

ERGONOMIC ASSESSMENT OF MANUAL BUILDING WORK ASSOCIATED WITH LIFTING TASKS

K. A. Kaminskas PhD

To cite this article: K. A. Kaminskas PhD (2011) ERGONOMIC ASSESSMENT OF MANUAL BUILDING WORK ASSOCIATED WITH LIFTING TASKS, *Statyba*, 7:5, 370-373, DOI: [10.1080/13921525.2011.10531756](https://doi.org/10.1080/13921525.2011.10531756)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.2011.10531756>



Published online: 30 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 117

RANKŲ DARBO STATYBOJE, KELIANT MAŽAGABARIČIUS SUNKIUS ELEMENTUS, ERGONOMINIS VERTINIMAS

K. A. Kaminskas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

1. Įvadas

Nors per praėjusius dešimtmečius vyko spartus pramoninio darbo automatizavimas, tačiau sužalotų darbininkų skaičius atliekant kėlimo ir gabenimo darbus metai iš metų yra didelis.

Troupas ir Edwardsas [1] nurodo, kad 69% nugaros žemutinės dalies sužalojimų priežastis yra pertempimas. Didžioji dalis šių sužalojimų, t. y. 51%, atsiranda atliekant kėlimo, nešimo, laikymo rankose ir metimo darbus.

Tiriant darbininko, rankomis atliekančio kėlimo darbus, pozą, atsižvelgiama į daugelį parametru, tokių kaip elektromiografija (EMG), didžiausias priimtinas krovinio svoris, energijos sąnaudos ir kt. Pagal biomechaninius, fiziologinius ir psichofiziologinius parametrus pirmenybė teikiama darbui, kai keliami pasilenkus, palyginti su kėlimu pritūpus [2].

Direktyvoje 90/269/EEB ir ją atitinkančiame Lietuvos Respublikos teisės akte [3] numatyti tam tikri krovinų kėlimo, laikymo ir nešimo darbų reikalavimai. Kuriant ir tobulinant ergonomines priemones bei metodus svarbu prieš tai atlikti tiriamuosius darbus. Tokio pobūdžio tyrimai statybos industrijoje iki šiol nebuvo atliekami. Ypač svarbu nustatyti, kaip ergonominėmis priemonėmis galima sumažinti darbininkų, rankomis atliekančių kėlimo darbus, nugaros žemutinės dalies apkrovimą.

2. Tyrimo tikslas ir metodai

Pagrindinis tyrimo tikslas yra parodyti, kaip ergonominiai sprendimai ir naudojamos ergonominės priemonės mažina riziką susižaloti nugarą, kai rankomis keliami mažagabaričiai sunkūs elementai.

Tyrimui buvo pasirinkti granito plokščių klojėjai, dirbantys Vilniaus Katedros aikštėje (1 ir 2 pav.), po-

rėtojo silikato blokelių mūrininkai, statantys Biznio centrą Vilniaus gatvėje (3 pav.) ir UAB „Silikatas“ plytų krovėjai, dirbantys su plytų krašto nuskėlimo įrenginiu (4 pav.).



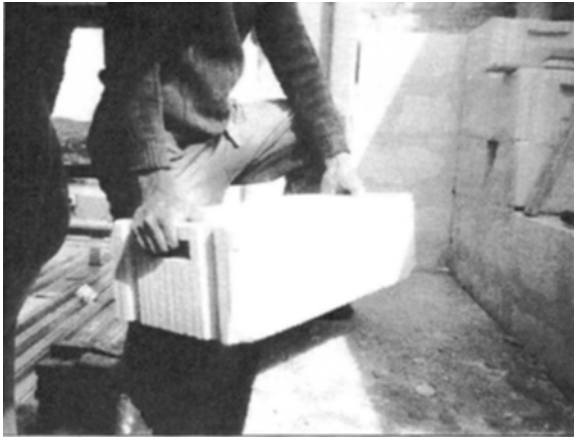
1 pav. Granito plokštės kėlimas mechaniniu kėlikiu

Fig 1. Lifting granite plate by a mechanical device



2 pav. Granito plokštės kėlimas pneumatiniu kėlikiu

Fig 2. Lifting granite plate by a pneumatic device



3 pav. Porėtojo silikato blokelių kėlimas rankomis
Fig 3. Manual lift method for porous silicate blocks



4 pav. Plytų perkrovėjo poza
Fig 4. Working posture of a brick reloader

Tyrimui naudota vaizdo kamera SONY CCD-TR 411E ir atlikti fiziniai matavimai. Teoriniams skaičiavimams pritaikytas mechaninio-matematinio modelio kvazistatinis variantas [4] ir sudaryta skaičiuojamoji schema.

