

# VÁZ-IZOMRENDSZERI KOCKÁZATOK ÉRTÉKELÉSE ÉS CSÖKKENTÉSE GÉPEK TERVEZÉSEKOR

## ASSESSMENT AND REDUCTION OF MUSCULOSKELETAL RISKS IN MACHINERY DESIGN

*Eur. Erg. Dr. Szabó Gyula, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Gépszerkeztetési és Biztonságtechnikai Intézet, Ergonómiai laboratórium*  
*Eur. Erg. Mischinger Gábor, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Ergonómia és Pszichológia Tanszék, Ergonómiai laboratórium*  
*Moharos István, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Gépszerkeztetési és Biztonságtechnikai Intézet*  
*Mochnács Mihály, MO-Mechatronika Bt.*

### ABSTRACT

Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical Engineering and Security Technology and Linamar Hungary launched a joint R & D project to improve production line H1 giving special attention to ergonomics issues. The background of the project, the development process, tools used and results are presented.

### 1. BEVEZETÉS

Az európai 28 %-os átlaghoz képest kiemelkedik Finnország 77 %-kal, míg mi magyarok - a magunk 8 %-val - sereghajtók vagyunk, ha azt értékeljük, hogy a vállalatok milyen arányban vonnak be ergonómiai szakembereket a biztonságos és egészséget nem veszélyeztető munkakörülmények létrehozásába. [1]

Az adatok szerint a magyar dolgozók 62,3% végez ismétlődő mozdulatokat, 36,3% visz vagy mozgat nehéz terheket, 53,2% dolgozik kellemetlen, fárasztó testtartásban és 70,5% számolt be arról, hogy munkáját állva végzi. [2]

### 2. ERGONÓMIAI PROGRAMOK

A munkavédelemi törvény megköveteli, hogy a munkáltató köteles minőségileg, illetve szükség esetén mennyiségileg értékelje a munkavállalók egészségét és biztonságát veszélyeztető kockázatokat, majd intézkedéseket tegyen a veszélyek megszüntetése vagy a kockázatok elfogadható szintre csökkentésére. [3]

„A munkavédelemi felügyeletnek együttes útmutatása a munkahelyi kockázatértékelés végrehajtásához” [4] a veszélyforrások között a „Fiziológiai, idegrendszeri és pszichés tényezők” között említi a nehéz testi és a túl intenzív, vagy egyhangú munkát. Ennek a veszélycsoportnak az értékelését az elsősorban hátsérülé-

sek kockázatával járó kézi tehermozgatás minimális egészségi és biztonsági követelményeiről szóló rendelet [5] is támogatja, a korábbi a „nők 20 kg-ot, férfiak 50 kg-ot emelhetnek” megközelítést messze túlhaladva. [6]

A dolgozók **fizikai terhelésének értékelése hazánkban néhány vállalatnál önálló tevékenységként, ergonómiai fejlesztési programokban jelenik meg.** Ezekben az értékelésekben általában meghatározó a testtartás, az erőkifejtés és az ismétlődés együttes figyelembevétele.

A fizikai igénybevétel értékelésére számos módszer használható, ezek közül ritkán találkozunk energiaforgalom méréssel, erőméréssel vagy a számítógépes modellezéssel. A gyakorlatban legtöbbször papír-ceruza alapú értékelőlapokkal, pl. REBA, [7] RULA, [8] MAC, BRIEF, QEC, JSI, vagy szubjektív kényelmetlenség-fájdalom megítélő kérdőívvel dolgoznak. A fenti módszerek részben összhangban vannak a NIOSH-féle módosított emelési egyenlettel, [9] azaz próbálják egyszerre értékelni a testtartást, erőkifejtést, ismétlődési gyakoriságot, kiegészítve néhány környezetre és a teherre vonatkozó paraméterrel.

### 3. A LINAMAR PROGRAM

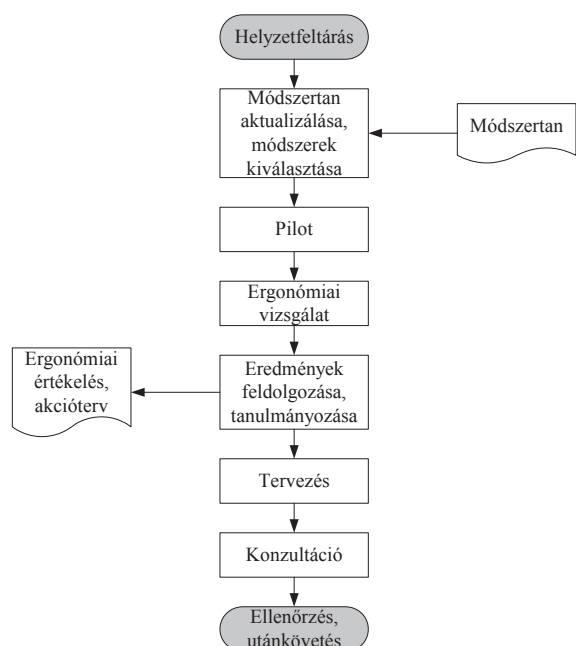
Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar és a Linamar Hungary NyRt együttműködve 2009. szeptemberében egy ergonómiai-munkabiztonsági célú innovációs kutatási-fejlesztési programot indítottak.

