

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Хидрауличне и пнеуматске машине

Број индекса: 727/2011

Милош В. Митровић
Принцип рада и 3Дконструкцијска
документација пумпи које функционишу на
одводњавању копа „Дрмно“
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Милун Ј. Бабић -ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Сагледавање развоја система одводњавања на површинском копу „Дрмно“ и проширење те мреже

Пројектни задатак

Студентски тим који сачињавају: Александар Милојковић, Милош Митровић и Владимир Милијановић, има задатак да уради студију Система за одводњавање на површинском копу „Дрмно“.

Циљ је да се осветли улога овога система и његов значај за нормалан откоп угља ради снабдевања термоелектране „Костолац“, а затим да се истраже његове основне карактеристике, методологија управљања овим системом и да се укаже на правце даљег ширења и развоја.

Након консултација са члановима тима, и њиховог саветовања са одговорним лицима „Георада“, решено је да се у оквиру замишљене студије ураде четири подстудије које својим обимом и садржајем одговарају захтевима које мора да има један завршни рад на основним студијама енергетике и процесне технике на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу.

Унутар, тимска подела посла налаже студенту Милошу В. Митровићу да уради завршнисегмент студије који носи назив „Принцип рада и 3Д конструкцијска документација пумпи које функционишу на одводњавању копа „Дрмно“, који треба да:

- уведе читаоца у материју,
- опише постојеће стање заштите површинског копа и одлагалишта од подземних и површинских вода,
- да увид у то које пумпе се користе на површинском копу „Дрмно“, и објасни њихово функционисање,
- изради у једном од програмских пакета 3Д конструкцијску документацију пумпе BPV8-3 која може послужити у процесима редовног и инвестиционог одржавања ових веома важних машина за нормално функционисање комплетног система за одводњавање,
- изнесе одговарајуће закључке.

Желим да истакнем да смо у току припреме пројектног задатка за ову студију ја и чланови студентског тима, имали помоћ водећих људи и надлежних стручњака „Георада“, на чему им се најлепше захваљујем.

Кључне речи:

Канали, водосабирник, водонепропусни екран, заштита, бунари, пумпе, батерије бунара, потисни цевовод, одлагалишта.

Consideration of the development of drainage from the open pit "Drmno" and expansion of the network

Terms of Reference

Student team consisted of: Milojković Aleksandar, Miloš Mitrović, Vladimir Milijanović, is given a task to do a study of the drainage system in the open pit "Drmno".

The aim is to clarify the role and importance of this system for the Excavation Site normal coal supply for power plant "Kostolac", and then to explore its main features, the methodology of managing this system and to indicate directions for further expansion and development.

After consulting team members and the experts in "Georad", it is decided to do a study consisted of four sub-studies which with their scope and content meet the requirements that one final work on the fundamental studies of energy and process engineering at the Faculty of Engineering Sciences in Kragujevac must have.

Division of labor inside the team requires from the student Miloš V. Mitrović to do an introductory segment for the study entitled "Functioning and 3D construction documentation pumps operating at the mined drainage "Drmno"", which should:

- Introduce the reader into the matter,
- Describe the current state of protection of the open pit and waste of groundwater and surface water,
- To see which stations are used in the open pit "Drmno" and explain their operation,
- The development of a software package of 3D structural documentation pump BPV8-3 that can be used in the process of regular and investment maintenance of these machines are very important for the normal functioning of the entire drainage system,
- Present appropriate conclusions.

I want to emphasize that while preparing terms of reference for this study, me and members of the student team had the help from leading experts and competent people of "Georad", for which I sincerely thank them.

Keywords: Channels, water collector, waterproof screen, protection, wells, battery wells, pressure pipelines, landfill.

Крагујевац, мај 2012. године

Проф. др Милун Бабић, ментор

Садржај

1. Увод.....	5
2. Опис постојећег стања заштите површинског копа и одлагалишта од подземних и површинских вода.....	6
2.1. Заштита површинског копа од површинских вода.....	6
2.2. Заштита одлагалишта од површинских вода.....	7
2.3. Заштита површинског копа од подземних вода.....	8
2.4. Заштита одлагалишта од подземних вода.....	13
3. Пумпе које се користе за одводњавање површинског копа „Дрмно“.....	15
3.1. Хидродинамички принцип дејства.....	15
3.2. Подела пумпи.....	18
4. Радијалне турбопумпе и њихово функционисање.....	20
4.1. Једностепене радијалне турбопумпе.....	21
4.2. Вишестепене радијалне турбопумпе.....	21
5. Водосабирник.....	24
5.1. Технички опис.....	24
5.2. Понтони	24
5.3. Потисни цевовод.....	25
5.4. Шема деловања и аутоматика рада станице.....	25
5.5. Пумпни агрегати.....	26
6. Пумпни агрегат BPV8-3 и његова 3Д конструкцијска документација.....	28
6.1. Увод у програмске пакете.....	28
6.1.1. САТИА V5.....	28
6.2. 3Д конструкцијска документација главних делова пумпног агрегата.....	29
6.2.1. Носећи сталак.....	29
6.2.2. Кућисте пумпе.....	30
6.2.2.1. Усисно кућиште.....	31
6.2.2.2. Потисни поклопац.....	32
6.2.2.3. Кућиште међустепена.....	32
6.2.3. Радно коло (ротор).....	33
6.2.4. Вратило.....	33
6.2.5. Заптивка.....	34
6.2.6. Спојница са гуменим умецима.....	35
6.3. 3Д конструкција склопа пумпног агрегата BPV8-3.....	36
7. Закључак.....	38
8. Литература.....	39

1. Увод

У историју је као почетак експлоатације угља на Копу Дрмно ушао 30.04.1987. године. Тиме је остварена и велика победа над природом јер се угаљ на овом терену налази на 50 до 80 метара испод нивоа Дунава што је условљавало велике радове претходног одводњавања површинских и подземних вода. Због своје специфичности ово је јединствен технолошки систем у Европи.

Одводњавање површинског копа Дрмно представља обиман и сложен процес који током периода одбране од вода захтева максимално искоршћење и ангажованост свих предвиђених објеката одводњавања.

Успешна површинска експлоатација подразумева и квалитетно одводњавање. Систем одводњавања једног површинског копа треба да буде добро одабран, да је састављен од објеката који по својим капацитетима могу да обезбеде сакупљање и одвођење површинских вода и успешну заштиту од подземних вода.

Заштита експлоатационог поља и јаловине од прилива подземних и површинских вода изводи се са два независна система одводњавања: системом заштите од подземних вода и системом заштите од површинских вода.

2.Опис постојећег стања заштите површинског копа и одлагалишта од вода

Заштита површинског копа Дрмно од прилива подземних и површинских вода спроводи се са два независна система одводњавања: системом заштите од подземних вода и системом заштите од површинских вода.

2.1. Заштита површинског копа од површинских вода

За заштиту копа Дрмно од површинских и истеклих подземних вода из косина етажа, примењују се стандардни објекти заштите: етажни канали, водосабирници, пумпне станице и потисни цевоводи.

Унутар површинског копа, на најнижој коти тренутног откопа (око + 22 m) лоциран је главни водосабирник VS-1 који представља реципијент за све површинске воде и подземне воде истекле из косина етажа и воде прикупљене интервентним водосабирницима, и до њега спроведене мрежом канала (Слика 2.1.). Водосабирници су димензионисани за приливе површинских вода педесетогодишњег повратног периода.



Слика 2.1. Изглед водосабирника VS-1

На водосабирнику VS-1 постављене су на понтону две центрифугалне пумпе снаге мотора од по 315 KW, којима се преко потисног цевовода пречника 300 mm, дужине око 1200 m испумпава вода у одводни цевовод бараже LC-VIII* и даље магистралним цевоводом GOL-1 гравитационо одводи у канал расхладне воде ТЕ Дрмно.

На етажним равнима ископани су канали и њима се вода усмерава до главног водосабирника VS-1 или до интервентних водосабирника, одакле се муљним пумпама препумпава у главни водосабирник. У западном делу копа због велике заводњености кровинских пескова, на етажној равни раде се интервентни водосабирници и на њима су инсталиране муљне пумпе од 10 KW.

Истицање подземних вода јавља се из косина етажа у западном, југоисточном и североисточном делу површинског копа, из песковитих и шљунковито-песковитих слојева.

Количине вода које се препумпавају у VS-1 и оне које се испумпају из њега ван контуре копа прате се преко часова рада пумпи познатог капацитета. Због нерешеног одвода воде из бараже ŠLA, лоциране на источној страни копа, испумпана вода из бунара се пушта у водосабирник VS-2 (у подножју источне завршне косине), одакле се препумпава и каналима одводи у главни водосабирник VS-1. На основу расположивих података у Табели 1 приказани су водосабирници и ангажована опрема.

Табела 1.

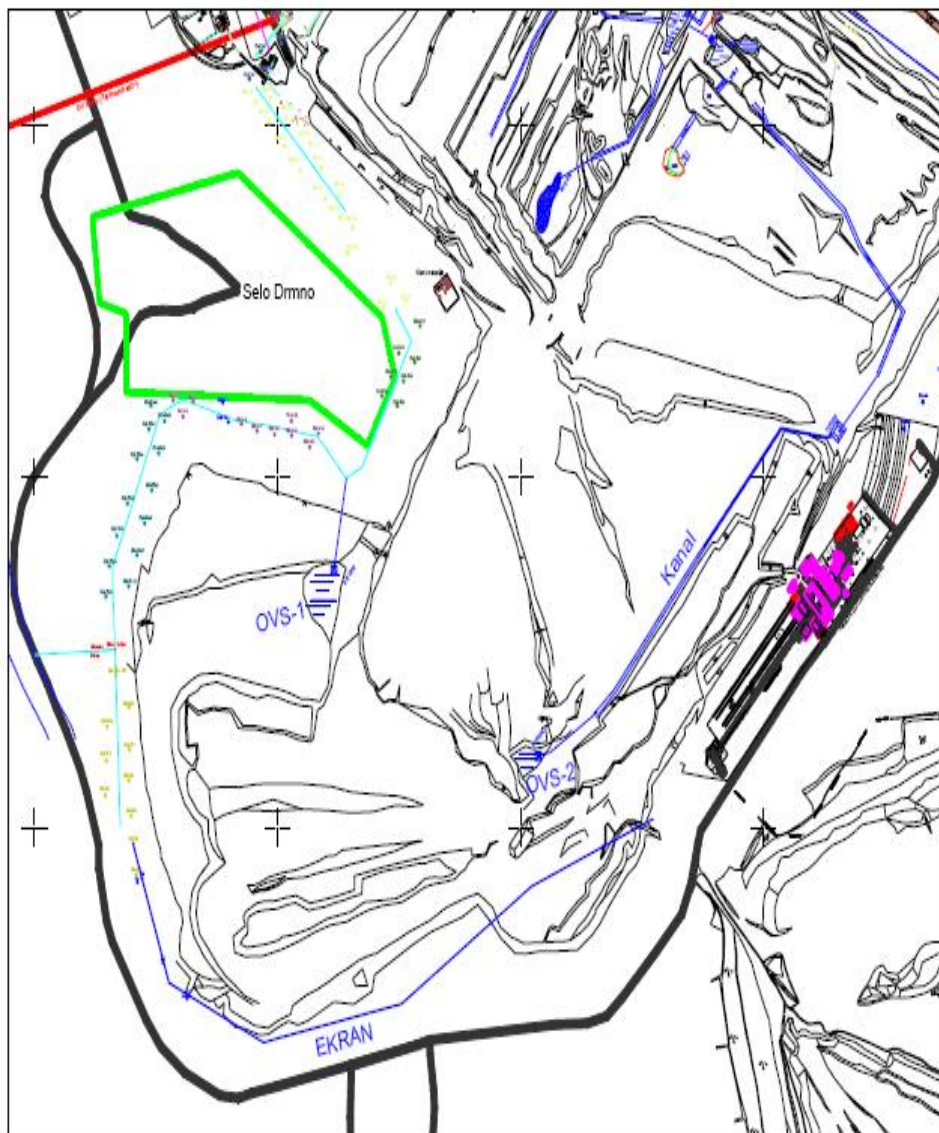
Водосабирник	VS-1		VS-2	VS-3	Интервентни водосабирници				
Ознака пумпе	BPVB 3/1	BPVB 3/2	VCG 3010	VCG 3010	VCG 3010	VCG 3010	VCG 3010	VCG 3010	MUP 80-100
Снага мотор пумпе	315	315	10	10	10	10	10	7.5	3

2.2. Заштита одлагалишта од површинских вода

Заштита унутрашњег одлагалишта површинског копа Дрмно од површинских вода спроводи се етажним каналима, водосабирницима и пумпним постројењима (Слика 2.2.).

Такође, у циљу заштите унутрашњег одлагалишта од површинских вода, етажне површи се израђују са падом како би се што мање воде задржавало на њима.

