

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Транспортни уређаји и машине

Број индекса: 317/2015

Александар Д. Матић
Гравитациони палетни регали
Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доцент, др Родољуб Вујанац - ментор

2. _____

3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру мастер рада кандидат је потребно да:

- Дефинише основне појмове везане за складишну технику
- Изврши поделу складишних система према различитим критеријумима
- Прикаже најзаступљеније типове регалне конструкције и транспортно манипулативних средстава који се користе за опремање складишта
- На задатом примеру прорачуна и изврши избор елемената, а затим нацрта распоред регала за опремање проточног регалног складишта.

Препоручена литература:

- [1] Милеуснић Н.: *Унутрашњи транспорт и складишта*, Научна књига, Београд, 1990.
- [2] Георгијевић М.: *Регална складишта – палете, регали, регалне дизалице, виљушкар, аутоматизација рада, логистика*, Факултет техничких наука у Новом Саду, Мала велика књига, Нови Сад, 1995.
- [3] Вујанац Р.: *Развој методологије за пројектовање и прорачун носећих елемената складишних система*, Магистарска теза, Машински факултет у Крагујевцу Универзитета у Крагујевцу, 2007.
- [4] Вујанац Р., Милорадовић Н., Вуловић С.: *Dynamic Storage Systems, ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, Vol.1, No.XIV, pp. 79-81, ISSN 1584-2665, 2016.

Крагујевац, 2017. год.

Ментор:

Др Родољуб Вујанац, доцент

РЕЗИМЕ:

Савремени складишни системи данас су практично незамисливи без регалне опреме, почевши од класичних палетних регала, дводубинских, пролазних, проточних, па до покретних регала као најсложенијег система. Тема овог мастер рада су гравитациони палетни регали. У раду су приказани основни захтеви за пројектовање палетних регала, са посебним освртом на гравитационе проточне регале. Разматране су основне смернице које би требало користити при прорачуну и пројектовању овог типа регала, као и услови за безбедно понашање и сигурну експлоатацију истих. На конкретном примеру расположивим аналитичким методама димензионисани су елементи конструкције, а затим је пројектовање конструкције регала изведено коришћењем софтвера Autodesk Inventor Professional, након чега је генерисана техничка документација.

Кључне речи: регално складиште, ваљчана стаза, палета, виљушкар, рам.

SUMMARY:

Modern storage systems today are practically unimaginable without racking equipment, ranging from selective pallet racks, double deep, drive-in/drive through, flow to mobile racks as the most complex system. Subject of this master's thesis is gravity pallet racks. This thesis presents the basic requirements for the design of pallet racks, with a special emphasis on gravity flow racks. The basic guidelines that should be used in the calculation and design of this type of rack, as well as the conditions for safe behavior and safe exploitation of them have been considered. In the concrete case, the available analytical methods were used for dimension of the elements, and then the design of the rack construction was done using the Autodesk Inventor Professional software, after which the technical documentation was generated.

Key words: storage, rolling track, pallet, forklift, frame.

Садржај:

УВОД	8
1. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ СКЛАДИШТА	9
2. FIFO И LIFO МЕТОДА ПРЕУЗИМАЊА ТЕРЕТА	10
3. СКЛАДИШНИ ПРОЦЕСИ И ЗОНЕ СКЛАДИШТА	11
3.1 Процес пријема робе	12
3.2 Складиштење	12
3.3 Комисионирање	12
3.4 Сортирање, паковање и издавање робе	14
4. ТРАНСПОРТНИ СИСТЕМИ У СКЛАДИШТИМА	14
5. ПОДЕЛА СКЛАДИШТА	16
5.1 Подна складишта	17
5.2 Регална складишта	18
5.2.1 Полични регали	18
5.2.2 Класични палетни регали	19
5.2.3 Пролазни регали	20
5.2.4 Конзолни регали	21
5.2.5 Покретни регали	21
5.2.6 Карусел регали	22
5.2.7 Проточни регали	23
6. ПРОТОЧНА РЕГАЛНА СКЛАДИШТА	24
6.1 Проточна регална складишта са ваљчаним стазама под нагибом	26
6.2 Средства за складиштење	26
6.2.1 Палете	27
6.3 Делови проточних регалних складишта	29
6.3.1 Динамички део	29
6.3.1.1 Елементи ваљчане стазе	30
6.3.1.1.1 Ваљак	31
6.3.1.1.2 Штитник ваљка на улазу	32
6.3.1.1.3 Усмеривач палете	32
6.3.1.1.4 Кочиони ваљак	33
6.3.1.1.5 Одвајач палете	34
6.3.1.1.6 Зауставни механизам	35
6.3.2 Статички део	35
6.3.2.1 Рам	36
6.3.2.1.1 Стуб	36
6.3.2.1.2 Стопа	37
6.3.2.1.3 Испуна	38

6.3.2.2 Носач ваљчане стазе	39
6.3.2.3 Дистанцер	39
6.4 3D модел гравитационог проточног палетног регала	40
7. ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК	42
7.1 Прорачун ваљчане стазе	42
7.2 Димензионисање рамова	45
7.3 Димензионисање носача	46
8. ТЕХНИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА	49
ЗАКЉУЧАК	50
ЛИТЕРАТУРА	51

ЛИСТА ТАБЕЛА:

Табела 1. Носивост ваљака према дужини и пречнику

Табела 2. Носивост рамова према димензији корака

Табела 3. Назив и ознака цртежа

ЛИСТА СЛИКА:

Слика 1. Fifo метода

Слика 2. Lifo метода

Слика 3. Приказ типичних складишних зона и процеса

Слика 4. Удео оперативних трошкова у складишним процесима

Слика 5. Подела комисионирања према врсти јединичног терета који се преузима

Слика 6. Врсте виљушкара: а) Ручна палетна колица, б) Електрична палетна колица, в) Ручни високоподизни виљушкар, г) Високоподизни виљушкар са седиштем за возача, д) Чеони виљушкар, ђ) Бочни виљушкар и е) Четворостепени виљушкар.

Слика 7. Блок подно складиштење

Слика 8. Подно складиштење у редовима

Слика 9. Полични регал

Слика 10. Палетни регал једноструке дубине

Слика 11. Палетни регал двоструке дубине

Слика 12. Пролазни регал

Слика 13. Конзолни регал

Слика 14. Покретни регал

Слика 15. Хоризонтални карусел регал

Слика 16. Вертикални карусел регал

Слика 17. Проточни регал

Слика 18. Проточни палетни регал са ваљчаним стазама

Слика 19. Проточни палетни регал са посебним колицима

Слика 20. Средства за складиштење: 1,2) Равна палета са наставцима, 3,4) Кутијаста палета, 5,6) Равне палете, 7) Палета за бачве, 8) Равни сталак, 9) Контејнер, 10) Носећи сталак и 12) Подметачи.

Слика 21. EURO палета

Слика 22. GMA палета

Слика 23. Ваљчана стаза

Слика 24. Делови ваљка: 1) Ваљак, 2) Заптивке, 3) Лежај, 4) Осовина и 5) Поклопци.

- Слика 25. Штитник ваљка на улазу
Слика 26. Усмеривач палете
Слика 27. Кочиони ваљак
Слика 28. Одвајач палете
Слика 29. Зауоставни механизам
Слика 30. Рам
Слика 31. Стуб
Слика 32. Стопа
Слика 33. Веза стуба и стопе
Слика 34. Испуна
Слика 35. Веза испуне и стуба
Слика 36. Носач ваљчане стазе
Слика 37. Веза носача ваљчане стазе и стуба
Слика 38. Дистанцер
Слика 39. Веза дистанцера и стуба
Слика 40. Гравитациони проточни палетни регал поглед спреда
Слика 41. Гравитациони проточни палетни регал поглед са стране
Слика 42. Гравитациони проточни палетни регал поглед одозго
Слика 43. Изометријски приказ гравитационог проточног палетног регала
Слика 44. Скица распореда терета унутар проточног палетног регала – поглед са стране
Слика 45. Скица распореда терета унутар проточног палетног регала – поглед спреда
Слика 46. Континуално оптерећена греда са обостраним укљештењем

УВОД

Као главни разлози за складиштење материјала у индустријским системима јављају се потребе за одлагањем сировина, полупроизвода, готових производа и алата. Објекти предвиђени за обављање ових процеса и активности називају се складишта. Роба која се одлаже у складиштима може бити у расутом стању или се налазити у одређеној амбалажи. У складиштима роба се задржава одређено време, све до тренутка када је треба поново укључити у даљи транспорт, производњу, дистрибуцију или потрошњу. Према начину изградње разликују се затворена складишта у којима се чува роба осетљива на временске промене и утицаје и отворена складишта која служе за одлагање робе неподложне хемијским и временским утицајима. Постоји и роба која захтева стално проветравање, па се у овом случају складишта наткривају чиме се обезбеђује стално струјање ваздуха. При избору складишног система неопходно је размотрити већи број конструкцијских решења и одабрати оно које носи најмања улагања а уједно и најбољи ток материјала, [1].

Складишни системи су се развијали великом брзином. Као производ брзог развоја данас је на тржишту заступљена велика понуда ових система. Неопходно је да складишни систем задовољи основне задатке складишта, који се огледају у томе да се у што краћем временском интервалу допреми, ускладишти и отпреми, на што мањем простору, што већа количина робе. Потребно је добро познавање сваког од система, пошто се сваки систем одликује добрим и лошим карактеристикама. Управо се на основу карактеристика врши одабир складишних система, односно треба одабрати систем код ког ће његове добре особине доћи до пуног изражаја.

У циљу избегавања ситуација које могу довести до ризика од повреда радника, као и скупих трошкова изазваних прекидом транспорта, оштећењем робе или конструкције складишта, препоручују се следеће мере:

- 1) превенција - обука свих кадрова задужених за рад унутар складишта,
- 2) инспекција - текуће провере особља како би се осигурало да су сви оперативни услови оптимални и испоштовани и
- 3) одржавање - одстрањивање квара у било ком делу складишта у што краћем року приликом појаве неисправности.

1. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ СКЛАДИШТА

Корени складиштења досежу у далеку прошлост, до времена када је човек почео да производи више сировина него што му је било потребно за свакодневни живот у том тренутку, услед чега се јавила потреба за њиховим одлагањем и складиштењем, [2].

Индивидуална газдинства, као и домаћинства, све до почетка индустријске револуције посматрала су се као самосталне економске јединице које су са својим оставама имале и складишну функцију.

Индустријском револуцијом долази до интензивне потребе за транспортом, док складишна функција постаје саставни део малопродаје и veleпродаје, али и додатак маркетингу.

Складиштење материјала у почетку се посматрало као „велико зло“ које доноси само трошкове. О унутрашњем транспорту и претовару није се водило рачуна док се роба складиштила у великим гомилама које су се најчешће налазиле на поду.

За време Другог светског рата и у периоду након њега уочава се нагло повећање ефикасности складишних система. Развијају се локална и регионална складишта, производња постаје координирана, што у великој мери смањује потребу за складишним простором.

Током 1960 - их и 1970 - их година напори у области складишних система пребацују се у сферу примене нових технологија. Свака фаза и подсистем складишта се модернизује и развијају се нове технике и процедуре рада.

Током 1980 - их година фокус се пребацује на побољшање конфигурације складишта и претоварне механизације која се ту користи. Деведесете године прошлог века се могу означити као период у коме се тежи већој флексибилности, повећању продуктивности и примени информационих технологија.

2. FIFO И LIFO МЕТОДА ПРЕУЗИМАЊА ТЕРЕТА

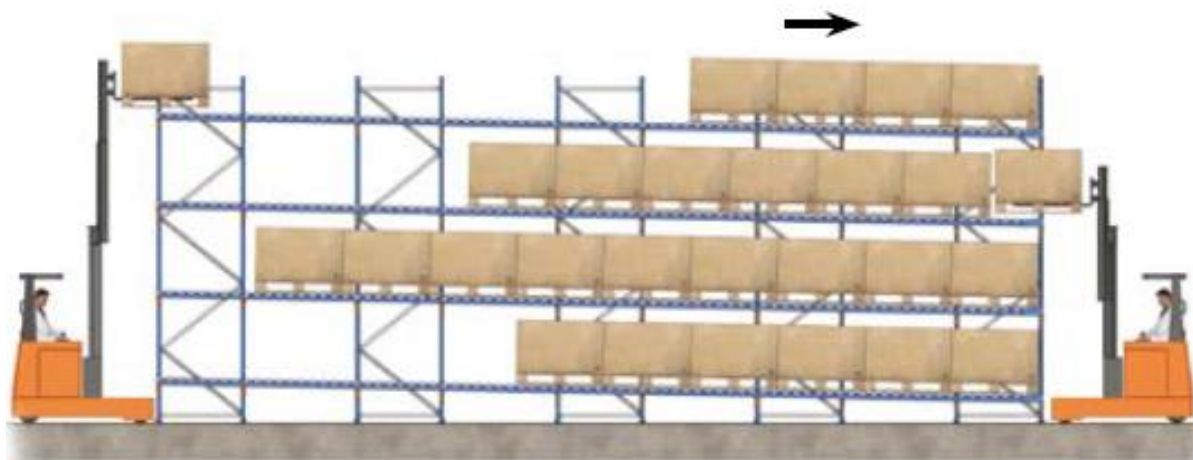
Приликом преузимања јединичног терета из складишта постоје две основне методе [3] :

- 1) Fifo (енг. First in first out) и
- 2) Lifo (енг. Last in first out).

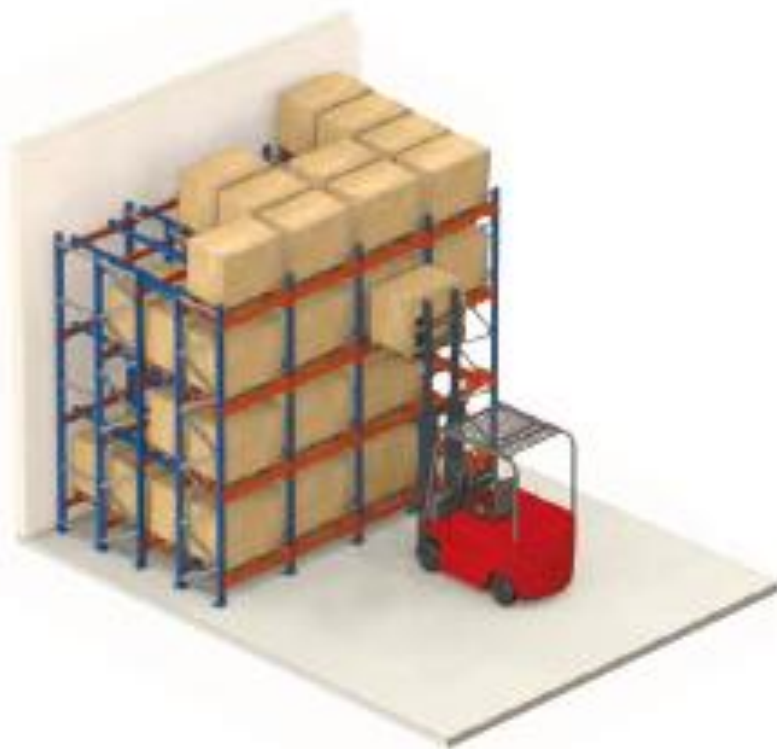
Fifo метода, која је приказана на слици 1, значи да се из складишта прво изузимају они терети који су прво ускладиштени. Ова метода користи се при складиштењу лако кварљиве робе, прехранбених производа, у хладњачама, итд.

Lifo метода, која је приказана на слици 2, одликује се супротним карактеристикама од fifo методе, последње ускладиштени материјал се први преузима. Роба која је прва допремљена, у складишту може провести дуг период, што у појединим случајевима смањује квалитет и доводи до квариња робе.

При пројектовању подних или регалних складишта неопходно је у обзир узети све добре и лоше карактеристике fifo и lifo метода и на основу искоришћености складишта, профита, као и флексибилности одлучити се за један од начина преузимања .



