



Euroopan unionin
osarahoittama

Eksoskeleton parantaa ergonomiaa ja vähentää tuki- ja liikuntaelinsairauksia

Kimmo Vänni, FT

HAMK

Työsuojelun asiantuntijaseminaari

Vantaa 18.9.2026



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme



HAMK
Hämeen ammatti-
korkeakoulu

Tietoja minusta

- Tutkijayliopettaja HAMK Tech
- **Tutkimusalueet:**
 - Puettava robotiikka
 - teknostressi
- **Tausta:**
 - Sosiaalinen robotiikka
 - Eksoskeletonit
 - Biomekaniikka
 - Työterveys ja terveystaloustiede
- **Tutkinnot**
 - Insinööri (yhdyskuntatekniikka)
 - M.Sc (Laatu- ja ympäristöjohtaminen)
 - LitM (biomekaniikka)
 - EMBA (kv. business)
 - FT (Työterveys)



PUTE “Exo Agri”



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme



Euroopan unionin
osarahoittama

- Maakuntien liittojen rahoittama EAKR- hanke, budjetti EUR 177 669
- Toteutus 19.02.2024 - 31.12.2026
- Kohdentuu maatalous- ja puutarha-alan toimijoihin
- Toimintalinja 1 (Innovatiivinen Suomi)
 - Erityistavoite 1.1 Tutkimus- ja innovointivalmiuksien ja kehittyneiden teknologioiden käyttöönoton parantaminen
- Tarkoituksena kehittää kestävää ruokajärjestelmää tukemalla maa- ja puutarha-alan yrittäjiä puettavan teknologian avulla
- Päätaavoitteena tuoda uutta osaamista hyödyntää eksoskeletoneja työkuormituksen vähentämisessä ja tuottavuuden parantamisessa.
- Toteuttajana HAMK Bio ja Tech
- <https://www.hamk.fi/projektit/exo-agri/>



Euroopan unionin
osarahoittama

Tästä on lähdetty liikkeelle 60-luvulla USA:ssa



<https://cyberneticzoo.com/man-amplifiers/1966-69-g-e-hardiman-i-ralph-mosher-american/>

Mikä on eksoskeleton

Eksoskeleton eli ulkoinen **tukiranka** on päälle puettava mekaaninen laite, joka on suunniteltu keventämään fyysisesti raskasta työtä tai staattisista kuormitusta



Euroopan unionin
osarahoittama



Muokattu lähteestä: <https://www.bigrentz.com/blog/construction-exoskeletons>



Euroopan unionin
osarahoittama



**At Ekso, we
believe every
injury is
preventable.**

<https://eksobionics.com/ekso-evo/>

Mikä on eksosuit

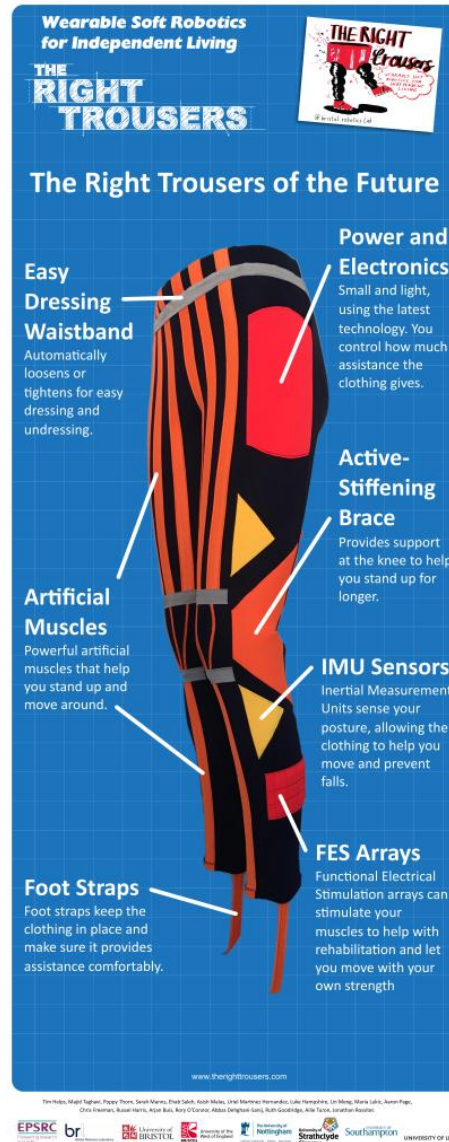
Eksopuku (exosuit) on pehmeä, vaatteenomainen ja kevyt versio eksoskeletonista.



