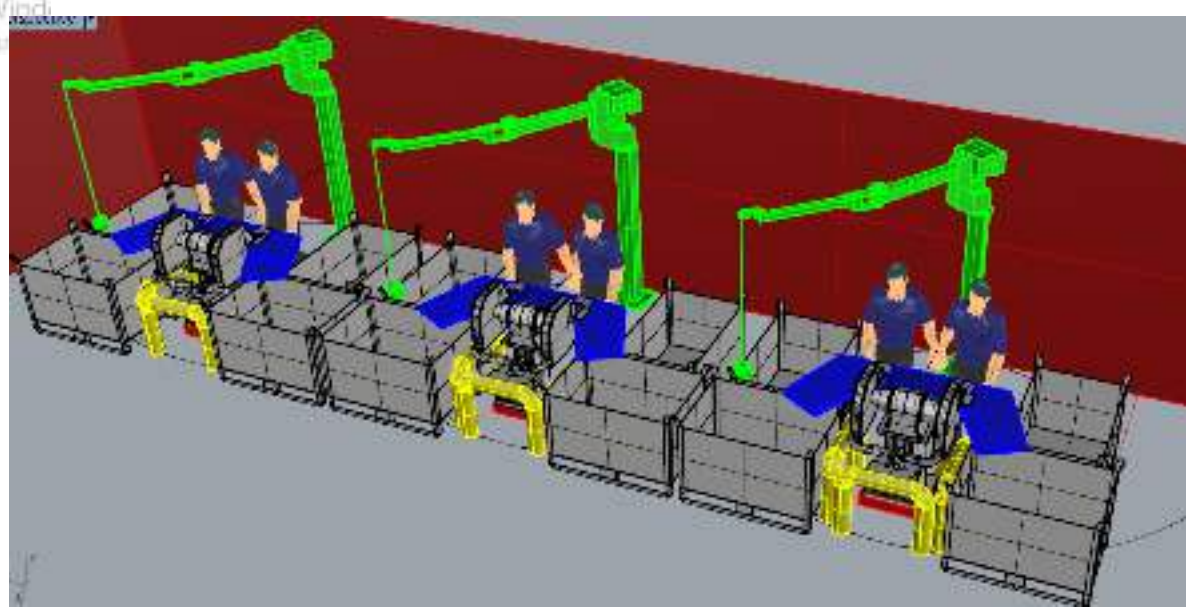
EN ISO 14738: Requisiti antropometrici della postazione di lavoro



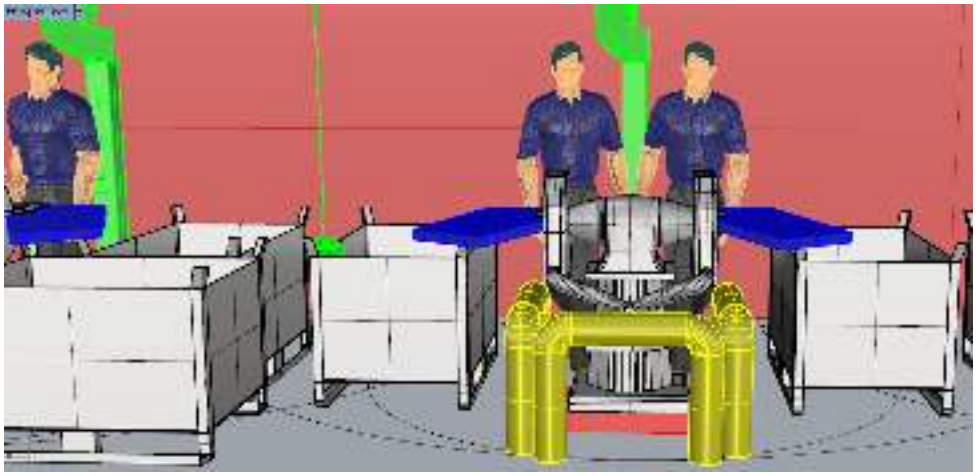


PROGETTO RISOLUTIVO

È possibile eliminare le posture incongrue?
È possibile eliminare la movimentazione dei carichi?
È possibile ridurre la stereotipia?
È possibile ridurre la frequenza d'azione?



ESEMPI NELLE SCHEDE



PROGETTO RISOLUTIVO

È possibile eliminare le posture incongrue?
È possibile eliminare la movimentazione dei carichi?
È possibile ridurre la stereotipia?
È possibile ridurre la frequenza d'azione?



FASE DI PROTOTIPAZIONE
Attiva partecipazione del lavoratore
Raccolta opinione, modifica rispetto allo specifico lavoro

PROBLEMI
Traino e spinta oltre il limite consentito
Pavimento scivoloso
Posture incongrue del rachide e delle braccia





ALTEZZA OPERATORI
A 195 cm
B 201 cm

Tipo longilineo

ESEMPI NELLE SCHEDE



PROBLEMI

Traino e spinta oltre il limite consentito

Pavimento scivoloso

Posture incongrue del rachide e delle braccia

ESEMPI NELLE SCHEDE





IPOTESI PROGETTUALI RISOLUTIVE
È possibile eliminare il traino e la spinta?

Ausiliatore?

PROBLEMI (test con operatori)

Peso inadeguato (piombato)
Mancanza di grip (ruote «speciali»)

Necessario progettare un aggancio ad hoc per la coppia

Tempo di risoluzione 4 Mesi

SOLUZIONE



ESEMPI NELLE SCHEDE





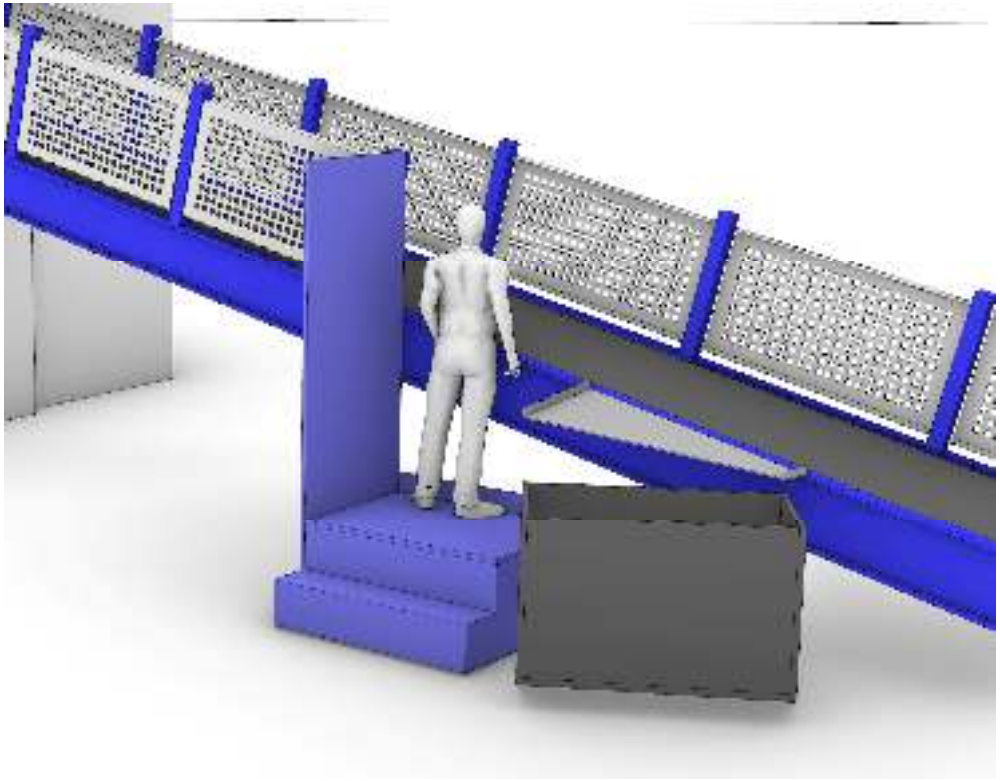


PROBLEMI
Lavorazioni con movimentazione di pesi 18-23 Kg
Alta frequenza d'azione
(rachide arti superiori)

Movimenti Ripetitivi
Posture incongrue

SOLUZIONI 1 LIVELLO

- Migliorare la postura
- Ridurre la movimentazione dei carichi (Traino e spinta)

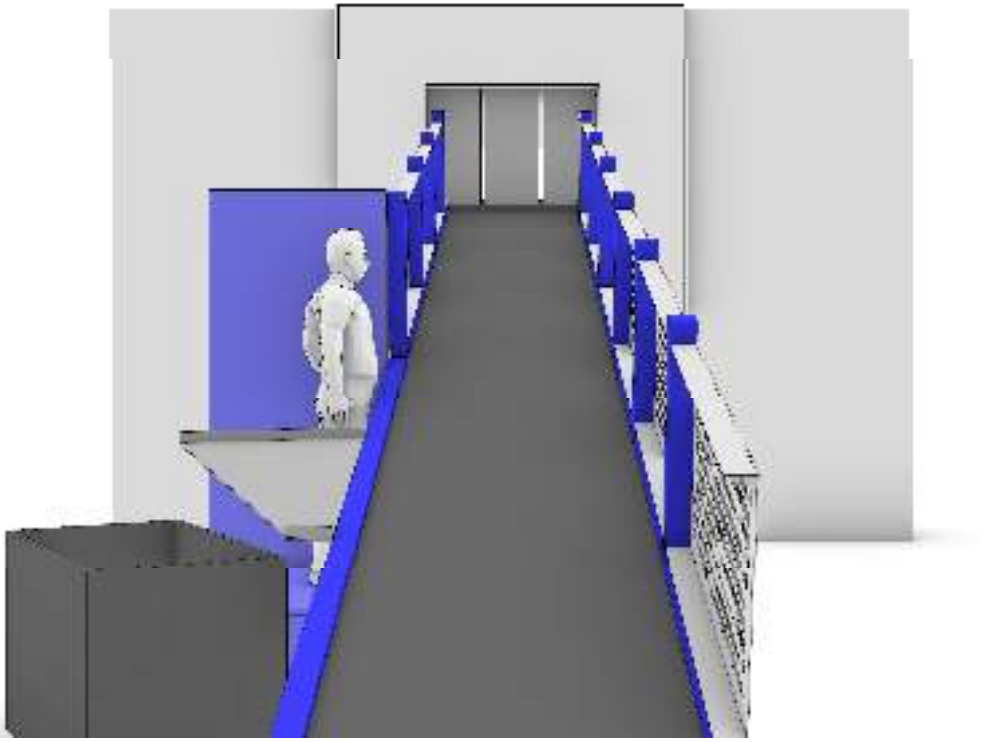




SOLUZIONI 1 LIVELLO





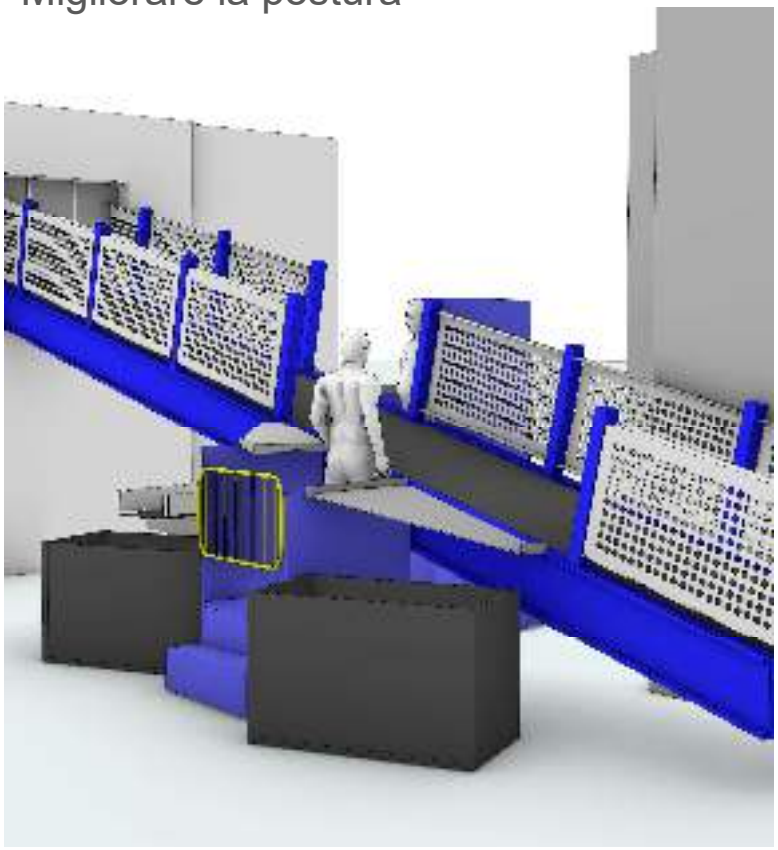


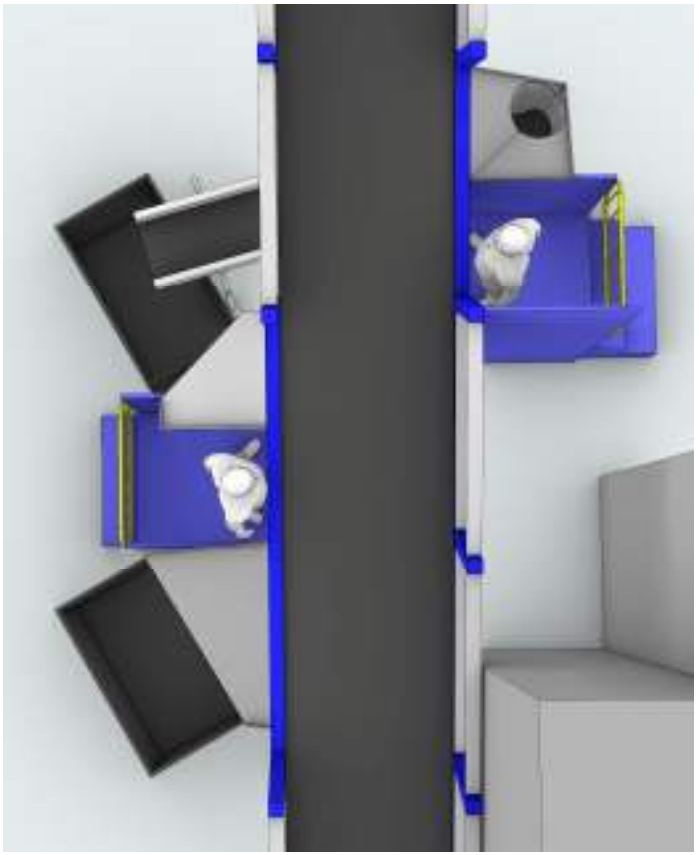
- Migliorare la postura
- Ridurre la movimentazione dei carichi (Traino e spinta)

SOLUZIONI 1b LIVELLO

Ridurre del 50% la movimentazione dei carichi e la ripetitività.

Migliorare la postura







SOLUZIONI 2 LIVELLO
Elimina il problema





ERGODESIGN
AROUND THE HUMAN FACTOR

SOLUZIONI 2 LIVELLO
Elimina il problema



MAI PIÙ…

1. Perché cambiare? Abbiamo sempre fatto così…
2. Perché cambiare? Fanno tutti così…
3. Perché cambiare? Non abbiamo sentito di nessuno che lo faccia diversamente...
4. Io l'ho sempre fatto e non mi ha mai causato problemi, perché non va bene per tutti?
5. Non abbiamo tempo di pensare anche a queste cose... (*Nonostante sia un obbligo di legge N.d.A.)*
6. Sono gli operatori che sbagliano la procedura
7. Gli operativi si devono sempre lamentare
8. Il management non ci supporta (*A volte è vero N.d.A.)*
9. Non mi pare un grosso problema... (*Soprattutto se la mansione spetta ad altri N.d.A.*)
10. Vediamo più avanti… (*Dopo 8 anni, la situazione è ancora la stessa. N.d.A.)*
11. Lo risolveremo nella versione 2.0 (*Idem come sopra N.d.A.)*
12. ….

INTEGRARE I REQUISITI ERGONOMICI DA SUBITO

L’ergonomia è a tutti gli effetti un momento progettuale, non (solo) legislativo-documentale. I requisiti ergonomici dovrebbero essere considerati in ogni progetto fin dalle fasi iniziali e assumere un ruolo rilevante in tutte le sue fasi di sviluppo. Le soluzioni progettuali inadeguate possono essere corrette con relativa facilità quando il progetto è ancora in fase di definizione; al contrario, l’intervento sugli stessi problemi dopo l’implementazione risulta significativamente più complesso, soprattutto nei casi in cui siano stati già acquisiti macchinari costosi o siano attive linee di produzione a ciclo continuo 24/7, per le quali ogni arresto comporta rilevanti perdite economiche, tecniche o di sicurezza. Troppo spesso i requisiti ergonomici sono introdotti quando il progetto è ormai prossimo al completamento (o completato) e quando ormai ogni possibile contributo risulta fortemente limitato, poiché i costi di adeguamento diventano difficilmente sostenibili.