A fejlesztési program több célkitűzése között nagy hangsúllyal szerepelt az ergonómiai fejlesztés, a munkahely és munkakörnyezet kialakítására vonatkozó kutatás-fejlesztés, a

munkahely és munkakörnyezet legkorszerűbb ergonómiai szempontoknak megfelelő kialakítása, ezen belül a részfeladatok:

- Ergonómiai szempontok figyelembe vételével a mérőasztalok és anyagtovábbító rendszerek megtervezése a H1 gyártósorra.
- Minőségi célt szolgált az emberi hibázást kiküszöbölő nyomon követő egység kifejlesztése az anyagtovábbító rendszerhez.
- A tervek alapján 3 tesztmodell legyártása, amelyeken további ergonómiai kutatások, a továbbfejlesztéshez, beállításokhoz szükséges tesztelesek üzemi körülmények között elvégezhetők.

A feladatok megfogalmazásából látható, hogy az 1. ábrán látható munkahely kialakítási - fejlesztési folyamat minden elemére sor került a fejlesztési program során. Ez azért nagyon értékes, mert közismert, hogy **az ergonómiai elvek alkalmazása a tervezési folyamat során lényegesen egyszerűbb**, olcsóbb, mint utólagosan, ha hibásnak bizonyuló kialakítások javítására van szükség.



1. ábra A munkahely kialakítási - fejlesztési folyamat

A követelmények meghatározása után terveztük a mérőasztalokat és anyagtovábbító rendszereket, a tesztmodelleket alvállalkozó bevonásával legyártattuk és ergonómiai értékelésekkel igazoltuk, hogy azok további ergonómiai kutatások és fejlesztések eszközhátterét biztosíthatják.

#### 4. ÉRTÉKELÉSI MÓDSZER

A fejlesztés során

- elkészítettük a meglévő munkahelyek értékelést ellenőrző listával és JSI módszerrel,
- méreteztük a munkahelyeket,
- elkészítettük a szállítószalagok és munkaasztalok prototípusát.

A helyzetfeltárást, azaz a vizsgált terület átfogó értékelést egy ILO ellenőrző listával végeztük. [10]

##### 4.1 Munkaköri Terhelési Index

A gépsor kiszolgálása több munkahelyen, öt különböző tevékenységgel történik. Mind az öt pozícióra elkészítettük a terhelés értékelését, a JSI indexet. A JSI ismétlődő munkatevékenységek esetén alkalmazható, a halmozódó igénybevételből eredő váz-izomrendszeri foglalkozási megbetegedések kockázatainak felmérésére szolgál.

A Munkaköri Terhelési Index (JOB Stress Index) [11] alapadatai:

- Erőkifejtés intenzitása (IE)
- Erőkifejtés időtartama (DE)
- Percenkénti ismétlés (EM)
- Kéz / csukló helyzete (HWP)
- Munka üteme (SW)
- Napi munkaóra (DD)

Az alapadatok meghatározása minden esetben ötfokú skálán történik, majd az indexet az alábbi (1) képlettel számítjuk:

$$JSI = IE * DE * EM * HWP * SW * DD \quad (1)$$

A JSI értelmezése standard alapján történik:

- Ha a számított érték (JSI) kisebb vagy egyenlő 3, akkor a munkavégzés biztonságos
- Ha az JSI érték 4-6 körüli, akkor közepes valószínűséggel fennáll a felső végtagok munkatevékenységből adódó károsodásának (MSD, WMSD, RSI, CTD) esélye
- Ha a JSI érték 7, vagy annál több, akkor nagy valószínűséggel fennáll a felső végtagok munkatevékenységből adódó károsodásának (MSD, WMSD, RSI, CTD) veszélye

A terhelési adatok értékelése alapján igazolódott, hogy a terhelés, illetve a munkahelyek közötti különbség a munkadarab súlyából és a szükséges erőkifejtésből, illetve a rossz kéz / csukló helyzetből adódik. Ennek megfelelően a

kritikus feladat a munkavégzés során a helyes testtartás feltételeinek megteremtése.