<https://www.dezeen.com/2024/08/01/mo-go-arcteryx-skip-hiking-trousers/>



Euroopan unionin
osarahoittama



<https://therighttrousers.com>



<https://textiletechsource.com/2019/05/20/soft-robotics-presentation/>

Passiivinen vs. aktiivinen laite

Passiivinen ei luo uutta ulkoista energiaa, vaan tuottaa mekaanista avustustehon voimaa



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

Aktiivinen tuottaa ulkoista ja itsenäistä lisävoimaa sähkömoottoreiden ja akun avulla



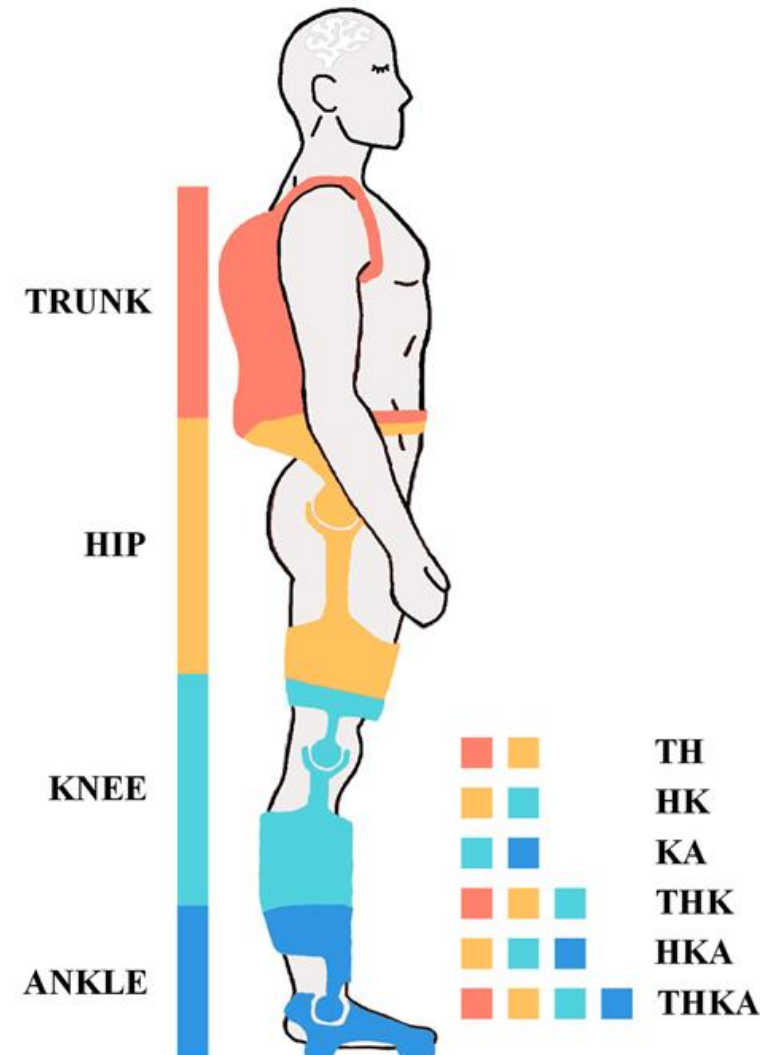
Dnsys Z1 Knee (<https://dnsys.ai/>)



