

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Roko Čerjan

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Student:

Roko Čerjan

Zagreb, 2024.

ZADATAK

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
 proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
 materijala i mehatronika i robotika



Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 24 – 06 / 01	
Ur.broj: 15 – 24 –	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Roko Čerjan**

JMBAG: 0035224726

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza procesa ugradnje podnih laminata**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of the laminate flooring installation process**

Opis zadatka:

Podni laminati proizvod su koji se često ugrađuje u zatvorene prostore u kojima ljudi borave. Proces ugradnje u velikoj se mjeri odvija na tradicionalan način.

U radu je potrebno:

1. opisati značaj ugradnje laminata kao podnih materijala
2. opisati svojstva i primjene podnih laminata u oblikovanju enterijera
3. opisati djelatnost i analizirati proces ručne ugradnje podnih laminata
4. predložiti načine unapređenja djelatnosti i procesa ugradnje podnih laminata.

Zadatak zadan:

30. 11. 2023.

Datum predaje rada:

1. rok: 22. i 23. 2. 2024.
2. rok (izvanredni): 11. 7. 2024.
3. rok: 19. i 20. 9. 2024.

Predvideni datumi obrane:

1. rok: 26. 2. – 1. 3. 2024.
2. rok (izvanredni): 15. 7. 2024.
3. rok: 23. 9. – 27. 9. 2024.

Zadatak zadao:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Damir Godec

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru, prof. dr.sc. Zoranu Kunici na pomoći, strpljenju i korisnim savjetima prilikom pisanja ovog završnog rada.

Također, zahvaljujem svim kolegama, prijateljima i obitelji koji su me podržavali tijekom studija.

U Zagrebu, 22. veljače 2024.

Roko Čerjan

SAŽETAK

Podni laminati su višeslojni materijali koji su napravljeni većinom od drva te se koriste kao podna obloga. U ovom radu detaljno je opisan sastav laminata, postupci proizvodnje, nabrojene su i objašnjene glavne prednosti i nedostaci laminata kao podne obloge te je prikazana podjela laminata na klase. Opisan je proces ručne ugradnje podnih laminata. Proces ugradnje je raščlanjen na devet osnovnih elemenata rada te je analiziran pomoću sustava unaprijed određenih vremena MTM-2. Pomoću softvera CATIA simulirani su pokreti pri ugradnji podnih laminata a metodom RULA procjena ergonomskih rizika. Predloženi su načini unapređenja ugradnje podnih laminata pomoću primjene modernih tehnologija.

Ključne riječi: podni laminat, ugradnja, MTM-2

SUMMARY

Laminate floorings are multilayered materials that are made mostly of wood and are used as floor coverings. In this paper, the composition of laminates and production procedures are described in detail, the main advantages and disadvantages of laminates as floor coverings are enumerated and explained, and the division of laminates into classes is presented. The process of manual laminate flooring installation process is described. The installation process is divided into nine basic work elements and analyzed using the MTM-2 system of predetermined times. Movements during the laminate flooring installation were simulated using the CATIA software, and the RULA method was applied for the ergonomic risk assessment. Suggested ways to improve the laminate flooring installation process through the application of modern technologies.

Key words: laminate flooring, installation, MTM-2

S A D R Ź A J

ZADATAK	I
IZJAVA	II
SAŽETAK	III
SUMMARY	IV
POPIS KRATICA, OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA	VII
POPIS SLIKA	VIII
POPIS TABLICA	X
1. UVOD	12
2. POVIJESNI RAZVOJ PODNIH LAMINATA.....	13
3. PODNI LAMINATI.....	14
3.1. Sastav laminata	15
3.2. Proizvodnja podnih laminata	17
3.3. Svojstva podnih laminata	18
3.4. Klase laminata.....	21
4. UGRADNJA PODNIH LAMINATA	23
4.1. Alati za postavljanje laminata	24
4.2. Priprema poda	24
4.3. Uzimanje mjera laminata i planiranje postavljanja.....	24
4.4. Postavljanje zaštitnih podloga i njihova podjela	25
4.5. Postavljanje laminata	27
4.6. Završni radovi.....	27
5. ODREĐIVANJE VREMENA UGRADNJE PODNIH LAMINATA	29
5.1. Sustav unaprijed određenih vremena MTM-2	29

5.2. Primjena sustava MTM-2.....	37
5.3. Graf prethodnosti	58
5.4. Ukupno vrijeme ugradnje laminata	59
6. PROCJENA RIZIKA OD OZLJEDA TIJEKOM POSTUPKA UGRADNJE LAMINATA	60
6.1. Metoda RULA.....	60
6.2. Primjena metode RULA	61
7. MOGUĆNOSTI UNAPREĐENJA PROCESA UGRADNJE PODNIH LAMINATA	64
7.1. Uzimanje mjera laminata	64
7.2. Automatizacija postavljanja laminata	66
8. ZAKLJUČAK	68
9. LITERATURA	70

**POPIS KRATICA, OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH
VELIČINA**

Oznaka	Mjerna jedinica	Značenje/Opis
CAD		eng. <i>Computer Aided Design</i> – računalom potpomognuto oblikovanje
DR		desna ruka, u obrascu analize sustavom MTM-2
eng.		engleski

POPIS SLIKA

Slika 1. Dekorativni laminati [3].....	14
Slika 2. Podni laminati[4]	15
Slika 3. Slojevi laminata	16
Slika 4. Proizvodni procesi DPR i DPL [6]	18
Slika 5. Imitacija kamena laminatom	20
Slika 6. Klik sistem spajanja [10].....	23
Slika 7. Pokret uzimanja [13].....	30
Slika 8. Slučaj uzimanja GA [13].....	31
Slika 9. Slučaj uzimanja GB [13].....	31
Slika 10. Slučaj uzimanja GC [13].....	31
Slika 11. Postavljanje [13]	32
Slika 12. Slučaj postavljanja PA [13].....	32
Slika 13. Slučaj postavljanja PB [13]	33
Slika 14. Slučaj postavljanja PC [13]	33
Slika 15. Pokret ponovnog hvatanja [13]	34
Slika 16. Pokret pritiskivanja [13].....	34
Slika 17. Okretanje ručice [13]	35
Slika 18. Pokret stopala [13].....	35
Slika 19. Korak [13]	36
Slika 20. Pokreti saginjanja i uspravljanja[13]	36
Slika 21. Graf prethodnosti.....	58

Slika 22. Najnepovoljniji položaj pri postavljanju panela	62
Slika 23. Rezultati analize ugradnje laminata	62
Slika 24. Rezultati analize ugradnje laminata – statično opterećenje	63
Slika 25. Laserski daljinometar [18]	65
Slika 26. Mobilni robot [19]	66
Slika 27. Primjer montažnog robota [20]	67

POPIS TABLICA

Tablica 1. Normativni zahtjevi za podjelu na klase oštećenja [6].....	22
Tablica 2. Odnos TMU-a i drugih mjernih jedinica.....	30
Tablica 3. List za analizu rada sustavom MTM-2 za element rada ER 1.....	38
Tablica 4. Analiza za ER 2, list 1.....	39
Tablica 5. Analiza za ER 2, list 2.....	40
Tablica 6. Analiza za ER 3.....	41
Tablica 7. Skica radnog mjesta za ER1, ER2 i ER 3.....	42
Tablica 8. Analiza za ER 4, list 1.....	43
Tablica 9. Analiza za ER 4, list 2.....	44
Tablica 10. Analiza za ER 5, list 1.....	45
Tablica 11. Analiza za ER 5, list 2.....	46
Tablica 12. Skica radnog mjesta za ER 4, ER 5 i ER 7.....	47
Tablica 13. Analiza za ER 6, list 1.....	48
Tablica 14. Analiza za ER 6, list 2.....	49
Tablica 15. Skica radnog mjesta za ER 6.....	50
Tablica 16. Analiza za ER 7, list 1.....	51
Tablica 17. Analiza za ER 7, list 2.....	52
Tablica 18. Analiza za ER 8, list 1.....	53
Tablica 19. Analiza za ER 8, list 2.....	54
Tablica 20. Analiza za ER 9, list 1.....	55
Tablica 21. Analiza za ER 9, list 2.....	56

Tablica 22. Skica radnog mjesta za ER8 i ER9	57
Tablica 23. Ukupno vrijeme za ugradnju laminata	59
Tablica 24. Prikaz ukupne ocjene metodom RULA [15]	61

1. UVOD

U posljednje vrijeme, kada se govori o uređenju unutarnjih interijera, laminati su postali nezaobilazna tema. Bilo da se radi o uređenju kuće, stana ili poslovnog prostora, laminati se nameću kao jedan od prvih izbora za podnu oblogu. Naime, ljudi u svom domu najviše žele postići osjećaj prirodnosti i topline, pa je i dan-danas, uz razne materijale, drvo najpoželjnije. Međutim, laminati su najzastupljenija podna obloga jer se ističu svojom nižom cijenom i vjernoj imitaciji drva, a u usporedbi s parketom, imaju bolju otpornost i izdržljivost. Laminati daju moderan i elegantan izgled prostorijama, a budući da se kao tehnologija stalno razvijaju, u budućnosti se može očekivati njihova još veća zastupljenost na tržištu.

Svojstva po kojima su podni laminati prepoznatljivi jesu: jednostavno postavljanje, cjenovna pristupačnost, jednostavno održavanje i velika izdržljivost. Postavljanje se obavlja pomoću tzv. *klik sistema* spajanja što omogućuju brzu i jednostavnu ugradnju. U ovom radu će se analizirati upravo postupak postavljanja podnih laminata te će se predložiti načini njegovog unapređenja.

2. POVIJESNI RAZVOJ PODNIH LAMINATA

Drvo se kao podna obloga koristi već stoljećima, a laminat se za ovu svrhu počeo koristiti znatno kasnije. Početkom 20. stoljeća dolazi do prve pojave laminata u Švedskoj [1]. Primarni cilj razvoja laminata je bilo iskorištenje viška materijala, proisteklog iz proizvodnje drugih proizvoda kao što parket i potporne grede. Glavna prednost laminata je bila ta što je izgledao kao drvo, a troškovi izrade proizvoda od laminata su bili manji nego da se koristili puno drvo. Međutim, laminati tada nisu bili dovoljno razvijeni da bi se koristili kao podna obloga, pa su se tada većinom koristili za izradu namještaja.

Početkom 70-ih godina prošlog stoljeća dolazi do izuma papira impregniranog sa smolom, čime se znatno povećala njegova otpornost na trošenje. Takav papir se spajao s pločom kompozitnih materijala otpornih na trošenje i rezultat tog spoja je bila površina koja je imala značajno veću otpornost od tadašnjih laminatnih površina. Prvi podni laminat proizvela je švedska tvrtka Perstotp 1977. godine[1]. Na čelu stručnjaka koji su predložili korištenje laminata kao podne obloge nalazio se Hrvat Darko Pervan[2].

Laminat je prvi put plasiran na europsko tržište 1984. godine, a prvi put se pojavljuje na sjevernoameričkom tržištu 1994. godine[1].

Upravo će Darko Pervan 1994. godine u svojoj tvrtki Valinge Innovation izumiti *klik sistem* spajanja koji omogućava spajanje podnih obloga od drva, laminata ili plastike bez korištenja ljepila[2]. Taj izum je omogućio brzu i jednostavnu ugradnju laminata te je omogućio strelovit uspon laminata na tržištu.

3. PODNI LAMINATI

U općem smislu, u laminata spadaju svi materijali koji su dobiveni spajanjem dva ili više različitih materijala (Slika 1.). Laminati se proizvode procesom koji se naziva laminiranje. To je proces u kojem se pod utjecajem visoke temperature i tlaka spajaju dva materijala, najčešće uz pomoć ljepila.



Slika 1. Dekorativni laminati [3]

Podni laminati (Slika 2.) su višeslojni materijali koji su većinski sastoje od drva: od 80 do 90 % sastava laminata čini drvo. Proizvode se prešanjem drvene prerađevine na visokim temperaturama uz dodavanje sintetičkih smola.

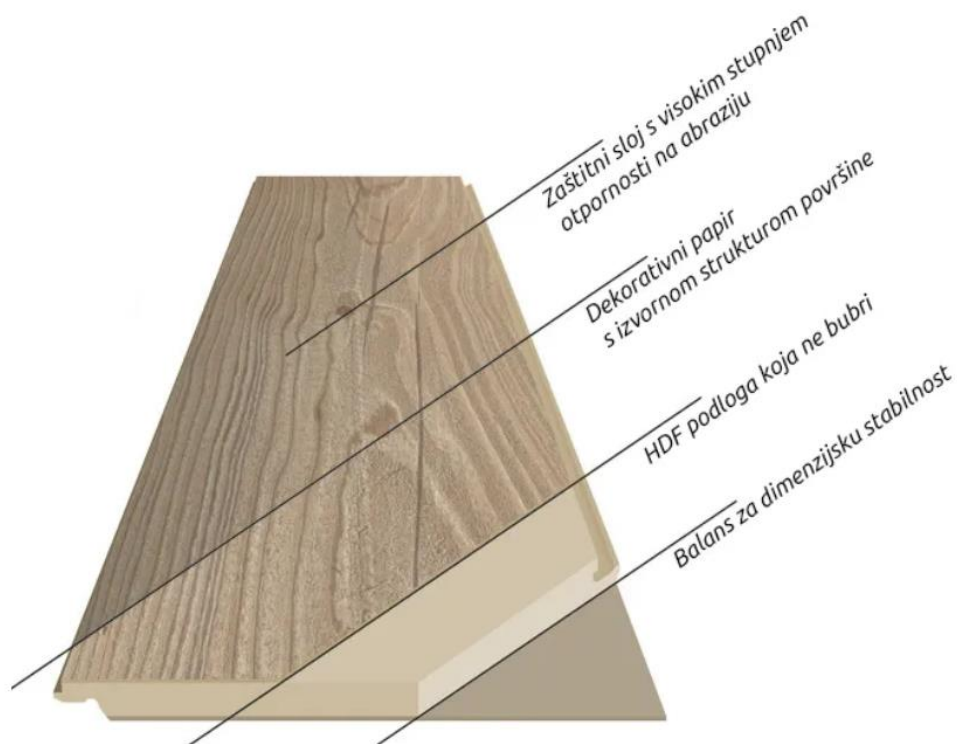


Slika 2. Podni laminati[4]

3.1. Sastav laminata

Kao što je već navedeno u tekstu, laminati se proizvode spajanjem više slojeva. Laminati se sastoje od četiri, odnosno pet slojeva (Slika 3.):

- zaštitni sloj
- dekorativni sloj
- vezivni sloj (često se i ne računa kao zasebni sloj)
- nosivi sloj
- balansni sloj.



