

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



**Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Машинске конструкције и механизација
Предмет: Основи транспортних машина
Број индекса: 62/2013**

Самела С. Тахировић
Пројектовање носача кранских стаза
према Еврокоду 3
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Родољуб Вујанац - ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- Истакне улогу и област примене европских стандарда у машинским конструкцијама.
- Дефинише основне појмове везане за дизалице.
- Пракаже примену Еврокодова на машинским конструкцијама.
- На конкретном примеру прорачуна носаче кранских стаза према прописима и стандардима за ову област.

Препоручена литература:

[1] EN 1990:2002 Еврокод 0 – Основе прорачуна конструкција

[2] EN 1993-1-1:2005 Еврокод 3 – Прорачун челичних конструкција – Део 1-1: Општа правила и правила за зграде

[3] ENV 1993-1-3:1996 Еврокод 3 – Прорачун челичних конструкција – Део 1-3: Општа правила, Додатна правила за хладно обликоване танкозидне елементе и лимове

[4] EN 1993-1-8:2005 Прорачун челичних конструкција – Део 1-8: Прорачун веза

[5] EN 1993-6 Еврокод 3 – Design of steel structures – Part 6: Crane supporting structures (Прорачун челичних конструкција – Део 6: Носачи кранских стаза)

[6] Еврокод 8 – Део 1-3: Посебна правила за различите материјале и елементе

[7] EN|V 1998 Еврокод 8: Пројектовање сеизметички отпорних конструкција – Део 1-1: Сеизметичка дејста и општи захтеви конструкције, - Део 1-2: Општа правила за зграде, - Део 1-3: Посебна правила за различите материјале и елементе

[8] SRPS EN 15011 Српски стандард – Дизалице – Мосне и порталне дизалице

Крагујевац,

Ментор:
Родољуб Вујанац - доцент

Садржај:

Увод	1
1. Еврокод 3.....	2
1.1 Основни захтеви за прорачун конструкције.....	2
1.1 Карактеристике челичних конструкција	3
1.2 Карактеристике носача	3
2. Принципи прорачуна према EN 1993	6
2.1 Веза главних носача са носачима кранских стаза.....	6
2.2 Трајност.....	7
3. Дизалице.....	8
3.1 Мосне дизалице	8
3.2 Крански носачи према европским стандардима	16
3.2.1 Пуни носачи.....	16
3.2.2 Решеткасти носачи.....	17
4. Пројектни задатак	19
4.1 Прорачун оптерећења носача кранске стазе.....	19
4.2 Провера профила носача према Еврокоду	27
4.3 Провера носивости носача према граничним стањима	28
4.4 Провера вредности угиба	29
5. Конструкција носача кранске стазе.....	32
6. Закључак	35
7. Литература.....	36

Резиме:

У овом завршном раду је разматрано пројектовање носача кранских стаза према европским стандардима и прописима за тај тип конструкције. Након детаљног описа дизалица, извршене поделе, њихове примене у пракси, разматране су врсте и улога носача кранских стаза. Према постављеном пројектном задатку димензионисан је носач кранске стазе. Аналитичким методама прорачуната су дејства на конструкцију при чему је провера извршена и применом одговарајућег софтвера. За генарисање техничке документације коришћен је адекватан CAD софтвер.

Кључне речи: еврокод, носач, кранска стаза, мосна дизалица.

Resume:

Design of crane rail carrier for this type of construction, according to European standards and regulations, is considered in this paper. After detailed description of the cranes, their division and application, types and role of crane rail carrier are considered. The crane rail carrier is dimensioned according to the set design task. Effects on the construction are calculated by analytical methods, where the check up was performed by software. Adequate CAD software was used for generating technical documentation.

Key words: eurocode, carrer, crane rail, bridge cranes.

Увод

Конструкција мора да буде прорачуната и изведена, на такав начин, да она током свог предвиђеног радног века, са одговарајућим степенима поузданости и на економичан начин, може да:

- прихвати сва дејства и утицаје који могу настати у току експлоатације,
- остане подобна за употребу која је захтевана.

Конструкција мора да буде прорачуната тако да поседује и адекватну:

- носивост,
- употребљивост и
- трајност.

У случају пожара конструкција треба да издржи одређени временски период.

Конструкција такође мора да буде прорачуната и изведена, на такав начин, да услед догађаја, као што су експлозије, удари као и последице људских грешака, степен оштећења не буде већи од дозвољеног које декларише произвођач.

Потенцијално оштећење мора да буде избегнуто или ограничено, одговарајућим избором једне или више од следећих мера:

- избегавањем, елиминисањем или смањењем ризичних случајева, којима конструкција може бити изложена,
- одабиром типа конструкције, која има малу осетљивост на разматране ризичне случајеве,
- одабиром типа конструкције и прорачуна, којима се могу адекватно уклонити поједини елементи или ограничени део конструкције услед појаве локалног оштећења,
- избегавањем конструкцијских система, који се могу срушити без најаве и
- повезивањем конструкцијских елемената у целину.

Основни захтеви се испуњавају:

- избором погодних материјала,
- одговарајућим прорачуном, обликовањем и конструисањем детаља и
- прописивањем поступака контроле прорачуна, производње, извођења и експлоатације, који су релевантни за одговарајући пројекат.

Поузданост, која се захтева за конструкције, унутар подручја обухваћеног у EN 1990, мора бити достигнута:

а) преко прорачуна, који је сагласан са EN 1990 до EN 1999 и

б) преко одговарајућих извођења и мера управљања квалитетом.

Конструкција мора бити прорачуната тако, да њене радне карактеристике остану непромењене или да не пређу дозвољену границу, после истека декларисаног радног века, при чему се у обзир узимају радна средина и предвиђено одржавање.

Да би се произвела конструкција која одговара захтевима и претпоставкама, из прорачуна треба предузети одговарајуће мере управљања квалитетом. Ове мере обухватају:

- дефинисање захтева поузданости,
- организационе мере и
- контроле у фазама прорачуна, извођења, експлоатације и одржавања, [1].

1. Еврокод 3

Овај Европски стандард одобрио је Европски комитет за стандардизацију CEN (*European Committee for Standardization*) 29. Новембра 2001.

Чланице CEN-а обавезне су да се придржавају интерних правила CEN/CENELEC- (*European Committee for Standardization/European Committee for Electrotechnical Standardization*), према којима овом Европском стандарду морају да дају статус националног стандарда, без икаквих промена. Најновији подаци и библиографске референце за такве националне стандарде могу се добити ако се затраже од центра за менаџмент (*Management Centre*) или од центра сваке чланице CEN-а, [1].

Овај Европски стандард постоји у три службене верзије (енглеској, француској и немачкој). Верзија на неком другом језику, преведена уз одговорност чланице CEN-а на њен сопствени језик, и пријављена центру за менаџмент, има исти статус као службене верзије.

Чланице CEN-а су националне организације за стандарде Аустрије, Белгије, Чешке Републике, Данске, Финске, Француске, Грчке, Холандије, Ирске, Исланда, Италије, Луксембурга, Малте, Немачке, Норвешке, Португалије, Шпаније, Швајцарске, Шведске и Уједињеног Краљевства.

Еврокод 3 се примењује за прорачун челичних конструкција зграда и других грађевинских објеката. Он је у складу са принципима и захтевима везаним за сигурност и употребљивост конструкција, као и са основама њиховог прорачуна и верификације, које су дате у EN 1990 – Основе прорачуна конструкција.

Еврокод 3 треба да се примењује у сагласности са:

EN 1990 Еврокод 0: Основе прорачуна конструкција (*Basis of structural design*),

EN 1991 Еврокод 1: Дејства на конструкције (*Actions on structures*),

EN 1992 Еврокод 2: Прорачун бетонских конструкција (*Design of concrete structures*),

EN 1993 Еврокод 3: Прорачун челичних конструкција (*Design of steel structures*),

EN 1994 Еврокод 4: Прорачун спрегнутих конструкција од челика и бетона (*Design of composite steel and concrete structures*),

EN 1995 Еврокод 5: Прорачун дрвених конструкција (*Design of timber structures*),

EN 1996 Еврокод 6: Прорачун зиданих конструкција (*Design of masonry structures*),

EN 1997 Еврокод 7: Геотехнички прорачуни (*Geotechnical design*),

EN 1998 Еврокод 8: Прорачун сеизмички отпорних конструкција (*Design of structures for earthquake resistance*),

EN 1999 Еврокод 9: Прорачун конструкција од алуминијума (*Design of aluminium structures*), [2].

1.1 Основни захтеви за прорачун конструкције

Конструкција је резултат процеса стварања и реализације пројекта грађења. Разликује се од свих других индустријских пројеката јер сваким пројектом стварамо уникатно дело. Процес изградње конструкције започиње планирањем, пројектовањем и финансирањем и завршава када је конструкција спремна за експлоатацију, [2].

Конструкције можемо сврстати у три сектора:

- стамбени објекти,
- инфраструктурни објекти и
- индустријски објекти.

Независно од типа, конструкција мора бити планирана, пројектована и изведена тако да у предвиђеном веку трајања задовољава одређени степен поузданости, на

економичан начин остане употребљива за предвиђену намену и преузме сва предвиђена деловања и учинке током употребе.

Прорачун челичних конструкција мора бити у складу са општим правилима датим стандардом SRPS EN 1990, [2]. Стандардом SRPS EN 1990, утврђена су основна начела и захтеви који се односе на сигурност, трајност и употребљивост конструкције.

Основни документ, SRPS EN 1990 користи се уз остале стандарде SRPS EN 1991 до SRPS EN 1993, [3], те се сматра да су законитости наведене у нормама испуњене. Кроз рад биће више речи о конструкцији, прорачуну, области примене, као и употребљивости саме конструкције кроз производњу и пројектовање, [4].

1.1 Карактеристике челичних конструкција

Челик има значајну улогу у машинству као доминантан материјал за извођење машинских конструкција. Конструкције од челика поседују специфична својства и значајне техничке и функционалне предности у односу на друге материјале, па зато имају и широку примену за све врсте машинских конструкција.

Савремене методе прорачуна и анализа довеле су до изразито брзог тренда развоја, са новим високо софистицираним системом за конструисање до потпуно аутоматизованих система за израду радионичке документације. Унапређени су системи за израду елемената конструкција у радионицама и поступци саме монтаже.

Челик, као основни материјал користи се за све типове машинских конструкција чије су особине:

- добра механичка својства,
- мале димензије и тежина елемената конструкције,
- индустријализована производња,
- лака манипулација, транспорт и монтажа,
- велика сеизмичка отпорност,
- флексибилност и адаптација,
- могућност демонтаже и истрајност.

Механичке карактеристике вишеструко су на страни челика у односу на друге материјале, што се одражава степеном искоришћености пројектоване конструкције.

Челичне конструкције омогућавају савладавање великих распона и висина код хала и вишетажних гређевина и мостова. Оптимални распони при примени челичних конструкција битно се разликују у односу на друге материјале.

Недостаци челика у односу на друге конструкцијске материјале су осетљивост на корозију и пожар, појаве на које је потребно посебно посветити пажњу приликом изградње и експлоатације конструкције, [5].

1.2 Карактеристике носача

Носачи су носиви склопови који преносе оптерећење преко једног или више елемената на лежишта. Могу бити са конзолама или без њих, односно греде или плоче. С обзиром на материјал, носач може бити од:

- бетона - армираног или преднапрегнутог,
- челика,
- дрвета, итд.

Елементи конструкције код којих савијање представља доминантан вид напрезања називају се носачи. Ови елементи под дејством спољашњег оптерећења подлежу деформацији савијања. Са становишта отпорности материјала, савијање носача може бити последица следећих случајева напрезања: чистог правога савијања, савијања

силама, косог савијања, косог савијања силама и ексцентричног притиска или затезања. Ове величине (трансверзална сила, аксијална сила и торзиони момент) које су дефинисане за готово сваки пресек носача веома су важне за функционалност, облик и димензије самог носача и називају се пресечним силама. Основни задатак при проучавању гредних носача је одређивање пресечних сила у свим његовим пресецима у којима су оне дефинисане.

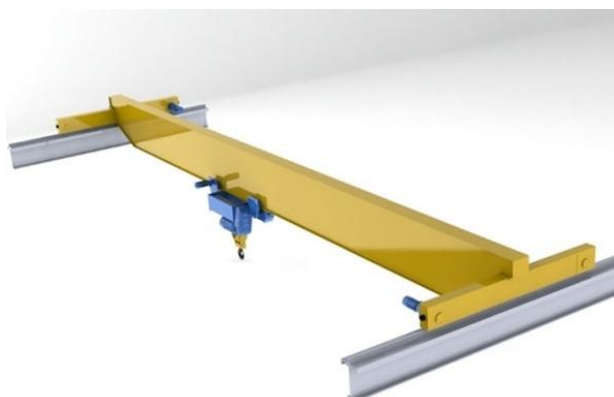
Код пројектовања индустријских хала с крановима, подаци о потребним слободним димензијама у хали и технички подаци о крану од кључне су важности за пројектовање носача кранских стаза. Постоје различите верзије израде самог носача кранских стаза. У односу на оптерећење најчешће се користе тзв. мосни кранови код којих се конструкција главних носача ослања на носаче кранских стаза.

Постоје и висеће дизалице код којих су носачи кранских стаза овешани о конструкцију хале, а постоје и друге изведбе с властитом конструкцијом и сл. Мосни кранови се уобичајено раде у две изведбе:

- колица са дизалицом које се крећу по горњој ножици кранских носача (*Top running bridge cranes*), (слика 1), [6],
- колица са дизалицом које се крећу по доњој ножици кранских носача (*Underslung bridge crane*), (слика 2), [7].



Слика 1: Колица која се крећу по горњој ножици кранских носача, [6].



Слика 2: Колица која се крећу по доњој ножици кранских носача, [7].

Прорачун носача кранских стаза има неке специфичности у односу на уобичајене конструкцијске елементе хале па треба разматрати:

- комбинацију попречних сила (због концентрисаних оптерећења) и момента савијања,
- бочно-торзионо извијање,
- утицај бочних (хоризонталних) оптерећења,
- торзијска напрезања због ексцентрицитета шине и хоризонталних сила,
- контролу замора и слично.