FUTURI ESEMPI (?)

COMPITO LAVORATIVO

Sostituzione del vecchio cunicolo con i relativi cavi elettrici, con le medesime nuove componenti per circa 100 metri.







FUTURI ESEMPI (?)

COMPITO LAVORATIVO

Sostituzione del vecchio cunicolo con i relativi cavi elettrici, con le medesime nuove componenti per circa 100 metri.

Problemi: Posture, pesi tra i 22 kg (singolo) e il blocco (in 2 per 48 Kg)







FUTURI ESEMPI (?)

iit ISTITUTO ITALIANO DI TECNOLOGIA

Possibile soluzione

Esoscheletro StreamEXO sviluppato da iit





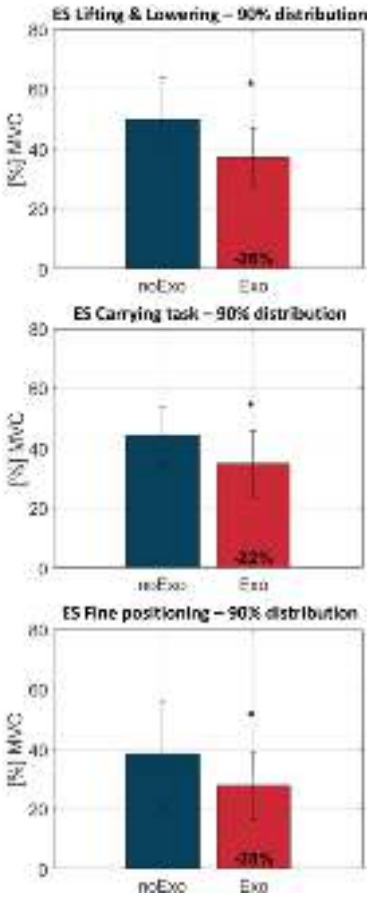


FUTURI ESEMPI (?)

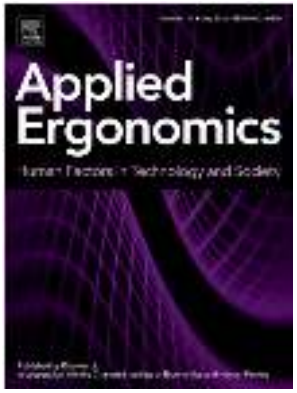
Risultato

Riduzione tra il 15 ed il 20% del carico sul rachide per cento per alcune operazioni
Particolarmente stressorie. (misurata l'attività dei muscoli erettori spinali tramite sensori EMG di superficie)

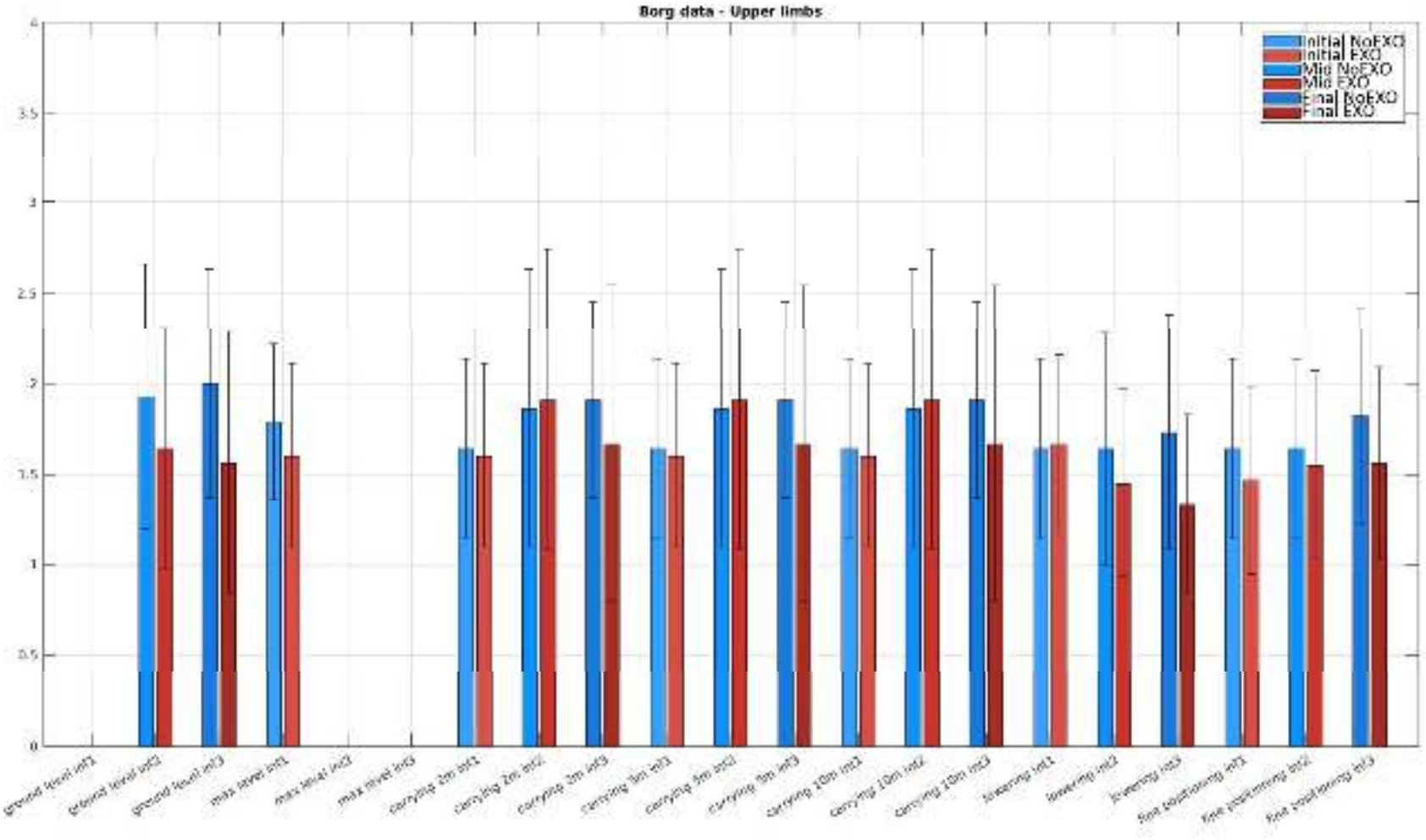




FUTURI ESEMPI (?)







V. 117 Maggio 2024

La NUOVA

UNI ISO 11228-3:2026
“Movimenti e sforzi ripetitivi degli arti superiori”

Luca Dellera
European ergonomist
(cree)
Professionista in ergonomia e fattori umani
(Società Italiana di Ergonomia)

INDICE DEGLI ARGOMENTI

La ISO 11228-3: confronti con la versione precedente.

- principali differenze sull'approccio iniziale alla valutazione del rischio:
  - termini;
  - la valutazione rapida.
- Le metodologie richiamate con validità PREDITTIVA.
- Il calcolo per la ROTAZIONE di compiti giornaliera/settimanale/mensile/annuale.
- Gli accorgimenti per la mitigazione del rischio.

Brevi accenni di aggiornamento sul metodo Ocra.

NORME ERGONOMICHE

Le norme di riferimento che sono richiamate nel testo Unico 81/08, Titolo VI, nell'allegato XXXIII, oltre a quelle di riferimento per la direttiva macchine.

- ISO 11228-1: Ergonomics-Manual handling
  Lifting, carrying and lowering (sollevare, abbassare e e trasportare)

ISO 11228-2: Ergonomics-Manual handling
Pushing and pulling (spingere e tirare)

ISO 11228-3: Ergonomics-Manual handling
Repetitive movements and exertions of the upper limbs.

- UNI EN 1005-1: termini fondamentali

UNI EN 1005-2: movimentazione oggetti

UNI EN 1005-3: limiti di forza raccomandati

UNI EN 1005-4: posture statiche e dinamiche

UNI EN 1005-5: movimentazioni ripetitive ad alta frequenza

UNI ISO 11228-3

IL TITOLO: chiarimenti

2007	2026
Ergonomics — Manual handling — Part 3: **Handling of low loads at high frequency**	**Ergonomics — Manual handling —** Part 3: **Repetitive movements and exertions of the upper limbs**
La dicitura carichi a bassa frequenza creava confusione.	Il titolo è stato semplificato e indica più chiaramente il tema con riferimento diretto al distretto degli arti superiori.

UNI ISO 11228-1

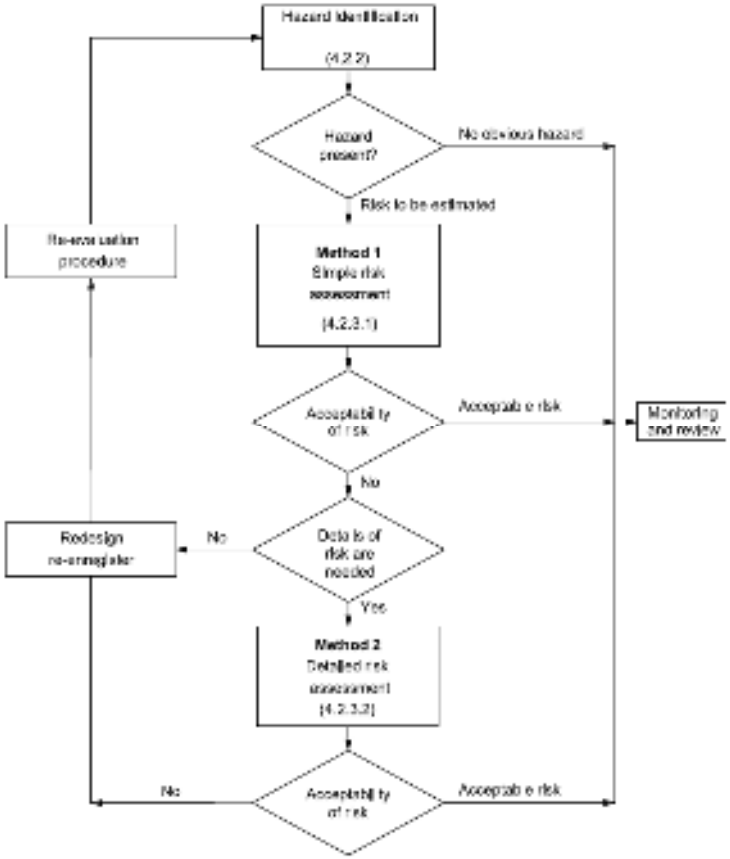
L'INGRESSO ALLA VALUTAZIONE

Da dove si inizia?
Secondo quali criteri?

UNI ISO 11228-3: DEFINIZIONI

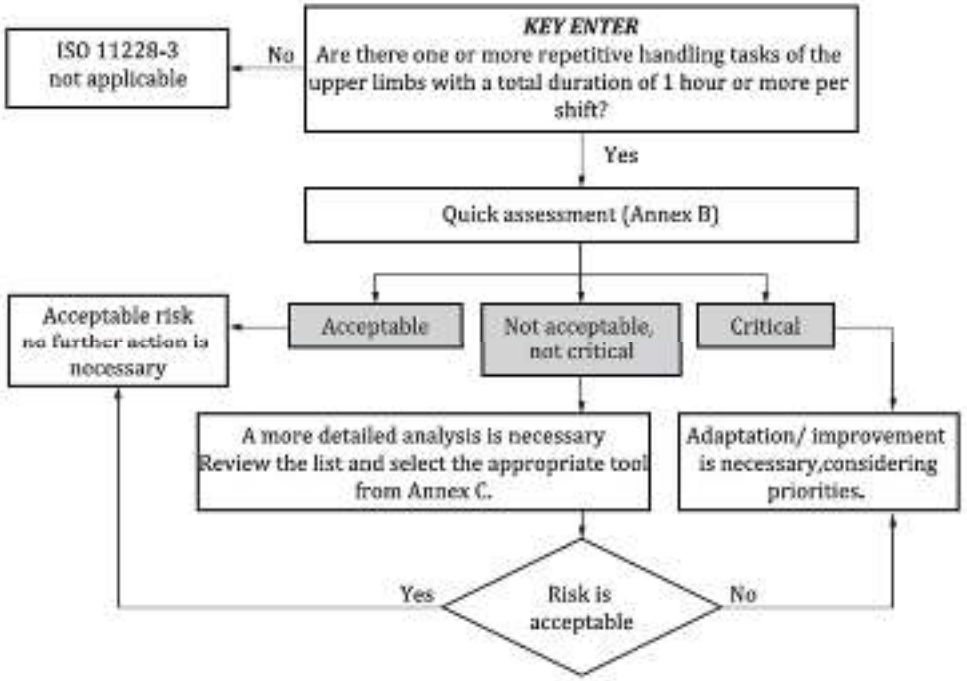
QUIK ASSESTMENT

2007



Nella vecchia ISO si faceva riferimento ad un METODO già abbastanza dettagliato, quindi meno rapido rispetto all'attuale

2026



E' stata **semplificata**, e standardizzata come quella della ISO 11228-1 sulla MMC

UNI ISO 11228-1

L'ingresso alla valutazione:

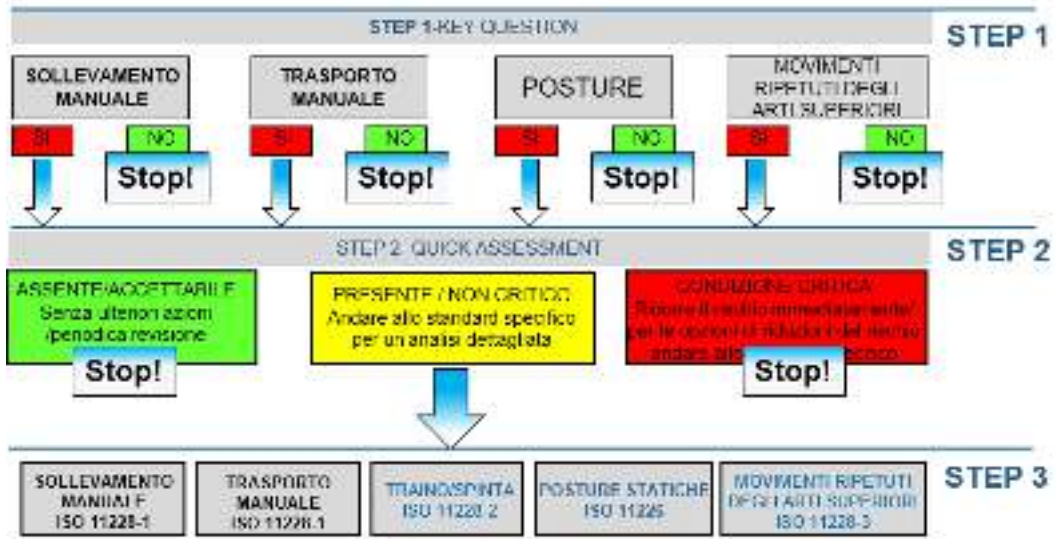
è stata inserita in questa parte il **ISO/TR 12295**
VALUTAZIONE RAPIDA

Già recepito a livello di regione Lombaria nel:

Decreto Regione Lombardia n. 7661 del 23 settembre 2015.

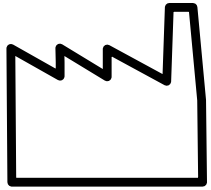
Linee guida regionali per la prevenzione delle patologie muscolo scheletriche connesse con movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori" aggiornamento decreto Direttore generale sanità n. 3958 del 22 aprile 2009.

2026



E' stata pensata per coprire un più ampio range di utilizzatori finali.

Imprese di grandi dimensioni



Imprese di piccole dimensioni e artigiani



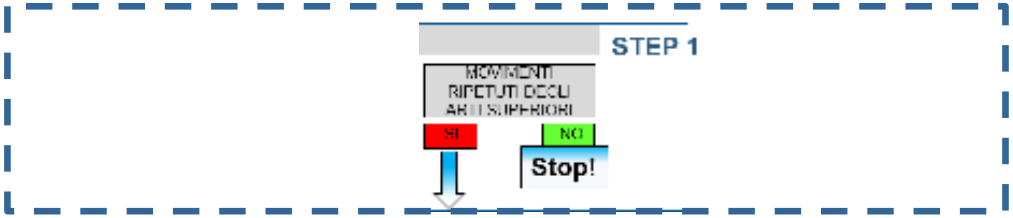
UNI ISO 11228-1: l'ingresso alla valutazione

2026

Sollevamento e abbassamento dei carichi (1228-1)



Movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori (11228-3)

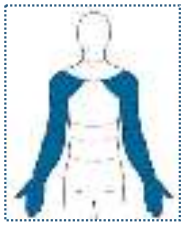


Il discrimine per procedere alla valutazione del compito è:





= o >3 kg



Sono presenti **uno o più compiti manuali ripetitivi** degli arti superiori con una durata totale di **un'ora o più per turno**

UNI ISO 11228-3: DEFINIZIONI

2007-8	2026
3.1 Terms and definitions 3.1.1 **repetitive task** task characterized by repeated work cycles	3.1 **repetitive manual task** task executed by the upper limbs and characterised by repeated, relatively short work cycle times (up to several minutes) or a task during which the same, or very similar, working actions are repeated for more than 30 % of the task time

Si ripete con ulteriori chiarimenti **COSA SI INTENDE** PER MOVIMENTI E SFORZI RIPETUTI DEGLI ARTI SUPERIORI.