Slika 3. Slojevi laminata

Zaštitni sloj je sloj po kojem se hoda i koji se nanosi na dekorativni sloj. Sličan je plastici. Neophodan je da bih se osigurale potrebna svojstva laminata kao što su čvrstoća, otpornost na trošenje, svjetlost i slično. Obično se sastoji od lake prozirne papirne folije koja je natopljena umjetnom smolom. U slučaju dodavanja određenih primjesa, poput korunda ili melaninske smole, moguće je povećati otpornost na grebanje[5]. Da bi se dobila potpuna imitacija drveta, postoji mogućnost utiskivanja sitnih i finih nabora i kanala pomoću čeličnog valjka, sličnih onima kakvi se mogu osjetiti pod prstima pri dodirivanju prirodnog drva[5]. Uklapanjem navedenih sitnih udubljenja na foliji s borama i šarama na drugom, dekorativnom sloju laminata dobija se savršena imitacija drva.

Dekorativni sloj je ustvari papir na kojem je otisnut odgovarajući dekor i laminatu daju izgled. Postavlja se sa gornje strane nosivog sloja. Na njemu mogu biti otisnute slike različitih vrsta drva, slike različitih vrsta ukrasnog kamena (poput mramora ili granita), imitacije keramike te razne druge slike.

Nosivi sloj je ploča koja je napravljena od drvnih prerađevina. Ona nosi sve ostale slojeve, zauzima najveći dio od ukupne debljine laminata te je zadužena za čvrstoću laminata. Također osiguravaju dobar prihvat na podlogu, otpornost na vlagu i stabilnost. Danas se najčešće kao nosivi sloj koriste HDF ploče (eng. *High Density Fibreboard* – vlaknaste ploče

velike gustoće) [5]. Njihove glavne osobine su homogena struktura, velika čvrstoća na savijanje i vrlo dobro podnošenje pritiska i udaraca. Prije su se znatno više koristile MDF ploče (eng. *Medium Density Fibreboard* – ploče srednje gustoće), kao što je šperploča [5]. One pokazuju znatno lošije tehničke i dinamičke osobine od HDF ploča pa postoji tendencija njihovog dugoročnog povlačenja s tržišta.

Balansirajući sloj je sloj koji se nalazi sa donje strane laminatne ploče i sastoji se od papira koji je impregniran sa smolom [5]. Njegova zadaća je postizanje ravnoteže napetosti u odnosu na slojeve sa gornje strane nosivog sloja. Uz to ima ulogu i da spriječi prodiranje vlage iz podloge jer u slučaju prodiranja vlage postoji opasnost od savijanja i bubrenja.

Između dekorativnog i nosivog sloja, a za osiguravanje dobre povezanosti, postoji još i vezivni sloj. Sastoji se od ljepila na bazi melanina i poliuretana [5].

Debljina podnog laminata najviše ovisi o debljini nosivog sloja. Danas se na tržištu mogu naći laminati u rasponu od 6 do 12 mm [4]. U pravilu, što je veća debljina laminata, bolja su i svojstva laminata.

3.2. Proizvodnja podnih laminata

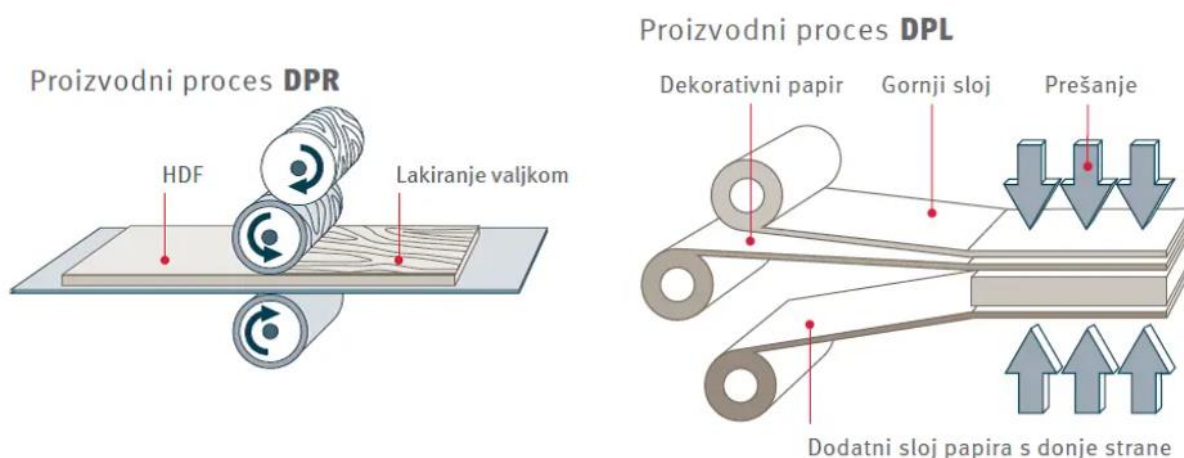
Podni laminati se proizvode procesom koji se naziva laminiranje. Podni laminati se prema načinu proizvodnje dijele u dvije skupine [6]:

- direktno prešani laminat (DPL)
- direktno printani laminat (DPR).

Direktno prešani laminat se proizvodi na tradicionalni način (Slika 4. desno). Na nosivu ploču se s gornje strane nanosi dekorativni i zaštitni sloj, dok se s donje strane nanosi balansirajući sloj. Prešanje s gornje i donje strane se vrši istodobno, to jest u jednom koraku se obavi cijeli postupak prešanja [6]. Najveća prednost tako proizvedenih laminata je niska razina naprezanja za proizvod. Zbog toga je kod gotovog proizvoda, pri klimatskim promjenama, smanjeno nastajanje izbočina i nabora.

Kod direktno printanih laminata gornji se sloj direktno preša na nosivu ploču (Slika 4. lijevo). U usporedbi s prvim tradicionalnim postupkom, ovdje nema potrebe za korištenjem dekoracijskog papira i melaninske smole [6]. Ekološka boja se izravnom nanosi na ploču,

lakiranje se vrši pomoću materijala koji je topiv u vodi i očvršćuje pomoću UV zraka[6]. Zbog svega toga, ovaj postupak je ekološki prihvatljiv.



Slika 4. Proizvodni procesi DPR i DPL [6]

3.3. Svojstva podnih laminata

Laminatni podovi su postali vrlo popularni među kupcima upravo zbog svojih svojstva. U usporedbi sa drugim podni oblogama, poput parketa ili keramičkih pločica, pokazuje brojne prednosti.

Prednosti laminata jesu:

- Otpornost na trošenje – laminati su poznati po dobroj izdržljivosti. Ispravnim odabirom klase laminata, dobiva se podna obloga koja će trajati dugi niz godina. U usporedbi sa standardnim parketima, ova karakteristika im je mnogo bolja. Zbog dobre otpornosti ih je moguće koristiti i u komercijalne svrhe.
- Održavanje i čišćenje – laminati se vrlo jednostavno čiste. Dovoljno je samo pokupiti prašinu usisavačem i prebrisati ih navlaženom krpom. Može se koristiti i obično sredstvo za pranje posuđa, a postoji i specijalno sredstvo za brisanje laminata. Površina je otporna na neke uobičajene kućanske mrlje, poput vina, hrane ili nekih kemikalija za čišćenje. Ipak, treba napomenuti da su laminati osjetljivi: mehanička oštećenja površina ne mogu se sanirati.

- Jednostavno postavljanje – kao što je već navedeno, laminati se postavljaju pomoću klik sistema spajanja. Taj sistema sistem omogućava da ih svaka osoba, uz određeni alat i malo strpljenja, može sama postaviti. Ovo im je jedna od najvećih prednosti u odnosu na ostale podne obloge. Također, budući da se ne koristi ljepilo, mogući ih je i lako ukloniti. U slučaju preuređenja prostorije, laminate je moguće postaviti i preko već postojeće podne obloge.
- Cijena – laminati se ističu po svojoj pristupačnoj cijeni, što je još jedna velika prednost u odnosu na ostale podne obloge. Može se nabaviti visokokvalitetan pod za prihvatljivu cijenu. Laminat je najpovoljnija obloga i kad se uzme u obzir cijenu potrebnog materijala za postavljanje te samu cijenu postavljanja. Zbog svega navedenoga, laminati imaju najbolji omjer cijene i kvalitete od svih podnih obloga.
- Velik izbor boja i uzoraka – zbog strukture laminata, moguće je laminate napraviti u bilo kojoj boji ili s bilo kojim uzorkom. Laminati su svoju popularnost stekli po svojoj vjernoj imitaciji drva (hrast je najpopularniji dekor od svih), ali se mogu pronaći i imitacije porculana, keramike ili kamena (Slika 5.). U današnje vrijeme sve se više koriste takve nestandardne imitacije. Upravo zbog mogućnosti imitiranja raznih površina, laminati su važni kod oblikovanja enterijera.
- Stabilnost – pod ovim pojmom se misli na stabilnost uslijed temperaturnih promjena. Iako se laminat većinom sastoji od drvene prerađevine, a poznato je da temperatura znatno utječe na drvo, laminat dosta manje „radi“ od drva. Uz pravilno postavljanje, opasnost od izvijanja ili promjene oblika je zanemariva.
- Tehnologija u razvoju – laminati još uvijek spadaju u relativno nove materijale kada govorimo o podnim oblogama. Svojstva laminata se konstantno pokušavaju poboljšati pa se u bliskoj budućnosti može očekivati još veća upotrebu laminata. Trenutno su u razvoju laminati otporni na vlagu i pokušava se napraviti laminate koji bi bili pogodni za primjenu u kuhinji i kupaonici.



Slika 5. Imitacija kamena laminatom

Nedostaci su laminata:

- Postavljanje podnog grijanja – iako je moguće kombinirati laminata s podnim grijanjem, to baš i neće biti najprikladnije rješenje. Problem je u tome što su laminati napravljeni većim dijelom od drva, a drvo ne provodi dobro toplinu, tako da podno grijanje neće biti učinkovito.
- Otpornost na vlagu – jedna od glavnih, ako ne i najveća mana laminata, jest smanjena otpornost na vlagu. Kako strukturu laminata većim dijelom čini drvo, tako laminat posjeduje neka dobra i loša svojstva drva. Kod laminata je ustvari samo gornji sloj otporan na vodu. Problemi nastaju kada dođe do mehaničkog oštećenja gornjeg sloja ili kad dođe do nakupljanja veće količine vode na

laminatu. Tad postoji velika mogućnost od prodiranja vlage u nosivi sloj laminat i dolazi do bubrenja i laminat iskače iz spojeva. U tom slučaju potrebno je zamijeniti cijeli laminat jer se sušenjem neće vratiti u prvotno stanje. Zbog toga laminat nije pogodan za kuhinje i kupaonice.

- Buka prilikom hodanja – ovo je nedostatak koji se najlakše primjećuje. Tijekom hodanja po laminatu nastaje zvuk koji nije ugodan. Ovaj zvuk se može smanjiti odabirom dobre podloge za zvučnu izolaciju.
- Kemikalije u procesu proizvodnje – u postupku proizvodnje laminata koristi se i štetan spoj formaldehid koji isparava na sobnoj temperaturi[7]. S vremenom se udio štetnih tvari smanjivao u skladu s propisima. Laminati koji su proizvedeni u skladu s europskim normama o količini formaldehida imaju oznaku E1[7].
- Ograničene mogućnosti popravka – podne laminate nije moguće popraviti kao prirodno drvo ili kamen. Naime, na vrhu se nalazi vrlo tanak zaštitni sloj, pa zbog toga nije moguće brušenje. Ako nastanu neka veća mehanička oštećenja, potrebno je zamijeniti cijeli pod.

3.4. Klase laminata

Laminati se ovisno o otpornosti na mehanička oštećenja, abraziju, habanje i vlagu dijele na različite klase. Prema tome je svaki laminatni pod predviđen za korištenje u različitim prostorijama ovisno o uvjetima eksploatacije u njima.

Podni laminati se, prema namjenama prostora u koje se ugrađuju, dijele u dvije skupine [8]:

- stambeni
- komercijalni.

Pod stambene spadaju [8]:

- Klasa 21 (AC1) – predviđeno za povremenu upotrebu (spavaće sobe)
- Klasa 22 (AC2) – predviđeno za normalnu upotrebu (dnevni boravak, dječje sobe)
- Klasa 23 (AC3) – predviđeno za intenzivnu upotrebu (kuhinja, hodnik).

Pod komercijalne spadaju [8]:

- Klasa 31 (AC3) – predviđeno za povremenu upotrebu (manji uredi, hotelske sobe, konferencijske prostorije)
- Klasa 32 (AC4) – predviđeno za normalnu upotrebu (uredi, trgovine, restorani, kafíci)
- Klasa 33 (AC5) – predviđeno za intenzivnu upotrebu (javne ustanove, zgrade, poslovni uredi, općenito prostorije visoke prohodnosti)
- Klasa 34 (AC6) – predviđeno za jako intenzivnu upotrebu (trgovački centri, robne kuće, aerodromi, sportski centri).

Što je broj klase veći, to znači da je laminat kvalitetniji.

Danas se sve manje koriste laminatni podovi za stambenu upotrebu. Na tržištu se može pronaći jedino klasa 23, dok se klase 21 i 22 više i ne proizvode.

Klasifikacija laminata se obavlja sukladno Europskoj normi EN 13329[9].

Uza svaku klasu se nalazi i pripadajuća AC oznaka.

„Oznaka AC (eng. *Abrasion Class*) definira njegovu otpornost na habanje tj. klasu abrazije. Nad laminatom se provodi *Taber test* gdje se brušenjem ispituje otpornost na abraziju, udarce, mrlje, žar od cigareta, nožice i kotačiće namještaja, bubrenje njegovih rubova. Što je broj uz oznaku AC veći, to je on otporniji na habanje te samim tim dugotrajniji.“ [9]

Iz tablice kvalifikacijskih zahtjeva (Tablica 1.) vidljivo je da se razlike između klasa od 23 do 33 uglavnom odnose na područja oštećenja.