Доминантно оптерећење носача кранских стаза је вертикално, али постоје и оптерећења која хоризонтално делују на кранске носаче. Оптерећење које настаје деловањем кранова има статичку и динамичку компоненту, а обе су у функцији времена и мењају се у зависности од положаја крана и интензитета терета којег преносе и положаја терета на главном кранском носачу.

Динамичке силе које настају при покретању и заустављању главних носача крана, као и према подизању терета и покретању кранских колица, такође зависе од врсте носача кранских стаза и саме изведбе. Споменути динамички утицаји се према прописима узимају у обзир тако да се познато статичко оптерећење множи са одговарајућим динамичким фактрима чија се вредност креће од 1.0 до 2.0.

Закошење главних носача крана при кретању се резултује одговарајућим бочним оптерећењима, док се при покретању и заустављању главних носача крана јављају уздужне силе. Браници на крајевима носача кранских стаза морају бити прорачунати за преузимање ударне силе. Јако је важно и ограничење максималних вредности угиба носача кранских стаза како би се избегли нежељени динамички ефекти и осигурало нормално функционисање крана. Такво ограничење вертикалних угиба креће се око $L/700$ за кранове средње тежине, где је L дужина носача. Вертикални угиб се ограничава на износ мањи од 25 mm да би се избегле вибрације које се јављају при кретању главних носача по носачима кранских стаза, [5].

2. Принципи прорачуна према EN 1993

Прорачун челичних конструкција мора да буде у складу са општим правилима датим стандардом EN 1990. Додатне одредбе за челичне конструкције дате у овом делу, такође треба да се примењују. Може се сматрати да су основни захтеви поглавља 2 EN 1990 задовољени када се прорачун граничних стања користи у складу са методом парцијалних коефицијената и комбинацијама оптерећења датим у EN 1990, као и са дејствима датим у EN 1991. Требају се примењивати правила за носивост, употребљивост и трајност која су дата у различитим деловима EN 1993.

Када се захтевају другачији нивои поузданости, они треба првенствено да буду остварени одговарајућим избором квалитета управљања током пројектовања и извођења према EN 1990 Annex C и EN 1990.

У зависности од прорачунског радног века и врсте утицаја који угрожава трајност, челичне конструкције требају бити:

- пројектоване против корозије,
- конструисане за прописани радни век услед замора (EN 1993-1-9),
- прорачунате на хабање,
- прорачунате на специфична дејства (EN 1991-1-7) и
- прегледане и одржаване.

Дејства која се узимају у обзир код прорачуна челичних конструкција требају бити одређена према EN 1991. Дејства која се разматрају у фази монтаже треба узети из EN 1991-1-6.

У циљу разликовања нивоа поузданости, могу се установити три „класе конструкција“ које се дефинишу на следећи начин:

- Конструкције класе I: Конструкције код којих се хладно обликовани танкозидни профили и лимови пројектују тако да доприносе отпорности и стабилности читаве конструкције;
- Конструкције класе II: Конструкције код којих се хладно обликовани танкозидни профили и лимови пројектују тако да доприносе чврстоћи и стабилности појединих елемената конструкције;
- Конструкције класе III: Конструкције код којих се хладно обликовани лимови користе само као елементи који преносе оптерећење на конструкцију.

Прорачунске методе и методе за прорачун потпомогнут испитивањем, дате у делу 1-3 ENV 1993, могу да се користе за све класе конструкција, [1].

2.1 Веза главних носача са носачима кранских стаза

Веза треба бити прорачуната на основу реалне претпоставке о расподели сила и момената у пресецима. При одређивању расподеле сила у пресецима, следеће претпоставке треба узети у обзир:

- силе и моменти у пресецима који се претпостављају при анализи везе су у равнотежи са силама и моментима који делују на везу,
- сваки елемент у вези је способан да пренесе силе и моменте који на њега делују,
- деформације које се подразумевају оваквом расподелом сила не прекорачују капацитет деформација спојних средстава или шавова и спојених делова,

- претпостављена расподела унутрашњих сила треба да буде реална у погледу релативних крутости унутар везе,
- деформације које се претпостављају у било којем прорачунском моделу који је базиран на еласто-пластичној анализи заснивају се на ротацијама крутог тела и/или деформацијама у равни које су физички могуће и
- сваки модел који се користи је у сагласности са вредностима резултата испитивања, [8].

2.2 Трајност

Да би се обезбедила трајност хладно-обликованих елемената под условима који одговарају намени и очекиваном веку трајања, следећи међусобно повезани фактори се узимају у обзир приликом пројектовања:

- намена конструкције,
- захтевани критеријум за својства конструкције,
- очекивани услови окружења,
- састав, својства и понашање материјала,
- утицаји међусобног спајања различитих материјала,
- облик елемената и конструкцијско обликовање,
- квалитет рада и ниво контроле,
- посебне мере заштите и
- очекивано одржавање за време предвиђеног радног века конструкције.

Унутрашњи и спољашњи услови окружења се процењују у фази пројектовања како би се оценио њихов значај за трајност и обезбедиле адекватне мере за заштиту материјала. Посебну пажњу треба посветити случајевима када је предвиђено заједничко деловање различитих материјала, уколико су они такви да електрохемијске реакције могу довести до корозије.

Делови осетљиви на корозију, механичко хабање или замор требају бити пројектовани тако да контрола, одржавање и реконструкција могу бити спроведени на задовољавајући начин, као и да омогуће приступ за контролу и одржавање током експлоатације за:

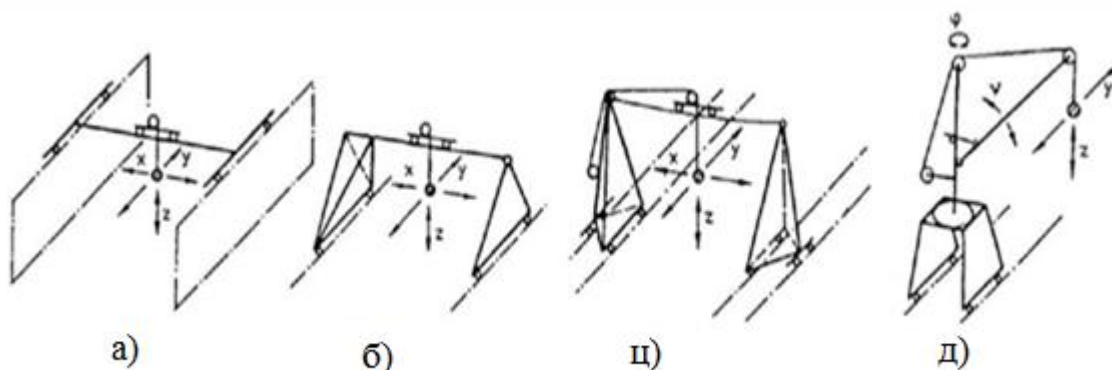
- елементе који носе уређаје за подизање или котрљајућа оптерећења,
- елементе изложене цикличним напонима услед уређаја који вибрирају,
- елементе који су изложени вибрацијама проузрокованим ветром,
- за елементе који су изложени вибрацијама проузрокованим људским фактором,
- елементе који се не могу контролисати, треба да буде предвиђен одговарајући додатак за корозију и
- антрикорозиона заштита не треба да се примењује за конструкције у унутрашњости, ако унутрашња влажност не премашује 80 %.

У обзир треба узети услове окружења који преовладавају од тренутка производње укључујући транспорт и складиштење на градилишту, [9].

3. Дизалице

Стандард SRPS EN 15011 примењује се на мосне и порталне дизалице које имају способност да се померају точковима по шинама или стазама и на порталне дизалице без монтираних точкова у стационарном положају, [10].

Дизалице су машине унутрашњег и спољашњег транспорта које врше премештање по правилу слободно висућег терета у још неком правцу, не само по вертикали (разлика у односу на подизни уређај). Кретања терета су транслаторна, ротациона, или њихова комбинација, слика 3, а изводи их по један или више посебних погонских механизма. Погонске механизме носи (обједињавајући њихову функцију) носећа конструкција дизалице, која и преноси оптерећења на стазу дизалице, односно подлогу. Геометрија носеће конструкције зависи од врсте, намене и услова рада дизалица, [11].



Слика 3: Примери кретања која изводе неке врсте дизалица: а) мосне, б) порталне мосне, в) кабел-дизалице, г) и лачке обртне порталне са нагибном стрелом, [11].

Европским стандардом дизалице се разврставају на:

1. **Дизалице на ручни погон** - које се примењују за транспорт терета када су потребне мање брзине кретања.
2. **Дизалице на моторни погон:**
 - Мосне дизалице - састоје се од дизаличног механизма који се креће транслаторно по стационарним стазама,
 - Порталне дизалице – састоје се од дизаличног механизма који се креће транслаторно заједно са носачима,
 - Мобилне дизалице – самоходни дизалични механизми који се крећу на точковима или гусеницама.
 - Торањске дизалице – примењују се за транспорт материјала при изради тешких монтажних елемената на градилишту,
 - Дизалице за рад ван копна – примењују се за утовар и истовар бродова као и изградње на води.

3.1 Мосне дизалице

Мосна дизалица се креће по шинама на стази изнад тла, па се за транспорт терета користи простор изнад по правилу заузете производне површине, коју при том не заузима. Када је смештена унутар хале, поставља се непосредно уз кровну

конструкцију, слика 4, како би се постигла што већа висина дизања, а главне носаче носе већ постојећи носачи кранских стаза постављени на стубове саме хале.

Када је на отвореном простору, носачи кранских стаза се постављају на посебне стубове који их носе.



Слика 4: Положај мосне дизалице у хали испод кровног носача, [12].

Мосна дизалица премешта терет по нормали изнад тла и по два међусобно нормална правца у равни паралелно у односу на тло. Манипулативни простор има облик паралелоипеда, али неке врсте имају и још неки погон (на пример додатни погон за обртање постоља на колицима постиже могућност ротирања терета). Носећа конструкција мосне дизалице изводи се као решеткаста (слика 5) или као заварена кутијаста (слика 6), стојећа или viseћа, са 1 или 2 (ређе више од два) главна носача који „премошћују“ халу (одатле назив), која се креће дуж стазе.



Слика 5: Двогреда мосна дизалица - решеткаста конструкција, [12].



Слика 6: Двогреда мосна дизалица - кутијаста носач, [12].

Главни носачи су повезани са бочним носачима постављеним у правцу стазе. Колица дизалице, слика 7, крећу се дуж главног(их) носача (попречно у односу на кранску стазу дизалице), изнад, испод или између носача.

По потреби има више истих или различитих колица на једном крану, слика 8. Подизно средство је по правилу челично уже, ређе ланац, стално захватно средство је најчешће кука, ређе грабилица или неко друго средство. Врсту изменљивог захватног средства диктирају параметри терета.

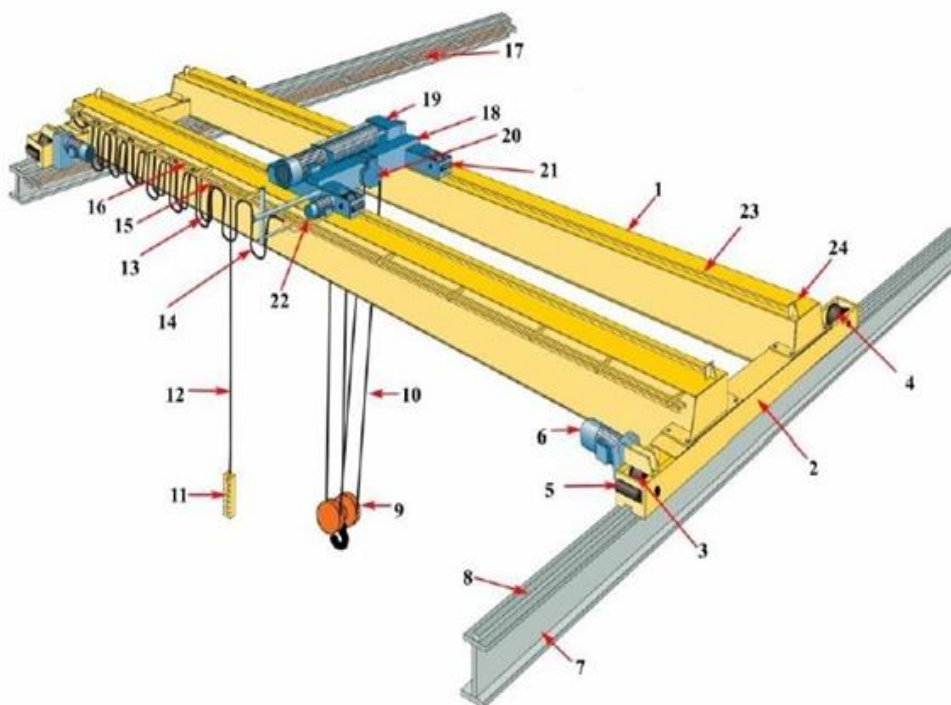


Слика 7: „Класична“ колица, [12].



Слика 8: Четворогреда ливачка дизалица са двоје колица (једна пролазе испод других), [12].

Мосна дизалица најчешће се среће у производним погонима у најразноврснијим варијантама по питању носивости, броја, положаја и конструкције колица, подизних и коришћених захватних средстава и сл. Основни делови мосних дизалица приказани су на примеру двогреде мосне дизалице мање носивости, слика 9.



Слика 9: Основни делови двогреде мосне дизалице: 1-главни носач, 2-бочни носач, 3-погоноски точак дизалице, 4-слободни точак дизалице, 5-одбојник, 6-електромотор погона кретања дизалице, 7-носач стазе, 8-шина дизалице, 9-доњи склоп котураче, 10-челично уже, 11-командна кутија, 12-командни кабал, 13-напајање командне кутије, 14-напајање колица, 15-шина колица напојних каблова, 16-шина колица, 17-електроразвод, 18-колица дизалице, 19-погон дизања, 20-превојна ужница, 21-одбојник колица, 22-електромотор погона кретања колица, 23-шина колица, 24-браник шине колица, [12].