Euroopan unionin
osarahoittama

Minkälaisia eksoskeletoneja voi olla

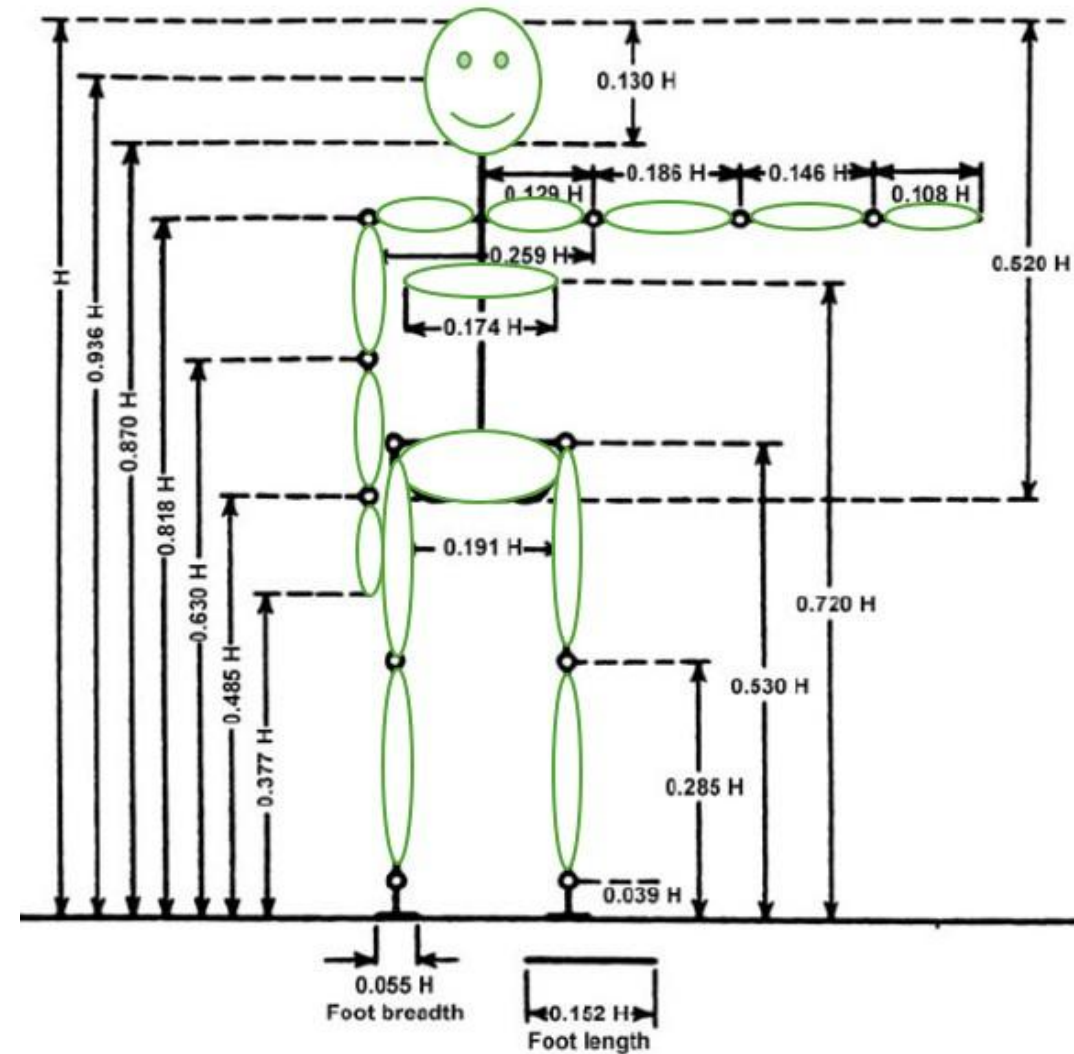
- Olkapää-ekso avustaa nostoja pään yläpuolelle
- Selkä-ekso avustaa nostoissa ja taivutuksissa
- Alaraajojen eksot avustavat lonkkaa ja jalkoja



Qiu, S., Pei, Z., Wang, C., & Tang, Z. (2023). Systematic review on wearable lower extremity robotic exoskeletons for assisted locomotion. *Journal of Bionic Engineering*, 20(2), 436–469. <https://doi.org/10.1007/s42235-022-00289-8>

Ihmisen mitat

- Ei ole standardi-ihmistä, kehon mittasuhteet ovat erilaiset
- Jokainen ihminen kävelee eri tavalla
- Eksoskeletonin pitää olla säädettävissä
- Lihasaktivaatiossa on eroja, kuten myös nivelten toiminnassa ja liikelaajuuksissa (esim. Ikääntyneet)