Tablica 1. Normativni zahtjevi za podjelu na klase oštećenja [6]

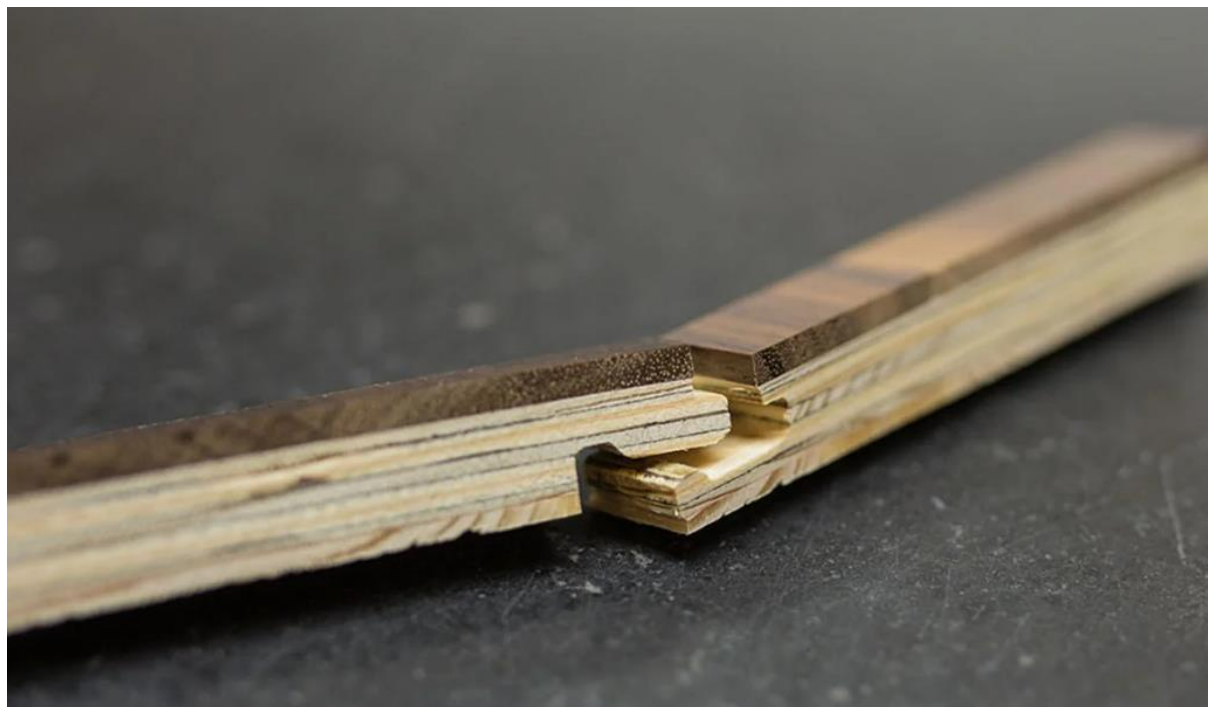
Klase oštećenja	AC3	AC4	AC5	AC6
Normativni zahtjevi	≥ 2000	≥ 4000	≥ 6000	≥ 8500

„Test se provodi na način da se brusnim papirom prelazi po ploči laminata. Vrijednost se računa kao zbroj okretaja prve ogrebotine i okretaja kada HDF ploča postane vidljiva te se dijeli s brojem 2.“ [6]

4. UGRADNJA PODNIH LAMINATA

Jedna od glavnih prednosti podnih laminata je jednostavna i brza ugradnja. Laminati su napravljeni tako da ih skoro svaka osoba može sama postaviti. Jedino što je potrebno jest malo vremena, strpljenja i osnovni alat. Kao što je već rečeno u tekstu, laminati se spajaju pomoću klik sistema koji omogućuje ugradnju laminata bez korištenja ljepila.

Kod klik sistema spajanje se ostvaruje pomoću pera i utora (Slika 6.). Pero i utor se kod montaže utiču jedan u drugoga i tako nastaje čvrsti spoj. Takav način spajanja osigurava čvrstoću i stabilnost cijeloga poda. Također sprečava prodor vode, vlage i prljavštine u samu strukturu i podlogu.



Slika 6. Klik sistem spajanja [10]

4.1. Alati za postavljanje laminata

Za ugradnju laminata potrebno je nekoliko osnovnih alata poput čekića (čekić s gumenim vrhom da bi se spriječio nastanak oštećenja na laminatu), metra, poluge za hvatanje, bloka za kucanje i odstojnika. Za rezanje laminata na željenu veličinu koristi se ubodna pila. Još je potrebna libela koja će se koristiti za provjeru ravnosti postavljenog laminata.

4.2. Priprema poda

Prije samog postavljanja laminata potrebno je provjeriti kakav je pod na koji se postavlja laminat. Pod mora biti:

- ravan – pomoću libele treba provjeriti ravnost poda. Toleriraju se odstupanja u iznosu od par milimetara (maksimalno 2 do 3 milimetra). Sva veća udubljenja ili izbočine potrebno je sanirati prije početka ugradnja laminata jer u protivnom može doći do pucanja spojeva utora i pera.
- suh – kao što je već navedeno, laminat se sastoji većinom od drva, pa ako je pod mokar može doći do savijanja i bubrenja dasaka. Svakako prije ugradnje treba provjeriti vlažnost podloge i u slučaju povišene vlažnosti podloge, treba postaviti hidroizolacijsku zaštitu.
- čist – prije ugradnje treba dobro počistiti pod od prašine.
- stabilan i čvrst.

4.3. Uzimanje mjera laminata i planiranje postavljanja

Prije nego što krene samo postavljanje, potrebno je izmjeriti prostoriju u kojoj se namjeravaju postavljati podni laminati. Mjerenje je važno da bi se utvrdilo koliko je potrebno kupiti laminata i podloge. Kada se mjeri soba u kojoj se postavlja laminat, važno je mjeriti svaki dio poda, a ne samo najduže točke. Preporuka je da se uzme 5 do 10 % više laminata od

izmjerene vrijednosti kako bi bilo sigurno da neće nedostajati materijala za cijelu prostoriju. Također je važno obratiti pažnju i na raspored slaganja laminata kako bi se dobio najbolji mogući izgled poda i kako bi se što više smanjio broj rezova koje je potrebno napraviti.

4.4. Postavljanje zaštitnih podloga i njihova podjela

Iako danas postoje laminati koji već na sebi imaju pričvršćenu podlogu, oni su još uvijek u manjini pa je prije postavljanja laminat potrebno prvo postaviti zaštitnu podlogu. Zaštitna podloga je izolacijski materijal koji ima više funkcija. Glavne funkcije su: prigušivanje zvukova koji nastaju zbog hodanja, osigurava dodatnu toplinsku izolaciju prostora, pruža dobru izolaciju od vlage, izravnava sve manje neravnine na podu, produljuje vijek trajanja laminatnog poda te omogućuju ujednačenu raspodjelu topline kod podnog grijanja.

Što se tiče samog postavljanja podloga, postupak ovisi o obliku podloge. Podloge dolaze u obliku ploča, harmonike ili role. Sva tri oblika se postavljaju na sličan način. Kod podloga u obliku harmonike i role je olakšano postavljanje. Podloge se samo rašire po podu i pomoću samoljepljivih rubova pričvrste za pod. Ukoliko na rubovima ne postoji samoljepljivi dio, potrebno je koristiti vodootpornu ljepljivu traku za spajanje rubova. Posebno je važno da cijela podloga na koju se planira staviti laminatni pod bude pokrivena, to jest da nema nikakvih rupa kroz koje bi mogla prodrijeti vlaga ili hladnoća iz poda.

Važno je znati da ne postoji idealna podloga, što znači ne postoji podloga koja sve funkcije obavlja savršeno. Stoga se podloga odabire prema potrebama budućeg korisnika. Podloge za laminat se razlikuju po izolacijskim svojstvima, kao i po materijalu od kojega su napravljene. Određena vrsta materijala je bolja ili lošija za određenu vrstu izolacije.

Kao što je gore navedeno, podloge se razlikuju prema funkciji i prema materijalu od kojeg su izrađene.

Podjela prema funkciji:

- Prigušivanja zvuka – kod ovakvih podloga dominantna svojstvo je prigušivanje zvuka koje nastaje zbog hodanja po laminatnom podu. Postoje dvije vrste zvuka koje proizvodi laminat: reflektirani zvuk hodanja (RWS) i zvuk udara (IS) [11].

Reflektirani zvuk udara (eng. *Radiated Walking Sound*) je skup svih zvukova koji putuju po prostoriji u kojoj je položen pod. Izražava se u postotcima (%) [11]. Što je RWS niže vrijednosti, to će podloga bolje upijati zvukove, to jest slabiji je zvuk koji se čuje. Zvuk udara (eng. *Impact Sound*) je definiran kao zvuk koji prolazi kroz pod i koji se pojavljuje u prostoriji ispod [11]. Mjeri se u decibelima (dB). Što je IS veće vrijednosti, to će podloga bolje smanjiti prijenos buke.

- Toplinska izolacija – kod ovakvih podloga je primarna funkcija izolacija topline, to jest smanjiti odvođenje topline kroz pod. Ove podloge se većinom koriste kod renovacija starih objekata ili ako se laminat ugrađuje poviše prostora koji se ne grije, kao na primjer garaža ili podrum.
- Izolacija od vlage – podloge kojima je glavni cilj zaštititi laminat od prodiranja vlage iz poda. Koriste se kada se laminat stavlja direktno na estrih ili beton. Danas se većinom ovakve podloge ne kupuju zasebno, nego se kupuju podloge za toplinsku ili zvučnu izolaciju koje u sebi imaju integriranu foliju za zaštitu od vlage.

Podjela prema materijalu od kojeg su napravljene:

- Poliuretansko-mineralne podloge (PUM) – podloge koje su se zadnje pojavile na tržištu. Imaju vrlo malu debljinu (1 do 2 mm), dobro prigušuju obje vrste zvuka i pružaju najbolju zvučnu izolaciju od svih podloga. Imaju visoku otpornost na pritisak i tako štite laminatni pod i produžuju njegov vijek trajanja. Zbog svoje toplinske vodljivost su pogodne za podno grijanje. Cijena im je veća od ostalih podloga [12].
- Podloge od ekstrudiranog polistirena (eng. *Extruded Polystyrene Insulation*, skraćeno XPS) – ove podloge su izrađene od stiropora visoke tvrdoće. Najpopularnije su podloge, najbolji su toplinski izolator od svih podloga i odlične su za izravnavanje manjih neravnina na podu. Debljina im je od 2 do 6 milimetara. Što se tiče zvučne izolacije, dobro prigušuju zvuk udara pa se zbog toga koriste kada je potrebno smanjiti buku u prostorijama koje se nalaze ispod laminata [12].
- Podloge od polietilena visoke gustoće (eng. *High-Density Polyethylene*, skraćeno PEHD) – podloge koje imaju najnižu cijenu. Dobar su zvučni izolator, a

pogotovo su dobre za prigušivanje reflektiranih zvukova. Također, dobar su izbor i za podno grijanje [12].

4.5. Postavljanje laminata

Prije samog početka procesa postavljanja, savjetuje se da se laminatne panele u njihovoj ambalaži položi na ravnu podlogu i otvori ambalažu. Važno je da laminat dva dana miruje na sobnoj temperaturi kako bi se prilagodio temperaturnim uvjetima.

Laminat se uvijek počinje polagati od najdužeg ravnog zida. Između zida i panela laminata je potrebno ostaviti otprilike 10 milimetara kako bi laminat mogao “raditi“. To se postiže postavljanjem klinova. Također je potrebno ostaviti razmak i ako se laminat postavlja oko radijatorskih cijevi. Kada se dođe do kraja reda, posljednji panel vrlo vjerojatno neće odgovarati pa ga je potrebno, pomoću ubodne pile, skratiti na odgovarajuću veličinu. Ostatak panela se koristi kao početak u sljedećem redu. Sljedeći red ne započinje s panelom koji je iste duljine kao panel u prethodnom redu. Preporuka je da su paneli u svakom redu pomaknuti za barem 15 centimetara u odnosu na prethodni red.

Nakon postavljanja dva reda potrebno je pomoću libele provjeriti ravnost poda. Prilikom spajanja panela može se dogoditi da klik spoj ne “sjedne“ do kraja pa su u tom slučaju potrebni lagani udarci čekićem da se to ostvari. Također, nakon što se postave dva ili tri reda, potrebno je koristiti blok za kucanje i čekić kako bi osiguralo da su svi spojevi čvrsti. Paneli u posljednjem redu vjerojatno neće odgovarati pa će ih biti potrebno skratiti po širini. To se radi pomoću ubodne pile. Za pričvršćivanje panela u posljednjem redu koristi se poluga za hvatanje.

4.6. Završni radovi

Kad su svi paneli postavljeni, potrebno je ukloniti klinove i postaviti ukrasne letvice (lajsne) na rubove. Lajsne se mogu pričvrstiti na više načine (najčešće se koristi ili ljepilo ili se prvo postavi plastični nosač koji se učvrsti vijcima pa se onda na njega samo pričvrsti

lajsna). Na kraju je još samo potrebno dobro očistiti pod od piljevine i prašine te ga lagano proći sa vlažnom krpom. Nakon toga laminatni pod je odmah spreman za korištenje.

5. ODREĐIVANJE VREMENA UGRADNJE PODNIH LAMINATA

Nakon što je u prethodnoj točki opisan proces postavljanje podnih laminata, potrebno je odrediti vrijeme potrebno za provedbu tog procesa. Radi pojednostavnjenja, vrijeme će se utvrđivati samo za dijelove procesa koji su opisani u točkama 4.4 i 4.5. Iako postoji više načina za određivanje vremena izvođenja ugradnje podnih laminata, za ovaj zadatak koristit će se sustavi unaprijed određenih vremena i usporedit će se stvarnim vremenom potrebnim za izvođenjem ugradnje.

5.1. Sustav unaprijed određenih vremena MTM-2

Pod sustave unaprijed određenih vremena spadaju postupci kojima je cilj raščlana tjelesnog rada na standardne pokrete. Svakom je pokretu, ovisno o njegovoj vrsti i uvjetima izvođenja, dodijeljeno unaprijed određeno standardno vrijeme. Kada se za neki tjelesni rad odrede pokreti i njima pridruže odgovarajuća vremena, dobiva se ukupno vrijeme potrebno za izvođenje rada. U ovom radu će se koristiti sustav MTM-2 (*Methods-Time Measurement*). [13 i 14]

Sustav MTM-2 je idealan za analizu ručnih operacija u serijskoj proizvodnji a nastao je u Švedskoj.