Сагласно разноликости појавних облика, релевантни параметри ових дизалица јављају се у врло широким опсезима, на пример :

- распон (размак оса шина) $(3 \div 50) \text{ m}$,
- носивост $(0,25 \div 500) \text{ t}$,
- брзина дизања $(0,1 \div 50) \text{ m/min}$,
- брзина кретања колица $(2 \div 50) \text{ m/min}$,
- брзина кретања дизалице $(5 \div 120) \text{ m/min}$.

Овде су наведене најмање брзине које се остварују као фиксне. Погонски мотори ових дизалица су по правилу електрични мотори са режимом рада ED (25-60)%, за класе дизања HC3 - HC5, ретко се користе други облици енергије. Напајањем одговарајућих електромотора преко фреквентног претварача (ел. мотори наизменичне струје) или регулатора напона (електрични мотори једносмерне струје) постижу се практично произвољно мале брзине погона. Опсеги параметара се свакодневно шире.

Управљање дизалицама првенствено мануелно врши дизаличар, преко висеће командне кутије за случај мале носивости, обично до 10t и брзине кретања моста до 32 m/min. За веће носивости потребно је обезбедити пешачку стазу без опасности и препрека, или је неопходан бежични пренос команди, односно из кабине када наведени услови нису обезбеђени и посебно при дуготрајном раду.

Кабина се зависно од радних задатака, поставља на крај моста (једноставно, мало оптерећује носаче, погодно за улаз/излаз, слика 10 – лево, али слаба видљивост на месту терета када су колица на супротној страни моста), на колица дизалице (добра прегледност, компликованије, директно излагање утицајима терета као што су зрачење топлоте на ливничким и сличним дизалицама, слика 10 – десно, изложеност вибрацијама) или на посебна колица (добра прегледност, најскупље решење).



Слика 10: Специјалне конструкције мосних дизалица, монтажа авиона (лево) и рад у ливници (десно), [12].

Регална складишта су монтажано-демонтажног типа тако да су прилагодиви свим врстама просторија. Израђују се као самоносива конструкција а управљање дизалицама аутоматизовано, слика 11.



Слика 11: Аутоматизовано управљање дизалицама у регалним складиштима, [13].

При избору класе дизања потребно је прорачунати теоријски динамички фактор како је и дефинисано у EN 15011. За одређивање динамичког фактора потребна је комплетна динамичка симулација, узимајући у обзир еластичне, инерцијалне и пригушне особине. Максимална сила у подизном средству у току прве три секунде представља оптерећење на подизном средству помножено са теоријским динамичким фактором. Класа дизања мора да буде одређена у складу са табелом 1.

Према погонским класама мосне дизалице се деле на:

- Погонска класа 1: мосне, монтажне, индустријске,
- Погонска класа 2: тешке индустријске, торањске, порталне, лучне и претоварне,
- Погонска класа 3: тешке мосне за рад у ваљаоницама, ливницама, високе порталне са магнетом и грабилицама,
- Погонска класа 4: веома тешке претоварне и дизалице у континуираном раду, [10].

Табела 1: Избор класе дизања, [10].

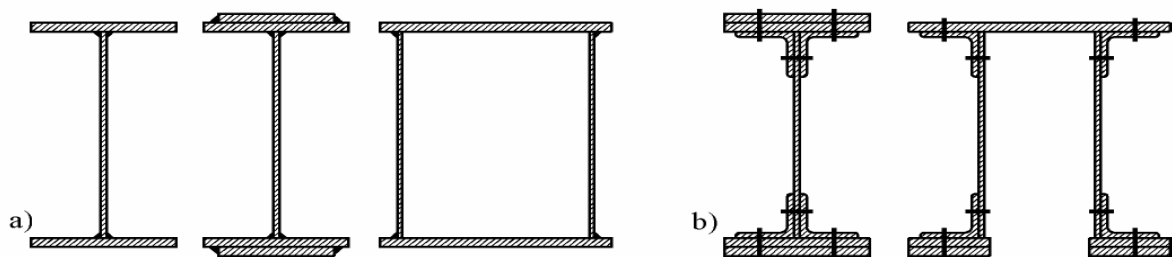
Услов		Класа дизања
	$\phi_{2t} \leq 1,07 + 0,24v_{h,max}$	HC1
$1,07 + 0,24v_{h,max} <$	$\phi_{2t} \leq 1,12 + 0,41v_{h,max}$	HC2
$1,12 + 0,41v_{h,max} <$	$\phi_{2t} \leq 1,17 + 0,58v_{h,max}$	HC3
$1,17 + 0,58v_{h,max} <$	ϕ_{2t}	HC4

Мосне дизалице су најмногобројније и најразноврсније индустријске дизалице. Могу да се израде са куком, електромагнетом, грабилицом итд. Ове дизалице се састоје из два главна и два чеона носача.

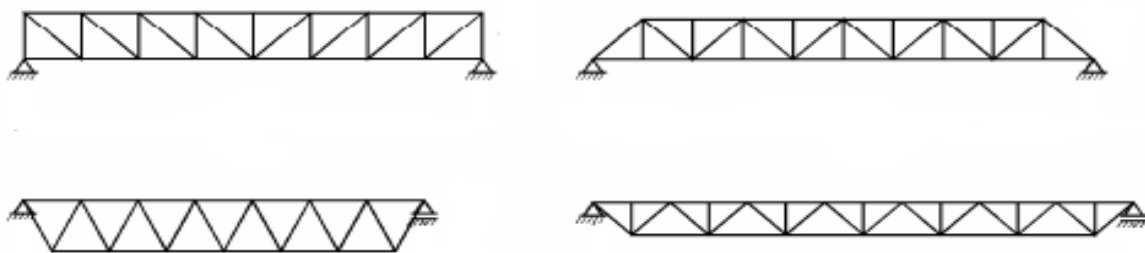
Главни делови мосне дизалице су:

- Мост, односно носећа конструкција дизалице,
- Покретно електрично витло (колица) са куком и доњом катурачом,
- Механизам за кретање дизалице,
- Кабина руковођаца дизалице,
- Електрични напоји водови (за дизалицу и витло) са припадајућом електроопремом,
- Носачи кранских стаза.

Носачи кранских стаза се данас израђују од лимова, слика 12, или решеткастог попречног пресека, слика 13, [10].

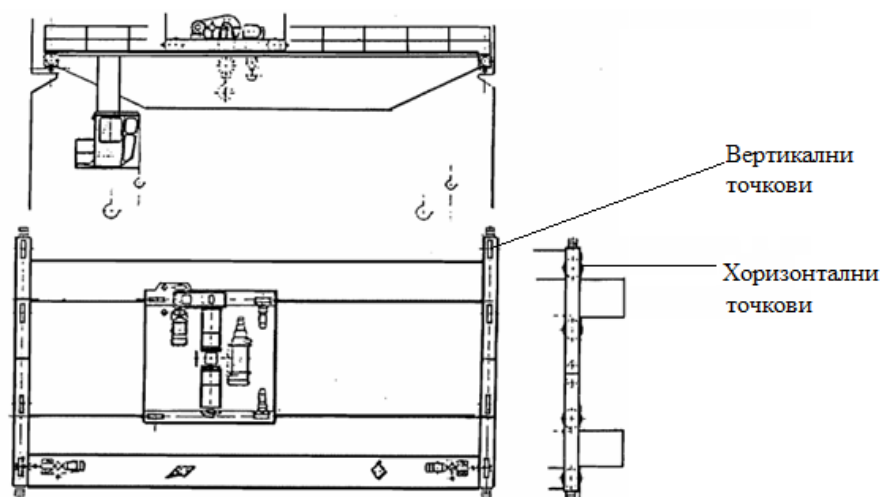


Слика 12: Попречни пресеци пуних лимених носача: а) у завареној изради; б) у закованој изради, [15].

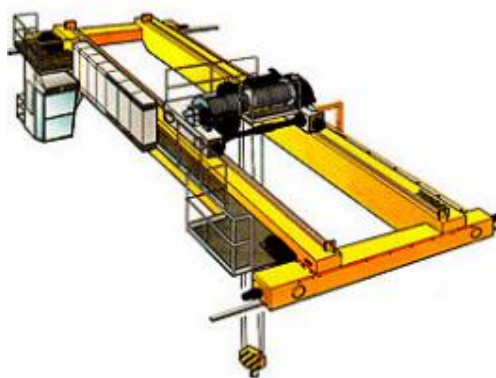


Слика 13: Решеткасти носачи са паралелним појасевима, [15].

Мосна дизалица може да има два главна носача, двогредна, или један главни носач, ако је у питању једногредна мосна дизалица. Главни носачи су везани за чеоне носаче монтажним везама. У чеоним носачима су смештени погонски и слободни точкови, који омогућају транслаторно кретање мосне дизалице по кранским (носачима) стазама. Хоризонтални точкови примају хоризонталне силе, па се тада уграђују вертикални точкови без обода, слика 14. По главним носачима мосне дизалице крећу се колица по горњем положају, слика 15. Лимени носачи су обично сандучасти (спојени заваривањем) или ваљани профили.



Слика 14: Положај хоризонталних и вертикалних точкова, [11].



Слика 15: Кретање колица по главним носачима, [14].

Колица се крећу транслаторно по главним носачима и на њима су смештени механизми за дизање и кретање колица. Стубови конструкције су носиви елементи чија је улога првенствено преузимање вертикалног оптерећења. На стубовима се јављају сила притиска и момент савијања. Разликујемо стубове који су аксијално оптерећени и стубове који су ексцентрично оптерећени па преузимају унутрашње силе од уздужне силе и момента савијања. У случају интеракцијског деловања момента савијања и притиска, смер двеју сила одређује најрационалнији облик попречног пресека. Стубови непроменљивог попречног пресека вежу се за хале са крановима чија је носивост од 10 до 15 t.

Структура мосне дизалице може добро да прихвати хоризонтална и вертикална оптерећења. Чеони носачи су обезбеђени са одбојницима који у случају отказивања крајњих искључивача ступају у дејство.

На покретно електрични витло (колица) смештен је механизам за дизање и механизам за кретање колица. Покретно електрично витло поставља се на двогредне носаче кранских колица који се крећу транслаторно, чије комплетно померање је по горњим главним носачима. Механизам за дизање састоји се од електромотора еластичне спојнице која повезује електромотор и редуктор, двопапучне кочнице са електрохидрауличним подизачима, редуктора, добоша за намотавање ужади и котураче са куком. Колица се крећу транслаторно по главним носачима. Дуж главних носача

постављене су пешачке стазе које омогућавају лак прилаз свим деловима дизалице. Геометрија рама колица је постављена тако да може да поднесе сва оптерећења од корисног терета сопствене тежине и свих механизма на њој.

Битне техничке карактеристике мосних дизалица су:

1. Називне носивости:

- За дизалице са куком, терет обешен на куку,
- За дизалице са грабилицом, користан терет у грабилици и сопствена маса грабилице,
- За дизалице са траверзом, терет обешен на траверзу,
- За дизалице са магнетом, терет ухваћен магнетом, у случају да је магнет обешен на куку, урачунава се и сопствена тежина.

2. Висине дизања:

- Стандард утврђује низ вредности висина дизања свих врста дизалица које служе за вертикално дизање терета помоћу ужета или ланца,
- Стандард се не примењује на лифтове,
- Висина дизања је вертикално растојање од најнижег до највишег положаја захватног средства при дизању.

3. Радне брзине:

- Брзина дизања (нормална или спора),
- Брзина кретања носеће конструкције (моста, портала итд.),
- Брзина кретања витла (колица),
- Брзина окретања, изражена као периферна у $[m/min]$ или $[m/s]$ или као угаона $[min^{-1}]$
- Брзина промене дохвата стреле.

4. Распони:

- Стандард утврђује низ вредности прописних распона за све врсте мосних порталних и полупорталних дизалица
- Распон – растојање средина шина на стазама дизалица, [10].

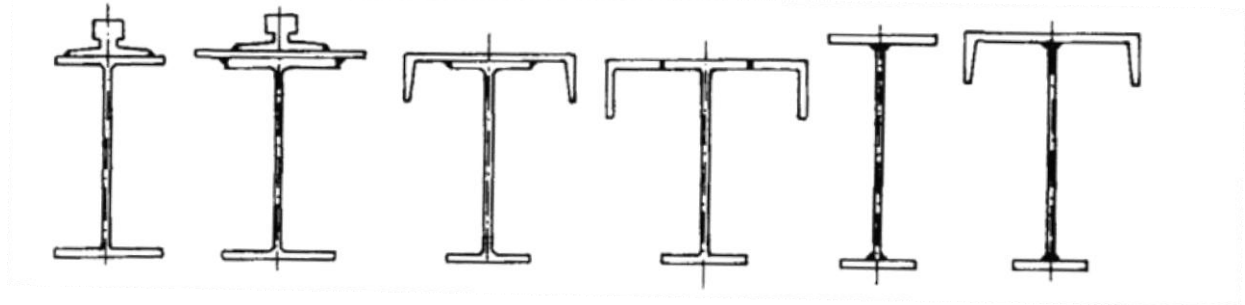
3.2 Крански носачи према европским стандардима

Носачи кранских стаза су елементи који се постављају непосредно испод главних носача дизалица и служе као носећа конструкција по којој се крећу главни носачи. Њихово ослањање врши се директно преко стубова или преко конзола код (оквирних) рамних главних носача хала. Код хала са великим размаком стубова ослањање се може вршити и преко испуста из кровне решетке. Ови носачи најчешће су статички системи просте греде, а такође се изводе и као континуални носачи, а ретко као Герберови носачи. За препоруку је примена система просте греде због низа несумљивих предности као што су: једноставнија статичка анализа, јефтинија радионичка израда и лакша монтажа. Најчешће конструктивно решење за кранске стазе је у виду пуног I носача (ваљаног или формираног заваривањем).

3.2.1 Пуни носачи

Што се тиче самог конструисања кранске стазе, ако су мосне дизалице мање носивости (мање од 10t), а распони кранских стаза око 6 m, за кранску стазу се обично усваја неки од ваљаних I профила самостално или са ојачаном горњом ножицом, или пак несиметричан I профил обликован заваривањем од лимова.

