Utjecaj vertikalnih sila na kutije za jaja u transportnim postupcima

Dejak, Stjepan-Goran

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:250132

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

UTJECAJ VERTIKALNIH SILA NA KUTIJE ZA JAJA U TRANSPORTNIM POSTUPCIMA

DIPLOMSKI RAD

Stjepan-Goran Dejak

Zagreb, prosinac, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:
Poljoprivredna tehnika- mehanizacija

UTJECAJ VERTIKALNIH SILA NA KUTIJE ZA JAJA U TRANSPORTNIM POSTUPCIMA

DIPLOMSKI RAD

Stjepan-Goran Dejak

Mentor: Prof.dr.sc. Stjepan Pliestić

Neposredni voditelj: Doc.dr.sc. Ante Galić

Zagreb, prosinac, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Stjepan-Goran Dejak**, JMBAG 0035170984, rođen 12.11.1988. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

UTJECAJ VERTIKALNIH SILA NA KUTIJE ZA JAJA U TRANSPORTNIM POSTUPCIMA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studenta

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Stjepan-Goran Dejak**, JMBAG 0035170984, naslova

UTJECAJ VERTIKALNIH SILA NA KUTIJE ZA JAJA U TRANSPORTNIM POSTUPCIMA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo:		potpisi:
1. Prof. dr. sc. Stjepan Pliestić	mentor	_____
Doc. dr. sc. Ante Galić	neposredni voditelj	_____
2. Prof. dr. sc. Dubravko Filipović	član	_____
3. Doc. dr. sc. Krešimir Čopec	član	_____

ZAHVALA

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Stjepanu Pliestiću i asistentu doc. dr. sc. Anti Galiću na iskazanom povjerenju, savjetima, uloženome vremenu i trudu prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Sadržaj

1. Uvod 1

1.1. Cilj rada 2

2. Pregled literature 3

3. Utjecaj transporta na jaja 4

3.1. Utjecaj statičkih sila 4

3.2. Utjecaj dinamičkih sila 6

3.3. Utjecaj vibracija 7

3.4. Utjecaj temperature 7

3.5. Utjecaj klime 8

3.6. Utjecaj vode 8

4. Karakteristike ljuske jaja 9

5. Proces transporta jaja 11

5.1. Proces unutarnjeg transporta 11

5.2. Proces vanjskog transporta 16

5.2.1. Utjecaj sila tereta na transportno vozilo 19

5.2.2. Način osiguravanja tereta prilikom transporta 23

5.2.3. Uporaba podloga protiv proklizavanja u transportu 31

6. Skladištenje i hlađenje jaja 32

6.1. Opis tehnologije skladištenja jaja 34

6.1.1. Selekcija i pakiranje jaja 34

6.1.2. Oprema i priprema za hlađenje 34

6.1.3. Pravilna temperatura, vlažnost i strujanje zraka 34

6.1.4. Periodično ispitivanje kvalitete 35

6.1.5. Postupno prilagođavanje jaja višim temperaturama prije izuzimanja 35

6.2. Promjene na hlađenim jajima 35

6.2.1. Mikrobiološke i kemijske promjene 35

6.3. Smrzavanje jaja 36

7. Rizik od konzumacije jaja oštećenih prilikom skladištenja i transporta 37

8. Ambalaža za jaja 39

8.1. Ambalaža od kartona i papira 39

8.2. Polistirenska ambalaža 40

8.3. Ambalaža od ekspandiranog polistirena 42

8.4. Ambalaža od biopolimera 43

9. Materijali i metode 44

10. Rezultati i rasprava 47

10.1. Kontinuirano opterećenje 47

10.2. Koncentrirano opterećenje 52

10.2.1. Kartonska kutija 52

10.2.2. Polistirenska kutija 53

10.2.3. Kutija od ekspandiranog polistirena 54

11. Zaključak 55

12. Popis literature 56

Životopis 59

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Stjepan-Goran Dejak**, naslova

UTJECAJ VERTIKALNIH SILA NA KUTIJE ZA JAJA U TRANSPORTNIM POSTUPCIMA

Osnovna uloga ambalaže je zaštita jaja tijekom rukovanja, skladištenja i transporta. Novi trendovi i globalizacija tržišta zahtijevaju distribuciju hrane na velike udaljenosti, što na ambalažu stavlja sve veće zahtjeve u cilju zaštite zapakirane robe.

Osnovne karakteristike dobrih ambalažnih materijala su mogućnost njihove masovne proizvodnje, efikasnost samog materijala, pogodnost njegove strukture i oblika, praktičnost upotrebe i utjecaj tog materijala na okoliš.

Fizička zaštitna uloga pakiranja važna je kod proizvoda osjetljivih na udarce i vibracije kao što su jaja. Pri tome značajnu ulogu ima i sam materijal od kojeg su kutije izrađene.

Konstrukcija kutija omogućava da se svako jaje postavi u za to predviđeno mjesto pri čemu je spriječen kontakt s drugim jajima u pakiranju. Materijal izrade i konstrukcija kutija štite jaja od neželjenih posljedica koje se javljaju tijekom prijevoza i skladištenja preuzimanjem sila umanjujući njihovo djelovanje na ljusku jaja.

Istraživanje je provedeno na 3 najzastupljenija tipa kutija za jaja koja se koriste na području Republike Hrvatske. Kutije su podvrgnute djelovanjem sila u smjerovima osi z. Sila potrebna za lom jaja ovisi o konstrukciji i materijalu izrade kutije.

Najbolje rezultate pokazale su kartonske kutije kod kojih je za lom jaja potrebno primijeniti najveću silu.

Ključne riječi: ambalaža, jaja, transport, skladištenje

Summary

Of the master's thesis - student **Stjepan-Goran Dejak,** entitled

THE EFFECT OF VERTICAL FORCES ON EGG BOXES DURING TRANSPORT PROCEDURES

The basic role of packaging is the protection of eggs during handling, storage and transport.

New trends and globalization of the market require food distribution over long distances, which place on the packaging ever increasing demands.

Conditions necessary to produce appropriate packaging are possibility for mass production, reasonable and efficient packaging material, suitable structure and form, convenience, and consideration of disposal.

The physical protective role of packaging is important for shock and vibration sensitive products such as eggs. The boxes may be made from materials having different strengths and different wall thicknesses in order to control the deformation of the boxes.

Box shapes have a dimpled form in which each dimple accommodates an individual egg and isolates that egg from eggs in adjacent dimples. This structure helps protect eggs against stresses exerted during transportation and storage by absorbing a lot of shock and limiting the incidents of fracture to the fragile egg shells.

Boxes were compressed along their z-axis effectively indicated the cartons relative protective abilities. The force needed to break the eggs depends on the boxes design and material.

Cardboard boxes showed best results according to maximum forces needed to break eggs.

Keywords: packaging, eggs, transportation, storing

1. Uvod

Riječ transport potječe od latinske riječi *transportare*, što znači prijenos, prijevoz ili prijevod, a sam transport podrazumijeva prijevoz ili prijenos robe (materijala) transportnim sredstvima, od izvora do cilja, putem mreže (ceste, prometnice) u slučaju vanjskog transporta ili putem trase u slučaju unutarnjeg transporta (Pliestić, 2014).

Tijekom prijevoza i skladištenja javlja se niz čimbenika koji mogu utjecati na kvalitetu proizvoda. Najznačajniji među njima su vertikalne statičke sile uslijed vertikalnog slaganja robe, horizontalne statičke sile uzrokovane hvatanjem, držanjem robe nekim od transportno manipulativnih uređaja tijekom procesa utovara ili istovara, horizontalne dinamičke sile nastale zbog promjene brzine ili smjera kretanja vozila i vertikalne dinamičke sile koje se javljaju kao posljedica pada robe prilikom manipulacije.

Upotrjebljeni ambalažni materijal predstavlja barijeru između upakiranih poljoprivredno prehrambenih proizvoda i fizikalnih, kemijskih i bioloških čimbenika koji mogu uzrokovati njihovo kvarenje.

Fizička zaštitna uloga pakiranja jako je bitna kod poljoprivredno prehrambenih proizvoda osjetljivih na udarce i vibracije kao što su jaja. Osnovna uloga ambalaže je zaštita jaja tijekom rukovanja, skladištenja i transporta.

U tu svrhu, do sada je najčešće korištena kartonska ambalaža pomoću koje se jaja mogu transportirati i skladištiti.

Zadatak kutija za jaja je također i pružanje zaštite unutrašnjosti jaja ograničavanjem izmjene plinova kroz opnu i ljusku.

Specifičan oblik kutija osigurava da se u svako udubljenje (ležište, gnijezdo, kornet) smjesti pojedinačno jaje i na taj ga način osigurava od mogućih oštećenja sprječavajući kontakt s drugim jajima.

Ovakva struktura također štiti jaja umanjujući djelovanje sila i vibracija koje se javljaju tijekom transporta i skladištenja umanjujući njihovo djelovanje na ljusku jaja.

Danas se na području Republike Hrvatske uglavnom koriste kutije za 10 jaja izrađene od kartona, polistirena i ekspandiranog polistirena.

1.1. Cilj rada

Cilj ovog rada je utvrditi opasnost od loma jaja u transportnom postupku analizirajući mehanička svojstva i zaštitnu sposobnost najzastupljenijih vrsta kutija za jaja u Republici Hrvatskoj.

U tu svrhu analizirana je zaštitna sposobnost tri najzastupljenije vrste kutija za jaja prema djelovanju sila koje se javljaju pri manipulaciji, transportu i skladištenju.

2. Pregled literature

Prema Danielli i sur. (2008.) primjena ambalaže za cilj ima: izbjegavanje kontaminacije upakiranog materijala, sprječavanje oštećenja i gubitka proizvoda, smanjenje gubitka na masi i osiguranje zadržavanja organoleptičkih svojstava hrane.

Pored navedenoga, ambalaža doprinosi i efikasnijoj distribuciji, prodaji i konzumaciji proizvoda (Restucia i sur. 2010.).

Yokoyama (1985.) kao osnovne karakteristike dobrih ambalažnih materijala, navodi mogućnost njihove masovne proizvodnje, efikasnost samog materijala koji se koristi, pogodnost njegove strukture i forme, praktičnost upotrebe i utjecaj tog materijala na okoliš. Provedena su brojna istraživanja s ciljem utvrđivanja uvjeta koje ambalaža za jaja mora zadovoljiti (Denton i sur. 1981.; Roland 1988.; Seydim i Dawson 1999.), a od tada do danas došlo je do određenog napretka u pogledu konstrukcije i materijala izrade.

Shulte Pason i sur. (1990.) navode da se pravilnim odabirom ambalaže mogu smanjiti utjecaji transporta na kvalitetu poljoprivredno prehrambenih proizvoda.

Chesson i O'Brien (1971.) navode da pojedine vrste ambalaže mogu imati negativan utjecaj na robu tijekom transporta pojačavajući vibracije od dna do vrha transportno manipulativne jedinice.

Thompson i Hamilton (1986.) navode da do najvećeg loma ljuske jaja dolazi upravo tijekom transporta, i to značajno više nego u bilo kojem drugom koraku prerade i distribucije.

Mellor i Gardner (1970.) navode da tijekom normalnih uvjeta transporta, niti jedan tip kutija za jaja ne pokazuje superiornost u odnosu na druge.

Berardinelli i sur. (2003.) navode da vibracije (drmanje, trešnja) imaju značajan utjecaj na pojavu dinamičkih naprezanja robe.

Adama i Skinner (1963.) analiziranjem utjecaja vibracija i udaraca na jaja utvrdili su značajnu povezanost loših uvjeta transporta s smanjenjem Haugh-ovih jedinica te pogoršanje unutarnjih karakteristika jaja s povećanjem učestalosti vibracija.

Panda sur. (1973.) su utvrdili značajnu povezanost između uvjeta transporta i smanjenja kvalitete žumanjaka i bjelanjaka kod transportiranih jaja.

Singh (1992.), te Pierce i sur. (1992.) navode da su vibracije tijekom prijevoza uzrokovane stanjem prometnice, udaljenosti od izvora do cilja transporta, karakteristikama prijevoznog sredstva i brzinom putovanja. Svako kretanje koje se ponavlja nakon vremenskog intervala naziva se vibracija ili oscilacija (Rao 2008.).

U pojednostavnjenom obliku, vibracije nastaju djelovanjem vanjskih sila koje djeluju na tijela koja se podupiru na vibrirajućim površinama, to je česta pojava pri različitim vrstama transporta (Griffin 1990.; Walber i Tamagna 2010.).

Ranathunga i sur. (2010.) te Walber i Tamagna (2010.) navode da su sva tijela s masom i elastičnosti podložna negativnom djelovanju vibracija. Isti autori navode da se sile tijekom kretanja vozila vibracije prenose preko pneumatika, nadalje na osovine i okvir, dok ne dođu do teretnog djela gdje se prenose na teret.

3. Utjecaj transporta na jaja

3.1. Utjecaj statičkih sila

Vertikalne statičke sile javljaju se kada je ambalaža složena u skladištima i vozilima pri čemu se javlja statički tlak uslijed vertikalnog slaganja robe.

Donji redovi složenih proizvoda izloženi su većem statičkom tlaku jer su opterećeni težinom proizvoda naslaganih na njih.

Horizontalne statičke sile nastaju prilikom hvatanja i držanja proizvoda nekim od transportno manipulativnih uređaja uslijed procesa utovara ili istovara.

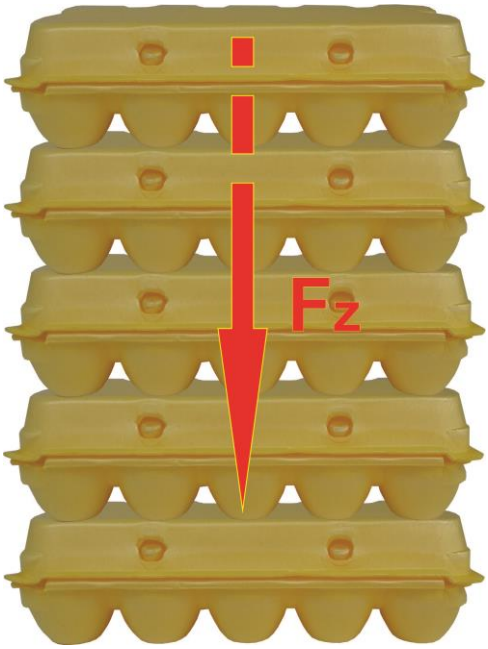
Krhkost je osobina materijala koja je suprotna elastičnosti i žilavosti. Materijali te osobine imaju malu žilavost i elastičnost, stoga su takvi materijali i pod utjecaje manje mehaničke sile podložni znatnim deformacijama strukture.

Struktura i debljina ljuske jaja su snažno povezane jedna s drugom, stoga je važno poznavati mehanička svojstva ljuske prilikom izbora materijala za izradu ambalaže za jaja.

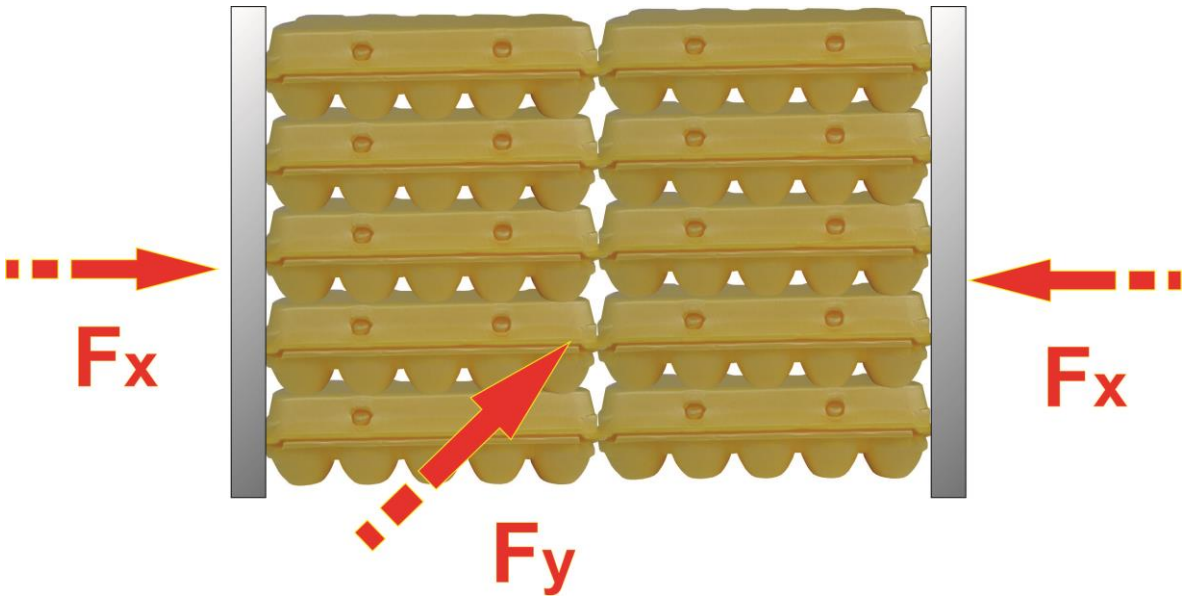
Čvrstoća ljuske ima važnu ulogu prilikom manipulacije jajima od samog prikupljanja i transporta od farme do skladišnog ili prodajnog mjesta.

Kako se težina jaja povećava tijekom proizvodnog razdoblja, jača i debljina ljuske jajeta (Altuntas i Sekeroglu 2008.). Isti autori također navode da sile potrebne za lom ljuske kokošjih jaja ovise o specifičnoj težini jaja, masi, volumenu, površini ljuske, debljini, te brzini kompresije.

Zbog navedenih čimbenika, proizvodnja jaja, manipulacija i sustav pakiranja moraju se organizirati uzimajući u obzir kriterije kao što su fizikalna svojstva jaja i njihova otpornost na vanjska mehanička oštećenja.



Slika 3.1. Djelovanje okomitih statičkih sila na kutije prilikom skladištenja



Slika 3.2. Djelovanje horizontalnih statičkih sila na kutije uzrokovanih hvatanjem, držanjem robe nekim od transportno manipulativnih uređaja.

3.2. Utjecaj dinamičkih sila

Vertikalne dinamičke sile nastaju uslijed promjene brzine ili smjera kretanja robe, odnosno prilikom transporta.

Zbog djelovanja horizontalnih dinamičkih sila, velika je mogućnost klizanja ili prevrtanja proizvoda, što često može dovesti do rušenja posloženi proizvoda u transportnom sredstvu.