Za potrebe definiranja vremena trajanja nekog pokreta uvedena je posebna mjerna jedinica za vrijeme: TMU (eng. *Time Measurement Unit*). Jedan TMU iznosi 0,036 sekundi (Tablica 2.).

Tablica 2. Odnos TMU-a i drugih mjernih jedinica

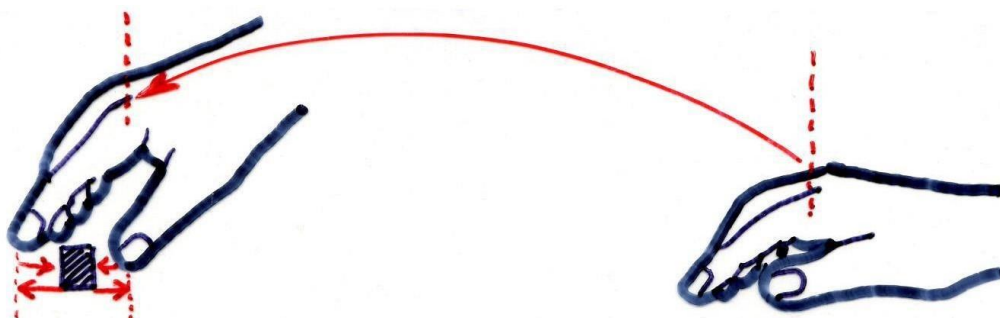
TMU	SEKUNDA	MINUTA	SATI
1	0,036	0,0006	0,000001
27,8	1	-	-
1666,7	-	1	-
100000	-	-	1

MTM-2 sustav sveden je na 11 osnovnih pokreta: uzimanje, dodatak za težinu kod uzimanja, postavljanje, dodatak za težinu kod postavljanja, ponovno hvatanje, pokreti očiju, okretanje ručice, pokret stopala, korak, saginjanje i uspravljanje. [14] Vrijeme strojnih operacija se utvrđuje snimanjem kronometrom ili izračunavanjem pomoću formula.

Uzimanje – simbol G (eng. Get)

Uzimanje je slijed pokreta čiji je cilj posezanje prstiju ili šake prema nekom predmetu ili više predmeta, zatim hvatanje jednog ili više predmeta te, na kraju, ispuštanje predmeta (Slika 7.). Veličine koje utječu na vrijednosti vremena su slučajevi uzimanja, dužina pokreta i težina predmeta ili otpor. [13]

Slijed osnovnih pokreta: UZIMANJE = POSEZANJE + HVATANJE+ISPUŠTANJE.

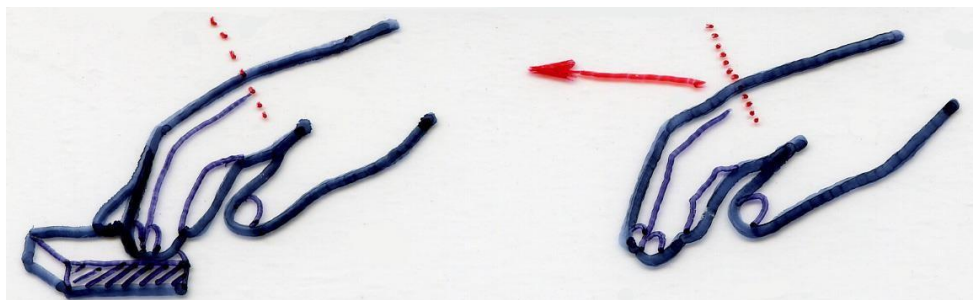


Slika 7. Pokret uzimanja [13]

Razlikuju se tri slučaja uzimanja ovisno o broju hvatanja:

- Slučaj GA – u ovom slučaju kontrola nad predmetom se ostvaruje bez pokreta hvatanja (Slika 8).

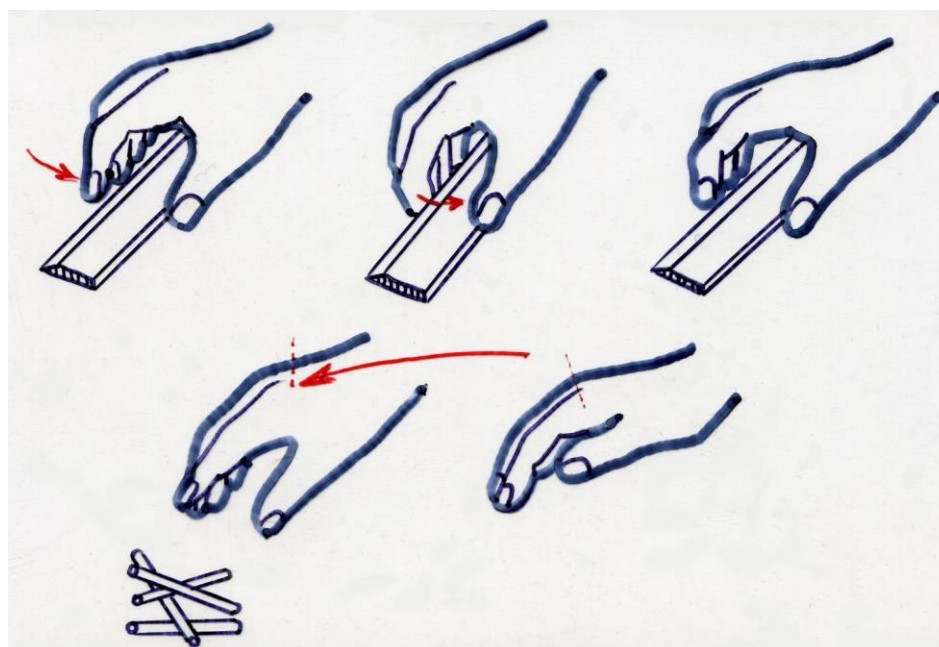
- Slučaj GB – hvatanje se ostvaruje pomoću samo jednog pokreta (Slika 9.).
- Slučaj GC – kod ovog slučaja je potrebno više pokreta hvatanja (Slika 10.).



Slika 8. Slučaj uzimanja GA [13]



Slika 9. Slučaj uzimanja GB [13]

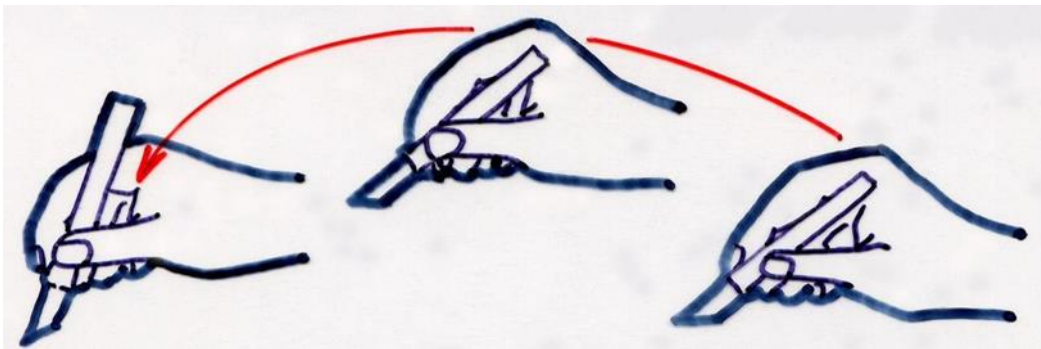


Slika 10. Slučaj uzimanja GC [13]

Postavljanje – simbol P (eng. Put)

Postavljanje je slijed pokreta čiji je cilj da se jedan ili više predmeta pomoću šake ili prstiju premjeste u novi određen položaj (Slika 11.). Veličine koje utječu na vrijednost vremena su: slučaj postavljanja, dužine pokreta te težina (ili otpor). [13]

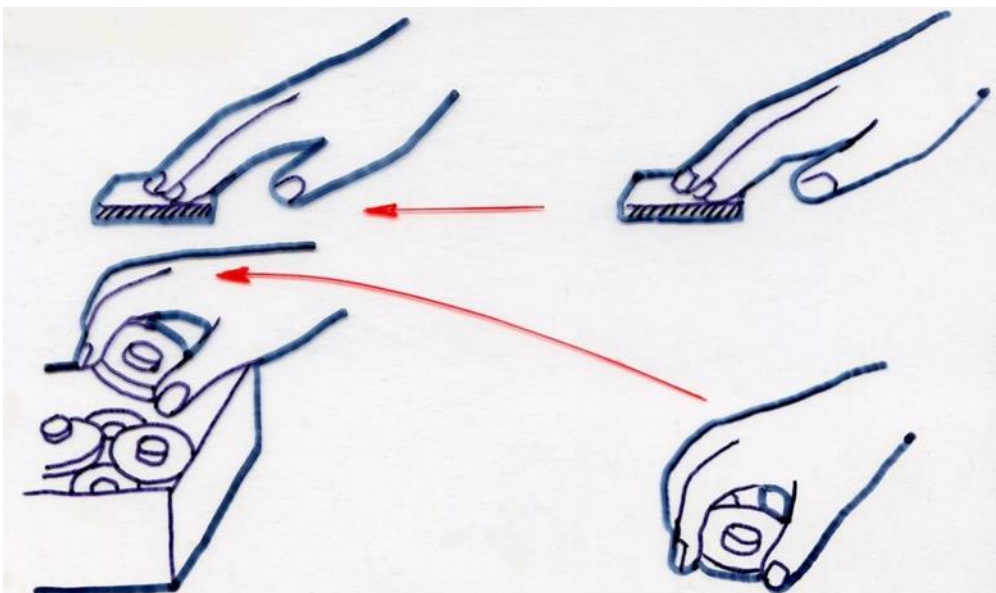
POSTAVLJANJE = PRENOŠENJE + SASTAVLJANJE



Slika 11. Postavljanje [13]

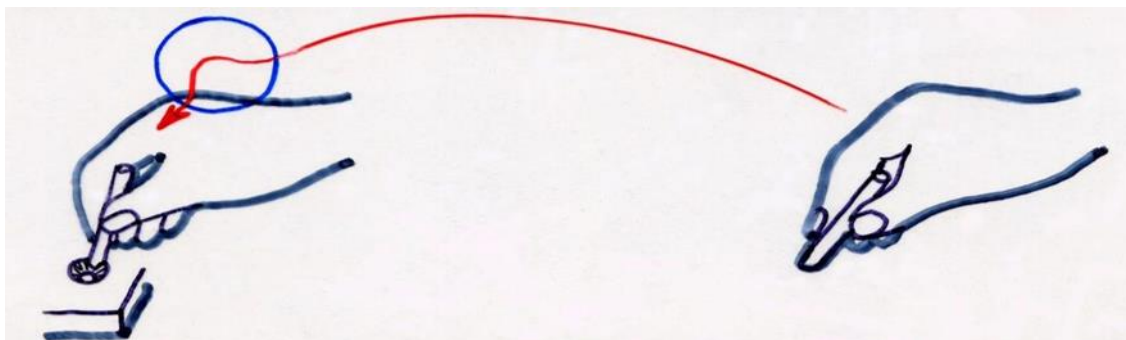
Također, isto i kao kod uzimanja, razlikuju se tri slučaja. Slučaj postavljanja ovisi o broju korekcijskih pokreta. Korekcijski pokret predstavlja svaki mali zastoј, ili promjenu smjera, usporenje ili odugovlačenje na kraju pokreta. To su kratki pokreti kako po duljini tako i po vremenu trajanja. [13]

Slučaj PA – slučaj u kojem nema korekcijskih pokreta (Slika 12).



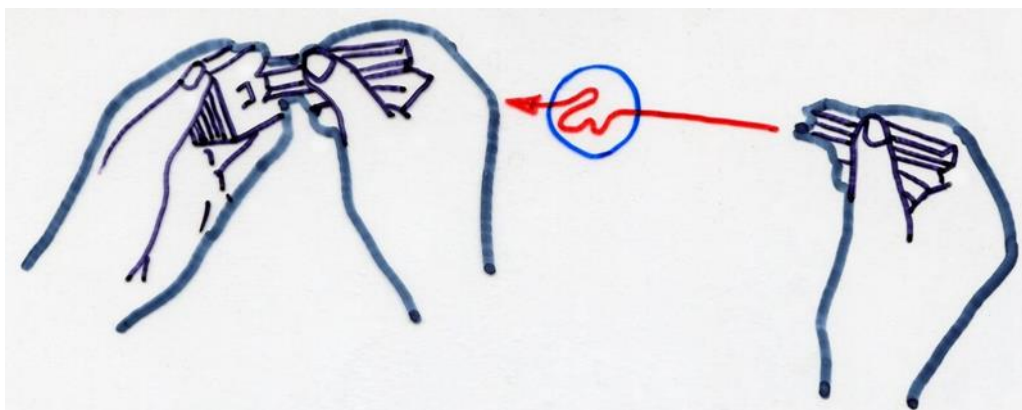
Slika 12. Slučaj postavljanja PA [13]

Slučaj PB – slučaj koji ima samo jedan korekcijski pokret (Slika 13).



Slika 13. Slučaj postavljanja PB [13]

Slučaj postavljanja PC – u ovom slučaju su potrebna dva ili više pokreta korekcije (Slika 14. Slučaj postavljanja PCSlika 14).