A fejlesztési programunkban alkalmazkodnunk kellett a már korábban kialakult telepítési tervhez, ezen belül arra törekedtünk, hogy

- a leszedési és felrakási helyek a gép-kiszolgálási pontokhoz lehető legközelebb legyenek,
- kellő pufferelésre legyen lehetőség,
- elegendő hely maradjon a közlekedésre a szalag mellett,
- a leszedéshez és a gépi adatleolvasáshoz kedvező legyen a munkadarab helyzete a szalagon,
- biztonságos legyen az anyagmozgatás,
- az anyagmozgatás sebessége a termelési ütemet kövesse.

## 5. ANTROPOMETRIAI ELEMZÉS

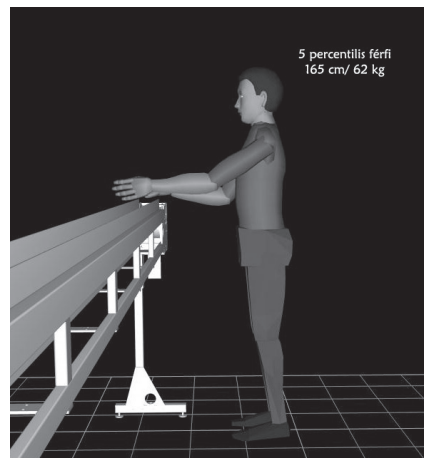
A részlettervezés része volt a munkatevékenység által megkövetelt testhelyzetek, mozdulatok felmérése, kritikus helyzetek modellezése számítógéppel segített antropometriai tervező rendszer (CAAA) alkalmazásával, különös tekintettel az alábbiakra:

- szabad helyszükséglet,
- elérési és látási tartományok,
- kritikus testhelyzetek és mozdulatok,

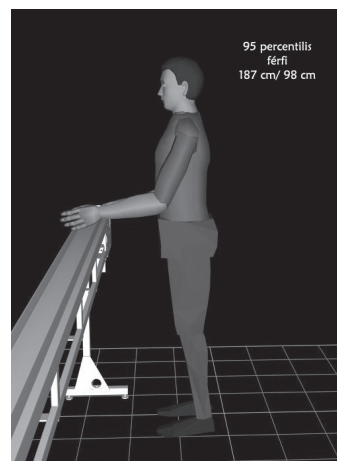
A CAAA programok lehetővé teszik, hogy a szerelősori műveletek kritikus testhelyzeteit, testtartásait és mozdulatait elemezzük. A különböző testmagasságú embermodellek választásával az eltérő antropometriai méretekkel rendelkező dolgozók és a munkahely modelljének illesztési kísérlete elvégezhető és az eredmény értékelhető. Grafikusan ábrázolható a helytelen vagy kényelmetlen testhelyzet, amely hosszabb távon fárasztó, sőt az egészség időleges vagy végleges károsodását okozhatja.

A modell előállításának és alkalmazásának természetesen több feltétele is van. A két legfontosabb érvényességi kritérium az, hogy mennyire reprezentálja az embermodell a szerelősoron dolgozók antropometriai jellemzőit és milyen pontossággal állíthatók be a funkcionális testhelyzetek. A testhelyzetek beállításánál a programok által engedélyezett elmozdulási szögtartományok a mértékadóak, mely az átlagos emberi képességeket szimulálja. A munkahelyi feltételek változása vagy tervezett változtatás esetén ezek a helyzetek reprodukálhatók, a feltételezett vagy tényleges dolgozói modellel megismételhetők.

A szállítószalagok kiszolgálását különböző méretű embermodellekkel ellenőriztük. Az embermodelleket a JACK nevű CAAA programmal állítottuk elő.