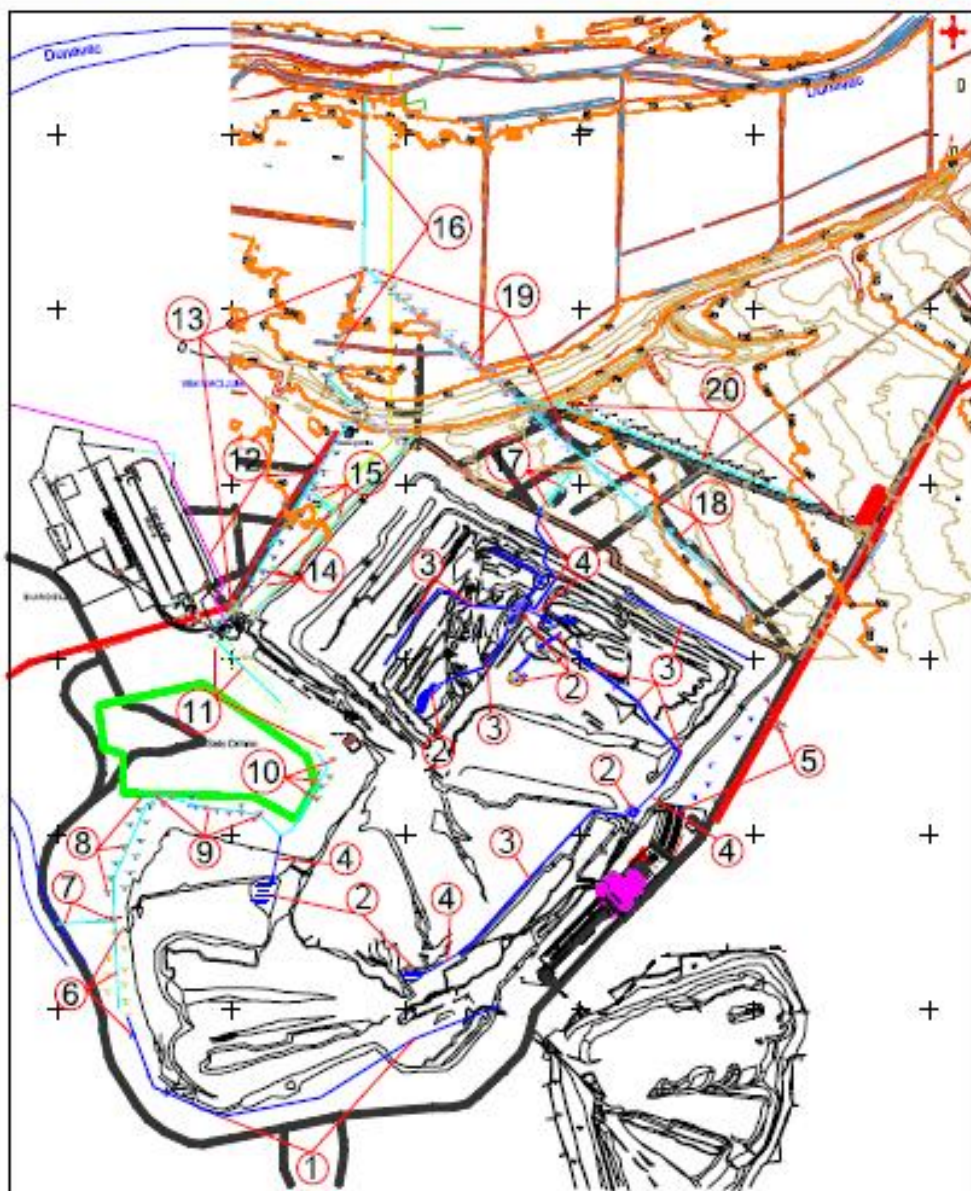
Вода од атмосферских падавина се прикупља у водосабирницима-акумулацијама OVS-1 на југозападу унутрашњег одлагалишта и у OVS-2 на југу одлагалишта. Вода из OVS-1 се муљном пумпом снаге 10 KW преко потисног цевовода препумпава до шахте на одводном цевоводу OLC-4, док се вода из OVS-2 препумпава муљном пумпом снаге 10 KW до канала, одакле вода стиже у водосабирник VS-2 на истоку површинског копа, а одатле каналом у главни водосабирник VS-1 на дну површинског копа.



Слика 2.2. Локација објеката за заштиту унутрашњег одлагалишта од вода

2.3. Заштита површинског копа од подземних вода

Систем заштите од подземних вода на површинском копу Дрмно је комбинованог типа, односно састоји се из дренажних бунара, водонепропусног екрана, етажних канала, водосабирника и пумпних станица. Основу чине бараже бунара које су постављене по контурама експлоатационог поља. На југу је урађен водонепропусни екран у дужини од око 2625 m. Бунари дренажују све водоносне хоризонте у повлати III угљеног слоја са задатком обарања нивоа подземних вода, тако да висина процуривања воде буде максимално 1 m од повлате угља у профилу откопавања. Бунари су постављени по групама линија А, В и С (Слика 2.3.).



Слика 2.3. Постојеће стање система заштите од подземних вода

- | | |
|---|--|
| 1 - водонепропусни екран | 2 - водосабирници са пумпним станицама |
| 3 - етажни канали | 4 - потисни цевоводи |
| 5 - баража бунара ŠLA | 6 - баража бунара LB-II са одводном линијом OLB-II |
| 7 - преливна пумпна станица на Млави | 8 - баража бунара LB-III са одводном линијом OLB-III |
| 9 - баража бунара LC-IV са одводном линијом OLC-IV | 10 - баража бунара LB-IV са одводном линијом OLB-IV |
| 11 - баража бунара LC-V са одводном линијом OLC-V | 12 - главна одводна линија GOL-1 |
| 13 - баража бунара LB-V са одводном линијом OLB-V | 14 - баража бунара LC-VI са одводном линијом OLC-VI |
| 15 - баража бунара LC-VII са одводном линијом OLC-VII | 16 - главна одводна линија GOL-2 |
| 17 - баража бунара LB-V" | 18 - баража бунара LC-IX са одводном линијом OLC-IX |
| 19 - баража бунара LC-IX' са одводном линијом OLC-IX' | 20 - баража бунара LC-X са одводном линијом OLC-X |

Баража А се налази на југоистоку (ŠLA), бараже В су лоциране на западу и северозападу (LB-II, LB-III, LB-IV, LB-V и LB-V"), док су бараже С лоциране на североистоку (LC-IV, LC-V, LC-VI, LC-VII, LC-VIII', LC-IX, LC-IX' и LC-X). Бараже бунара А и В су по ободу површинског копа и сталне су, док су бараже С управне на правац напредовања фронта радова и привременог су карактера.

Бараже бунара се састоје из једне или две линије. Растојање између баража С линија износи око 500 m, док растојања између две линије у баражи бунара износи око 50 m. Бунари у линији су удаљени један од другог од 70 до 150 m. Дубине бунара се крећу од 32 до 145 m, у зависности од локације. Дубине расту идући према северозападу. Сви бунари су рађени као савршени, до дубине од 10 m у III угљеном слоју. Испумпавање воде из бунара се врши дубинским потапајућим пумпама преко потисних цевовода до магистралног цевовода, одакле гравитационо отиче до реке Млаве на западу и према северозападу до канала расхладне воде ТЕ Дрмно.

Испумпана вода се из бунара и водосабирника (лоцираних у радном подручју површинског копа) транспортује алуминијумским и челичним цевима до уливних шахти уграђених на одводним цевима пречника од 500 до 2000 mm (у зависности од броја бунара и издашности бунара у баражи) постављених између две линије бунара, на растојању од 25 m од линије бунара. Свака шахта прихвата воду из 3-6 бунара на баражи, а у шахте се убацује и вода испумпана из водосабирника у копу (Слика 2.4.). На местима прелаза са мањег на већи пречник цеви, хоризонталних скретања траса цевовода, спајања два цевовода као и каскадних прелаза траса цевовода (насип-усек) постављене су шахте пречника 1500 и 2000 mm. Такође дуж трасе цевовода постављене су ревизионе шахте за исталоживање суспендованог материјала из воде (Слика 2.5.).

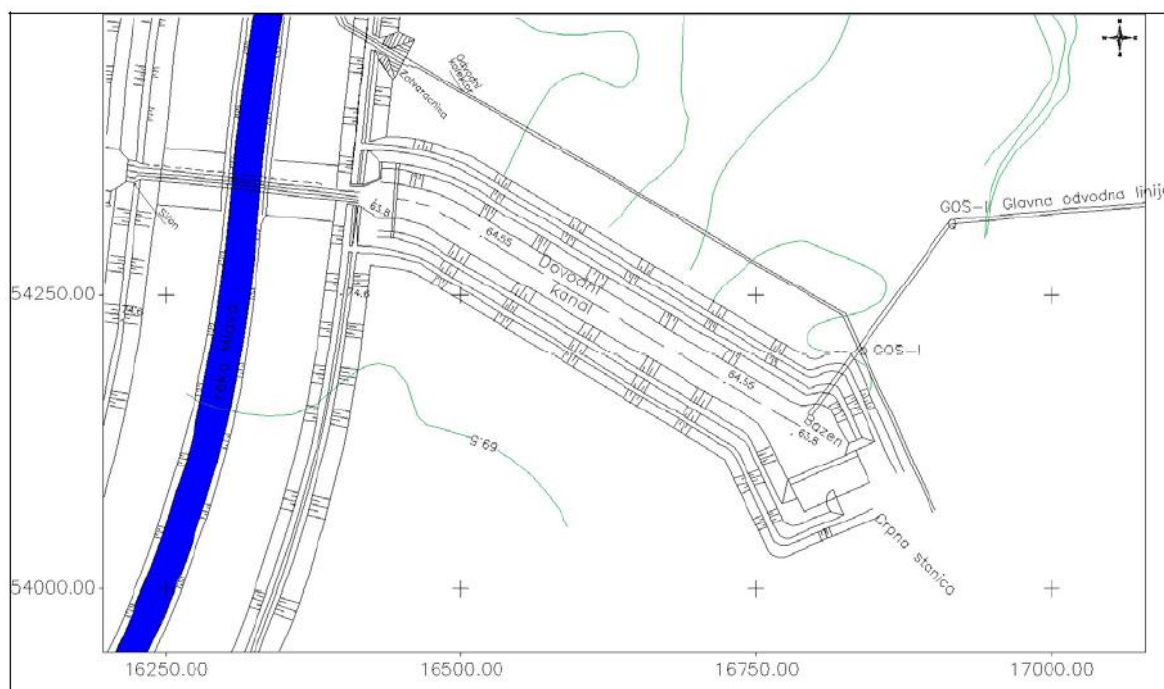


Слика 2.4. Сабирна шахта OLB-III



Слика 2.5. Ревизиона шахта на одводној линији

Испумпане воде из система заштите површинског копа Дрмно од подземних и површинских вода одводе се ван подручја површинског копа, стационарним магистралним одводним линијама до реке Млаве и до рукавца Дунава-Дунавца. У реку Млаву се испумпане воде испуштају на два места: западно од експлоатационог поља преко главне одводне линије GOL-1 и југозападно од експлоатационог поља, цевоводом поред преливне пумпне станице. На првом уливном пункту вода се не испушта директно у Млаву већ се из главне одводне линије GOL-1 уводи у канал-базен расхладне воде термоелектране Дрмно. Главном одводном линијом GOL-1 се одводи вода гравитационо прикупљена из баража бунара, следећим одводним линијама: OLC-VIII', OLC-VII, OLC-VI OLC-V, OLB-V" и OLB-V, као и површинске воде испумпане из подручја радне фигуре копа. Систем главне одводне линије GOL-1 чине два цевовода пречника 1000 и 1200 mm са падом од 0,5%, којим се доводи испумпана вода преко шахте GOŠ-1 до базена. Максимална количина воде која се може пропустити кроз GOL-1 је 2 m³/s. На Слици 2.5. је приказано место одвода испумпаних вода из површинског копа Дрмно у ретенциони базен расхладне воде ТЕ Дрмно.



Слика 2.6. Базен расхладне воде ТЕ Дрмно

На другом уливном пункту у реку Млаву, испуштале су се испумпане воде из баража изграђених дуж југозападне стране површинског копа Дрмно (бараже LB-II, LB-III, LC-IV, LB-IV). Вода се одводила према Млави са два паралелна цевовода пречника 1200 mm све до преливне пумпне станице. Од преливне пумпне станице цеви се спајају на један заједнички цевовод пречника 1400 mm који је монтиран све до форланда речног корита (Слике 2.7. и 2.8.). Цевоводи пречника 1200 mm су од полиестерских цеви (нису за употребу јер су добрим делом пропале), док је цевовод пречника 1400 mm од челичних шавних цеви. Вода се магистралним цевоводом спроводи до реке Млаве гравитационо све док је водостај Млаве на коти од 70,7 m. Када ниво Млаве порасте изнад ове коте, вода из магистралног цевовода се затварањем вентила усмерава ка водосабирнику изграђеном близу преливне пумпне станице.



Слика 1.7. Изглед разделног резервоара



Слика 1.8. Преливна пумпна станица

На пумпној станици су инсталиране две пумпе снаге мотора од по 90 KW и капацитета од по 750 l/s. Активирањем пумпи на преливној пумпној станици, вода се под притиском одводи у реку Млаву. Од места испуста воде (завршетка челичног цевовода пречника 1400 mm) па до улива у корито реке, изграђена је изливна грађевина коју чини бетонирани канал трапезног попречног пресека. Кроз ову изливну грађевину у реку Млаву се евакуише испумпана вода у количини од 180 l/s. Одводна линија ŠLA урађена на источној страни површинског копа Дрмно већ дужи низ година није у функцији.

Док се цевовод не доведе у пројектовано стање тренутно се испумпане воде из бунара одводе у водосабирник VS-1 на дну копа. У Дунавац се одводном линијом GOL-2 цевима пречника 1500 mm испумпана вода из баража LC-IX и LB-V доводи до десне обале Дунавца и преко изливне бетонске грађевине улива у Дунавац. Дужина цеви је око 1,08 km. Линија GOL-2 је пројектована за протицаје од 1100 l/s. Напредовањем површинског копа према северу и изградњом нових баража бунара, одводни цевовод (GOL-2) служиће као сабирни цевовод за све испумпане воде. На Слици 2.9. је приказано уливно место GOL-2 у Дунавац.

Магистралне одводне линије израђене су од полиетиленских, полиестерских и челичних цеви различитих пречника и са одређеним бројем уливних шахти. Укупна дужина магистралних цевовода износи 18550 m.



