

РЕГИОНАЛНИ ЦЕНТАР ЗА ТАЛЕНТЕ ВРАЊЕ

**МИНИ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ НА РЕЦИ ВЛАСИНИ
MINI HYDROELECTRIC POWER PLANTS ON RIVER VLASINA**

Аутори:

ГАРЧИЋ ЈОВАНА 3. разред Гимназија „Стеван Јаковљевић” Власотинце
ПЕШИЋ КРИСТИНА 3. разред Гимназија „Стеван Јаковљевић” Власотинце
Чланови FDV: „Х. Црниловић” Власотинце

Ментор:

МАЈА ВЕЉКОВИЋ проф. физике

Власотинце 2014.

МИНИ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ НА РЕЦИ ВЛАСИНИ

MINI HYDROELECTRIC POWER PLANTS ON RIVER VLASINA

Аутори:

ГАРЧИЋ ЈОВАНА 3. разред Гимназија „Стеван Јаковљевић” Власотинце

ПЕШИЋ КРИСТИНА 3. разред Гимназија „Стеван Јаковљевић” Власотинце

Чланови FDV: „Х. Црниловић” Власотинце

Ментор:

МАЈА ВЕЉКОВИЋ проф. физике

Резиме

У овом раду објаснићемо појам мини хидроелектране и навести које мини хидроелектране постоје на реци Власини. Због највећег броја података и материјала вршиле смо истраживања на МХЕ „Тегошница“. Објаснићемо како ради, од чега се састоји, потом смо израчунавале проток воде, бруто пад, нето пат, снага на агрегату и турбинама и укупну електричну енергију коју произведе током године. И на крају њена позитивна и негативна дејства по околину.

Кључне речи: мини хидро електране, грађевински и хидрограђевински објекти, електростројарска опрема, принцип рада, мерење протока реке, бруто пад, нето пад, снага на агрегату и турбини, производња електричне енергије током године, позитивна и негативна дејства МХЕ „Тегошница“ по околину.

Summery

In this paper we will explain what are mini hydroelectric power plants and adduce which mini hydroelectric power plants exist on river Vlasina. Because of majority information our research was carried out on MHPP „Tegosnica“. We will explain how it works, what is it made of, then we calculated the water flow, total downfall, net downfall, power on the aggregate and turbines and total electric energy that is produced during a year. In the end it's positive and negative effect on the environment.

Key words: mini hydroelectric power plants, building and hydro facilities, electro-machine equipment, working principle, measuring of water flow, total downfall, net downfall, power on the aggregate and turbine, production of energy during a year, positive and negative effect on the environment.

УВОД

Мини хидроелектране - постројења у којима се потенцијална енергија воде најпре претвара у кинетичку енергију њеног струјења (у статору турбине), а потом у механичку енергију (у ротору турбине) вртењем вратила турбине, и коначно, у електричну енергију у генератору.

У сливу реке Власине, на територији општине Црна Трава последњих година изграђено је десетак МХЕ, и то: Тегошница, Доње Гарe 1, Доње Гарe 2, Доње Гарe 3, Горње Гарe 1, Горње Гарe 2, Ливађе, Јабуковик, Поштица.

Фирме које су инвеститори су: Есоенегро group-Београд и Тек-energy-Београд.

Произведена електрична енергија у свакој МХЕ:

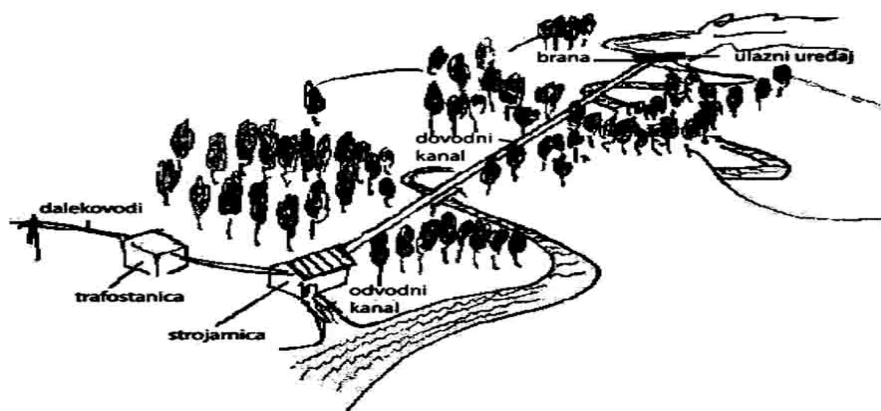
1. Тегошница- 650 KW;
2. Доње Гарe 1-1000 KW;
3. Доње Гарe 2-1000 KW;
4. Доње Гарe 3- 500 KW;
5. Горње Гарe 1-1000 KW;
6. Горње Гарe 2-1000 KW;
7. Ливађе-450 KW;
8. Јабуковик-1520 KW;

„Због највећег броја података, ми смо вршили испитивања на МХЕ Тегошница“.

МХЕ „ТЕГОШНИЦА“

1.а Грађевински и хидрограђевински објекти

МХЕ „Тегошница“ се налази у даљој градској зони града Црне Траве (око 18,5 km северно) и између насељених места Састав Река и Тегошнице, а сама микролокација се налази у кањону реке Власине. МХЕ „Тегошница“ је проточног типа, с ниским падом и релативно великом количином воде.



Слика 1. Проточни тип МХЕ;

Image1. Flow type MHP;

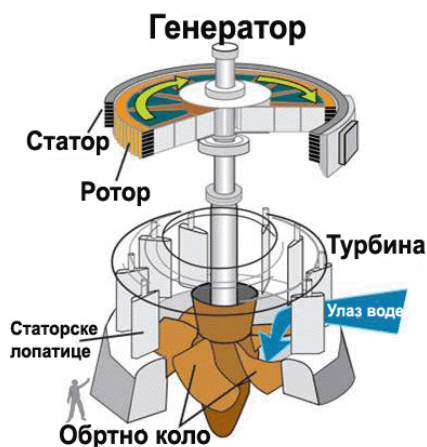
Ова МХЕ у свом саставу има низ капиталних хидрограђевинских и грађевинских објеката који чине њену целину и без њих она не би могла да одговори својој основној функцији да производи електричну енергију. А то су:

1. Камена брана или водозахват;
2. Преливни праг који се налази у саставу водозавхвата или слапиште;
3. Доводни канал (отворени) иде дуж изохипсе са падом од 3‰ до решетке испред улаза у таложницу. Од водозавхвата на каменој брани до таложнице води канал који је укопан у земљу;
4. Две хидромеханичке табласте уставе, једна у каналу којим се вода доводи до таложнице и једна на самом водозавхату којим се чисти алувијални нанос из акумулације;
5. Таложница која се наставља на канал чија је функција да елиминише ситне честице песка и другог алувиона који би евентуално могао да нанесе штету турбини и машинској згради;
6. Три цевна табласта затварача;
7. Цевовод под притиском који иде од таложнице до машинске зграде поред регионалног пута и који је укопан;

8. Рибља стаза;
9. Машинска зграда;
10. Одводни канал.

1.6 Електромашинска опрема

1. **Машинска зграда** – њена улога је да штити електромеханичку опрему од временских непогода;
2. **Турбине** – функција турбине је трансформација кинетичке енергије воде у механичку енергију ротирајућих делова турбине. МХЕ „Тегошница“ има две Капланове турбине. Капланова турбина је водена турбина пропелерског типа, са окретним лопатицама на ротору и ради само на ниским падовима воде, углавном са великим протоком;
3. **Генератор** – функција генератора је трансформација механичке енергије у електричну и састоји се из ротора и статора;



Слика 2. Генератор и Капланова турбина;

Image 2. Generator and Kaplan's turbine;