3. Tiriamųjų darbininkų veiklos aprašymas

Tiriant granito plokščių klojėjų fizinių krūvi buvo vertinami plokščių paėmimo rankomis ir ergonomiškoms priemonėms būdai. Visą darbą, susijusį su granito plokščių gabenimu, sudarė tokios operacijos:

- pirmiausia nuo viršutinių keturių paketo eilių (iš viso 16 plokščių) du darbininkai ima plokštes ir deda jas ant grindinio šalia paketo;
- mechaniniu kėlikliu (1 pav.) plokštę pakelia, nuneša ir padeda tiksliai į jai skirtą vietą ant jau įreng-

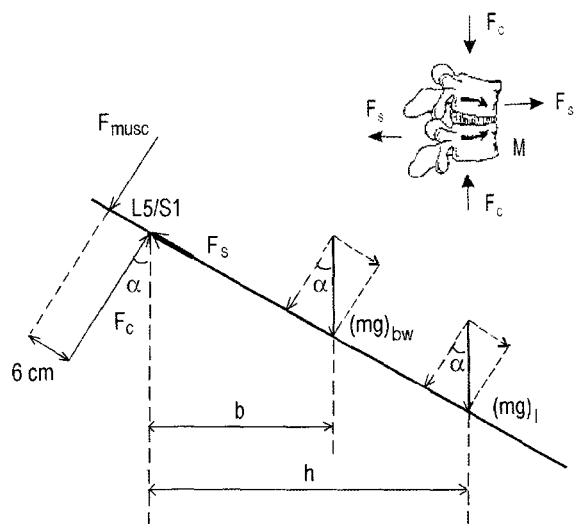
to pagrindo. Plokštėms pakelti nuo pagrindo, kai reikia koreguoti pagrindo aukštį, buvo naudojamas pneumatinis kėliklis (2 pav.).

Kad lengviau būtų pakelti porėtąjį silikato blokelių, juose buvo išfrezuotos įdubos (3 pav.), o silikatinės plytos buvo keliamos įprastiniu būdu – krovėjas pasilenkė ir imdavo plytas abiem rankomis (4 pav.). Per pamainą silikatinėms plytoms krovėjas atlieka vidutiniškai iki 4000 tokių pasilenkimų.

4. Spaudimo jėgos L5/S1 diske apskaičiavimas

Daugelio šalių praktika rodo, kad krovinius keliant rankomis didžiausia tikimybė yra susižaloti diskus, esančius tarp L4/L5 arba L5/S1 stuburo slankstelių. Spaudimo jėgai L5/S1 diske apskaičiuoti šiame darbe pritaikytas krovinio kėlimo rankomis biomechaninio modelio plokščiasis kvazistatinis variantas [4]. Juo remiantis buvo sudaryta skaičiuojamoji schema (5 pav.):

- F_{musc} – nugaros raumenų jėga, N;
- F_c – disko spaudimo jėga, N;
- $(mg)_{bw}$ – viršutinės kūno dalies sunkio jėga, turinti įtakos disko spaudimui, N;
- $(mg)_1$ – keliamo krovinio sunkio jėga, N;
- α – kampas tarp stuburo ir vertikalės, žmogui pasilenkus, laipsniais;
- b ir h – atitinkami pečiai, m.



5 pav. Spaudimo jėgos L5/S1 diske skaičiuojamoji schema

Fig 5. Scheme for calculating the L5/S1 disc compressive force

Apie nugaros raumenų atstojamosios jėgos petį literatūroje samprotaujama skirtingai, nurodoma, kad jo dydis galėtų būti nuo 50 mm iki 75 mm. Šiame darbe peties vertė imta 60 mm, nes skaičiavimai yra tik palyginamieji. Remiantis 5 pav. schema, sudarytos lygtys stuburo L5/S1 disko spaudimo jėgai apskaičiuoti:

$$F_c = F_{musc} + (mg)_{bw} \cos \alpha + (mg)_l \cos \alpha, \quad (1)$$

čia
$$F_{musc} = \frac{(mg)_{bw} b + (mg)_l h}{0,06}. \quad (2)$$

Nagrinėjamu atveju kirpimo jėga F_s L5/S1 diske nereikšminga, palyginti su disko spaudimo jėga, todėl jos apskaičiavimas nepateikiamas.

L5/S1 disko spaudimo jėga apskaičiuojama taip. Granito plokščių klotėjų kūno masė buvo apie 85 kg. Viršutinės kūno dalies masė sudaro 65% viso kūno masės. Tuomet $(mg)_{bw} = 85 \times 0,65 \times 9,81 = 542,0$ N. Kai nugara keliant yra tiesi, $b = 18$ cm. Granito plokštės projektiniai matmenys yra $(500 \times 500 \times 100)$ mm, faktiškoji masė – 78 kg, ją kelia du klotėjai. Tuomet $(mg)_l = (78 \times 9,81) / 2 = 382,6$ N, o petys $h = 35$ cm.