Слика 2.9. Место улива одводне линије GOL-2 у Дунавац

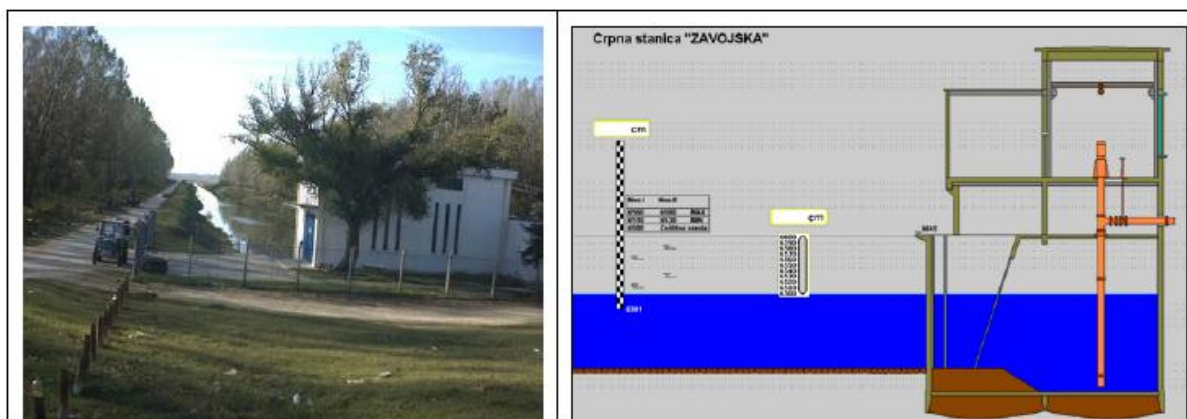
2.4. Заштита одлагалишта од подземних вода

Предвиђено је да бунари баража LB-II и LB-III на југозападу, екран на југу и југоистоку и бунари бараже ŠLA на истоку спрече прилив подземних вода у контуру унутрашњег одлагалишта. Бунари у баражама LB-II и LB-III и већи број бунара на баражи ŠLA, чији је задатак да спрече прилив воде из алувијалних наслага реке Млаве у одложене масе на унутрашњем одлагалишту, нису активирани и услед прилива подземних вода висина заводњености одложених маса у простору унутрашњег одлагалишта се повећава.

Екран је ширине 0,6 m и дубине од 12 до 30 m, са уклињењем од 1 до 1,5 m у водонепропусни слој. Урађен је на удаљењу од 40 до 200 m од завршних косина површинског копа. Ефекти израђеног екрана на спречавању прилива подземних вода у радно подручје копа, потврђени су у претходном периоду осматрањима на пијезометрима лоцираним са обе стране екрана, када је регистрована разлика у нивоима подземних вода од 3,91 до 11,29 m. Ефекти екрана у спречавању прилива подземних вода испољавају се једино у спрези са радом бунара на баражама ŠLA и LB-II, израђеним у продужетку екрана.

Приказ дренажног система у приобаљу Дунава

У приобаљу Дунава, на Доњем костолачком острву, за заштиту терена од високих нивоа подземних вода након изградње ХЕ Ђердап, урађен је систем дренажних канала са црпним станицама Речица и Завојска. Ниво воде у доводном каналу црпне станице Завојска је на котама 65,1 до 65,6 m (Слика 2.10.) а на црпној станици Речица 66,4 m.



Слика 2.10. Црпна станица Завојска са доводним каналом и опсег снижења нивоа воде у доводном каналу

Црпна станица Завојска ради са нижим радним нивоима у доводном каналу у односу на Речицу и нивои се одржавају аутоматски у границама кота. Капацитет црпне станице Завојска ($2 \times 2,35 \text{ m}^3/\text{s}$) је довољан за евакуацију воде из система дренажних канала а црпне станице Речица 1 и 2 се укључују само по потреби. На дренажним каналима у приобаљу Дунава осматрање водостаја се не врши, а у доводним каналима црпних станица Речица и Завојска већ дужи низ година континуирано се региструје ниво воде помоћу лимниграфа. Помоћу електромагнетних протокомера на пумпним станицама мери се протицај испумпаних вода (тренутни и кумулативни).

Цео дренажни систем у приобаљу Дунава је под ингеренцијом ХЕ Ђердап. Сви подаци о раду система се сливају у јединствену базу података где се од стране стручних служби врши анализа и интерпретација података. На речном току Млаве ниво воде се мери на водомерној летви на мосту на Старом Костолцу. Мерења врши служба ХЕ Ђердап и ниво реке Млаве се региструје на сваких 15 дана. Раније је постојала и водомерна летва на мосту код Рукумије и осматрања нивоа је вршио ХМЗС. Такође на месту улива испумпаних вода у реку Млаву, била је уграђена водомерна летва на којој се од стране службе мониторинга привредног друштва Георад свакодневно мерио водостај Млаве. Водомерна летва на том месту је поново постављена средином 2006. године и свакодневно се региструје водостај Млаве. Такође на месту испуста испумпаних вода из површинског копа Дрмно из GOL-2 линије у Дунавац је постављена водомерна летва и на њој се свакодневно врши осматрање нивоа воде у Дунавцу.

3. Пумпе које се користе за одводњавање површинског копа „Дрмно“.

За одводњавање површинског копа Дрмно највише се користе центрифугалне (радијалне) турбопумпе, и то једностепене и вишестепене. У наредном тексту биће дата кратка дефиниција пумпи, основни принцип дејства и њихова подела.

Пумпама се називају оне хидрауличне машине у којима се доведени механички рад претвара у струјну енергију радне течности. Оне спадају међу најраспрострањеније хидрауличне машине, а примењују се у различите сврхе, почев од водоснабдевања градова, до снабдевања ракетних мотора горивом.

Пумпе су машине које повећањем енергије течности омогућују њено премештање са места нижег на место вишег притиска.

3.1. Хидродинамички принцип дејства

При претварању механичког рада у струјну енергију радног флуида, у хидрауличним и топлотним машинама, поред запреминског принципа, масовно се користи и хидродинамички принцип дејства.

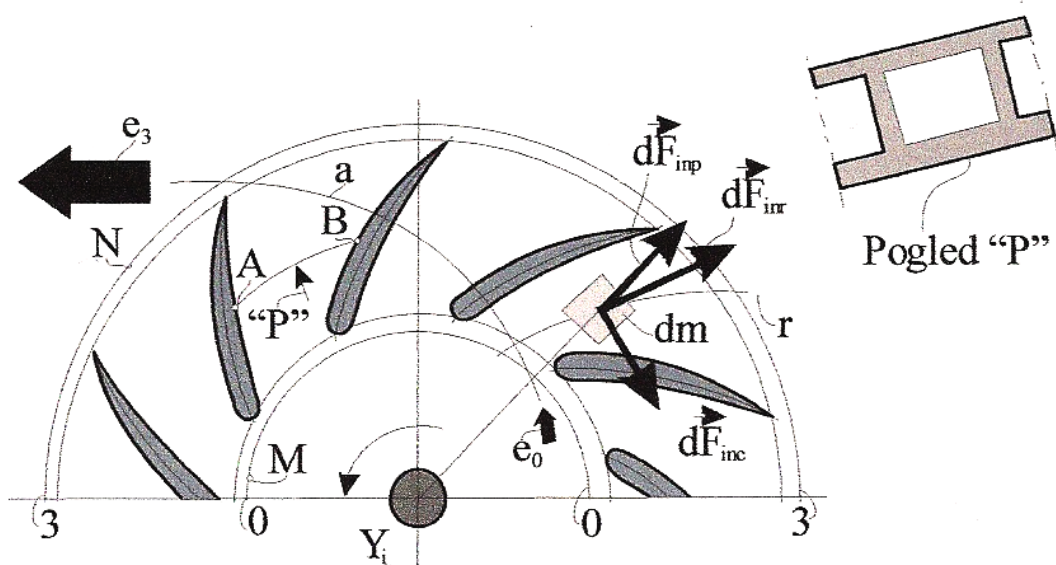
Хидрауличне, или топлотне, машине које функционишу на бази хидродинамичког принципа дејства називају се турбомашинама.

У турбомашинама се размена рада врши у лопатичном радном органу, који се назива радно коло (сл. 3.1. и сл. 3.2.).

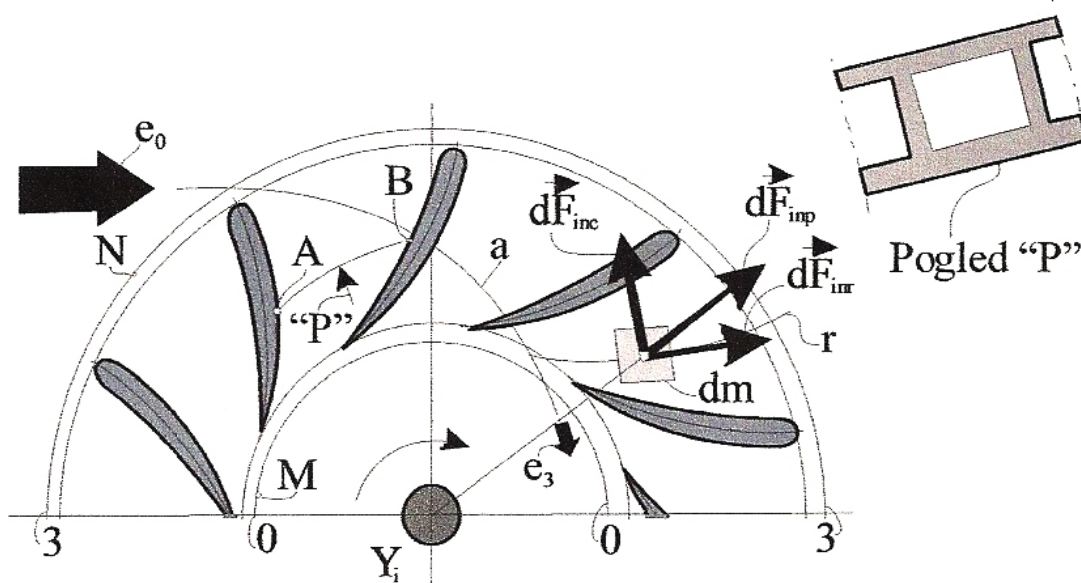
Хидродинамички принцип дејства карактеристичан је по томе што је процес претварања рада у турбомашини, праћен релативно великим брзинама струјања радног флуида кроз међулопатичне канале радног кола у току његовог обртања око сопствене осе симетрије.

Динамичка интеракција радног флуида са лопатицама радног кола, праћена је дејством инерцијских сила (сл. 3.1. и сл. 3.2.) које делују на сваки делић радног флуида који протиче кроз међулопатичне канале радног кола. Због дејства вискозних сила, ова интеракција се преноси узводно и низводно од радног кола. Притом, тај утицај се осећа низводно на већој удаљености, него узводно од радног кола.

У наредном тексту биће описана суштина размене рада у радним колима турбомашина уз помоћ основних кинематичких и динамичких релација, којима се описује сложено кретање делића радног флуида као материјалне тачке.



Сл.3.1. Приказ инерцијских сила које делују на делић радног флуида при његовој динамичкој интеракцији са радним колом турбомашине која претвара механички рад у струјну енергију радног флуида



Сл.3.2. Приказ инерцијских сила које делују на делић радног флуида при његовој динамичкој интеракцији са радним колом турбомашине која претвара струјну енергију радног флуида у механички рад

Када се кретање флуидног делића у радном колу хидрауличне, или топлотне, турбомашине анализира из релативног цилиндричног координатног система који се обрће угаоном брзином $\vec{\omega}$ радног кола, онда се елементарни пређени пут $d\vec{s}$ тог флуидног делића,

мерен у апсолутном цилиндричном координатном систему, може представити као геометријски збир његових елементарних путева, мерених у правцу преносног $d\vec{s}_u$ и релативног $d\vec{s}_w$ кретања (сл. 3.1. и сл. 3.2.), тј.:

$$\vec{ds} = \vec{ds}_w + \vec{ds}_u$$

Треба напоменути да се осе з релативног и апсолутног цилиндричног координатног система поклапају са осом око које се обрће радно коло турбомашине.

Вектор преносне брзине $\vec{u}$ флуидног делића, који се креће кроз радно коло, може се изразити као прираштај пређеног пута $d\vec{s}_u$ флуидног делића у обимском правцу у јединици времена dt , односно као векторски производ радијуса $\vec{r}$, који дефинише тренутни положај флуидног делића у односу на почетак релативног цилиндричног координатног система, и угаоне брзине $\vec{\omega}$ радног кола, тј.:

$$\vec{u} = \vec{ds}_u/dt = [\vec{\omega}, \vec{r}] .$$

Вектор релативне брзине $\vec{w}$ флуидног делића приказаног на сл. 3.1. и сл. 3.2., може се изразити као прираштај пређеног пута $d\vec{s}_w$ флуидног делића дуж релативне струјнице у јединици времена dt , тј.:

$$\vec{w} = \vec{ds}_w/dt .$$

Апсолутна брзина $\vec{c}$ флуидног делића приказаног на сл. 3.1. и сл. 3.2., којом се креће у односу на апсолутни координатни систем, може се (видети израз (Б. 8) у Прилогу Б) одредити као векторски збир релативне $\vec{w}$ и преносне $\vec{u}$ брзине, тј.:

$$\vec{c} = \vec{w} + \vec{u} .$$

Посматрано из апсолутног цилиндричног координатног система, на сваки флуидни делић елементарне масе dm у међулопатичним каналима радног кола турбомашине делује инерцијска сила:

$$d\vec{F}_{in} = \vec{a} \cdot dm ,$$

Где је $\vec{a}$ апсолутно убрзање флуидног делића.