Слика 1. *Fifo метода* [4]

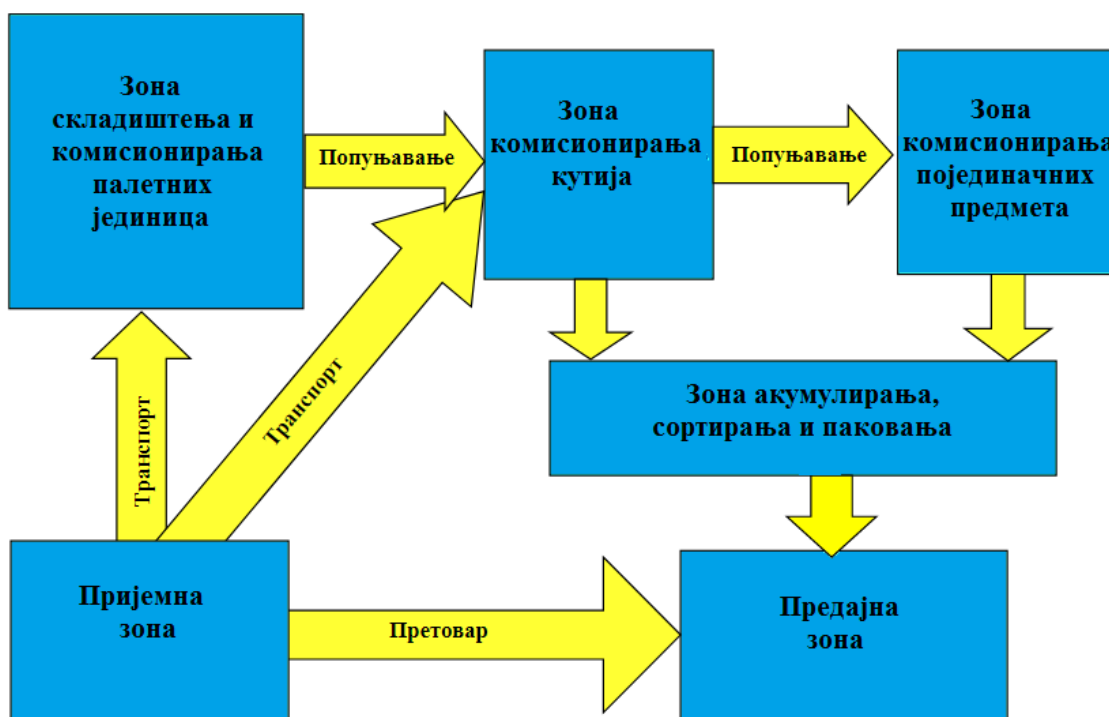


Слика 2. *Lifo metoda* [4]

3. СКЛАДИШНИ ПРОЦЕСИ И ЗОНЕ СКЛАДИШТА

Под складишним процесима подразумевају се све активности које су везане за робу унутар складишта. Активности у складиштима најчешће се одвијају унутар одређених зона приказаних на слици 3, па се према томе деле на следеће процесе, [3], [5]:

- 1) Пријема,
- 2) Складиштења и комисионирања палетних јединица,
- 3) Складиштења и комисионирања појединачних предмета,
- 4) Акумулирања, сортирања и паковања и
- 5) Дистрибуције робе.



Слика 3. Приказ типичних складишних зона и процеса [3]

3.1 Процес пријема робе

Након истовара робе следи провера квалитета и квантитета примљене робе, тј. врши се контрола података са отпремнице (количина, тежина, број кутија, палета и др.).

3.2 Складиштење

Послови и задаци смештаја и пријема робе су: сортирање, проналажење места за смештај робе, допунско паковање (уколико је потребно), чување, осигуравање и контрола залиха ускладиштене робе. Чување робе састоји се од предузимања мера потребних за заштиту робе од могућег пропадања, загађења, крађе. Посебна пажња мора се посветити чувању скупocene робе, експлозивних материјала, робе подложне кварењу, корозији, калирању и роби која негативно утиче на другу робу и материјале унутар истог складишта.

3.3 Комисионирање

Комисионирање представља процес који се реализује у складиштима коадне робе и укључује све активности које прате издавање траженог асортимана робе према врсти и количини, а све то у циљу испуњења наруџбине корисника. У ширем смислу комисионирање представља припрему артикала за издавање (прикупљање, акумулирање, сортирање).

Анализе спроведене у типичним складиштима показују да комисионирање представља најскупљу и временски најобимнију активност унутар складишта. Трошкови комисионирања често прелазе 50 % укупних оперативних трошкова складиштења, а према неким проценама 60 % радног времена троши се на ову активност, што се може видети на слици 4.



Слика 4. Удео оперативних трошкова у складишним процесима [3]

Према врсти јединичног терета комисионирање се дели на комисионирање палета, кутија и јединичних производа, што је приказано на слици 5.



Слика 5. Подела комисионирања према врсти јединичног терета који се преузима [3]

3.4 Сортирање, паковање и издавање робе

Након комисионирања приступа се сортирању, паковању и издавању робе. Роба се одлаже на местима предвиђеним за утовар у транспортно возило. При утовару робе користи се *lifo* принцип. Роба која је прва искомисионирана последња се утоварује, односно роба која је прва поручена прва се испоручује купцу.

4. ТРАНСПОРТНИ СИСТЕМИ У СКЛАДИШТИМА

Транспортни системи се према месту припадности деле на системе спољашњег и унутрашњег транспорта, док се према степену развоја деле на ручне (мануелне), механичке и аутоматизоване, [4], [6].

Транспортне системе чине:

- 1) Транспортна средства,
- 2) Додатна и помоћна средства за руковање материјалом (средства за захват материјала, средства за промену тока кретања материјала, итд.),
- 3) Транспортни путеви и пролазне рампе и
- 4) Остала опрема и уређаји (противпожарни и сигурносни уређаји, итд.).

Под транспортним средствима подразумевају се уређаји који омогућавају манипулацију материјала унутар складишта. Транспортна средства се могу поделити на основу више критеријума. Основна подела је извршена на уређаје прекидног и непрекидног транспорта. Уређаји прекидног транспорта раде у циклусима (дизалице, витла, жичаре, виљушкар итд.), док уређаји непрекидног транспорта раде непрекидно (конвејери, елеватори и сл.)

Најкоришћенији транспортни уређаји су виљушкар и сврставају се у уређаје подног транспорта. Основно обележје виљушкара је виљушка по којој су ови уређаји добили име. Виљушка се креће вертикално што омогућава вертикално слагање робе. Могу бити погоњени помоћу дизел, гасног, електричног а у новије време и помоћу хибридног погона.

Према носивости виљушкар се деле на:

- лаке до 12 kN
- средње од 12 kN до 32 kN
- средње тешке од 32 kN до 80 kN
- тешке од 80 kN до 500 kN
- супер тешке преко 500 kN

Најчешће коришћени виљушкари у складиштима су:

- 1) Нископодизни виљушкари,
- 2) Високоподизни виљушкари,
- 3) Чеони виљушкари,
- 4) Бочни виљушкари и
- 5) Четворостепени виљушкари.

1) Нископодизни виљушкари (палетна колица - палетари) преузимају, подижу од пода и транспортују терет, уз ручно вођење колица по подлози. Ови виљушкари који су приказани на слици 6 а), изводе се са управљачком рудом која омогућава ручну контролу и управљање. Варијанте са транспортном рудом имају добре маневарске карактеристике, захтевају уже радне пролазе, имају мању сопствену тежину, али остварују мањи транспортни капацитет у односу на електронски погоњена палетна колица, слика 6 б), јер им је брзина кретања лимитирана брзином кретања возача (од 4 до 6 km/h).

2) Високоподизни виљушкари преузимају, подижу палету 1 m или више ради опслуживања регала, утовара и истовара теретних возила, изводе се са ручним (ређе), слика 6 в) или електричним погоном, слика 6 г). За рад на дужим релацијама (континуалан рад) употребљавају се високоподизни виљушкари са седиштем за возача.

3) Чеони виљушкари, који су приказани на слици 6 д), могу бити изведени са и без противтега. Код виљушкара са противтегом, исти се качи на задњи крај и има улогу да изједначи велики момент који тежи да преврне виљушкар око предње осовине. Момент потиче од уређаја за дизање и тежине терета.

Код виљушкара без противтега, исти се налази у бази виљушкара. Ови виљушкари се одликују мањом сопственом тежином од виљушкара са контратегом што омогућава мањи притисак на подлогу као и боље маневарске способности. Основно обележје виљушкара без контратега је да EURO палету може да подиже и слаже само ако је захваћена са уже (чеоне) стране.

4) Бочни виљушкари превасходно су намењени за руковање теретима велике дужине, слика 6 ђ). Њихова основна карактеристика је да рам за дизање стоји попречно у односу на подужну осу вратила и да се сходно томе терет захвата бочно.

5) Четворостепени виљушкари омогућавају ротацију рама, односно тежишта терета, слика 6 е). Могу бити израђени у две варијанте: за руковање теретима велике дужине и за руковање палетним јединицама и малим контејнерима у зони складишта.



Слика 6. *Врсте виљушкара: а) Ручна палетна колица, б) Електрична палетна колица, в) Ручни високоподизни виљушкар, г) Високоподизни виљушкар са седиштем за возача, д) Чеони виљушкар, ђ) Бочни виљушкар и е) Четворостепени виљушкар [7].*

5. ПОДЕЛА СКЛАДИШТА

Према начину слагања материјала складишта се могу поделити на подна и регална. Ова подела назива се и подела према дубини складиштења робе. Код подних складишта материјал се може одлагати тако да образује блокове или редове, [3], [6].

Регална складишта се према начину извођења конструкције деле на:

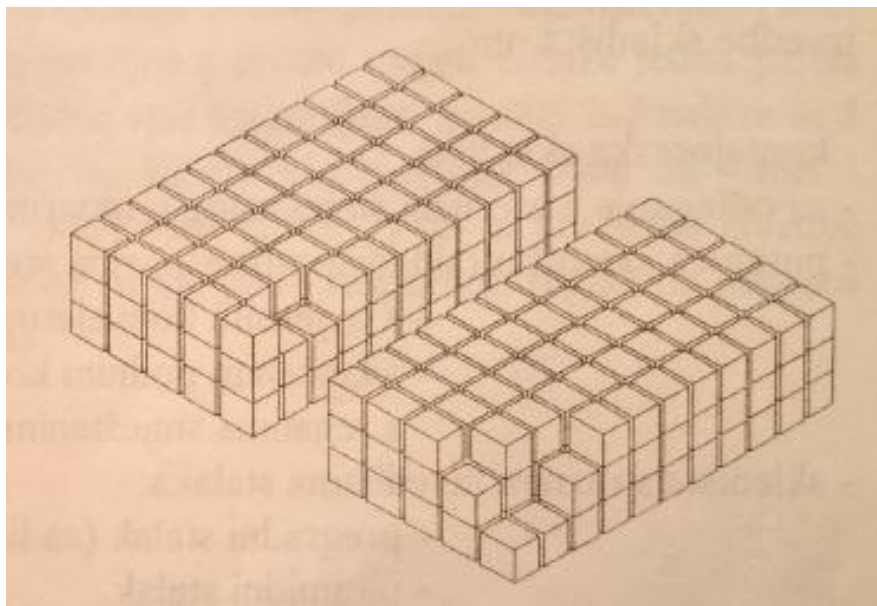
- 1) Полична,
- 2) Палетна,
- 3) Пролазна,
- 4) Проточна,
- 5) Конзолна и
- 6) Карусел .

5.1 Подна складишта

Подна складишта представљају најједноставнији вид складиштења робе. Употребљавају се када је висина одлагања изразито ниска, у чему се огледа основна предност овог вида складиштења. Подна складишта су уједно и најнерационалнија па се користе једино када је то неопходно. Ради повећања искоришћености приступа се слагању јединичних терета, у случајевима где је то допуштено. Могућност слагања зависи од допуштене носивости палете, како не би дошло до уништења материјала који се налази на палети, или палете услед масе материјала. Материјал се у висину може слагати до 5 метара на шта утичу: стабилност јединице, квалитет пода, транспортно средство, време задржавања материјала, итд.

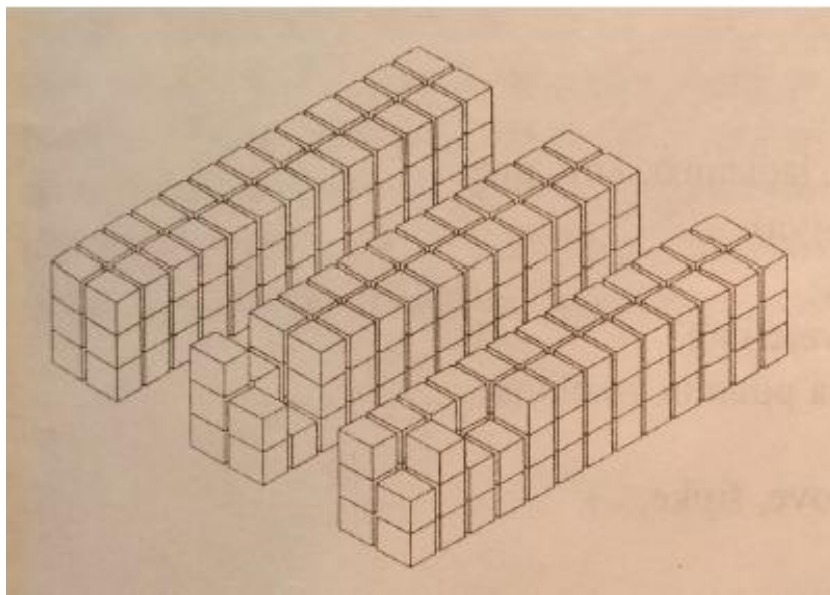
Постоје два основна типа подних складишта у којима се материјал може слагати у редове или у блокове. Оба типа се одликују добрим и лошим особинама, док је висина одлагања изразито ниска. При одабиру једног од ова два типа треба водити рачуна о количини материјала који се одлаже.

Блок складиштење приказано је на слици 7 и користи се када се у складишту налази велика количина истоврсног материјала, односно када је асортиман материјала мали. Могућ је приступ свакој врсти материјала, али не и свакој јединици, што може довести до проблема. При блок складиштењу већа је искоришћеност простора у односу на слагање у редове. Могућ је приступ само јединици на највећој висини, што условљава висину складиштења према врсти коришћеног виљушара.



Слика 7. Блок подно складиштење [3]

Складиштење у редовима приказано је на слици 8, а по карактеристикама је слично складиштењу у блоковима. Главна разлика је постојање већег броја пролаза за виљушкар, што омогућава бољи приступ складишним јединицама. Користи се код већег асортимана производа. Искоришћеност ове врсте складишта је од 20 % до 30 % простора. Недостаци подних складишта су неискоришћеност простора, немогућност коришћења fifo принципа складиштења, ограничена висина складиштења и немогућност приступа свим јединицама производа.



Слика 8 . *Подно складиштење у редовима [3]*

5.2. Регална складишта

Данашња складишта су готово незамислива без адекватне регалне опреме. Употребом регалне опреме повећава се искоришћеност простора, пошто се артикли не одлажу само по поду већ и у висину.

5.2.1 Полични регали

Полични регали најчешће се налазе у затвореном простору и представљају регале који се унутар складишта најчешће постављају у редове. Редни распоред регала омогућава лак приступ свакој ускладиштеној јединици и приказан је на слици 9. По дубини се одлаже само једна кутија, док се по ширини може одложити и већи број кутија чиме се омогућава лак приступ свакој од ускладиштених јединица. Поред приступа свакој ускладиштеној јединици одликују се и лаком (де) монтажом. Висина поличних регала износи око 8 m (највише 12 m). Могуће је и складиштење у више нивоа (2 до 3), уколико је висина складишта већа од 4 m. Полична складишта, у којима се складиштење врши у више нивоа, називају се складишта са подестом.



Слика 9. Полични регал [3]

5.2.2 Класични палетни регали

Палетни регали су најзаступљенији вид конструкције у складиштима. Омогућавају складиштење различитих врста артикала који се налазе на палетама. Одликују се директним приступом свакој палети, прилагодљиви су у односу на масу и димензије артикла. Примењују се у свим врстама индустрије и дистрибуције. Најчешће се артикли одлажу у редовима, при чему се палете одлажу по једна у дубину што је приказано на слици 10, али постоје и конструкције палетних регала двоструке дубине који су приказани на слици 11.

Разликују се два начина одлагања палета:

- 1) Попречно одлагање: краћа страница палете одлаже се по дубини регала и
- 2) Одлагање по дужини: дужа страница палете одлаже се по дубини регала.



Слика 10. Палетни регал једноструке дубине [8]



Слика 11. *Палетни регал двоструке дубине [9]*

5.2.3 Пролазни регали

Пролазни регали имају примену при складиштењу истоврсне робе. Једноставне су конструкције, а сачињени су од од међусобно повезаних вертикалних носача. Конструкција регала приказана је на слици 12 и формирана је тако да обезбеђује слободан пролаз транспортних уређаја који манипулишу јединичним теретима. Улаз, односно одлагање терета, може се вршити са једне или са обе стране .

Добре карактеристике пролазних регала су :

- 1) Релативно ниска цена израде овог типа складишта,
- 2) Велика искоришћеност подне површине и простора складишта,
- 3) Нема посебног пролаза за транспортне путеве и
- 4) Погодни су за материјал који се дуже време задржава у складишту.



Слика 12. *Пролазни регал [10]*

5.2.4 Конзолни регали

Овај тип регала приказан на слици 13, своју примену нашао је у индустрији и служи за одлагање материјала попут цеви, профила, лимова и других материјала, како у отвореним, тако и у затвореним просторима. Најчешће су висине до 8 m, док дубина зависи од конзолних носача, који нису дужи од 3 m, док носивост не прелази 200 kN (око 25 kN по конзоли). Веома су флексибилни, што код стандардних конструкција омогућава промену висине појединих нивоа. Најчешће се постављају у редове и могу бити једноструки или двоструки. Једноструки конзолни регали најчешће се постављају уз зид неког објекта.