Kai klotėjas nuo paketo viršaus plokštės ima rankomis, jo kūnas palinksta 30° kampū. Šiuo atveju L5/S1 disko spaudimo jėga apskaičiuojama taip:

- nugaros raumenų atstojamoji jėga apskaičiuojama taikant (2) lygtį:

$$F_{musc} = (542 \times 0,18 + 382,6 \times 0,35) / 0,06 = 3857,8 \text{ N},$$

- disko spaudimo jėga taikant lygtį (1):

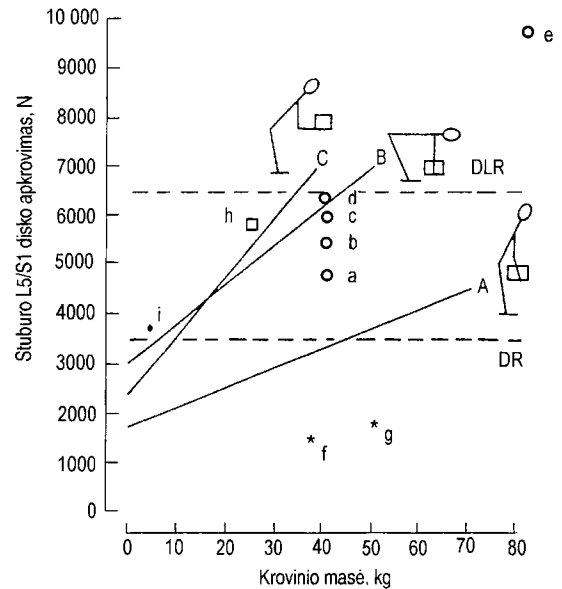
$$F_c = 3857,8 + 542 \times 0,866 + 382,6 \times 0,866 = 4658,5 \text{ N}.$$

Šios jėgos vertė 6 pav. pažymėta tašku *a*. Taikant šią metodiką apskaičiuotos L5/S1 disko spaudimo jėgos, kai granito plokštės rankomis kelia vienas ar du klotėjai ir kai jas kėlikliais kelia du klotėjai (1 ir 2 pav.). Taip pat L5/S1 disko spaudimo jėgos apskaičiuotos porėtojo silikato blokelių $(300 \times 600 \times 200)$ mm mūriniams (3 pav.) ir silikatinių plytų krovėjams (4 pav.), o jų vertės 6 pav. pažymėtos raidėmis nuo *a* iki *i*.

Tyrimai parodė, kad plytų krovėjų nugaros sužalojimo rizika labiausiai priklauso nuo pasilenkimų kampo ir dažnio. Be to, didelį fizinį diskomfortą krovėjas jaučia ne tik nugaros srityje, bet ir kojose.

Sugretinus 6 pav. pateiktus tyrimų rezultatus (taškai nuo *a* iki *i*) ir NIOSH rekomendacijas (tiesės A, B ir C), tenka konstatuoti, kad, atliekant visus aprašytus

darbus rankomis, nenaudojant pagalbinių priemonių, stuburo L5/S1 disko apkrovimas viršija rekomenduojamą darbinę ribą (DR). Keliant granito plokštę (jos masė 78 kg) vienam klotėjui, nors ir nelabai pasilenkus, disko apkrovimas ($F_c = 9915$ N) priartėja prie disko stiprumo ribos (jaunam vyrui $F_c = 12\,980$ N). Todėl neleistina vienam klotėjui kilnoti tokias plokštes.



6 pav. Tyrimo rezultatų sugretinimas su JAV Nacionalinio profesinės saugos ir sveikatos instituto (NIOSH) [5] rekomendacijomis: DLR – didžiausia leidžiama riba; DR – darbo riba; taškai a, b, c, d – granitines plokštes du klotėjai kelia rankomis taip, kad jų kūnas palinksta atitinkamai 30° , 45° , 60° ir 90° kampū; e – tą patį krūvį kelia vienas klotėjas; f – plokštė kelijama mechaniniu kėlikliu; g – plokštė kelijama pneumatiniu kėlikliu; h – porėtojo silikato blokų kėlimas nepalankiomis sąlygomis; i – silikatinės plytos perkraunamos esant nepalankiausiai kūno padėčiai

Fig 6. Investigation results comparison with NIOSH recommendations [5]. DLR – maximum permissible limit; DR – working limit; a, b, c, d points – manual lifting granite plates by 2 workers with body inclination angle of 30° , 45° , 60° and 90° respectively; e – the same load lifted by a single worker; f – lifting granite plate by a mechanical device; g – lifting granite plate by a pneumatic device; h – manual lifting porous silicate blocks; i – reloading silicate bricks in a stooped posture