Takvi padovi uslijed transporta proizvoda po mnogo čemu su slični padovima pri manipulaciji, no razlika je u uzroku pada, te visini s koje navedeni proizvod pada.

Posebnu grupu dinamičkih sila čine sile koje nastaju prilikom udara proizvoda o izbočine, oštre ili tupe dijelove transportnih vozila ili sredstava.



Slika 3.3. Utjecaj dinamičkih sila prilikom transporta

3.3. Utjecaj vibracija

Vibracija je periodično ili ciklično gibanje mehaničkih sustava (strojevi, građevine i drugo) oko ravnotežnog položaja prouzročeno vanjskom periodičnom silom ili otklonom iz ravnotežnoga položaja.

Za razliku od titranja, vibracije se javljaju s relativno malim otklonima od ravnotežnog položaja s obzirom na razmjere mehaničkog sustava.

U svakom se titraju potencijalna energija sustava pretvara u kinetičku i obrnuto, uz djelomičan gubitak energije zbog otpora i trenja, koja u obliku topline napušta sustav.

Vibracije (drmanje, trešnja) vozila uzrokuju dinamička naprezanja proizvoda, ali se smjer djelovanja tih sila na proizvode ne može opisati kao smjer djelovanja vertikalne ili horizontalne dinamičke sile.

Uslijed vibracija, uzrok pomaka je utjecaj trenutnog ubrzanja i njegova učestalost. Frekvencija opisuje jakost vibracije, te se može definirati kao broj kompletnih ciklusa oscilacija koje se javljaju po jedinici vremena, izražene u Hercima (Hz) (www.wikipedia.hr).

Veći ili manji prijenos intenziteta mehaničkih vibracija ovisi o sljedećim čimbenicima: uvjeti na cesti, prisutnosti rupa na istim, stanje i način održavanja transportnog vozila. Na učestalost pojave vibracija utječe i ponašanje vozača tijekom vožnje čija su odgovornost određivanje brzine, pretjecanja, kočenja i ubrzanja.

3.4. Utjecaj temperature

Svaki poljoprivredni proizvod s vremenom gubi na kvaliteti, međutim, gubitak je puno brži i veći ako se proizvod transportira ili skladišti u uvjetima nepovoljne temperature.

Tanner i Smale (2005.) navode da preniska temperatura može uzrokovati ozljede pa čak i zamrzavanje svježih poljoprivredno prehrambenih proizvoda, dok previsoka temperatura ubrzava disanje, gubitka vode i uzrokuje smanjenje kvalitete.

Uporaba predviđenog načina pakiranja za određeni proizvod, te isporuka u transportnim uređajima s mogućnošću kontrole temperature mogu smanjiti kvarenje za 5%.

Najveći broj bakterija koje uzrokuju trovanja hranom raste najbolje na temperaturi od 37 °C. Mnogi mikroorganizmi koji uzrokuju trovanja ne mogu se razmnožavati na temperaturi nižoj od 5 °C. To znači da bi u svim dijelovima hladnog lanca temperatura trebala biti ispod 5 °C i nikako ne bi smjela prelaziti vrijednost od 8 °C.

Temperatura hladnog lanca ne uništava mikroorganizme, ali sprječava njihovo razmnožavanje, odnosno porast broja mikroorganizama prisutnih u hrani.

U hladnom lancu ključna su dva čimbenika za održavanje kvalitete i neškodljivosti proizvoda: temperatura i vrijeme.

3.5. Utjecaj klime

Klima je jedan od čestih uzroka oštećenja poljoprivredno prehrambenih proizvoda prilikom transporta i skladištenja.

Uvjeti koji utječu na klimu, određeni su geografskim područjima, godišnjim dobom, te dobom dana.

Kako bi se poljoprivredno prehrambeni proizvodi zaštitili od utjecaja klime, potrebno je poznavati pravac i vrijeme transporta, kao i klimatske prilike karakteristične za taj transportni proces.

Proizvod u transportu ovisno o duljini transportnog puta, izložen je mnogim utjecajima, pa tako i promjeni klime.

Brzina i intenzitet tih promjena često može biti glavni uzrok oštećenja proizvoda. Vrijeme transporta treba, po mogućnosti, odraditi tako da se izbjegnu klimatski nepovoljni vremenski uvjeti, ili transport treba provesti na način da se proizvod zaštiti od djelovanja klime (Pliestić 2014.).

Osim klime slobodnog prostora, dakle vanjske klime, na proizvode utječe i klima zatvorenih prostora, odnosno unutarnja klima, koja se bitno može razlikovati od vanjske klime. Pod pojmom unutarnje klime smatra se klima transportnog prostora vozila i klima skladišta.

Klima zatvorenog prostora mijenja se u ovisnosti o vanjskoj klimi, ali uvijek s određenim vremenskim zakašnjenjem. Na klimu zatvorenog prostora utječu i proizvodi svojom temperaturom, kao i vlažnošću.

3.6. Utjecaj vode

Voda može nanijeti velike štete poljoprivredno prehrambenim proizvodima prilikom transporta ili skladištenja.

Utjecaj vode najviše dolazi do izražaja prilikom prekomorskog transporta, gdje oko 20% svih šteta nastaje djelovanjem vode.

Oštećenje transportirane robe može biti uzrokom djelovanja vanjske vode koja može biti u tekućem ili plinovitom agregatnom stanju.

Također, do oštećenja poljoprivredno prehrambenih proizvoda može doći i uslijed djelovanja unutarnje vode, odnosno vode koja nastaje znojenjem proizvoda.

U najvećoj mjeri se to događa u svježim proizvodima biljnog porijekla, kao što su: svježe voće, povrće i žitarice.

Do znojenja može doći i kod poljoprivredno prehrambenih proizvoda s visokim sadržajem vlage u kojima se ne odvijaju navedeni biokemijski procesi, pod uvjetom da je temperatura proizvoda viša od temperature zraka, i da je relativna vlažnost okolnog zraka visoka.

Seemann (1979.) navodi da pojava rosišta tj. nakupljanja kapljica vode na površini proizvoda i ambalaže može uzrokovati niz nepovoljnih pojava kao što su navlaživanje ambalaže pojava korozije i lijepljenje proizvoda.

Relativna vlažnost okolnog zraka trebala bi iznositi od 85 do 95% za većinu lakopokvarljivih poljoprivredno prehrambenih proizvoda. Ukoliko relativna vlažnost dosegne razinu od 100% stvaraju se plijesni i gljivice te kod proizvoda biljnog podrijetla dolazi do povećane proizvodnje etilena. Niska relativna vlažnost uzrokuje sušenje, smežuravanje i gubitak mase što u konačnici uzrokuje smanjenje tržišne vrijednosti proizvoda.

Kartonske i drvene kutije mogu apsorbirati vlagu iz proizvoda i mogu uzrokovati više od 1% gubitaka u masi proizvoda.

Apsorbirana vlaga također ima negativan utjecaj na takvu vrstu ambalaže, povećavajući njenu masu i slabeći joj strukturu i mehanička svojstva.

Stoga je u uvjetima visoke vlažnosti potrebno koristiti polimernu ili voskom premazanu drvenu i kartonsku ambalažu.

4. Karakteristike ljuske jaja

Ljuska jaja se sastoji uglavnom od kalcijevog karbonata, te u manjem postotku od kalcijevog fosfata i magnezijevog karbonata, ona čini otprilike 10% ukupne mase jaja. Uloga ljuske je zaštita sadržaja jaja svojim oblikom, kemijskim sastavom i tvrdoćom.

Valja naglasiti da je ljuska jaja prividno glatka i nepropusna, no zapravo je porozna, te pomoću pora na površini ljuske, jaje „diše“.

Također, ljuska jaja je prekrivena tankim zaštitnim slojem koji štiti jaje od prodiranja nečistoća i patogenih bakterija, stoga nije preporučljivo pranje jaja vodom kako se on ne bi oštetio.

Kvaliteta ljuske jaja ovisi o veličini i masi jaja. Anderson i sur. (2004.) navode da indeks oblika i debljina ljuske jaja također uvelike utječe na količinu oštećenih jaja tijekom manipulacije i transporta. Pored toga i razne fizikalne osobine jaja kao što su volumen, površina, debljina ljuske i masa jaja značajno utječu na mehanička svojstva kokošjih jaja.

Čvrstoća ljuske jaja određena je genetskim porijeklom kokoši, njezinom starosti, te ostalim čimbenicima: kvaliteti hrane, bolestima, klimatskim uvjetima i načinu uzgoja.

Na veličinu jaja utječe nekoliko faktora, najvažniji faktor je starost kokoši, to jest činjenica da starenjem kokoš nosi veća jaja.

Nadalje, faktori koji utječu na veličinu jaja su pasmina kokoši te njihova veličina i masa.

Među okolišnim čimbenicima koji utječu na veličinu jaja mogu se izdvojiti oscilacije u temperaturi, stres, prenatrpanost kokoši na farmi, te lošu ishrana.

Jaje ima oblik elipse čiji je radijus zakrivljenosti veći na jednoj strani nego na drugoj, te je zbog svog oblika podložno kotrljanju.

Kotrljanje jaja može uzrokovati sudaranje jaja sa drugim jajima, ili sa nekim drugim objektom, te mogu nastati neželjena oštećenja na ljusci jaja, zbog krhkosti i osjetljivosti same ljuske.

Oštećenje jaja prvenstveno je uzrokovano dinamičkim silama, uslijed ispadanja, sudara i vibracija. Kako bi se gubitak jaja što više umanjio od posljedica sudaranja i vibracija, potrebno je pri manipulaciji jajima koristiti materijale koji će amortizirati vanjske utjecaje na jaja prilikom sakupljanja, ocjenjivanja, pakiranja, obrade, skladištenja, transporta i trgovine.

Statistički podaci pokazuju da stopa oštećenja jaja tijekom prerade iznosi 3,7%, dok je stopa gubitka uzrokovana pukotinama ljuske jaja 6-8%, pri čemu neke mikroskopske pukotine ostaju nevidljive (Haiyan i sur. 2017.).

U svrhu utvrđivanja statičkih karakteristika jaja proveden je velik broj istraživanja. Tako Upadhyaya i sur. (1986.), mjerenjem osnovnih fizikalnih parametara ljuske jaja zaključili su da veličina jaja i indeks oblika jaja imaju značajan utjecaj na statičku tlačnu čvrstoću jaja. Isti autori navode da debljina ljuske jaja uvelike utječe na iznos maksimalnog vertikalnog opterećenja, te da je radijus zakrivljenosti na vrhu svakog kraja jaja u značajnoj korelaciji s maksimalnim vertikalnim opterećenjem, koje se povećavalo proporcionalno sukladno povećanju radijusa zakrivljenosti.

Liu i Wu (1992.) analizirali su dinamička svojstva jaja, uključujući deformaciju pod statičkim pritiskom, te maksimalnu visinu s koje se jaje može baciti bez da nastanu oštećenja na ljusci prilikom pada na površine od različitih vrsta materijala.

Haiyan i sur. (2017.) proveli su istraživanje s ciljem utvrđivanja maksimalne visine s koje jaje može pasti na površinu od polietilenske pjene bez da pretrpi oštećenje ljuske. Na temelju provedenih pokusa utvrdili su da maksimalna visina s koje jaje neće pretrpjeti oštećenja prilikom ispuštanja na površinu od polietilenske pjene iznosi 42,6 cm. Dobiveni model kojeg su predložili navedeni autori može poslužiti kao teorijski temelj te pružiti smjernice za istraživanja o zaštitnoj ambalaži za jaja, te kao temelj za pravilan odabir i konstrukciju opreme koja se koristi pri manipulaciji jajima.

5. Proces transporta jaja

5.1. Proces unutarnjeg transporta

Unutarnji transport jajeta na farmi počinje od trenutka kad je isto sneseno, pa do trenutka kad se nalazi zapakirano na transportnom vozilu spremno za izlazak izvan kruga farme.

Na većim, odnosno bolje opremljenim farmama, jaja se gotovo potpuno automatizirano prikupljaju, sortiraju te pakiraju u željenu ambalažu.

Gnijezda u koja kokoši nesu jaja, izvedena su na način da se pod gnijezda nalazi pod nagibom do 20°, kako bi se sneseno jaje gravitacijom otkotrljalo na pokretnu traku izvan gnijezda, odnosno dosega kokoši.

Jaja potom pokretnom trakom dolaze do stroja za sortiranje gdje se sortiraju prema veličini, te se odvajaju prljava i napuknuta jaja.



Slika 5.1. Prikupljanje jaja

Izvor: http://landmeco.dk/media/46551/IMG_7474.JPG

Nadalje, sortirana jaja odlaze u stroj za pakiranje koji pakira jaja u željenu vrstu ambalaže.



Slika 5.2. Automatsko pakiranje jaja

Izvor: https://galeria.trojmiasto.pl/Pakowanie-jajek-389822.html?id_news=67879&pozycja=5

Zapakirana jaja se slažu na palete, paletne sanduke ili manje polimerne sanduke za transport, te se viličarom prenose do transportnog vozila.

Prilikom slaganja zapakiranih jaja u transportno vozilo, treba voditi računa do koje visine se slažu. Jaja u ambalaži zauzimaju značajan volumen a masa im je relativno mala. Zbog toga pri manipulaciji upakiranim jajima treba imati na umu da se lakši teret lakše kreće i sila trenja je najčešće nedovoljna da se osigura stabilnost pa taka materijal treba dodatno osigurati pri transportu.



Slika 5.3. Priprema jaja za transport

Izvor: https://www.pileprom.com/priplodna-jaja/priprema_priplodnih_jaja_za_transport/



Slika 5.4. Utovar jaja viličarom na transportno sredstvo

Izvor: http://www.luneta.hr/hr/fotogalerija.html



Slika 5.5. Utovarena jaja spremna za transport

Izvor: http://www.luneta.hr/hr/fotogalerija.html

Također, treba uzeti u obzir veličinu transportiranih jaja, različita jaja se različito ponašaju, veća XXL jaja zbog svoje veličine mogu sa ambalaže na sebe prenijeti sile, te su takva jaja podložnija oštećenjima prvenstveno ukoliko prije pakiranja nije provedeno njihovo razvrstavanje na osnovu veličine, ukoliko su upakirana u neadekvatnu ambalažu ili ukoliko se transportiraju na neadekvatan način.

Polimerni sanduci za transport jaja su dizajnirani tako da mogu izdržati velika opterećenja, strukturno su ojačani rebrima i izrađeni od materijala koji moraju biti otporni na deformacije uzrokovane vanjskim silama.

Takvi sanduci su izrađeni od poliolefinskih smola, otporni su na kiseline, ugljikovodike, lužine i otapala.

Vrlo važna karakteristika je sklopivost praznih sanduka, što je kod transporta praznih sanduka izuzetno važno, jer štedi prostor a samim time i novac.

Za određivanje količine jaja koju možemo prevoziti transportnim vozilom, valja uzeti u obzir dimenzije, odnosno volumen transportnog prostora na vozilu, dimenzije transportnih sanduka, ukoliko se koriste, te dimenzije kutija ili podloška u/na kojima se nalaze jaja.

Duljina i širina polimernih sanduka za jaja su 0,61 x 0,34 m, visina kod većih sanduka je 0,32 m, te 0,18 m kod manjih sanduka (slike 5.6. i 5.7.).



	Unutarnje dimenzije	Vanjske dimenzije
Dužina (m)	0,60	0,58
Širina (m)	0,33	0,31
Visina (m)	0,32	0,30

Slika 5.6. Polimerni sanduk za transport jaja kapaciteta 288 jaja

Izvor: http://www.toscaltd.com/supply-chain-solutions/eggs/



	Unutarnje dimenzije	Vanjske dimenzije
Dužina (m)	0,60	0,58
Širina (m)	0,33	0,31
Visina (m)	0,18	0,16

Slika 5.7. Polimerni sanduk za transport jaja kapaciteta 144 jaja

Izvor: http://www.toscaltd.com/supply-chain-solutions/eggs/

Masa praznih sanduka je 2,26 kg kod većih, te 1,36 kg kod manjih sanduka. Kapacitet većih sanduka je 24 kutije za jaja sa po 12 jaja, te kapacitet manjih sanduka, 12 kutija sa po 12 jaja, što znači 288 jaja u većim sanducima, odnosno 144 jaja u manjim sanducima.

Na standardnu paletu dimenzija 1000 x 1200 mm, stane maksimalno 42 većih sanduka (po 6 sanduka u 7 nivoa), odnosno 78 manjih sanduka (po 6 sanduka u 13 nivoa), čime dobivamo ukupnu visinu paletizirane jedinice od 2,34 i 2,41 m, odnosno ukupan broj jaja po paleti od 12096 jaja u većim sanducima, te 11232 jaja u manjim sanducima.

Na primjer, kod transportnog prostora vozila dimenzija 2,46 x 2,80 x 6,50 m, volumen iznosi 44,77 m^3, te je moguće utovariti 12 standardiziranih paleta, što znači ukupno 145152 jaja u većim sanducima, odnosno 134784 jaja u manjim sanducima. Ukupni volumen koji zauzima 12 paleta s većim sanducima iznosi 33,696 m^3 dok ukupni volumen koji zauzima 12 paleta s manjim sanducima iznosi 34,704 m^3.

S obzirom da ukupni volumen transportno tovarnog prostora iznosi 44,77 m^3 volumna iskoristivost transportnog prostora kada transportiramo jaja u većim sanducima iznosi 75,26% dok volumna iskoristivost transportnog prostora kada transportiramo jaja u manjim sanducima iznosi 77,52%.

Unatoč tome što je kod transporta u manjim sanducima volumna iskoristivost transportnog tovarnog prostora veća za 2,26%, zbog većeg volumnog udjela ambalaže u manjim sanducima se transportira 10368 jaja manje što je za 7,14% manje nego kod transporta u većim sanducima.