Пошто се кретање флуидног делића у међулопатичном каналу радног кола у односу на апсолутни цилиндрични координатни систем, може, гледано из релативног координатног система, представити као векторски збир његовог преносног и релативног кретања (сл. 3.1. и сл. 3.2.), онда се апсолутно убрзање $\vec{a}$ тог флуидног делића може (видети израз (Б. 9) у Прилогу Б) изразити као векторски збир релативног $\vec{a}_w$, преносног $\vec{a}_u$ и Кориолисовог $\vec{a}_c$ убрзања, тј.:

$$\vec{a} = \vec{a}_w + \vec{a}_c + \vec{a}_u .$$

Сагласно претходном, гледано из релативног координатног система, напосматрани делић радног флуида у међулопатичном каналу радног кола делује инерцијска сила:

$$d\vec{F}_{in} = \vec{a} \cdot dm = \vec{a}_w \cdot dm + \vec{a}_c \cdot dm + \vec{a}_u \cdot dm ,$$

односно:

$$d\vec{F}_{in} = d\vec{F}_{inr} + d\vec{F}_{inc} + d\vec{F}_{inp} ,$$

где је (видети изразе (Б. 25) , (Б. 26) и (Б. 27) у Прилогу Б) :

$$d\vec{F}_{inr} = \vec{a}_w \cdot dm = dm \cdot \frac{d\vec{w}}{dt} ,$$

компонента инерцијске силе настале као резултат кретања флуидног делића у смеру релативне брзине,

$$d\vec{F}_{inc} = \vec{a}_c \cdot dm = dm \cdot 2 \cdot [\vec{\omega}, \vec{w}] ,$$

Кориолисова сила која се јавља као последица промене обимске брзине у току кретања флуидног делића у правцу релативне брзине и промене релативне брзине у току кретања флуидног делића у правцу преносне брзине и

$$d\vec{F}_{inp} = \vec{a}_u \cdot dm = dm \cdot \frac{d\vec{u}}{dt} = dm \cdot [\vec{\omega}, [\vec{\omega}, \vec{r}]] ,$$

компонента инерцијске силе настале као резултат кретања флуидног делића у смеру преносне брзине.

Радови инерцијских сила, $d\vec{F}_{inp}$, $d\vec{F}_{inc}$ и $d\vec{F}_{inr}$ дуж релативне путање $\vec{s}_w$ флуидног делића масе dm , од тренутка када ступи (ознака 0) до тренутка када напусти (ознака 3) међулопатични канал радног кола (видети изразе (Б. 30), (Б. 31) и (Б. 32) у Прилогу Б) износе:

$$\begin{aligned} (d\vec{F}_{inr}, d\vec{s}_w) &= dm \cdot \int_0^3 d\left(\frac{w^2}{2}\right) = dm \cdot \frac{(w_3^2 - w_0^2)}{2}, \\ (d\vec{F}_{inc}, d\vec{s}_w) &= 0, \\ (d\vec{F}_{inp}, d\vec{s}_w) &= -dm \cdot \int_0^3 \frac{d(\omega^2 \cdot r^2)}{2} = dm \cdot \omega^2 \cdot \frac{(r_0^2 - r_3^2)}{2} = dm \cdot \frac{(u_0^2 - u_3^2)}{2}, \end{aligned}$$

а укупан рад инерцијских сила, сведен на масу флуидног делића, има вредност:

$$\frac{(d\vec{F}_{in}, d\vec{s}_w)}{dm} = \frac{(d\vec{F}_{inr}, d\vec{s}_w)}{dm} + \frac{(d\vec{F}_{inc}, d\vec{s}_w)}{dm} + \frac{(d\vec{F}_{inp}, d\vec{s}_w)}{dm} = \frac{(w_3^2 - w_0^2)}{2} + \frac{(u_0^2 - u_3^2)}{2}.$$

Претходни израз указује да се суштина хидродинамичког дејства хидрауличних и топлотних турбомашина састоји у:

- обртању радног кола и производњи инерцијских сила у радном флуиду унутар међулопатичних канала,
- вршењу рада тих инерцијских сила и додавању, или одузимању, струјне енергије радном флуиду, која је еквивалентна оствареном раду.

Из израза који дефинише специфични рад инерцијских сила у радном колу турбомашине, очигледно је, коначно, да се размена струјне енергије у њему остварује променом апсолутних $\vec{c}$ и преносних $\vec{u}$ брзина делића радног флуида од улаза до излаза из међулопатичних канала радног кола.

3.2. Подела пумпи

Пумпе се могу поделити на:

- турбопумпе,
- вртложне пумпе,
- запреминске пумпе.

Турбопумпе

Карактеристичан елемент турбопумпи јесте ротор са лопатицама, који се окреће у кућишту пумпе испуњеном течностју. Механичка енергија, добијена од погонског мотора, преко ротора се предаје течности и троши се делом на повећање притиска течности, а

делом на повећање њене кинетичке енергије. Лопатице ротора тако су изведене да на њиховој улазној страни долази до стварања потпритиска, а на излазној страни повишење притиска течности.

Турбопумпе могу бити:

а) центрифугалне (радијалне), код којих се проток течности изводи деловањем центрифугалних сила, насталих брзим окретањем ротора са лопатицама.

б) пропелерне (аксијалне), код којих се проток течности изводи деловањем лопатица ротора пропелерног типа, а течност се креће паралелно с осовином ротора.

с) полуаксијелне, прелазни облик између центрифугалних и пропелерних пумпи.

4. Радијалне турбопумпе и њихово функционисање

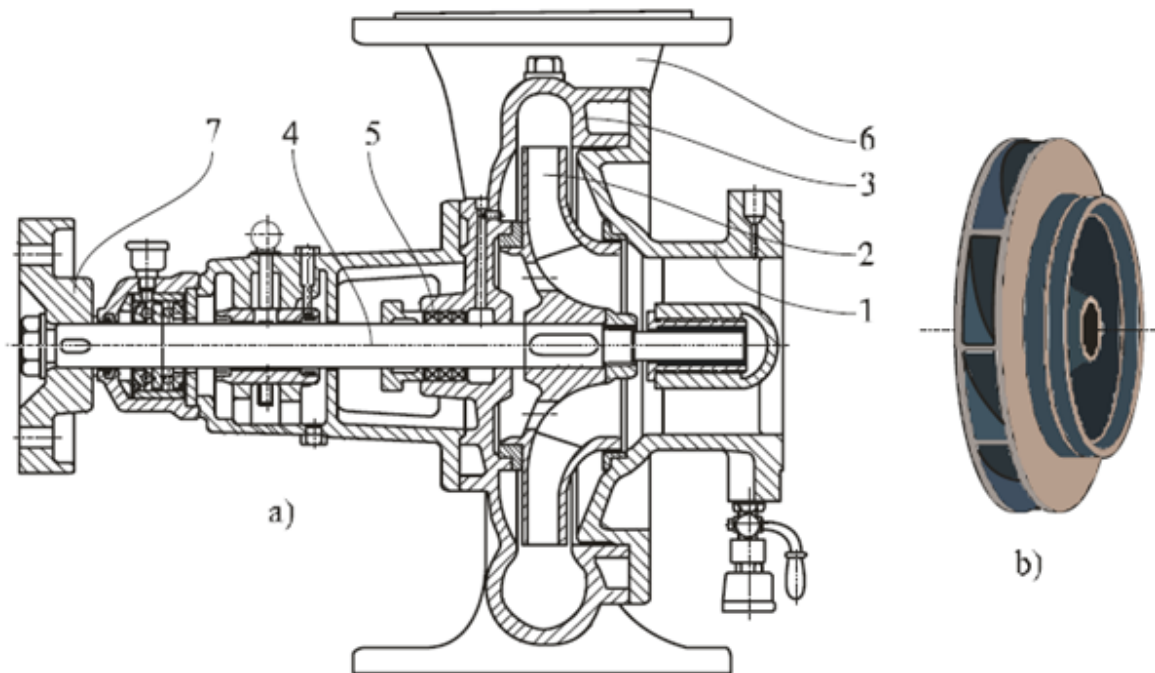
На површинском копу Дрмно се највише користе радијалне турбопумпе и то једностепене и вишестепене радијалне турбопумпе, зато ће у наредном тексту бити речи о овој врсти пумпе и њеном функционисању.

Радијалне турбопумпе намењене су за снабдевање потрошача који захтевају велике радне притиске и мање количине, тј. протоке, радне течности.

Због тога што у процесу размене рада у радијалним турбопумпама доминантну улогу играју центрифугалне силе, радијалне турбопумпе се у литератури често називају центрифугалним турбопумпама.

Радијалне турбопумпе карактерише чињеница да се кроз радна кола делићи течности крећу по завојним путањама за које се може рећи да образују струјне површи раванског карактера, нормално позиционираним у односу на осе њихових радних кола. Пресек ових струјних површи са меридијанском равни турбопумпе даје мердијанске струјнице чији је општи положај у односу на осу обртања радног кола радијалан, тј. приближно нормалан на ту осу.

Принципска конструкција једне радијалне турбопумпе дата је на сл. 4.1.



Сл.4.1. Једностепена радијална турбопумпа конзолног типа
а-меридијанско пресек турбопумпе, б-радно коло, 1-усисно грло, 2-радно коло, 3-спирално кућиште, 4-вратило турбопумпе, 5-заптивач, 6-потисно дифузорско грло, 7-спојница

Турбопумпа приказана на сл. 4. 1. Дејствује на следећи начин:

- стартовањем погонске машине, преко спојнице 7 и вратила 4, обртно кретање се преноси на радно коло 2 турбопумпе

- при обртању радног кола, његове лопатице дејствују на радну течност, којом су пре старта турбопумпе испуњени њен усисни цевовод и спирално кућиште 3, и, у току динамичке интеракције, потискују је према периферији радног кола, убрзавајући је при том и повећавајући јој струјну енергију;

- приликом проласка кроз радно коло мења се општи правац кретања делића радне течности у односу на обимску координату и расте им момент количине кретања;

- након изласка из радног кола 2 делићи радне течности настављају да се крећу даље, по трајекторијама које имају облик логаритамских спирала и које се у меридијанској равни турбопумпе виде као линије које су нормалне на осу радног кола;

- радну течност са обода, тј. излаза, лопатичног радног кола прихвата спирално кућиште 3, чији се попречни проточни пресеци низводно постепено повећавају, и спроводи је, успоравајући је, у потисно дифузорско грло 6, где радна течност довршава своје успоравање пре него што настави да струји кроз потисни цевовод према потрошачу;

- на улазу у лопатични венац радног кола, због потискивања радне течности према његовој периферији, јавља се потпритисак у струји радне течности;

- под утицајем произведеног потпритиска, који се кроз усисно грло 1 и усисни цевовод, преноси у усисни резервоар, радна течност из усисног резервоара притиче лопатичном венцу радног кола, доклегод се оно обрће, и на тај начин се успоставља непрекинути струјни ток између усисног резервоара и потрошача.

У случају када је радијална турбопумпа позиционирана изнад слободне површине течности у усисном резервоару, мора да се пре старта њен усисни цевовод и спирално кућиште напуне радном течношћу.

4.1. Једноступене радијалне турбопумпе

Основна одлика једноступене турбопумпе је у чињеници да се на вратилу такве турбопумпе налази само једно радно коло и да радна течност приликом протицања кроз њене проточне органе само једном пролази кроз радно коло.

Карактеристична конструкцијска извођења једноступених турбопумпи приказана су на сл. 4.1.

4.2. Вишеступене радијалне турбопумпе

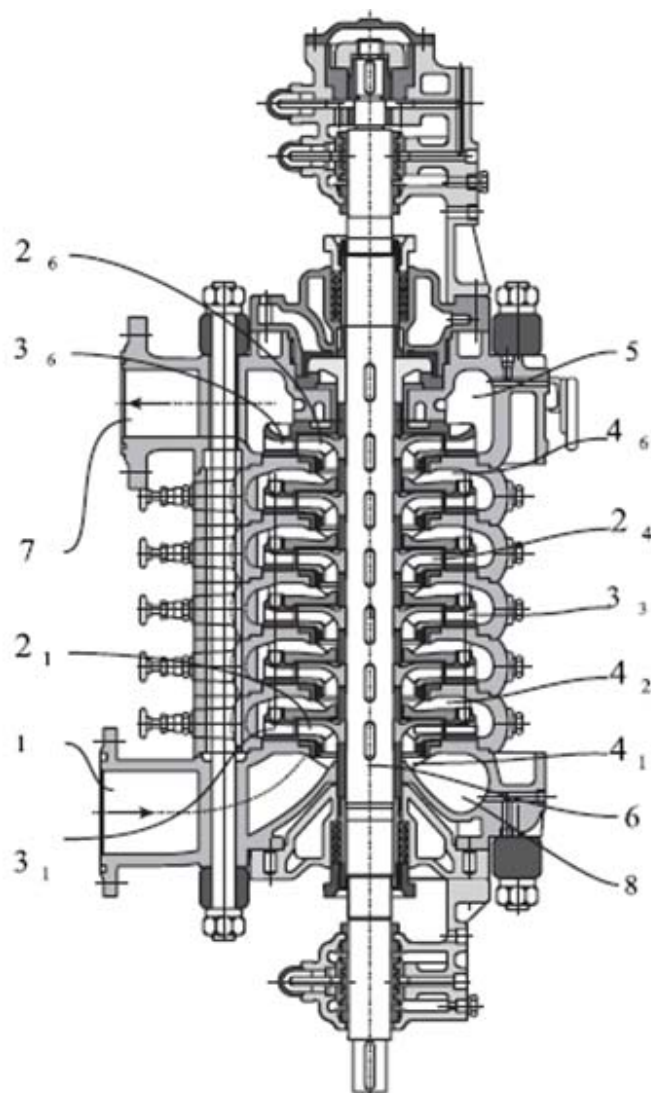
Вишеступена турбопумпа карактеристична је по томе што се на њеном вратилу налази више радних кола, кроз која, редно, у току обртања, протиче радна течност повећавајући струјну енергију при проласку кроз свако радно коло.