Slika 14. Slučaj postavljanja PC [13]

Dodatci za težinu GW (eng. *Get Weight*) i PW (eng. *Put Weight*)

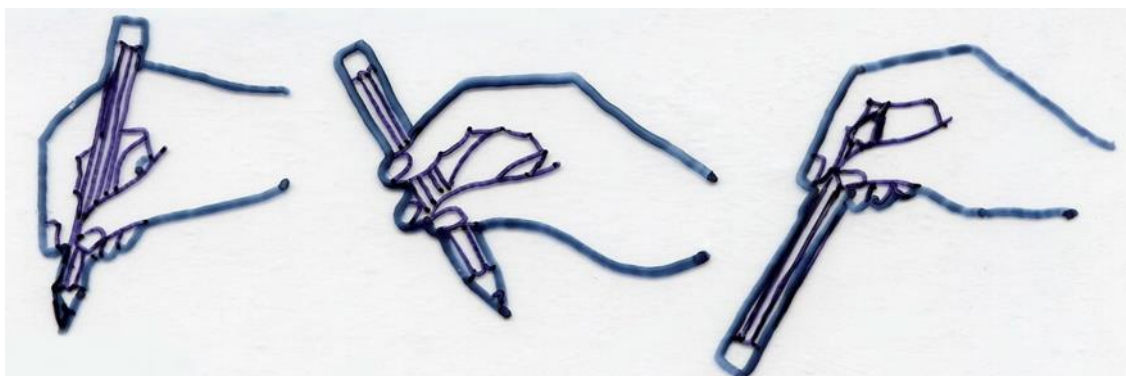
GW je aktivnost pripreme muskulature šake ili ruke, koja se pojavljuje za savladavanje težine predmeta ili otpora kod pokreta uzimanje. Uzima se u obzir samo ako je neko masa veća od dva kilograma. TMU vrijednost je jednaka broju kilograma neto mase. [13]

PW je po definiciji vrlo sličan kao GW, samo što se ovdje radi o pokretu postavljanja. Također se uzima u obzir samo je efektivna neto masa veća od dva kilograma. Masa se zaokružuje na svakih pet kilograma, a 1 TMU je jednak pet kilograma neto mase. [13]

Ponovno hvatanje – simbol R (eng. *Regrasp*)

Ponovno hvatanje je slijed kratkih pokreta prstiju kojima je cilj poboljšati kontrolu nad predmetom, tj. omogućiti sigurnije hvatanje na povoljnijem mjestu, uz uvjet da je premet cijelo vrijeme pod kontrolom prstiju, odnosno šake (Slika 15.). [13]

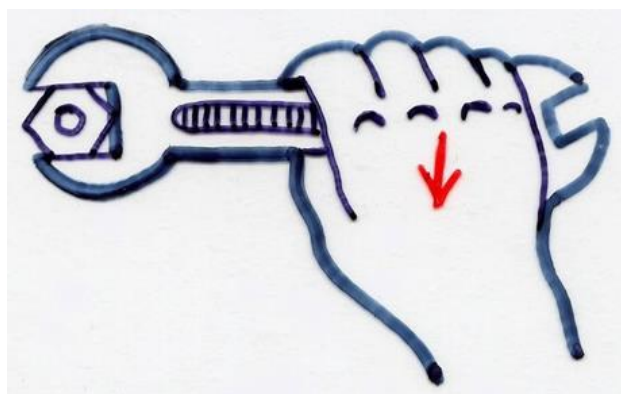
Pod jedan pokret ponovnog hvatanja spada jedan do maksimalno tri mala pokreta prstiju.



Slika 15. Pokret ponovnog hvatanja [13]

Pritiskivanje – simbol A (eng. Apply Pressure)

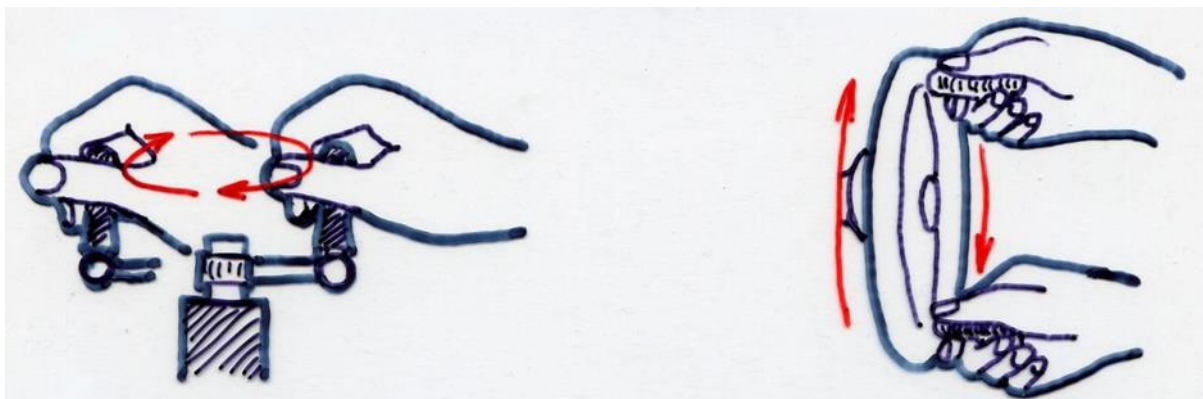
Pod pokret pritiskivanja se misli na primjenu snage mišića, a može se izvesti bilo kojim dijelom tijela (Slika 16.). Pritiskivanje se sastoji od: stvaranja sile, minimalnog vremena zadržavanja sile te otpuštanja sile. Maksimalna duljina pokreta kod pritiskivanja iznosi 6 milimetara. [13]



Slika 16. Pokret pritiskivanja [13]

Okretanje ručice – simbol C (eng. Crank)

Okretanje ručice je pokret kod kojega je cilj da se djelovanjem prstiju ili šake premjesti predmet po kružnoj putanji za više od 1/2 okretaja (Slika 17.). Veličine koje utječu na vrijednost su broj okretaja i težina ili otpor. [13]



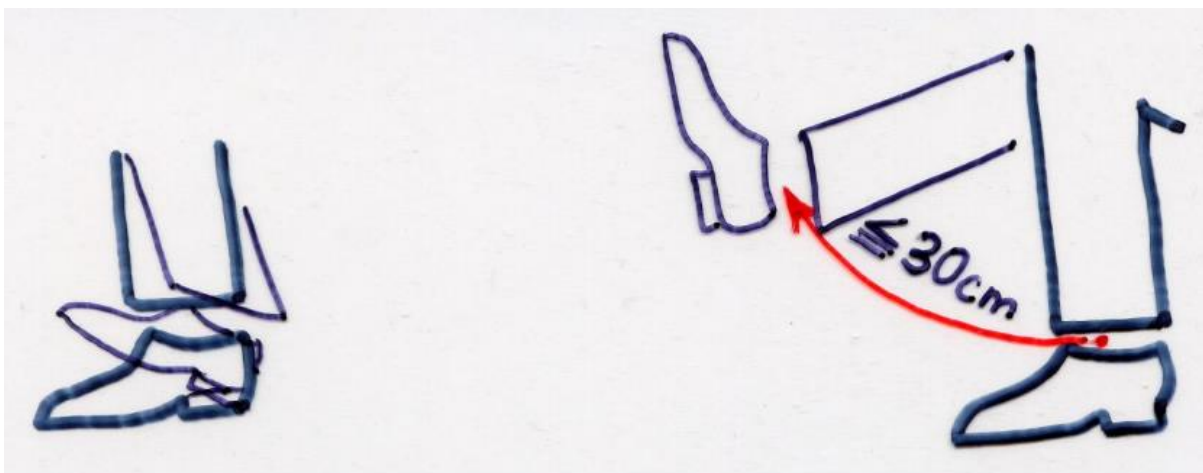
Slika 17. Okretanje ručice [13]

Pokret očiju – simbol E (eng. *Eye Action*)

Pokret očiju je slijed pokreta čija je svrha da se uoči neki predmet ili neka lako uočljiva karakteristika (odluka DA-NE) ili da se premjesti pogled na neki drugi predmet ili mjesto. [13]

Pokret stopala – simbol F (eng. *Foot Motion*)

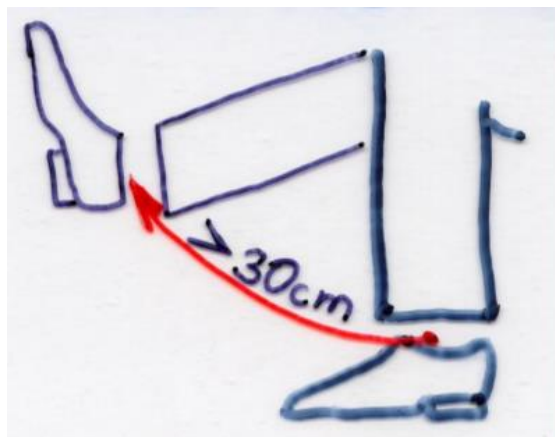
Pokret stopala je pomak stopala prema gore ili prema dolje, ili jedan kratak pokret noge bez namjere pomaka tijela (Slika 18.). [13]



Slika 18. Pokret stopala [13]

Korak – simbol S (eng. *Step*)

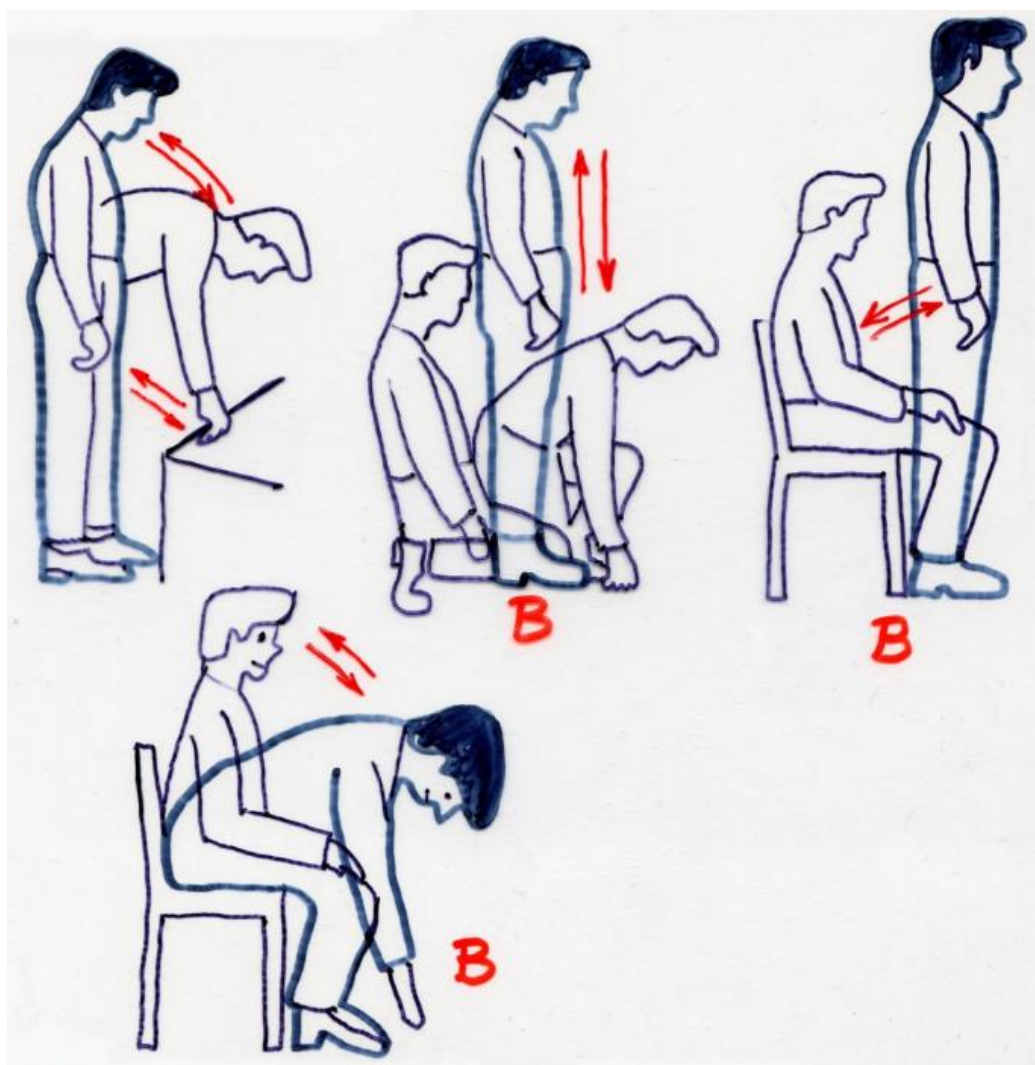
Korak je pokret noge čija je svrha i pomicanje osi tijela u bilo kojem smjeru ili pomak noge dulji od 30 centimetara (Slika 19.). TMU vrijednost se određuje kao broj pređenih koraka, tj. koliko je puta stopalo dodirnuo podlogu po kojoj hoda. Duljina jednog koraka iznosi 60 centimetara. [13]



Slika 19. Korak [13]

Saginjanje i uspravljanje – simbol B (eng. Band and Raise)

Pod saginjanje i uspravljanje spadaju pokreti savijanja, ili savijanja i spuštanja te kasnijeg uspravljanja (Slika 20.). [13]



Slika 20. Pokreti saginjanja i uspravljanja[13]

5.2. Primjena sustava MTM-2

Za potrebe ovog rada, primjenom sustava MTM-2 izračunat će se ukupno vrijeme potrebno za proces ugradnje podnih laminata na jednoj **karakterističnoj površini, širine 1 metar i duljine 2,5 metara**. Za **dimenzije laminata** uzet će se prosječna vrijednost kraćih panela čije su dimenzije: **dužina 100 centimetara i širina 20 centimetara**.

Cjelokupni proces ugradnje podnih laminata podijeljen je na **devet elemenata rada**: za koje je **izvedena i analiza po sustavu MTM-2**:


- ER 1 – Postavljanje podloge (Tablica 3.)

ER 2 – Pričvrščivanje podloge (


- Tablica 4. i Tablica 5.)
- ER 3 – Postavljanje klina (Tablica 6.)
- ER 4 – Postavljanje prvog panela (Tablica 8. i Tablica 9.)
- ER 5 – Postavljanje panela s jednim klik spojem (Tablica 10. i Tablica 11.)
- ER 6 – Rezanje panela (Tablica 13. i Tablica 14.)
- ER 7 – Postavljanje panela s dva klik spoja (Tablica 16. i Tablica 17.)
- ER 8 – Dodatno pričvrščivanje panela (Tablica 18. i Tablica 19.)
- ER 9 – Ispitivanje ravnosti (Tablica 20. i Tablica 21.).

Zbog promjenjivih uvjeta i okolnosti izvođenja rada postavljanja podnih panela, neto vremena ustanovljena analizama, uzimana su podvostručeno za dobivanje standardnih vremena.