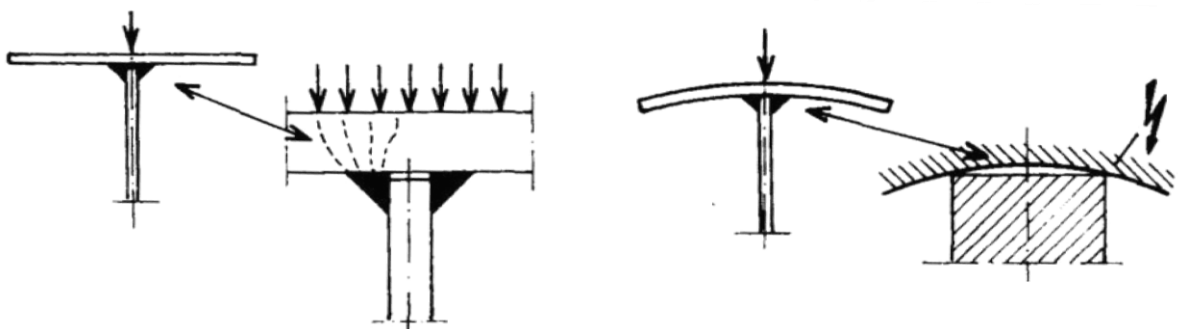
У случају кранских стаза већег распона и тежих дизалица, усвајају се заварени лимени носачи решеткастог профила, који има функцију спрега против бочних удара, а истовремено служи и као стаза за опслуживање дизалица. На слици 16, су приказани неки од I профила који се користе као кранске стазе код лаких конструкција.



Слика 16: Облици кранских стаза за лаке дизалице, [10].

Висина носача кранских стаза статичког система просте греде износи $H=L/10$ до $L/12$ где је L распон кранске стазе (размак главних стубова), а изузетно може износити $L/15$, у случајевима када угиб није меродаван.

При конструкцијском обликовању пуних лимених носача посебну пажњу треба обратити на везу горње ножице и ребра. Обично се користи К-шав или неко решење са угаоним шавовима. Код обостраног угаоног шава настаје веома велико дејство зареза, што као последицу има ниске допуштене напоне. Применом обостраних угаоних шавова постоји реална опасност такве деформације да се плоча горње ножице ослони на ивице ребра, тако да је неопходно појасној ламели дати преддеформацију загревањем. Да би се боље прихватили локални притисци точкова дизалица горњи део ребра се може извести веће дебљине или са додатним лимовима и четири угаона шавова. На наредној слици је приказан утицај шавова на везу између ребра и ножице, [10].

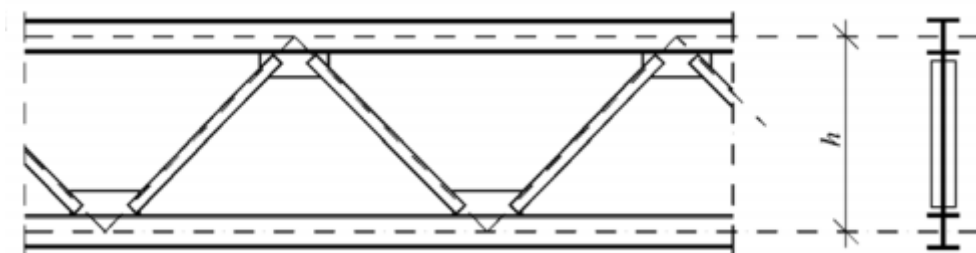


Слика 17: Утицај обостраних угаоних шавова на везу ребра и ножице, [10].

3.2.2 Решеткасти носачи

Као резултат жеље да се добију носачи уз минималан утрошак материјала, настали су решеткасти носачи. Са становишта утрошка материјала, решеткасти носачи су повољнији од саћастих и пуних носача. Састоје се од међусобно повезаних појасних штапова и штапова испуне (дијагонале и вертикале) који формирају троугаону структуру. Осим тога, решеткасти носачи пропуштају више светлости и омогућавају

несметано провођење инсталација. Међутим, израда решеткастих носача захтева већи број радних операција, па је јединична цена решеткастих носача виша од цене пуних носача, слика 18.



Слика 18: Решеткасти носач, [10].

У металним конструкцијама решеткасти носачи се веома често користе и то како у зградарству тако и у мостogradњи. Бројни су примери примене решеткастих носача. У зградарству се користе као: рожњаче, кровни носачи, подвлаке, подни носачи, крански носачи у индустријским халама, спрегови итд. Кровни носачи у решеткастој изради примењују се у готово свим типовима објеката, од индустријских хала, преко објеката високоградње до спортских и конгресних дворана и изложбених павиљона. Избором облика решеткасте структуре и попречних пресека штапова могу се добити решеткасти носачи веома атрактивног изгледа, тако да челична конструкција постаје саставни део ентеријера, а да ни на који начин не нарушава архитектонску целину, [10].

4. Пројектни задатак

Према важећим стандардима и прописима прорачунати и пројектовати носаче кранских стаза за двогредну електричну мосну дизалицу следећих карактеристика:

- Носивост дизалице: $m = 6300 \text{ kg}$,
- Распон: $L = 10 \text{ m}$,
- Брзина дизања: $V_{diz} = 4 \frac{\text{m}}{\text{min}}$,
- Брзина кретања моста: $V_{км} = 10 \frac{\text{m}}{\text{min}}$,
- Висина дизања: $H = 10 \text{ m}$,
- Погонска класа дизања: НС2,
- Маса колица: $m_{kol} = 395 \text{ kg}$,
- Растојање шина колица на главним носачима $R = 2 \text{ m}$,
- Пречник точкова за кретање шина: $D_t = 200 \text{ mm}$.

Кран се поставља на прорачунате носаче у објекту као што је хала са својим димензијама:

- Дужина хале: $L_H = 50.0 \text{ m}$,
- Ширина хале: $S_H = 10.0 \text{ m}$,
- Висина хале: $H_H = 10.0 \text{ m}$.

Усвајамо профил главног носача IPE 400 и кранске стазе IPE 600, [17].

4.1 Прорачун оптерећења носача кранске стазе

Приликом прорачунавања носача потребно је узети у обзир све делове дизалица, слика 9, који су оптерећени у различитим случајевима оптерећења као што су:

- Случај 1: Носач оптерећен сопственом тежином и тежином главних носача.
- Случај 2: Носач оптерећен сопственом тежином, тежином главних носача и кранским колицима.
- Случај 3: Носач оптерећен сопственом тежином, тежином главних носача, кранским колицима и теретом који се подиже.

Прорачун отпора ослонаца врши се према шеми оптерећења приказаној на слици 19, при чему су:

- R_{AY} – отпор ослонца у тачки А,
- R_{BY} – отпор ослонца у тачки В.

За прорачун отпора ослонца примењује се принцип статички одређених ослонца носача, [16], при чему је:

- $l = 5 \text{ m}$ - укупно растојање између суседних ослонца стазе,
- $l_1 = 1.5 \text{ m}$ - растојање првог главног носача од ослонца А,
- $l_2 = 1.0 \text{ m}$ - растојање првог главног носача од дејства корисног оптерећења терета који се подиже,
- $l_3 = 1.0 \text{ m}$ - растојање дејства корисног оптерећења од другог главног носача,
- $l_4 = 1.5 \text{ m}$ - растојање другог главног носача од ослонца В,

- P_1 – дејство првог главног носача на носач кранске стазе,
- P_2 – дејство другог главног носача на носач кранске стазе,
- P_3 – дејство сопствене тежине крана.

Носивост дизалице рачуна се према:

$$Q_d = m \cdot g = 6300 \cdot 10 = 63000 N \quad (4.1)$$

где је:

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2} \approx 10 \frac{m}{s^2} - \text{убрзање Земљине теже.}$$

Тежина главног носача рачуна се према:

$$Q_n = m_n \cdot g \cdot L = 66.3 \cdot 10 \cdot 10 = 6630 N \quad (4.2)$$

где је:

m_n - маса главног носача по дужном метру, [17].

Тежина колица рачуна се према:

$$Q_k = m_{kol} \cdot g = 395 \cdot 10 = 3950 N \quad (4.3)$$

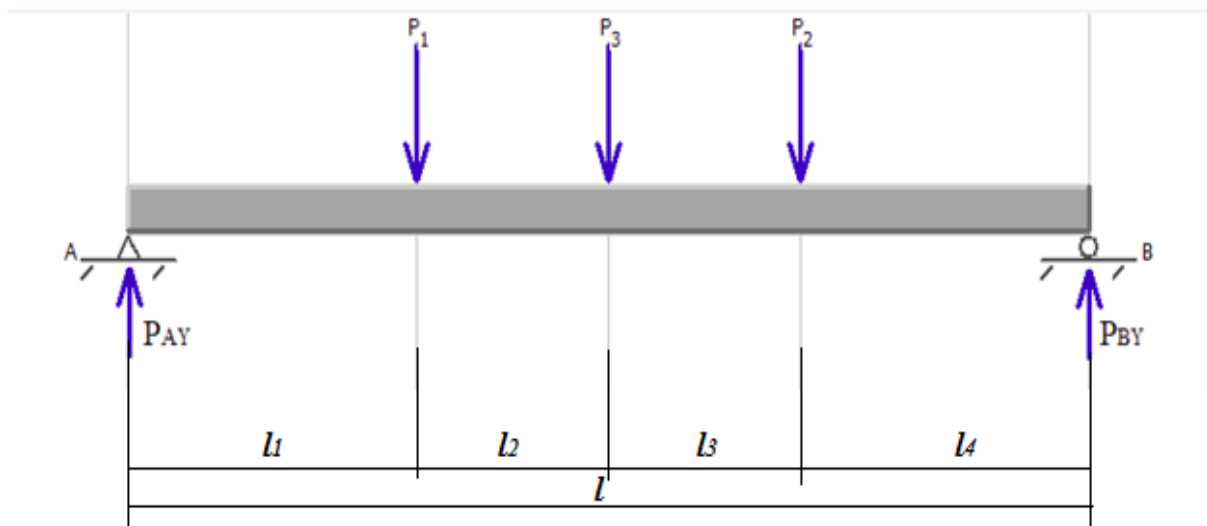
Тежина носача кранске стазе рачуна се према:

$$Q_N = m_N \cdot g \cdot l = 122 \cdot 10 \cdot 5 = 6100 N \quad (4.4)$$

где је:

l - растојање између ослонаца носача,

m_N – маса профила носача по дужном метру, [17].



Слика 19. Оптерећења носача, [18].

Случај 1: Носач оптерећен сопственом тежином и тежином главних носача

Вредности дејства сила оптерећења носача кранске стазе према слици 19, су:

$$P_1 = \frac{Q_n}{2} = \frac{6630}{2} = 3315N = P_2 \quad (4.5)$$

$$P_3 = Q_n \quad (4.6)$$

Збир свих сила по оси x рачуна се према изразу:

$$\sum P_{xi} = 0 \rightarrow P_{Ax} = 0 \quad (4.7)$$

Збир свих сила по оси y рачуна се према изразу:

$$\sum P_{yi} = 0 \rightarrow P_{Ay} - P_1 - P_3 - P_3 + P_{By} = 0 \quad (4.8)$$

Збир свих момената за тачку В рачуна се према изразу:

$$\sum M_B = 0 \rightarrow P_{Ay} \cdot l - P_1(l - l_1) - P_3(l - l_1 - l_2) - P_2(l - l_1 - l_2 - l_3) = 0 \quad (4.9)$$

Збир свих момената за тачку А рачуна се према:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow P_{By} \cdot l - P_2(l - l_4) - P_3(l - l_4 - l_3) - P_1(l - l_4 - l_3 - l_2) = 0 \quad (4.10)$$

Из једначине 4.8 добија се вредност реакције ослоња у тачки А:

$$\sum M_B = 0 \rightarrow P_{Ay} \cdot l - P_1(l - l_1) - P_3(l - l_1 - l_2) - P_2(l - l_1 - l_2 - l_3) = 0$$

$$P_{Ay} = \frac{P_1(l - l_1) + P_3(l - l_1 - l_2) + P_2(l - l_1 - l_2 - l_3)}{l}$$

$$P_{Ay} = \frac{3315(5 - 1.5) + 6100(5 - 1.5 - 1) + 3315(5 - 1.5 - 1 - 1)}{5} = 6365 N \quad (4.11)$$

Из једначине 4.7 добија се вредност реакције ослоња у тачки В:

$$\sum F_{yi} = 0 \rightarrow P_{Ay} - P_1 - P_3 - P_3 + P_{By} = 0$$

$$P_{By} = -P_{Ay} + P_1 + P_3 + P_3 = -6365 + 3315 + 6100 + 6365 = 6365 N \quad (4.12)$$

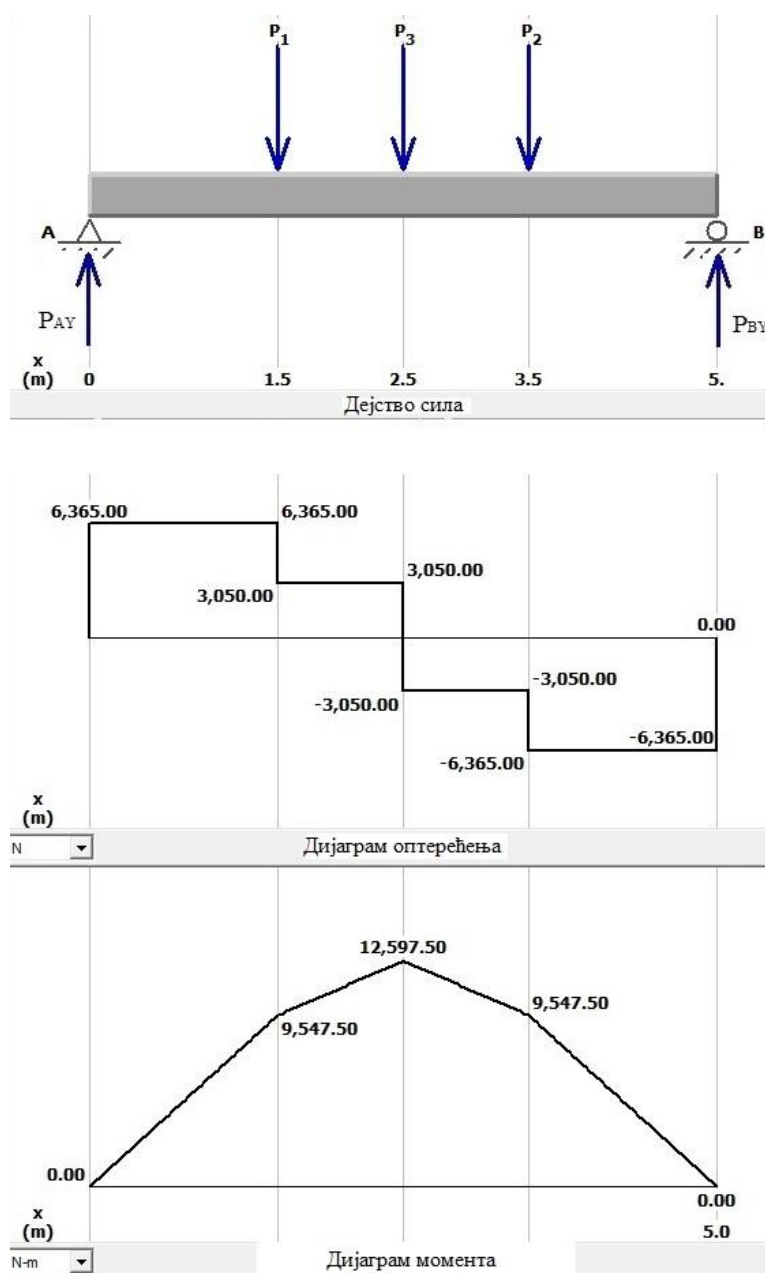
Из једначине 4.10 врши се провера добијених вредности према:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow P_{By} \cdot l - P_2(l - l_4) - P_3(l - l_4 - l_3) - P_1(l - l_4 - l_3 - l_2) = 0$$

$$6365 \cdot 5 - 3315(5 - 1.5) - 6100(5 - 1.5 - 1) - 3315(5 - 1.5 - 1 - 1) = 0$$

$$0 = 0 \quad (4.13)$$

На слици 20, приказани су дијаграми нормалне силе и момента генерисани у програму MD SOLIDS, за случај 1, [18].