5.2. Proces vanjskog transporta

Kapacitet ili mogućnost smještaja tereta u vozilo predstavlja najveću količinu tereta koji se može odjednom prevesti. Kapacitet vozila je u uskoj vezi s njegovim dimenzijama te čvrstoćom njegove konstrukcije kao i mogućnošću zadovoljenja zakonskih propisa. Pliestić (2015.) kao elemente ocjenjivanja nosivost teretnog vozila navodi sljedeće parametre:

- *korisnu nosivost* kao najvažniji pokazatelj kapaciteta vozila. Ona predstavlja osnovni parametar eksploatacijskih karakteristika vozila, koji je određen ne samo dimenzijama i jačinom svih nosećih elemenata i okvira, odnosno konstrukcije vozila, već i masom transportno tovarnog prostora. Korisnom nosivošću vozila nije utvrđena stvarna količina tereta koju vozilo može transportirati. Količina stvarnog tereta - robe, ovisi o volumenskoj masi tereta i unutrašnjih (korisnih) dimenzija transportno-tovarnog prostora.
- *specifičnu površinsku nosivost* koja predstavlja odnos između korisne nosivosti (*q*) vozila, te površine transportno-tovarnog prostora (*l* * *b*).

$$q_{SA}=\frac{q}{l \cdot b} \quad (t/m^2)$$

- *specifičnu volumnu nosivost* vozila koja predstavlja odnos korisne nosivosti i volumena transportno-tovarnog prostora.

$$q_V = \frac{q}{V} = \frac{q}{l \cdot b \cdot h} \quad (t/m^3)$$

Gdje su:

- q_V - specifična volumna nosivost vozila (t/m^3),
- q - korisna nosivost vozila (t),
- l - korisna unutrašnja dužina transportno tovarnog prostora (m),
- b - korisna unutrašnja širina transportno tovarnog prostora,
- h - visina stranica transportno tovarnog prostora.

- *koeficijent iskorištenja volumne nosivosti* koji pokazuje stupanj mogućeg korištenja nosivosti vozila pri prijevozu roba (tereta) određene volumne (gustoće) mase. Taj koeficijent predstavlja odnos iskorištenog volumena transportno-tovarnog prostora i volumne (gustoće) mase tereta prema korisnoj nosivosti.

$$\gamma_V = \frac{V \cdot \eta_V \cdot \varsigma}{q}$$

Gdje su:

- V - unutrašnji korisni volumen transportno-tovarnog prostora (m^3),
- ς - gustoća transportiranog materijala (t/m^3),
- q - korisna nosivost vozila,
- η_V - koeficijent iskorištenja volumena transportno-tovarnog prostora za određenu vrstu robe.

  Ako je: $\eta \geq 1$ - korisna nosivost može se iskoristiti u potpunosti,

  $\eta < 1$ - korisna nosivost je manja,

  η_{max} - 1.2 - 1.3 (zemlja, kamen).

- *koeficijent statičkog iskorištenja korisne nosivosti* (γ) koji predstavlja odnos količine stvarno prevezene robe prema moguće prevezenoj količini pri potpunom iskorištenju nosivosti.

$$\gamma = \frac{Q}{q \cdot n}$$

Gdje su:

- γ - koeficijent statičkog iskorištenja korisne nosivosti,
- Q - ukupna količina stvarno prevezene robe (t),
- q - korisna nosivost transportnog sredstva (t),
- n - broj vožnji transportnog sredstva s teretom.

- *koeficijent dinamičkog iskorištenja korisne nosivosti* (ε) koji predstavlja odnos ostvarenog transportnog rada W_o koji je mogao biti ostvaren pod uvjetom da je pri svakom prijeđenom kilometru s teretom nosivost transportnog sredstva bila potpuno iskorištena.

$$\varepsilon = \frac{W_0}{q \cdot AK_t}$$

Gdje su:

- ε - koeficijent dinamičkog iskorištenja korisne nosivosti,
- W_o - ostvaren transportni rad (t km),
- Ak_t - prijeđeni kilometri s teretom svih transportnih sredstava u voznom parku,
- q - korisna nosivost vozila ili transportnog sredstva (t).

Prije utovara odnosno istovara tereta s prijevoznog sredstva potrebno je poduzeti sve radnje da se teret ne pomiče s mjesta na kojem je pričvršćen. To je vrlo važno zbog sigurnosti radnika koji sudjeluju u procesu transporta, kao i zbog sigurnost tereta.

Bitan element sigurnosti na cestama predstavlja ispravan utovar i pravilno osiguranje tereta na vozilima, radi čega je vrlo važno pridržavati se određenih standarda. Teret koji nije osiguran može ispasti s vozila i prouzročiti nesreću, a česte promjene smjera i nagla kočenja mogu dovesti u opasnost i samog vozača.

U cilju što sigurnijeg transporta postoji niz preporuka na koje treba obratiti pozornost prije samog utovara tereta na vozilo među kojima su od iznimnog značaja:

- pobrinuti se da transportno tovarni prostor vozila i teret budu čisti,
- odrediti optimalnu metodu i opremu za utovar,
- odrediti najbolji način osiguranja tereta (blokiranjem, izravnim vezanjem, vezanjem preko tereta ili kombinacijom metoda),
- odrediti broj i vrstu sredstava za osiguranje tereta,
- provjeriti kvalitetu i stanje materijala za osiguranje tereta,
- odrediti vrstu i količinu protukliznih podloga i ostalih sredstava za osiguranje,
- paziti na opterećenje tereta s obzirom na dopuštenu masu vozila,
- obratiti pozornost na opterećenje tereta s obzirom na dopušteno opterećenje vozila po osovinama,
- kod odabira transportnog sredstva treba uzeti u obzir tehničku ispravnost vozila, dimenzije transportnog dijela vozila i nosivost,
- kombinirati optimalni raspored tereta (lakša roba na vrh, teža na dno),
- opteretiti vozilo u skladu s planiranim slijedom istovara,
- pobrinuti se da nema slobodnog prostora između tereta,
- provjeriti ravnomjerni raspored sile vezanja, tako da se tereti vežu što je više moguće pod pravim kutom,
- provjeriti da se osiguravanjem tereta ne oštećuje sam teret (Bagić, 2014.).

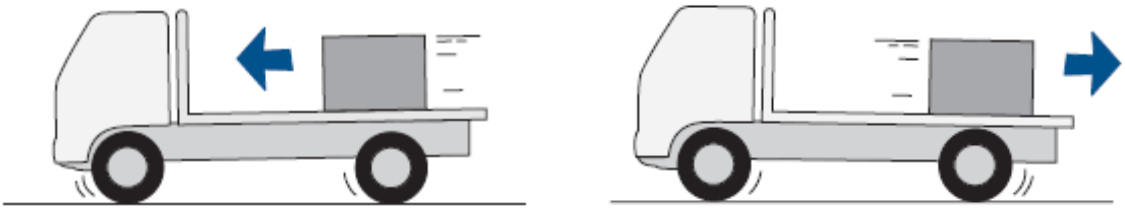
Prilikom transporta jaja cilj je promjene kvalitete i kvantitete svesti na minimum. Kako bi se transport obavio pravilno, te bez neželjenih posljedica, potrebno je poznavati fizička svojstva transportiranog materijala, kao i statičke i dinamičke sile koje se javljaju prilikom transporta.

Kao i kod većine tereta u transportu tako i kod jaja vrlo je važno transportirani teret postaviti unutar transportnog prostora na način da je stabilan, dobro učvršćen i prije svega siguran.

Pri kretanju, vozilo i njegov teret podložni su silama uzrokovanim promjenama brzine, smjera ili nagiba. Te sile se javljaju tijekom kočenja, ubrzavanja, skretanja ili kretanjem po neravnom terenu. Pri tome najčešće dolazi do pomicanja tereta prema naprijed prilikom kočenja ili unatrag prilikom ubrzavanja.

5.2.1. Utjecaj sila tereta na transportno vozilo

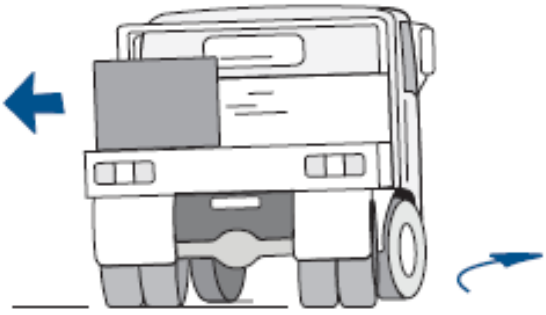
Naglim ubrzanjem ili naglim usporavanjem, odnosno kočenjem može doći do pomicanja tereta u smjeru suprotnom smjeru kretanja vozila, to u konačnici može uzrokovati ispadanje tereta iz vozila ili može prouzrokovati udaranje tereta o stjenke transportnog prostora vozila.



Slika 5.8. Pomak tereta prilikom ubrzavanja i kočenja

Izvor: Load restraint guide, 2004.

Prilikom skretanja ili vožnje kroz zavoje može doći do bočnog pomicanja tereta (slika 5.8.). Što je veća brzina kretanja po zavoju i što je zavoj oštriji to je potrebno u primijeniti veću silu za sprječavanje kretanja tereta.



Slika 5.9. Pomak tereta prilikom skretanja ili vožnjom u zavojima

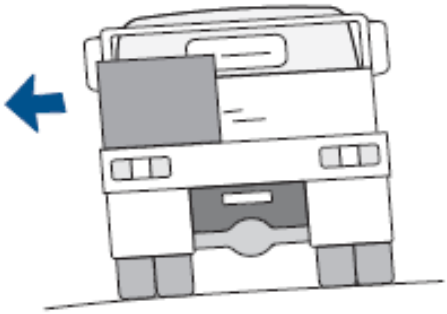
Izvor: Load restraint guide, 2004.

Centrifugalna sila djeluje na vozilo i teret u smjeru poprečne osi pri skretanju, te vožnji kroz zavoje. Centrifugalna sila nastoji nagnuti vozilo, te gura teret u suprotnom smjeru od smjera kretanja vozila, što može imati za posljedicu prevrtanje vozila. Sile koje djeluju na teret prilikom transporta preko valovitih ili brdovitih cesta povećat će se kako se povećava nagib ceste (slika 5.10.).



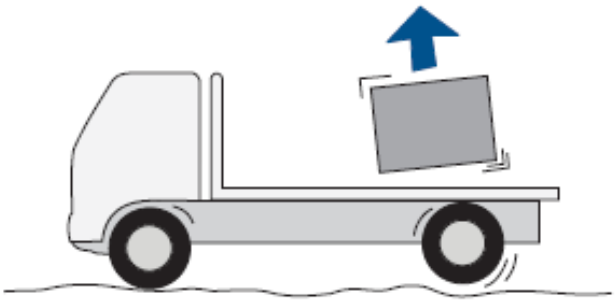
Slika 5.10. Pomak tereta prilikom transporta preko valovitih ili brdovitih cesta
Izvor: Load restraint guide, 2004.

Sile koje djeluju na teret pri vožnji po nagnutim cestama također će se povećavati kako se nagib ceste povećava.



Slika 5.11. Pomak tereta prilikom kretanja na površinama pod nagibom
Izvor: Load restraint guide, 2004.

Prilikom kretanja transportnog vozila preko neravnih površina, uslijed vibracija, može doći pomicanja, poskakivanja ili do ispadanja tereta sa vozila.



Slika 5.12. Pomak tereta prilikom kretanja po neravnim površinama
Izvor: Load restraint guide, 2004.

Masa samog tereta uslijed kretanja vozila najčešće nije u mogućnosti osigurati dovoljnu silu trenja između površine tereta i površine transportnog prostora vozila, stoga je potrebno teret dodatno učvrstiti.

Da bi se osigurao kvalitetan transport potrebno je obratiti pozornost na sljedeće:

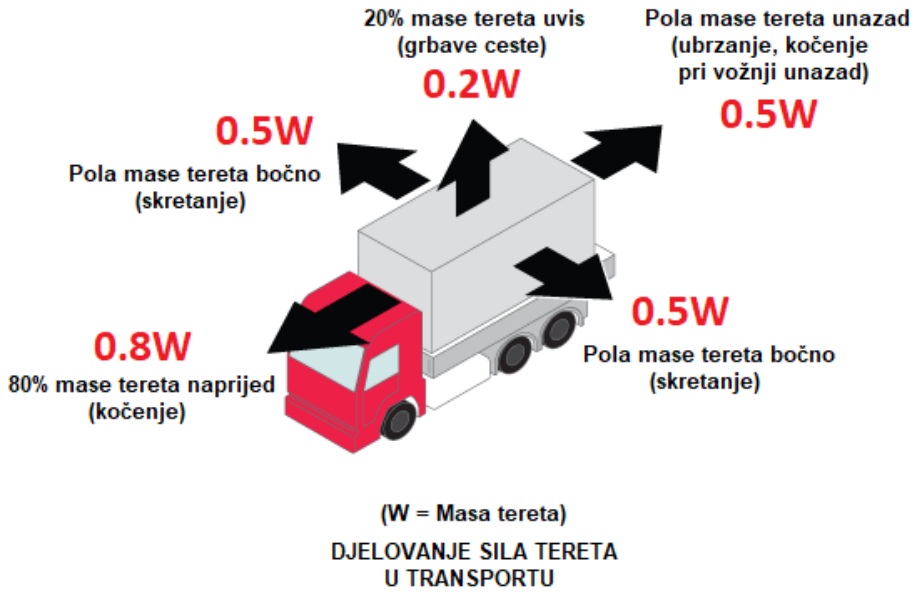
- odabir prikladnog transportnog sredstva, što znači da vozilo mora biti prikladno za vrstu i veličinu tereta koji se transportira,
- ispravno postavljanje i slaganje tereta u transportno tovarnom prostoru,
- koristiti prikladnu opremu za osiguranje tereta koja mora biti u ispravnom stanju i mora osigurati teret od nepoželjnog kretanja tijekom transporta.

Sustav za osiguranje tereta mora stoga zadovoljiti sljedeće zahtjeve:

- teret mora biti osiguran da ne dođe do njegovog ispadanja iz vozila,
- svako kretanje tereta treba biti ograničeno, tako da u slučajevima ukoliko ipak dođe do pomicanja tereta to pomicanje ne utječe negativno na stabilnost vozila i pomak težišta vozila.

Sustav za osiguranje tereta zadovoljit će propise o standardima učinkovitosti, ukoliko ne dođe do pomaka tereta kada se on podvrgne djelovanju sila u iznosu od:

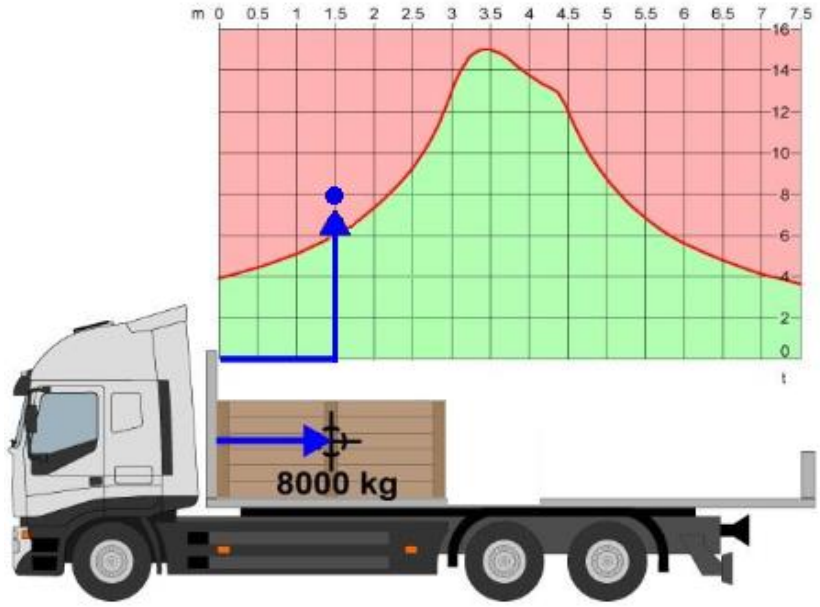
- 0.8 W pri usporavanju u smjeru naprijed što znači da pri transportu tereta težine 10 t sustav za osiguranje tereta mora izdržati sile koje nastaju djelovanjem mase od 8 t: 0,8 W = 80 % težine tereta,
- 0.5 W pri ubrzanju ili kočenju kod kretanja unatrag,
- 0.5 W pri skretanju,
- 0.2 W pri kretanju u vertikalnom smjeru (slika 5.13.).



Slika 5.13. Djelovanje sila tereta na transportno vozilo

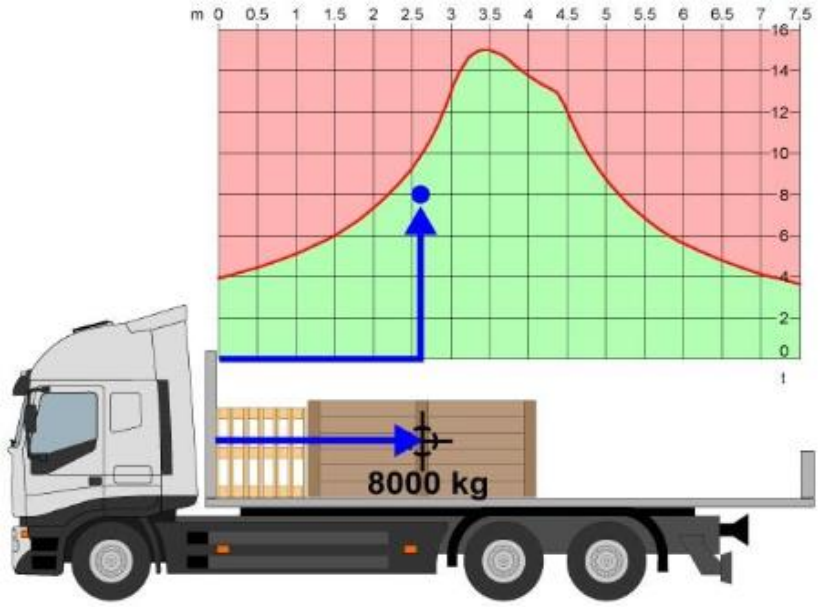
Izvor:http://reglinrubber.com.au/solutions/use-rubber-load-mat-to-ensure-safe-load-restraint/

Također, treba voditi računa da se težišta vozila i tereta usklade, pošto se prilikom transporta vozilo i teret ponašaju kao cjelina te mogu međusobno negativno utjecati jedno na drugo ako njihova težišta nisu usklađena.



Slika 5.14. Nepravilno postavljen teret na transportnom sredstvu

Izvor: http://www.akeri.se/sites/default/files/uploaded_files/san_luis_guidelines_safe_load_securing_road.pdf



Slika 5.15. Pravilno postavljen teret na transportnom sredstvu

Izvor: http://www.akeri.se/sites/default/files/uploaded_files/san_luis_guidelines_safe_load_securing_road.pdf

5.2.2. Način osiguravanja tereta prilikom transporta

Teret koji prevozi motorno vozilo ili prikolica mora uvijek biti osiguran na način da osobe ili imovina nisu dovedeni u opasnost. Učinkovito učvršćivanje tereta ovisi o vrsti tereta i počinje s ispravnom ambalažom prikladnom za transport, utovarom i slaganjem te učvršćivanjem utovarene robe. Samo dobro zapakirana i složena roba može biti učvršćivana i transportirana u skladu s propisima.