Tablica 3. List za analizu rada sustavom MTM-2 za element rada ER 1

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA			Oznaka: ER 1	
Naziv	Postavljanje podloge					
Početak	Desna ruka (DR) prema podlozi.					
Sadržaj	Postavljanje zaštitne podloge na pod na koji je predviđena ugradnja laminatnih panela.					
Završetak	Korak završen.					
Ograničenje	Vrijedi za za jednu zaštitnu podlogu.					
Opis rada lijeve ruke	Simbol	TMU	Simbol	Opis rada desne ruke		
		30,5	B/2	Saginjanje		
	GC 80	32	GC 80	Uzimanje podloge		
		30,5	B/2	Uspravljanje		
		-	R	Orijentirati		
	PA 30	-	PA 30	Postavljanje ispred sebe		
		72	4 S	Hodanje do mjesta ugradnje		
		61	B	Saginjanje na koljeno		
	3 PB 45	72	3PB 45	Namještanje podloge uz prvi rub		
		7	E	Prebacivanje pogleda na drugi kraj		
	3 PB 15	45	3PB 15	Namještanje podloge uz drugi rub		
		61	B	Uspravljanje		
		54	3 S	Zakretanje tijela za 180		
		72	4S	Hodanje do početnog položaja		
$\Sigma 537$						
Napomena:						
$537 \times 2 = 1074 \text{ TMU}$						
Standardno vrijeme:						
$1074 = 39 \text{ s}$						
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:		Datum:	List: 1	
					Listova: 1	


Tablica 4. Analiza za ER 2, list 1

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA			Oznaka: ER 2	
Naziv	Pričvršćivanje podloge					
Početak	DR prema samoljepljivoj traci.					
Sadržaj	Pričvršćivanje podloge za pod uz pomoć samoljepljive trake.					
Završetak	Korak završen.					
Ograničenje	Vrijedi za jedno lijepljenje.					
Opis rada lijeve ruke	Simbol	TMU	Simbol	Opis rada desne ruke		
		30,5	B/2	Saginjanje		
		18	GB 45	Uzimanje trake		
		30,5	B/2	Uspravljanje		
		-	PA 30	Postavljanje ispred sebe		
		-	R	Orijentiranje		
		54	3 S	Zakretanje za 180		
		72	4 S	Hodanje do lijevog dijela podloge		
		61	B/2	Saginjanje na koljeno		
		19	PB 30	Postavljanje trake na rub podloge		
Pritisnuti traku da se zalijepi	A	30	PB 80	Razvlačenje trake do drugog ruba		
		7	E	Prebaciti pogled na drugi kraj trake		
Pritisnuti traku da se zalijepi	A	14	A	Pritisnuti traku da se zalijepi		
		61	B/2	Uspravljanje		
		36	2 S	Pomicanje u desno		
		61	B/2	Saginjanje na koljeno		
		19	PB 30	Postavljanje trake na rub podloge		
Izradio:	Datum:	Odobrio:		Datum:	List:	Listova:
Roko Čerjan	2024-02-20				1	2


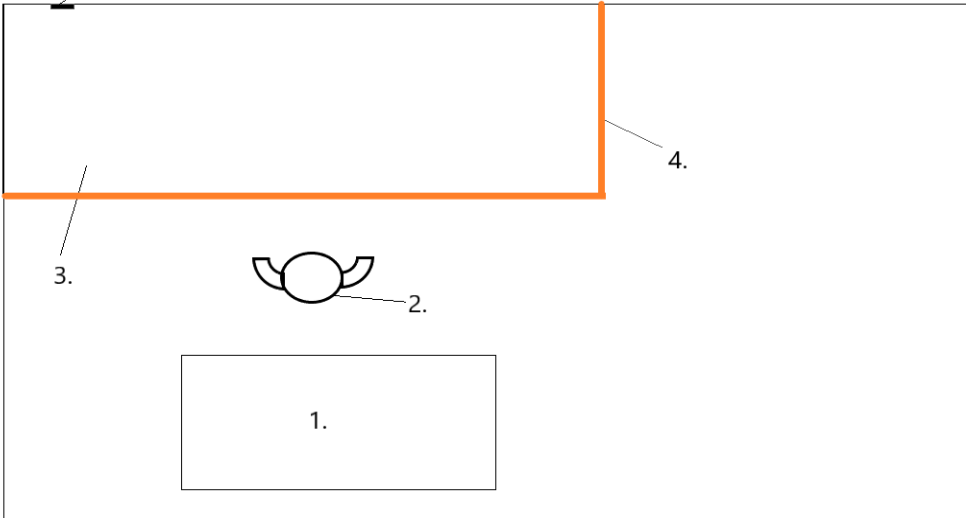
Tablica 5. Analiza za ER 2, list 2

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb	MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA				Oznaka: ER 2	
Opis rada lijeve ruke	Simbol	TMU	Simbol	Opis rada desne ruke		
		30,5	B/2	Saginjanje		
Pritisnuti traku da se zalijepi	A	30	PB 80	Razvlačenje trake do drugog ruba		
		7	E	Prebaciti pogled na drugi kraj trake		
Pritisnuti traku	A	14	A	Pritisnuti traku		
		61	B/2	Uspravljanje		
		54	3 S	Okret za 180		
		54	3 S	Hodanje nazad do materijala		
$\Sigma 733$						
Napomena:						
$733 \times 2 = 1466$						
Standardno vrijeme:						
$1466 = 53 \text{ s}$						
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:		Datum:	List: 2	Listova: 2


Tablica 6. Analiza za ER 3

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA			Oznaka: ER 3	
Naziv	Postavljanje klina					
Početak	DR prema klinu.					
Sadržaj	Postavljanje klina na rub zida.					
Završetak	Klin postavljen.					
Ograničenje	Vrijedi za jedan klin.					
Opis rada lijeve ruke	Simbol	TMU	Simbol	Opis rada desne ruke		
		30,5	B/2	Saginjanje		
		23	GB 80	Uzimanje klina		
		30,5	B/2	Ustajanje		
		54	3 S	Okretanje prema podlozi		
		72	4 S	Hodanje do podloge		
		-	PA 45	Klin ispred sebe		
		-	R	Orijentiranje klina		
		61	B	Saginjanje jedno koljeno na podu)		
		19	PB 30	Postavljanje klina uz rub zida		
		61	B	Ustajanje		
		54	3S	Okretanje prema materijalu		
		72	4S	Povratak u početni položaj		
$\Sigma 477$						
Napomena:						
$477 \times 2 = 954$						
Standardno vrijeme:						
$954 = 35 \text{ s}$						
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:	
Roko Čerjan	2024-02-20			1	1	


Tablica 7. Skica radnog mjesta za ER1, ER2 i ER 3

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		SKICA RADNOG MJESTA			Snimka broj:					
Radno mjesto:		Naziv operacije: Postavljanje i pričvršćivanje podloge te postavljanje klina			Oznaka:					
Mjerilo: 1:50				Stanje	<input checked="" type="radio"/> Postojeće <input type="radio"/> Predloženo					
										
Legenda: 1. Materijal 2. Radnik 3. Podloga 4. Samoljepljiva traka 5. Klin										
Zahvat:		Dio - poz.		Oblik:		Dimenzije:		Težina, N:		K _n :
Izradio: Roko Čerjan		Datum: 2024-02-20		Odobrio:		Datum:		List: 1		Listova: 1

Tablica 8. Analiza za ER 4, list 1

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA			Oznaka: ER 4	
Naziv	Ugradnja prvog laminata					
Početak	DR prema panelu.					
Sadržaj	Postavljanje prvog panela laminata (bez klik sistema spajanja).					
Završetak	Korak završen.					
Ograničenje	Vrijedi za jedan panel.					
Opis rada lijeve ruke	Simbol	TMU	Simbol	Opis rada desne ruke		
		30,5	B/2	Saginjanje		
	GC 80	32	GC 80	Uzimanje panela		
	GW 3	1,5	GW 3	Dodatak za težinu		
		30,5	B/2	Uspravljanje		
	PA 30	11	PA 30	Pozicioniranje panela		
	PW 5	0,5	PW 5	Dodatak za težinu		
	R	6	R	Orijentiranje		
		72	4 S	Okretanje tijela za 180 stupnjeva		
		72	4 S	Hodanje do podloge		
		61	B	Saginjanje na koljena		
	PB 80	30	PB 80	Postavljanje panela uz rub zida		
	PW 5	0,5	PW 5	Dodatak za težinu		
	A	14	A	Stisnuti panel skroz do klinova		
		21	3 E	Pogledati prema svim klinovima jesu li na mjestu		
		122	2 B	Uspravljanje		
		54	3 S	Okret tijela prema materijalu		
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:		Datum:	List: 1	Listova: 2


Tablica 9. Analiza za ER 4, list 2

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb	MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA				Oznaka: ER 4	
		54	3 S	Okret tijela prema materijalu		
		72	4 S	Hodanje prema materijalu		
$\Sigma 630,5$						
Napomena: $630,5 \times 2 = 1261$						
Standardno vrijeme: $1261 = 46 \text{ s}$						
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:		Datum:	List: 2	Listova: 2


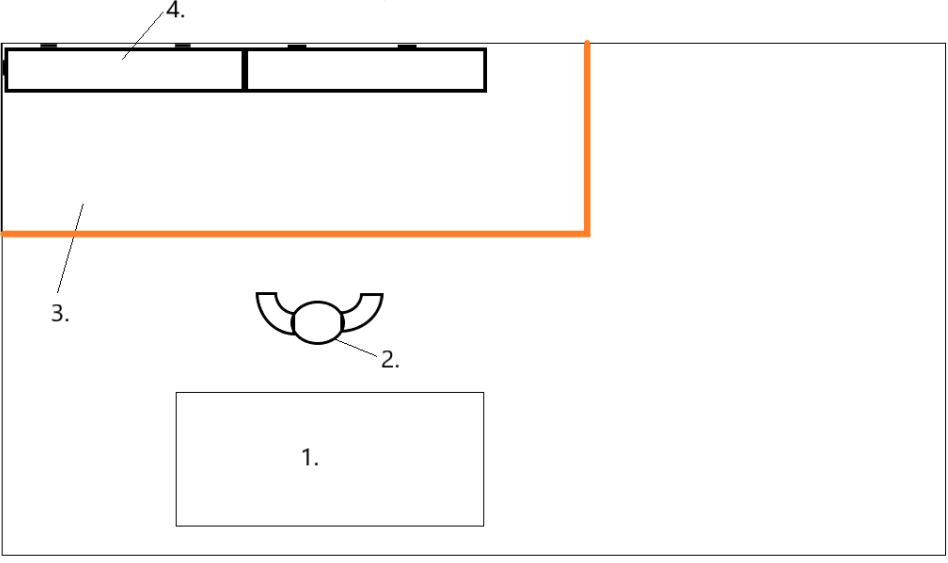
Tablica 10. Analiza za ER 5, list 1

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA			Oznaka: ER 5	
Naziv	Ugradnja laminata sa klik spojem					
Početak	DR prema panelu.					
Sadržaj	Ugradnja laminatnog panela koji će se spojiti na prethodni panel sa jednim klik spojem.					
Završetak	Korak završen.					
Ograničenje	Vrijedi za jedan panel.					
Opis rada lijeve ruke	Simbol	TMU	Simbol	Opis rada desne ruke		
		30,5	B/2	Saginjanje		
	GC 80	32	GC 80	Uzimanje panela		
	GW 3	1,5	GW 3	Dodatak za težinu		
		30,5	B/2	Uspravljanje		
	PA 30	11	PA 30	Pozicioniranje panela zbog lakšeg držanja		
	PW 5	0,5	PW 5	Dodatak za težinu		
		54	3 S	Okretanje prema radnom mjestu		
		72	4 S	Hodanje		
		61	B	Saginjanje na koljena		
	PC 45	36	PC 45	Namještanje panela da se može ostvariti spoj		
	PW 5	0,5	PW 5	Dodatak za težinu		
		21	3 E	Prebacivanje pogleda duž spoja		
	3 A	42	3 A	Pritisnut panel da se ostvari spoj		
		122	2 B	Podizanje na noge		
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:		Datum:	List: 1	Listova: 2


Tablica 11. Analiza za ER 5, list 2

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb	MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA				Oznaka: ER 5	
		54	3 S	Okret prema materijalu		
		72	4 S	Hodanje do materijala		
$\Sigma 658,5$						
Napomena: $658,5 \times 2 = 1317$						
Standardno vrijeme: $1317 = 48 \text{ s}$						
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:		Datum:	List: 2	Listova: 2


Tablica 12. Skica radnog mjesta za ER 4, ER 5 i ER 7

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		SKICA RADNOG MJESTA			Snimka broj:	
Radno mjesto:		Naziv operacije: Postavljanje panela			Oznaka:	
Mjerilo: 1:50					Stanje	
					<input checked="" type="radio"/> Postojeće <input type="radio"/> Predloženo	
						
Legenda:						
1. Materijal 2. Radnik 3. Podloga 4. Paneli						
Zahvat:	Dio - poz.	Oblik:	Dimenzije:	Težina, N:	K _n :	
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:	Datum:	List: 1	Listova: 1	


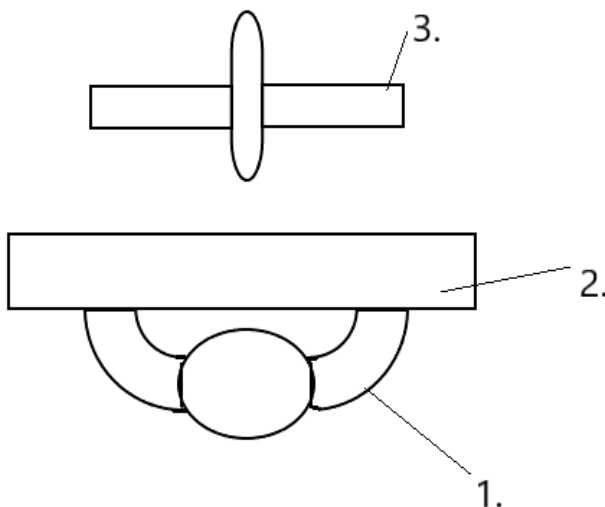
Tablica 13. Analiza za ER 6, list 1

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA			Oznaka: ER 6	
Naziv	Rezanje laminata					
Početak	DR prema panelu.					
Sadržaj	Rezanje panela laminata na željenu veličinu kako bi mogao stati na kraj reda.					
Završetak	Korak završen.					
Ograničenje	Vrijedi za jedan panel.					
Opis rada lijeve ruke	Simbol	TMU	Simbol	Opis rada desne ruke		
		30,5	B/2	Saginjanje		
	GC 80	32	GC 80	Uzimanje panela		
	GW 3	1,5	GW 3	Dodatak za težinu		
		30,5	B/2	Uspravljanje		
	PA 15	6	PA 15	Pozicioniranje panela		
	PW5	0,5	PW 5	Dodatak za težinu		
	6	R	6	Orijentiranje panela		
		18	S	Okretanje za 90		
		36	2 S	Hodanje do pile za rezanje		
		30,5	B/2	Saginjanje		
	PC 45	36	PC 45	Postavljanje panela u čeljust pile		
	PW 5	0,5	PW 5	Dodatak za težinu		
	PT	56	PT	Rezanje		
	GC 45	27	GC 45	Uzimanje skraćenog panela		
		30,5	B/2	Ustajanje		
		18	S	Okretanje prema mjestu ugradnje		
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:		Datum:	List: 1	Listova: 2