Слика 20: Дијаграм оптерећења за случај 1, [18].

Максимални момент у тачки С за случај 1, означен је на слици 20, може се аналитички израчунати помоћу израза:

$$M_C = P_{AY} \cdot (l_1 + l_2) - P_1 \cdot l_2 = 6365 \cdot (1.5 + 1) - 3315 \cdot 1 = 12597.5 \text{ Nm} \quad (4.14)$$

Максимални момент у тачки С за случај 1 може се очитати са дијаграма добијеног из програма MD SOLIDS, на слици 20, чија је вредност такође $M_{\max} = 12597.5 \text{ Nm}$.

Случај 2: Носач оптерећен сопственом тежином, тежином главних носача и кранским колицима

Вредности дејства сила оптерећења носача кранске стазе према слици 19, су:

$$P_1 = \frac{Q_n + Q_k}{2} = \frac{6630 + 3950}{2} = \frac{10580}{2} = 5290 \text{ N} = P_2 \quad (4.15)$$

$$P_3 = Q_N$$

Збир свих сила по оси x рачуна се према:

$$\sum P_{xi} = 0 \rightarrow P_{Ax} = 0 \quad (4.16)$$

Збир свих сила по оси y рачуна се према:

$$\sum P_{yi} = 0 \rightarrow P_{Ay} - P_1 - P_3 - P_3 + P_{By} = 0 \quad (4.17)$$

Збир свих момената за тачку В рачуна се према:

$$\sum M_B = 0 \rightarrow P_{Ay} \cdot l - P_1(l - l_1) - P_3(l - l_1 - l_2) - P_2(l - l_1 - l_2 - l_3) = 0 \quad (4.18)$$

Збир свих момената за тачку А рачуна се према:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow P_{By} \cdot l - P_2(l - l_4) - P_3(l - l_4 - l_3) - P_1(l - l_4 - l_3 - l_2) = 0 \quad (4.19)$$

Из једначине 4.18 добија се вредност реакције ослоња у тачки А:

$$\sum M_B = 0 \rightarrow P_{Ay} \cdot l - P_1(l - l_1) - P_3(l - l_1 - l_2) - P_2(l - l_1 - l_2 - l_3) = 0$$

$$P_{Ay} = \frac{P_1(l - l_1) + P_3(l - l_1 - l_2) + P_2(l - l_1 - l_2 - l_3)}{l}$$

$$P_{Ay} = \frac{5290(5 - 1.5) + 6100(5 - 1.5 - 1) + 5290(5 - 1.5 - 1 - 1)}{5} = 8340 \text{ N} \quad (4.20)$$

Из једначине 4.17 добија се вредност реакције ослоња у тачки В:

$$\sum F_{yi} = 0 \rightarrow P_{Ay} - P_1 - P_3 - P_3 + P_{By} = 0$$

$$P_{By} = -P_{Ay} + P_1 + P_2 + P_3 = -8340 + 5290 + 5290 + 6100 = 8340 \text{ N} \quad (4.21)$$

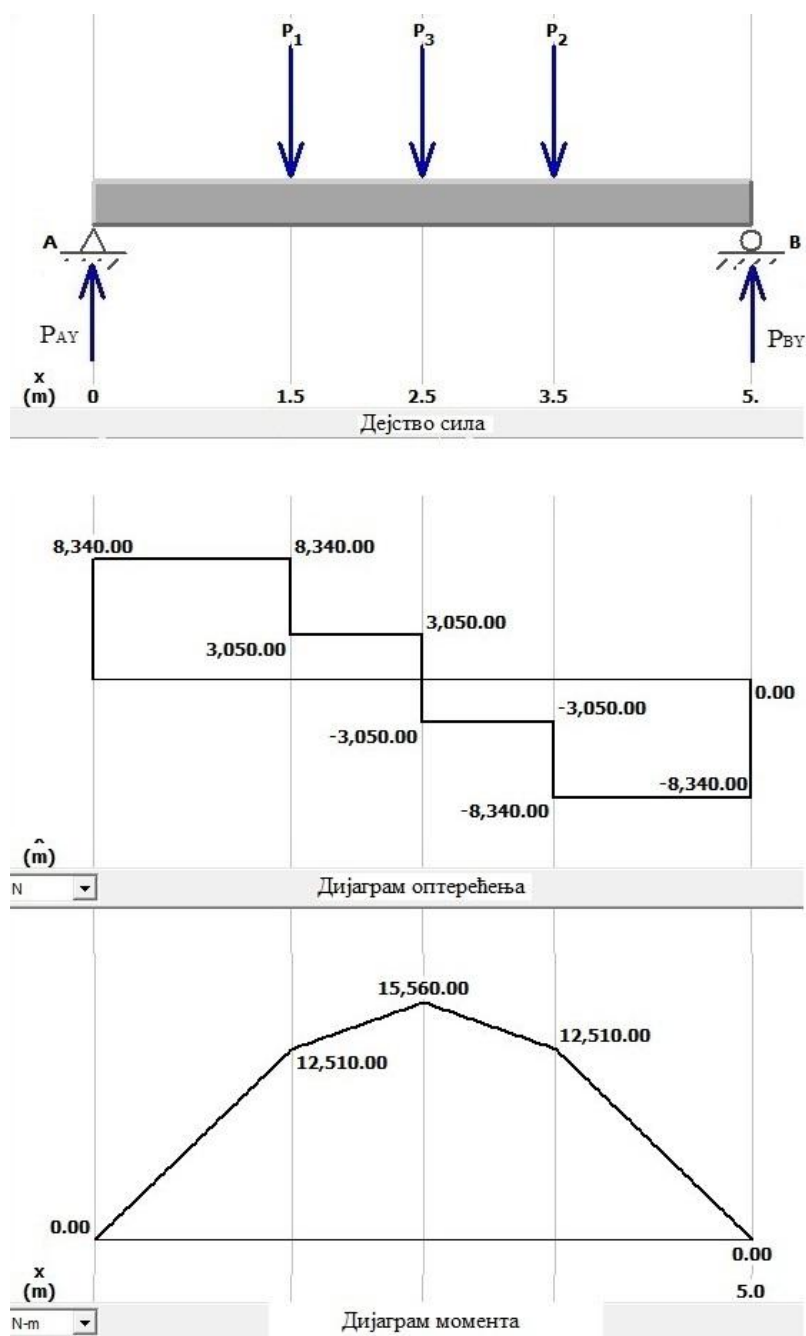
Из једначине 4.19 врши се провера добијених вредности.

$$\sum M_A = 0 \rightarrow P_{By} \cdot l - P_2(l - l_4) - P_3(l - l_4 - l_3) - P_1(l - l_4 - l_3 - l_2) = 0$$

$$8340 \cdot 5 - 5290(5 - 1.5) - 6100(5 - 1.5 - 1) - 5290(5 - 1.5 - 1 - 1) = 0$$

$$0 = 0 \quad (4.22)$$

На слици 21, приказани су дијаграми нормалне силе и момента генерисани у програму MD SOLIDS, за случај 2.



Слика 21: Дијаграм оптерећења за случај 2, [18].

Максимални момент за случај 2, може се прочитати са дијаграма чија је вредност $M_{\max} = 15560 \text{ Nm}$.

Случај 3: Носач оптерећен сопственом тежином, тежином главних носача, кранским колицима и теретом који се подиже

Вредности дејства сила оптерећења носача кранске стазе према слици 19, су:

$$P_1 = \frac{Q_n + Q_k + Q_d}{2} = \frac{6630 + 3950 + 63000}{2} = \frac{73580}{2} = 42080 \text{ N} = P_2 \quad (4.23)$$

$$P_3 = Q_N$$

Збир свих сила по оси x рачуна се према:

$$\sum P_{xi} = 0 \rightarrow P_{Ax} = 0 \quad (4.24)$$

Збир свих сила по оси y рачуна се према:

$$\sum P_{yi} = 0 \rightarrow P_{Ay} - P_1 - P_3 - P_3 + P_{By} = 0 \quad (4.25)$$

Збир свих момената за тачку В рачуна се према:

$$\sum M_B = 0 \rightarrow P_{Ay} \cdot l - P_1(l - l_1) - P_3(l - l_1 - l_2) - P_2(l - l_1 - l_2 - l_3) = 0 \quad (4.26)$$

Збир свих момената за тачку А рачуна се према:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow P_{By} \cdot l - P_2(l - l_4) - P_3(l - l_4 - l_3) - P_1(l - l_4 - l_3 - l_2) = 0 \quad (4.27)$$

Из једначине 4.26 добија се вредност реакције ослоња у тачки А:

$$\sum M_B = 0 \rightarrow P_{Ay} \cdot l - P_1(l - l_1) - P_3(l - l_1 - l_2) - P_2(l - l_1 - l_2 - l_3) = 0$$

$$P_{Ay} = \frac{P_1(l - l_1) + P_3(l - l_1 - l_2) + P_2(l - l_1 - l_2 - l_3)}{l}$$

$$P_{Ay} = \frac{42080(5 - 1.5) + 6100(5 - 1.5 - 1) + 42080(5 - 1.5 - 1 - 1)}{5} = 45130 \text{ N} \quad (4.28)$$

Из једначине 4.25 добија се вредност реакције ослоња у тачки В:

$$\sum F_{yi} = 0 \rightarrow P_{Ay} - P_1 - P_2 - P_3 + P_{By} = 0$$

$$P_{By} = -P_{Ay} + P_1 + P_2 + P_3 = -45130 + 42080 + 6100 + 42080 = 45130 \text{ N} \quad (4.29)$$

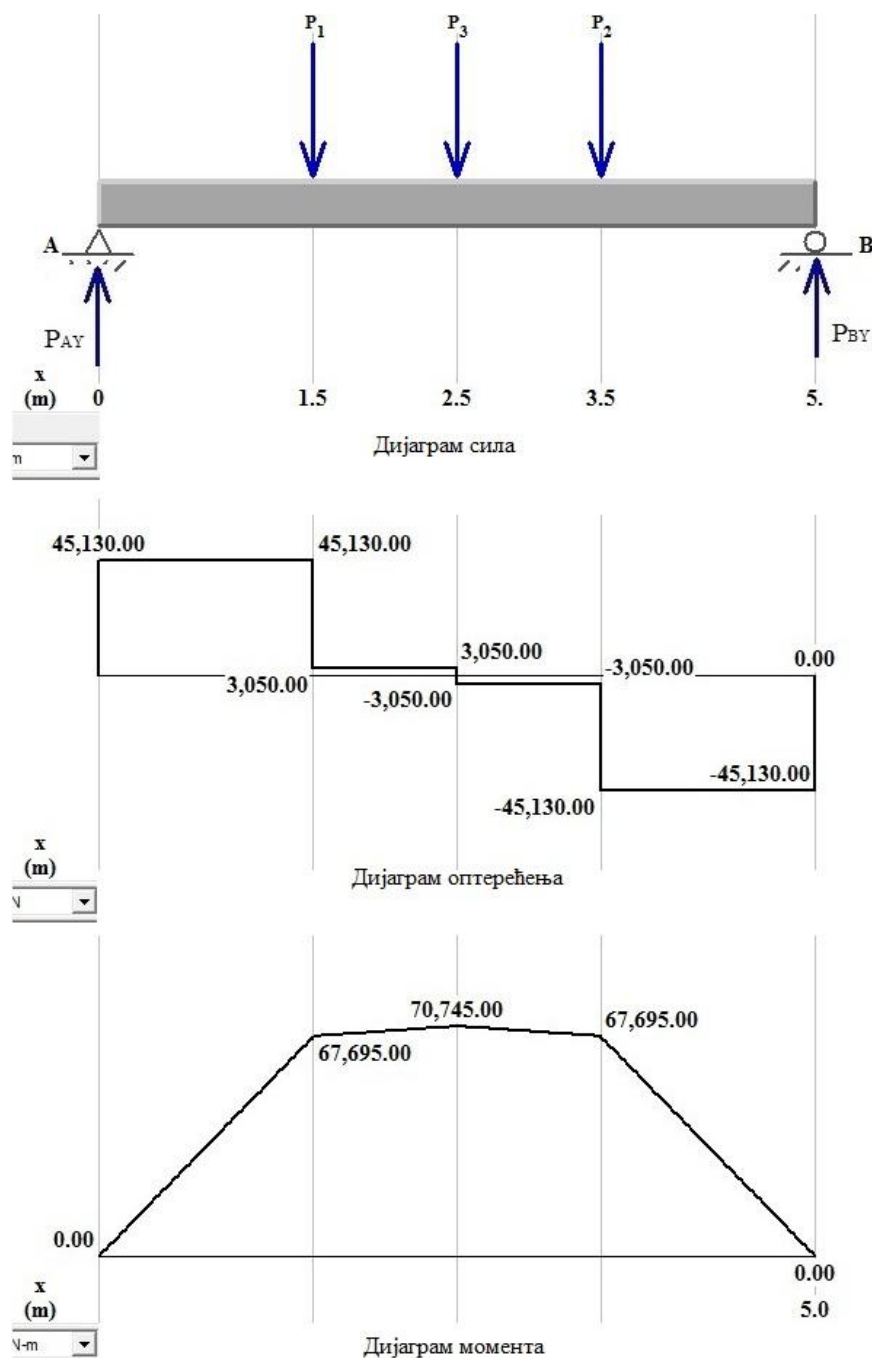
Из једначине 4.27 врши се провера добијених вредности:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow P_{By} \cdot l - P_2(l - l_4) - P_3(l - l_4 - l_3) - P_1(l - l_4 - l_3 - l_2) = 0$$

$$45130 \cdot 5 - 42080(5 - 1.5) - 6100(5 - 1.5 - 1) - 42080(5 - 1.5 - 1 - 1) = 0$$

$$0 = 0 \quad (4.30)$$

На слици 22, приказани су дијаграми нормалне силе и момента генерисани у програму MD SOLIDS, за случај 3.