4. **Регулација турбине** – то је систем за прилагођање произведене снаге променљивом воденом току, а тиме и за одржавање фреквенције у систему;

Контролна опрема:

- Регулатор који је механички;
 - Прекидачи и њихова заштита;
 - Аутоматска контрола (управљање);
5. **Аутоматски режим рада** подразумева рад електране без посаде. У овом режиму управљање, командовање и надзор електране обавља PLC (програмирани логички контролер) односно рачунар. Све функције електране

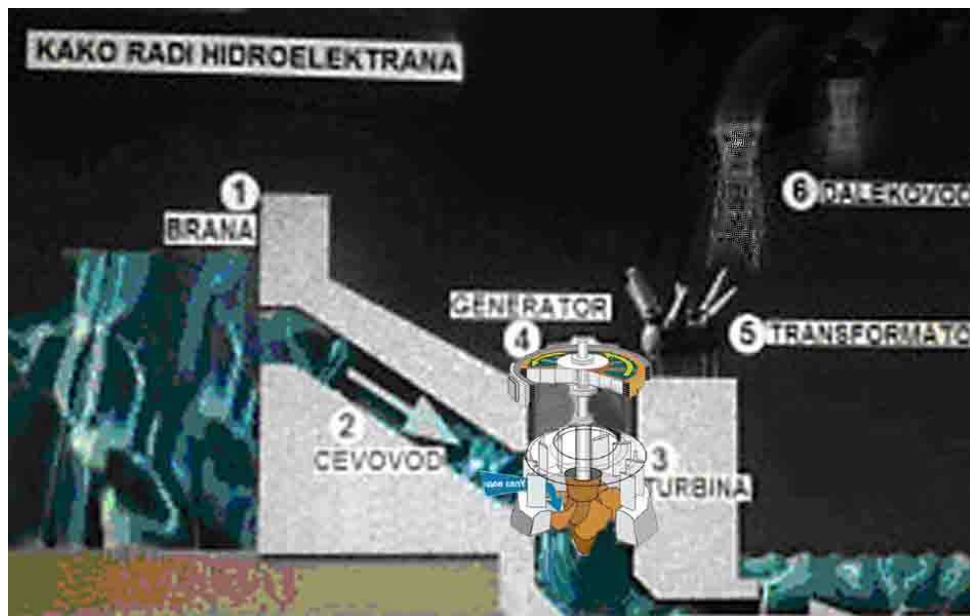
су потпуно аутоматизоване и електрана је у стању да се прилагоди свакој новонасталој ситуацији по питању дотока воде у водну комору. Осим тога систем управљања ће предузети одговарајуће акције и одговарајуће реаговати и у односу на сваку новонасталу ситуацију у самој електрани као и на ситуацију у електродистрибутивној мрежи на коју је електрана прикључена.

6. Додатна (помоћна) електрична опрема:

- Трансформатор за потребе постројења;
- Снабдевање једносмерним напонам за потребе контроле и управљања;
- Уређаји за мерење протока и нивоа воде испред и иза електране;
- Уређаји у спољној трафостаници за трансформацију напона на ниво далеководне мреже;

1.в Принцип рада

Ток реке је препречен једном бетонском браном, испред бране се налази једно проширење, тј. језеро. У језеру се акумулира (скупља) вода, и ниво воде у језеру је виши од нивоа воде у реци, самим тим је потенцијална енергија воде у језеру већа. Када се брана отвори, вода из стања мировања прелази у стање кретања, односно потенцијална енергија воде се претвара у кинетичку енергију воде. Вода се помоћу цеви уводи у радно коло турбине где удара у лопатице ротора турбине и okreће га. У турбини се кинетичка енергија воде претвара у механичку енергију. Пошто су ротор турбине и ротор генератора на истом вратилу, обртање ротора турбине, изазива и обртање ротора генератора, и у генератору се механичка енергија претвара у електричну енергију. Та електрична енергија, односно струја, има вредност напона од 6 KV до 10 KV и она се одводи до оближње трафостанице где се вредност напона подиже на 110 KV до 380 KV и потом се струја помоћу далековода одводи на велика растојања до потрошача. Вода која има задатак да обрће ротор турбине, преко цеви и отвора, одлази у речно корито. Пошто у току године прети опасност да у случају обилних падавина ниво воде у језеру неконтролисано порасте, буде виши од бране, па би у том случају дошло до поплаве, из тог разлога постоји безбедносни канал који се по потреби отвара и вишак воде помоћу њега отиче у речно корито. На тај начин је спречено да дође до поплаве.