Слика 13. Конзолни регал [11]

5.2.5 Покретни регали

Примена ове врсте регала омогућава оптимално коришћење складишног простора. У односу на класичне складишне системе овим системом се складишни простор може повећати до 180 %. Користе се за складиштење коадног материјала, посебно уколико је мања учесталост улаза - излаза, будући да треба више времена за директан приступ материјалу. Конструкција покретних регала истоветна је конструкцији поличних регала, а постављају се на покретним постолјима која се најчешће крећу по шинама. Конструкција овог типа регала приказана је на слици 14.

Покретање јединица регала може се остварити:

- 1) Ручним погоном механизма за померање регала, уколико оптерећење не прелази 150 kN (200 kN) по јединици регала или
- 2) Моторним погоном за оптерећења већа од 200 kN.

Висина покретних регала најчешће износи око 6 m (највише 10 m), док се у једном блоку може налазити од 6 до 8 јединица регала (већи број јединица регала условљава формирање већег броја блокова) .



Слика 14. *Покретни регал [12]*

5.2.6 Карусел регали

Карусел регале сачињавају полице које служе за одлагање материјала који се кружно крећу, при чему затворена конструкција обезбеђује заштићеност транспортованог материјала. Служе за складиштење материјала малих димензија и масе. Предности се огледају у малим подним површинама које заузимају. Кружно кретање материјала унутар затворене конструкције може бити хоризонтално и вертикално, због чега се и конструкције ових регала деле на хоризонталне и вертикалне. Хоризонтални карусел регал приказан је на слици 15 док је конструкција вертикалног карусел регала приказана на слици 16.



Слика 15. *Хоризонтални карусел регал [5]*



Слика 16. Вертикални карусел регал [5]

5.2.7 Проточни регали

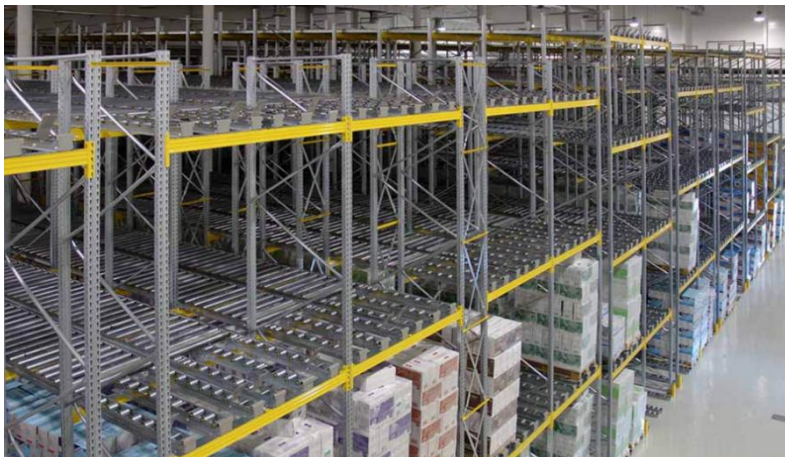
Примена проточних регала омогућава остварење динамичког складиштења коадног материјала. Јединични терет се може налазити на палетама, у сандуцима, кутијама или у одговарајућој амбалажи. Проточни регали приказани на слици 17, погодни су за одлагање истоврсног коадног материјала у већим количинама, а често се користе и при комисионирању робе. Руковање робом остварује се по *fifo* начелу. Виљушкари су транспортна средства која најчешће опслужују проточне регале.

Кретање материјала у проточним регалима може се остварити на следеће начине:

- 1) Возном стазом без погона: ускладиштене јединице крећу се силом земљине теже (гравитациони регали). Носачи, а самим тим возне стазе, постављају се под нагибом који се креће у опсегу од 1% до 5%, зависно од тежине материјала и квалитета амбалаже. Стазе се углавном изводе помоћу ваљака.
- 2) Возном стазом са погоном: возна стаза се у овом случају поставља хоризонтално, док се материјал креће брзином не већом од 0,3 m/s.

Терет може бити погоњен на следеће начине:

- а) Средствима непрекидног транспорта: нпр. погоњене ваљчане или ланчане тракасте стазе или пруге (могу се погонити и само одређени делови стазе) или
- б) Средствима прекидног транспорта: посебно изведена (аутоматизована) возила која се крећу испод јединичног терета.



Слика 17. Проточни регал [13]

6. ПРОТОЧНА РЕГАЛНА СКЛАДИШТА

Принцип рада проточних складишта заснован је на кретању складишне јединице (палете или кутије) унутар ходника регала (регалних тунела), тј. на промени положаја палете у односу на првобитно ускладиштено место, [3].

Кретање унутар регала може се остварити помоћу:

- 1) Гравитационе силе или
- 2) Дејства неке побудне силе.

Кретање складишне јединице помоћу гравитационе силе одвија се када је нагиб регалног ходника задовољавајући. Када нагиб није одговарајући палета се не може покренути, па је неопходно на њу деловати неком додатном силом, како би она из стања мировања прешла у стање кретања. Додатна сила се огледа у употреби различитих видова енергије почевши од: пнеуматске, електромоторног погона ваљака, па све до употребе различитих видова складишних виљушкара. Због високе цене, али и због мањка ових извора енергије, све чешће се користе проточна складишта заснована на искоришћењу гравитационе силе.

Према стазама по којима се палете крећу извршена је следећа подела:

- 1) Кретање складишне јединице по ваљчаним стазама које су приказане на слици 18 и
- 2) Кретање складишне јединице на посебним колицима, оквирима са точковима, која се крећу по вођицама и приказани су на слици 19.

Систем кретања складишне јединице по ваљчаним стазама чешће се користи, но због своје зависности од квалитета израде палете и због губитка доста великог дела складишног простора (код гравитационих складишта), у последње време се доста користе и регали код којих се палете одлажу на посебне металне оквире са четири точка које се унутар регала крећу по посебним вођицама. Многе фирме су развиле сопствене системе вођица за кретање терета унутар регала, па је самим тим и понуда на тржишту разноврсна.



Слика 18. *Проточни палетни регал са ваљчаним стазама* [3]



Слика 19. *Проточни палетни регал са посебним колицима* [4]

6.1 Проточна регална складишта са ваљчаним стазама под нагибом

Конструкција овог типа складишта веома је скупа. Потребна је велика прецизност израде, а постоји и зависност од квалитета израде палете, тако да се пројектанти и конструктори ређе одлучују за израду складишта овог типа, па чак и ако се ово решење намеће као једино могуће.

Добре особине проточних складишта са ваљчаним пругама су:

- 1) Веома добро попуњавање складишног простора (веома важно код скупих складишних објеката, нпр. хладњача),
- 2) Једноставно манипулисање теретом (најчешће два регална виљушкара) и
- 3) Поједностављено праћење робе (роба која се прва одлаже у регал прва се и узима из њега, што је од изузетне важности при одлагању лако кварљиве робе).

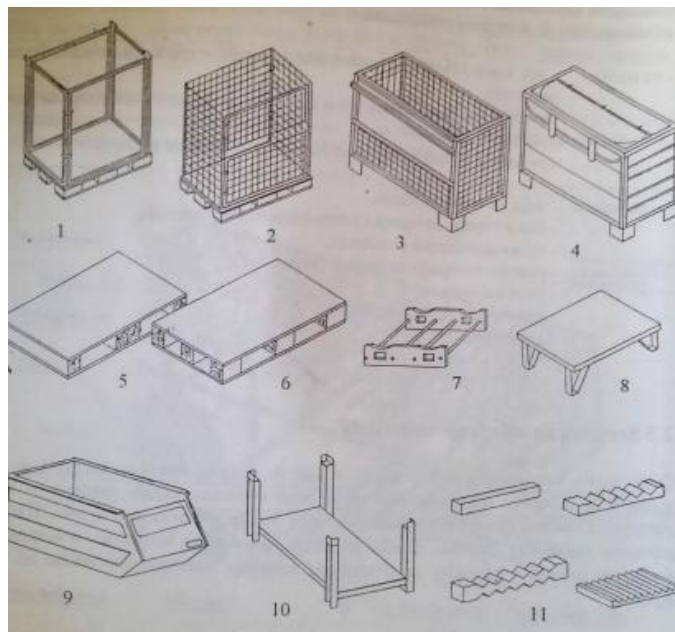
Лоше особине проточних складишта са ваљчаним пругама су:

- 1) Зависност од квалитета палета,
- 2) Потребна велика тачност при изради конструкције,
- 3) Потребно велико пројектно и конструкцијско искуство и
- 4) Потребна велика почетна инвестиција.

Ходници са ваљчаним пругама могу бити дужине и до 50 метара (најчешће су око 20 метара), висина ходника је неограничена (односно зависи од виљушкара). Ваљчане пруге постављају се под одређеним нагибом који најчешће износи од 1 % до 5 %. Нагиб зависи од: тежине терета, квалитета палета, размака ваљака, пречника ваљака и тачности израде конструкције. Тешко је теоретски предвидети потребан нагиб, па је најидеалније за сваки појединачни случај изградити посебан сегмент и на њему извршити потребна испитивања.

6.2 Средства за складиштење

Једну од основних складишних компоненти представљају средства за складиштење материјала. Употреба ових средстава знатно олакшава руковање материјалом, његово складиштење и транспорт. Могу имати двојаку улогу која се огледа у захвату материјала и у остваривању јединичног терета. Најчешћа средства за одлагање комадних терета приказана су на слици 20 и чине их палете, сандуци, сталци, кутије, касете итд.



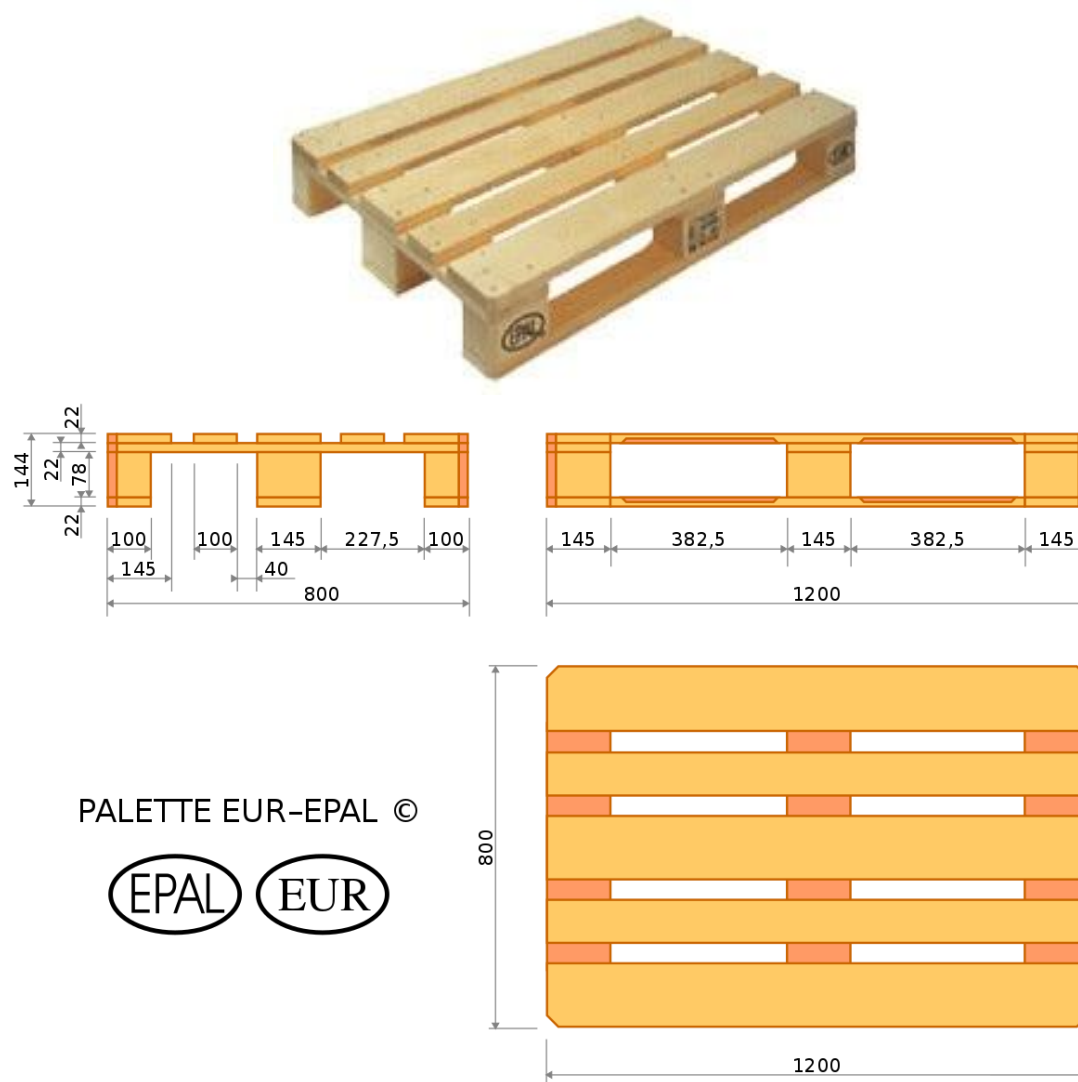
Слика 20. Средства за складиштење: 1, 2) Равна палета са наставцима, 3, 4) Кутијаста палета, 5, 6) Равне палете, 7) Палета за бачве, 8) Равни сталак, 9) Контејнер, 10) Носећи сталак и 11) Подметачи [3]

6.2.1 Палете

Неопходно је да палете буду у добром стању јер оштећене палете могу застати на ваљчаној стази и изазвати потешкоће при раду. Палете израђене од тврдог дрвета су тешке, али је зато сигурност при раду знатно већа у односу на палете израђене од меког дрвета. Посебно је важно да страна која прелази преко ваљка буде у добром стању. При дужем задржавању палете на једном месту долази до утискивања ваљака у доње даске палете, што условљава потребу за великим нагибом како би се палета покренула. Мокра палета брже трули па је зато пожељно да она буде сува. Код других система квалитет палете није од великог значаја па произвођачи често испоручују палете лошијег квалитета.

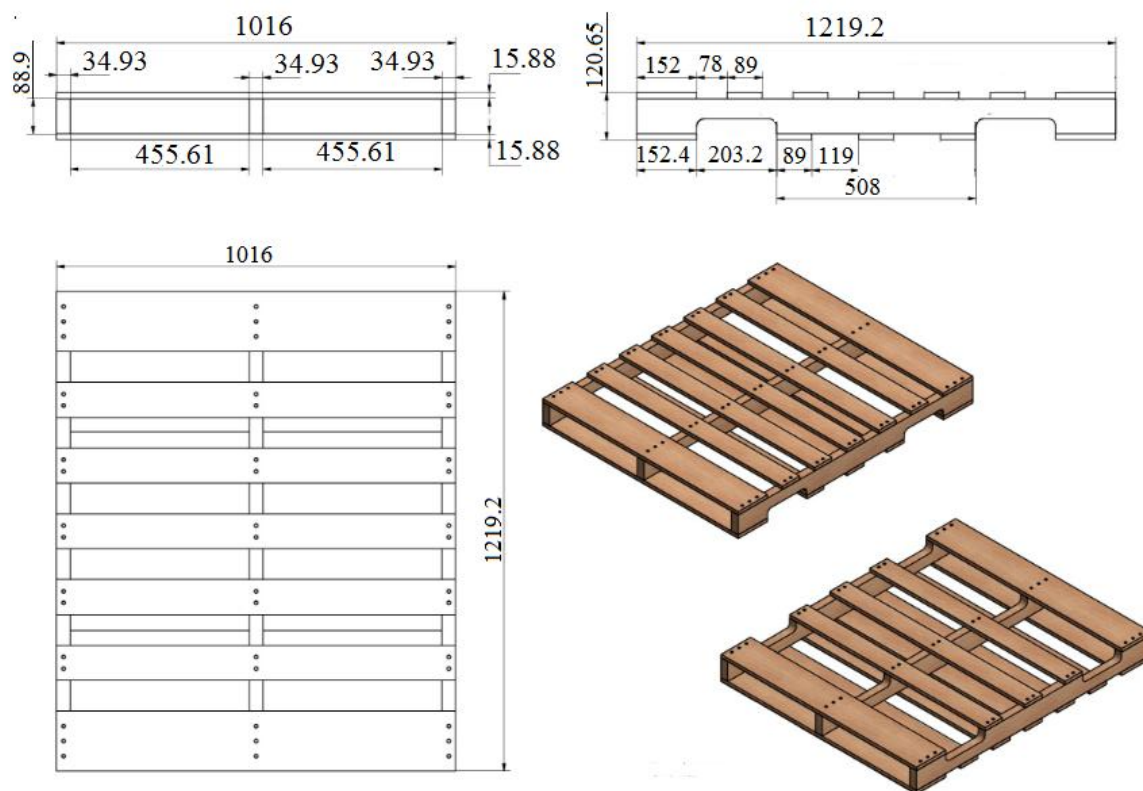
Како би се унутар једног логистичког ланца повезао већи број складишта, али и обезбедило лакше ускладиштење материјала димензије палета су стандардизоване.