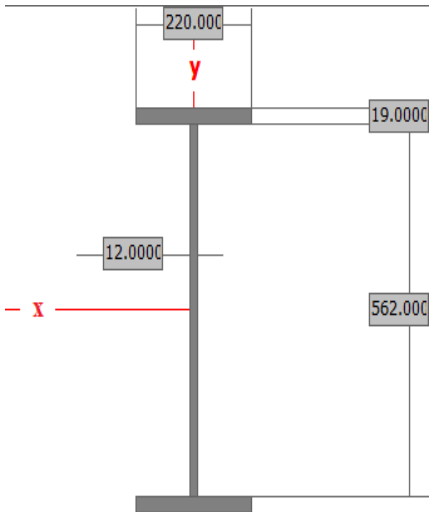
Слика 22: Дијаграм оптерећења за случај 3, [16].

Максимални момент за случај 3, може се очитати са дијаграма чија је вредност $M_{\max} = 70745 \text{ Nm}$.

4.2 Провера профила носача према Еврокоду

Носач кранске стазе мосне дизалице је стандардни профил IPE 600 чије су димензије и карактеристике дате у табели 2.

Табела 2: Карактеристике профила носача кранске стазе, [17].

Карактеристике попречног пресека носача кранске стазе			
	Висина профила	h [mm]	600
	Ширина ножице	b [mm]	220
	Дебљина ножице	t_f [mm]	19
	Дебљина ребра	t_w [mm]	12
	Радијус заобљења	r [mm]	24
	Површина попречног пресека	A [mm ²]	15600
	Момент инерције	I_x [mm ⁴]	920800000
		I_y [mm ⁴]	33870000
	Момент отпора	$W_{el,x}$ [mm ³]	3069000
		$W_{el,y}$ [mm ³]	307900
		$W_{pl,x}$ [mm ³]	3512000
		$W_{pl,y}$ [mm ³]	485600

Прорачунске методе дате у 1-3 ENV 1993 могу да се користе за челике који су у складу са европским и међународним стандардима наведеним у табели 3.

Табела 3: Нормалне вредности основне границе развлачења f_y и затезне чврстоће f_u , [4].

Врста челика	Стандард	Квалитет челика	f_y N/mm ²	f_u N/mm ²
Вруће ваљани конструкцијски челик	EN 10025	S 235	235	360
		S 275	275	430
		S 355	355	510
Вруће ваљани конструкцијски челик високе чврстоће	EN 10113: Део 2	S 275 N	275	370
		S 355 N	355	470
		S 420 N	420	520
		S 460 N	460	550
	EN 10113: Део 3	S 275 M	275	360
		S 355 M	355	450
		S 420 M	420	500
		S 460 M	460	530

Према табели 3, усваја се вруће ваљани конструкцијски челик према EN 10025 квалитета S355, при чему се допуштена напрезања утврђују према рачунским степенима сигурности.

Основна класификација оптерећења извршена је према упоредном трајању на основна и допунска.

У основна оптерећења спадају:

- сопствена тежина конструкције,
- стално оптерећење на њој,
- корисно оптерећење,

У допунска оптерећења спада:

- утицај ветра,
- утицај инерцијалних сила,
- температурни утицаји и
- друга дејства повремено и краткотрајно присутна.

Из тога су издвојена два основна случаја оптерећења конструкција:

I - основно,

II- основно и допунско заједно.

За основне материјале од којих је направљен носач кранске стазе разматрана су три основна случаја оптерећења са одређеним коефицијентима сигурности. За усвојени материјал носача кранске стазе из табеле 2, карактеристике материјала су:

- парцијални коефицијент сигурности материјала: $\gamma_M = 1.00$
- парцијални коефицијент сигурности попречног пресека: $\gamma_{M0} = 1.00$
- парцијални коефицијент сигурности од преоптерећења: $\gamma_{M1} = 1.00$
- напон на граници развлачења: $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$
- модул еластичности: $E = 210000 \text{ N/mm}^2$,
- модул клизања: $G = e/2(1 + \nu) \text{ N/mm}^2$,
- Поасонов коефицијент: $\nu = 0,3$
- запреминска маса: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$.

4.3 Провера носивости носача према граничним стањима

Провера граничних стања носивости врше се за случају 3, где је носач оптерећен сопственом тежином, тежином кранских шина, кранским колицима и теретом који се подиже.

Прорачунске вредности утицаја у сваком попречном пресеку не треба да пређу одговарајуће прорачунске носивости, а ако више утицаја делује истовремено комбиновани утицаји не треба да пређу носивост за такву комбинацију. Прорачунске вредности носивости зависе од класификације максималног оптерећеног носача. Прорачунска вредност момента савијања M_{Ed} у сваком попречном пресеку треба да задовољи услов:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1.0 \quad (4.31)$$

где је:

Прорачунска вредност момента савијања једнака је највећем моменту $M_{Ed} = M_{max}$.

$M_{c,Rd}$ - прорачунска носивост на савијање око једне главне осе попречног пресека.

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,x} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3512 \cdot 355}{1,0} = 1246.76 \text{ kN} \quad (4.32)$$

$W_{pl,x} = 35120000 \text{ mm}^3$ – плстични отпорни момент за осу x,

$\gamma_{M0} = 1.00$ – парцијални коефицијент сигурности попречног пресека,

f_y – напон на граници развлачења.

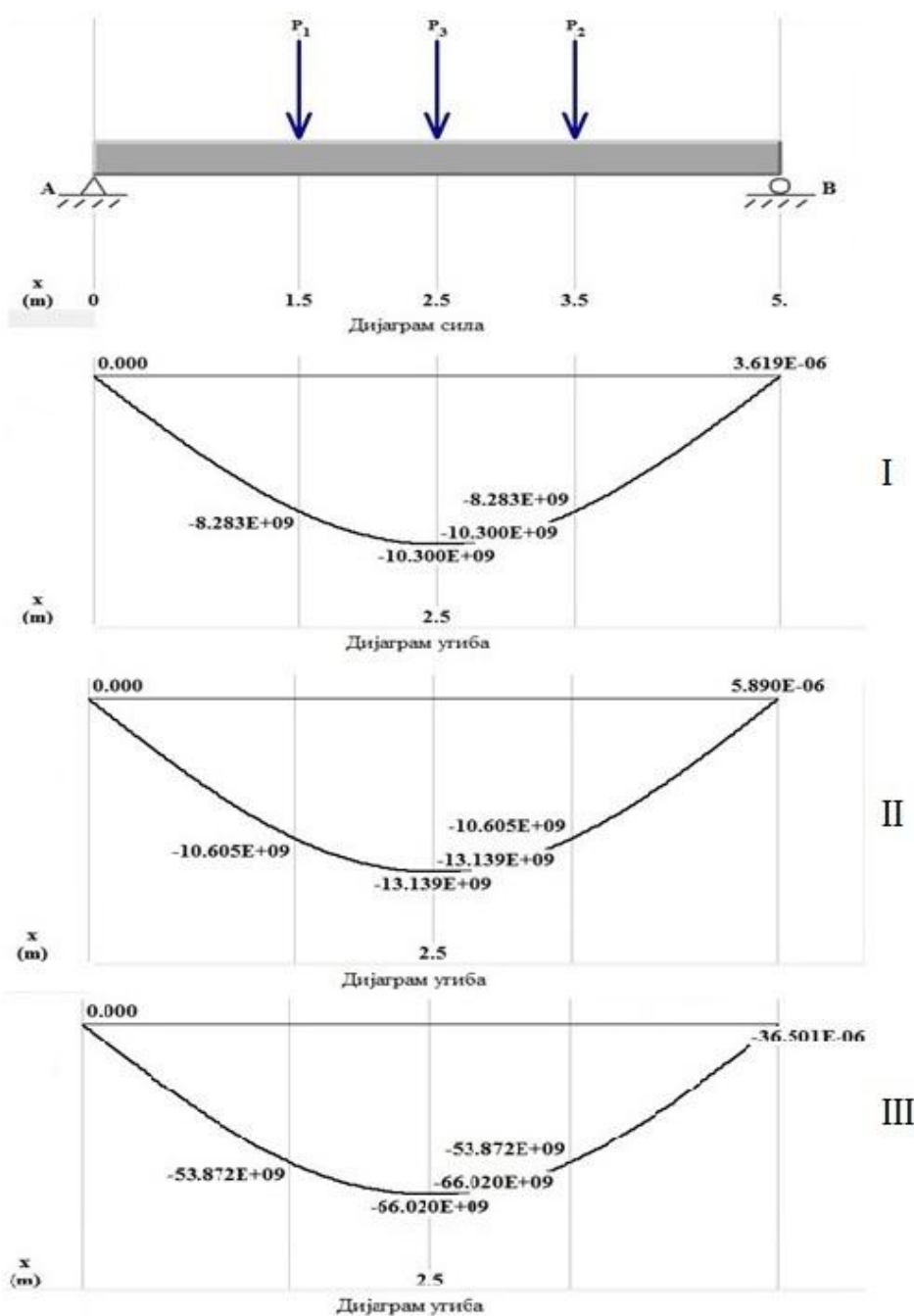
$$M_{Ed} = 70745.00 \text{ Nm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{70745.00}{1246.75 \cdot 10^3} = 0.0567 \leq 1.0 \quad (4.33)$$

4.4 Провера вредности угиба

Према граничним стањима употребљивости проверава се угиба носача. За одређивање угиба профила носача кранске стазе, такође је примењен програм MD SOLIDS.

На слици 23, приказани су угиби носача под дејством оптерећења за сва три случаја.

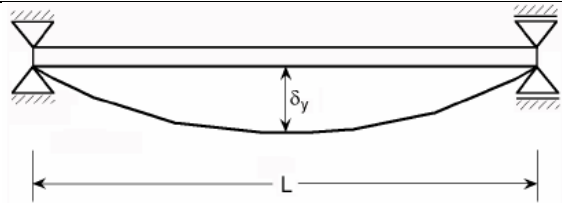
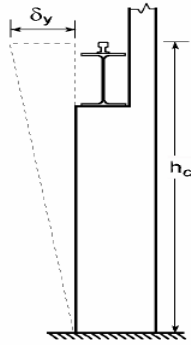
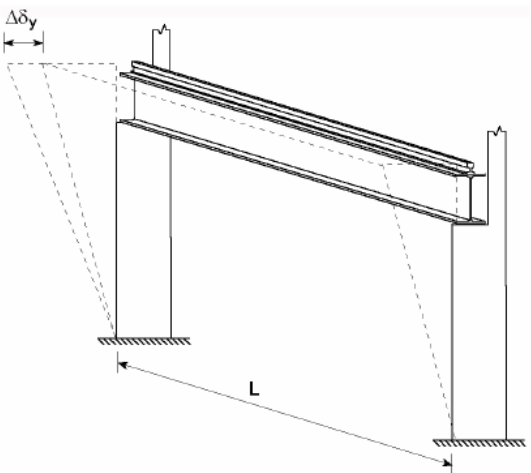
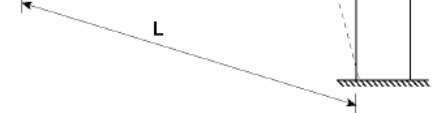


Слика 23: Дијаграм угиба носача кранске стазе: I – случај, II – случај, III – случај, [18].

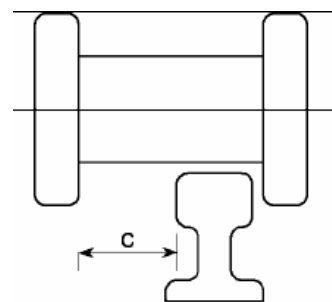
Поред критеријума граничног стања носивости, такође би требало да се задовоље критеријуми деформација и померања у хоризонталном или вертикалном правцу при чему су дате:

- граничне вредности хоризонталних угиба носача кранске стазе како би се смањило закошење главних носача, табела 4.
- граничне вредности вертикалних угиба носача кранских стаза како би се избегле вибрације изазване померањем дизалице или главних носача, табела 5, [8].

Табела 4: Граничне вредности хоризонталног угиба, [8].