Слика 3. Принцип рада МХЕ „Тегошница“;

Image 3. The working princiole of MHPP „Tegošnica“;



Слика 4. Редослед претварања једног облика енергије у други;

Image 4. Order of transforming one form of enerfy into another;

1.д Мерење протока реке

- На основу података са хидролошке станице Свође израчунавали смо средње годишње протицаје реке Власине, у профилу водозахвата на реци Власини.
- Профил „Водозахват“ дефинише укупни протицај за МХЕ „Тегошница“.
- Карактеристични средње годишњи протицаји на профилу захвата код села Тегошница (на ушћу потока Поштице у реку Власину) имају следеће вредности:

Профил	Q _{sr.god.} (m ³ /s)								
	5	10	25	50	75	90	95	99	
Власина–Водозахват1	4.745	4.038	3.672	2.950	2.491	2.073	1.548	1.330	0.980

Табела 1. Расподела средњих годишњих протицаја– $Q_{sr.god.}(m^3/s)$ на реци Власини у профилу водозахвата на реци Власини;

Table 1. Distribution of average annual flow- $Q_{sr.god.}(m^3/s)$ on river Vlasina inprofile;

- Одредили смо просечне криве трајања за вишегодишњи период (50%), сушни период (75%), кишну годину (25%), веома сушну (90%), изузетно сушну (95%) и (99%), веома влажну (10%) и изузетно влажну (5%) годину.
- Из табеле можемо дефинисати следеће протицаје:

1. Средње воде: $Q_{sr} = 2.950 \text{ m}^3/\text{s}$;

2. Мале воде (минимални средње месечни протицај 95% обезбеђености):

$Q_{min} = 0.980 \text{ m}^3/\text{s}$;

1.ђ Производња електричне енергије током године

Дани	Q (m ³ /s)	H _{neto} (m)	η _T	P _T (kW)	P _A (kW)	E (kWh)
30	5.667	15.90	0.90	702	667	480240
45	4.599	16.29	0.905	606	576	207360
60	3.953	17.31	0.903	543	516	185760
75	3.395	17.423	0.901	460	437	157320
90	3.033	17.495	0.90	405	385	138600
105	2.661	17.569	0.89	345	328	118080
120	2.363	17.63	0.90	304	289	104040
135	2.143	17.673	0.905	272	258	92880
150	1.938	17.713	0.904	140	228	82080
165	1.749	17.75	0.903	211	201	72360
180	1.597	17.781	0.902	187	178	64080
195	1.460	17.81	0.901	165	157	56520
210	1.357	17.829	0.90	149	142	51120
225	1.252	17.85	0.89	131	124	44640
240	1.170	17.867	0.88	117	111	39960
255	1.112	17.88	0.87	107	102	36720
270	1.056	17.89	0.87	99	94	33840
285	1.000	17.9	0.86	85	81	29160
300	0.947	17.911	0.82	75	71	25560
315	0.900	17.92	0.79	68	65	23400
330	0.851	17.93	0.74	57	54	19440
345	0.797	17.873	0.70	47.5	45	16200
360	0.718	17.96	0.68	37	35	12600
365	0.664	17.97	0.64	29	28	10080
УКУПНО						2076480

Табела 2. Укупна произведена електрична енергија током године;

Table 2. Total produced electricity during a year;

У предходној табели дефинисан је гарантовани протицај на профилу водозавата који мора бити увек обезбеђен а у екстремно сушним годинама да би се он обезбедио МХЕ мора стати са радом. Инсталирани протицај ће се добити када се сагледа комплетна хидролошка слика реке у периоду од 1956 до 2004 године а пре свега на основу табеле где се виде дневни протицаји.