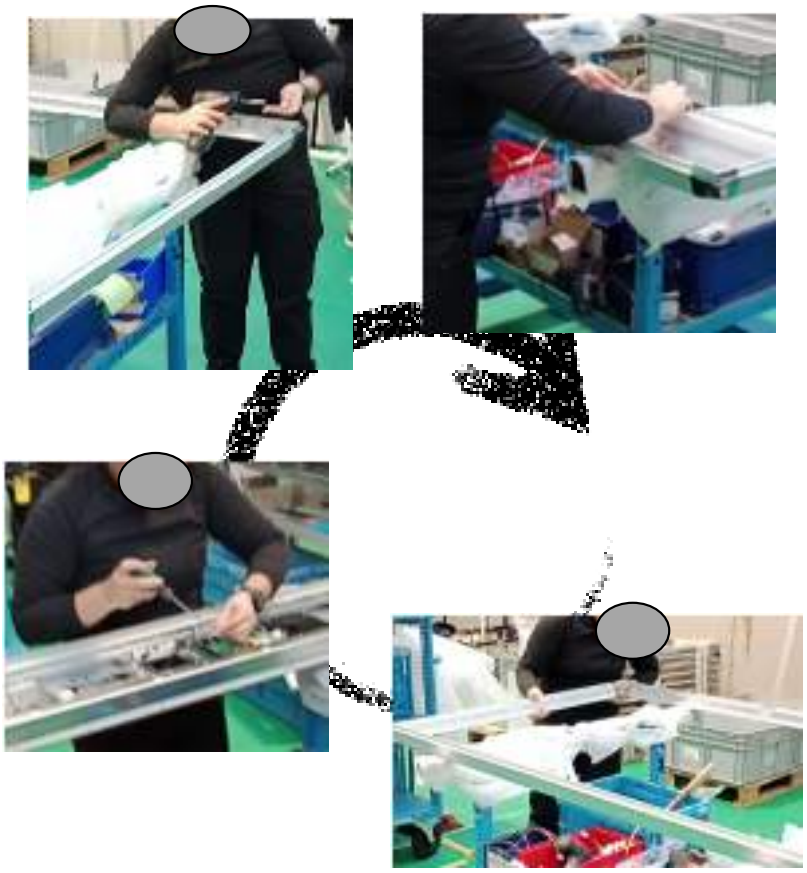
Un compito eseguito dagli arti superiori caratterizzato da ***cicli di lavoro*** *ripetuti con tempi relativamente brevi (fino a diversi minuti)*
o
compito durante il quale le ***stesse, o molto simili, azioni e movimenti lavorativi vengono ripetuti per più del 30% del tempo del compito****.*

UNI ISO 11228-3: DEFINIZIONI

LAVORI CICLICI



- Pochi secondi o pochi minuti.



- Anche durate con svariati minuti (10min.-15min.-30min.-60 min.,etc.)

LAVORI IN CUI SI RIPETONO LE STESSE O (QUASI) AZIONI LAVORATIVE per più del 30% del tempo del compito.



L'arto DX spruzza la vernice per più del 30% del tempo del compito (indipendentemente dal tempo di ciclo)

UNI ISO 11228-3: DEFINIZIONI

LAVORI CICLICI

ERRORE

Spesso viene mal interpretata la dicitura MOVIMENTI RIPETITIVI e vengono individuate nel ciclo di lavoro solo quelle lavori/operazioni che si ripetono uguali a se stesse (stereotipate): es. solo avvitatura o similari.

inclusi





non inclusi

LAVORI IN CUI SI RIPETONO LE STESSE O (QUASI) AZIONI LAVORATIVE per più del 30% del tempo del compito.



L'arto DX spruzza la vernice per più del 30% del tempo del compito (indipendentemente dal tempo di ciclo)

UNI ISO 11228-3: l'ingresso alla valutazione

2026

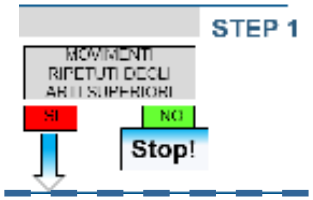


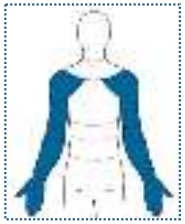
6 ore

8 ore

40 min.

Movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori (11228-3)





Sono presenti **uno o più compiti manuali ripetitivi** degli arti superiori con una durata totale di **un'ora o più per turno**

UNI ISO 11228-3: l'ingresso alla valutazione

2026

LAVORI IN CUI SI RIPETONO LE STESSE O (QUASI) AZIONI LAVORATIVE per più del 30% del tempo del compito.



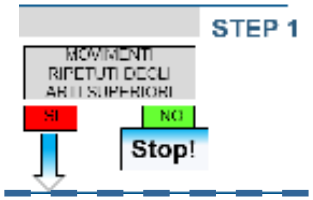


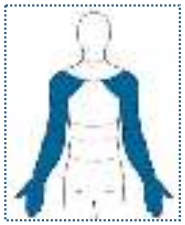
Molatura — Sabbiatura — Verniciatura

40 min. + 40 min. + 40 min.

120 min.

Movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori (11228-3)





Sono presenti **uno o più compiti manuali ripetitivi** degli arti superiori con una durata totale di **un'ora o più per turno**

UNI ISO 11228-3: la valutazione rapida

2026

Quick Assessment operative model for repetitive tasks first assessment

A) Company date

Company		Area	
Line, work-station		No. of workers (M and F)	
Task/s description			

B) Basic organizational date

Worked hours in the shift		No. of breaks lasting at least 10 min in the shift	
Lunch break duration			

Step 1: Key-enters

1a-Are there one or more repetitive handling tasks of the upper limbs with a total duration of 1 hour or more per shift (or also with shorter duration), when relevant level of force is present)	NO	YES

A task is classified as repetitive when:
-the task is characterized by repeated work cycles - or the task implies some work actions repeated for more than 50% of the time

Step 2: Quick Assessment of Acceptable condition

If all of the answers to these questions are "No", then the task is ***Acceptable****, and it is not necessary to continue the risk evaluation. If the answer to at least one of the questions is "Yes", then evaluate the task(s) by more detailed methods reported in this document.*

Duration and posture	2a-Are both upper limbs working for less than 50% of the total duration of the repetitive task(s)?	NO	YES
Shoulder posture	2b-Are both elbows held below shoulder level for almost 95% of the total duration of the repetitive task(s)?	NO	YES
Force	2c-Is the perceived effort present as more than 3 (moderate force) on rating scales 0-10 (Borg CR10 or other, where 0 indicates no force exertion and 10 the highest force exertion possible) and exerted by the operator for no more than 1 hour for the duration of the repetitive task(s)?	NO	YES
	2d- Are force peaks absent? (perceived effort 5 or more on the CR10 Borg scale or on other rating scales 0-10)?	NO	YES

Extremely hard			Very hard		Hard (heavy)		Moderate	Light	Very light
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

NB. To obtain the judgment on the level of force present in a work cycle, interview the workers involved, when interviewing uses the words "mild, moderate, heavy, strong, etc." rather than the numbers from 1 to 10.
Explain that it is not a judgment on tiredness at the end of the day, but on the perceived effort (force) of the arms to carry out the working actions necessary to complete the task.

Recovery	2e-There is presence of breaks (including meal break) lasting at least 10 minutes, at least every 2 hours?	NO	YES

work | work | | work | work | | work | work | | work | work

Shift duration	2f-Are the repetitive task(s) performed for no more than 8 hours a day?	NO	YES

Step 3: Quick Assessment of Critical conditions

If the answer to at least one of the questions is "Yes", then a critical condition is present.
If a critical condition is present, then apply this document to identify urgent corrective actions.

Frequency	3a-Are the working actions performed by a single limb so fast that they cannot be counted by simple direct observation or does the worker have trouble keeping up with the task?	NO	YES
Shoulder posture	3b-Are one or both arms operating with the elbow at shoulder height for half or more of the total repetitive working time?	NO	YES
Finger posture	3c-Is a "pinch" grip (or any kind of grasp using the fingertips) used for more than 40% of the repetitive working time?	NO	YES
Peak of force	3d-Is peak force applied as perceived effort 5 or more (hard -heavy force) on rating scales 0-10 (Borg CR10 or other, where 0 indicates no force exertion and 10 the highest force exertion possible) for 10% or more of the total repetitive working time?	NO	YES
Recovery	3e-Is there no more than one break (including the meal break) in a shift of 6-8 hours?	NO	YES

work | work | work | | work | work | work | work

Shift duration	3f-Does the total repetitive working time exceed 8 hours within the shift?	NO	YES

DATI GENERALI

STEP 1: verificare se un compito rientra nei movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori

STEP 2: verificare se il compito è completamente ACCETTABILE

STEP 3: verificare se il compito è in CONDIZIONI CRITICHE

UNI ISO 11228-3: la valutazione rapida 2026

STEP 2: il compito è ACCETTABILE

Arti impegnati < del 50%

Spalle < 95%

% Forza (scala di Borg)

N°2 pause 10 min oltre pausa pranzo nel TURNO?

Durata 8 h o più del TURNO?

Step 2: Quick Assessment of Acceptable condition

*If all of the answers to these questions are "**Yes**", then the task is **Acceptable**, and it is not necessary to continue the risk evaluation. If the answer to at least one of the questions is "**No**", then evaluate the task(s) by more detailed methods reported in this document.*

Duration and posture	2a-Are both upper limbs working for less than 50% of the total duration of the repetitive task(s)?	NO	YES
Shoulder posture	2b-Are both elbows held below shoulder level for almost 95% of the total duration of the repetitive task(s)?	NO	YES
Force	2c-Is the perceived effort present no more than 3 (moderate force) on rating scales 0-10 (Borg CR10 or other, where 0 indicates no force exertion and 10 the highest force exertion possible) and exerted by the operator for no more than 1 hour for the duration of the repetitive task(s)?	NO	YEs
	2d- Are force peaks absent? (perceived effort 5 or more on the CR10 Borg scale or on other rating scales 0-10)?	NO	YES

Extremely hard			Very hard		Hard (heavy)		Moderate	Light	Very light
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

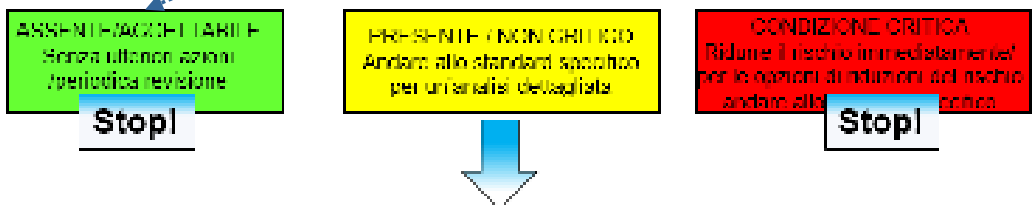
NB: To obtain the judgment on the level of force present in a work cycle, interview the workers involved; when interviewing uses the words "mild, moderate, heavy, strong, etc." rather than the numbers from 1 to 10.
Explain that it is not a judgment on tiredness at the end of the day, but on the perceived effort (force) of the arms to carry out the working actions necessary to complete the task.

Recovery	2e-There is presence of breaks (including meal break) lasting at least 10 minutes, at least every 2 hours?	NO	YES

work	work		work	work		work	work		work	work

Shift duration	2f-Are the repetitive task(s) performed for no more than 8 hours a day?	NO	YES

Se le risposte sono tutte NO il compito è accettabile



UNI ISO 11228-3: la valutazione rapida

2026

STEP 3: verificare se il compito è in CONDIZIONI CRITICHE

Alta frequenza di azioni

Spalle 50%

Presa in pinch oltre 80%

Picchi di forza al 10% (scala di Borg)

Nessuna pausa da 10 min oltre pausa pranzo nel TURNO 6-8 h?

Durata 8 h o più del TURNO?

Step 3: Quick Assessment of Critical conditions

If the answer to at least one of the questions is "Yes", then a critical condition is present.
If a critical condition is present, then apply this document to identify urgent corrective actions.

Frequency	3a-Are the working actions performed by a single limb so fast that they cannot be counted by simple direct observation or does the worker have trouble keeping up with the task?		NO	YES
Shoulder posture	3b-Are one or both arms operating with the elbow at shoulder height for half or more of the total repetitive working time?		NO	YES
Finger posture	3c-Is a "pinch" grip (or any kind of grasp using the fingertips) used for more than 80% of the repetitive working time?		NO	YES
Peak of force	3d-Is peak force applied as perceived effort 5 or more (hard -heavy force) on rating scales 0-10 (Borg CR10 or other, where 0 indicates no force exertion and 10 the highest force exertion possible) for 10% or more of the total repetitive working time?		NO	YES
Recovery	3e-Is there no more than one break (including the meal break) in a shift of 6-8 hours?		NO	YES
	work | work | work | [ ] | work | work | work | work			
Shift duration	3f-Does the total repetitive working time exceed 8 hours within the shift?		NO	YES

Se le risposte sono tutte NO il compito NON è critico

UNI ISO 11228-3: la valutazione rapida

2026

STEP 2_ COMPITO IN CONDIZIONI DI ACCETTABILITA



Step 2: Quick Assessment of Acceptable condition

*If all of the answers to these questions are "Yes", then the task is **Acceptable**, and it is not necessary to continue the risk evaluation. If the answer to at least one of the questions is "No", then evaluate the task(s) by more detailed methods reported in this document.*

Duration and posture	2a-Are both upper limbs working for less than 50% of the total duration of the repetitive task(s)?	NO	YES
Shoulder posture	2b-Are both elbows held below shoulder level for almost 95% of the total duration of the repetitive task(s)?	NO	YES
Force	2c-Is the perceived effort present no more than 3 (moderate force) on rating scales 0-10 (Borg CR10 or other, where 0 indicates no force exertion and 10 the highest force exertion possible) and exerted by the operator for no more than 1 hour for the duration of the repetitive task(s)?	NO	YES
	2d- Are force peaks absent? (perceived effort 5 or more on the CR10 Borg scale or on other rating scales 0-10)?	NO	YES

Extremely hard			Very hard		Hard (heavy)		Moderate	Light	Very light
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

NB: To obtain the judgment on the level of force present in a work cycle, [illegible] when interviewing [illegible] "mild, moderate, heavy, strong, etc." rather than the numbers from 1 to 10.
Explain that it is not a judgment on timeliness at the end of the day, but on the perceived effort (force) of the arms to carry out the working actions necessary to complete the task.

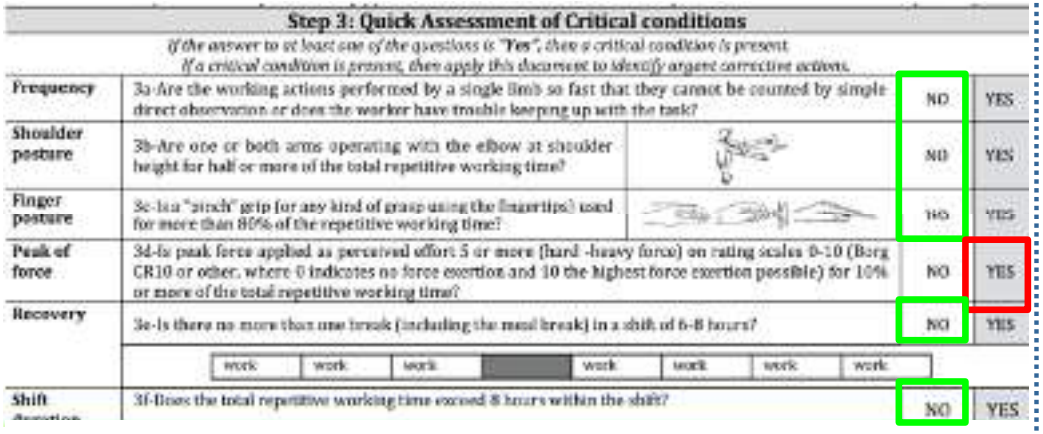
Recovery	2e-There is presence of breaks (including meal break) lasting at least 10 minutes, at least every 2 hours?	NO	YES

work | work | work | work | work | work | work | work

Shift duration	2f-Are the repetitive task(s) performed for no more than 8 hours a day?	NO	YES

Basta solo una risposta su SI per **APPROFONDIRE** con **METODO ANALITICO**

STEP 3_ COMPITO IN CONDIZIONI CRITICHE



Step 3: Quick Assessment of Critical conditions

If the answer to at least one of the questions is "Yes", then a critical condition is present.
If a critical condition is present, then apply this document to identify urgent corrective actions.