Ова врста турбопумпи користи се када се желе постићи велики притисци у радној течности.

Најчешће се као вишеступене, изводе турбопумпе са радијалним радним колима.

Ако су једноступена и вишеступена турбопумпа пројектоване за постизање истих радних параметара, тј. да остварују исти проток и исти излазни притисак, онда ће, у принципу, вишеступена турбопумпа имати мање радијалне габарите и мањи степен корисности од једноступене турбопумпе.

Конструкцијски изглед једне вишестепене центрифугалне турбопумпе приказан је на сл. 4.2.



Сл.4.2. Меридијански пресек шестостепене центрифугалне турбопумпе
1-усисно грло, 2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 2₅, 2₆-радна кола, 3₁, 3₂, 3₃, 3₄, 3₅, 3₆-лопатична закола,
4₁, 4₂, 4₃, 4₄, 4₅, 4₆-лопатична предкола, 5-саборна спирала, 6-вратило турбопумпе, 7-потисно
дифузорско грло, 8-усисна спирала.

Турбопумпа приказана на сл. 4.2. Дејствује на следећи начин:

- стартовањем погонског мотора, преко спојнице и вратила 6, снага обртног кретања се преноси на радна кола 2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 2₅ и 2₆ турбопумпе;
- при обртању радних кола 2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 2₅ и 2₆, њихове лопатике дејствују на радну течност, којом је пре старта испуњен усисни цевовод и проточни органи турбопумпе и, у току динамичке интеракције, потискују је кроз своје међулопатичне канале према периферији радних кола, убрзавајући је при том и повећавајући јој струјну енергију;
- приликом проласка кроз радна кола 2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 2₅ и 2₆ мења се општи правац кретања делића течности у односу на обимску координату и расте им момент количине кретања;

- након изласка из радних кола делићи радне течности настављају да се крећу према заколима $3_1, 3_2, 3_3, 3_4, 3_5$ и 3_6 по трајекторијама које имају облик логаритамских спирала и које се у меридијанској равни турбопумпе виде као линије које имају радијалан положај према оси радног кола;

- у лопатичним заколима $3_1, 3_2, 3_3, 3_4, 3_5$ и 3_6 , због смањивања обимских компоненти апсолутних брзина и повећања проточних пресека, делићи радне течности се успоравају и течности се повећава притисна на рачун кинетичке енергије да би јој се омогућило да са малим хидрауличким губицима настави своје кретање кроз наредне проточне органе турбопумпе;

- по изласку из међулопатичних канала закола $3_1, 3_2, 3_3, 3_4$ и 3_5 делићи радне течности настављају кретање кроз безлопатичне осносиметричне коленасте канале, у којима, гледано у меридијанској равни турбопумпе, мењају свој глобални правац кретања за 180° (при чему им трајекторије и даље имају облик логаритамске спирале која заклапа велики угао у односу на обимску координату);

- делићи радне течности, затим, настављају да се центрипетално крећу према улазима у наредна лопатична радна кола кроз међулопатичне канале преткола $4_1, 4_2, 4_3, 4_4, 4_5$ и 4_6 , чије су лопатице тако постављене да их примају са најмањим ударним хидрауличким губицима и да их на свом излазу усмеравају тако да наредним радним колима прилазе на приближно исти начин као што прилазе улазу у прво радно коло 2_1 , коме рада течност притиче из усисне спирале 8, кроз лопатично претколо 4_1 ;

- по изласку из међулопатичних канала закола 3_6 , које се налази иза последњег радног кола 2_6 , течна маса наставља своје кретање према потрошачу, кроз сабирну спиралу 5, дифузорско потисно грло 7 и потисни цевовод;

- на улазу у лопатични венац првог радног кола 2_1 , због потискивања радне течности према његовој периферији, јавља се потпритисак у струји радне течности;

- под утицајем произведеног потпритиска, који се кроз лопатично претколо 4_1 , усисну спиралу 8, усисно грло 1 и усисни цевовод, преноси у усисни резервоар, радна течност из усисног резервоара притиче лопатичном венцу првог радног кола 2_1 , докле год се оно обрће, и на тај начин се успоставља непрекинути струјни ток између усисног резервоара и потрошача.

У случају када је вишестепена турбопумпа позиционирана изнад слободне површине радне течности у усисном резервоару, мора да се пре старта њен усисни цевовод и кућиште напуне радном течношћу.

5. Водосабирник VS-1

5.1. Технички опис

Понтонска станица је намењена за црпљење површинских вода из усека копа (водосабирника).

У току експлоатације копа понтонска пумпна станица ће пратити дно откопа усека. Ниво воде у водосабирнику варира сходно дотоку.

Понтонска станица је пројектована и изведена за дотоке воде од 100 - 180 l/s (Пројекат одводњавања вода са П.О. Дрмно - Рударски институт - Београд). Понтонска пумпна станица обезбеђује одржавање жељеног нивоа воде у водосабирнику.

Обзиром да током експлоатације копа геодетска висина дна водосабирника опада, понтонска пумпна станица мења свој положај и дужина потисног цевовода се сходно томе повећава.

Вода која се црпи понтонском пумпном станицом улива се у сабирни шахт Е1, а одатле се системом гравитационог тока одводи у реку Млаву.

Понтонска пумпна станица има два пумпна агрегата, од којих један ради, а други је у резерви. Пумпни агрегати се преко носећег рама од челичних профила ослањају на два понтона. Понтони су међусобно повезани и чине једно пловило. У међупростору између понтона налазе се усиси пумпи. Усис пумпи је на 175 mm изнад дна понтона, односно поднице која спречава усис муља. Вода у понтонски међупростор пролази кроз две решетке, које заједно са подницом образују међупростор.

Над понтоном се налази заштитна кућица, која штити пумпне агрегате.

Потисни цевовод је прекосабирника везан са обе пумпе. Потисни цевовод је ослоњен на четири међупонтона на деоници преко воде водосабирника, а на пешчаном тлу је слободно положен.

Понтонска пумпна станица је предвиђена за непосреднут рад. Аутоматско укључивање и искључивање пумпних агрегата решено је преко пара сонди чијим се постављењем на жељену елевацију, одређује ниво када се пумпни агрегат укључује у рад и ниво када се искључује. Пар сонди за укључење-искључења обезбеђује да пумпни агрегат при једном циклусу испумпавања дуже ради и спречава многобројна укључења, односно искључења, што је од великог значаја, обзиром да се ради о погонском електромотору велике снаге.

Изнад доње поднице понтона монтирана је заштитна сонда која искључује (штити) агрегат у случају да ниво воде опадне испод нивоа првог радног кола пумпе. Ова сонда обезбеђује да не дође до засушивања усиса пумпе. У случају да се пумпни агрегат не укључи када вода пређе ниво сонде укључења (максимални ниво), постоји сигнална сонда која сигнализира квар у диспечерском центру.

5.2. Понтони

Понтони су сандучастог облика. Међусобно су повезани челичним носачима. Изнад понтона надграђена је затворена просторија, обликована према захтеву ремонта пумпних агрегата. Испод крова просторије смештена је монореја носивости 32KN за демонтажу електромотора и пумпе.

Просторија понтона затворена је са дуплим лимом а унутрашњост између лима је попуњена изолационим материјалом. Пловећи делови понтона у подници су међусобно повезани лименом подницом која се према косим деловима формира до висине прелива воде. Подница са косим деловима изведена је у циљу спречавања увлачења земље и муља.

На понтонима су уграђена четири цевна изданка за везивање понтона на месту црпљења. Учвршћење понтона предвиђено је са четири приобална анкера који су са цевним изданицима везани челичним ужетом.

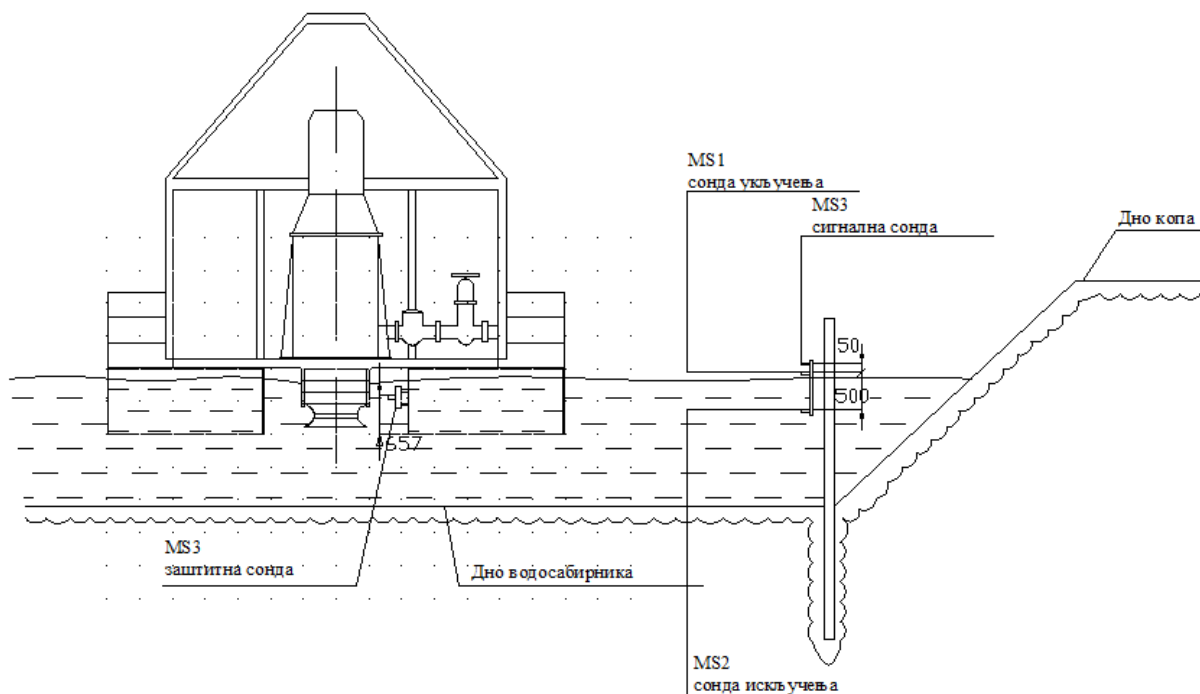
Приступ понтону је преко покретног прелазног моста, који је једним крајем везана за понтон, а другим ослоњен на прелаз на обали водосабирника површинских вода.

5.3. Потисни цевовод

На потисном цевоводу уграђена је потисна и повратна арматура. Део цевовода између пумпи и међупонтона као и између понтона и челичног цевовода на обале повезан је еластичним гуменим цевоводом који обезбеђује несметано транслаторно кретање понтонске станице при осцилацији нивоа воде у водосабирнику. Највећи део потисног цевовода изведен је од спиралнозаварених цеви.

Како се у току рада положај понтонске станице мења, па ће потисни цевовод мењати трасу и дужину. Потисни цевовод је слободно положен на пешчано тло. На делу трасе који је под нагибом изведени су ослонци од челичних профила.

5.4. Шема деловања и аутоматика рада станице



Приликом решавања аутоматског рада станице електрична инсталација треба да омогући следеће:

1. У кућици се инсталира преклопник избора рада пумпе, пумпни агрегати 1 или 2 који ће радити у аутоматском раду. Преклопник у средњем положају треба да омогући ручну манипулацију агрегатима.

2. Високонапонски кабл за напајање мотора изведен је тако да омогућава напајање електромотора у променљивим положајима понтона до 70 m.

3. Аутоматско укључивање и искључивање пумпних агрегата предвиђено је преко приобалних мокрих сонди. Укључивање агрегата врши мокра сонда MC1 код максималног нивоа воде у кориту базена. Искључивање агрегата врши приобална сонда MC2 у минималном нивоу у кориту базена. За сваку пумпу треба обезбедити прикључак сигнализације за диспечерски центар када је пумпа укључена.

4. У међупростору понтона уграђена је заштитна сонда MC3. Сонда треба да искључи електромотор код минималног нивоа потопљености ротора. Искључење електромотора преко заштитне сонде треба да се сигнализира у диспечерском центру са звучном сигнализацијом. Деловање ове заштите забрањује укључивање електромотора поновним потапљањем заштитне сонде MC3 и MC1.

5. Искључење пумпних агрегата пероптерећењем агрегата треба да се сигнализира у диспечерски центар. Код овог искључивања електромотора, укључивање електромотора се не може извршити путем потапања сонде MC1.

6. У случају да пумпни агрегат не буде искључен код максималног положаја MC1, уграђена је сонда MC4.

5.5. Пумпни агрегати

Према условима експлоатације геодезијска висина се мења, минимална геодезијска висина је 15 m, док је максимална 110m.

Зависно од геодезиске висине добаве дужина цевовода ће се мењати према положају понтонске пумпне станице. У овој фази рада станице, дужина потисног цевовода је 300m.

Обзиром на велике разлике геодезијских висина добаве, а узимајући у обзир променљиву дужину потисног цевовода као и количине воде које треба испумпати изабран је пумпни агрегат следећих карактеристика:

Тип: вертикална тростепена бунарска пумпа BPV 8 - 3/Г

Капацитет	140 l/s
Манометарска висина Hm	13 bar
Тежина агрегата	4340 kg
Електромотор	ZKFN160/4
Снага електромотора	315 kW
Напон	6000 V
Број обртаја	1450 o/min

Произвођач: МИН - НИШ Р. О. "ЈАСТРЕБАЦ".

На следећој слици је дат изглед пумпног агрегата BPV 8 – 3.



Сл 5.2.Пумпни агрегат BPV 8 – 3

6.Пумпни агрегат BPV8-3 и његова 3Дконструкцијска документација

BPV бунарске пумпе се користе за снабдевање водом градова и насеља, у индустријским и пољопривредним погонима, за снижење нивоа подземне воде у грађевинарству и рударству итд. У односу на остале пумпе ове пумпе имају већи напор по обртном колу али и већи пречник хидрауличног дела. Због тога оне се првенствено употребљавају за више и високе притиске црпљења, а за уградњу у копаним бунарима, резервоарима као и бушеним бунарима већег пречника.