2. ábra 5 percentilis férfi modell a HI-1 szalag mellett oldalnézetben



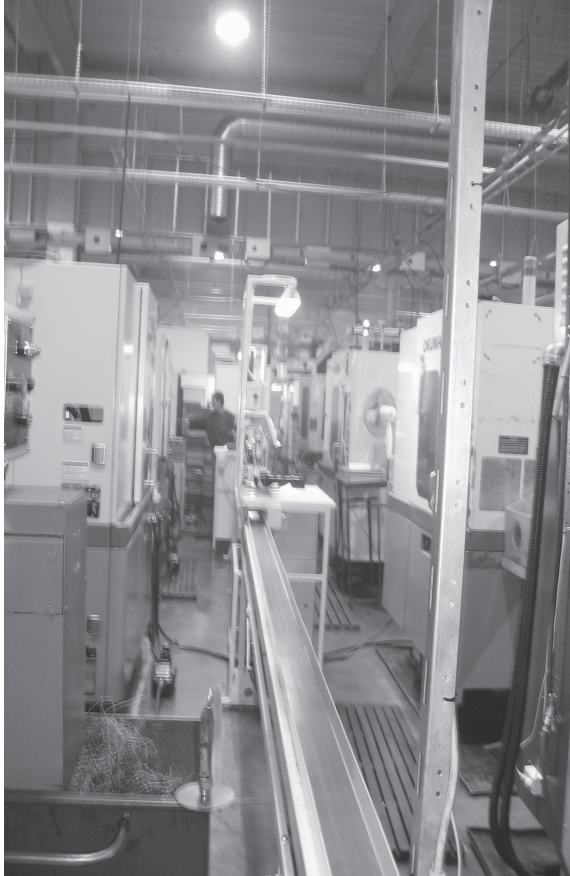
3. ábra 95 percentilis férfi modell a HI-1 szalag mellett oldalnézetben

A példaként bemutatott 2. és 3. ábra szerint a szalag 102 cm-es hevedermagassága és a terelőlemez 107 cm-es magassága nem teszi lehetővé, hogy férfi dolgozók kényelmes testhelyzetben – függőleges felkarral és közel vízszintes alkarral – munkadarabokat a szalagra helyezzenek vagy onnan levegyenek. A felkar helyzete/függőlegessel bezárt szöge a 3. ábra szerint az 5/50/95 percentilis férfi esetén 58-37/40-24/24-0 fok tartományban van. Ez a funkcionális testhelyzet legföljebb a 95 percentilis közeli testmagassággal rendelkező dolgozók esetében mondható elfogadhatónak.

Férfiak esetében legalább 8-10, nők esetén pedig 20-25 cm magas lábrács használata mellett várható a kényelmes kéztartás.

## 6. EREDMÉNYEK

A H1 gyártósor átalakítása két eredményt is hozott. Közvetlen eredmény, hogy az adott területen javult a termelékenység és a biztonság, míg közvetett eredménynek tartjuk, hogy a szervezet egy újfajta, fejlődésre kész tudás birtokába jutott.



4. ábra Anyagtovábbító szalag a H1 soron

Nem érhet azonban itt véget a folyamat. Az itt elért eredményeket más területeken is kamatoztatni kellene, és az adott gyártósoron túlmutató, az egész szervezetre kiterjedő fejlesztéseket is meg kell valósítani.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar és a Linamar Hungary NyRt közös K+F programja keretében egy gyártósor ergonómiai értékelésére és fejlesztésére került sor. Bemutattuk a fejlesztés hátterét, folyamatát, alkalmazott eszközöket és eredményeket.

## 7. IRODALOM

[1] European Agency for Safety and Health at Work, ESENER - European Survey of Enter-

prises on New and Emerging Risks, Luxembourg, 2010

[2] European Agency for Safety and Health at Work: OSH in figures: Work-related musculoskeletal disorders in the EU — Facts and figures, Luxembourg: Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2010

[3] 1993. évi XCIII. Törvény a munkavédelemről

[4] A munkavédelmi felügyelet együttes útmutatása a munkahelyi kockázatértékelés végrehajtásához, Munkaügyi Közlöny 2006/ 4. szám.

[5] 25/1998. (XII. 27.) EüM rendelet az elsősorban hátsérülések kockázatával járó kézi tehermozgatás minimális egészségi és biztonsági követelményeiről

[6] Közlekedés- és Postaügyi Miniszter 2/1972 KPM számú rendelete a Közlekedési Balesetelhárító és Egészségvédő Óvórendszabály IV. Anyagmozgatás, anyag tárolás című fejezetének kiadásáról

[7] Hignett, S. and McAtamney, L. (2000) Rapid Entire Body Assessment: REBA, Applied Ergonomics, 31, 201-5.

[8] McAtamney, L. & Corlett, E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, Applied Ergonomics, 24, 91-99.

[9] Thomas R. Waters, Vern Putz-Anderson, Arun Garg: Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation, NIOSH Publication No. 94-110:

[10] ILO: Jobb munkahely - nagyobb termelékenység, DSGI Ergonómiai Mérnöki Iroda, 2007

[11] Moore, J.S., and Garg, A. (1995) The Strain Index: A Proposed Method to Analyze Jobs For Risk of Distal Upper Extremity Disorders. American Industrial Hygiene Association Journal, 56(5): 443-458, magyarul: Szabó Gy.