Teret se može osigurati pomoću dvije osnovne metode, bilo neposredno ili izravno, tj. privezivanjem tereta ili ograničenjem njegova kretanja. Prilikom privezivanja tereta njegovo pomicanje se sprječava isključivo djelovanjem sile trenja.

Ograničenje kretanja tereta postiže se njegovim blokiranjem pomoću različitih pomagala, umetaka ili pregrada te njegovim vezanjem za vozilo.



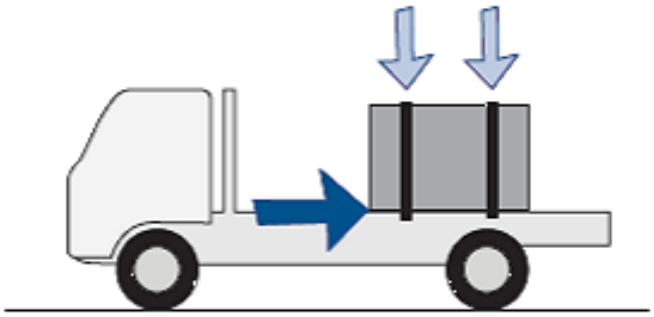
Slika 5.16. Način osiguravanja tereta prilikom transporta

Izvor: Load restraint guide, 2004.

Metoda privezivanja tereta je najčešće korišten način osiguravanja tereta pomoću sredstava za privezivanje.

Teret je osiguran od pomicanja pomoću sile trenja između tereta i vozila, te se time sprječava pomicanje tereta naprijed, nazad i u stranu. Zatezni pojasevi stežu teret prema podnoj površini transportno tovarnog prostora vozila i na taj način iz to što se povećava sila trenja između površina također se sprječava poskakivanje i kretanje tereta u visinu.

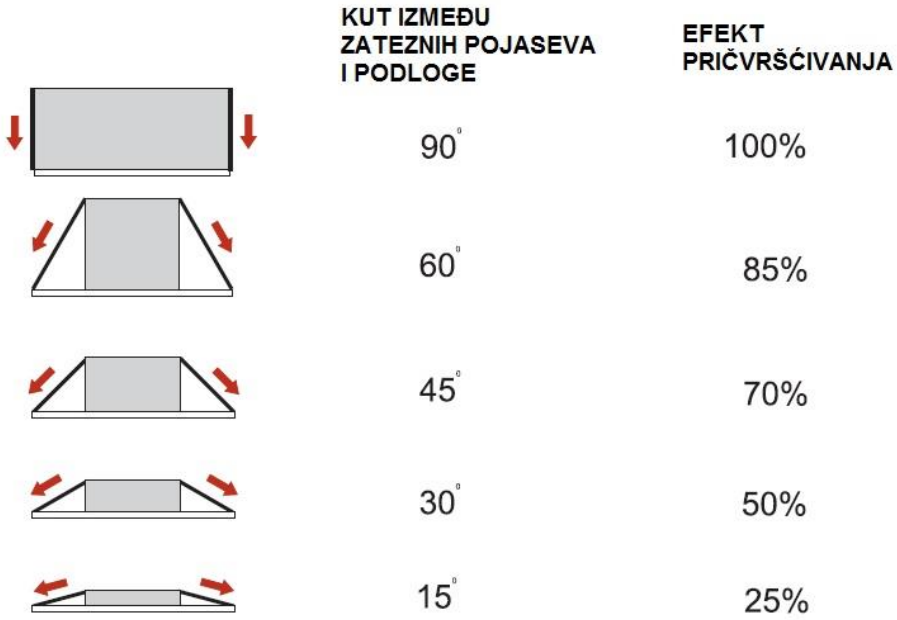
U ovom slučaju sila trenja koja se javlja ne ovisi samo o masi tereta i stanju dodirnih površina, već i o sili kojom uređaj za zatezanje djeluje na teret. Efektivna sila zatezanja načelno ovisi o tome kojom se silom zatezni pojas priteže.



Slika 5.17. Osiguranje tereta metodom privezivanja

Izvor: Load restraint guide, 2004.

Pri osiguranju tereta metodom privezivanja treba imati na umu da smanjenjem kuta pod kojim su pojasevi postavljeni pri vezanju smanjujemo učinak njihovog djelovanja (slika 5.18.).



Slika 5.18. Promjena učinka djelovanja zateznih pojaseva pri promjeni kuta nagiba

Izvor: Load restraint guide, 2004.

Teret koji nije dodatno osiguran vezanjem, bez obzira na veliku silu trenja površina, može poskočiti prilikom kretanja vozila po neravnim površinama, te se u tim situacijama može pomaknuti uslijed promjene brzine ili smjera.

Kod direktnog osiguranja teret može biti direktno osiguran izravnim pričvršćenjem, blokiranjem ili vezivanjem bez pomoći sile trenja.

Direktnim pričvršćenjem i blokiranjem teret se može kvalitetnije osigurati nego primjenom metode privezivanja zateznim pojasevima.

Posebnom konstrukcijom transportnih vozila i opreme, vremenski period osiguravanja tereta se može se znatno skratiti.

Izravnim pričvršćivanjem teret može biti učvršćen bez ikakvih dodatnih sigurnosnih elemenata. Na ovaj način se transportno vozilo mogu pričvrstiti različite cisterne, kontejneri i spremnici za materijale u rahlo rasutom stanju.



Slika 5.19. Osiguranje izravnim pričvršćivanjem

Izvor: Load restraint guide, 2004.

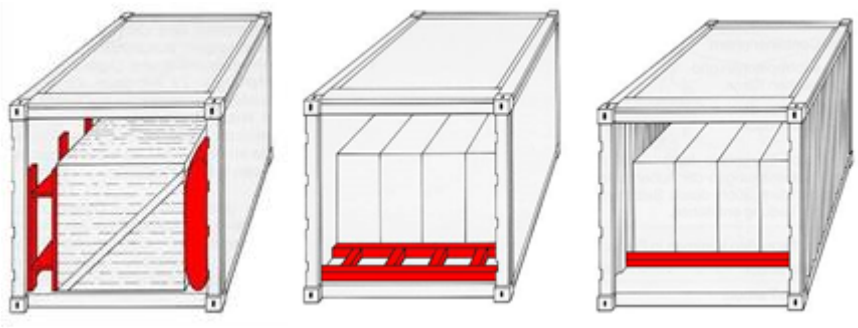
Teret može biti direktno učvršćen blokiranjem uz dijelove konstrukcije vozila, ili uz neki drugi teret ili predmet koji je u kontaktu s konstrukcijom vozila.

Na slici 5.20. prikazan je teret učvršćen pomoću ploče uzglavlja vozila, no ovaj način osiguranja tereta zahtjeva dodatna bočna, stražnja i okomita učvršćenja.



Slika 5.20. Osiguranje blokiranjem tereta

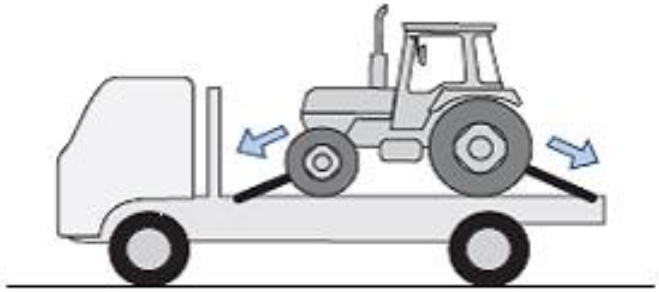
Izvor: Load restraint guide, 2004.



Slika 5.21. Različiti načini osiguravanja tereta blokiranjem

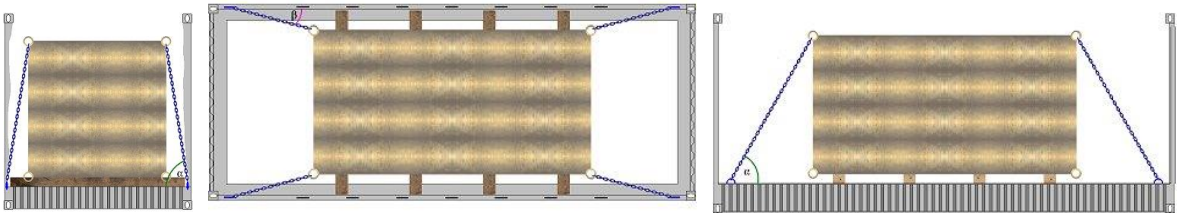
Izvor: Pliestić, 2015.

Teret može biti direktno učvršćen pomoću zateznih uređaja ili lanaca koji pružaju potrebno osiguranje (slika 5.22.).



Slika 5.22. Osiguranje tereta izravnim povezivanjem s dijelovima transportnog sredstva

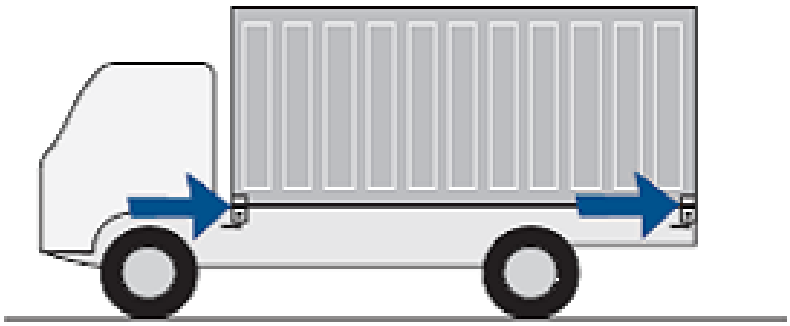
Izvor: Load restraint guide, 2004.



Slika 5.23. Osiguranje tereta izravnim povezivanjem lancima

Izvor: Pliestić, 2015.

Pričvršćeni teret se može direktno učvrstiti pomoću mehaničkih elemenata (takozvani „twist –lock“ mehanizmi) koji pružaju potrebno osiguranje.

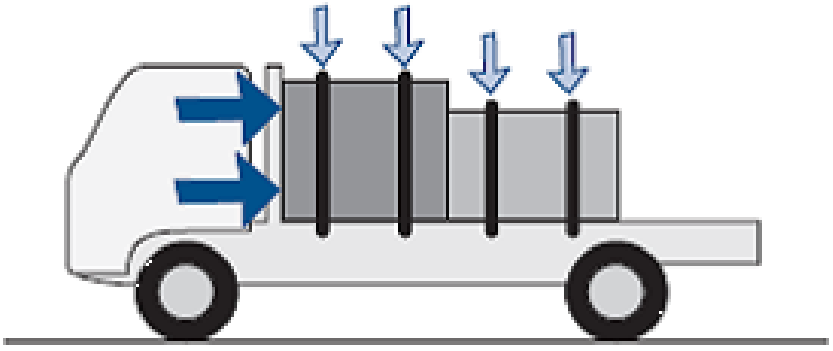


Slika 5.24. Osiguranje tereta izravnim povezivanjem pomoću mehaničkih elemenata
Izvor: Load restraint guide, 2004.

Pored navedenih, postoje i različite kombinirane metode osiguravanja tereta. Jedna od takvih metoda prikazana je na slici 5.25. koja pokazuje osiguranje tereta pomoću sile trenja koju stvaraju masa tereta i zatezni pojasevi, uz dodatno blokiranje prednjeg tereta pomoću uzglavne ploče vozila s prednje strane i blokiranjem stražnjeg tereta pomoću prednjeg tereta.

U navedenom primjeru spriječen je pomak tereta unaprijed kombinacijom sile trenja, napetosti zateznih pojaseva, te blokiranjem pomoću uzglavne ploče.

Također teret je spriječen da se pomiče bočno i unazad samo djelovanjem sile trenja, dok zatezni pojasevi sprječavaju pomicanje tereta uvis.

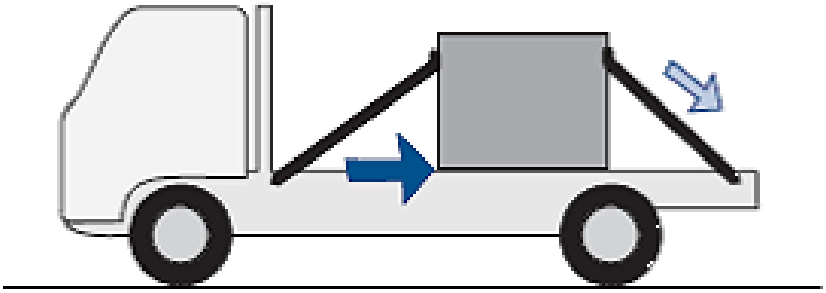


Slika 5.25. Kombinirana metoda osiguravanja tereta
Izvor: Load restraint guide, 2004.



Slika 5.26. Kombinirana metoda osiguravanja tereta blokiranjem i zateznim pojasevima uz primjenu protukliznih podloga

Izvor: http://www.lkw-walter.com.hr



Slika 5.27. Osiguranje tereta pomoću djelovanja sile trenja koju stvara masa tereta uz direktno učvršćenje pomoću zateznih uređaja ili lanaca

Izvor: Load restraint guide, 2004.

Kako bi sa sigurnošću utvrdili koji je ispravan način osiguravanja tereta u transportu pomoću zateznih pojasa, služimo se izračunima pomoću standardiziranih algoritama po normi EN 12195-1:2010.

U svrhu sprječavanja klizanja tereta na transportnom sredstvu koji je učvršćen pomoću dva zatezna pojasa koji prelaze preko njega, možemo koristiti standardiziranu jednadžbu EQ10 koja glasi:

$$m = \frac{n * 2 * \mu * \sin\alpha * F_T}{g(c_{x,y} - \mu * c_z) f_s}$$

Gdje su:

- m - masa tereta (kg),
- n - broj zateznih pojasa,
- μ - faktor trenja,
- α - vertikalni kut zateznog pojasa (°),
- F_T - sila,
- g - gravitacija, 9,81 m/s^2,
- $c_{x,y}$ - koeficijent horizontalnog ubrzanja,
- c_z - koeficijent vertikalnog ubrzanja,
- f_s - faktor sigurnosti.

Za određivanje načina sprječavanja klizanja tereta pomoću dijagonalno učvršćenog zateznog pojasa koristimo standardiziranu jednadžbu EQ35 koja glasi:

$$m = \frac{2 * n * F_R * (\mu * f_\mu * sin\alpha + cos\alpha * cos\beta)}{g * (c_x - \mu * f_\mu c_z)}$$

Gdje su:

- m - masa tereta (kg),
- n - broj zateznih pojasa,
- F_R - sila,
- μ - faktor trenja,
- f_μ - faktor sigurnosti,
- α - vertikalni kut zateznog pojasa (°),
- β - horizontalni kut zateznog pojasa (°),
- g - gravitacija, 9,81 m/s^2,
- c_x - koeficijent horizontalnog ubrzanja prilikom kretanja prema naprijed,
- c_z - koeficijent vertikalnog ubrzanja.

Kako bi izračunali moguće naginjanje, odnosno stabilnost tereta na transportnom sredstvu koje nije osigurano zateznim pojasom, koristimo standardiziranu jednadžbu EQ3 koja glasi:

$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} d$$

Gdje su:

- $b_{x,y}$ - horizontalna udaljenost između centra gravitacije i točke naginjanja u svim smjerovima,
- $c_{x,y}$ - koeficijent horizontalnog ubrzanja,
- c_z - koeficijent vertikalnog ubrzanja,
- d - vertikalna udaljenost između centra gravitacije točke naginjanja.

Za osiguravanje tereta od prevrtanja pomoću dva zatezna pojasa preko tereta, koristimo standardiziranu jednadžbu EQ16 koja glasi:

$$m = \frac{2 * n * F_T * sin\alpha}{g * \left(c_y * \frac{h}{w} - c_z\right) * f_s}$$

Gdje su:

- m - masa tereta (kg),
- n - broj zateznih pojasa,
- F_T - sila tereta (N),
- α - vertikalni kut zateznog pojasa (°),
- g - gravitacija, 9,81m/s^2,
- c_y - bočni horizontalni koeficijent ubrzanja,
- h - visina tereta (m),
- w - širina tereta (m),
- c_z - vertikalni koeficijent ubrzanja,
- f_s - bočni faktor sigurnosti.

5.2.3. Uporaba podloga protiv proklizavanja u transportu

Bez obzira na potencijalne opasnosti koje mogu nastati prilikom kočenja vozila u slučaju nužde, izbjegavanja prepreka ili neravnih površina, ne smije doći do kretanja tereta unutar transportnog prostora.

Kako u mnogim situacijama jednostavno nije moguće osigurati teret na odgovarajući način samo pomoću konstrukcije transportnog prostora, podloge protiv proklizavanja zbog svojih sposobnosti povećanja trenja između tereta i podne podloge transportno tovarnog prostora, te zbog jednostavne ugradnje na transportno vozilo predstavljaju standardni dio opreme u svakom ozbiljnijem transportu.

Podloge protiv proklizavanja smanjuju rizik od proklizavanja prilikom osiguravanja tereta sa zateznim pojasevima, te zajedno s njima, između tereta i transportnog vozila formiraju homogenu jedinicu.

Podloge protiv proklizavanja izrađuju se najčešće od reciklirane gume, debljine 8-15 mm, mogu podnijeti temperaturu u rasponu od -40 do 120°C, te ovisno o izvedbi mogu podnijeti opterećenje od 250-700 t/m^2.

Navedene podloge povećavaju trenje između površina tereta i transportnog vozila za 15-50 %, ovisno o elementima koji utječu na trenje kao što su vlaga, nečistoće i sl.

Prilikom izračunavanja, ne može se točno odrediti utjecaj podloge protiv proklizavanja na trenje zbog nejednakih uvjeta tijekom različitih procesa transporta, stoga se zbog sigurnosti uzima faktor trenja $\mu = 0,6$.

Zbog navedenih svojstava, podloge protiv proklizavanja imaju široku primjenu u svim načinima transporta od cestovnog i željezničkog pa sve do brodskog i zračnog transporta.

6. Skladištenje i hlađenje jaja

Hladiti znači nekom tijelu smanjivati unutrašnju energiju odvođenjem energije, što se manifestira sniženjem njegove temperature.

Hlađenje je najčešće i najšire primjenjiva metoda kratkotrajnog konzerviranja za razne vrste poljoprivredno prehrambenih proizvoda.

Među poznatim metodama konzerviranja, smatra se da je hlađenje metoda kojom se najmanje mijenjaju originalna svojstva proizvoda.