5. Išvados

1. Tyrimai ir skaičiavimai parodė, kad vienam klotėjui keliant vienetinius sunkius elementus, tokius kaip šaligatvio plytelės ir natūralaus akmens plokštės,

yra labai didelė rizika susižaloti stuburo L5/S1 diską (žr. 6 pav. e taškas), nes jį spaudžianti jėga ($F_c = 9935 \text{ N}$) visai priartėja prie disko ribinio stiprumo ($F_c = 12\,980 \text{ N}$ jaunam vyrui). Rizika susižaloti labai sumažėja, kai sunkius elementus kelia du darbininkai ir ši operacija atliekama laikant kuo tiesesnę nugarą.

2. Rizika susižaloti nugaros apatinę dalį yra visai nedidelė, kai naudojamos papildomos ergonomiškos techninės priemonės (5 pav. f ir g taškai), kurios nesumažina keliamo elemento svorio, o naudojant pneumatinių kėliklių jį dar ir padidina, tačiau klojėjas gali dirbti laikydamas nugarą tiesią, nepasilenkęs, taigi iki nulio sumažinami momentai, veikiantys labiausiai apkrautą L5/S1 diską.

3. Statybos industrijoje reikia plačiau diegti technologijas, leidžiančias porėtojo silikato blokelių patogiai paimti (3 pav.). Jeigu blokeliuose nėra specialių išėmų, mūrininkas turi žemiau pasilenkti. Taigi padidėja momentai, didinantys L5/S1 disko spaudimą, ir padidėja rizika susižaloti (6 pav. h taškas).

4. Rizika silikatinių plytų krovėjams susižaloti nugaros apatinę dalį padidėja dėl dažnų žemų pasilenkimų. Todėl būtina įdiegti tokias ergonomiškas technines priemones, kad darbininkui, kraunančiam plytas, reikėtų tik šiek tiek pasilenkti, pavyzdžiui, naudoti darbo plokštumos pastovaus aukščio laikiklius.

Literatūra

1. J. D. G. Troup and F. C. Edwards. Manual Handling and lifting. An Information and Literature Review with Special Reference to the Back. The Health and Safety Executive (London: HMSO), 1985. 153 p.
2. H. Janik, Antje Kankel, E. Münzberger and Schultz. Changes of body height in stooped lifting // Proceedings of the 13th Triennial congress of the International Ergonomics Association, Vol 3, Tampere, Finland, 1997, p. 534–536.
3. Krovinių kėlimo rankomis bendrieji nuostatai // Valstybės žinios, 1998, Nr. 79-2242, p. 52–56.
4. D. B. Chaffin and G. B. J. Andersson. Occupational Biomechanics (2 nd. ed.). New York: Wiley, 1991. 454 p.

5. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Work Practices Guide for Manual lifting. Cincinnati, 1981. 183 p.

Įteikta 2001 02 21

ERGONOMIC ASSESSMENT OF MANUAL BUILDING WORK ASSOCIATED WITH LIFTING TASKS

K. A. Kaminskas

Summary

The purpose of these studies is to reduce the amount of low back pain as well as work injuries. Low back pain is more likely to occur if the load exceeds the worker's physical capabilities. In this paper, biomechanical criterion was based on calculating the compressive forces in the L5/S1 disc (Eqs (1), (2)).

Three types of activity were taken into consideration. First, manual lifting granite plates ($500 \times 500 \times 100 \text{ mm}$) with and without special devices (Figs 1, 2). Second manual lifting porous silicate blocks ($300 \times 600 \times 200 \text{ mm}$). Third, manual lifting silicate brick in stooped postures.

The investigation results presented in Fig 6 show clear benefits of ergonomic solutions for manual lifting heavy construction elements.

The risk for back injuries becomes quite insignificant when ergonomic lifting devices are used (Fig 6 point f and g). These devices do not reduce the weight of lifted elements, but in case of a pneumatic device the total lifting weight is considerably increased, but the positive effect is achieved due to reducing moments because workers perform the task with a straight back.

The reloaders of bricks usually feel back pain due to extreme repetitive bending of the back.

.....
Kazys Algirdas KAMINSKAS, PhD, Assoc Professor. Dept of Labour Safety and Fire Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: algirdas.kaminskas@st.vtu.lt

Graduate of Kaunas Polytechnical Institute (presently KTU) (1966, civil engineer). PhD (1975). Research visits: Moscow Civil Engineering Institute (Russia, 1976), King's College University of London (UK, 1979–1980), National Institute for Working Life (Sweden, 1995), Central Institute for Labor Protection (Poland, 1996). Author and co-author of a number of papers. Research interests: ergonomics in construction and occupational safety.