Деформације или померања	Дијаграм
Хоризонтална деформација δ_y на носачу, измерена на средини носача: $\delta_y < L/600$	
Хоризонтално померање δ_y рама (или стуба) носача, услед оптерећења крана. $\delta_y < h_c/400$ где је: h_c – висина до нивоа на којем је постављен кран (на шину или обод)	
Разлика $\Delta\delta_y$ између додатних хоризонталних померања рамова (или стубова) који садрже греде крана у затвореном простору. $\Delta\delta_y \leq L/600$	
Разлика $\Delta\delta_y$ између додатних хоризонталних померања стубова (или рамова) који садрже спољашње греде крана на отвореном. - због комбинације бочних сила на крану и оптерећења ветра током рада. $\Delta\delta_y \leq L/600$ -због оптерећења ветра када кран не ради $\Delta\delta_y \leq L/400$	
Промена растојања Δs између центара кранских стаза, укључујући ефекат термичких промена. $\Delta s \leq 10 \text{ mm}$ (видети напомену)	

Напомена: Хоризонтална померања и деформације кранских стаза се заједно узимају у обзир у при пројектовању кранова. Прихватљиве деформације и толеранције зависе од детаља и одобрења у упутству. Услов да је зазор s између кранских точкова и кранске шине, задовољио неопходне толеранције, веће границе угиба се могу навести за сваки пројекат у сагласности са добављачем крана и клијентом.



Табела 5: Граничне вредности вертикалних угиба, [8].

Деформације или померања	Дијаграм
Вертикална деформација δ_z на стази греде: $\delta_z \leq L/600 \quad \delta_z \leq 25 \text{ mm}$ Вертикалну деформацију δ_z треба се узети као укупну деформацију услед вертикалног оптерећења, мала могућност максималног угиба δ_{max} дефинисано према EN 1990, [1].	
Разлика Δh_c између вертикалних деформација две греде које формирају кранску стазу: $\Delta h_c \leq s/600$	
Вертикална деформација δ_{ray} за греду са једним носачем дизалице, у односу на ослонац, само услед терета. $\delta_{ray} \leq L/600$	

Провера граничних вредности вертикалних угиба на основу дијаграма приказаних на слици 23, и табеле 5:

- Вертикална деформација угиба δ_z на носачу кранске стазе проверава се према изразу:

$$\delta_z \leq L/600 \quad (4.34)$$

$$\delta_z \leq 5000/600 \quad (4.35)$$

$$8,33 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \quad (4.36)$$

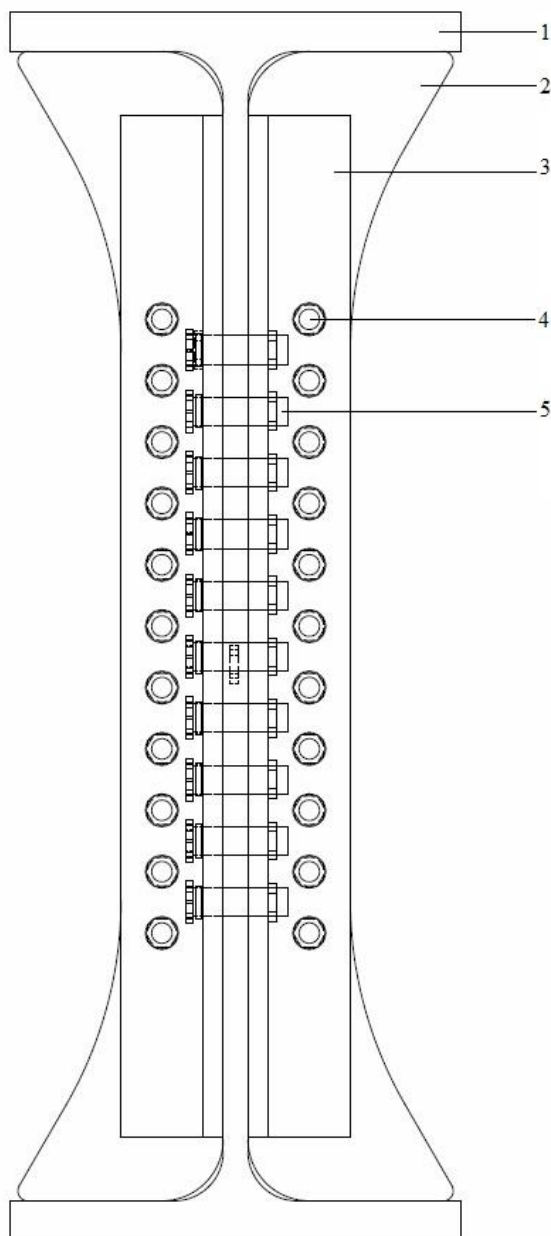
- Разлика Δh_c између вертикалних деформација две греде које формирају кранске стазе треба да задовољи:

$$\Delta h_c \leq s/600 \quad \Delta h_c \leq 10000/600 \quad \Delta h_c \leq 16.66 \quad (4.35)$$

Усвојени профил носача кранске стазе задовољава услове вертикалног угиба при чему постоји могућност и усвајања других сличних профила. Услед услова трајности и радног века употребљивости целе конструкције усвојени профил носача кранске стазе задовољава услове прописане европским стандардима и нормама, [1].

5. Конструкција носача кранске стазе

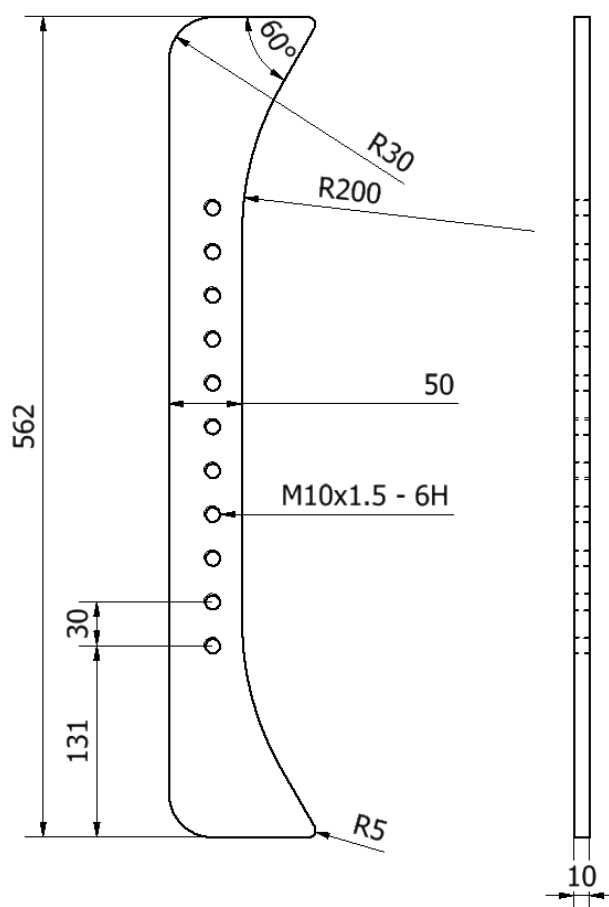
Пројектовање носача кранских стаза захтева велику прецизност у самој изради профила и његовом уклапању у објекат, као и самој експлатацији. За усвојене димензије носача кранске стазе, модел је урађен у софтверу Autodesk Inventor Proffesional 2016, [19]. Пресек профила носача приказан је на слици 26.



Слика 24: Профил носача, 1) основа носача IPE 600, 2) ребро за ојачање, 3) L профил за повезивање ребра са носачем, 4) завртњеве за повезивање L профила са ребром, 5) завртњеве за повезивање са профилом, [19].

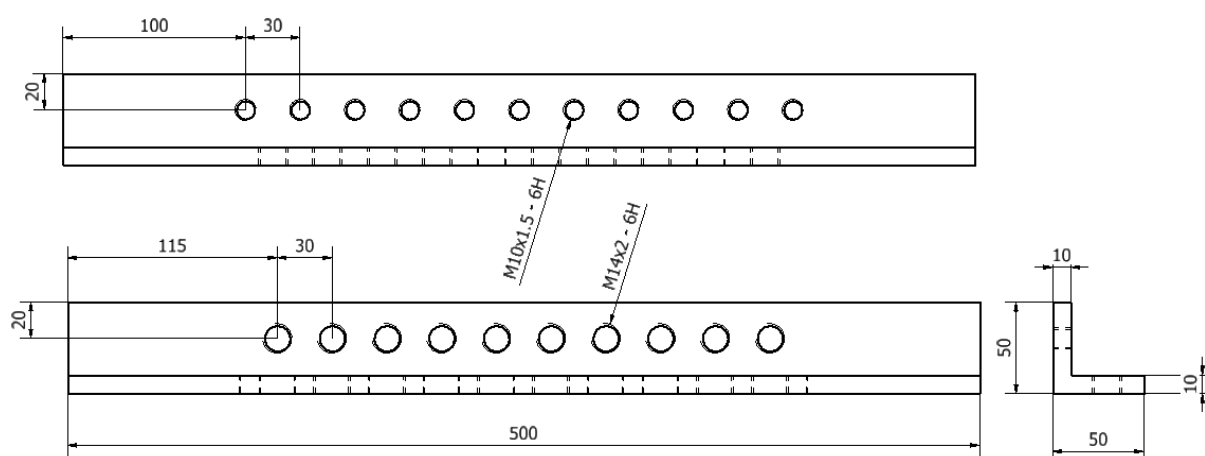
Профил за спајање и настављање I носача, израђен је према мерама самог I профила. Примењују се стандардни завртњеве M14 за спајање ребра I носача и L профила. За везивање L профила и ребра за ојачање примењују се завртњеве M10.

Ребро за ојачање направљено је према унутрашњем изгледу стадардног профила омогућавајући тачно налегање при спајању, слика 27.



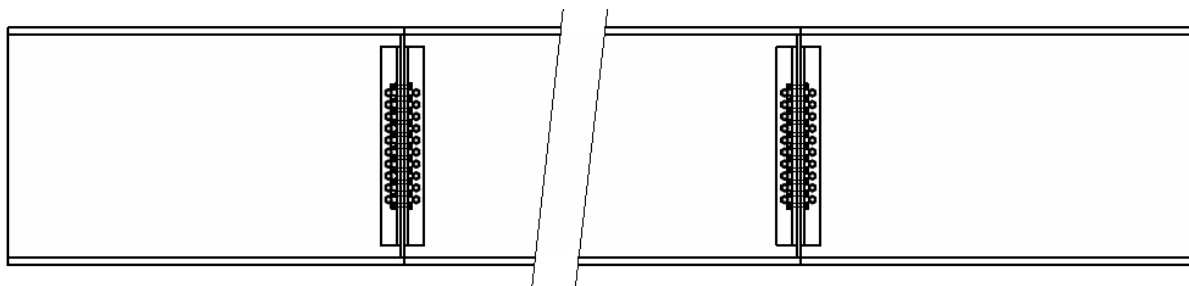
Слика 25: Ребро за ојачање профила IPE 600, [19].

Профил за повезивање ребра и носача I је L профил који је приказан на слици 28. са основним димензијама.



Слика 26: L профил за спајање, [19].

На слици 29 приказано је настављање I профила носача кранске стазе са ребром за ојачање и L профилем за међусобно везивање помоћу већ дефинисаних завртњева.



Слика 27: Изглед I профила, [19].

Одлика добре конструкције је лако склапање и расклапање. Послови склапања и расклапања утичу на цену производње и одржавања конструкције. Монтажа, као завршни део процеса треба да буде што више механизована и аутоматизована, нарочито код сложених конструкција, [10].

6. Закључак

Дизалица је машина унутрашњег или спољашњег транспорта која врши премештање по правилу слободно висуће терета у још неком правцу. Кретања терета су транслаторна, ротациона, или њихова комбинација, а изводи их по један или више посебних погонских механизма. Примена европских стандарда за прорачун, конструкцију, употребљивост конструкције као и њена трајност дати су у овом раду.

Мосна дизалица се креће по шинама на стази изнад тла, па се за транспорт терета користи простор изнад по правилу заузете производне површине, коју при томе дизалица не заузима. Структура мосне дизалице може добро да прихвата хоризонтална и вертикална оптерећења. Када је смештена унутар хале, поставља се непосредно уз кровну конструкцију, како би се постигла што већа висина дизања, а стазу носе већ постојећи стубови саме хале. Када је на отвореном простору, стаза се поставља на посебне стубове који је носе. Мосна дизалица најчешће може да има један или два главна носача. Главни носачи су везани за чеоне носаче монтажним везама. Мосне дизалице су најмногобројније и најразноврсније индустријске дизалице. Могу да се израде са куком, електромагнетом, грабилицом итд.

Носачи кранских стаза су елементи који се постављају непосредно испод главних носача дизалица и служе као носећа конструкција по којој се крећу главни носачи. Њихово ослањање врши се директно преко стубова или преко конзола код рамних носача хала. Код хала са великим размаком стубова ослањање се може вршити и преко испуста из кровне решетке.

Најчешће конструктивно решење за кранске стазе је у виду пуног I носача. За кранску стазу се обично усваја неки од ваљаних I профила самостално или са ојачаном горњом ножицом, или пак несиметричан I профил обликован заваривањем од лимова.