На европском тржишту користе се EURO палете. Површина палете износи $0,96 \text{ m}^2$, односно димензије износе $1200 \times 800 \times 144 \text{ mm}$, тежина палете износи од 20 до 24 kg, док носивост не прелази 1500 kg. EURO палета са габаритним мерама приказана је на слици 21. Ради додатне сигурности при коришћењу EURO палете као средства складиштења њена складишна површина треба да заузима већу површину него сама палета. Дакле потребна складишна површина износи $1200 \times 1000 \text{ mm}$ ($1,2 \text{ m}^2$), док висина палете не сме да пређе дужину најдуже стране, односно 1200 mm.



Слика 21. EURO палета [14]

На територији Сједињених Америчких Држава користе се GMA палете. Димензије GMA палета изражене су инчима ($1 \text{ inch} = 0,0254 \text{ m} = 25,4 \text{ mm}$) и износе $48'' \times 40'' = 1219,2 \times 1016 \text{ mm}$. Потребна складишна површина изражена је у стопама ($1 \text{ стопа (ft)} = 0,3048 \text{ m} = 304,8 \text{ mm}$) и износи $4 \text{ ft} \times 4 \text{ ft} = 1,22 \text{ m} \times 1,22 \text{ m} = 1,49 \text{ m}^2$, односно $0,29 \text{ m}^2$ више него EURO палета. GMA палете и габаритне мере приказане су на слици 22.



Слика 22. GMA палета [15]

6.3 Делови проточних регалних складишта

Конструкција проточних гравитационих складишта се може поделити на две основне целине, [16]:

- 1) Динамичку и
- 2) Статичку.

6.3.1. Динамички део

Динамички део гравитационог проточног складишта чини ваљчана стаза. Елементи ваљчане стазе су:

- 1) Ваљак,
- 2) Штитник ваљка на улазу,
- 3) Усмеривач,
- 4) Кочиони ваљак,
- 5) Одвајач палете и
- 6) Зауставни механизам.

6.3.1.1 Елементи ваљчане стазе

Ваљчане стазе изводе се у сегментима различите дужине која зависи од више елемената, као што су висине етажe, тежина и размак палета дуж ходника, услови монтаже и др.

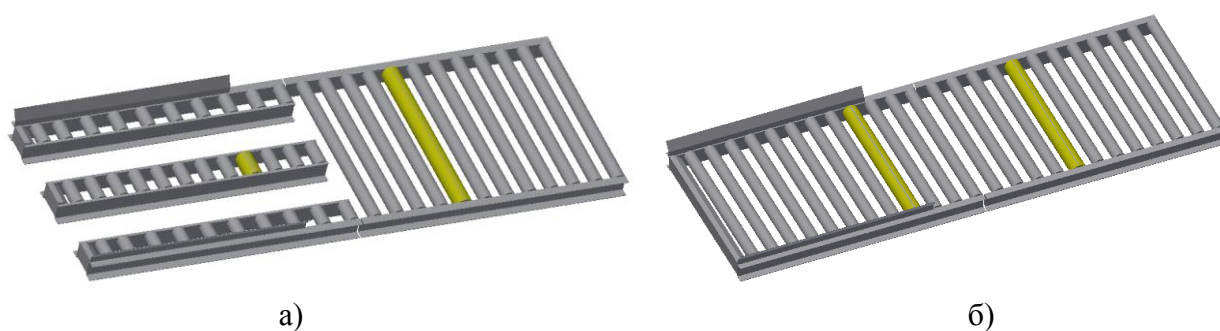
Укупна дужина ходника одређује се приближно по формули:

број палета $\times$ дужина палета + 400 mm (терет не сме прећи габаритне мере палете)

Зависно од транспортно манипулационог средства које се користи за одлагање и преузимање палета, те нагиба ваљчаних стаза, улазни и излазни сегменти ваљчаних стаза могу се извести и са краћим ваљцима. При оваквој изради манипулација је знатно олакшана, пошто у случају нетачног рада не долази до контакта виљушке виљушкара са ваљцима ваљчане пруге. Ваљчана стаза приказана на слици 23 је стандардни производ који се бира из каталога произвођача, [17].

Одабир стазе извршен је на основу:

- 1) Димензија палете,
- 2) Тежине палете,
- 3) Броја палета које се одлажу по дубини,
- 4) Нагиба ваљчане стазе и
- 5) Начина одлагања и изузимања терета.

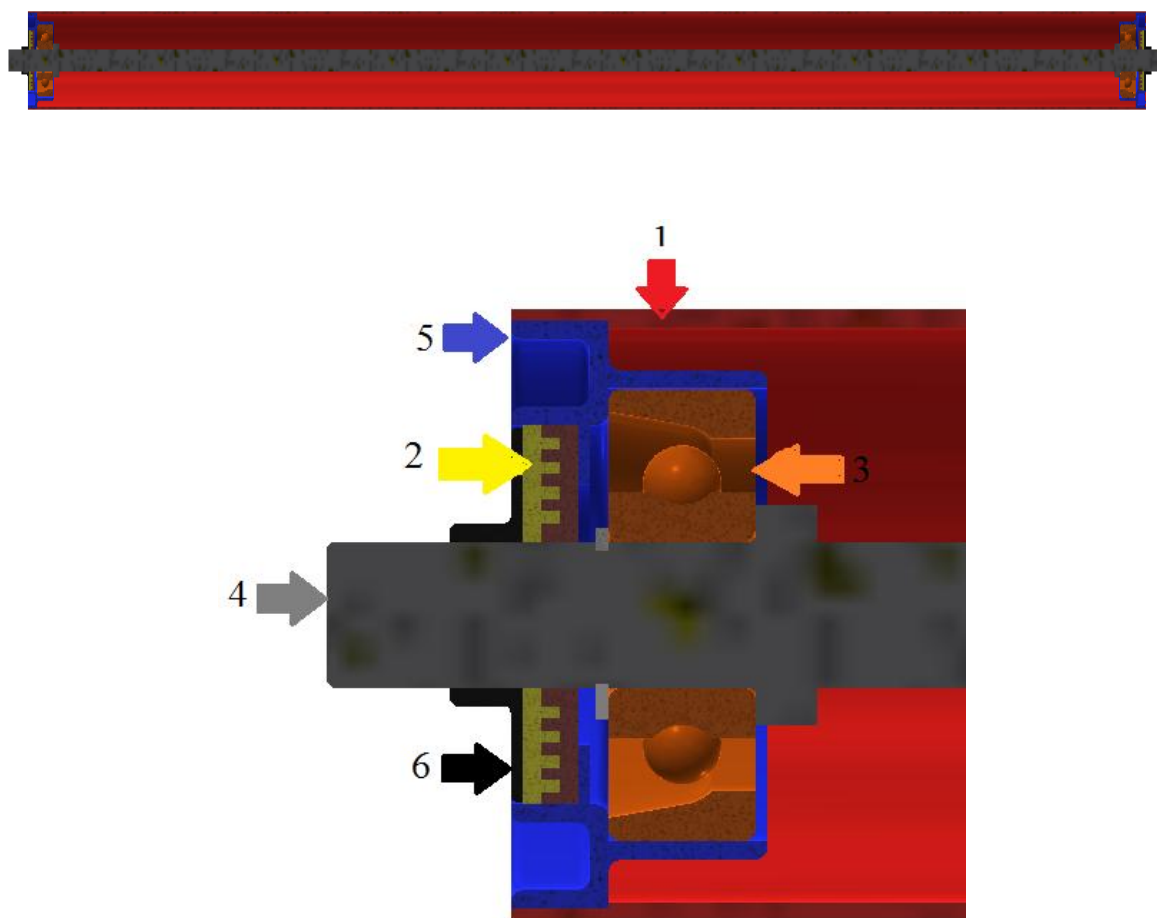


Слика 23. Ваљчана стаза са: а) Кратким и б) Дугим ваљцима.

6.3.1.1.1 Ваљак

Ваљак представља основни елемент ваљчане стазе преко ког се остварује кретање терета. Окретање ваљка може се постићи силом земљине теже или неком побудном силом. Брзина окретања ваљка а самим тим и брзина кретања терета ограничава се помоћу ваљчаних кочница. Ваљак се састоји од осовине, ваљка, лежаја, заптивки, поклопаца и осигурача, што је приказано на слици 24.

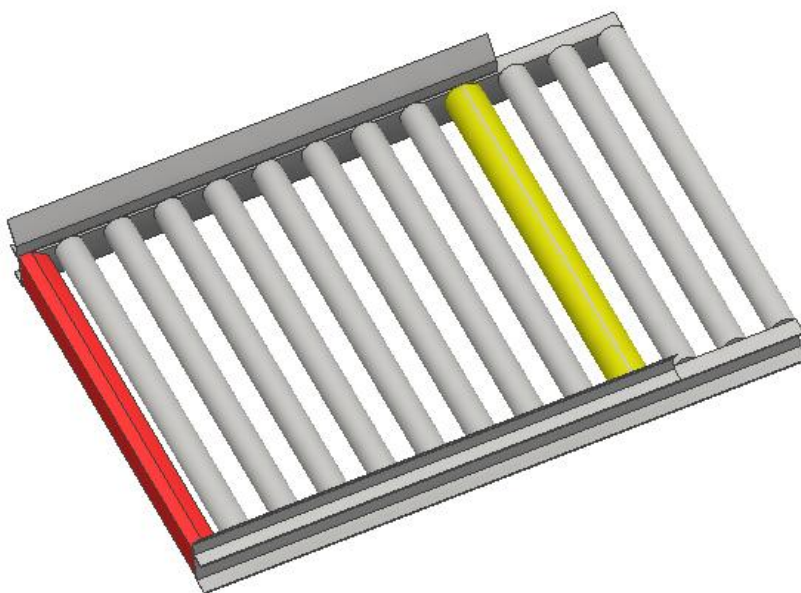
Ваљци се користе у различитим димензијама са пречником од $\varnothing 50$ до $\varnothing 80$ mm и међусобним осним растојањем од 100 до 200 mm. Користе се и конструкциона решења пруга са кратким ваљцима (2 или 3 паралелне пруге у једном ходнику) за кретање палете које се искључиво врши по дужој страници палете (дужа страна палете је паралелна оси ваљчане пруге).



Слика 24. Делови ваљка: 1) Ваљак, 2) Заптивке, 3) Лежај, 4) Осовина и 5,6) Поклопци

6.3.1.1.2 Штитник ваљка на улазу

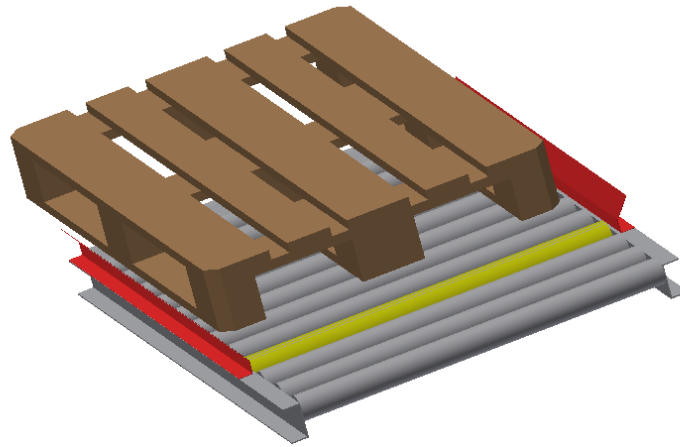
Код израде ваљчане стазе са дугим ваљцима на улазу палете јавља се могућност настајања оштећења првог ваљка услед удараца виљушака виљушкарa. Ова ситуација се може избећи постављањем штитника ваљка који се причвршћује на регалну конструкцију и заузима позицију испред првог ваљка. Штитник ваљка приказан је на слици 25, а подешава се тако да може апсорбовати ударац виљушке и преузети палету све док она у потпуности не дође у косину ваљчане стазе. Треба напоменути да се при раду са чеоним виљушкарима точкашима, ради заштите регалне конструкције на улазном и излазном делу, поставља чврста ниска ограда велике чврстоће која регалну конструкцију штити од директног удара виљушкарa. Облик и положај оgrade одређује се према сваком виљушкару понаособ.



Слика 25. Штитник ваљка на улазу

6.3.1.1.3 Усмеривач палете

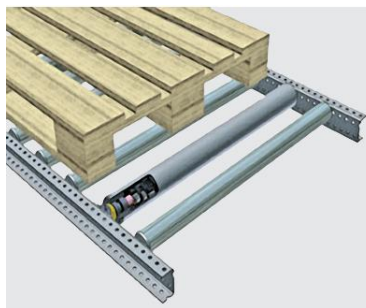
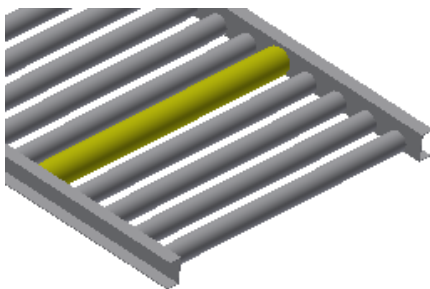
На улазном делу ваљчане стазе поставља се усмеривач који палете усмерава дуж ваљчане стазе. Усмеривачи су посебне вођице које се причвршћују са леве и десне стране улазног елемента и изводе се у зависности од манипулационог средства а приказани су на слици 26.



Слика 26. Усмеривач палете

6.3.1.1.4 Кочиони ваљак

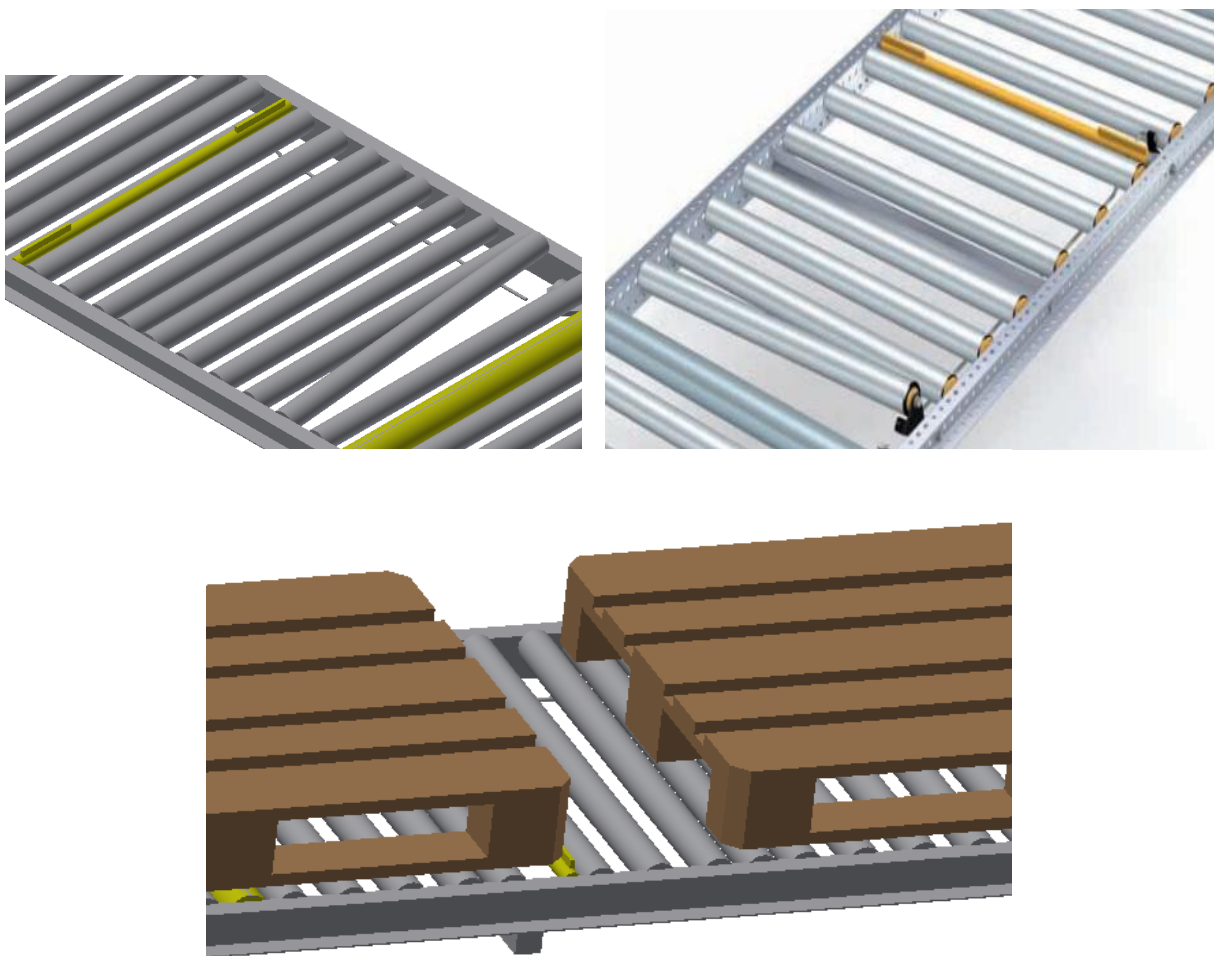
Да би се палета покренула унутар регалне конструкције и почела да се креће, потребан је доста велики нагиб стазе. Међутим, када палета отпочне кретање, у веома кратком временском интервалу достиже велику брзину. Велика брзина кретања може да проузрокује опасности од оштећења конструкције, а самим тим и оштећења транспортованог терета. Да би се избегло оштећење, користе се кочиони системи различитих конструкција који контролишу брзину кретања палета. Могуће је кочницу уградити тако да директно делује на палету, слика 27, или индиректно преко два ваљка. Како не би дошло до проклизавања између кочнице и терета, на додирним местима ваљци се облажу специфичним храпавим тракама.