Lähde: Vänni, K., Xiong, X. Gunnarsson, E. (2025). The challenges, limitations, and opportunities of using exosuits and exoskeletons to assess human performance at work. AHFE Conference, USA



<https://www.gccbusinessnews.com/exoskeletons-create-human-robots-at-production-lines/>



Laitteita maailmalta (Kiina ja Ranska)

Euroopan unionin
osarahoittama



Kuntai Robotics, Kiina



<https://ergosante.fr/en/exosquelette/exosquelette-pour-maraicher/>

Bioservo (Ruotsi)



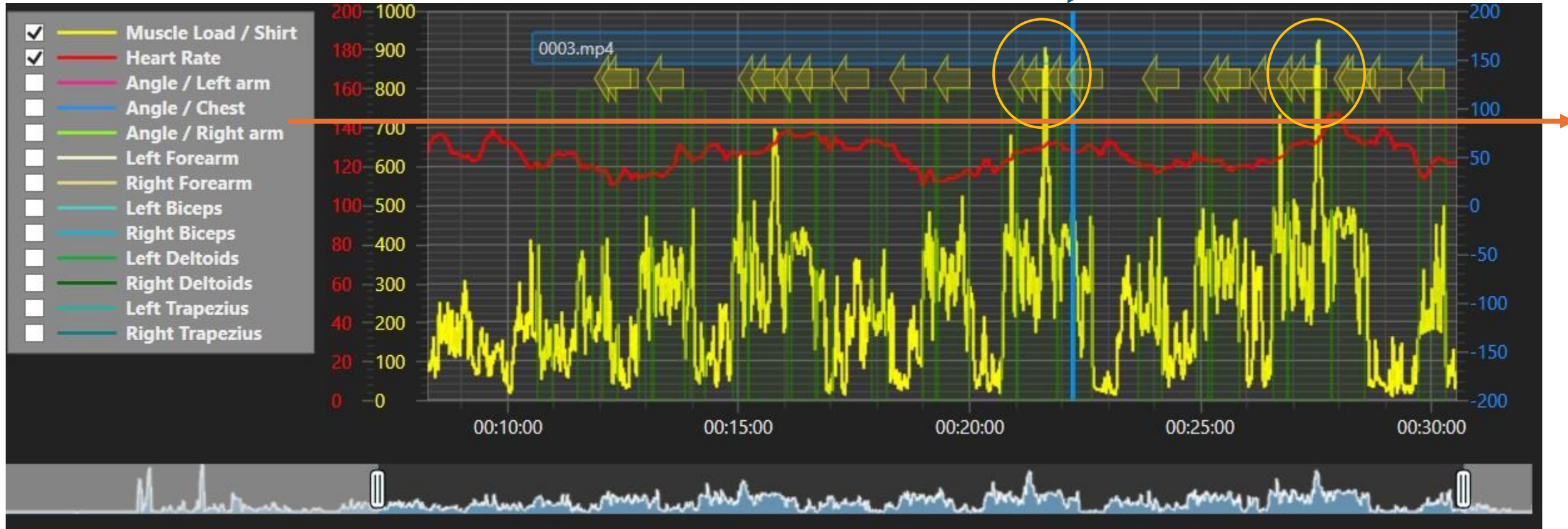
<https://www.bioservo.com/corporate/our-story>