Frequency	3a-Are the working actions performed by a single limb so fast that they cannot be counted by simple direct observation or does the worker have trouble keeping up with the task?	NO	YES
Shoulder posture	3b-Are one or both arms operating with the elbow at shoulder height for half or more of the total repetitive working time?	NO	YES
Finger posture	3c-Is a "pinch" grip (or any kind of grasp using the fingertips) used for more than 80% of the repetitive working time?	NO	YES
Peak of force	3d-Is peak force applied as perceived effort 5 or more (hard -heavy force) on rating scales 0-10 (Borg CR10 or other, where 0 indicates no force exertion and 10 the highest force exertion possible) for 10% or more of the total repetitive working time?	NO	YES
Recovery	3e-Is there no more than one break (including the meal break) in a shift of 6-8 hours?	NO	YES

work | work | work | work | work | work | work

Shift duration	3f-Does the total repetitive working time exceed 8 hours within the shift?	NO	YES

Basta solo una risposta su SI che la condizione è critica ed è necessario **RIPROGETTARE**

ASSENTE/ACCETTABILE
Senza ulteriori azioni /periodica revisione
Stop!

PRESENTE / NON CRITICO
Andare allo standard specifico per un'analisi dettagliata

CONDIZIONE CRITICA
Ridurre il rischio immediatamente/ per le opzioni di riduzioni del rischio andare allo ecifico
Stop!

SOLLEVAMENTO MANUALE ISO 11228-1 | TRASPORTO MANUALE ISO 11228-1 | TRAINO/SPINTA ISO 11228-2 | POSTURE STATICHE ISO 11226 | MOVIMENTI RIPETUTI DEGLI ARTI SUPERIORI ISO 11228-3

UNI ISO 11228-3: i metodi

2007

Si faceva riferimento principalmente al metodo OCRA, indicato come «preferito», e una lista di metodi non esaustiva.

Table A.1 — Non-exhaustive list of main methods for risk assessment of repetitive movements/exertions at high frequency

Method		Main characteristics	Kind of output	Body part assessment
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Strain Index	Ref. [35]	Detailed method (monotask) that considers the following risk factors: intensity of exertion, duration of exertion per cycle, efforts per minute, hand/wrist posture, speed of work, and duration of task per day.	Quantitative	Distal upper limbs
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
HAL/TLV ACGIH	Ref. [1]	Detailed method (for monotask handwork lasting almost 4 h per shift) mainly based on the analysis of frequency of actions (in relation to duty cycle) and of peak force; other main factors are generically considered.	Quantitative	Upper limbs
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
OCRA index	Ref. [11], [38]	Detailed method that considers the following risk factors: frequency of technical actions, repetitiveness, awkward postures, force, additional factors, lack of recovery periods, duration of repetitive task.	Quantitative	Upper limbs
OCRA checklist*	Ref. [11], [41]	Semi-detailed method that considers, in a simplified way, the same risk factors as the OCRA index. Exposure level is classified in the three-zone system. Applicable also to multitask repetitive jobs.	Quantitative	Upper limbs

* Method/tool useful for the purposes of Method 1.

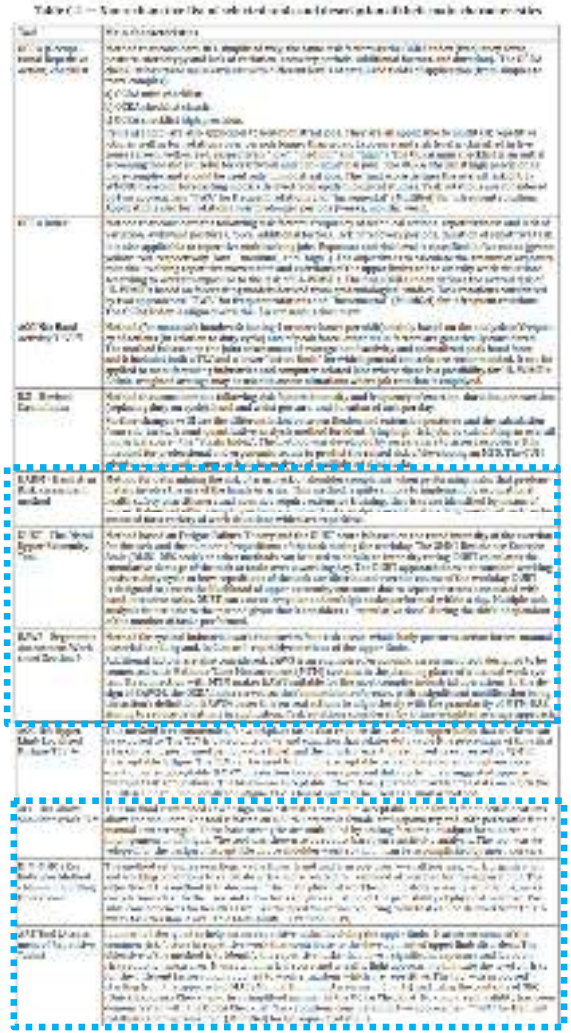
Eliminati

Eliminati

Eliminati

2026

Si fa riferimento ad una lista non esaustiva di metodi nell'ALLEGATO C con una loro descrizione generale.



Aggiunti

Aggiunti

UNI ISO 11228-3: i metodi

2026

Allegato C: una tabella fornisce i criteri di INCLUSIONE BASE e di PREDITTIVITA' (esempi)

Basic inclusion criteria	ACGIH® Hand Activity TLV		OCRA checklist			HARM			KIM-MHO		
	MC	Details on meeting criteria	MC	Details on meeting criteria	Ref.	MC	Details on meeting criteria	Ref	MC	Details on meeting criteria	Ref.
1. Relevant for risk assessment, design, re-design, new or existing job surveillance	F	Risk assessment, surveillance, re-design	F	Risk assessment, design, redesign, surveillance	[16] [17] [2] [18]	F	Risk assessment, design, re-design, surveillance	[18]	PF	Risk assessment (should be reviewed: it does not have predictive or concurrent validity)	[14]
2. Considers relevant risk factors for UL WMSD Frequency, force, posture, stereotypy (lack of variation and monotask), recovery periods, duration, additional factors	PF	Frequency, force, duty cycle	F	Frequency, force, posture, stereotypy, recovery periods, duration, additional factors.	[18]	F	Frequency, force, posture, recovery periods, duration, additional factors - vibration, gloves etc.		F	Frequency, force, posture, recovery periods, duration	
3. Applies to two or more body parts of the upper limbs	F	Fingers, hands, wrists	F	Finger, hand (grip type), wrist, lower arm, elbow		F	Fingers, hands, wrists, lower arm, shoulder, neck		F	Fingers, hands, wrists, lower arms, necks	
4. The basis of the tool is described in peer-reviewed scientific literature articles (A), peer-reviewed conference papers (P), books (B), and relevant previous ISO and CEN standards (S) society and authority publications, TLVs, etc. (SP)	F	A, P, SP	F	A, P, B, S		F	A, P		PF	?	
5. Application of the tool not restricted to a single type of work task or single occupation	F	Not restricted	F	Not restricted		F	Not restricted		F	Not restricted	
6. Time to perform an assessment using the tool for a skilled user of a single task is acceptable in relation to task complexity <1 hr; <2 hr; <4 hr	F	< 1 hr	F	< 1 hr		F	< 1 hr		F	< 1 hr	
7. The tool can be used by occupational health practitioners, ergonomists and similar experts (Exp) or supervisors, workers non-ergonomists (nExp)	F	Exp, nExp	F	Exp, nExp		F	Exp		F	Exp, nExp	
8. The tool does not require costly or complex measurements, instruments or equipment (Not Required - NR)	F	NR	F	NR		F	Not required		F	NR	
Risk Assessment — The tool has demonstrated predictive validity in at least one epidemiological study (longitudinal, prospective or retrospective or large cross-sectional study including control group)	F	Has demonstrated predictive validity through NIOSH pooled studies. Validation studies for CTS clinically diagnosed (symptoms and EMG)) using the revised HA TLV.	F	Predictive validity demonstrated and published - 5 risk levels (green, yellow, red, low, medium, high)	[16]	PF	Relationship to self-reported neck and upper limb symptoms (SMASH study data) in a small sample of exposed subjects. Statistically significant association for two levels (low/high risk levels), hence to 3 levels low-med-evels-high. Only validated in a single prospective study	[20]			
Suggested applications Sectors: Mass production (M), batch production (B), job shop (J), health care (H), construction (C), agriculture (A), logistics (L), other – Includes transport, janitorial, craftwork, etc. (O)		M, B, J, H, O		M, B, J, H, C, A, L, O						M, B, J	
Links to additional information		Software is available[19]		Software is available[20]			Software is available[20]			Software is available[21]	

I criteri di INCLUSIONE DI BASE è presente quasi tutti i metodi

PREDITTIVITA'

PREDITTIVITA' concorrente o parziale

Non è presente in tutti

UNI ISO 11228-3: i metodi

2026

Allegato C: la PREDITTIVITA' dei metodi.

STRUMENTI	VALIDITA'
OCRA Checklist	Predittiva
OCRA Index	Predittiva
TLV for Hand Activity ACGIH	Predittiva
RSI-Revised Strain Index	Predittiva
HARM- Harm Arm Risk assessment Method	Predittiva (parziale)
DUET- The Distal Upper Extremity Tool	Predittiva/concorrente
EWAS- Ergonomic Assessment Work- Shet Section 4	Concorrente (parziale)
ACGIH Upper Limb Localized Fatigue TLV	Assente
Above Shoulder Assessment Tool TLV	Assente
KIM-MHO (key Indicator Method- Manuale Handling Operations)	Assente
ART- Tool (Assessment of Repetitive Task	Assente

PREDITTIVITA': significa che lo strumento ha dimostrato validità predittiva in almeno uno studio epidemiologico (longitudinale, prospettico o retrospettivo, oppure un ampio studio trasversale con gruppo di controllo).

Anche questi metodi sono validi per una progettazione ergonomica del lavoro, ma non posseggono i requisiti richiesti per la valutazione completa del rischio.

Tabella riassuntiva rielaborata

UNI ISO 11228-3: calcoli con rotazione

2026

Allegato D

È una parte importante nella norma perché apre alla misurazione del rischio ergonomico qualora non ci sia solo un compito da eseguire, ma laddove **un lavoratore ruoti su PIU' COMPITI ripetitivi**.

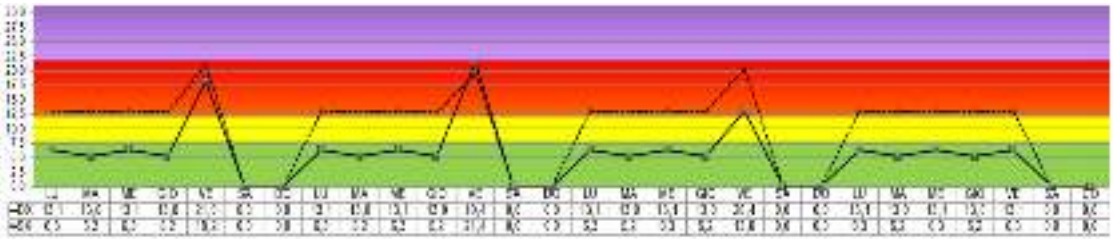
Vengono indicate le formule **EI-TWA** e **MULTIGEI**, con cui è possibile calcolare:

- MULTITASK GIORNALIERO



- MULTITASK SETTIMANALE
- MULTITASK MENSILE
- MULTITASK ANNUALE

Situazione complesse come l'agricoltura, l'edilizia, ect., dove la rotazione fra i TANTISSIMI compiti (anche 500!) avviene oltre la giornata.



UNI ISO 11228-3: riduzione del rischio

Allegato E: misure per riduzione del rischio

2007	2026
Si indica di valutare l'eliminazione dei movimenti ripetitivi con: -la **movimentazione meccanizzata o automatizzata**	Si indica di valutare l'eliminazione dei movimenti ripetitivi con: - la **meccanizzazione o automazione.** - **ampliare le mansioni e una rotazione dei compiti** adeguatamente progettata nell'ambito di un approccio ergonomico partecipativo, come descritto nella norma ISO 6385. Nel caso di movimenti e sforzi ripetitivi degli arti superiori, molte attività possono essere modificate mediante **l'uso di robotica o sistemi di produzione automatizzati**.

UNI ISO 11228-3: riduzione del rischio

2026

Misure GENERALI (Allegato E) richiamano:

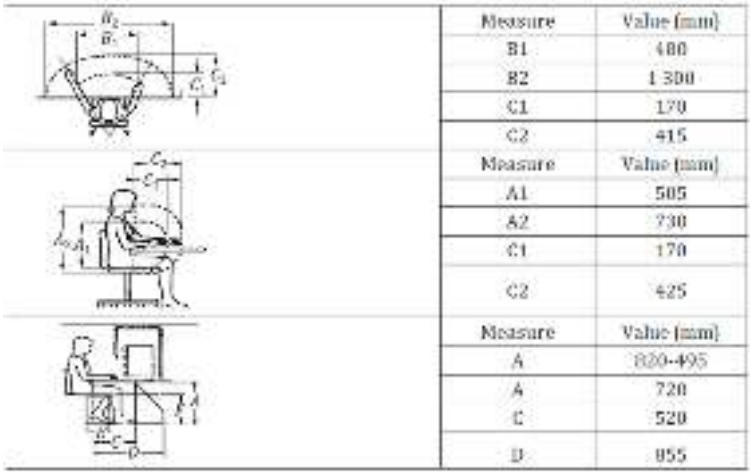
SEMPLICI MISURE che si possono trovare in diversi check point ergonomici, per ridurre i rischi elevati:

- ILO (Organizzazione mondiale del lavoro) anche in agricoltura;
- IEA (Associazione internazionale di ergonomia);
- ISO/TS 20646.


TECHNICAL SPECIFICATION
ISO/TS 20646

Ergonomics guidelines for the optimization of musculoskeletal workload

La ISO UNI 14738 Antropometria delle **postazioni di lavoro** con le arre di raggiungibilità e gli spazi adeguati di lavoro.



Measure	Value (mm)
B1	480
B2	1 300
C1	170
C2	415

Measure	Value (mm)
A1	505
A2	730
C1	170
C2	425

Measure	Value (mm)
A	820-495
A	720
C	520
D	855

L'ISO-TR23076 per approfondire i temi dei **macro e micro recuperi** nei lavori industriali.


TECHNICAL REPORT
ISO/TR 23076

First edition 2021-10

Ergonomics — Recovery model for cyclical industrial work

UNI ISO 11228-3: riduzione del rischio

2007	2026

Misure GENERALI (Allegato E) richiamano:

- **Il compito**
  (non oltrepassare i range articolari estremi, ridurre la forza micro-pause)
- **Il posto di lavoro** (spazi adeguati)
- **L'organizzazione** (durata, ritmo imposto, micro-pause, rotazione sui compiti, attenzione alle POSTURE STATICHE)
- **Progettazione di oggetti, strumenti o materiali manipolati** (dimensioni, parti taglienti e temperatura degli oggetti da manipolare, IMPUGNATURE, durata sull'USO DI TASTI)
- **Progettazione dell'ambiente**
  (temperature troppo fredde, rumore e illuminazione)

Si evidenzia che la riprogettazione nella maggio parte dei casi non è facile, ma devono essere affrontati in modo SIMULTANEO i 3 BLOCCHI

Table E.1 — Guidelines for prevention: General description of measures

Structural measures
Optimize the design of workplace, furnishings and lay-out. Choose ergonomically appropriate tools These measures improve problems relating to: Use of force, awkward postures and movements, additional factors
Organizational measures
Improve the ergonomic design of the work process (pace, breaks, task rotation…) These measures improve problems relating to: High-frequency and prolonged movements, prolonged awkward postures and use of force (stereotypy), inadequate or lack of recovery periods
Education and training measures
Deliver appropriate information regarding specific risks and injuries Development of specific methods for performing tasks and using techniques Suggest better scheduling and duration of breaks These aspects are in addition to the previous two types of measures.

«Gli **ingegneri** e i **supervisori** di produzione devono svolgere un ruolo fondamentale nel processo di formazione dei **lavoratori**.»