Слика 27. Кочиони ваљак

6.3.1.1.5 Одвајач палете

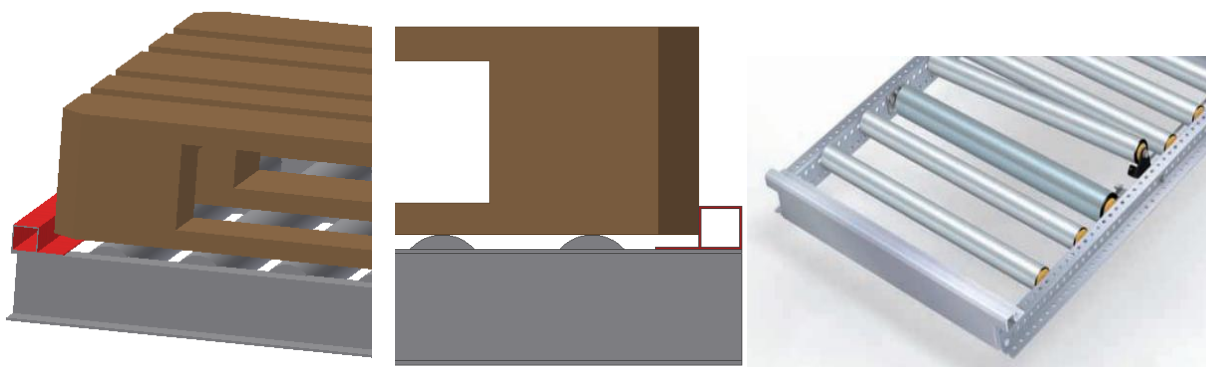
Да би се задња палета могла преузети из регалног тунела, потребно ју је одвојити од предзадње, јер би евентуално додиривање палета оштетило горњи део терета пре повлачења из регала. Одвајање се најчешће изводи посебним механизмима са опругом. Када се задња палета подигне са ваљчане стазе, механизам ослобађа предзадњу палету која се једно време креће под дејством кочнице а задњи део палете достиже одређено убрзање и одваја се од палете иза ње. Пре заустављања, палета наилази на полужни механизам који притиска, а он на другом крају избацује граничник који зауставља палету и тако одржава потребно растојање, што је приказано на слици 28.



Слика 28. Одвајач палете

6.3.1.1.6 Зауставни механизам

Код кретања палете од предзадњег према задњем палетном месту, палета излази изван деловања кочнице, добија брзину при чему постоји опасност од прејаког удара о граничник на крају пруге, што може начинити оштећење конструкције, па чак и терета. Опасност од прејаког удара се спречава постављањем регулационих папучица које се подешавају у зависности од тежине терета и приказане су на слици 29. Зауставним механизмом постиже се да палета увек доспе до краја ваљчане стазе без јачег удара. Када се користе дуги ваљци на излазу, папучице се међусобно спајају посебним носачем који служи за заштиту задњег ваљка од ударца виљушке виљушкара.



Слика 29. *Зауставни механизам*

6.3.2. Статички део

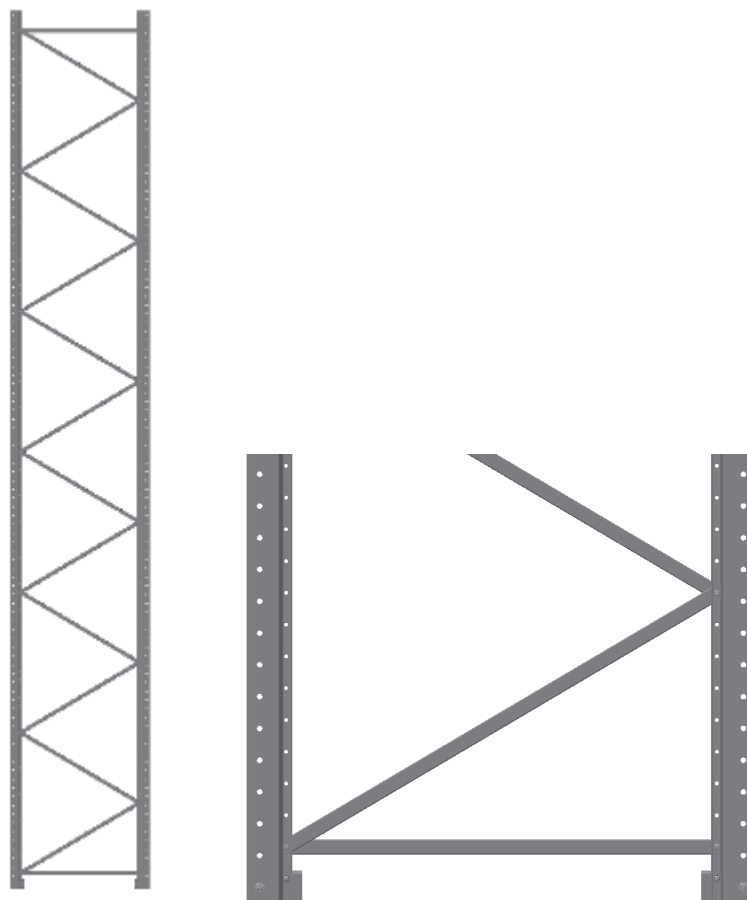
Због једноставније израде и монтаже регална складишта се израђују од стандардних елемената.

Уобичајени стандардни елементи палетних регала су:

- 1) Рам,
- 2) Носач ваљчане стазе и
- 3) Дистанцер.

6.3.2.1 Рам

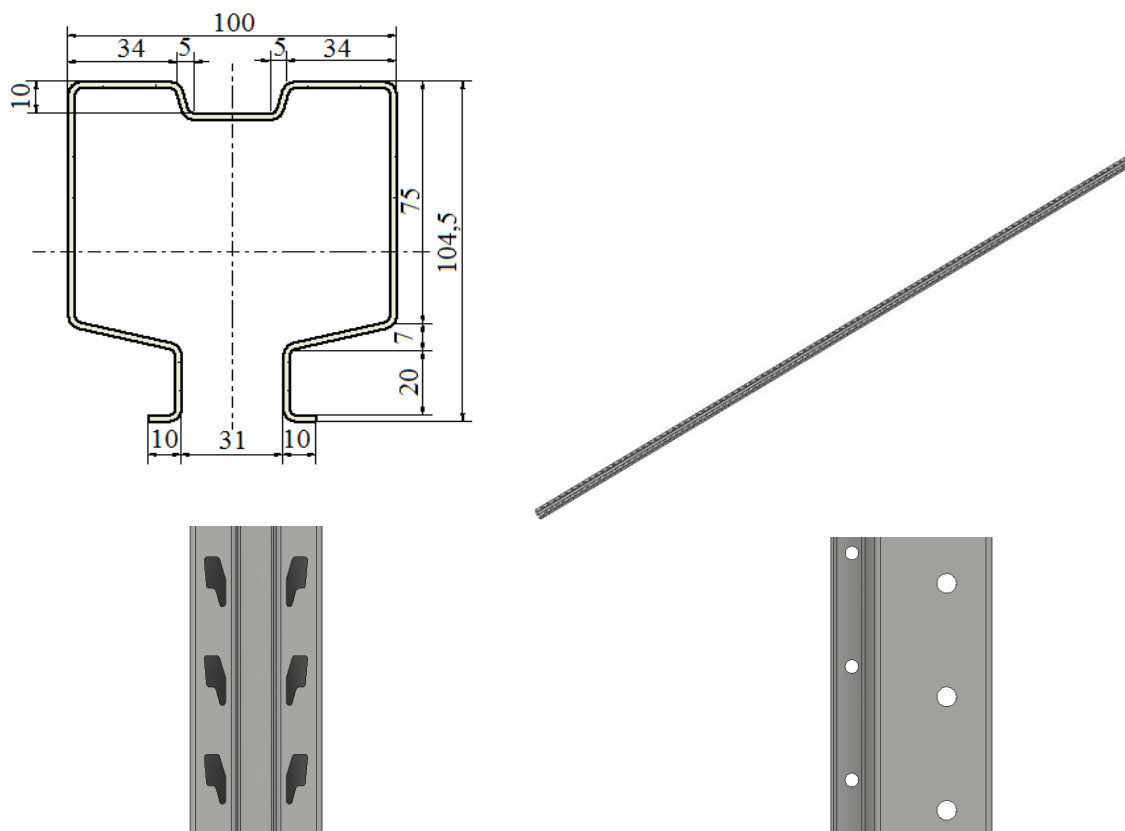
Рам формирају, два, најчешће перфорирана, вертикална стуба повезана системом дијагоналних и / или хоризонталних испуна. Рам приказан на слици 30, поред испуна састоји се и од стопа помоћу којих се стубови причвршћују за подлогу.



Слика 30. Рам

6.3.2.1.1 Стуб

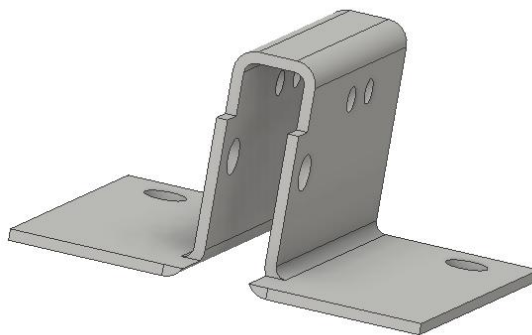
Стубови могу бити различитих димензија и профила. На чеоној страни стубови имају перфориране отворе који слиже за везу носача ваљчане стазе и стубова помоћу вијака. На стубовима је могуће мењати корак, односно померати носач ваљчане стазе по висини. Стуб је приказан на слици 31, а за подну најчешће бетонску подлогу се причвршћују помоћу стопа. На бочној страни стуба налазе се отвори $\varnothing 9 \text{ mm}$ и $\varnothing 11 \text{ mm}$ који служе за везу са испунама и дистанцерима. Испуне и дистанцери се за стубове причвршћују помоћу вијака.



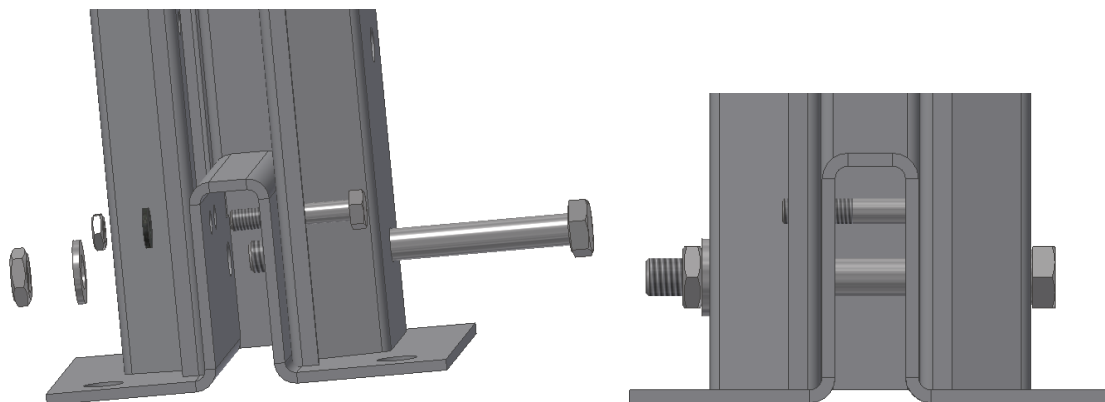
Слика 31. Стуб

6.3.2.1.2 Стопа

Помоћу стопа приказаних на слици 32, стубови се причвршћују за подлогу. Подлога оптерећена масом регала и терета унутар њега израђује се од армираног бетона. Веза стопа и стубова остварује се помоћу вијака М10 х120 mm и М8 х 45 mm, што је приказано на слици 33.



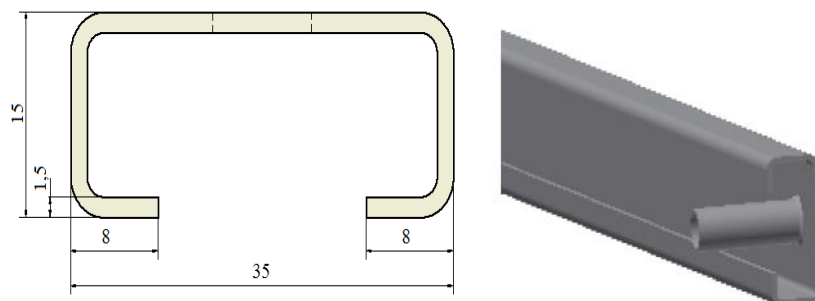
Слика 32. Стопа



Слика 33. Веза стуба и стопе

6.3.2.1.3 Испуна

Два стуба међусобно су повезана хоризонталним и дијагоналним испунама. Испуне су приказане на слици 34, док је на слици 35 приказана веза стубова и испуна која се остварује помоћу вијака М8 х 45 mm. Код хоризонталних испуна помоћу чауре са једне стране се надомешћује празан простор између стуба и испуне.



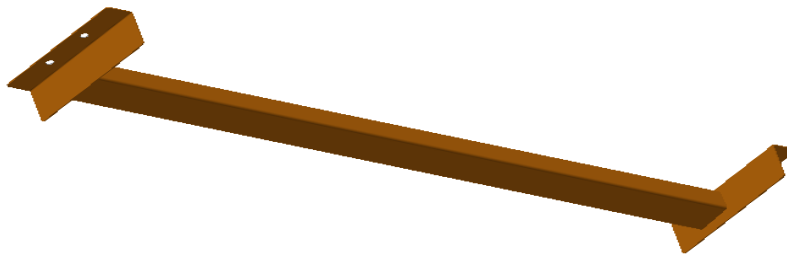
Слика 34. Испуна



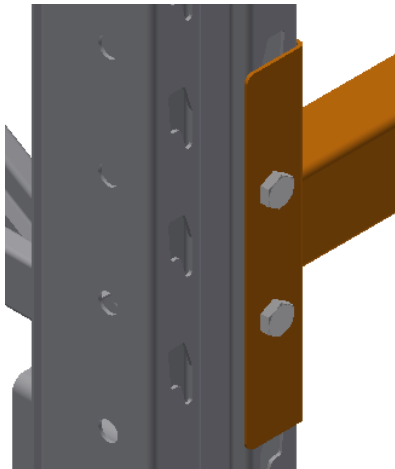
Слика 35. Веза испуне и стуба

6.3.2.2 Носач ваљчане стазе

Носач ваљчане стазе је хоризонтални елемент који повезује суседне вертикалне стубове и лежи у правцу паралелно главном ходнику између регала. Може бити различитих димензија и носивости. На крајевима греде налази се најчешће заварени гредни конектор који заједно са гредом формира носач ваљчане стазе. Гредни конектор има кукице или друга средства која се каче у отворе или прорезе на вертикалном стубу. Греда може бити заокренута за одређени угао у односу на конекторе да би се остварио нагиб ваљчане стазе. Носачи ваљчане стазе приказани су на слици 36 док је веза носача и стуба приказана на слици 37.



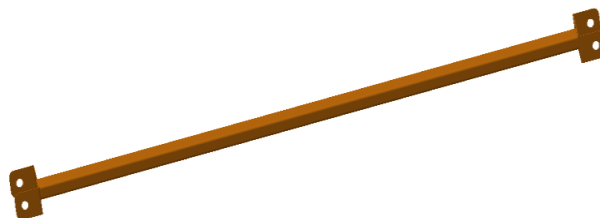
Слика 36. *Носач ваљчане стазе*



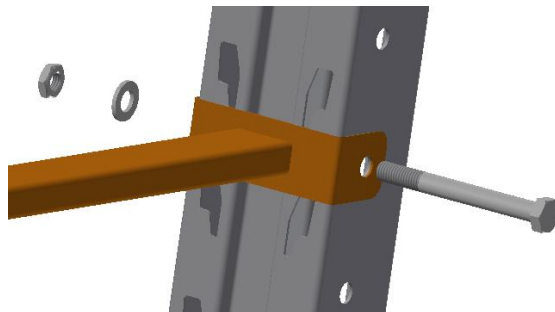
Слика 37. *Веза носача ваљчане стазе и стуба*

6.3.2.3 Дистанцер

Дистанцер, приказан на слици 38, има улогу да обезбеди потребно растојање између суседних рамова. Кроз отворе $\varnothing 11 \text{ mm}$ који се налазе на дистанцеру помоћу вијака $M10 \times 120 \text{ mm}$ дистанцер се повезује са стубовима што је приказано на слици 39.