BPV бунарске пумпе су погодне за црпљење чисте или лако прљаве воде без садржаја песка или других абразивних честица температуре до 353K (80°C).

За 3D израду пумпног агрегата користићемо програмски пакет CATIA V5.

6.1. Увод у програмске пакете

Иако је машинство постојало много пре него што је измишљен рачунар, инжењери који конструишу машинске елементе, подсклопове, склопове, и машине су схватили да цртаћа таблакоја се до тада користила не може да се мери са оним што пружају специјални софтвери који су произведени за ту намену.

Ови софтвери се могу поделити у две групе и то:

- У прву групу, која је и по датуму настанка нешто старија могу се уврстити они софтвери који су орјентисани ка дводимензијоналном цртању (2D), један од програма који је нај заступљенији у овој групи је AutoCAD. Овакви програми су увелико олакшали разраду техничке документације за делове и склопове делова који су веома сложени и тешки за ручну израду.

- Друга група софтвера је мало новијег датума и намењена је тродимензионалном моделирању (3D) и склапању машинских делова али и све више САЕ концепту, који се заснива на употреби рачунара у инжењерству. У ову групу програма могу се навести Pro Enginner, Solid Works, CATIA. Конструисање у овим програмима се своди на цртање затворене дво димензионалне контуре неког машинског дела у одговарајућој равни, даљим поступком конструисања манипулише се том контуром врши се њена ротација, транслација или кретање по неким задатим путањама да би се добио машински део који је потребан. Ови програми су првобитно настали да се у њима само направи део и од ради склоп али данас се они користе за много шире појмове па сада могу да помогну у изради техничке документације, лако мењању материјала, приказивач толеранција, анализе напона у деловима, буквално прави се прототип дела и врше се испитивања на њему.

6.1.1. CATIA V5

CATIA V5 представља нов алат за пројектовање подржано рачунаром (computer-aided design - CAD), који инжењери и дизајнери користе при развоју производа. При раду са сваким новим програмским пакетом важно је стећи основно разумевање његових могућности и ограничења. Програм CATIA V5 је написан као решење независно од оперативног система рачунара, које нуди велики број могућности за структурирање

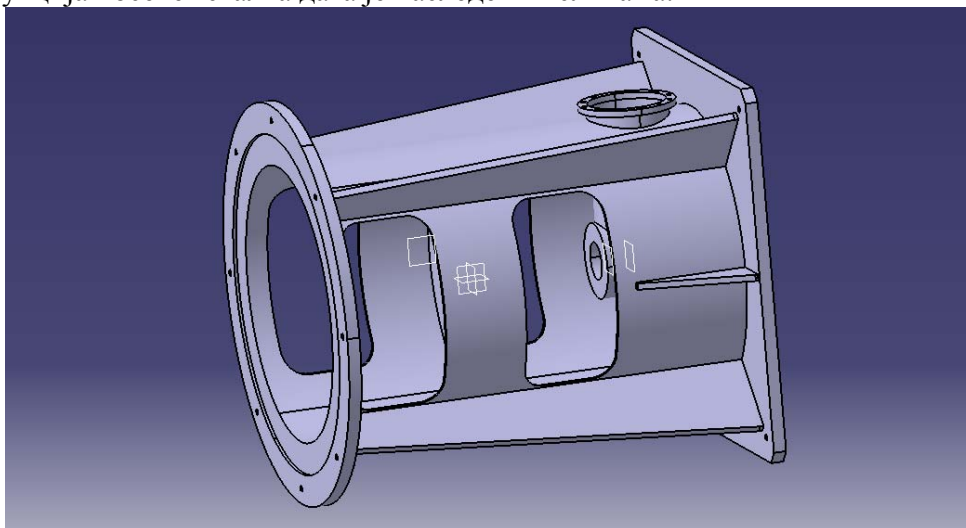
програмских модула и прилагођавање кориснику. Овај програмски пакет се у многоме заснива на основним елементима изгледа и понашању оперативног система Windows.

6.2. 3Дконструкцијска документацијаглавних делова пумпног агрегата

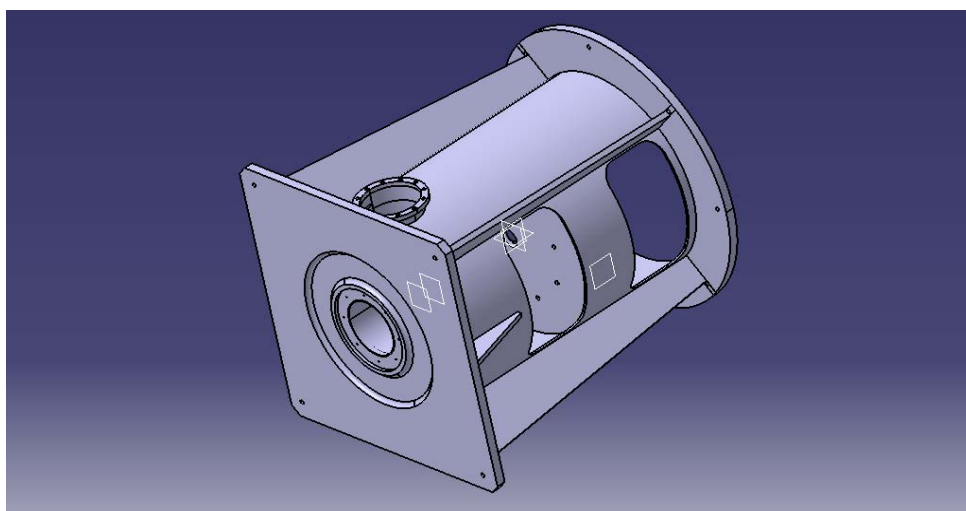
6.2.1. Носећи сталак

Носећи сталак, преко кога се пумпа ослања, може бити са уграђеним потисним прикључком „потис горе“ или без њега. У њему је аксијални ваљкасти лежај са уређајем за расхлађивање уља којим се подмазује лежај, заптивач вратила и еластична спојница. На горњој страни је прирубница за повезивање погонског електромотора, односно погонске главе код дизел моторног погона.

Конструкција носећег сталка дата је наследећим сликама.



Сл.6.1. Носећи сталак



Сл.6.2. Носећи сталак

6.2.2. Кућиште пумпе

С обзиром на хидрауличне услове рад центрифугалне пумпе кућиште треба да је изведено тако да испуњава следеће услове:

а) на усисној страни да осигурава равномерну расподелу брзине на попречном пресеку улазне струје течности и да има минималне хидрауличне отпоре;

б) на потисној страни да уз најмање хидрауличне отпоре прихвата течност која долази из ротора (односно статора), да јој смањује брзину у да ба тај начин претвара кинетичку енергију струјања у потенцијалну енергију притиска.

У односу на ове захтеве разликују се два основна облика кућишта:

-цилиндрично кућиште, код којег је пресек канала у односу на ротор константан по целом опсегу;

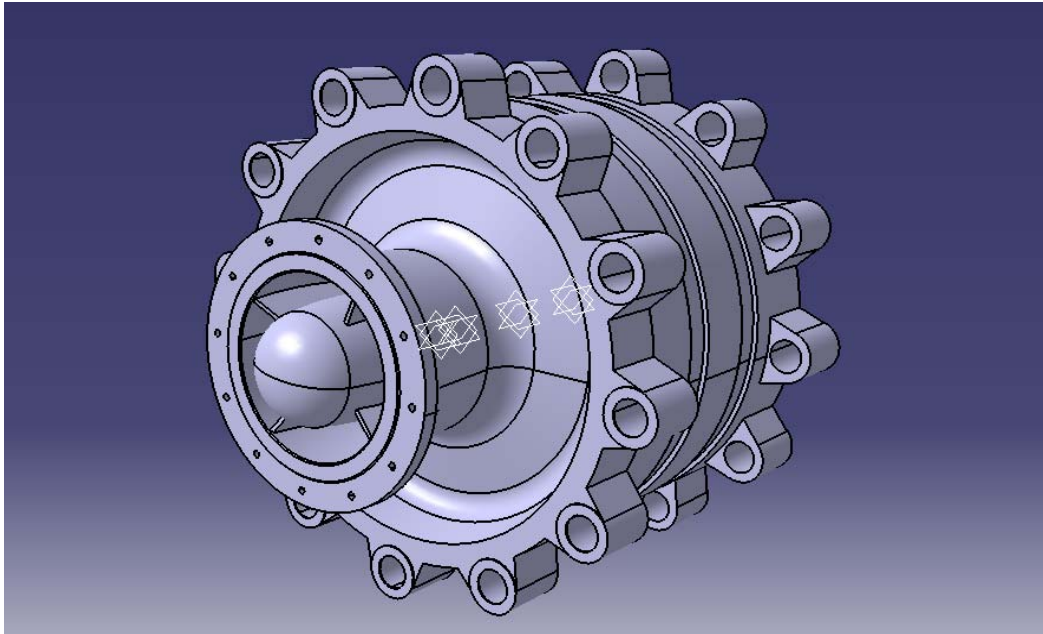
-спирално кућиште, код којег се пресек канала све више повећава према улазу у потисни вод, па се у њему наставља претварање брзине у притисак.

Код једностепених пумпи кућишта су једноделна. Она су са усисне или и са потисне стране затворена поклопцем, који је вијацима притегнут за кућиште.

Код вишестепених пумпи кућиште мора бити изведено са међуканалима који доводе течност из претходног степена у ротор следећег степена.

С обзиром на констркционо извођење пумпе, кућишта се реализују у два основна облика – као дводелна и као прстенаста. Дводелно кућиште подељено је једном хоризонталном разделном равни;горњи и доњи део међусобно се спајају завртњима који пролазе кроз прирубницу дуз обода кућишта. Подизањем горњег дела оваква конструкција омогућује добру приступачност и прегледност свих унутрашњих делова пумпе. Прстенасто кућиште има низ констркционих предности. Прстени су једноставни, лако се лију и нема опасности од унутрашњих напрезања. Интерним стандардима произвођача могу се утврдити стандардни облици за разне типове пумпи, што знатно појефтиније производњу; спајањем већег или мањег броја једнаких прстенова постижу се веће или мање висине дизања.

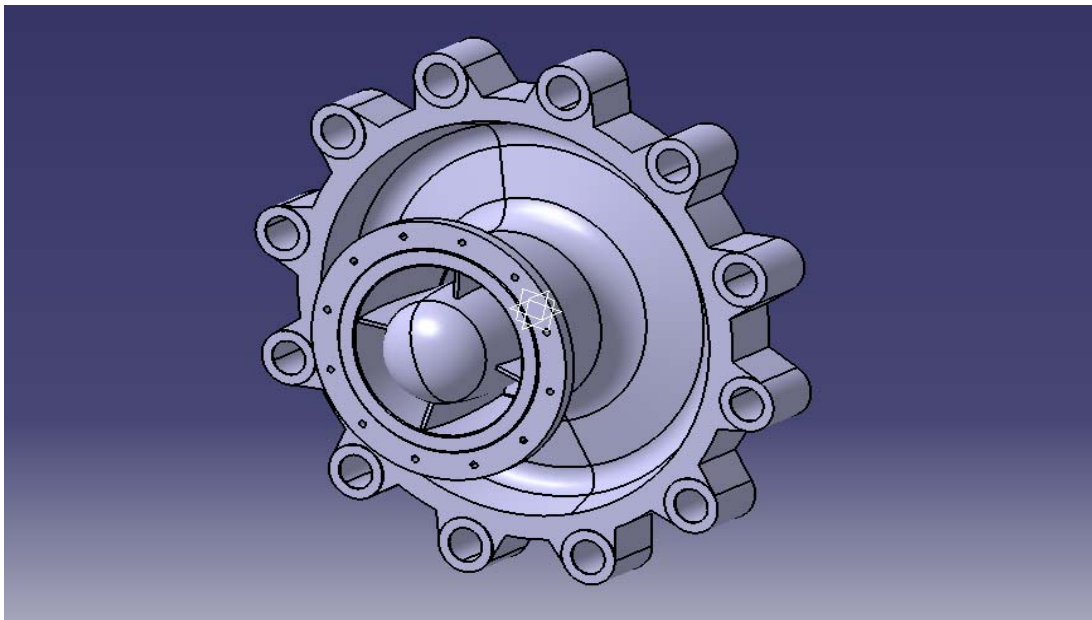
Кућиште BPV пумпе је специфично јер су њене габаритне мере далеко веће од свих осталих радијалних центрифугалних пумпи. Оно је израђено тако да је прелазни облик између дводелних и прстенастих кућишта и састоји се из усисног кућишта, потисног поклопца и два кућишта међустепена.