Tablica 14. Analiza za ER 6, list 2

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb	MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA				Oznaka: ER 6	
		72	4 s	Hodanje prema mjestu ugradnje		
$\Sigma 395,5$						
Napomena: $395,5 \times 2 = 791$						
Standardno vrijeme: $791 = 29 s$						
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:		Datum:	List: 2	Listova: 2


Tablica 15. Skica radnog mjesta za ER 6

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		SKICA RADNOG MJESTA			Snimka broj:	
Radno mjesto:		Naziv operacije: <i>Rezanje panela</i>			Oznaka:	
Mjerilo: <i>1:20</i>				Stanje	<input checked="" type="radio"/> Postojeće <input type="radio"/> Predloženo	
						
Legenda:						
1. Radnik 2. Panel 3. Kružna pila						
Zahvat:	Dio - poz.	Oblik:	Dimenzije:	Težina, N:	K _n :	
Izradio: <i>Roko Čerjan</i>		Datum: <i>2024-02-20</i>	Odobrio:	Datum:	List: <i>1</i>	Listova: <i>1</i>


Tablica 16. Analiza za ER 7, list 1

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA			Oznaka: ER 7	
Naziv	Ugradnja laminata s 2 klik spoja					
Početak	DR prema panelu.					
Sadržaj	Ugradnja laminatnog panela koji će se spojiti na susjedna 2 panela sa klik spojem.					
Završetak	Korak završen.					
Ograničenje	Vrijedi za jedan panel					
Opis rada lijeve ruke	Simbol	TMU	Simbol	Opis rada desne ruke		
		30,5	B/2	Saginjanje		
	GC 45	27	GC 45	Uzimanje panela		
	GW 3	1,5	GW 3	Dodatak za težinu		
		30,5	B/2	Uspravljanje		
	PA 30	11	PA 30	Namještanje panela radi lakšeg nošenja		
		-	R	Orijentiranje panela		
	GW 5	0,5	GW 5	Dodatak za težinu		
		54	3 S	Okretanje prema radnom mjestu		
		72	4 S	Hodanje do mjesta ugradnje		
		61	B	Saginjanje na koljena		
	PC 45	36	PC 45	Namještanje panela za spajanje		
	GW 5	0,5	GW 5	Dodatak za težinu		
		21	3 E	Pogledat jeli spoj na svim mjestima dobar		
	3 A	42	3 A	Pritisnut da bi se ostvario spoj s prvim panelom		
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:		Datum:	List: 1	Listova: 2


Tablica 17. Analiza za ER 7, list 2

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb	MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA			Oznaka: ER 7	
		7	E	Pogled na drugi spoj	
	PC 5	21	PC 5	Lagano namjestiti i da drugi spoj bude dobar	
	GW 5	0,5	GW 5	Dodatak za težinu	
	A	14	A	Pritisnuti	
		122	2 B	Ustajanje na noge	
		54	3 S	Okret prema materijalu	
		72	4 S	Hodanje do početnog položaja	
$\Sigma 677,5$					
Napomena: $677,5 \times 2 = 1355$					
Standardno vrijeme: $1355 = 49 \text{ s}$					
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:	Datum:	List: 2	Listova: 2


Tablica 18. Analiza za ER 8, list 1

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA			Oznaka: ER 8	
Naziv	Dodatno pričvršćivanje panela					
Početak	DR prema čekiću.					
Sadržaj	Pomoću čekića i bloka za kucanje dodatno nabiti panele kako bi bili sigurni da su spojevi između panela dobro pričvršćeni.					
Završetak	Korak završen.					
Ograničenje	Vrijedi za jedno pričvršćivanje.					
Opis rada lijeve ruke	Simbol	TMU	Simbol	Opis rada desne ruke		
		30,5	B/2	Saginjanje		
Uzimanje bloka za kucanje	PB 30	30	PC 30	Uzimanje čekića		
		30,5	B/2	Ustajanje		
		54	3 S	Okretanje prema panelima		
Orijentiranje bloka za kucanje	R	-	R	Orijentiranje čekica		
		72	4 S	Hodanje prema panelima		
		61	B	Saginjanje na jedno koljeno		
Postavljanje bloka za kucanje ispred panela	4 PB 30	76				
Pritisnut blok uz panel	4 A	228	12 PB 30	Primicanje čekica bloku		
		168	12 A	Pritisak		
		132	12 PA 30	Odmicanje čekica		
		21	3 E	Prebacivanje pogleda na sljedeće mjesto		
		61	B	Ustajanje		
		36	2 S	Pomicanje duž panela		
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:		Datum:	List: 1	Listova: 2


Tablica 19. Analiza za ER 8, list 2

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA			Oznaka: ER 8	
		61	B	Saginjanje na jedno koljeno		
Postavljanje bloka za kucanje	4 PB 30	76				
Pritisnu blok uz panel	4 A	228	12 PB 30	Primicanje čekića		
		168	12 A	Udarac		
		132	12 PA 30	Odmicanje čekića		
		21	3 E	Prebacivanje pogleda na sljedeće mjesto		
		61	B	Ustajanje		
		54	3 S	Okret prema nazad		
		72	4 S	Hodanje do materijala		
$\Sigma 1875$						
Napomena:						
$1875 \times 2 = 3750$						
Standardno vrijeme:						
$3750 = 135 \text{ s}$						
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:		Datum:	List: 2	Listova: 2

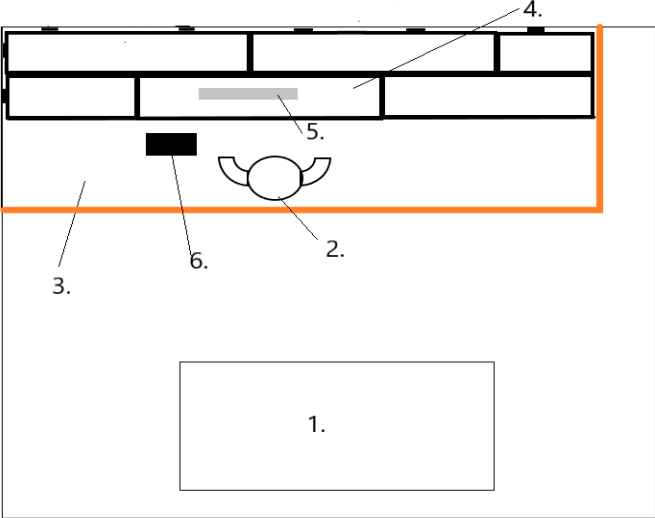
Tablica 20. Analiza za ER 9, list 1

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA			Oznaka: ER 9	
Naziv	Mjerenje ravnosti					
Početak	DR prema libeli.					
Sadržaj	Ispitivanje ravnosti postavljenih panela pomoću libele.					
Završetak	Korak završen.					
Ograničenje	Vrijedi za jedno mjerenje.					
Opis rada lijeve ruke	Simbol	TMU	Simbol	Opis rada desne ruke		
		30,5	B/2	Saginjanje		
		14	GB 30	Uzimanje libele		
		30,5	B/2	Uspravljanje		
		54	3 S	Okret prema panelima		
		-	R	Orijentacija libele		
		-	PB 30	Postavljanje libele ispred sebe		
		72	4 S	Hodanje do panela		
		61	B	Saginjanje na jedno koljeno		
		44	4 PA	Postavljanje libele na panele		
		28	4 E	Očitavanje vrijednosti		
		56	4 GB	Uzimanje libele		
		21	3 E	Prebacivanje pogleda		
		61	B	Uspravljanje		
		36	2 S	Hodanje do drugog kraja panela		
		61	B	Saginjanje		
		44	4 PA	Postavljanje libele na panele		
		28	4 E	Očitavanje vrijednosti		
		56	4 GB	Uzimanje libele		
Izradio:	Datum:	Odobrio:		Datum:	List:	Listova:
Roko Čerjan	2024-02-20				1	2

Tablica 21. Analiza za ER 9, list 2

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb	MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA				Oznaka: ER 9	
	21	3 E	Prebacivanje pogleda na sljedeće mjesto			
	61	B	Ustajanje			
	54	3 S	Okret prema nazad			
	72	4 S	Hodanje do materijala			
$\Sigma 905$						
Napomena: $905 \times 2 = 1810$						
Standardno vrijeme: $1810 = 66 \text{ s}$						
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:	Datum:	List: 2	Listova: 2	

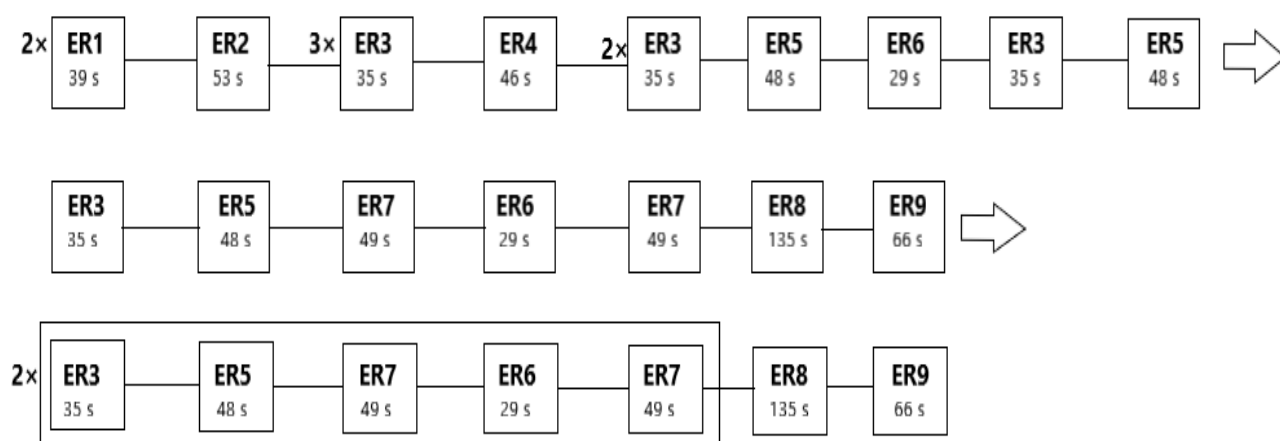
Tablica 22. Skica radnog mjesta za ER8 i ER9

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb	SKICA RADNOG MJESTA			Snimka broj:	
Broj dijela:	Naziv dijela: <i>Mjerenje ravnosti i dodatno pričvršćivanje</i>			Broj crteža:	
Mjerilo: <p style="text-align: center;">1:50</p>				Stanje	<input checked="" type="radio"/> Postojeće <input type="radio"/> Predloženo
					
Legenda: 1. Materijal 2. Radnik 3. Podloga 4. Paneli 5. Libela 6. Alat za pričvršćivanje					
Izradio: Roko Čerjan	Datum: 2024-02-20	Odobrio:	Datum:	List: 1	Listova: 1

5.3. Graf prethodnosti

Nakon što su se odredili svi elementi rada te vrijeme potrebno za njihovo obavljanje, potrebno je izraditi graf prethodnosti. Graf prethodnosti montaže predočava vremenski i tehnološki tijek izvođenja montaže. Graf prethodnosti pokazuje koji se elementi radi izvode slijedno, odnosno koji se izvode paralelno. Prilikom izrade grafa prethodnosti najviše pažnje se posvećuje tome da što veći broj elemenata rada krene što prije te da se, ako je moguće, što više elemenata rada obavlja paralelno. [13]

U grafu prethodnosti (Slika 21.) prikazana je realna opcija slijedne montaže za zadani slučaj. Budući da je većina elemenata takva da ih je potrebno izvoditi slijedno, najprikladnije je da jedan radnik obavlja cijeli proces ugradnje laminata jer s povećanjem broja radnika ne bi se uštedjelo mnogo vremena, a troškovi za radnu snagu bi znatno porasli.



Slika 21. Graf prethodnosti

5.4. Ukupno vrijeme ugradnje laminata

Sad kad je poznat graf prethodnosti, može se izračunati i ukupno vrijeme potrebno za ugradnju podnih laminata. Ukupno vrijeme trajanja (Tablica 23) montaže se dobije zbrojem trajanja svih elemenata rada i iznosi 25,7 minuta. **S obzirom na prijašnja iskustva, vrijeme dobiveno sustavom unaprijed određenih vremena se smatra realnim.**

Tablica 23. Ukupno vrijeme za ugradnju laminata

Element rada	Broj ponavljanja	Vrijeme potrebno za jedno ponavljanje, s
ER 1	2	39
ER 2	1	53
ER 3	9	35
ER 4	1	46
ER 5	5	48
ER 6	4	29
ER 7	6	49
ER 8	2	135
ER 9	2	66
		Σ 1544

6. PROCJENA RIZIKA OD OZLJEDA TIJEKOM POSTUPKA UGRADNJE LAMINATA

Detaljnou analizou procesa ugradnje podnih laminata ustanovljeno je da se velik dio procesa sastoji od saginjanja i uspravljanja te od klečanja na koljenima. Zbog toga rad postavljanja laminata nije samo fizički zahtjevan, nego postoji i rizik od pojave ozljeda. Cilj ovog poglavlja jest istražiti koliki je taj rizik. Za postizanje toga cilja koristit će se metoda RULA. [15]

6.1. Metoda RULA

Metodu RULA (eng. *Rapid Upper Limb Assessment*) razvili su Lynn McAtamney i Nigel Corlett 2005. na institutu za profesionalnu ergonomiju sveučilišta u Nottinghamu. Razvijena je kao metoda koja bi se koristila u ergonomskim istraživanjima radnih mjesta na kojima dolazi do pojave poremećaja ekstremiteta gornjeg dijela tijela. Njezin glavni cilj je pravljenje brze analize opterećenja vrata i gornjih udova u uglavnom ponavljajućim poslovima. Na temelju toga se onda procjenjuje rizik od nastajanja ozljede. [15]

Procjena rizika se vrši u 16 koraka, a njih se može svrstati u tri podskupine [16]:

- Analiza opterećenja ruku i šake (koraci od 1 do 8) – određivanje slobode kretanja ruke, šake i podlaktice, određivanje kuta i uvijanja šake, utjecaj mase predmeta i načina opterećenja, utjecaj dinamičnosti posla, konačni zbroj utjecaja ruka i šake na ergonomičnost.
- Analiza opterećenja vrata, leđa i noga (koraci od 9 do 15) – određivanja slobode kretanja vrata i leđa, utjecaj nogu, utjecaj mase predmeta i načina opterećenja,

utjecaj dinamičnosti posla, ukupan zbroj utjecaja vrata, leđa i noga na ergonomičnost.