Sniženjem temperature usporava se dozrijevanje, a time i mekšanje teksture i promjena boje; usporavaju se mnogi negativni procesi metabolizma i smanjuje se oslobođenje topline disanja (respiracije), gubitak vode (transpiracije), kvarenje izazvano bakterijama, gljivicama, kvascima i sl.

Hlađenje hrane na temperaturi blizu nule primjenjuje se za produženje njene trajnosti. Hlađenjem se hrana ne može čuvati duže vrijeme, a to koliko će se hrana moći čuvati konzervirana hlađenjem ovisi od više čimbenika.

Dva su osnovna zadatka u procesu hlađenja o kojima se mora voditi računa: prvi je što brže ohlađivanje proizvoda na odgovarajuću temperaturu, a drugi je održavati tu temperaturu tokom čuvanja, skladištenja i transporta, odnosno do krajnje upotrebe.

Osim temperature, važno je voditi računa o količini vlažnosti zraka, tj. potrebno je pravilno održavati temperaturu i relativnu vlažnost zraka pri čuvanju poljoprivredno prehrambenih proizvoda hlađenjem.

Ako se dogodi da je relativna vlažnost zraka preniska, proizvodi će dehidrirati, gubiti na težini, može doći do pojave smežuranja i sl., ako je relativna vlažnost previsoka, dolazi do pojave rasta mikroorganizama. Relativna vlažnost zraka kod skladištenja različitih poljoprivredno prehrambenih proizvoda može značajno varirati ovisno o svojstvima proizvoda.

Svježa jaja su uvijek poželjna zbog svog okusa koji se neznatno mijenja ukoliko su jaja pravilno uskladištena, stoga je poželjno očuvati jaja za buduću upotrebu kada su ona još po niskim cijenama i ima ih u izobilju.

Za očuvanje kvalitete jajeta isprobane su mnoge metode kao što su polaganje jaja u piljevini ili očuvanje ljuske jajeta njegovim premazivanjem parafinom ili s nekom drugom tvari kako bi se spriječila evaporacija i ulazak zraka u unutrašnjost.

Uvođenjem hladnih skladišta, riješen je veliki dio problema kako očuvati jaja svježima uz što manje promjene kvalitete.

Ukoliko su jaja svježa prilikom pohranjivanja, moguće ih je zadržati i do nekoliko mjeseci svježima bez značajnih promjena uz uvjet da ih držimo na temperaturi koja je viša od temperature njihova smrzavanja.

Jaja koja se na takav način predugo skladište mogu poprimiti strane mirise, može doći do razvodnjavanja žumanjka i bjelanjka, smanjenja mase te u konačnici gubitaka na kvaliteti.

U toplijim područjima jaja se puno brže kvare, te ih je zbog toga potrebno čim prije pohraniti na niske temperature.

Idealne temperature za njihovu pohranu u takvim uvjetima se kreću do 13 ^{o}C, ali su poželjnije nešto niže temperature (uglavnom između 10 ^{o}C i 13 ^{o}C).

U Hrvatskoj tijekom ljetnih mjeseci preporučuje se držanje jaja na temperaturama od -0,5 ^{o}C do +2,5 ^{o}C, uz relativnu vlažnost zraka od 82 do 87% i provjetravanje prostorija, čime se jaja mogu čuvati i do 6 mjeseci.



Slika 6.1. Skladištenje jaja u hladnjači

Izvor: https://www.topagrar.pl/zdjecia_rolnicze/nasze-akcje-i-wyjazdy-studyjne/szerencsi-mezogazdasagi-miliony-jaj-na-wlasnej-paszy/

6.1. Opis tehnologije skladištenja jaja

Pri skladištenju jaja treba voditi računa o sljedećem:

- selekciji i pakiranju jaja,
- opremi i pripremi za hlađenje,
- pravilnom strujanju zraka, te pravilnom odabiru temperature i vlažnosti zraka,
- periodičnom ispitivanju kvalitete,
- postupnom prilagođavanju jaja višim temperaturama prije izuzimanja iz hladionice.

6.1.1. Selekcija i pakiranje jaja

Jaja moraju odgovarati slijedećim zahtjevima:

- ljuska jajeta mora biti čista i neoštećena,
- zračne komore moraju biti propisane visine,
- bjelanjak mora biti čvrst i bistar,
- žumanjak mora biti vidljiv samo kao sjenka i pri okretanju jajeta i ne smije se puno udaljiti od centralnog položaja,
- miris mora biti specifičan za svježe jaje.

Jaja prije samog skladištenja moraju proći postupak prosvjetljavanja, uz što je poželjno uzeti uzorak. Ta jaja se razbijaju te im se dodatno provjerava kvaliteta.

Razdoblje između polaganja i skladištenja jaja ne bi smjelo biti duže od nekoliko dana, te se u tom razdoblju jaja moraju držati na hladnom.

Ambalažni materijal koji se koristi mora biti nov, čist, bez oštećenja te bez stranog mirisa jer ga jaja lako primaju na sebe.

6.1.2. Oprema i priprema za hlađenje

Skladište za pohranu mora imat mogućnost pranja podova, zidova i stropa. Prije skladištenja ono mora biti temeljito pročišćeno s toplom vodom i sapunom ili deterdžentom bez mirisa, suho i provjetreno.

U rashladnom skladištu prije unošenja jaja moraju se uspostaviti uvjeti željene temperature i relativne vlažnosti zraka.

6.1.3. Pravilna temperatura, vlažnost i strujanje zraka

Najbitnije je oprezno i redovito pratiti rad hladionice. Temperatura između -1,5 ^{o}C i 0 ^{o}C je preporučena. Na temperaturi od -2,5 ^{o}C jaje se smrzne.

Prostorija treba biti dobro konstruirana i izolirana da bi se u svim djelovima održavali isti uvjeti.

Relativna vlaga se treba kretat od 80 do 85% pri temperaturi od -1 ^{o}C, dok se pri temperaturi od 10 ^{o}C relativna vlaga kreće od 75 do 80%, te u tom slučaju gubitak težine ne bi smio biti veći od 0,5% mjesečno.

Dnevna izmjena zraka ovisi o godišnjem dobu i tehničkim uvjetima. Ukoliko vremenski uvjeti dopuštaju, kao i oprema hladionice, preporučuje se dnevna izmjena zraka 2 do 4 puta.

6.1.4. Periodično ispitivanje kvalitete

Ove provjere su neophodne da bi se izbjegao veći gubitak na težini od dozvoljenog. Svaki mjesec bi trebalo uzimati uzorak te provjeravati koliki je gubitak nastupio, ali i provjeriti miris te okus.

6.1.5. Postupno prilagođavanje jaja višim temperaturama prije izuzimanja

Pri izuzimanju jaja iz hladionice moramo voditi računa da ne dođe do kondenzacije vlage na ljusci.

To smanjujemo na najmanju moguću mjeru postupnim podizanjem temperature ili premještanjem jaja kroz prostorije sa različitom temperaturom.

Ako dođe do kondenzacije, jaja bi se trebala držati u uvjetima koji omogućuju da kondenzirana vlaga ispari u roku 24 sata.

Prosječno skladištenje kreće se oko pola godine. Poslije iznošenja iz hladionice takva se jaja moraju upotrijebiti najkasnije u roku od 7 dana.

6.2. Promjene na hlađenim jajima

Prilikom starenja jajeta, smanjuje se unutrašnji sadržaj uslijed isparavanja, a raste zračna komora, te pomoću tih promjena možemo utvrditi svježinu jajeta.

Tokom skladištenja pojedini slojevi žumanjka postaju tamniji, dok bjelanjak dobiva blago žućkastu boju, dok istovremeno opna žumanjka postaje sve tanja i puca. Gubitak na težini ne zavisi samo o vremenu čuvanja već i o relativnoj vlažnosti zraka. Jaje držano na 10 ^{o}C i relativne vlage od oko 80% gubi na masi oko 0,02 g/danu.

Jaja koja imaju tamniju i deblju ljusku manje gube na težini.

6.2.1. Mikrobiološke i kemijske promjene

Jaja koja su pokvarena djelovanjem gljivica poprimaju na ljusci tamne mrlje, koje tokom vremena prekriju cijelu njegovu površinu.

Bjelanjak postaje vodenast dok se žumanjak lijepi za ljusku. Takva jaja još uvijek zadržavaju svoj okus iako im se miris značajno mijenja.

Jaja pokvarena djelovanjem bakterija u kasnijem stadiju zaudaraju na sumporovodik (H_2S). Kod takvih jaja u početnom stadiju bjelanjak s vremenom poprima zelenkastu boju i postaje vodenast, a samim time žumanjak postaje pokretljiviji i lijepi se na ljusku.

U kasnijem stadiju bjelanjak postaje žut, a žumanjak limun-žute boje te se stvara homogena smjesa.

Skladištenjem jaja može doći i do razlaganja albumina, te se mijenja sadržaj vode u bjelanjku i žumanjku jer s vremenom može doći do difundiranja dijela vode iz bjelanjka u žumanjak.

6.3. Smrzavanje jaja

Smrzavanje je metoda konzerviranja kojom se duže vrijeme može održati gotovo nepromijenjena kvaliteta prehrambenih proizvoda, pa su danas proizvodnja smrznute hrane i asortiman smrznutih proizvoda u neprestanom porastu.

Konzerviranje smrzavanjem temelji se na činjenici da se izdvajanjem vode u obliku kristala leda i snižavanjem temperature praktički zaustavljaju kemijski, biokemijski i mikrobiološki procesi.

Što je više vode izdvojeno u obliku kristala leda, to je veća stabilnost smrznutog proizvoda.

Međutim, smrzavanje izaziva i određene veće ili manje irverzibilne promjene u proizvodima, koje su posljedica veličine kristala leda, što je brzina smrzavanja veća, to će kristali leda i nastale promjene biti manji.

Industrijska proizvodnja smrznute hrane danas je u stalnom usponu jer se na temelju novih spoznaja i s razvojem uređaja za smrzavanje sve više širi asortiman smrznutih proizvoda te poboljšava njihova kvaliteta. Važno mjesto među njima imaju i jaja.

Smrznuta jaja primjenjuju se uglavnom kao dodatak u proizvodnji nekih drugih prehrambenih proizvoda.

Smrzavanjem se smanjuje broj mikoroorganizama, ali može doći do velikih promjena u teksturi. Uslijed takvog načina očuvanja dolazi do izvjesnih promjena u jajetu. Kod bjelanjaka su te promjene relativno male i odnose se na izvjesno smanjenje viskoznosti, što ne utječe na njegova funkcionalna svojstva.

Smrzavanjem i čuvanjem smrznutog žumanjka na temperaturama ispod -6 ^{o}C raste viskoznost i javlja se želiranje. Takav žumanjak može izgubiti svojstvo tečenja i ostati u krutom stanju. Želiranje se može spriječiti tako da mu dodamo sol ili saharozu (2% soli ili 8% saharoze).

Na želiranje žumanjka utječu brzina i temperatura smrzavanja te vrijeme i temperatura skladištenje. Utvrđeno je da do želiranja dolazi tek ispod -6 ^{o}C. Pri brzom smrzavanju pojava želiranja je manja.

7. Rizik od konzumacije jaja oštećenih prilikom skladištenja i transporta

Ljuska je prirodna ambalaža jaja stoga je njena kvaliteta i otpornost prema djelovanju vanjskih sila od presudnog značaja tijekom svih procesa u proizvodnom lancu.

Proizvodnja konzumnih jaja ali i prerađivačka proizvodnja ima značajan gospodarski potencijal no međutim, fizikalna svojstva jaja, i općenito njihova kvaliteta mogu značajno varirati.

Hincke i sur. (2000.) navode da pojava loma ljuske jaja i dalje predstavlja velik problem, unatoč konstantnim poboljšanjima u kvaliteti ljuske jaja uzrokovanim kontroliranjem prehrane, te manipulacijom okolišnih i genetskih čimbenika nesilica. Takva oštećena jaja smatraju se opasnim za zdravlje, jer je njihov sadržaj izložen djelovanju bakterijskih patogena, a pogotovo ukoliko se takva jaja koriste u proizvodima koji nisu dovoljno termički obrađeni.

Todd (1996.) navodi da je vjerojatnost od zaraze uzrokovane mikroorganizmima veća i to od 3 puta kod jaja s minimalno napuknutom ljuskom do čak 93 puta kod jaja s značajnijim oštećenjem ljuske. Autor također navodi da napuknuta ljuska omogućava da mikroorganizmi brže i u što većem broju migriraju u unutrašnjost jaja.

Prema Solomon (2010.) te Mazzuco i Hester (2005.) do smanjenja kvalitete ljuske jaja dolazi i pojavom stresa kod nesilica te primicanjem kraju razdoblja nesivosti.

Na taj način, stanje ljuske u vrijeme polaganja jaja može utjecati na učestalost pojave loma. Učestalost pojave loma ljuske uzrokuje značajne ekonomske gubitke za proizvođače jaja prvenstveno zbog gubitka proizvoda ali i potrebe za zbrinjavanjem takvih jaja (Kemps i sur. 2006.).

Poznavanje fizikalnih svojstava kokošjih jaja, prvenstveno kvalitete ljuske, od izuzetne su važnosti projektantima i konstruktorima za projektiranje, konstruiranje i izradu opreme za manipulaciju, sortiranje, pakiranje u ambalažu, transport i skladištenje, utovar/istovar u/iz transportnog vozila, te tehnolozima za utvrđivanje ponašanja jaja u postupcima manipulacije i transporta.

Svježina jaja s vremenom opada, a ovisi o trajanju i uvjetima skladištenja. Jaja je dobro sakupiti čim prije iz peradarnika/kokošinjca jer su to prostori u kojima će uvijek biti prisutna opasnost od zaraze salmonelom.

Jaja se ne trebaju prati, jer će se time uništiti kutikula (membrana na ljusci), te će doći do bržeg kvarenja.

Ponekad se u komercijalnoj pripremi jaja ipak peru, ali se nakon toga poprskaju uljem u kontroliranim uvjetima.

Ako je oštećena membrana bjelanjka doći će do brze hidrolize proteina bjelanjka i povećanja razine amonijaka u žumanjku.

Woodburn i Van de Riet (1985.) u svojim istraživanjima navode da čak 19% proizvođača hrane u SAD-u upotrebljavaju jaja s napuknutom ljuskom u proizvodima koji se termički ne obrađuju čime izravno povećavaju rizik od zaraze krajnjih potrošača.

Bakterije iz roda Salmonella pronalazimo diljem svijeta u ljudima, životinjama i okolišu. Taj mikroorganizam ulazi u tijelo kroz probavni sustav, a za razvoj bolesti kod zdravih osoba je potreban velik broj kolonija.

Stoga infekcija obično nastaje kao rezultat masivnog unosa hrane gdje se bakterija nalazi u velikim koncentracijama. Kontaminacija jaja sa bakterijom salmonele uvijek je moguća, iako je rizik relativno mali.

Salmonelu na jaju možemo pronaći i na ljusci, te u bjelanjku i u žumanjku. Na ljusci najčešće nalazimo salmonelu kada je kokoš onečisti fecesom. Salmonela može tada i prodrijeti u unutrašnjost jaja dok se jaje još nije ohladilo i stvorilo kutikularnu barijeru.

No, ona bakterija koja uzrokuje pojave salmoneloze u ljudi najčešće se nalazi u žumanjku, to najčešće znači da je salmonela prisutna u kokošjim jajnicima.

Dakle, jaja oštećene ljuske mogu biti nosioci salmonele, ali statistički gledano, najviše pojava salmoneloze kod ljudi uzrokovano vertikalnim putem zaraze od bolesne jedinke, preko njenih jajnika, u unutrašnjost jaja, pa unosom termički nedovoljno obrađenih jaja u ljudski organizam.

Salmonela se slabo razvija na niskoj temperaturi, stoga je propisno hlađenje neophodno.

Salmonela se također uništava na visokoj temperaturi, te bi svi tekući dijelovi trebali poprimiti kruto stanje kod optimalne termičke obrade.

8. Ambalaža za jaja

Svaki proizvod, bez obzira na njegovu namjenu, ne može se staviti u promet bez ambalaže.

Također je vrlo bitna i opće poznata činjenica da "ambalaža prodaje proizvod", što znači da ambalaža svojim karakteristikama, oblikom, kvalitetom materijala i kvalitetom izrade, te posebno grafičkim dizajnom mora privući pozornost kupca.

Pritom je bitna njena dopadljivost i razlikovanje od sličnih, odnosno istih tipova proizvoda te funkcionalnost oblika i informativnost o sadržaju.

Kada se tome doda i neizbježna činjenica prisutne globalizacije, to znači, da pri odabiru ambalaže za neki proizvod valja uključiti vanjske utjecaje i znanstvena dostignuća, ali istovremeno osigurati i prepoznatljivost proizvoda.

Druga važna, te opće poznata činjenica je da je "ambalaža sastavni dio proizvoda", što znači da valja voditi brigu o ispravnosti ambalaže koja, osim što mora proizvod zaštititi da bude u nepromijenjenom stanju do same uporabe, ne smije uzrokovati prijelaz štetnih sastojaka iz ambalažnog materijala u proizvod, odnosno, mora biti zdravstveno ispravna (Pliestić 2015.).

Zadatak ambalaže je da robu na putu od polazišta do odredišta što bolje zaštiti od raznih mehaničkih naprezanja, atmosferskih, fizikalnih i kemijskih utjecaja, djelovanja mikroorganizama, insekata i glodavaca.

Osim toga, ambalaža treba spriječiti gubitak robe ili nekih njezinih sastojaka u okoliš, bilo zato što njihov gubitak smanjuje kakvoću robe, ili zato što roba ili njezini sastojci predstavljaju opasnost za okoliš.

8.1. Ambalaža od kartona i papira

Proizvodnja kartonske ambalaže se može provoditi na stroju s okruglim sitom i to s više korita za pulpu (2 -8 korita) poredani u seriji jedan iza drugog.

Listovi mokrog papira prenose se beskonačnom trakom na tiještenje i sušenje, te eventualno kalandriranje.

Vanjske slojeve čine reciklirana vlakna proizvedena od novinskog papira ili kartonske ambalaže. Unutrašnji sloj ili filer može biti izrađen od sličnog recikliranog materijala, ali slabije kvalitete.

U proizvodnji kartona se jedan vanjski sloj može razlikovati od drugoga (gornji od donjega). Kada se za kao gornji sloj koriste bijela reciklirana vlakna bez sita (bijeli top liner), nastali karton se naziva kromo-nadomjestak.