Сл. 6.3. Кућиште пумпе

6.2.2.1. Усисно кућиште

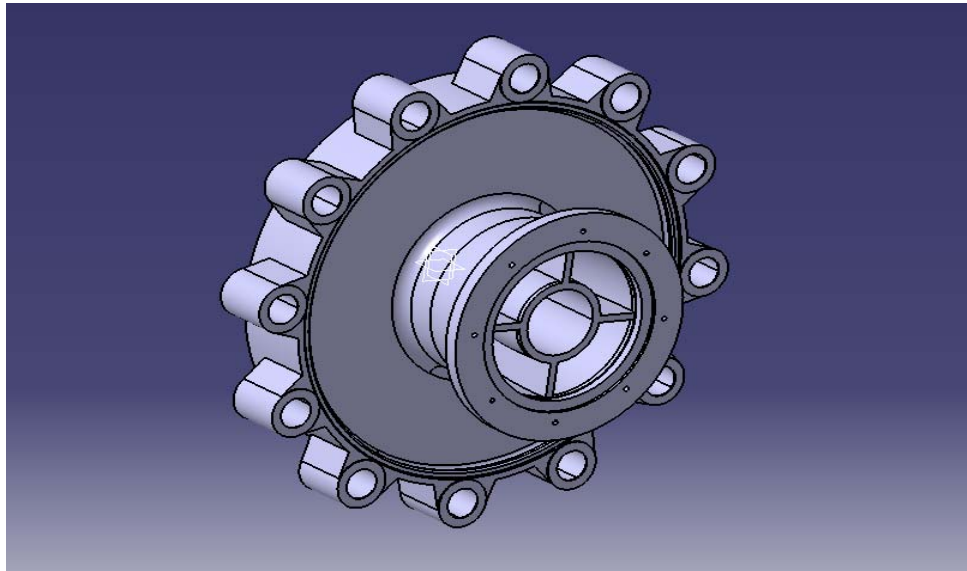
Усисно кућиште је део кућишта који је својим доњим делом спојено са усисном звоном, а горњим делом спаја завртњима који пролазе кроз прирубницу дуж обода са потисним поклопцем и они на тај начин чине дводелно кућиште између ког се налазе кућишта међустепена. Конструктивно решење усисног кућишта је дато на следећој слици.



Сл.6.4. Усисно кућиште

6.2.2.2. Потисни поклопац

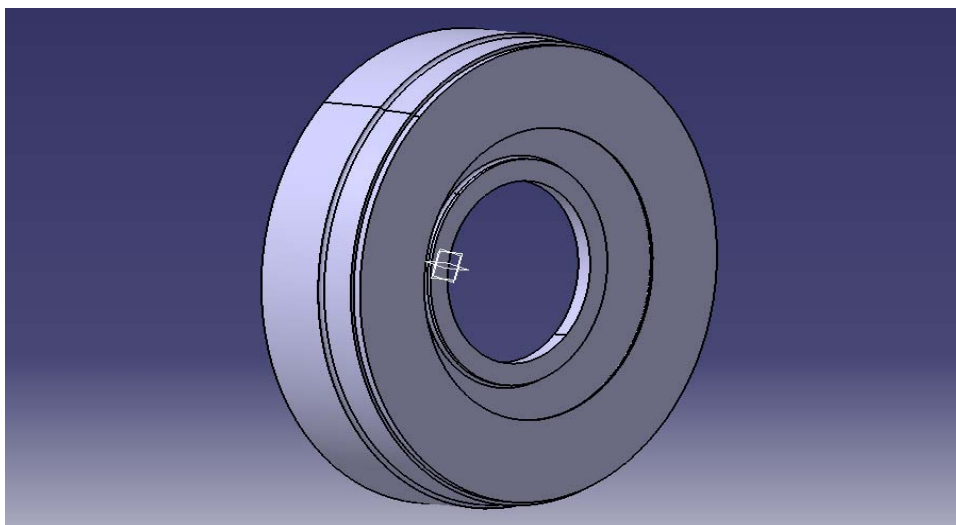
Овај део служи као поклопац кућишта пумпе. Са горње стране је повезан завртњима са вертикалном цеви. На следећој слици је дат изглед овог дела.



Сл.6.5 Потисни поклопац

6.2.2.3. Кућиште међустепена

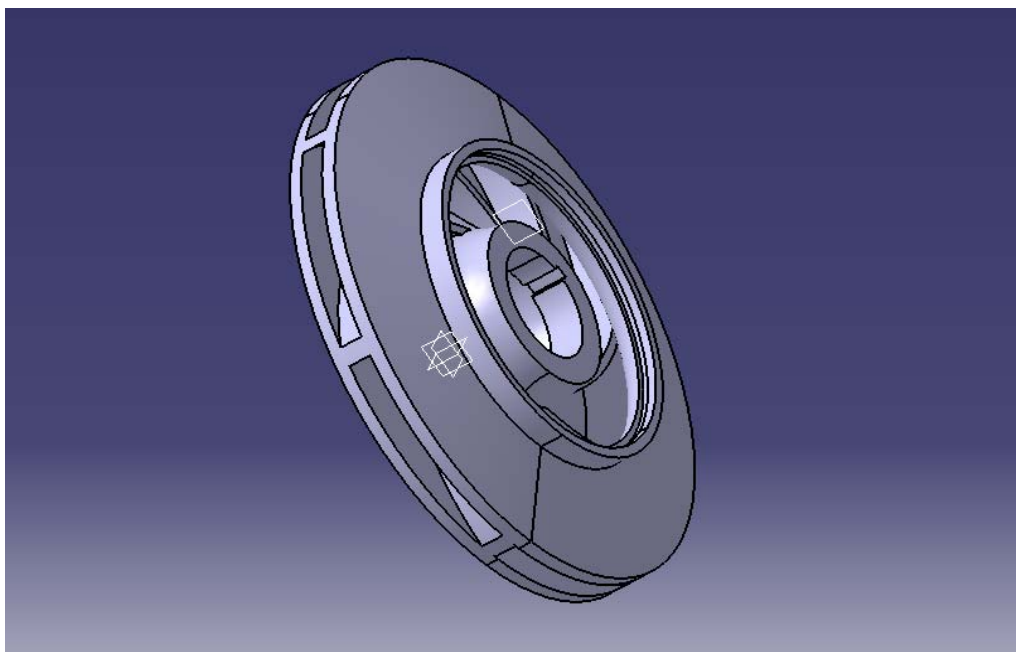
Кућиште међустепена са усисним кућиштем и потисним поклопцем чини целину која се назива кућиште пумпе, унутар ове целине се налазе радна кола, закола и остали делови који обогаћују струјну енергију радног флуида. Кућиште међустепена је дато на следећој слици.



Сл.6.6. Кућиште међустепена

6.2.3. Радно коло (ротор)

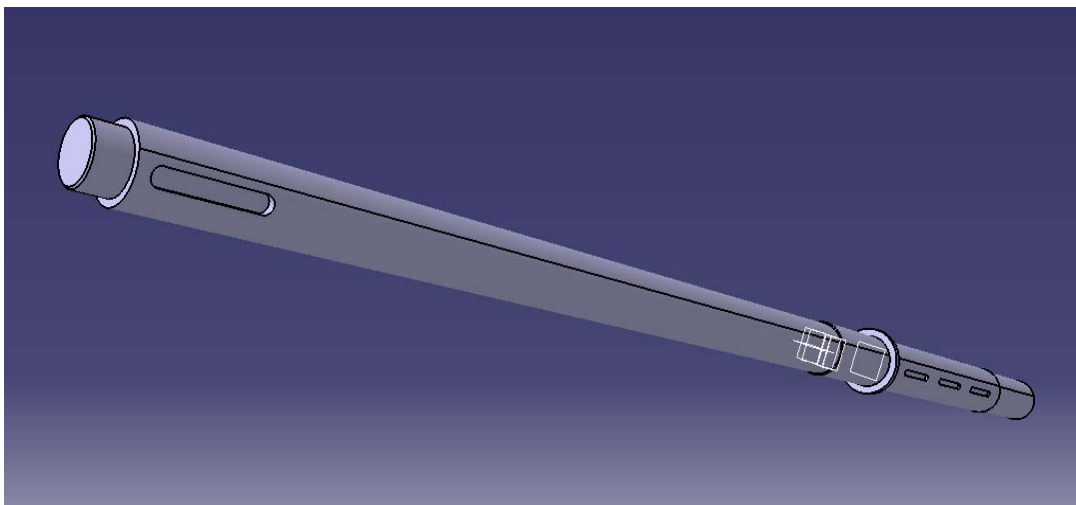
Радна кола су елементи који служе да механичку енергију, примљену од погонског мотора преко спојнице и вратила, предају проточној струји течности. Радна кола центрифугалних пумпи у већини случајева се лију у једном комаду од сивог лива, бронзе или челичног лива. Код пумпи за хемијски активне течности радна кола се изводе од специјалног челика, олова, керамике, стакла и других хемијски отпорних материјала. На следећој слици је приказано радно коло BPV пумпе, код кога је видљиво да предњи и задњи венац и канали између појединих лопатица сачињавају целину. Овакво радно коло се назива затворено радно коло.



Сл.6.6. Радно коло

6.2.4. Вратило

Вратило служи за пренос снаге од погонског мотора који може бити електромотор или мотор са унутрашњим сагоревањем (у нашем случају електромотор) до радног кола у пумпи. Вратило пумпе је приказано на следећој слици.

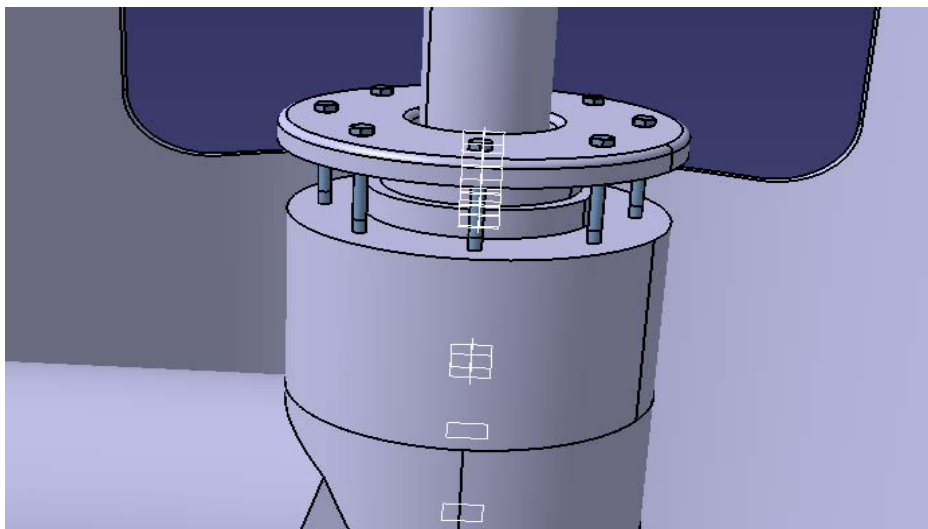


Сл.6.7.Вратило

6.2.5. Заптивка

Заптивке су елементи који служе за заптивање осовине код њеног проласка кроз отвор у тиду кућишта пумпе. Код центрифугалних пумпи скоро искључиво се примењују заптивке са заптивном плетеницом, док се лавиринтске заптивке користе врло ретко.

Заптивка на уисној страни пумпе има задатак да спречи улажење атмосферског ваздуха у уисни простор пумпе у коме по правилу влада потпритисак. Улажење ваздуха кроз заптивку на уисној страни обично се спречава довођењем зауставне воде у заптивку. Због тога је заптивка подељена у два дела посебним зауставним, блокирајућим прстеном чији пресек има облик слова Н и који у свом средњем делу има отвор. Зауставна вода под притиском одводи се преко посебне цеви са неког места на кућишту пумпе и доводи до зауставног прстена. Заптивке на потисном делу пумпе изложене су често и знатном надпритиску. Конструктивно решење заптивке је приказано на следећој слици.

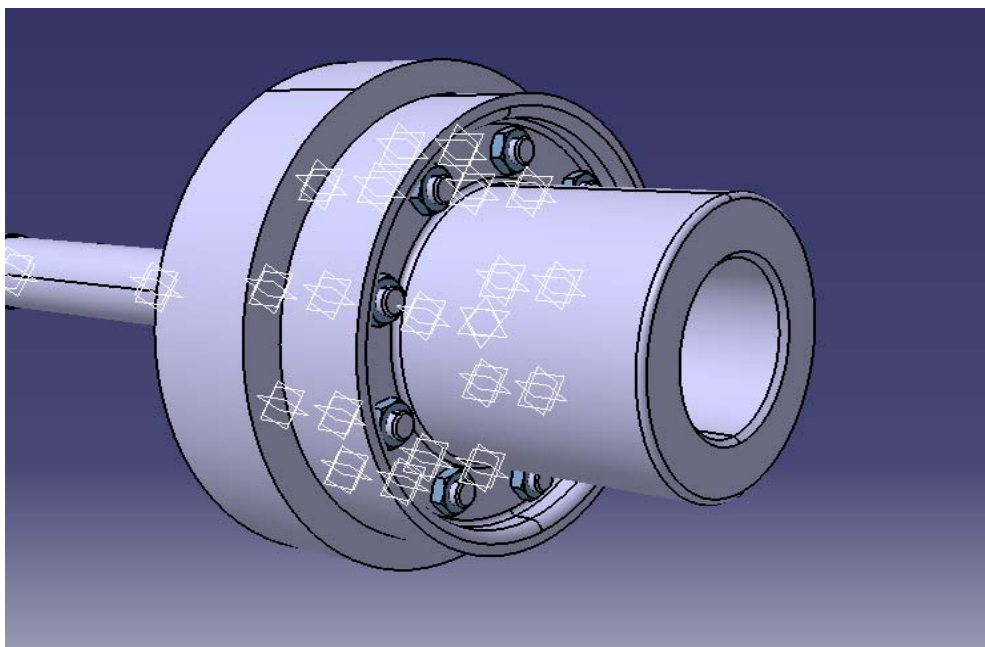


Сл.6.8.Заптивка

6.2.6. Спојница са гуменим умецима

Еластичне спојнице употребљавају се за спајање вратила тамо где се преносе променљиви обртни моменти, при чему се може очекивати да те промене буду и ударног карактера, и да се могу појавити и торзијске вибрације. Да би могле задовољити те захтеве, еластичне спојнице морају уз помаке које допуштају и нееластичне спојнице омогућити још и међусобно релативно окретање вратила, уз истовремено преузимање дела енергије удара. За ту сврху водећи и вођени делови ових спојница спајају се металним опругама или другим елементима од еластичних материјала, нпр. Коже, гуме, пластичних маса. Због тога имају карактеристике сличне карактеристикама опруга.