Tehtyjä testejä ja kokeiluja



Esimerkki EMG-mittauksesta

Tavoitteena leikata kuormitushuiput



Eksoskeletonien vaikutus kehon eri osissa

Kohde	Työtehtävä ja olosuhde	Kuormituksen väheneminen (%)	Lähde
Hartialihakset	Pään yläpuolinen ja kädet koholla tehtävä työ	34 % – 64 %	de Looze ym. 2019; de Vries ym. 2019; Bhat ym. 2025
Hartialihakset	Vaativat asennus- ja kunnossapitotehtävät (kenttäkokeet)	34 % – 55 %	Zhao, Wang, Sun, Zhang & Vänni 2024
Epäkäslihas	Kädet koholla tehtävä asennustyö ja linjatyöt	19 % – 25 %	Zhao, Wang, Sun, Zhang & Vänni 2024
Selän ojentajalihakset	Toistuvat nostot, laskut ja etukumara kannatus	10 % – 40 %	Godwin ym. 2009; Lotz ym. 2009; Bhat ym. 2025
Selän ojentajalihakset	Kannatustyö etukummarassa asennossa (30° ja 90° kulmissa)	23 % – 43 %	Theurel & Desbrosses 2019 (Lamers ym. 2018)
Selän ojentajalihakset	Staattninen etukumara työ (Laevo V2 - laite)	11 % – 57 %	Theurel & Desbrosses 2019 (Koopman ym. 2019)
Lannerangan nikamat	Dynaaminen nostotyö ja etukumara asento	23 % – 29 %	Abdoli-Eramaki ym. 2007; de Looze ym. 2019
Verenkiertoelimistö	Pitkäkestoinen fyysinen työ ja raskaat siirrot	n. 15 %	Bhat, Gavin, Warner & Myall 2025

Kuka maksaa eksoskeleton hankinnan työntekijälle?

- **Case:** Pieni suklaatehdas, jossa työntekijällä oli olkapäiden kulumaa. Eksoskeletonia testattiin aidossa työympäristössä
- **Ei lakisääteinen suojain (PPE):** Eksoskeleton tulkitaan pääsääntöisesti *ergonomiseksi apuvälineeksi tai työkaluksi*, ei pakolliseksi suojavarusteeksi
- **Painopisteen muutos:** Kun työntekijällä on jo fyysisiä rajoitteita, hankinta siirtyy ennaltaehkäisystä *työkyvyn ylläpitoon ja ammatilliseen kuntoutukseen*

Mahdolliset rahoitusmallit

- **Työnantaja (investointi):** osana työsuojelua tai työkyvyn hallintaohjelmaa. Säästöt sairauspoissaolokustannuksissa sekä työntekijän pitovoiman varmistaminen
- **Kela (ammatillinen kuntoutus):** työntekijällä on todettu lääketieteellinen tuki- ja liikuntaelimestön sairaus, joka uhkaa johtaa työkyvyttömyyteen
- **Työeläkeyhtiö (elinkeinotuki):** eksoskeleton osana ammatillista kuntoutusta
- **Työterveyshuolto (asiantuntija-arvio ja virallinen suositus):** Ei ole maksaja, mutta voi suositella hankintaa

Työntekijän oma laite ja työurien pidentäminen

Käytännön havainto kentältä

- **Harvinainen, mutta todellinen tilanne:** Pitkän työuran tehneet työntekijät ovat ilmoittaneet halukkuudesta ostaa laite itse, jotta he voivat jatkaa työssään vielä muutaman vuoden ennen eläkettä.

Työsuojelulliset reuna-ehdot:

- **Työnantajan suostumus:** Työturvallisuuslaki velvoittaa työnantajan vastaamaan työturvallisuudesta. Omaa laitetta ei saa käyttää ilman johdon lupaa ja hyväksyntää.
- **Vaatimustenmukaisuus:** Työnantajan on varmistettava, että työntekijän oma laite on CE-sertifioitu ja sopii kyseisiin työolosuhteisiin.
- **Riskien arvioinnin päivitys:** Käyttöönotto vaatii työn riskienarvioinnin tarkistamista

Kun työntekijä on valmis sijoittamaan omaa rahaansa työssäjaksamiseen, työnantajan harkita laitteen osarahoittamista tai lunastamista työkyvyn tukemiseksi.

Käyttäjien skeptisyys ja kysymykset: Fakta vs. Fiktio

1. Heikkenevätkö lihakseni, jos laite tekee työn puolestani?

Fakta: Eivät heikkene. Passiiviset laitteet ja kevyet eksopuvut eivät korvaa lihastyötä kokonaan, vaan ne **leikkaavat pois vain kuormitushuiput** (noin 10–40 % selästä ja 34–64 % hartioista)

2. Jos käytän laitetta, niin osaanko enää työskennellä ilman sitä?

Fakta: Osaat. Laitteet on suunniteltu ergonomisiksi työkaluiksi, ja niiden käyttö keskittyy vain kaikkein kuormittavimpiin työtehtäviin (kuten toistuviin nostoihin tai pään yläpuoliseen työhön)