UNI ISO 11228-3: riduzione del rischio

2026

Suggerimenti e indicazioni (Allegato E): priorità per la riprogettazione

USO DI FORZA

POSTURE INCONGRUE

AZIONI TECNICHE ELEVATE

STRUMENTI

RECUPERO

Table E.2 — Order of priorities for job redesign measures

Risk factor analysis in order to prioritize measures	
1-Identify technical actions with use of force	**Reduce use of force:** — introduce appropriate tools; — improve existing equipment; — improve operating postures; — improve the design (at the origin) of the components to be assembled.
2-Identify actions with awkward postures	**Redesign workplace so that postures and movements are below 50 % of the maximum joint range of motion:** — it is useful to introduce rotation between workstations that involve different working postures, in order to alternate any biomechanical overload of some joint segments: for example, rotate (optimal every 60/90 minutes) between sitting and standing positions, alternate hand work in pinch grip with grasp in power grip, alternating work with high arm and low arm, etc); — in general, avoid that the work requires keeping the arms raised (more than 80°) for more than 10 % of the time: the shoulder tendons are easily affected even at short exposure times.
3-Detect high-frequency technical actions	**Reduce number of technical actions within each cycle:** — avoid unnecessary actions; — use both limbs to perform actions; — introduce tools or machinery to reduce repetition of identical actions at high frequency; — reduce ancillary actions; — rearranging the distribution of tasks among the different operators to offload those who have too many actions to perform in the work cycle. If the problem is not resolved, to reduce the frequency of action it is necessary to increase the cadence of the assembly line (also referred to as "takt time") or increase the number of operators positioned on the line; — can be useful to adopt standardized methods for designing assembly technique and work cycles (predetermined motion time standards or stopwatch time studies, etc) but testing them in their real application in the workplace, where a risk reading will however be necessary, before their implementation; — increase number of workers.
4-Identify additional risk factors	**Reduce harmful effects of additional risk factors:** — use more appropriate tools.
5-Detect periods of inadequate functional recovery	**Reschedule breaks and/or rotate repetitive tasks:** — increase duration of recovery time; — distribute recovery periods more effectively.

UNI ISO 11228-3: riduzione del rischio

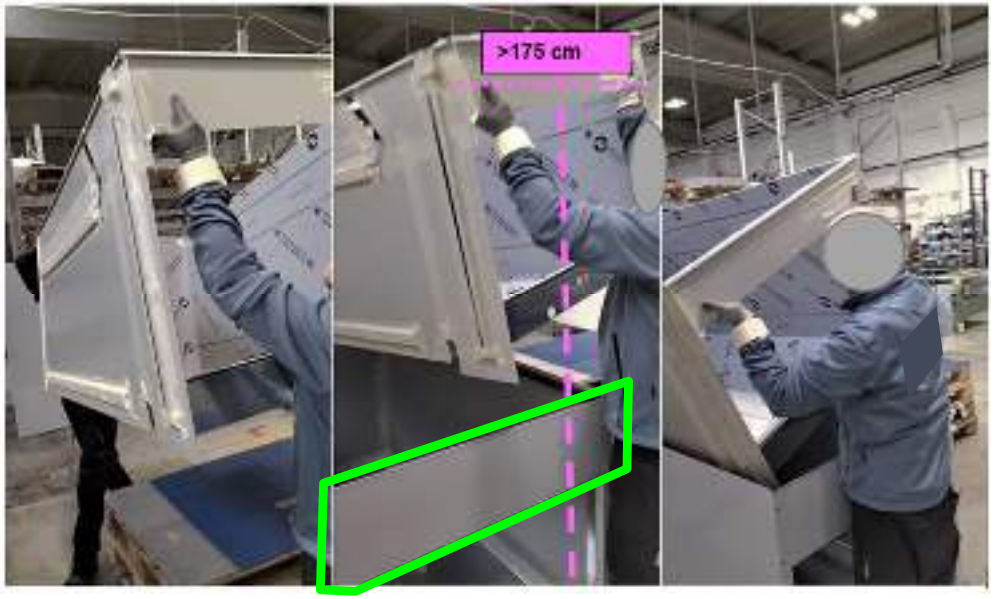
2026

Suggerimenti e indicazioni (Allegato E): priorità per la riprogettazione

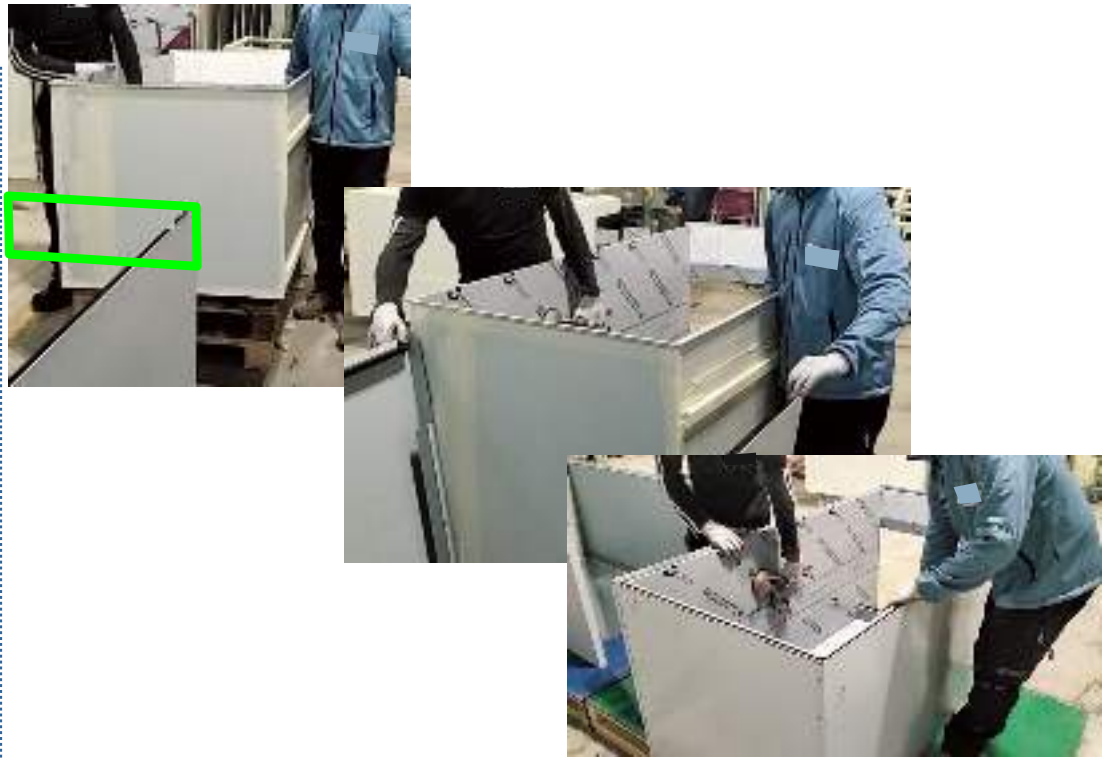
USO DI FORZA

Table E.2 — Order of priorities for job redesign measures

Risk factor analysis in order to prioritize measures	
1 Identify technical actions with use of force	Reduce use of force: — introduce appropriate tools; — improve existing equipment; — improve operating postures; — improve the design (at the origin) of the components to be assembled.



Prima



Dopo

UNI ISO 11228-3: riduzione del rischio

2026

Suggerimenti e indicazioni (Allegato E): priorità per la riprogettazione

Table E.2 — Order of priorities for job redesign measures

Risk factor analysis in order to prioritize measures

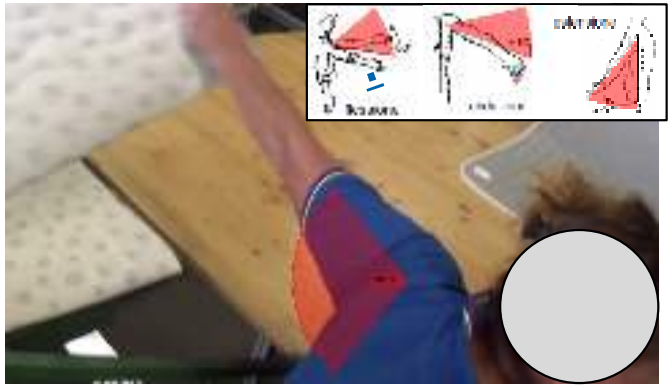
USO DI FORZA







POSTURE INCONGRUE





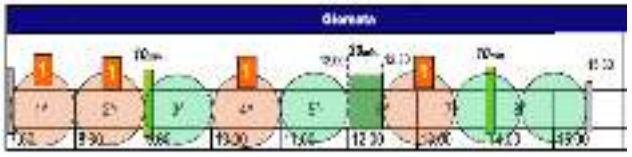


\+

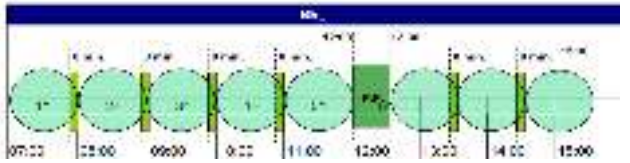
Addestramento in campo con il gruppo di operatrici

AZIONI TECNICHE ELEVATE

STRUMENTI







RECUPERO

PRIMA

DOPO

METODO OCRA: classificazione del rischio

Tabella «semaforica» di classificazione del livello di esposizione al rischio e le azioni da adottare.

- E' stato leggermente modificato il limite dal 1°al 2°livello del rischio: il rischio medio inizia da 16,1 e non più da 14,1

2007

Valore Check List Ocra	Ocra Index	LIVELLO DI RISCHIO	INTERVENTO
0 ÷ 5 AREA VERDE	0 ≤ 2,2	Ottimale	Nessuna conseguenza
5 ÷ 7,5 AREA VERDE		Accettabile	
7,5 ≤ 11 AREA GIALLA	2,3 ≤ 3,5	Borderline o esposizione molto bassa	Rivertifica; sorveglianza sanitaria.
11,1 ≤ 14 AREA ROSSO LIEVE	3,6 ≤ 4,5	Rischio presente: livello basso	Interventi di riprogettazione dei compiti e dei posti di lavoro secondo priorità. Formare gli addetti ed attivare la sorveglianza Sanitaria
14,1 ÷ 22,5 AREA ROSSO MEDIO	4,6 ≤ 9	Rischio presente: livello medio	Interventi di riprogettazione dei compiti e dei posti di lavoro secondo priorità. Formare gli addetti ed attivare la sorveglianza Sanitaria
> 22,6 AREA ROSSO ELEV. VIOLETTO	9 ÷ 22,6	Rischio presente: livello elevato	Interventi di riprogettazione dei compiti e dei posti di lavoro secondo priorità. Formare gli addetti ed attivare la sorveglianza Sanitaria

2026

Valore Check List Ocra	Ocra Index	LIVELLO DI RISCHIO	INTERVENTO
0 ≤ 5 AREA VERDE	0 ≤ 2,2	Ottimale	Nessuna conseguenza
5 ÷ 7,5 AREA VERDE		Accettabile	
7,5 ≤ 11 AREA GIALLA	2,3 ≤ 3,5	Borderline o esposizione molto bassa	Rivertifica; sorveglianza sanitaria.
11,1 ≤ 16 AREA ROSSO LIEVE	3,6 ≤ 4,5	Rischio presente: livello basso	Interventi di riprogettazione dei compiti e dei posti di lavoro secondo priorità. Formare gli addetti ed attivare la sorveglianza Sanitaria
16,1 ÷ 22,5 AREA ROSSO MEDIO	4,6 ÷ 9	Rischio presente: livello medio	Interventi di riprogettazione dei compiti e dei posti di lavoro secondo priorità. Formare gli addetti ed attivare la sorveglianza Sanitaria
> 22,6 AREA ROSSO ELEV. VIOLETTO	9 ÷ 22,6	Rischio presente: livello elevato	Interventi di riprogettazione dei compiti e dei posti di lavoro secondo priorità. Formare gli addetti ed attivare la sorveglianza Sanitaria

UNI ISO 11228-1

Si attendono per i prossimi anni aggiornamenti su:

- Valutazione del TRAINO e la SPINTA.

- Valutazione delle POSTURE STATICHE e DINAMICHE

GRAZI PER L'ATTENZIONE!

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO
Dipartimento di Ingegneria Gestionale, dell'Informazione e della Produzione

Sistemi tecnologici avanzati per studi ergonomici del sovraccarico meccanico

Gloria Moro, Daniel Lanzoni,
Andrea Vitali, Daniele Regazzoni, Caterina Rizzi

Confindustria Bergamo – 4 Novembre 2026

Agenda

- Il Gruppo di Ricerca
- Laboratori e Tecnologie
- Industria 5.0 ed Ergonomia
- Sistemi di Analisi del Movimento
  - Sistemi di Motion Capture
  - Use Case
- Sistemi di Acquisizione dell'Attività Muscolare
  - Sensori EMG
  - Usa Case
- Il Futuro: Gemello Digitale dell'Operatore

V&K Group

- **Full Professor**
  - Caterina Rizzi (Coordinator)
  - Daniele Regazzoni
  - Davide Russo
- **Associate Professors**
  - **Andrea Vitali**
  - Daniele Landi
  - Christian Spreafico



- **Assistant Professors**
  - Riccardo Pigazzi
  - Anna Ghidotti
- **Research Assistant**
  - Daniel Lanzoni
- **PhD Students**
  - Ivana Mostachetti
  - Gloria Moro
  - Guido Giuntelli
  - Maria Ragazzi
  - Debora Pesenti
  - Lisa Piccamiglio

+ 15 Bachelor's degree students per year – Thesis

+ 15 Master's degree students per year – Thesis

V&K LABORATORY





3D SCANNER

- Structure Sensor, Bracket, iPad
- Structure sensor Core
- Sense 3D System

MOCAP

- Microsoft Kinect Azure
- Microsoft Kinect v2
- OptiTrack (10 cameras)
- GoPro Hero 6 Action Camera
- Leap Motion
- Xsens + Manus Glove
- Zebris Pressure distribution treadmill and plates

3D PRINTER

- MakerBot Replicator+
- Leonardo Printer
- Spectrum Z510
- Stratasys J850

VR/AR

- Virtual wall
- HTC Vive Pro & Pro Eye
- Hololens
- Varjo XR-3

WEREABLE DEVICES

- Empatica E4
- Emotiv EPOC
- Emotive Insight BCI
- Cometa EMG
- Tobii Pro Glasses 3
- Kit ComfTech for telemedicine

HAPTIC DEVICES

- Weart Haptic Gloves
- Teslasuit XR 4.7 (also MOCAP)

SLIM LABORATORY







Industria 5.0 ed Ergonomia



Industria 5.0

Paradigma **human-centric**: la tecnologia non sostituisce l'operatore, ma **collabora** con lui per migliorarne la **qualità della vita**, la **sicurezza** e le **competenze**.



Disturbi Muscoloscheletrici

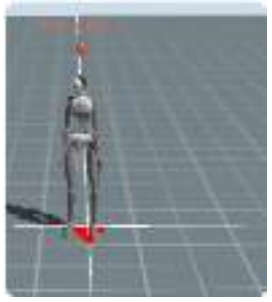
I **disturbi muscoloscheletrici** correlati al lavoro continuano a rappresentare una delle principali cause di **assenteismo**, **malattie croniche** e **oneri economici**.

La sfida tecnologica:
Introduzione di tecnologie per **misurare** il **benessere fisico** dei lavoratori.