Karton i papir se nakon izrade mogu površinski obraditi, zagladiti kalandriranjem ili premazati jednim ili više slojeva premaza. Premaz se može aplicirati s obje strane ili samo s jedne strane.

Glavne prednosti kartona i papira su te što su načinjeni od obnovljivih i dobro upravljanih izvora sirovina.

Proizvodi od kartona i papira su vrlo lagani i zato zahtijevaju malo energije za transport, te su pogodni su za recikliranje i oporabu, a budući da su biorazgradivi, također se mogu i kompostirati.

Njihovi glavni nedostaci su što je proizvodnja papira energetski zahtjevna i potrebuje velike količine vode iako su u zadnje vrijeme napretkom u proizvodnom procesu omogućene znatne uštede vode.

Iako se otpadna papirna i kartonska ambalaža mogu reciklirati, korištenje recikliranih vlakana omogućava značajne energetske uštede, a samo recikliranje u praksi postavlja mnoge tehničke izazove.

Dodaci kao što su tinta ili lakovi, koji se koriste kako bi unaprijedili funkcionalna svojstva papira, stvaraju poteškoće u ponovnoj obradi. Primjerice, gotovo je nemoguće reciklirati valoviti karton koji je bio premazan voskom ili plastičnim slojem.

Također, papir i papirni proizvodi ne mogu se uzastopno reciklirati jer se vlakna uništavaju i skraćuju u svakom ciklusu, što uzrokuje slabljenje kvalitete papirnih proizvoda proizvedenih od recikliranih vlakana. Takva ambalaža može zahtijevati više materijala kako bi postigla veću čvrstoću prilikom transporta nego ona koja je proizvedena od izvornoga materijala.

Nadalje, ljepljive trake i naljepnice koje se često koriste kod takve ambalaže, mogu začepiti opremu za recikliranje.

8.2. Polistirenska ambalaža

Posljednjih godina veliki broj polimernih materijala je uveden u proizvodnju ambalažnog materijala, i danas oni predstavljaju najvažniju grupu materijala za pakiranje. Također važno je imati na umu da postoje velike razlike među pojedinim polimernim materijalima.

Polistiren je plastomer linearnih makromolekula opće formule $–[–CH(C_6H_5)–CH_2–]$ i predstavlja krt, lomljiv plastičan materijal sa relativno niskom točkom taljenja. Polistiren kao polimer ograničene fleksibilnosti, može se lako lijevati u kalupe i proizvesti kao proziran ili u boji. Kao takav predstavlja vrlo važan polimerni materijal zbog svojih dobrih svojstava i niske cijene, lake mogućnosti prerade i niza pozitivnih svojstva važnih za praktičnu primjenu.

Polistiren nastaje polimerizacijom čistog stirena kao homopolimer kojem se prema potrebi dodaju antistatici, svjetlosni stabilizatori, bojila i pigmenti, sredstva protiv gorenja i sl.

Homopolimerni polistiren je plastomerni materijal vrlo dobrih mehaničkih, toplinskih i izolacijskih svojstava. Gustoća mu je od 1.05 do 1.06 g/cm^3. Tvrd je i krhak, sličan staklu (staklast) i proziran, male udarne žilavosti, velikog indeksa loma i velike svjetlosne propusnosti.

Staklište mu je na temperaturi između 80 i 100 °C pa se može primjenjivati samo do temperature do 70 °C.

Modificiranjem polistirena kaučukom stvara se dvofazni sustav pa se tako proizvodi polistiren posebnih svojstava, u prvom redu visoke udarne žilavosti.

Stiren lako stvara kopolimere s raznim monomerima među kojima je najvažniji stiren-akrilonitrin (SAN) koji se također može modificirati kaučukom i dati vrlo uporabljiv termopolimer akrilonitril-butadienstiren (ABS).

SAN je kemijski otporniji od polistirena i pokazuje neka bolja mehanička svojstva dok ABS posjeduje veću krutost, tvrdoću i lakšu preradljivost. Polistiren visoke žilavosti, nazivan i modificiranim polistirenom ili polistirenom otpornim na udar, dvofazni je sustav fino dispergiranih čestica elastomera u polistirenu. Komercijalne vrste polistirena visoke žilavosti sadrže od 3 do 12% polibutadiena s veličinom elastomernih čestica od 1 do 5 nm.

Za razliku od običnog polistirena koji je tvrd i krhak materijal pa puca već pri produljenju do 1%, modificirani je polistiren vrlo žilav i može se prije loma istegnuti i do 60% svoje početne dužine.

Polistiren se prerađuje svim postupcima prerade plastomera u temperaturnom području od 180 do 250 °C, posebice injekcijskim prešanjem, ekstrudiranjem u ploče i filmove te puhanjem u predmete različitih oblika.

Polistiren i modificirani polistiren najviše se upotrebljava kao ambalaža za pakiranje poljoprivredno prehrambenih, farmaceutskih i kemijskih proizvoda.

Od prozirnog polistirena izrađuju se kutije i odmjerne posude za brašno, šećer, slatkiše, lijekove, kreme, ukrasne i dekorativne vaze, vješalice, okviri za slike i ogledala, štipaljke, četke i dr.

Od modificiranog polistirena izrađuju se dijelovi za vrata, pretinci i pregrade hladnjaka, kućišta za radio aparate i televizore, dijelovi usisivača, računala, pisaćih strojeva, telefona i drugih uređaja (Pliestić, 2015.).

8.3. Ambalaža od ekspandiranog polistirena

Ekspandirani polistiren (EPS) koji je poznatiji pod tvorničkim nazivom „stiropor“, termo-izolacijski je materijal karakterističnih fizikalno-kemijskih svojstava.

Upijanje vode kod EPS-a je vrlo malo, što mu omogućuje vrlo široku primjenu u proizvodnji izolacijskih elemenata, pa tako i u proizvodnji ambalaže za jaja.

U 1 m^3 ima prosječno 98% zraka i 3-6 milijuna zatvorenih ćelija, što ga čini izvanrednim toplinskim izolatorom. Pored izvanrednih toplinsko-izolacijskih svojstava (λ = 0.041 do 0.035 W/mK) ekspandirani polistiren karakteriziraju i zadovoljavajuća mehanička svojstava i niska cijena.

Ambalaža za jaja od EPS-a je za nekoliko puta laganija od ambalaže proizvedene od krutog polistirena ili kartona, no za razliku od istih nema vertikalne stošce u sredini uzduž kutije, što ima za posljedicu da uslijed kontinuiranog vertikalnog opterećenja na kutiju, dio opterećenja preuzimaju sama jaja.

Proizvodnja ekspandiranoga polistirena (EPS) provodi se u tri stupnja. U prvom se stupnju granule polistirena izlažu vodenoj pari u tzv. predekspanderu; struktura granule omekša, a lakohlapljivi ugljikovodik pentan prelazi u plinovito stanje. Uslijed toga granule ekspandiraju povećavajući svoj volumen 20 do 30 puta uz istovremeno smanjenje gustoće sa oko 600 kg/m^3 na 15 kg/m^3 do 30 kg/m^3. Predekspandirane granule transportiraju se pneumatskim transportom u paropropusne silose gdje dozrijevaju 8 - 24 sata.

Ovo odležavanje predstavlja drugi stupanj u kojemu se odvija difuzija viška pentana iz predekspandiranih granula.

U trećem stupnju se dozrele granule transportiraju u metalne kalupe, tzv. blok forme, u kojima, djelovanjem suhozasićene vodene pare, dolazi do konačne ekspanzije granula EPS-a te njihovog sljepljivanja u monolitnu formu koja se sastoji od zatvorenih ćelija.

Ekspandirani polistirenje kemijski nestabilan u prisutnosti organskih otapala koja razaraju strukturu, odnosno otapaju polistiren (PS).

Na ovo svojstvo su svi proizvođači dužni upozoriti kupce. Organska otapala su prisutna u razrjeđivačima boja, nekim tipovima ljepila (većina ljepila za gumu i plastiku) te u nekim tipovima boja.

8.4. Ambalaža od biopolimera

Biopolimeri su polimeri koje proizvode živi organizmi, drugim riječima, oni su polimerne biomolekule.

Budući da su polimeri, biopolimeri sadrže monomerne jedinice koje su kovalentno vezane u cilju dobivanja složenijih struktura.

Postoje tri glavne skupine biopolimera, klasificirane prema upotrijebljenim monomernim jedinicama i strukturi polimeriziranog biopolimera: polinukleotidi (RNA i DNA), koji su dugački polimeri sastavljeni od 13 ili više nukleotidnih monomera; polipeptidi, koji su kratki polimeri aminokiselina; i polisaharidi, koji su često linearno vezane polimerne ugljikohidratne strukture.

Prefiks bio označava da su biopolimeri biorazgradivi, što znači da biopolimeri imaju sposobnost razgradnje u okolišu djelovanjem mikro organizama koji se prirodno pojavljuju, ostavljajući organski nusproizvod kao što su CO_2 i H_2O koji ne štete okolišu.

Biopolimeri su smatrani alternativnim materijalima za plastiku načinjenu od nafte jer su biorazgradivi, obnovljivi i ima ih u velikoj količini.

Celuloza je najčešći organski spoj i biopolimer na Zemlji, oko 33 posto svih biljnih tvari je celuloza. Sadržaj celuloze kod pamuka je 90 posto, kod drva je 50 posto.

Većina materijala za pakiranje hrane nisu biorazgradivi materijali koji ne zadovoljavaju sve veće zahtjeve u društvu u pogledu održivosti i zaštite okoliša.

Prema tome, brojni biopolimeri su iskorištavani za razvoj biorazgradivih materijala za izradu ambalaže.

Ipak, upotreba biopolimera je ograničena zbog loših mehaničkih svojstava. Ta svojstva se mogu poboljšati dodavanjem komponenata spojeva nano veličine ili punjenja za oblikovanje kompozita (Othman, 2014.).

U počecima korištenja biopolimera, najčešći tip biopolimera za primjenu u pakiranju hrane su bili prirodni biopolimeri: škrob, celuloza, kitozan i agar koji su dobiveni iz ugljikohidrata, te želatina, gluten, alginat, protein sirutke i kolagen koji su dobiveni iz proteina.

U današnje vrijeme je došlo do pojave tehnologije formiranja sintetičkih biopolimera koji uključuju polilaktičnu kiselinu (PLA), polikaprolakton (PCL), poliglikol (PGA), polivinil alkohol (PVA) i polibutilen sukcinat PBS (Rhim i sur. 2013).

Prednosti sintetičkih biopolimera uključuju potencijal za stvaranje održive industrije, kao i za poboljšanje različitih svojstava kao što su trajnost, fleksibilnost, visoki sjaj, jasnoća i vlačna čvrstoća.

9. Materijali i metode

Istraživanje mehaničkih svojstava provedeno je na tri vrste kutija za 10 jaja napravljenih od kartona – reciklirani papir (KK), polistirena (PS) i ekspandiranog polistirena (EPS).



Slika 10.1. Kartonska kutija za jaja

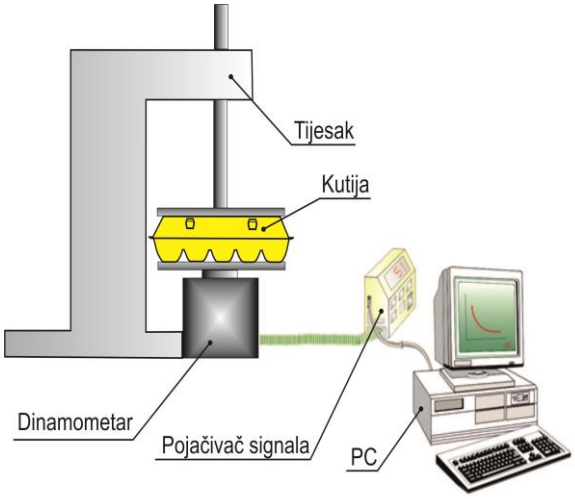


Slika 10.2. Kutija za jaja od polistirena

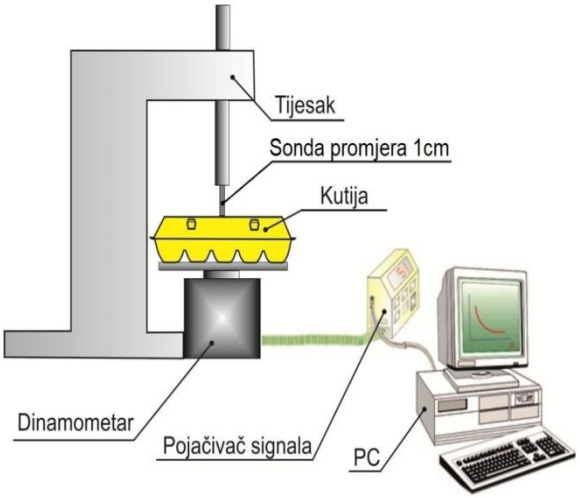


Slika 10.3. Kutija za jaja od ekspandiranog polistirena

Mjerenje mase na uzorcima od 10 kutija provedeno je na digitalnoj vagi Sartorius BP 3100S (Göttingen, Njemačka) točnosti 0,01 g. Za kompresiju kutija korišten je univerzalni tijesak - preša (Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska).



Slika 10.4. Uređaj za testiranje opterećenja na kutije sa tijeskom
Izvor: Pliestić i sur., 2016.



Slika 10.5. Uređaj za testiranje opterećenja na kutije sa cilindričnom sondom površine 0,0001 m^2 (1 cm^2)
Izvor: Pliestić i sur., 2016.

Pri mjerenju je korišten dinamometar HBM (Hottinger Baldwin Messtechnik, Darmstadt, Njemačka) s kapacitetom od 1000 N, pojačalo signala HBM DMC 9012 A i osobno računalo.

Analizirana su mehanička svojstva kutija pod kontinuiranim opterećenjem tijeskom. Analize su provedene na punim i praznim kutijama.

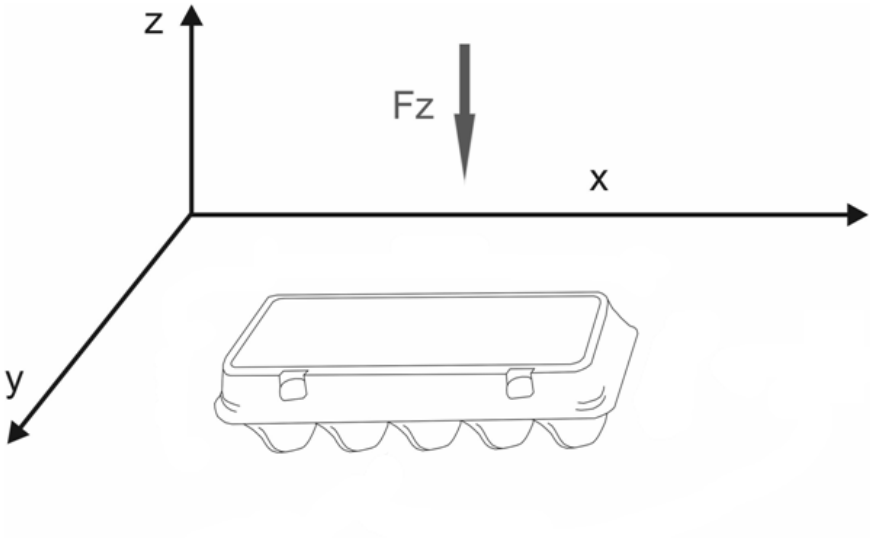
Za analizu su korištena jaja hibrida kokoši Isa Brown iz slobodnog uzgoja nabavljena od lokalnog proizvođača. Prije analize provedeno je sortiranje jaja te su odabrana ona ujednačene veličine razreda L.

Odabrana jaja su pregledana, a ona s pukotinama, greškama na ljusci i deformiranim oblikom su eliminirana. Svako jaje je koristiti samo jednom pri određivanju sile loma kako bi se spriječilo daljnje korištenje jaja s neotkrivenim oštećenjima.

Na kutije je djelovano kompresijskom silom u označenom smjeru (slika 10.4.) sve dok nije došlo do prvog pucanja ljuske jaja u kutiji. Za svaki tip kutije i smjer kompresije analize su napravljene u pet ponavljanja.

Također, ispitivana su i mehanička svojstva kutija bez jaja koncentriranim opterećenjem cilindričnom sondom kontaktne površine 0,0001 m^2 (1 cm^2) (slika 10.5.).

Ispitivane kutije su opterećene kod kontinuiranog i kod koncentriranog opterećenja okomitom silom u smjeru osi z, kao što je prikazano na slici 10.6.



Slika 10.6. Smjer djelovanja sile

Izvor: Pliestić i sur., 2016.