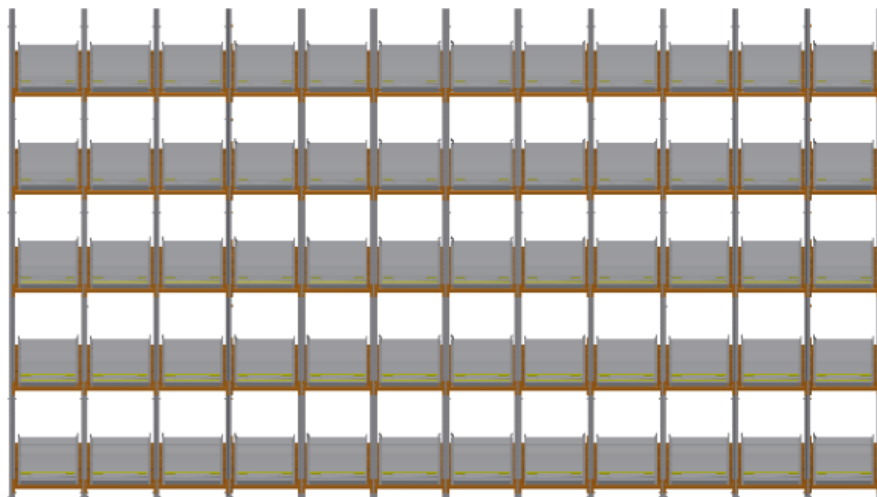
Слика 38. Дистанцер



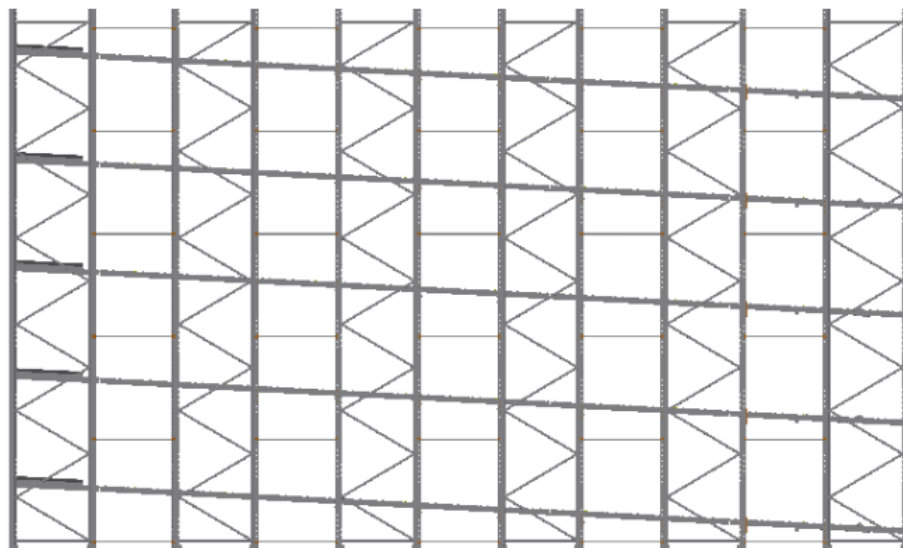
Слика 39. Веза дистанцера и стуба

6.4 3D модел гравитационог проточног палетног регала

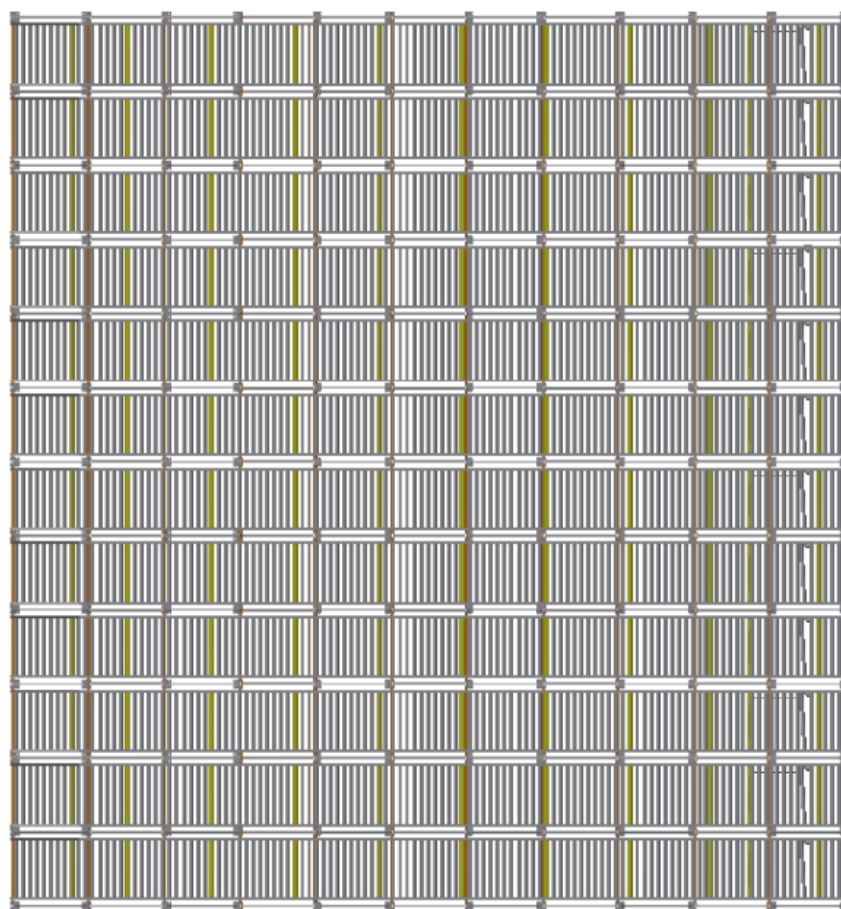
3D модел гравитационог палетног регала као и његови саставни делови урађени су у програмском пакету Autodesk Inventor Professional. Пројекције гравитационог проточног палетног регала приказане су на сликама 40 - 43.



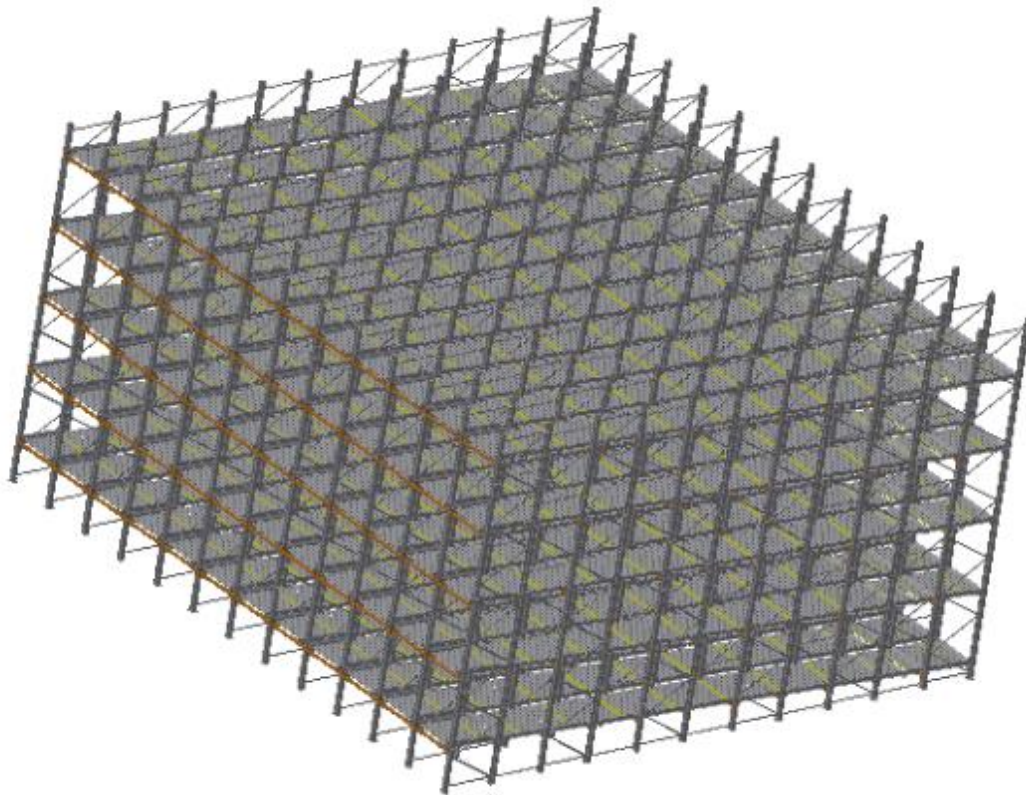
Слика 40. Гравитациони проточни палетни регал поглед спреда



Слика 41. *Гравитациони проточни палетни регал поглед са стране*



Слика 42. *Гравитациони проточни палетни регал поглед одозго*



Слика 43. Изометријски приказ гравитационог проточног палетног регала

7. ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК

Потребно је прорачунати гравитационо проточно палетно складиште праволинијске линије транспорта за пренос стандардних EURO палета. Маса палете износи 1200 kg. Проточно складиште треба да поседује капацитет од 600 палета. Потребно је да се палете одлажу на 5 нивоа, сваки ниво сачињен је од 12 тунела унутар којих се по дубини може одложити по 10 палета.

7.1 Прорачун ваљчане стазе

Погонска маса транспортерованог материјала, при транспорту комадног материјала израчунава се помоћу следећег обрасца, [18]:

$$q = \frac{m}{t} = \frac{1200}{1.2} = 1000 \frac{kg}{m} \quad (9.1)$$

Где су :

m - маса терета

t- корак терета

Израз за број ваљака преко којих се ослања терет је:

$$Z'_v = \frac{l_T}{l_v} = \frac{1200}{100} = 12 \quad (9.2)$$

Где је:

l_T – дужина терета

l_v – корак ваљака; усваја се ваљак корака 100 mm због квалитета дрвене палете [17]

Израз за средње оптерећење по једном ваљку је:

$$F'_v = \frac{m \cdot g}{Z'_v} = \frac{1200 \cdot 10}{10} = 1000 \text{ N} = 1 \text{ kN} \quad (9.3)$$

Где је:

g – убрзање земљине теже

Избор ваљка се врши на основу дужине и носивости. Усваја се ваљак пречника Ø50 mm и масе 5,3 kg, а према каталогу произвођача као што је приказано у табели 1.

Табела 1. Носивост ваљака према пречнику и дужини, [17].

Материјал цеви	Верзија вратила	Куглични лежај	Пречник цеви (mm)	Пречник Вратила (mm)	Дужина ваљка (mm)							
					200	300	400	600	850	1050	1350	1650
					Максимална носивост ваљка (N)							
Челик	Са опругом	6002 2RZ	50x2.8	8-10	660	280	150	65	35	/	/	/
		689 2Z	30x1.2	8	150	150	150	150	/	/	/	/
		6002 2RZ	40x1.5	10-12	800	800	800	800	730	490	330	/
			50x1.5	10	1800	11400	840	560	420	340	260	220
			60x1.5	12	2000	2000	1800	1200	920	760	620	520
				11 hex	2000	2000	1640	1020	780	640	520	440
				10	1630	11300	830	540	400	320	250	200
				12	2000	2000	1740	11600	870	700	580	460
				11 hex	2000	2000	1500	1100	740	600	475	390
	Са навојем	6002 2RZ	40x1.5	12	800	800	800	800	800	560	320	/
			50x1.5	12	2000	2000	2000	2000	1770	1120	660	440
				14	2000	2000	2000	2000	1770	1120	660	440
				17	3000	3000	3000	3000	1770	1120	660	440
			60x1.5	12	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1160	760
				14	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1160	760

Отпор кретања јединичног терета преко ваљчане стазе одређује се на основу израза:

$$\begin{aligned}
 W_1 &= m_{ter} \frac{2f}{D_v} (m_{ter} + m_v + Z'_v) \mu \cdot \frac{d_T}{D_v} \cdot g + K_{rot}^{nr} \cdot \frac{m_v \cdot Z_v \cdot v^2}{L} = \\
 &= 1200 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0.05} + (1200 + 5,3 \cdot 12) \cdot 0.06 \cdot \frac{0,012}{0.05} \cdot 10 + 0,85 \cdot \frac{5,4 \cdot 125 \cdot 0,35^2}{12,5} \\
 &= 192.32 \text{ N}
 \end{aligned} \tag{9.4}$$

Где су:

f – коефицијент котрљања терета преко ваљака (за дрво $\rightarrow f = 10^{-3}m$), [18]

μ – коефицијент трења у рукавцу лежаја (за тешке услове рада $\rightarrow \mu = 0,06$), [18]

d_T – пречник рукавца ваљка

$d_T = (0,2 \div 0,25)D_v = 10 \div 12,5 \rightarrow$ усваја се $d_T = \emptyset 12 \text{ mm}$, [17]

K_{rot}^{nr} – коефицијент којим се узима у обзир расподела маса обртног дела ваљка по попречном пресеку ваљка

$K_{rot}^{nr} = 0,8 \div 0,9 \rightarrow K_{rot}^{nr} = 0,85$, [18]

Број ваљака ваљчане стазе одређује се помоћу израза:

$$Z_v = \frac{L}{t_v} = \frac{12500}{100} = 125 \tag{9.5}$$

Где је:

v – брзина кретања терета $\left(0,35 \div 2 \frac{m}{s} \rightarrow v = 0,35 \frac{m}{s}\right)$

Коефицијент отпора кретању терета дуж ваљчасте стазе одређује се према изразу:

$$W = \frac{W_1}{m_{ter} \cdot g} = \frac{192.32}{1200 \cdot 10} = 0.016 \tag{9.6}$$

За познати угао нагиба ваљчане стазе потребно је проверити следећи услов:

$$\operatorname{tg} \beta > W \tag{9.7}$$

$$\operatorname{tg} 3^\circ = 0.0524 > W = 0.016$$

Где је:

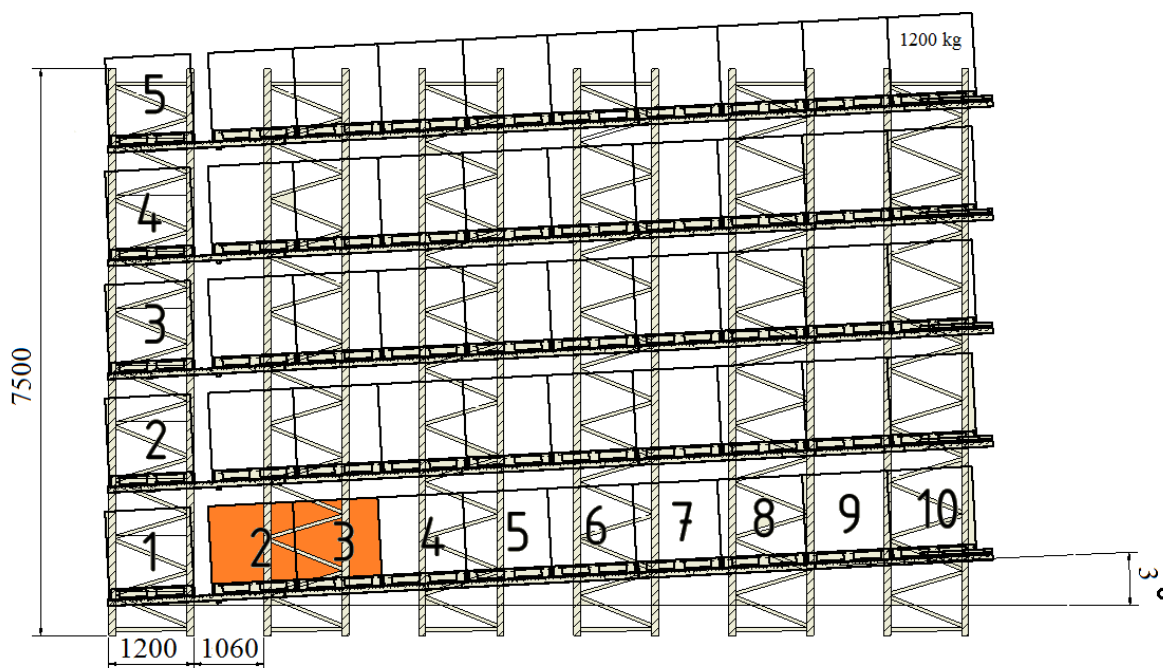
β – угао нагиба стазе (за гравитационе проточне палетне регале препоручује се угао нагиба $\beta = 1^\circ \div 5^\circ \rightarrow$ усваја се $\beta = 3^\circ$)

Уколико је испуњен услов, тада је кретање терета обезбеђено услед деловања силе земљине теже.