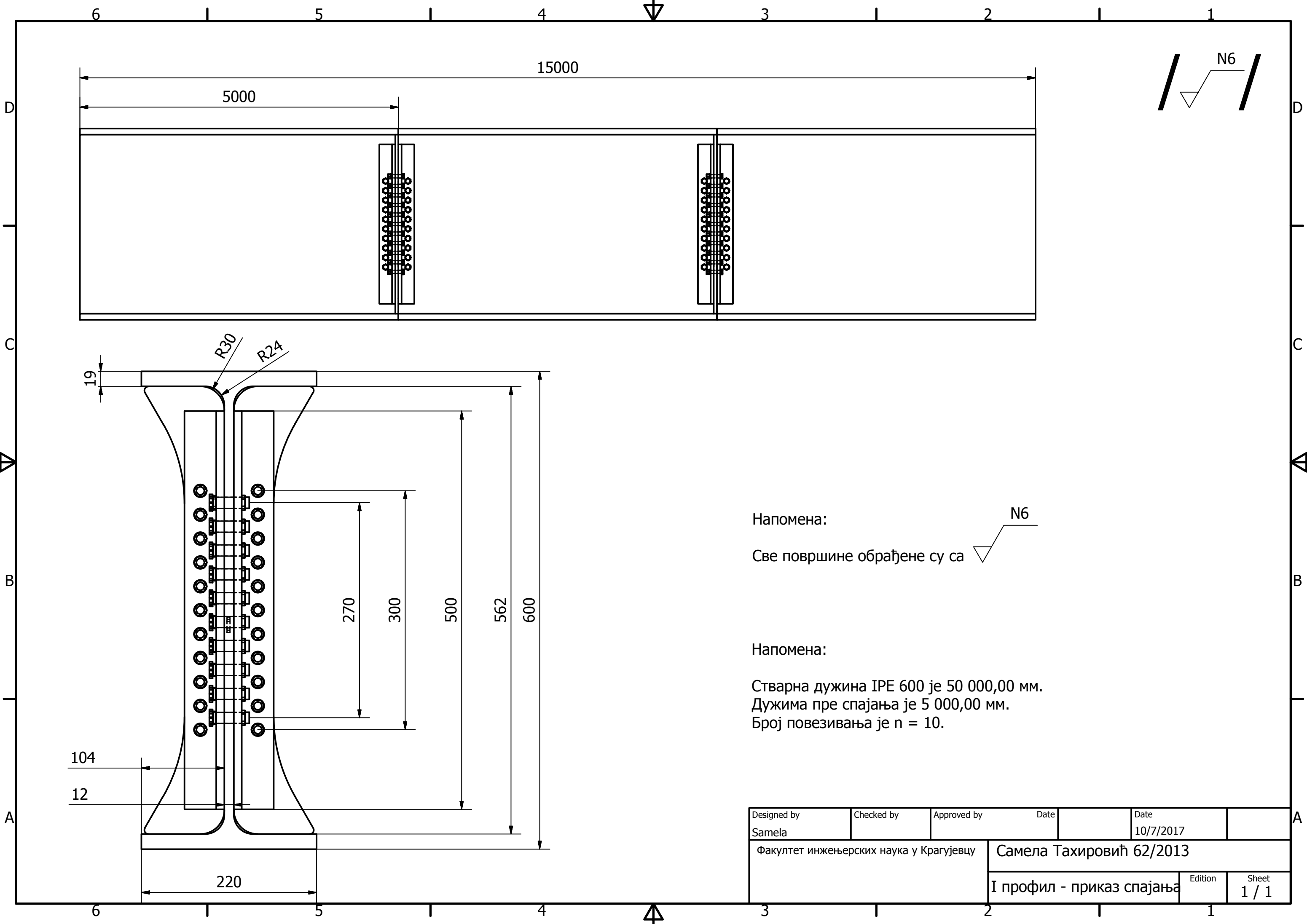
У случају кранских стаза већег распона и тежих дизалица, усвајају се заварени лимени носачи решеткастог профила, који има функцију спрега против бочних удара, а истовремено служи и као стаза за опслуживање дизалица.

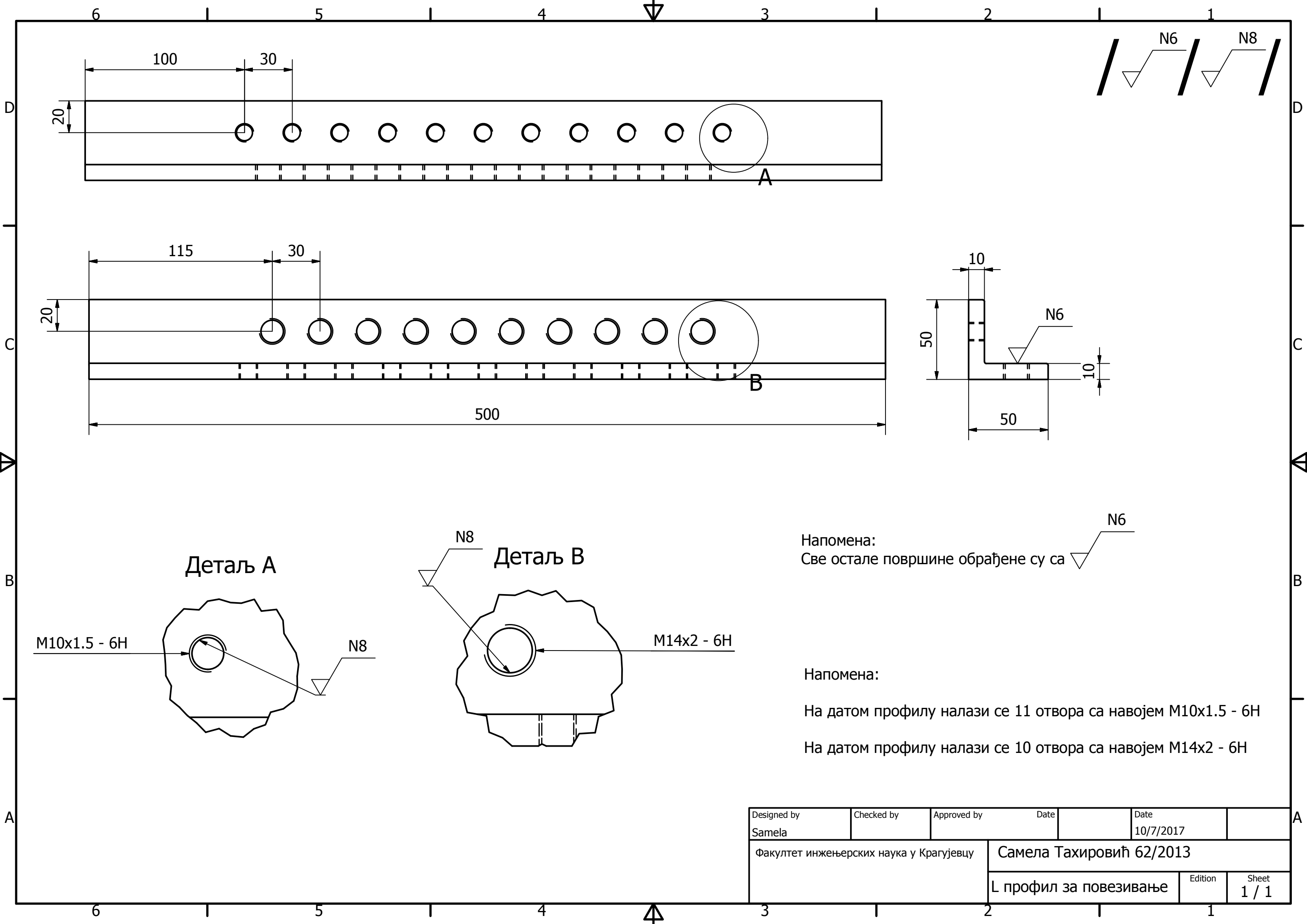
Као резултат жеље да се добију носачи уз минималан утрошак материјала, настали су решеткасти носачи. Са становишта утрошка материјала, решеткасти носачи су повољнији од саћастих и пуних носача. Састоје се од међусобно повезаних појасних штапова и штапова испуне (дијагонале и вертикале) који формирају троугаону структуру.

Према постављеном пројектом задатку било је потребно димензионисати носач кранске стазе. Попречни пресеци профила кранске стазе и главних носача су претпостављени и изабрани из понуде стандардних IPE профила, према европским стандардима и прописима за овај тип конструкције. Аналитичким методама прорачуната су дејства на конструкције. Применом европских стандарда извршена је провера истих. Применом одговарајућих софтвера убрзан је процес прорачуна конструкције за различите случајеве оптерећења. Добијени резултати су показали да су изабрани профили далеко изнад потребне носивости и у границама захтеване употребљивости. За генерисање техничке документације је коришћен адекватан CAD алат.

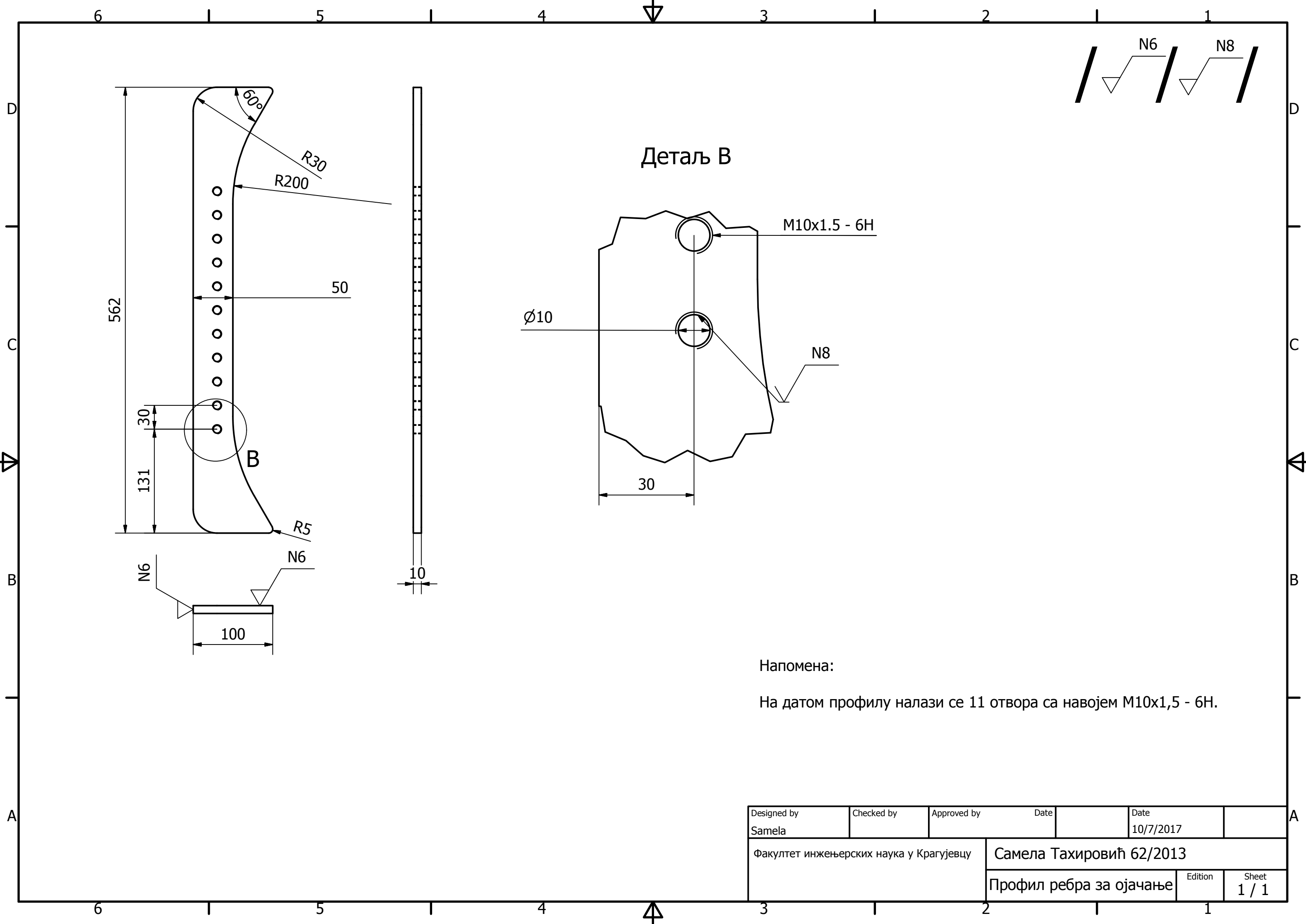
7. Литература

- [1] EN 1990:2002 Еврокод 0 – Основе прорачуна конструкција
- [2] EN 1993-1-1:2005 Еврокод 3 – Прорачун челичних конструкција – Део 1-1: Општа правила и правила за зграде
- [3] EN 1993-1-8:2005 Прорачун челичних конструкција – Део 1-8: Прорачун веза
- [4] ENV 1993-1-3:1996 Еврокод 3 – Прорачун челичних конструкција – Део 1-3: Општа правила, Додатна правила за хладно обликоване танкозидне елементе и лимове
- [5]] Б. Андрић, Д. Дујмовић, И. Џеба, Металне конструкције, Грађевинска књига, Загреб 2000.
- [6] Електрични кранови, слика <http://overheadcranemanufacturers.com/electric-overhead-crane/>, приступљено 10.10.2017.
- [7] Електрични кранови за хале, слика <http://ellsenbridgecrane.com/>, приступљено 10.10.2017.
- [8] EN 1993-6 Еврокод 3 – Design of steel structures – Part 6: Crane supporting structures (Прорачун челичних конструкција – Део 6: Носачи кранских стаза)
- [9] Еврокод 8 – Део 1-3: Посебна правила за различите материјале и елементе.
- [10] SRPS EN 15011 Српски стандард – Дизалице – Мосне и порталне дизалице.
- [11] Др. Р. Мијајловић, др З. Маринковић, др М. Јовановић, Дизалице, Ниш, 1994.
- [12] Основи транспортних машина, <https://www.scribd.com/document/219994176/Osnovi-Transportnih-Masina-Prekidni-Transport-Predavanja>, приступљено 12.10.2017.
- [13] Регална складишта http://stamh.com/uploads/media/file_249_1465566124.pdf приступљено 24.10.2017.
- [14] Аутоматизовано управљање у регалним складиштима, <http://stamh.com/rs/products/automatizaci>, приступљено 24.10.2017.
- [15] Каталог произвођача Stahl cranes <http://stahlcranes.com/us/index.php>, приступљено 10.10.2017.
- [16] Д. Буђевац, З. Марковић, Д. Чукић, Д. Тошић: Металне конструкције, Грађевинска књига, Загреб 2000 <https://www.scribd.com/doc/129717612/56717706-METALNE-KONSTRUKCIJE-Osnove-Proracuna-i-Konstruisanja> приступљено 30.09.2017.
- [17] Табела стандардних ваљаних профила прена EN 10163-3:1991, класа С, приступљено 20.10.2015.
- [18] MD SOLIDS 4,0, <http://web.mst.edu/~mdsolids/>, приступљено 01.11.2015
- [19] Autodesk Inventor Professional 2016 <https://www.autodesk.com/> приступљено 10.06.2017.





Designed by Samela	Checked by	Approved by	Date 10/7/2017	
Факултет инжењерских наука у Крагујевцу		Самела Тахировић 62/2013		
L профил за повезивање			Edition	Sheet 1 / 1



Напомена:
На датом профилу налази се 11 отвора са навојем М10х1,5 - 6Н.

Designed by Samela	Checked by	Approved by	Date	Date 10/7/2017	
Факултет инжењерских наука у Крагујевцу		Самела Тахировић 62/2013			
		Профил ребра за ојачање		Edition	Sheet 1 / 1