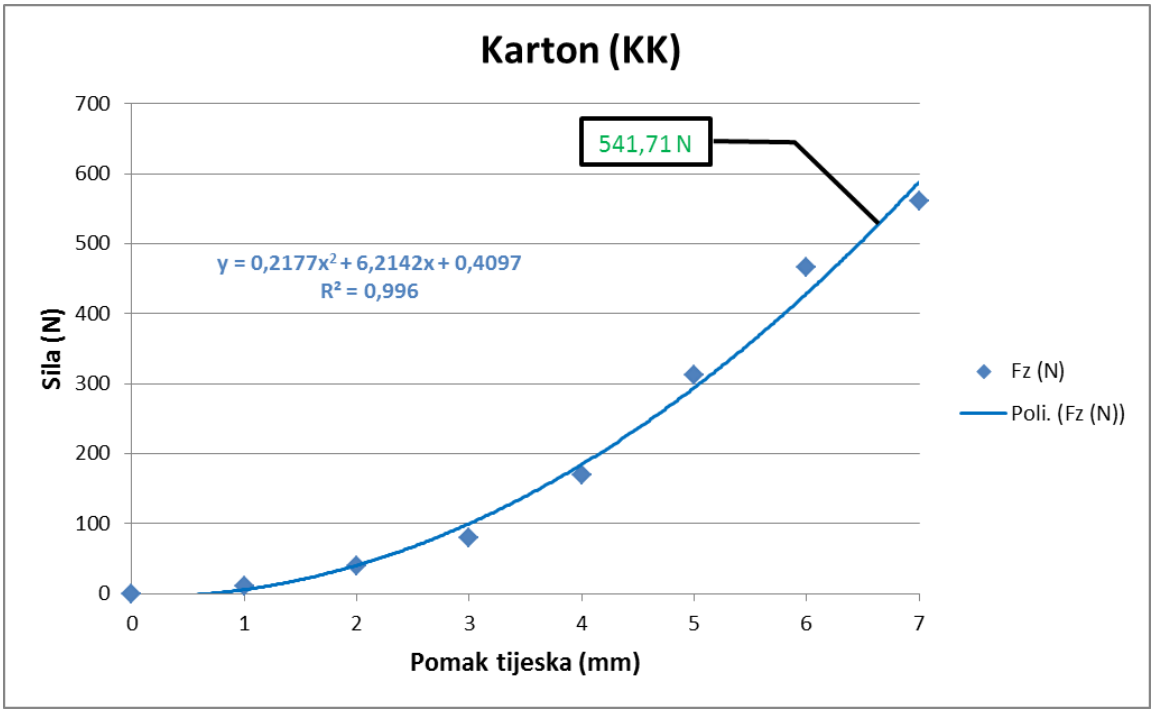
10. Rezultati i rasprava

10.1. Kontinuirano opterećenje

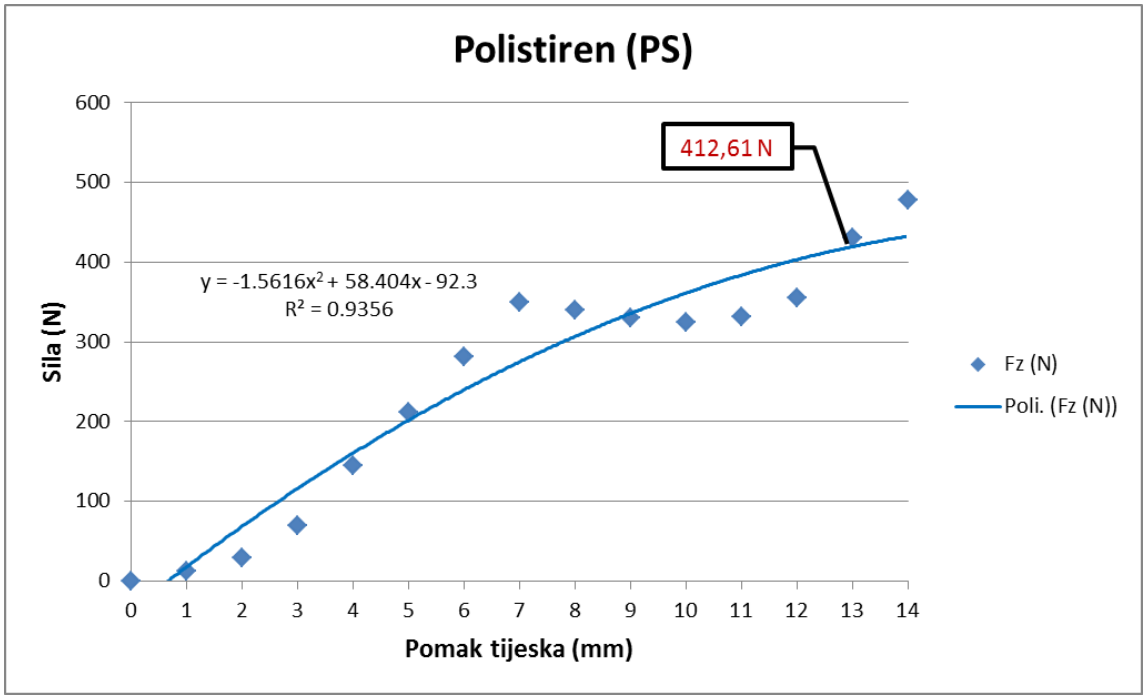
Tablica 11.1. Karakteristike analiziranih kutija

	Vrsta kutije	Srednja vrijednost	min.	maks.	Sd
Duljina (mm)	KK	246,87	246,6	247,5	0,28
	PS	250,32	250,1	250,7	0,21
	EPS	246,98	246,7	247,3	0,17
Visina (mm)	KK	68,96	68,32	69,25	0,3
	PS	68,81	68,31	69,13	0,28
	EPS	69,02	68,69	69,42	0,25
Širina (mm)	KK	104,99	104,65	105,31	0,2
	PS	105,58	105,32	105,95	0,2
	EPS	104,91	104,65	105,13	0,19
Masa (g)	KK	46,7	46,03	47,59	0,46
	PS	20,25	19,7	21,23	0,44
	EPS	12,96	12,19	15,82	1,03
Debljina poklopca kutije (mm)	KK	1,06	0,95	1,17	0,07
	PS	0,25	0,23	0,27	0,02
	EPS	3,01	2,94	3,07	0,04
Debljina donjeg dijela kutije (mm)	KK	1,07	1,01	1,15	0,05
	PS	0,16	0,14	0,18	0,02
	EPS	2,03	1,95	2,12	0,05

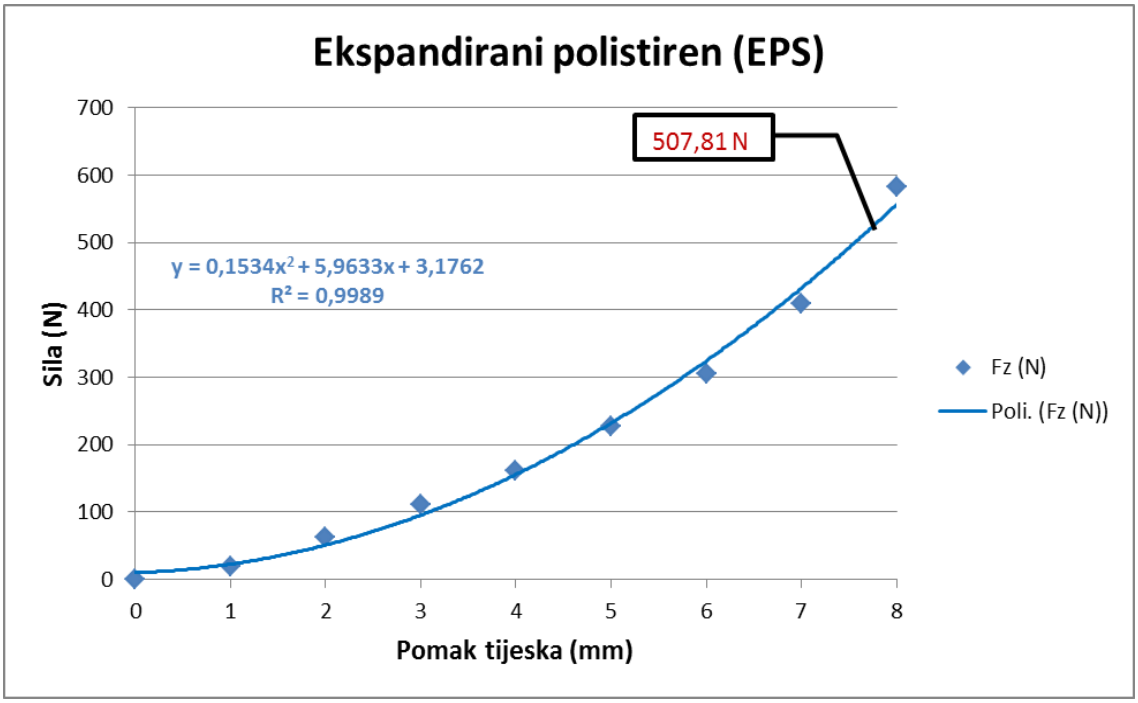
Iz rezulata u tablici 11.1. je vidljivo da su sve analizirane kutije bile približno istih dimenzija. Najveću masu imale su kutije od kartona - recikliranog papira (KK) dok su najmanju masu imale kutije od ekspandiranog polistirena (EPS), što je i bilo za očekivati s obzirom na materijal izrade. Iz rezultata je također vidljivo da su kartonske kutije imale približno jednaki debljibu dna i poklopca dok je kod kutija od polistirena (PS) i ekspandiranog polistirena (EPS) debljina dna kutije bila nešto manja u osnosu na poklopac.



Slika 11.1. Sila potrebna za razbijanje ljuske prvog jajeta u kartonskoj kutiji pri kontinuiranom opterećenju



Slika 11.2. Sila potrebna za razbijanje ljuske prvog jajeta u polistirenskoj kutiji pri kontinuiranom opterećenju



Slika 11.3. Sila potrebna za razbijanje ljuske prvog jajeta u kutiji od ekspandiranog polistirena pri kontinuiranom opterećenju

Iz slika 11.1., 11.2. i 11.3. vidljivo je da je prilikom ispitivanja uslijed kontinuiranog opterećenja u smjeru osi z kod kartonskih kutija potrebno primijeniti veće sile za razbijanje ljuske jaja nego kod kutija od polistirena i ekspandiranog polistirena.

Najveće vrijednosti sila potrebnih za lom jaja zabilježene su kod kartonskih kutija u iznosu od 541,71 N, dok su kod kutija od ekspandiranog polistirena te sile bile u prosjeku manje za 6,26% a kod polistirenskih kutija manje za 23,83%.

Sama konstrukcija kartonskih kutija omogućava da se sile koje vertikalno djeluju na kutiju prenose putem njene unutarnje strukture i na taj je način smanjen njihov izravan utjecaj na jaja.

Na osnovu dobivenih rezultata, kartonske kutije su zbog svoje konstrukcije najpovoljnije za etažno slaganje punih kutija.

U tom slučaju kutije na dnu kumuliraju vertikalne sile koje su rezultat mase gornjih kutija. Uz kartonsku ambalažu, kod kontinuiranog opterećenja povoljnom se pokazala i ambalaža od ekspandiranog polistirena koja apsorbira veću silu deformacije oblika, te također pokazuje zadovoljavajuća svojstva s ciljem sprječavanja oštećenja jaja.

Ambalaža od neekspandiranog polistirena se prilikom ovog ispitivanja je pokazala najslabija svojstva, stoga možemo zaključiti da prilikom vertikalnog slaganja kutija jedne na drugu, kutije od neekspandiranog polistirena su više ograničene količinom složenih kutija u odnosu na kartonske, te kutije od ekspandiranog polistirena.

Tablica 11.2. Sile potrebne da se prazna kutija komprimira u smjeru osi *z* za 1 cm

Vrsta kutije	Smjer djelovanja sile	Srednja vrijednost (N)	min. (N)	maks. (N)	Sd
KK	Fz	518,60	480,43	546,55	28,09
PS	Fz	294,84	262,78	330,92	25,20
EPS	Fz	151,03	110,66	181,68	32,91

Tablica 11.2. prikazuje da je kod ispitivanja praznih kutija kontinuiranim opterećenjem u smjeru osi z pri pomaku od 1 cm kod kartonske ambalaže potrebna veća sila nego kod ostale dvije vrste ambalaže.

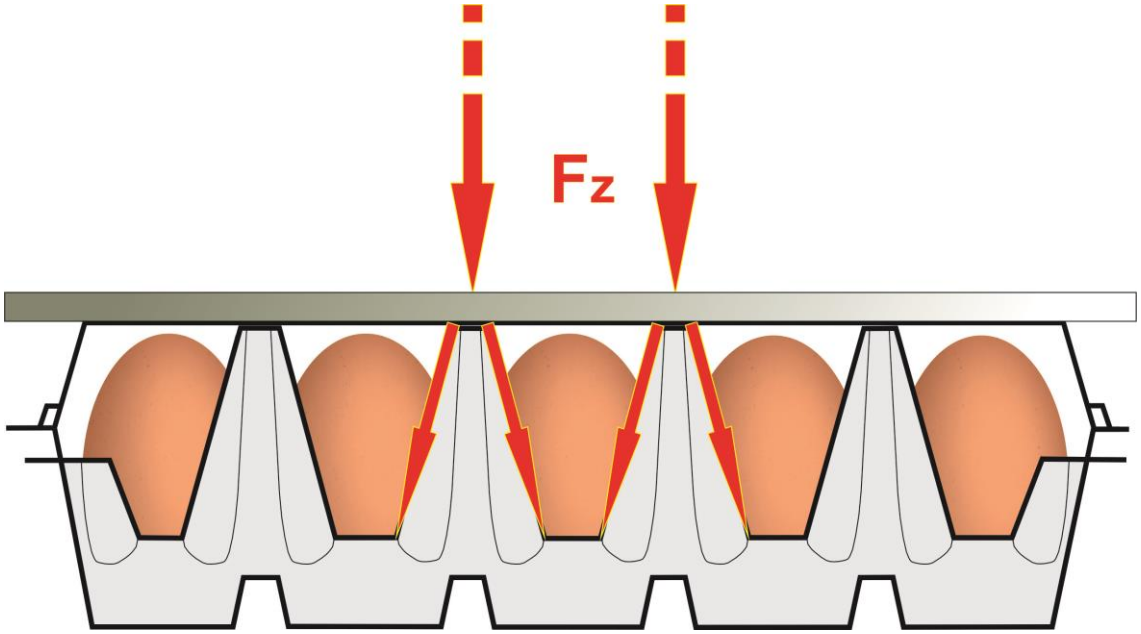
Za razliku od ispitivanja kontinuiranog opterećenja na pune kutije do puknuća ljuske, ispitivanje kontinuiranog opterećenja kod praznih kutija pri pomaku tijeska od 1 cm je pokazalo da je za komprimiranje ambalaže od krutog polistirena bila potrebna veća sila od one potrebne da se komprimira ambalaža od ekspandiranog polistirena.

Razlog manje sile potrebne za komprimiranje od 1 cm ambalaže od ekspandiranog polistirena u odnosu na ambalažu od krutog polistirena krije se u konstrukciji ambalaže i karakteristikama ekspandiranog polistirena.

Ambalaža od krutog polistirena pruža velik otpor prodiranju jer se odmah na početku kontinuiranog opterećenja, sila se prenosi na okomite stošce koji preuzimaju opterećenje, te prilikom komprimiranja pruža zadovoljavajući otpor.

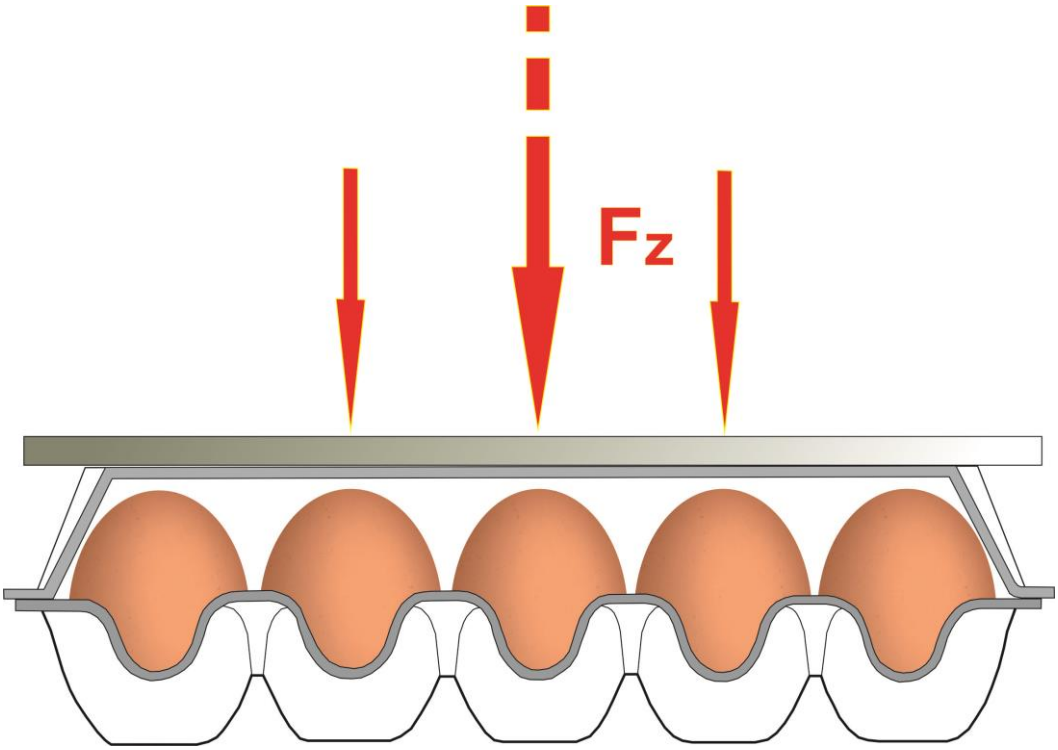
Ambalaža od ekspandiranog polistirena zbog svoje konstrukcije, te elastičnosti materijala dopušta komprimiranje do određenog stupnja, odnosno do kontakta gornjeg poklopca ambalaže i samih jaja, kada počinje pokazivati učinkovitost konstrukcije omogućujući prijenos opterećenja na cijelu kutiju i sama jaja, što za posljedicu ima veću otpornost na komprimiranje kod većeg opterećenja.

Kod pomaka od 1 cm u smjeru osi z, kod svih vrsta kutija bi došlo do djelomičnog oštećenja jaja.



Slika 11.4. Djelovanje sila na kartonsku i polistirensku kutiju u smjeru osi z

Izvor: Pliestić i sur., 2016.

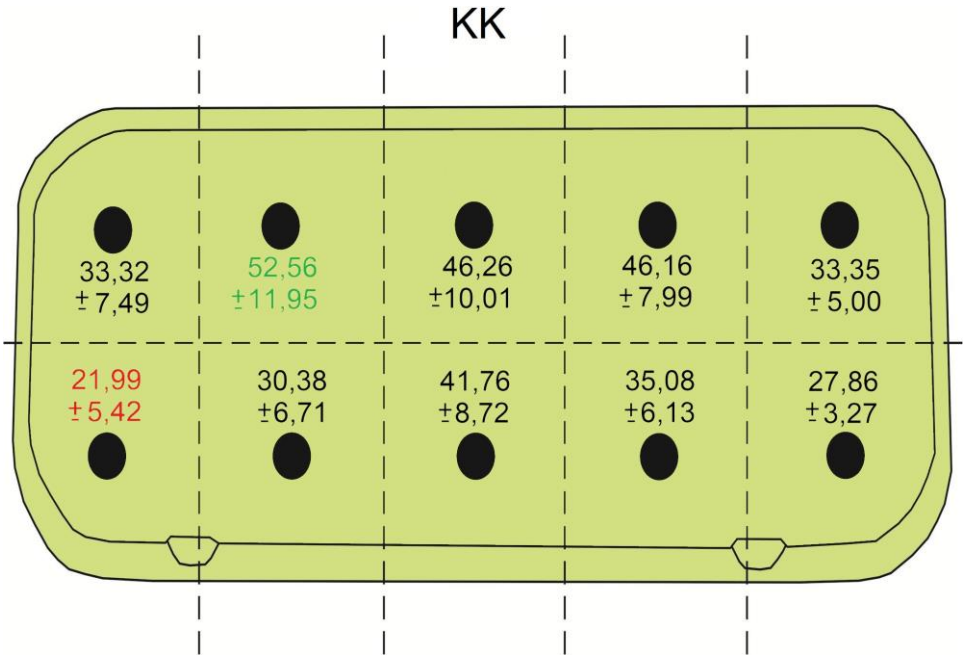


Slika 11.5. Djelovanje sila na kutiju od ekspandiranog polistirena smjeru osi z

Izvor: Pliestić i sur., 2016.