- Izračun ukupnog opterećenja – zbroj ukupnih utjecaja iz prijašnje dvije analize te dobijanje konačne procjene stupnja ergonomičnosti.

Tablica 24. Prikaz ukupne ocjene metodom RULA [15]

ocjena	Opis opterećenja
1-2	položaj tijela prihvatljiv; preoblikovanje radnog mjesta nije potrebno
3-4	nisko opterećenje položaja tijela; istražiti detaljnije; preoblikovanje radnog mjesta možda potrebno
5-6	srednje opterećenje položaja tijela; istražiti detaljnije; preoblikovanje radnog mjesta potrebno u doglednom vremenu
7+	visoko opterećenje položaja tijela; istražiti detaljnije; preoblikovanje radnog mjesta potrebno odmah

6.2. Primjena metode RULA

U softveru CATIA oblikovani su i simulirani osnovni pokreti u procesu ugradnje podnih laminata. Softver CATIA ima mogućnost provođenja metode RULA, koja se upotrebljava tako da se ocjenjuju opterećenja tijela prema propisanim pravilima i tablicama [17]. U CATIA-ji se ona izvodi automatizirano: potrebno je samo odabrati željeni položaj tijela koji će se procijeniti i odabrati vrstu držanja [17]:

- statično – ako je držanje tijela statično, odnosno duže od 10 minuta u istom položaju ili se radnja ponavlja više od četiri puta u minuti
- isprekidano – ako se radnja ponavlja manje od četiri puta u minuti
- ponavljano – ako se radnja ponavlja više od četiri puta u minuti.

U ovom slučaju, držanje je isprekidano. Najnepovoljniji položaj uočen je u trenutku kada su oba koljena na podu i taj je slučaj analiziran pomoću metode RULA (Slika 22.).



Slika 22. Najnepovoljniji položaj pri postavljanju panela

Rezultati analize daju ocjenu 6 za isprekidano držanje, što znači da je visoko opterećenje za tijelo i da je potrebno unapređenje procesa (Slika 23.).

RULA Analysis (Manikin1) ×

Side: Left Right

Parameters

Posture
 Static Intermittent Repeated

Repeat Frequency
 < 4 Times/min. > 4 Times/min.

Arm supported/Person leaning
 Arms are working across midline
 Check balance

Load:

Score
 Final Score: 6 ■ <<
 Investigate further and change soon

Details

+ Upper Arm:	3	■
+ Forearm:	3	■
+ Wrist:	3	■
+ Wrist Twist:	1	■
Posture A:	4	■
Muscle:	0	■
Force/Load:	1	■
Wrist and Arm:	5	■
+ Neck:	1	■
+ Trunk:	3	■
Leg:	2	■
Posture B:	4	■
Neck, Trunk and Leg:	5	■

Close

Slika 23. Rezultati analize ugradnje laminata

Vrlo je čest slučaj da dvije osobe obavljaju rad ugradnje laminata. Tada jedna većinom samo postavlja panele, tj. većinu vremena provodi na koljenima. U tom slučaju opterećenje bi se moglo smatrati statičnim. Prema slici 24. vidljivo je da su za ovaj slučaj rezultati još gori i da je prema metodi RULA ocjena ergonomičnosti 7, što je najgora moguća ocjena.

RULA Analysis (Manikin1)

Side: Left Right

Parameters

Posture
 Static Intermittent Repeated

Repeat Frequency
 < 4 Times/min. > 4 Times/min.

Arm supported/Person leaning
 Arms are working across midline
 Check balance

Load: 2kg

Score
 Final Score: 7 ■ <<
 Investigate and change immediately

Details

+ Upper Arm:	3	Yellow
+ Forearm:	3	Red
+ Wrist:	3	Orange
+ Wrist Twist:	1	Green
Posture A:	4	Yellow
Muscle:	1	Red
Force/Load:	2	Orange
Wrist and Arm:	7	Red
+ Neck:	1	Green
+ Trunk:	3	Yellow
Leg:	2	Red
Posture B:	4	Yellow
Neck, Trunk and Leg:	7	Red

Close

Slika 24. Rezultati analize ugradnje laminata – statično opterećenje

7. MOGUĆNOSTI UNAPREĐENJA PROCESA UGRADNJE PODNIH LAMINATA

Proces ugradnje podnih laminata se u velikoj mjeri izvodi na tradicionalan način, to jest bez korištenja modernih tehnologija. Iako je taj proces brz i jednostavan (jednostavna ugradnja je jedna od glavnih prednosti laminata), postoji načini na koje je moguće dodatno još ubrzati ovaj proces. Stoga je cilj ovog poglavlja upravo istražiti potencijalne tehnološke inovacije koje bi se mogle primijeniti za unapređenje procesa ugradnje laminata. Naglasak će biti na smanjenju vremena pojedinih faza kod ugradnje laminata.

7.1. Uzimanje mjera laminata

Jedna od aktivnosti koja iziskuje najviše vremena jest sama priprema prije početka procesa ugradnje laminata. Prvo je potrebno uzeti mjeru prostorija gdje je planirana ugradnja podnih laminata. Taj proces se većinom obavlja koristeći neke uvriježene alate, poput mjerne trake. Iako se i s mjernom trakom može dovoljno točno obaviti taj zadatak, izgubi se mnogo vremena. Problem nastaje kada zidovi prostorija nisu ravni, nego postoje neka izbočenja ili neki neravni kutovi, pa je potrebno sve te nesavršenosti i neravnine izmjeriti i uzeti u obzir. Taj postupak je danas možda moguće skratiti korištenjem modernih tehnologija, konkretno laserskih mjerača udaljenosti. Oni rade na principu da laserska zraka putuje od uređaja do ciljanog objekta i odbija se nazad. Mjeri se vrijeme koje je potrebno da laserska zraka stigne do objekta i nazad, te se prema tome određuje udaljenost između uređaja i objekta. Danas postoje naprednije verzije laserskog daljinomjer (Slika 25.) koje se stavljaju u sredinu prostorije, okretanjem oko svoje osi daju 2D ili 3D prikaz te prostorije, a rezultati se automatski prikazu u CAD programu.



Slika 25. Laserski daljinometar [18]

Ova opcija se može i unaprijediti tako da se laserski daljinomjer kombinira s mobilnim robotima (Slika 26.). Mobilni roboti su pokretni i manipulativni fizički sustavi koji imaju mogućnost autonomnog gibanja kroz neki prostor i pri tome ostvaruju interakciju s okolinom. Laserski mjerač je automatski ugrađen na mobilnog robota kojim se upravlja preko daljinskog upravljača i tada nije potrebna nikakvo djelovanje čovjeka pri uzimanju mjera. Njihova mobilnost bi posebno dolazi do izražaja kad je potrebno ugraditi laminatne podove u više prostorija, na primjer kad bi se u neki stan ugrađivao laminat u dnevnu sobu i u dvije spavaće sobe. Također, pomoću mobilnih robota bi bilo moguće provjeriti i ravnost podloge prije nego što se započne s ugradnjom laminatnih podova.



Slika 26. Mobilni robot [19]

7.2. Automatizacija postavljanja laminata

Kao što je prikazano u prethodnom, 6. poglavlju, u procesu ugradnje podnih laminata ima vrlo mnogo saginjanja i uspravljanja te se vrlo mnogo vremena provodi radeći na koljenima. Tu nastaje veliko opterećenje leđa, vrata i koljena te postoji potreba za unapređenjem ovog postupka. Iz prijašnjeg iskustva, proces je moguće dijelom olakšati korištenjem raznih pomagala (na primjer: gumeni štitnici za koljena, alat za povlačenje laminata i slično), ali i dalje su glavni problemi ostali neriješeni. Jedino rješenje bi bila potpuna automatizacija postupka ugradnje podnih laminata. Napretkom tehnologija i ta bi opcija trebala postati ostvariva. Za ovu ulogu se mogu koristiti montažni roboti koji se već primjenjuju u industriji (Slika 27.). Ugradnja podnih laminata nije isuviše složen posao, potrebna je jedino određena preciznost i točnost kod spajanja panela tako da bi spomenuti roboti mogli s lakoćom obavljati ovaj zadatak. Njihova glavne prednosti nad ljudskim radom bi bile brzina i točnost. Paneli bi dolazili do robota spremni za montažu (krajnji paneli bi se

unaprijed izrezali na zadane dimenzije). Glavni nedostatak ovakvog robota bi bio transport samog robota. Zbog njegovih dimenzija i težine primjena ne bi bila moguća u nekim manjim privatnim objektima (poput kuće ili stana), nego bi se koristio za veće površine, poput konferencijskih dvorana, trgovačkih centara i slično. Još jedan problem kod ovakvog rješenja su financije. Prosječna cijena ručne ugradnje podnih laminata se kreće oko pet eura po kvadratom metru, što je relativno malo u odnosu na investicijske troškove potrebne za robota. I opet, kao što je već rečeno poviše, investicija bi bila isplativa samo ako bi se ugovorene poslove izvodilo na većim površinama. Stoga se može smatrati da primjena robota za ugradnju laminata neće zaživjeti dok ne poraste cijena ručne ugradnje ili dok ne ponestane radne snage.



Slika 27. Primjer montažnog robota [20]

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je laminat kao podna obloga i analiziran je proces ručne ugradnje podnih laminata.

Pod pojmom podnih laminata smatraju se višeslojni materijali koji su napravljeni većinom od drva. Prvi podni laminati se počinju koristiti 70-ih godina prošlog stoljeća i postali su danas najkorištenija podna obloga diljem svijeta. Glavni razlog njihove popularnosti su brojne prednosti nad ostalim podnim oblogama. Iako mogu imati bilo kakav izgled, najpoznatiji su po svojoj vjernoj imitaciji drva, a u usporedbi s parketima, imaju veću otpornost i izdržljivost.

U radu je detaljno opisan sastav laminata, postupci proizvodnje laminata, nabrojane su i objašnjene glavne prednosti i nedostaci laminata kao podne obloge te je prikazana podjela laminata na klase.

Jedna od glavnih prednosti podnih laminata je i jednostavno postavljanje koje se vrši pomoću klik sistema spajanja. Klik sistem se sastoji od pera i utora, a za spajanje nije potrebno korištenje ljepila. Navedeni su i opisani svi koraci pri ručnoj ugradnji podnih laminata te je rad postavljanja to jest ugradnje podnih laminata raščlanjen na devet elemenata rada. Za karakterističan primjer ugradnje laminata, koristeći sustav unaprijed određenih vremena MTM-2, procijenjeno je vrijeme potrebno za svaku radnju (element rada) odnosno za čitav proces postavljanja laminata. Glavni cilj ovog poglavlja je u potpunosti ovladati procesom ugradnje podnih laminata.

Rad postavljanja laminata je fizički zahtjevan te su stoga pomoću softvera CATIA simulirani pokreti pri procesu ugradnje podnih laminata te je za najnepovoljniji položaj tijela pri radu procijenjena ergonometričnost provedbom metode RULA. Rezultati su, očekivano,

pokazali velika opterećenja na koljena, vrat i leđa te pokazali potrebu za unapređenjem postupka.

U radu su predložena i dva dodatna načina unapređenja postupka ugradnje laminata. Prvi način se odnosi na uzimanje mjera za laminat koristeći laserski daljinomjer i mobilne robote. Pomoću njih se ubrzava proces mjerenja prostora te se povećava točnost samog procesa. Nadalje, razmotrena je mogućnost ostvarenja potpuno automatskog procesa ugradnje podnih laminata, koja se u bližoj budućnosti ne smatra izglednom zbog velikih investicijskih troškova i drugih ograničenja.

9. LITERATURA

- [1] <https://www.123floor.co.uk/a-history-of-laminate-flooring.html>, Pristupljeno:2024-07-01
- [2] <https://www.zagorje.com/clanak/business/jeste-li-znali-da-je-laminat-izumio-hrvat-rodeni-zagrepcanin-ovo-je-njegova-prica>, Pristupljeno:2024-07-01
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Lamination#/media/File:Decorative_laminate_07830.jpg, Pristupljeno:2024-09-01
- [4] <https://www.oluk.hr/laminatni-pod>, Pristupljeno:2024-09-01
- [5] <https://filus.hr/sastav-laminata/>, Pristupljeno:2024-10-01
- [6] <https://pevex.hr/savjetodavni/laminatni-podovi-saznaj-sve-o-laminatima>, Pristupljeno:2024-11-01
- [7] <https://www.oluk.hr/novosti/laminatni-podovi-prednosti-i-nedostaci>
Pristupljeno:2024-12-01
- [8] <https://pro.pergo.co.uk/en-gb/commercial-laminate-flooring/technical-features/quality-levels/ac-ratings>, Pristupljeno:2024-14-01
- [9] <https://www.plocice.hr/klase-laminata/>, Pristupljeno:2024-14-01
- [10] <https://www.bjelin.com/en/stories/click-flooring-a-swedish-invention>, Pristupljeno:2024-14-01
- [11] <https://eplf.com/storage/files/eplf.de-infolyer-en-2014.pdf>, Pristupljeno:2024-25-01
- [12] <https://www.oluk.hr/novosti/sto-staviti-ispod-laminata>, Pristupljeno:2024-25-01
- [13] Kunica, Z.: Zavarivanje i montaža, materijali s predavanja, FSB, Zagreb, 2022.
- [14] Krznar, M.: MTM-2, SOUR Končar, Zagreb, 1986.

- [15] Snježana Kirin: Uvod u ergonomiju. Karlovac; Veleučilište u Karlovcu, 2019.
- [16] Opetuk, T.: Studij rada i ergonomija, materijali s predavanja, FSB, Zagreb, 2023.
- [17] CATIA, V5 Workbook, 2013.
- [18] <https://leica-geosystems.com/products/disto-and-leica-lino>, Pristupljeno:2024-04-02
- [19] <https://bostondynamics.com/products/spot/>, Pristupljeno:2024-04-02
- [20] https://img.directindustry.com/images_di/photo-g/122929-7859993.jpg,
Pristupljeno:2024-07-02