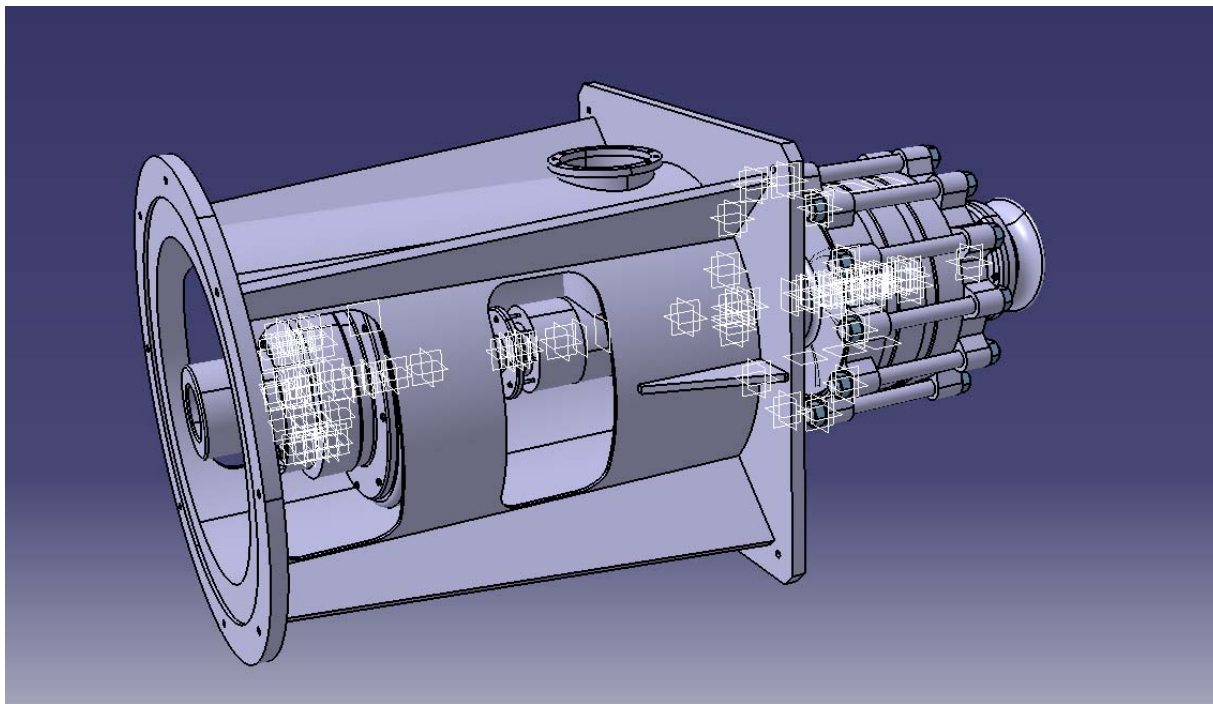
Еластичне спојнице са гуменим умецима су сличне конструкције као и круте спојнице. Од тих других разликују се тиме што су њихови спојеви учињени еластичним помоћу уложака од гуме. Ова спојница је представљена на следећој слици.



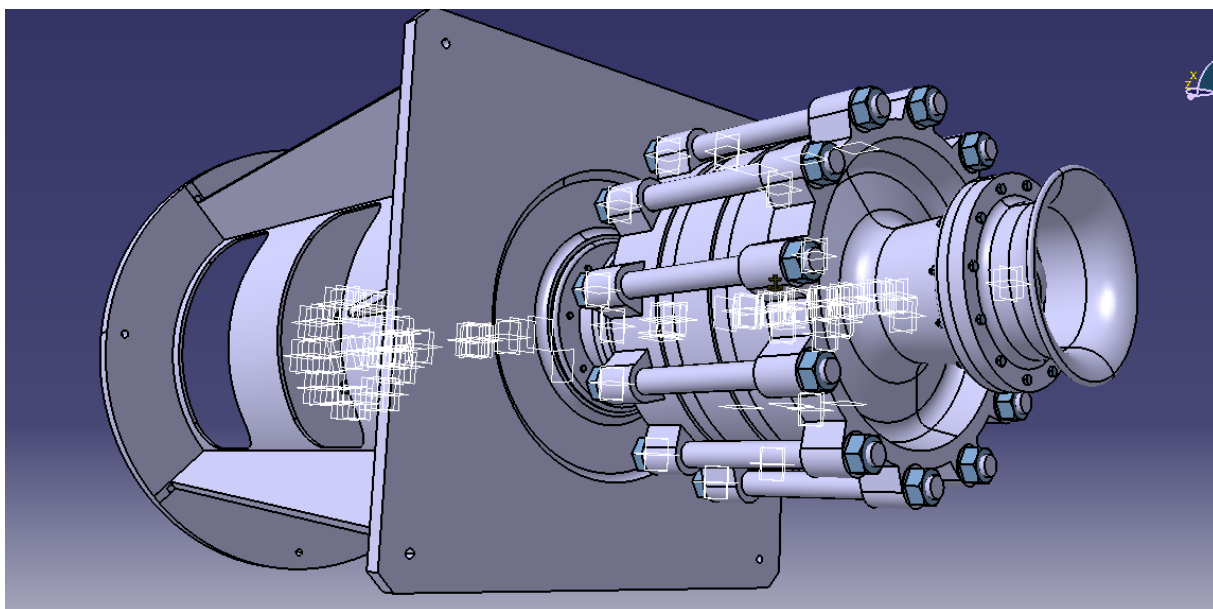
Сл.6.9.Спојница са гуменим умецима

6.3. 3D конструкција склопа пумпног агрегата BPV8-3

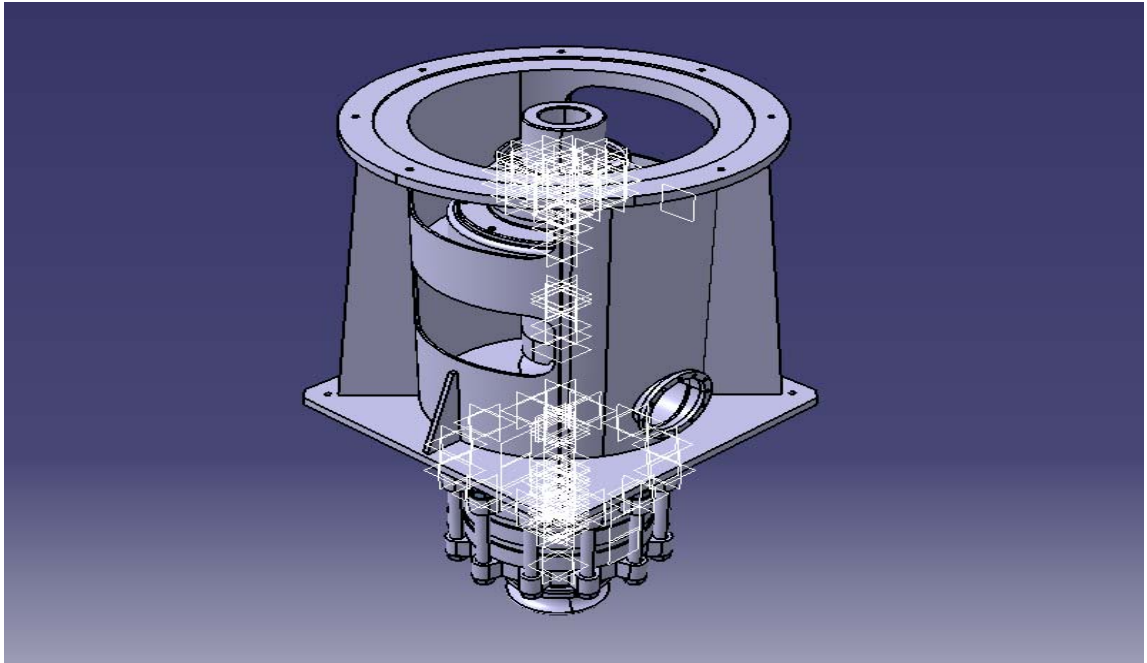
Склопни цртеж пумпног агрегата је приказан на следећим сликама.



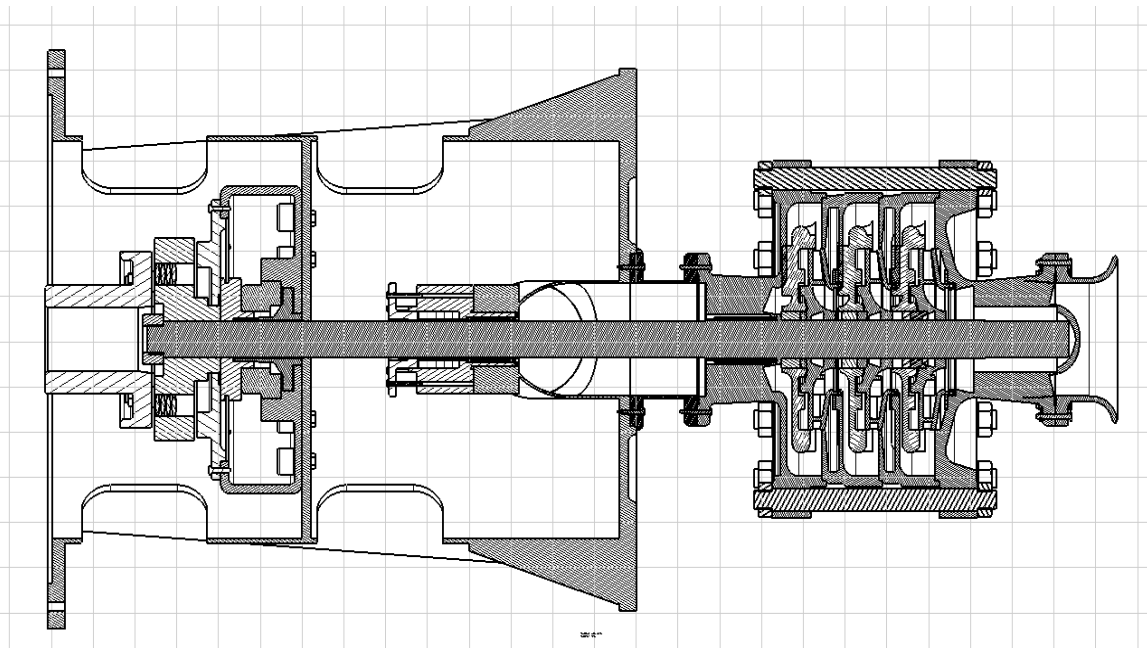
Сл 6.3.1 Пумпни агрегат BPV8-3



Сл 6.3.2. Пумпни агрегат BPV8-3



Сл 6.3.2. Пумпни агрегат BPV8-3



Сл 6.3.2. Меридијански пресек пумпног агрегата BPV8-3

7. Закључак

Лежиште "Дрмно" налази се на источном делу Костолачког угљеног басена, источно од реке Млаве, и захвата површину од око 50 km².

Нивои подземних вода површинског копа зависе од одређених фактора као што су: површинских токова (Дунав, Млава) вертикалног биланса (инфилтрација падавина, испаравања, евапотранспирације), подземног дотока по контурама копа, интензивног одводњавања кровинских наслага угља дренажним бунарима.

Заштита површинског копа Дрмно од прилива подземних и површинских вода изводи се са два независна система одводњавања: системом заштите од површинских вода и системом заштите од подземних вода.

За заштиту копа Дрмно од површинских и истеклих подземних вода из косина етажа, примењују се одређени објекти заштите: етажни канали, водосабирници, пумпне станице и потисни цевоводи.

Систем заштите површинског копа од подземних вода састоји се из више елемената: дренажни бунари, водонепропусног екрана, етажних канала, водосабирника и пумпних станица. На југу је урађен водонепропусни екран у дужини од око 2625 m.

Бунари дренирају водоносни хоризонт у области III угљеног слоја, тако да вода буде максимално 1 m од повлате угља у профилу откопавања. Бунари су постављени по групама линија А, В и С. Бараже бунара А и В су лоциране по ободу копа и сталне су, док су бараже С управне на правац напредовања фронта радова и привременог су карактера.

Израда бараже бунара LC-X IV предвиђена је за 2013. годину, а њено пуштање у рад према постављеној динамици за почетак 2014. године. Од 2014. године до краја експлоатације на површинском копу Дрмно, предвиђена је израда још 6 баража бунара (од LC-XV до LC-XX).

Напредовањем копа и приближавањем ка старом речном кориту Дунава – Дунавцу, па и самом Дунаву интензивира се инфилтрација речних вода у повратне водоносне насlage лежишта угља. Ово условљава све интензивнију одводњеност радне средине површинског копа и све већу потребу за што бољим функционисањем објеката одводњавања.

Од великог је значаја правовремено извођење објеката за дубинско и површинско одводњавање. Одржавањем баража бунара А и В као и интензивирањем израде бунара С, који се налазе испред фронта радова, у предвиђеном року, могуће је постићи жељене ефекте одводњавања.

8. Литература

- [1] Група аутора, 2009: Главни рударски пројекат површинског копа Дрмно за капацитет од 9х106 тона угља годишње; Рударско-геолошки факултет, Београд.
- [2] Група аутора, 2009: Књига II.5 Технички пројекат заштите површинског копа "Дрмно" од подземних и површинских вода; Рударско-геолошки факултет, Београд.
- [3] Милун Ј. Бабић, Светислав Стојковић, 1997: Турбомашине-теорија и математичко моделирање, Београд-Крагујевац
- [4] СЗП. „Заваривач“-Врање, 1990: Пројекат изведеног стања понтонске пумпне станице;, Београд.
- [5] Милорад Марјановић, Душан Стојановић 2002: Машинство-Центрифугалне пумпе; Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- [6] Fred Karam I Charles Kleismit, 2003: *Catia V5*, New York.