10.2. Koncentrirano opterećenje

10.2.1. Kartonska kutija



Slika 11.6. Prikaz rezultata koncentriranog opterećenja na kartonsku kutiju

Iz slike 11.6. je vidljivo da je kod koncentriranog opterećenja na poklopac kartonske kutije, najveća sila prodiranja sonde za 1 cm bila potrebna na središnjem dijelu kutije.

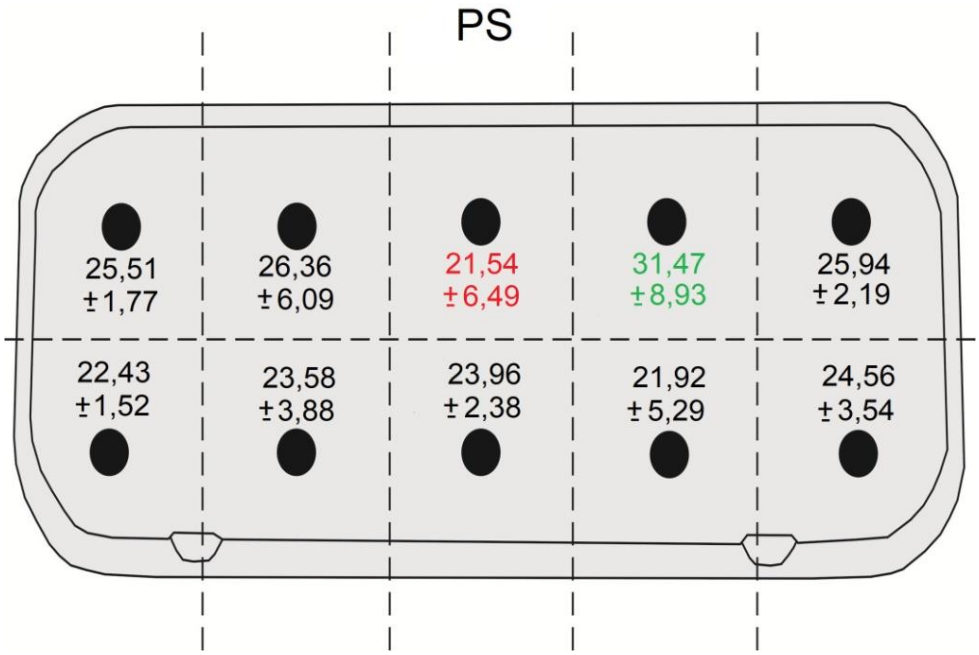
Stoga možemo zaključiti da je kartonska kutija na tom središnjem dijelu otpornija na djelovanje vanjskih sila nego na rubovima.

Razlog tome je konstrukcija kutije koja prilikom djelovanja silu s poklopca prenosi na vertikalne stošce koji apsorbiraju vanjske sile i raspoređuju ih.

Također, iz rezultata je vidljivo da su sile prodiranja sonde uzduž strane poklopca na dijelu preklapanja, odnosno otvaranja i zatvaranja kutije, manje od sila prodiranja sonde uzduž stražnje strane poklopca.

Uzrok tome je što se kod zatvorene kutije na dijelu preklapanja poklopac nije čvrsto pričvršćen za kutiju te pod utjecajem sile „klizi“ preko donjeg dijela kutije.

10.2.2. Polistirenska kutija



Slika 11.7. Prikaz rezultata koncentriranog opterećenja na polistirensku kutiju

Kod koncentriranog opterećenja na kutiju od neekspandiranog polistirena, vidljivo je da su sile prodiranja sonde za 1 cm relativno podjednake u svim analiziranim točkama.

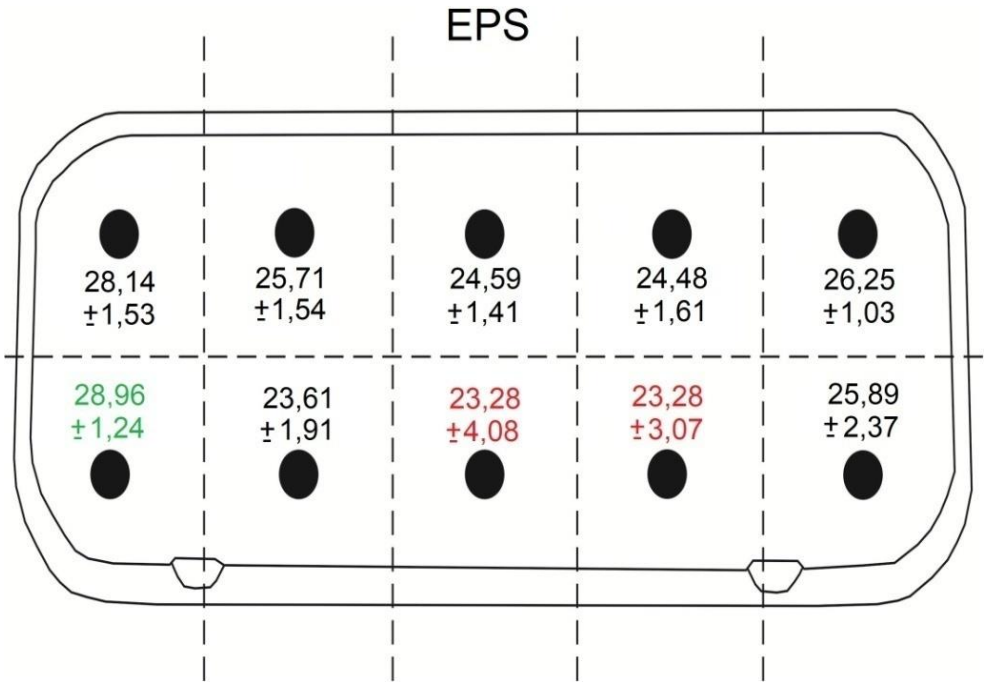
Razlog tome je krutost materijala koja pruža otpor prodiranju do određene razine pri čemu dolazi do razaranja strukture središnjih stožaca.

Vidljivo je da su kao i kod kartonske kutije sile prodiranja na prednjoj strani poklopca manje nego na stražnjoj strani zbog istih razloga.



Slika 11.8. Razorena struktura središnjih stožaca polimernih kutija

10.2.3. Kutija od ekspandiranog polistirena



Slika 11.9. Prikaz rezultata koncentriranog opterećenja na kutiju od ekspandiranog polistirena

Kod koncentriranog opterećenja na kutiju od ekspandiranog polistirena, vidljivo je da su sile prodiranja sonde za 1 cm također relativno podjednake u svim točkama ispitivanja poklopca kutije.

Razlog tome je elastičnost materijala te konstrukcija kutije koja apsorbira energiju deformacije, te sile ravnomjerno prenosi na cijelu kutiju.

Također je vidljivo da je na rubovima kutije sila prodiranja bila nešto viša nego u središtu.

Razlika je vidljiva zato što se poklopac na rubovima oslanja na kutiju, čime i donji dio kutije apsorbira dio energije, dok u središtu sila s poklopca direktno prelazi na jaja.

11. Zaključak

Kod kontinuiranog opterećenja u smjeru osi *z* kod kartonske kutije potrebno je primijeniti veće sile za lom ljuske nego kod polistirenskih kutija.

Razlog tome je konstrukcija kartonskih kutija koja omogućava da se sile koje vertikalno djeluju na kutiju prenose putem njene unutarnje strukture i na taj je način smanjen njihov utjecaj na jaja.

Ambalaža od ekspandiranog polistirena apsorbira veću silu deformacije oblika i također pokazuje zadovoljavajuća svojstva s ciljem sprječavanja oštećenja jaja. Ambalaža od neekspandiranog polistirena pokazala je najslabija zaštitna svojstva pri kontinuiranom opterećenju.

Na osnovu dobivenih rezultata može se zaključiti da ambalaža od kartona kod koncentriranog opterećenja sondom površine 1 cm^2 pruža veći otpor deformaciji oblika u odnosu na polistirenske kutije.

Iz rezultata je vidljivo da su kartonske kutije na središnjem dijelu otpornije na djelovanje vanjskih koncentriranih sila nego na rubovima. Razlog tome također je karakteristična konstrukcija te vrste kutija koja pomoći unutarnjih stožaca omogućava apsorpciju i raspodjelu vanjskih koncentriranih sila.

12. Popis literature

1. Adam J. L., Skinner J. L. (1963). Effects of management, strain and truck shipment on albumen quality of eggs. Poultry Science. 42, 1076–1081.
2. Altuntas E., Sekeroglu A. (2008). Mechanical behavior and physical properties of chicken egg as affected by different egg weights. Journal of Food Process Engineering 33. 115–127.
3. Anderson K. E., Tharrington J. B., Curtis P. A., Jones F. T. (2004). Shell characteristics of eggs from historic strains of single comb white leghorn chickens and relationship of egg shape to shell strength. Int. J. Poult. Sci. 3, 17–19.
4. Berardinelli A., Donati V., Giunchi A., Guarnieri A., Ragni L. (2003). Effects of sinusoidal vibration on quality indices of shell eggs. Biosystems Engineering, 86(3), 347–353.
5. Bagić I. (2014). Tehnološki procesi ispitivanja sigurnosti teretnih vozila, Diplomski rad, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
6. Chesson J. H., O'Brien M. (1971). Analysis of mechanical vibrations of fruit during transportation. Transactions of the ASAE. 14(2), 222–224.
7. Danielli D., Gontard N., Spyropoulos D., Zondervan-van den Beuken E., Tobback P. (2008). Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. Review in trends in Food Science & Technology. 19, 99-108.
8. Denton J. H., Mellor D. B, Gardner F. A. (1979). The effect of egg carton and case type on egg shell damage. Poultry Sci. 60, 145–150.
9. Galić A., Pliestić S., Filipović D., Kovačev I., Čopec K., Bedeković D., Šic Žlabur J. (2016): Utjecaj kvalitete ljuske na lom jaja u cestovnom transportu, Zbornik radova 51. hrvatskog i 11. međunarodnog simpozija agronoma, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 460-464.
10. Haiyan S., Fang W., Jianguo Z., Yinong Z., Shugang Y. (2017). Finite Element Analysis of Mechanical Characteristics of Dropped Eggs Based on Fluid-Solid Coupling Theory. Shock and Vibration, Article ID 4512497.
11. Hincke M.T., St Maurice M., Nys Y., Gautron J., Panheleux M., Tsang C.P.W., Bain M.M., Solomon S.E., McKee M.D. (2000). Eggshell proteins and shell strength: molecular biology of eggshell matrix proteins and industry applications. In: SIM; NAKAI; GUENTER (Eds). Egg Nutrition and Biotechnology. CABI Publishing, Wallingford, UK, 495p.
12. Kemps B.J., Govaerts T., De Ketelaere B., Mertens K., Bamelis F.R., Bain M.M., Decuypere E.M., De Baerdemaeker J.G. (2006). The influence of line and laying period on the relationship between different eggshell and membrane strength parameters. Poultry Science**,** 85 (7), 1309-1317.

13. Load restraint guide - Guidelines and Performance Standards for the Safe Carriage of Loads on Road Vehicles, Second edition (2004), National transport commission & roads & traffic authority nsw.
14. Liu X., Wu S. (1992). Experimental analysis on mechanical properties of eggs, Journal of Jiangsu Institute of Technology, 13(1), 7–13.
15. Mazzuco H., Hester P.Y. (2005). The Effect of an induced molt and a second cycle of lay on skeletal integrity of white leghorns. Poultry Science, 84(5), 771-781.
16. Monira K. N., Salahuddin M., Miah G. (2003). Effect of breed and holding period on egg quality characteristics of chicken. International Journal of Poultry Science, 2, 261–263.
17. Mohsenin N. N. (1970). Physical properties of plant and animal materials. New York, N.Y.: Gordon and Breach Science Publisher.
18. Narushin V. G., van Kempen, T. A. Wineland M. J., Christensen V. L. (2004). Comparing infrared spectroscopy and egg size measurements for predicting eggshell quality. Biosyst. Eng. 87, 367–373.
19. Othman S., H. (2014). Bio-nanocomposite Materials for Food Packaging Applications: Types of Biopolymer and Nano-sized Filler, "ST26943", 2nd International Conference on Agricultural and Food Engineering, CAFEi2014" , Agriculture and Agricultural Science Procedia. 2, 296 – 303.
20. Panda P. C. (1996). Shape and texture. In textbook on egg and poultry technology. First edition. New Delhi. India.
21. Panda P. C., Venkatasubbiah G., Parthasarathy L. (1973). Effect of packaging and journey hazard tests on the internal quality of shell eggs. Indian Food Packer. 27(4), 10–12.
22. Pierce C. D., Singh S. P., Burgess G. (1992). A comparison of leaf-spring with air-cushion trailer suspension in the transport environment. Packaging Technology and Science. 5, 11–15.
23. Pliestić S. (2015). Transport u poljoprivredi. Skripta, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
24. Pliestić S., Galić A., Filipović D., Kovačev I., Čopec K., Šic Žlabur J. (2016). Opasnost od loma jaja u transportnom postupku. Zbornik radova 51. hrvatskog i 11. međunarodnog simpozija agronoma, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 493-497.
25. Polat R., Tarhan S., Cetin M., Atay U. (2007). Mechanical Behaviour Under Compression Loading and Some Physical Parameters Of Japanese Quail Eggs (Coturnix cournix japonica). Czech Journal Of Anımal Scıence, 57(2), 50-56.
26. Restucia D., Gianfranco Spizzirri U., Parisi O. L., Cirillo G., Curcio G., Iemma F. (2010). New EU legislation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry application. Food Control. 21, 1425-1435.

27. Rhim J. W., Park H. M., Ha C. S. (2013). Bio-Nanocomposites for Food Packaging Applications. Progress in Polymer Science 38, 1629-1652.
28. Roland D. A. (1988). Research note: Egg shell problems: Estimates of Incidence and Economic impact. Poultry Sci. 67, 1801–1803.
29. Sarica M., Eren Sayin C. (2004). Poultry products. Bey-Ofset, Ankara.
30. Schulte Pason N. L., Timm E. J., Brown G. K., Marshall D. E., Burton C. L. (1990). Apple damage assessment during intrastate transportation. Applied Engineering in Agriculture. 6(6), 753–758.
31. Seydim A. C., Dawson P. L. (1999). Packaging Effects on Shell Egg Breakage Rates During Simulated Transportation. Poultry Sci. 78, 148–151.
32. Singh S.P., Marcondes J. (1992). Vibration levels in commercial truck shipments as a function of suspension and payload. Journal of Testing and Evaluation. 20(6), 466–469.
33. Solomon S. E. (2010). The eggshell: strength, structure and function. British Poultry Science, 51(1), 52-59.
34. Thompson B. K., Hamilton R.M.G. (1986). Relationship between laboratory measures of shell strength and breakage of eggs collected at a commercial grading station. Poult. Sci. 65, 1877–1885.
35. Todd E. C. D. (1996). Risk assessment of use of cracked eggs in Canada. Int. J. Food Microbiology 30, 125-143.
36. Trnka J., Buchar J., Severa L., Nedomová Š., Stoklasová P. (2012). Effect of Loading Rate on Hen's Eggshell Mechanics. Journal of Food Research. 1(4), 96-105.
37. Upadhyaya S. K., Cooke J. R., Gates R.S., Rand R.H. (1986). A finite element analysis of the mechanical and thermal strength of avian eggs, Journal of Agricultural Engineering Research, 33(1), 57–78.
38. Woodburn M., Van De Riet S. (1985). Safe food: care labeling for perishable foods. Home Econ. Res. J. 14, 1- 10.
39. Yokoyama Y. (1985). Materials in packaging. In: Package Design in Japan, Hashimoto S. (Ed.), Rikuyo-sha Publishing, Tokyo, Japan. 1, 113-115.

Mrežne stranice:

1. Biopolimeri (2017). <https://en.wikipedia.org>. Pristupljeno 18.11.2017.
2. Ekspandirani polistiren (2017). <http://www.kumal.hr>. Pristupljeno 20.08.2017.
3. Kako pravilno skladištiti jaja u kućanstvu (2017). <https://www.agroklub.com>. Pristupljeno 11.09.2017.
4. Karton i ljepenka (2017). <http://materijali.grf.unizg.hr>. Pristupljeno 20.08.2017.
5. Osiguranje tereta (2017). <http://lkw-walter.com.hr>. Pristupljeno 15.11.2017.
6. Savjeti za osiguranje tereta (2017). <http://lkw-walter.com.hr>. Pristupljeno 15.11.2017.
7. Vibracije (2017). <https://hr.wikipedia.org>. Pristupljeno 21.08.2017.

Životopis

Stjepan-Goran Dejak rođen je 12.11.1988. godine u Zagrebu, gdje je završio osnovnu školu Gračani u Zagrebu.

Paralelno s osnovnom školom, pohađao je i završio osnovnu glazbenu školu, smjer-harmonika u glazbenom učilištu Elly Bašić u Zagrebu.

Od 2003. godine pohađao je 1. tehničku školu Tesla u Zagrebu, gdje je 2007. godine maturirao s vrlo dobrim uspjehom, te stekao zvanje: „Strojarski tehničar“.

2007. godine je upisao preddiplomski studij na fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, smjer- strojarstvo, gdje je nakon dvije godine prekinuo školovanje.

Početkom 2010. godine, pohađao je centar za obrazovanje Infokatedra u Zagrebu, gdje je nakon završetka stekao zvanje Web dizajner.

Iste godine položio je državnu maturu, te je upisao preddiplomski studij poljoprivredne tehnike na Agronomskom fakultetu u Zagrebu.

2014. godine završio je preddiplomski studij, te stekao zvanje sveučilišnog prvostupnika, inženjera poljoprivrede.

Po završetku preddiplomskog studija, sljedeće akademske godine 2014./2015. upisuje diplomski studij poljoprivredne tehnike, smjer mehanizacija na Agronomskom fakultetu u Zagrebu.

Tijekom studiranja, odradio je stručnu praksu na OPG Švub, te u prodavaonici poljoprivredne opreme Agroopskrba Matej d.o.o.