7.2 Димензионисање рамова

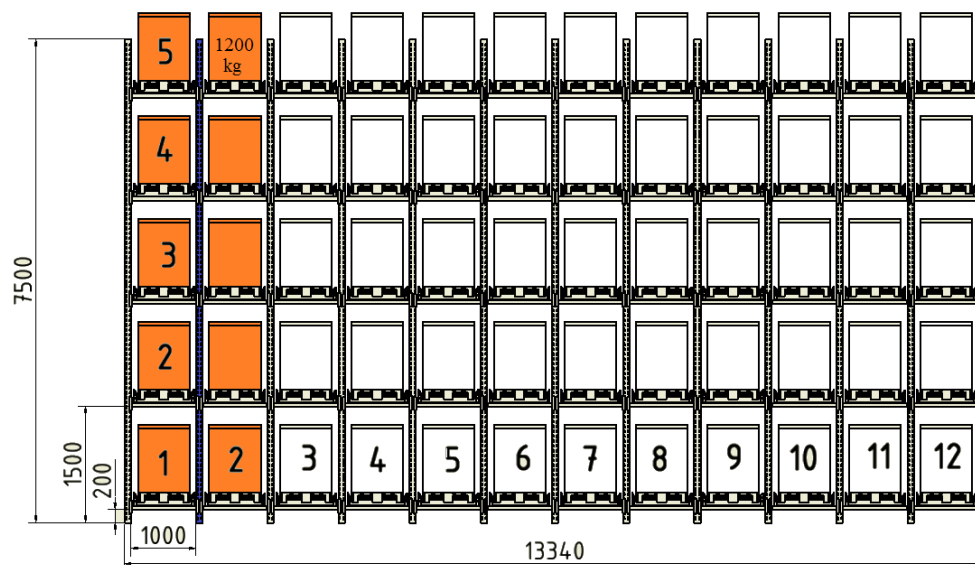
Прорачун носивости и избор статичких елемената конструкције проточног палетног регала врши се на основу скица, слика 44 и 45, на којима је приказан распоред терета унутар проточног палетног регала.

Са слике 44 може се видети да је пар носача у најнеповољнијем случају оптерећен са по две палете, односно да је сваки носач оптерећен са по једном палетом масе 1200 kg.



Слика 44. Скица распореда терета унутар проточног палетног регала – поглед са стране

Према распореду оптерећења са слике 45 може се видети да су у најоптерећенијем случају рамови оптерећени са по 10 палета укупне масе од 12000 kg, на основу чега се бира рам са ознаком стуба S 100M, а према табели 2.



Слика 45. Скица распореда терета унутар проточног палетног регала – поглед спреда

Табела 2: Носивост рамова према димензији корака, [19]

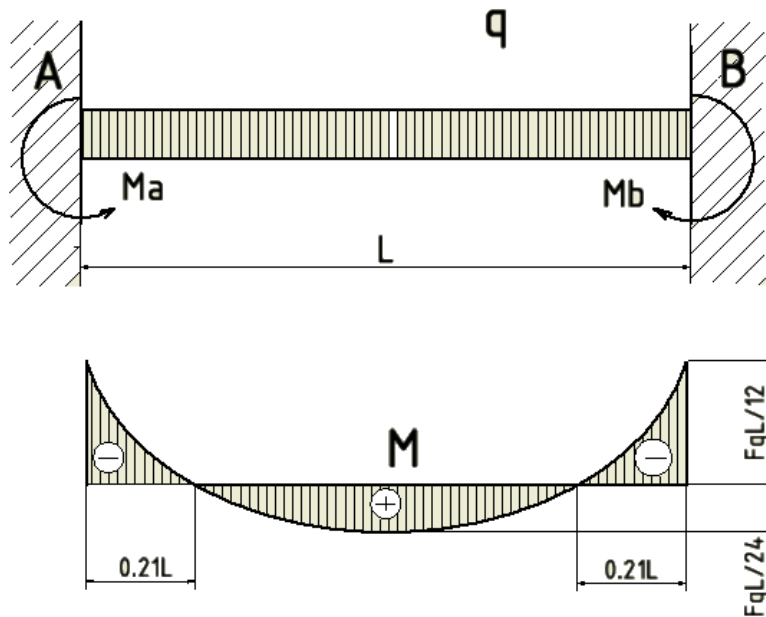
Корак носача (mm)	Профил стуба						
	S80/L	S80ML	S80M	S80MH	S100ML	S100M	S100MH
	Носивост стуба (kg)						
1200	5000	8000	11100	13800	10300	14700	19300
1500	4500	7500	10300	12800	9900	14100	18300
1800	4000	6600	9500	11700	9400	13400	17400
2100	3500	5000	8200	10100	8800	12200	15600
2400	3000	4100	6600	8400	8300	11400	13800

7.3 Димензионисање носача

Карактеристике материјала од ког се израђују носачи према стандарду EN 1025 су, [20]:

- материјал S235,
- затезне чврстоће $R_m = 360 \text{ MPa}$,
- граница течења $R_{eh} = 235 \text{ MPa}$,
- модул еластичности $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ и
- Пасонов коефицијент $\nu = 0,3$.

Шема оптерећења носача приказана је на слици 46.



Слика 46. Континуално оптерећена греда са обостранит укљештењет, [21]

Максимални момент се израчунава према изразу, [22]:

$$M_{max} = \frac{F_q \cdot l}{24} = \frac{12}{24} = 0,5 \text{ kN/m} \quad (9.8)$$

Где су:

F_q –континуално оптерећење од терета, $F_q = 12 \text{ kN}$

l – дужина носача, $l = 1 \text{ m}$

Дозвољени напон израчунава се према изразу:

$$\sigma_d = \frac{R_{eh}}{v} = \frac{235}{1,5} = 157 \text{ MPa} \quad (9.9)$$

Где су:

v – вредност степена сигурности, који за статичко оптерећење износи 1,5, [23]

Отпорни момент израчунава се према обрасцу, [21]:

$$W_x = \frac{M_{max}}{\sigma_d} = \frac{0,5 \cdot 10^3}{157 \cdot 10^6} = 3,18 \text{ cm}^3 \quad (9.10)$$

На основу израчунатог отпорног момента и услова заваривања, а према табlici [21], усваја се правоугаони профил 60 x 40 x 3, са отпорним моментом $W_x = 8.06 \text{ cm}^3$

Провера вредности отпорног момента врши се помоћу израза:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x}, \text{ при чему је } \sigma_{max} < \sigma_d \quad (9.11)$$

$$\sigma_{max} = \frac{0.5 \cdot 10^3}{8.06 \cdot 10^6} = 62.034 \text{ MPa} < 157 \text{ MPa}$$

Угиб носача може довести до отежаног кретања палета па чак и до заглављивања палета дуж ваљчане стазе због чега је неопходно да вредност угиба профила буде занемарљиво мала.

Максимална вредност угиба носача одређује се помоћу израза, [21]:

$$f_{max} = \frac{M_{max}}{384B} = \frac{1200 \cdot 1}{384 \cdot 24,17} = 0,6 \text{ mm} \quad (9.12)$$

Где су:

B – крутост савијања греде

$$B = E \cdot I_x = 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 24,17 \cdot 10^{-8} = 50.757 \quad (9.13)$$

I_x – момент инерције, за профил 60x40x3 $\rightarrow I_x = 24,17 \text{ cm}^4$, [21].

8. ТЕХНИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА

Техничка документација састоји се од склопног цртежа и цртежа подсклопова проточног палетног регала. Назив цртежа и ознаке дате су у табели 2, док су сами цртежи приложени као прилог овом мастер раду.

Табела 3. Назив и ознака цртежа

Редни број цртежа	Назив цртежа	Ознака цртежа
1	Гравитациони проточни палетни регал	S1 01.00.00
2	Рам	S1 01.01.00
3	Носач ваљчане стазе	S1 01.02.00
4	Ваљчана стаза	S1 01.03.00
5	Дистанцер	S1 01.04.00

ЗАКЉУЧАК

Складишни системи се развијају великом брзином па су тако од „неужног зла“ постали неизоставан елемент успешног пословања. Складишта представљају објекте у којима се роба одлаже и чува све до поновног укључења у процес производње, дистрибуције или потрошње. У зависности од врсте и карактеристика чуване робе складишта могу бити покривена, наткривена или у потпуности отворена. Процес складиштења отпочиње пријемом робе, обухвата бројне активности и завршава се издавањем робе. Роба се најчешће налази на палетама којима се унутар складишта манипулише помоћу виљушкара. Као производ убрзаног развоја на тржишту је заступљена велика понуда регалних складишта различитих начина извођења. У последње време, као један од типичних система, изводе се динамички регали који омогућавају кретање робе унутар регалне конструкције.

Овај мастер рад поред теоријског дела у коме су објашњени складишни системи и дате препоруке за правилан одабир опреме у њима садржи и део у коме је приступљено конструисању складишта на бази постављеног пројектног задатка.

У конкретном случају конструисано је гравитационо проточно палетно складиште капацитета 600 палета масе 1200 kg. Потребно је да се палете одлажу на 5 нивоа, распоређених у 12 тунела унутар којих се по дубини максимално може одложити по 10 палета. Систем је изабран из разлога што при конструисању складишта треба тежити смањењу неискоришћеног простора. Важну чињеницу о којој треба водити рачуна представља и начин изузимања терета, то јест адекватна примена *fifo* и *lifo* принципа.

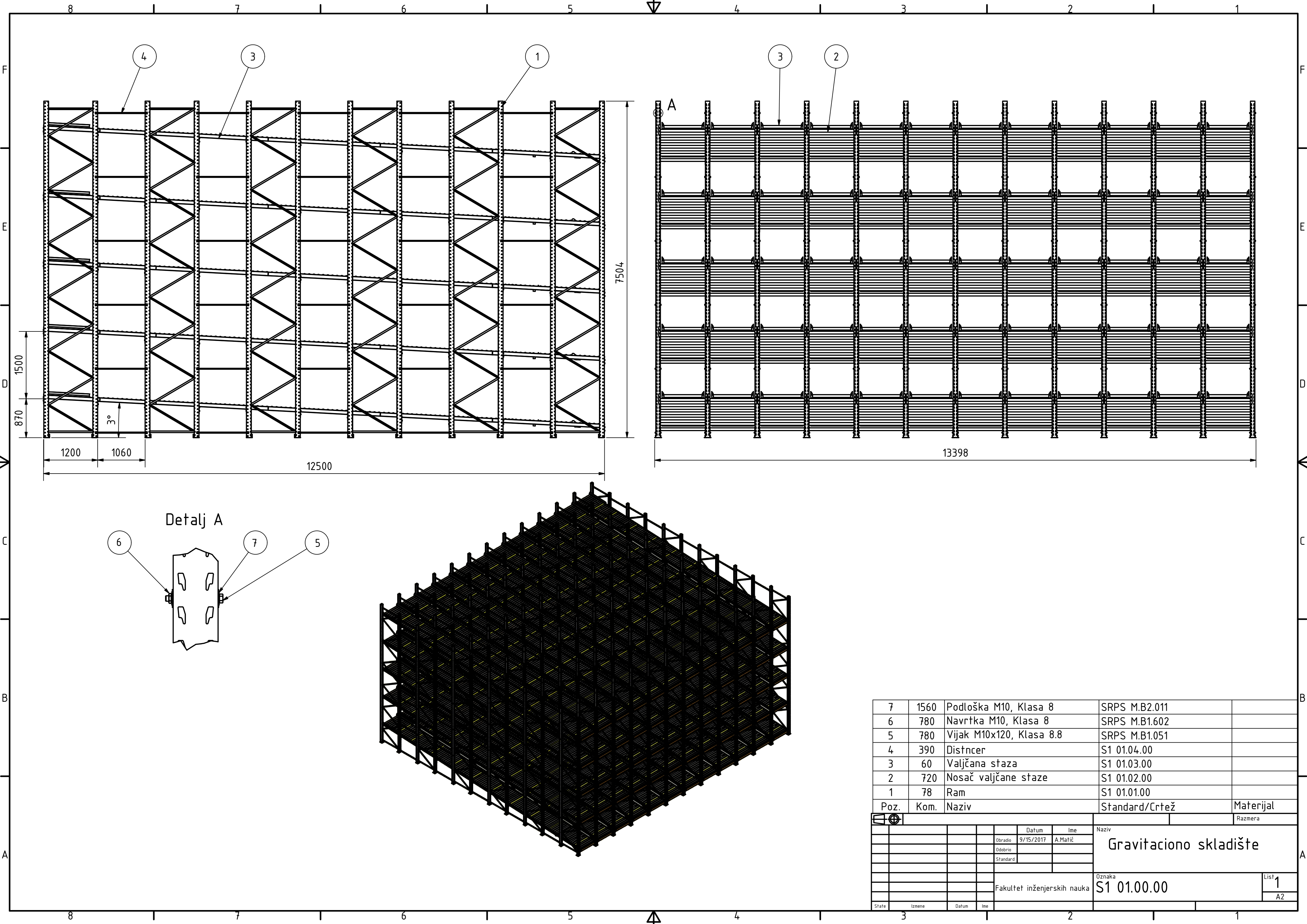
Процесу конструисања претходи прорачун елемената након чега је генерисан 3D модел и техничка документација. Прорачун обухвата димензионисање ваљчане стазе, греда и рамова. 3D модели и техничка документација урађени су у програмском пакету Autodesk Inventor.

На крају овог разматрања може се рећи да ће се као производ сталне потребе за новим складишним просторима складишни системи и у будућности развијати великом брзином. Места за побољшање складишних процеса итекако има па се тиме треба позабавити у наредном периоду.

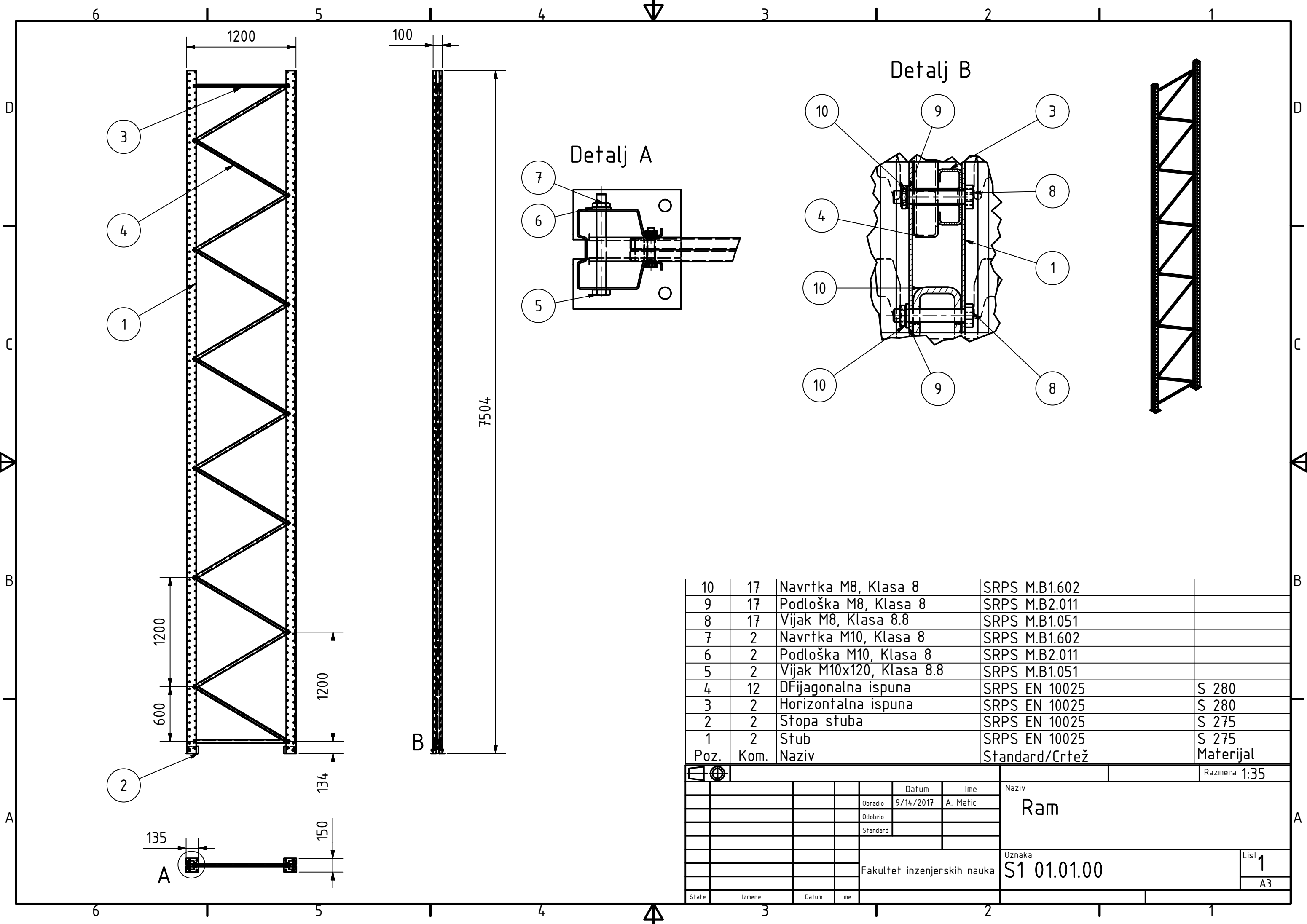
ЛИТЕРАТУРА:

- [1] <https://sh.wikipedia.org/wiki/Skladište>, приступљено августа 2017. године.
- [2] <https://nastava.sf.bg.ac.rs/mod/resource/view.php?id=2307>, приступљено августа 2017. године.
- [3] Сомер Томелиех, завршни задатак „Оптимизација сустава складиштења вишеструке дубине“, факултет за стројарство и бродоградњу, Загреб 2016. год
- [4] Safety Manual Live pallet racking and Push-back INT, Mecalux
- [5] Милеуснић Н. „Унутрашњи транспорт и складишта“, Научна књига, Београд, 1990.
- [6] Георгијевић М. „Регална складишта – палете, регали, регалне дизалице, виљушкар, аутоматизација рада, логистика“, Факултет техничких наука у Новом Саду, Мала велика књига, Нови Сад, 1995.
- [7] Никола Ковачевић, дипломски рад „Приказ и анализа складишног сустава подuzeћа Феростерм“, факултет за стројарство и бродоградњу, Загреб 2014. год
- [8] <https://nastava.sf.bg.ac.rs/course/view.php?id=140>, приступљено августа 2017. год.
- [9] <http://www.logomatika.hr/proizvodi-i-usluge/regali-i-podesti/policni-regali/>, приступљено августа 2017. год.
- [10] <http://www.1stoprackservices.com/wp-content/gallery/drive-indrive-through/drive-in-product-page-2.jpg>, приступљено августа 2017. год.
- [11] <http://www.trevis.si/konzolni-regali.8>, приступљено августа 2017. год.,
- [12] <https://www.mecalux.co.uk/metal-shelving/mobile-shelving>, приступљено августа 2017. год
- [13] <http://www.metalnepolice.com/protocni-regali/>, приступљено августа 2017. год.
- [14] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Europaleta>, приступљено августа 2017. год.
- [15] <https://grabcad.com/library/gma-pallet-48x40-inch-1>, приступљено августа 2017. год.
- [16] Вујанац Р. „Развој методологије за пројектовање и прорачун носећих елемената складишних система“, Магистарска теза, Машински факултет у Крагујевцу Универзитета у Крагујевцу, 2007
- [17] <https://www.interroll.com>, приступљено августа 2017. год.

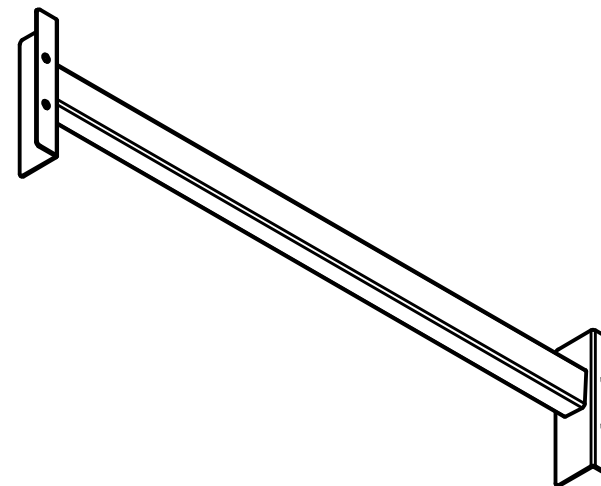
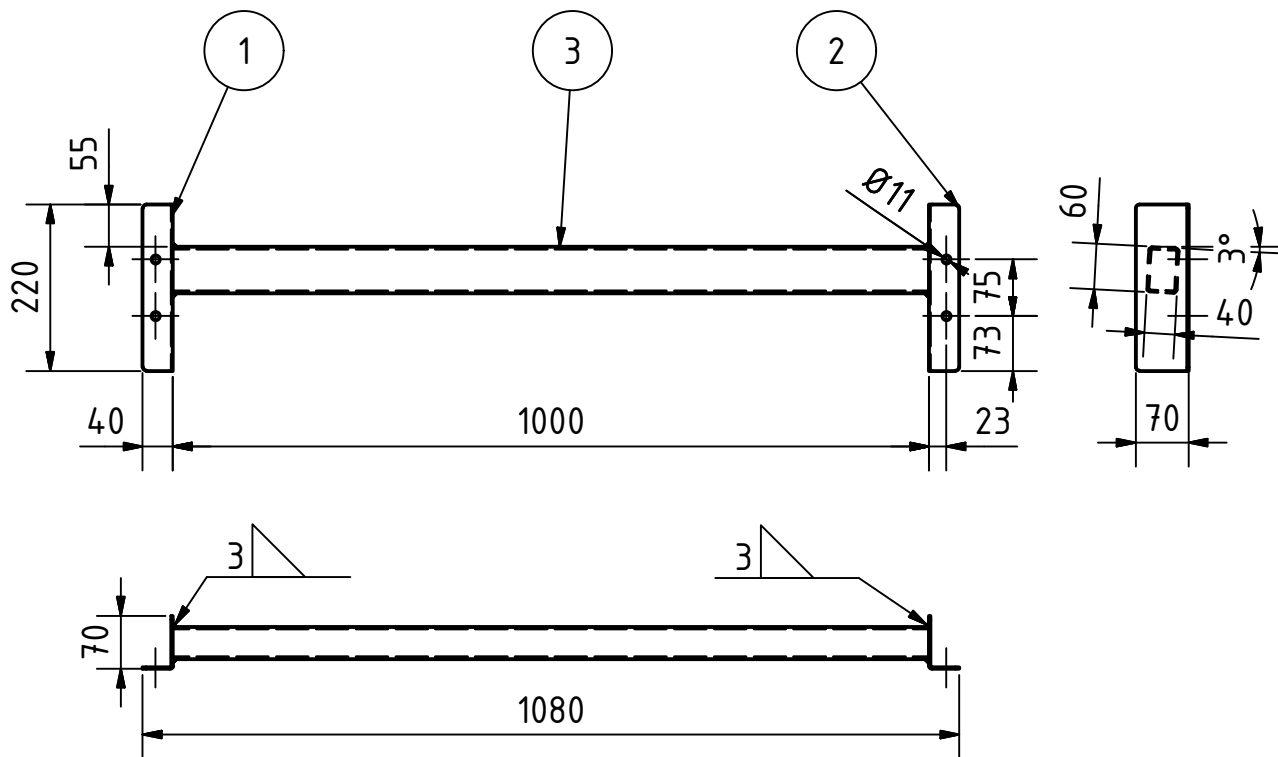
- [18] Проф. др. Миломир Гашић „ Транспортни уређаји, непрекидни транспорт“, машински факултет у краљеву 1997. год.
- [19] http://www.marcegaglia.com/building/index_fr.html, приступљено августа 2017.год.
- [20] <http://www.atenic-commerce.com>, приступљено септембра 2017.год
- [21] Др. Данило Рашковић, „ Таблице из отпорности материјала“, Београд 1979. год.
- [22] Проф. др. Милан Ћировић, „ Отпорност материјала I“, универзитет у Крагујевцу 2008. год.
- [23] Проф. др. С. Јовичић, проф. др. Н. Марјановић, „ Основи конструисања“ универзитет у Крагујевцу 2011.год.



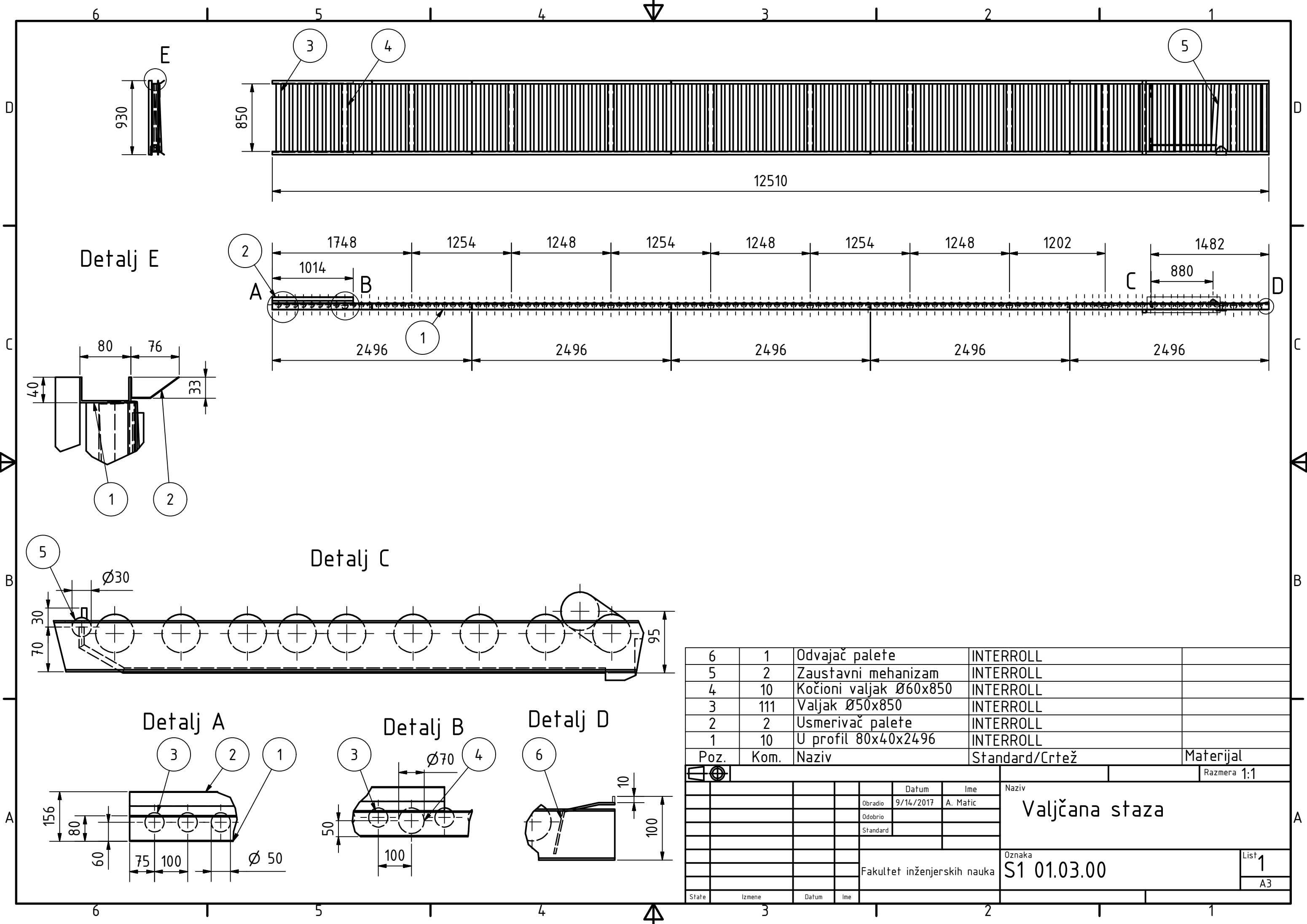
7	1560	Podloška M10, Klasa 8	SRPS M.B2.011	
6	780	Navrtka M10, Klasa 8	SRPS M.B1.602	
5	780	Vijak M10x120, Klasa 8.8	SRPS M.B1.051	
4	390	Distnecer	S1 01.04.00	
3	60	Valjčana staza	S1 01.03.00	
2	720	Nosač valjčane staze	S1 01.02.00	
1	78	Ram	S1 01.01.00	
Poz.	Kom.	Naziv	Standard/Crtež	Materijal
Obradio			Datum	
Odobrio			Ime	
Standard			Naziv	
Fakultet inženjerskih nauka			Oznaka	
Izmene			List	
Datum			A2	
Ime			1	
			A2	

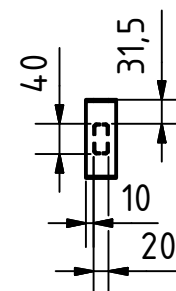
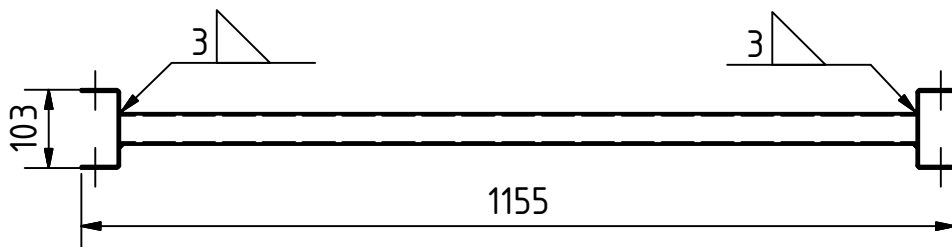
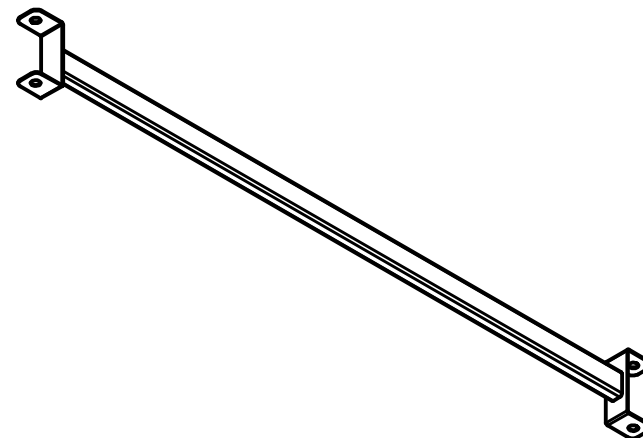
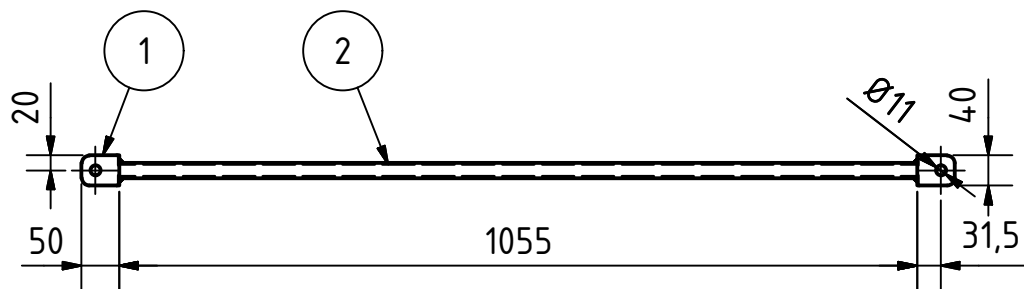


10	17	Navrtka M8, Klasa 8	SRPS M.B1.602	
9	17	Podloška M8, Klasa 8	SRPS M.B2.011	
8	17	Vijak M8, Klasa 8.8	SRPS M.B1.051	
7	2	Navrtka M10, Klasa 8	SRPS M.B1.602	
6	2	Podloška M10, Klasa 8	SRPS M.B2.011	
5	2	Vijak M10x120, Klasa 8.8	SRPS M.B1.051	
4	12	DFijagonalna ispuna	SRPS EN 10025	S 280
3	2	Horizontalna ispuna	SRPS EN 10025	S 280
2	2	Stopa stuba	SRPS EN 10025	S 275
1	2	Stub	SRPS EN 10025	S 275
Poz.	Kom.	Naziv	Standard/Crtež	Materijal
				Razmera 1:35
		Naziv Ram		
		Oznaka S1 01.01.00		
		List 1		
		A3		
State	Izmene	Datum	Ime	



3	1	Cev 60x40x3x1000	SRPS EN 10025	S 235
2	1	Desni konektor	SRPS EN 10025	S 235
1	1	Levi konektor	SRPS EN 10025	S 235
Poz.	Kom.	Naziv	Standard/Crtež	Materijal
			Razmera 1:1	
			Naziv	
			Nosač valjčane staze	
			Oznaka	
			S1 01.02.00	
			List 1	
			A4	
			Fakultet inženjerskih nauka	
			Datum	
			Ime	
			Obradio	
			9/25/2017	
			A.Matic	
			Odobrio	
			Standard	
			Izmene	
			Datum	
			Ime	
			S1	





2	1	Cev 40x20x2x1055	SRPS EN 10025	S 235
1	2	Konektor	SRPS EN 10025	S 235
Poz.	Kom.	Naziv	Standard/Crtež	Materijal
			Razmera 1:10	
			Naziv	
			Distancer	
			Oznaka	
			S1 01.04.00	
			List 1	
			A4	
			Fakultet inženjerskih nauka	
			Datum	
			Ime	
			Obradio	
			9/15/2017	
			A.Matic	
			Odobrio	
			Standard	
			Slike	
			Izmene	
			Datum	
			Ime	
			Slike	