Analisi del movimento e misurazione delle forze

Sistemi di analisi del movimento

- Riconoscono **la forma del corpo umano** e le sue articolazioni principali
- Tecnologia di motion capture (mocap)
- **Misurano il movimento** delle articolazioni
  - *Posizione*
  - *Angoli*
  - *Velocità, accelerazioni*
- Generare **un avatar virtuale** che replica i movimenti registrati

Sistemi di misurazione delle forze

- Misurano **la forza** dell'intero corpo o **lo sforzo** di uno o più muscoli
- **Pedane di forza:** forze di reazione al suolo
  - *Superfici di acquisizione ridotte*
  - *Poco usabili in contesti industriali*
- **Sensori EMG:** sforzo o affaticamento muscolare:
  - *Facilmente indossaibili*
  - *Acquisizione dati per ore (es. turno di lavoro)*




Sistemi di motion capture

Ottici marker-based

- Telecamere ad alta definizione
- Marker sul corpo
- Elevata precisione (<0.1 mm)
- Ambiente dedicato



Ottici Markerless

- Telecamere tradizionali
- Nessun marker
- Precisione moderata (5mm)
- Facilmente replicabile
- Occlusioni



Inerziali

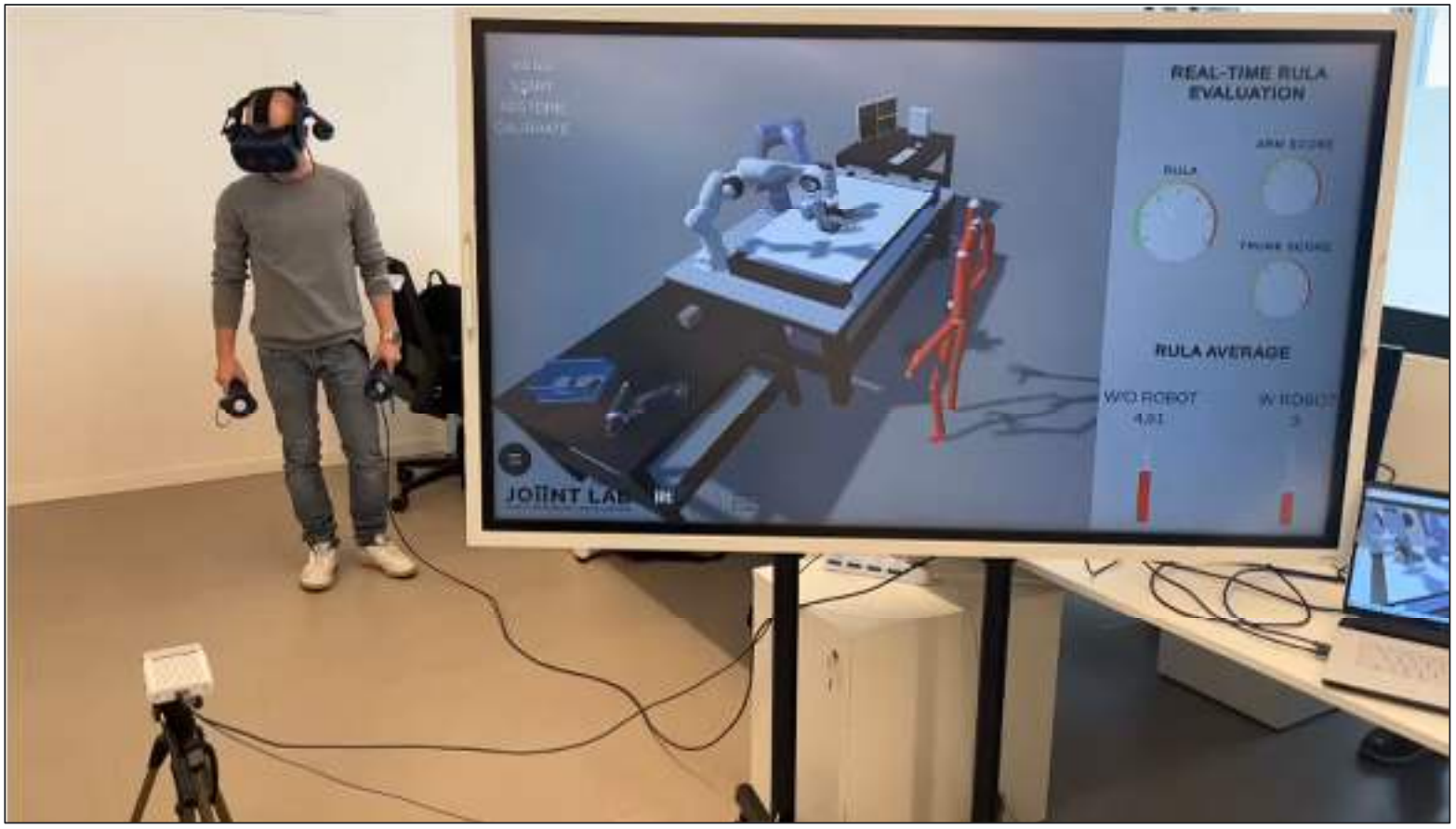
- Sensori IMU indossabili
- Non richiedono telecamere
- Assenza di occlusione
- Ottima precisione (< 1 mm)





Tutti restituiscono posture, angoli articolari e traiettorie del corpo.

Use Case: Sistemi di analisi del movimento, VR, Ergonomia e Robotica Collaborativa



Dall’analisi del movimento alla misurazione dello sforzo muscolare

Sistemi di analisi del movimento

Misurano come si muove l’operatore, ma non quanto si sforza né quanto si affatica.



Dinamometro

Misura la forza sollevata legata all’oggetto, ma nulla su attivazione muscolare, sforzo fisico dell’operatore o fatica muscolare.



Due operatori con lo stesso movimento possono avere sforzi molto diversi.

Attività muscolare: sensori EMG di superficie

L’elettromiografia di superficie misura l’attivazione dei muscoli: valuta lo sforzo reale e la fatica muscolare dell’operatore.

Facilmente indossabili

Non intralciano il lavoro: si usano in postazione reale.



Certificati europei

Dispositivi con marcatura CE.



Dati e video

Si possono estrarre sia i dati sia i video delle acquisizioni.



Usa case: sovraccarico di spalle e arti superiori

Perché è un problema

- Movimenti ripetuti, posture sopra la testa e carichi manipolati sollecitano spalle, gomiti e polsi.
- Il sovraccarico biomeccanico porta a disturbi muscolo-scheletrici, assenze e costi per l'azienda.

Cosa serve capire

- Quanto movimento fa l'operatore?
- Quanto sforzo reale sostiene?
- Quanto si affatica muscolarmente?

Solo con dati oggettivi si progetta una postazione sicura.



Figure professionali per la valutazione dello sforzo muscolare in azienda

Ergonomo



- Individua i task critici
- Segnala all'azienda i task da analizzare mediante EMG
- Propone miglioramenti a postazioni e processi.

Medico del lavoro



- Sceglie i gruppi muscolari da analizzare
- Identifica gli operatori per le acquisizioni dell'attività muscalare

Università – Ingegneri



- Gestione del sistema di acquisizione EMG
- Pianificazione delle acquisizioni dati durante task lavorativi
- Analisi dei dati
- Generazione di report decisionali

Workflow acquisizione EMG

01



Sopralluogo

Confronto tra ingegneri, medico del lavoro ed ergonomo per discutere i task critici.

Selezione dei gruppi muscolari da monitorare.

02

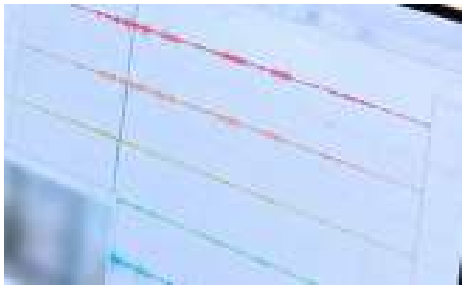


Acquisizione

Misurazione massima contrazione volontaria (MVC).

Acquisizione EMG durante i task giornalieri.

03



Elaborazione

Elaborazione dei segnali e dei dati raccolti durante le attività lavorative.

04

Muscolo	TEST 1	TEST 2	TEST 3	TEST 4
[illegible]	49%	70%	56%	50%
Lombare dx	91%	⚠	⚠	53%
[illegible]	[illegible]	[illegible]	41%	39%
Dorsale dx	52%	54%	45%	37%
Brachioradiale	30%	26%	25%	28%
Deltoide posteriore	33%	23%	35%	18%

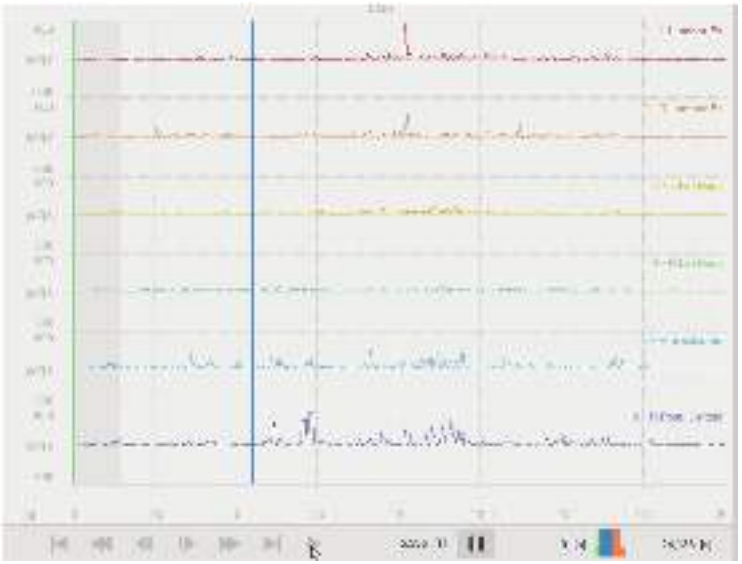
Analisi

Analisi dei risultati, interpretazione e confronto per la valutazione finale.

Task 1: rimozione film plastica



Generated by AI



Muscolo	Pallet piccolo	
	Test 1	Test 2
Lombare sx	44%	31%
Lombare dx	42%	35%
Dorsale sx	17%	19%
Dorsale dx	29%	34%
Brachioradiale	38%	46%
Deltoide posteriore	25%	23%

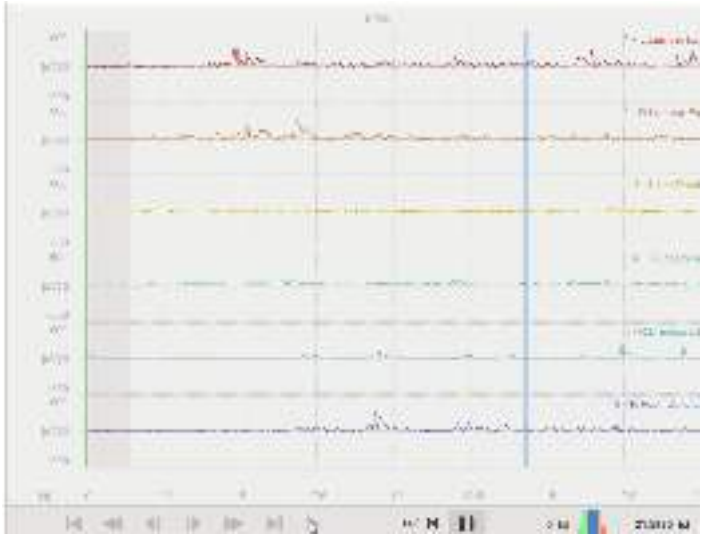
%MVC	< 20%	20-40%	40-60%	60-80%	▲
Rischio	Basso	Medio	Alto	Molto Alto	Critico*

*Comparabile con lo sforzo massimo volontario

Task 2: rimozione scarti dalla linea di produzione



Generated by AI



Muscolo	TEST 1	TEST 2
Lombare sx	41%	32%
Lombare dx	34%	⚠
Dorsale sx	30%	49%
Dorsale dx	26%	37%
Brachioradiale	31%	42%
Deltoide posteriore	24%	28%

%MVC	< 20%	20-40%	40-60%	60-80%	⚠
Rischio	Basso	Medio	Alto	Molto Alto	Critico*

*Comparabile con lo sforzo massimo volontario

Il Futuro: Gemello Digitale dell'Operatore

1 **Operatore Reale**



Task lavorativo

2 **Operatore Virtuale (Avatar)**



Acquisizione del movimento e EMG (MVC)

3 **Gemello digitale Muscoloscheletrico**



Creazione del modello biomeccanico

4 **Simulazione Biomeccanica**



Predizione sforzo muscolare

5 **Valutazione Ergonomica**



Dati e misurazioni per valutazione ergonomica

Il Gemello Digitale dell'Operatore integra i dati di movimento acquisiti tramite motion capture con i segnali EMG, per ricostruire le posture e analizzare l'attività muscolare durante lo svolgimento delle attività lavorative.

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BERGAMO

Dipartimento
di Ingegneria Gestionale,
dell'Informazione e della Produzione

Grazie per l'attenzione!

Prof. Andrea Vitali
andrea.vitali1@unibg.it





unibz
Fakultät für Ingenieurwesen
Facoltà di Ingegneria
Faculty of Engineering

I «Cobot»: sicurezza e applicazioni industriali

Prof. Luca Gualtieri

04.11.2026

Smart Mini Factory - Laboratory for Industry 4.0

Relatore

unibz
Fakultät für Ingenieurwesen
Facoltà di Ingegneria
Faculty of Engineering



Prof.
Luca Gualtieri

Associate Professor

Deputy head «Smart Mini Factory lab»

Senior researcher «Extended Reality lab. and training center»

Group leader "Tecnologie avanzate per l'ergonomia in industria" - Società Italiana di Ergonomia

Contatti

Indirizzo
Facoltà di Ingegneria

Libera Università di Bolzano
Via Buozzi 1 NOI TechPark, 39100 BZ

Mail
luca.gualtieri@unibz.it

Attività principali

- Sicurezza, ergonomia, fattori umani negli impianti industriali;
- Interazione umano-macchina antropocentrica, intelligente ed adattiva;
- Realtà aumentata per l'assistenza e la formazione degli operatori;
- Sistemi di produzione umano-centrici e Inclusione di lavoratori vulnerabili e disabili nei sistemi di produzione;

Formazione

Laurea triennale in Ingegneria Logistica e della Produzione (2010-2013)

Laurea magistrale in Ingegneria Gestionale- Logistica e Produzione (2013-2016)

Dottorato in Sustainable Energy and Technologies (2017-2020)

unibz

Smart Mini Factory lab for Industry 4.0/5.0

unibz
Fakultät für Ingenieurwesen
Facoltà di Ingegneria
Faculty of Engineering

- Automazione flessibile;
- Sistemi manifatturieri antropocentrici e inclusivi;
- Interazione umano–robot adattiva;
- Physical AI e robotica umanoide;
- Ergonomia, sicurezza e fattori umani;
- Sistemi di assistenza per i lavoratori;
- Sistemi di produzione cyber-fisici e gemelli digitali;
- Integrazione IT/OT e Edge AI;



© *Smart Mini Factory* – Laboratory for Industry 4.0

Fonte: Smart Mini Factory (unibz)

Di cosa parleremo

- Cos'è un «cobot» e cosa si intendere per interazione umano-robot;
- Cosa rende un «cobot» una (quasi) macchina (parzialmente) sicura;
- Cos'è un'applicazione collaborativa sicura;
- Esempi applicativi: Robot come sistemi di assistenza fisica;
- Rischi ridotti e rischi emergenti;

Robotica industriale “tradizionale”

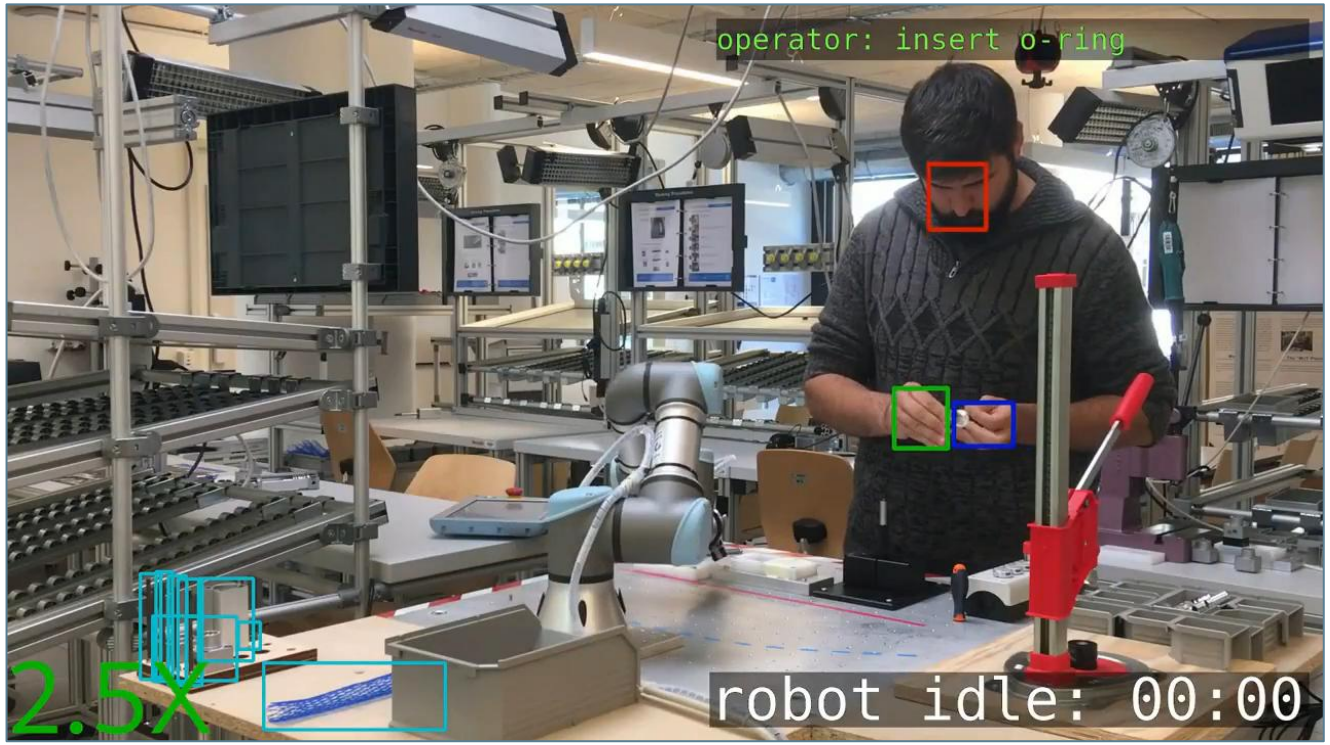


Fonte: immagine generata con AI

Separazione (automazione totale)

- L’interazione umano–robot (HRI) non è necessaria ai fini produttivi;
- Operatore e robot lavorano in spazi di lavoro ben definiti e separati;
- Il contatto tra operatore e robot non è consentito in nessuna circostanza operativa.