3. Näytänkö pelleltä, avuttomalta tai heikolta muiden silmissä?

Fakta: Perinteisillä "äijäaloilla" asenteellinen työkuulttuuri voi aluksi vastustaa apuvälineitä ja pitää niitä heikkouden merkinä. Tämä ratkaistaan koulutuksella ja osallistavalla pilotoinnilla

4. Voiko laite ”villiintyä”?

Fakta: Ei voi, mutta se voi mennä epäkuntoon

5. Käytetäänkö laitetta kaikissa työtehtävissä ja koko ajan?

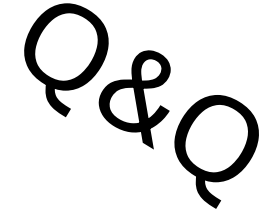
Fakta: Ei. Vain niissä tehtävissä, joissa siitä on hyötyä

Tuottavuus vs. Ergonomia – ”Kuuma kysymys”

Ristiriitaiset odotukset käyttönotossa:

- **Työnantajan näkökulma:** Laitteen investointi perustellaan tuottavuuden kasvulla. Tavoitteena on, että työtä tehdään nopeammin, enemmän ja tehokkaammin.
- **Työntekijän näkökulma:** Laitteelta odotetaan helpotusta työhön. Kokonaiskuormitus ei saa lisääntyä, eikä laite saa johtaa liian kovaan työtahtiin.
- **Mitä tapahtuu, jos tuottavuus ulosmitataan väärin?**
- **Hyötyjen nollautuminen:** Jos työntekijän lihaksilta säästetty energia (kuten selän 10–40 % kevennys) käytetään työtahdin radikaaliin nostamiseen, työntekijä uupuu edelleen
- **Käyttöhalukkuuden väheneminen:** Työntekijät kokevat laitteen tällöin työtä heikentävänä muutoksena, mikä johtaa muutosvastarintaan, ja laitteet jäävät käyttämättä

Miten tuottavuus kasvaa kestävästi?



- **Laadun parantuminen:** Koska eksoskeleton estää lihasväsymystä, **työn laatu** on hyvä ja hukkaprosentit pieniä
- **Kansallisen tason pitovoima ja työurien pidennys:** Tuottavuus ei kasva sillä, että työntekijä tekee yhden päivän nopeammin, vaan sillä, että hän pysyy työkykyisenä eläkeikään asti ilman kalliita sairauslomajaksoja
- **Pysyvä suorituskyky:** Testit osoittavat, että laitteet ylläpitävät hyvää suorituskykyä ja suojaavat ylikuormitukselta.

Epäonnistuneen käyttöönoton syitä

- **"Top-down"-päätöksenteko:** Tehty johdon päätös hankkia laitteita ilman tietoa siitä, mitä todella tarvitaan ja mihin tehtävään ne tulevat
- **Organisaatiokulttuuri:** Ei suosita laitteiden käyttöä
- **Riittämätön tai liian lyhyt perehdytys:** Ei ehditä oppimaan laitteen hyödyntämistä - **stressi**
- **Testataan sopimattomia laitteita:** Laite ei sovellu työtehtävään ja/tai käyttäjälle – huonot kokemukset vanhoista laitteista
- **Käytön haasteet:** Laite on vaikea pukea ja säätää
- **Liialliset odotukset:** Odotetaan, että laite tuo epäinhimilliset voimat
- **Leimaantuminen:** Käyttöönotto epäonnistuu, jos mukaan ei valjasteta työyhteisön arvostamia kokeneita työntekijöitä
- **Huolto ja säilytys laiminlyödään:** Laitteet vaativat huoltoa ja ylläpitoa. Huono ylläpito ja likaiset laitteet eivät kiinnosta ketään
- **Toimialakohtaiset hygienianormit:** Laitteet pitää pukea työvaatteiden alle, jolloin lämpökuorma kasvaa



Euroopan unionin
osarahoittama

Kiitos

Kimmo Vänni
kimmo.vanni@hamk.fi
Mob. +358 50 4471117
HAMK