Interazione umano-robot industriale



Fonte: Smart Mini Factory (unibz)

Applicazione collaborativa

- La nuova versione della ISO 10218-1 è stata pubblicata nel febbraio 2025 e sostituisce l'edizione del 2011.
- Il termine "robot collaborativo" è stato completamente eliminato dalla norma, in quanto potenzialmente fuorviante: solo l'applicazione robotica può essere progettata, verificata e validata come applicazione collaborativa.
- Applicazione collaborativa: applicazione che comprende uno o più compiti collaborativi (può includere anche compiti non collaborativi).
- "Cobot": robot industriale dotato di capacità collaborative basate sulla limitazione di potenza e forza.

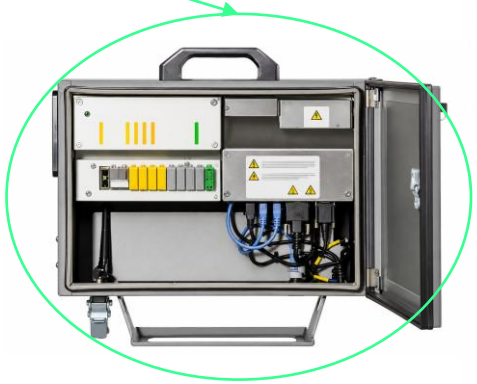
Hardware e Software

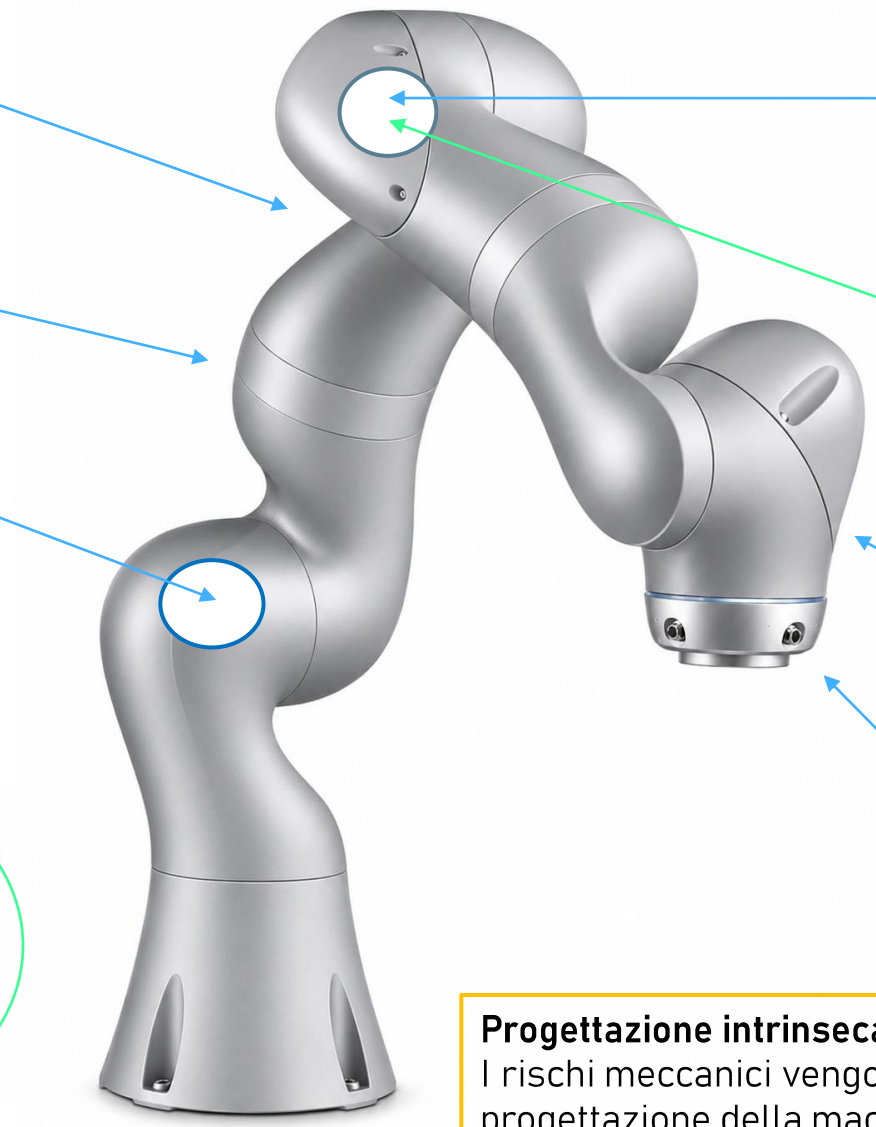
Geometria dei links progettati per prevenire il rischio di intrappolamento e schiaccimento

Geometria e superfici del manipolatore progettate per prevenire i rischi di impigliamento e intrappolamento

Struttura leggera per ridurre masse e inerzia

Algoritmi di controllo per la gestione di contatti





Attuatori cedevoli ("compliant") che garantiscono elasticità in funzione della forza esterna applicata

Capacità di misurare la coppia ai giunti (direttamente o indirettamente) per rilevare eventuali collisioni

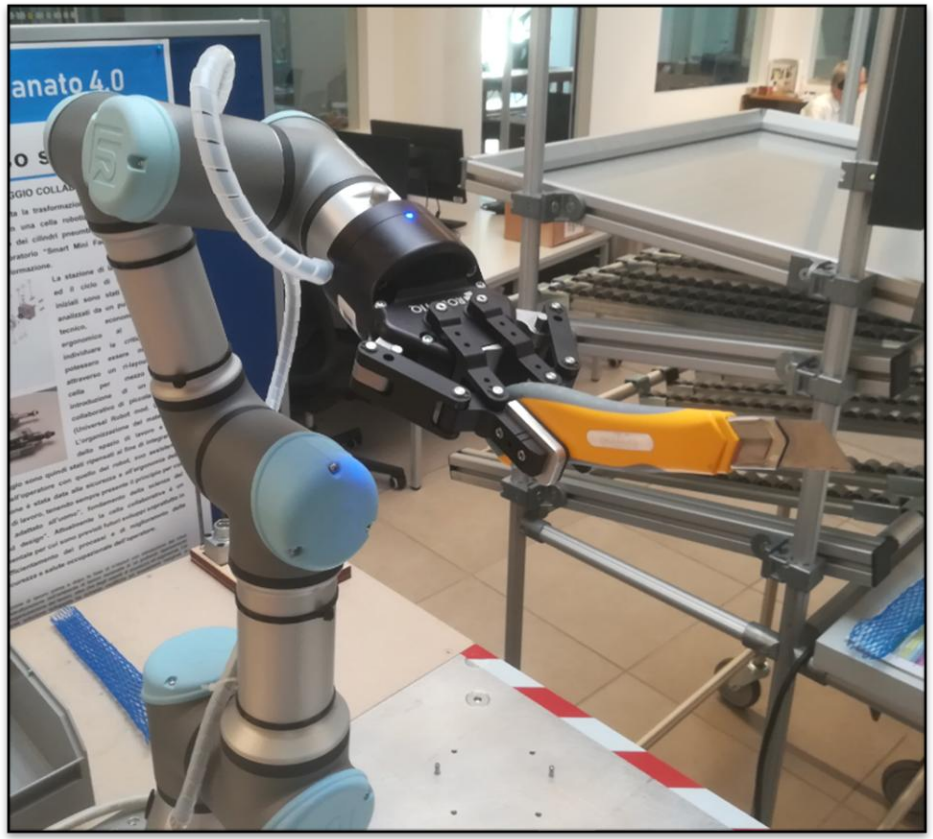
Geometria esterna arrotondata per ridurre il trasferimento di energia durante le collisioni.

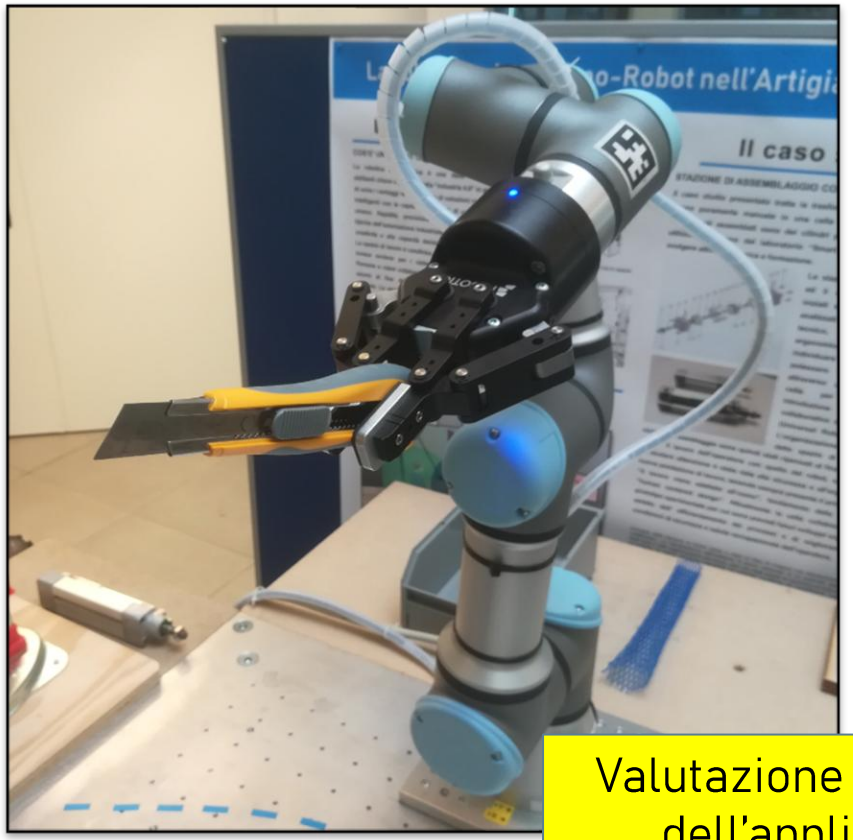
Polso non-sferico per aumentare la destrezza

Progettazione intrinsecamente sicura della (quasi) macchina:
I rischi meccanici vengono (parzialmente) ridotti attraverso la progettazione della macchina stessa.

Interazione umano-robot industriale

- Robot industriale dotato di capacità collaborative basate sulla limitazione di potenza e forza.





Fonte: Smart Mini Factory (unibz)



Valutazione del rischio dell'applicazione collaborativa

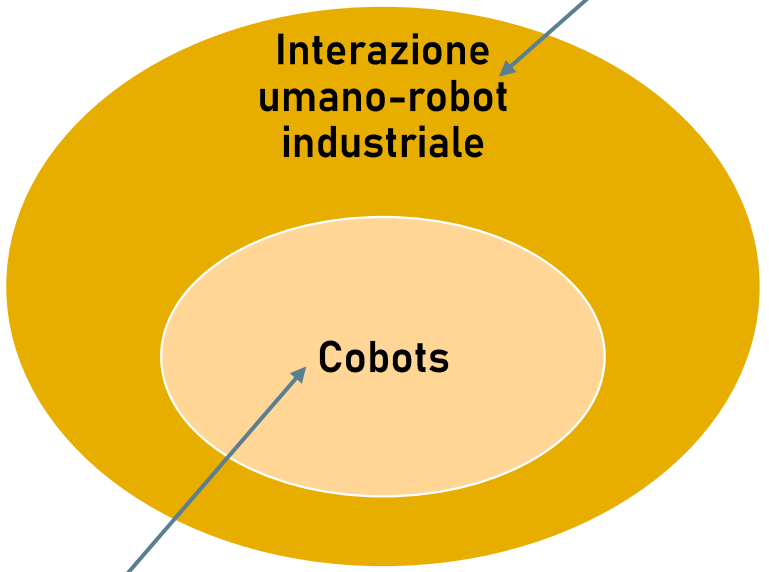
Interazione umano-robot industriale

È (sempre) necessario utilizzare un robot dotato di limitazione di forza o potenza per realizzare un'applicazione robotica collaborativa (HRI) sicura?



Fonte: Human-Robot-Interaction (Fraunhofer IWU) – Huma Robot Interaction (https://www.youtube.com/watch?v=Qyr5qswTsqQ) (Creative Commons License)

HRI = interazione (fisica) e sicura tra umano e sistema robotizzato industriale



Cobot = robot industriale dotato di capacità collaborative basate sulla limitazione di potenza e forza.

Modalità collaborative (ISO 10218-2)

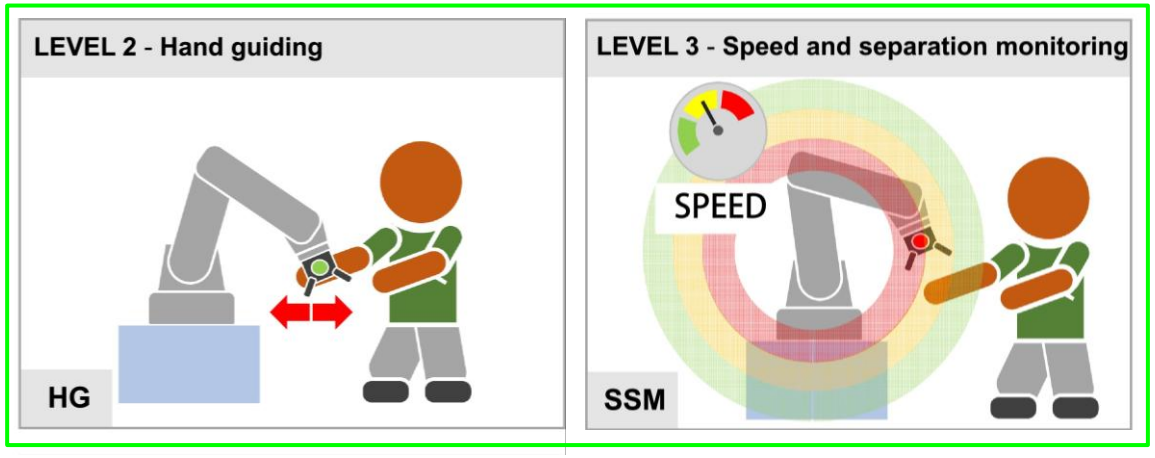
a) Hand Guiding (HG)

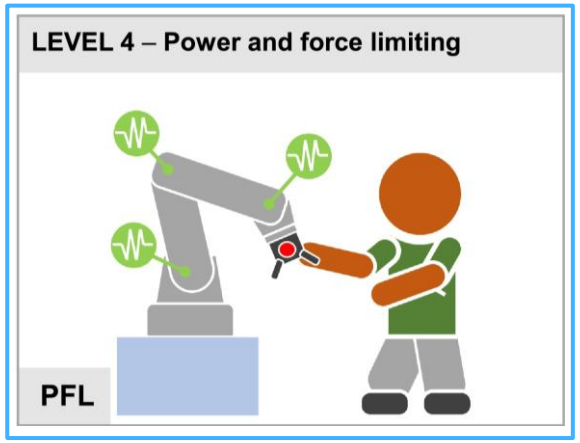
b) Speed and separation monitoring (SSM)

c) Power and force limiting (PFL)

Un robot industriale senza capacità collaborative basate sulla limitazione di potenza e forza può essere utilizzato.

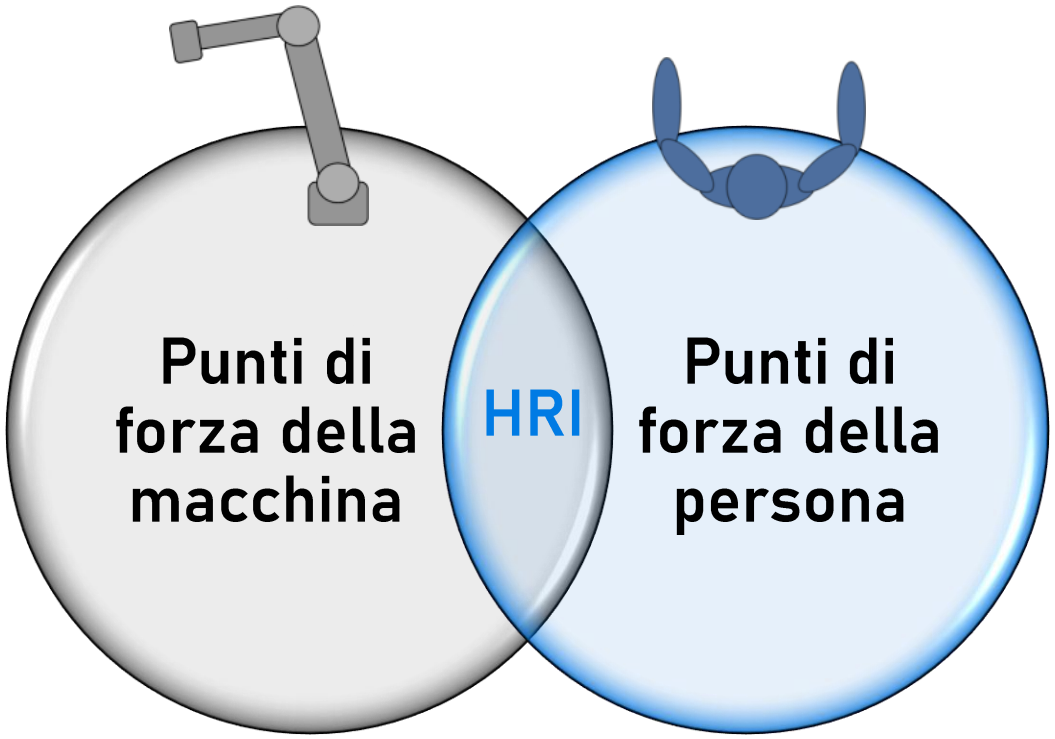
E' necessario ricorre a macchine intrinsecamente sicure («cobot»).





Source: based on Villani, V., Pini, F., Leali, F., & Secchi, C. (2018). Survey on human–robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications. *Mechatronics*, *55*, 248-266.

HRI: quando implementarla



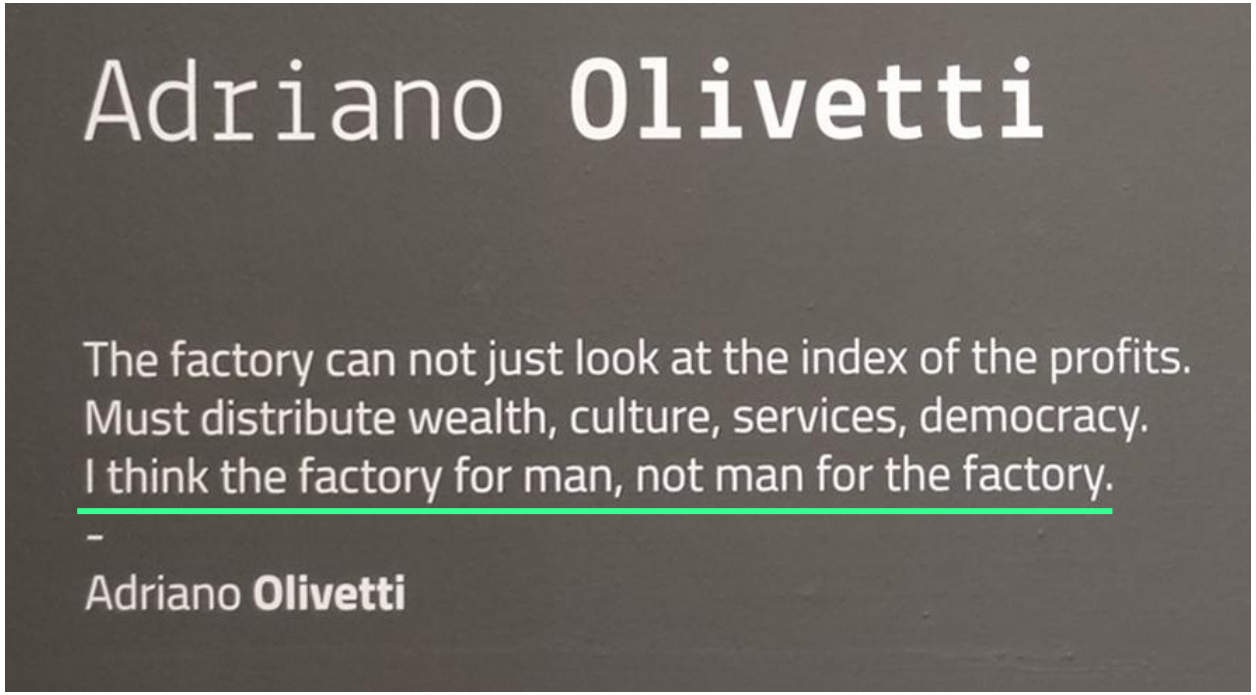
- Accuratezza
- Ripetibilità
- Capacità di carico
- Stamina
- ….

- Flessibilità
- Creatività
- Capacità decisionale
- Destrezza
- ….

Potenziali vantaggi

- Miglioramento delle condizioni di lavoro degli operatori (ad es. riduzione del carico fisico e/o cognitivo – robot come sistema di assistenza).
- Migliore utilizzo degli spazi produttivi (assenza di barriere fisiche di separazione).
- Miglioramento dell'accessibilità alle aree di lavoro.
- Incremento della capacità produttiva.
- Miglioramento della qualità dei prodotti e dei processi.
- Migliore valorizzazione della manodopera qualificata.

Robot come sistemi di assistenza adattivi



Adriano Olivetti (1901 – 1960) imprenditore, innovatore e ingegnere italiano.

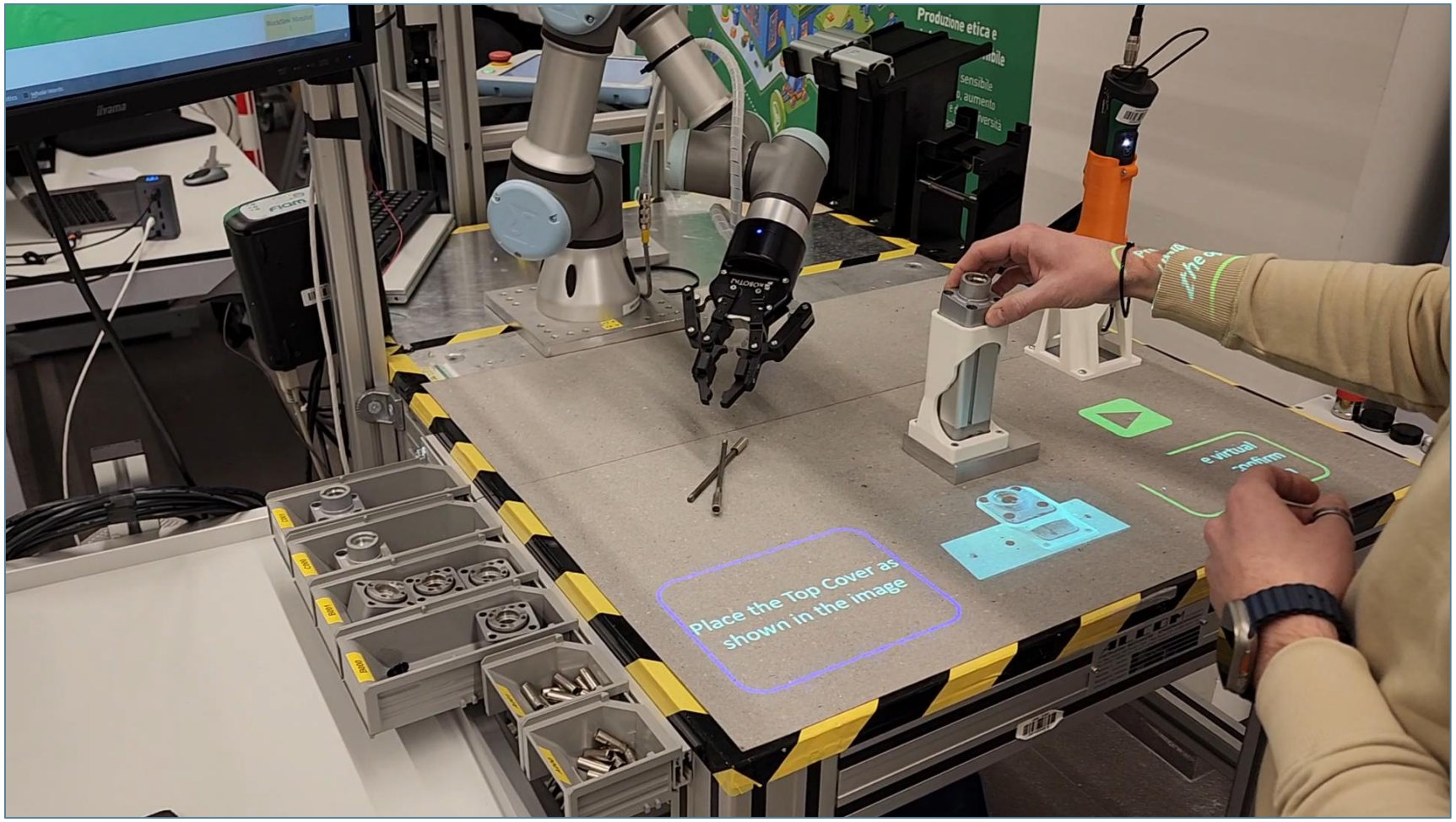


"Rather than asking what we can do with new technology, we ask what the technology can do for us."

"Rather than asking the industry worker to adapt his or her skills to the needs of rapidly evolving technology, we want to use technology to adapt the production process to the needs of the worker, e.g., to guide and train him/her"

Fonte: Maija. Breque, Lars. de Nul, Athanasios. Petridis, and European Commission. Directorate-General for Research and Innovation., "Industry 5.0 : towards a sustainable, human-centric and resilient European industry.," 2021.

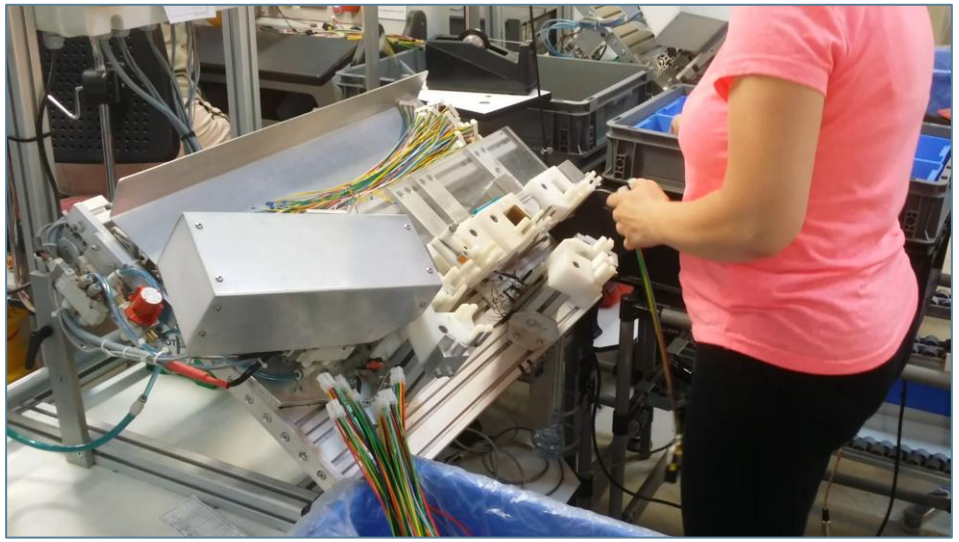
Esempi applicativi: assemblaggio assistito

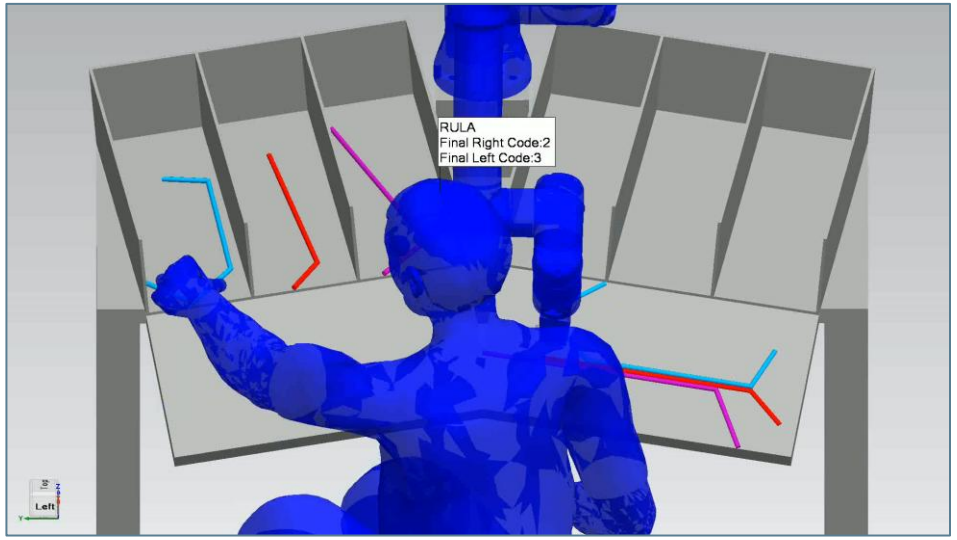




Fonte: Smart Mini Factory (unibz)

Esempi applicativi: da WS manuale a collaborativa





Fonte: Smart Mini Factory (unibz)





Fonte: Wire cobots - https://www.wirecobots.com/

Esempi applicativi: inclusione sociale

Inserimento filtro



Inserimento O-ring + coperchio



Avvitamento collaborativo



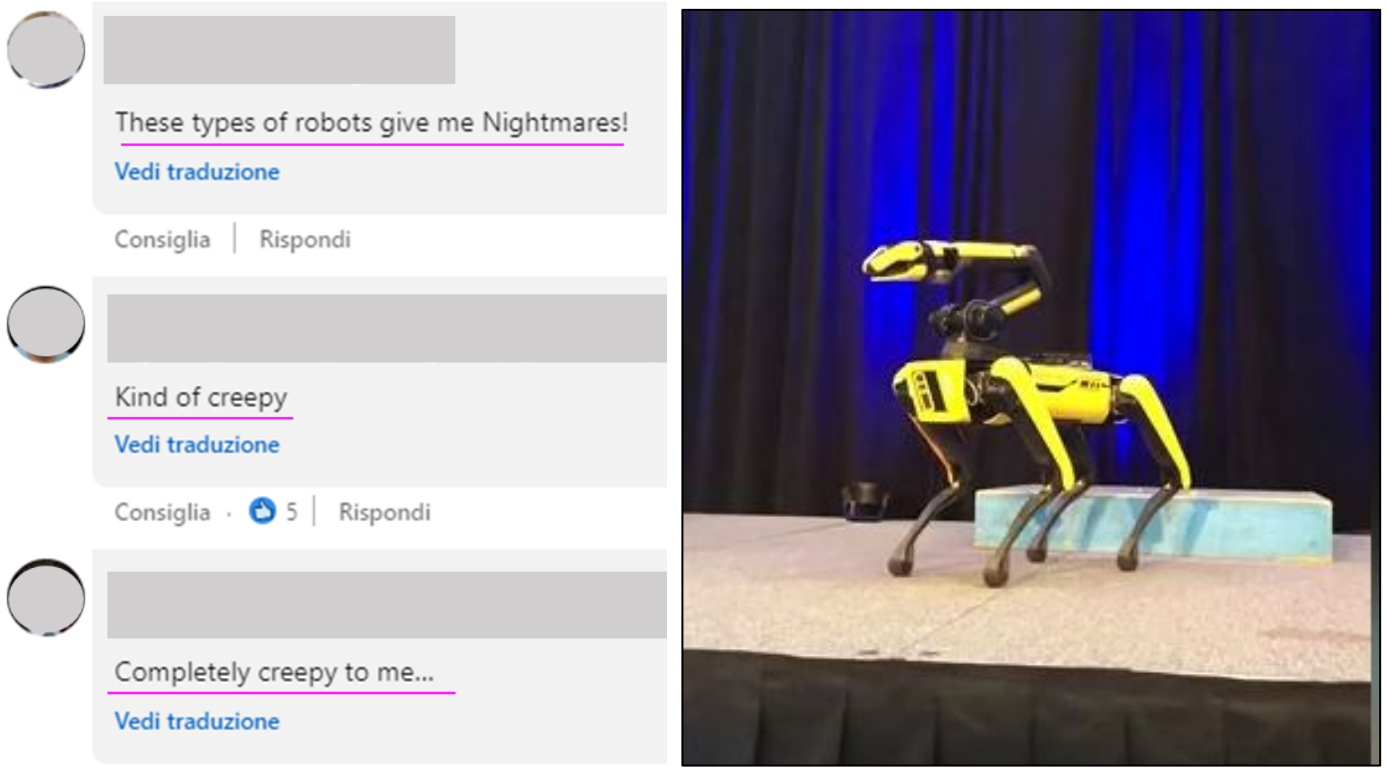
Fonte: Smart Mini Factory (unibz)

Esempi applicativi: supporto nella raccolta delle mele



Fonte:Sestosenso: Smarter Human-Robot Collaboration for Agriculture and Industry (https://www.youtube.com/watch?v=dbiU8mWn4PU)

Opportunità vs Minacce



Fonte: A3 - Association for Advancing Automation
(https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6985594537196863488/)

Grazie per l'attenzione!

unibz
Fakultät für Ingenieurwesen
Facoltà di Ingegneria
Faculty of Engineering



Prof. Luca Gualtieri

✉ luca.gualtieri@unibz.it

Free University of Bozen-Bolzano

https://www.unibz.it/it/faculties/engineering/academic-staff/person/38728-luca-gualtieri

Smart Miny Factory lab for Industry 5.0

https://noi.bz.it/it/laboratori/smart-mini-factory