На основу тога утврђујемо да се на профилу водозавата могу очекивати:

- максимални средњи годишњи протицаји већи од 4500 l/s у трајању од 45 дана;

- максимални средњи годишњи протицаји већи од 3000 l/s у трајању од 75 дана;
- максимални средњи годишњи протицаји већи од 2000 l/s у трајању од 120 дана;
- максимални средњи месечни протицаји већи од 1500 l/s у трајању од 145 дана;
- максимални средњи месечни протицаји већи од 1000 l/s у трајању до 240 дана;
- максимални протицаји јављају и најчешће обухватају месеце март, април, мај, јун и јул;

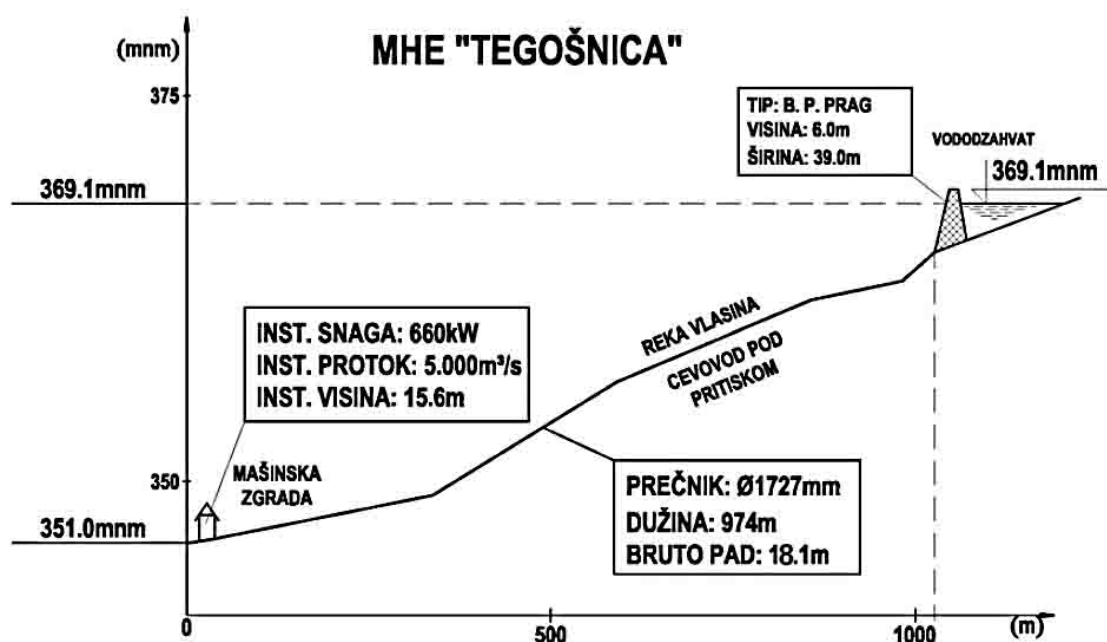
Собзиром на ове чињенице може се усвојити да максимални инсталисани протицај има вредност:

$$Q_{in. max} = 5,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

Минимални инсталисани протицај има вредност:

$$Q_{in. min} = 0,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

Тачније, протицај кроз турбину агрегата МХЕ „Тегошница“ ће се кретати у распону од 0.41 m³/s до 5.00 m³/s. Уочљиво је да је тај распон врло велики и због тога су изабране Капланове турбине које имају добар коефицијент искоришћења.



Слика 4. Хидраулична шема МХЕ „Тегошница“;

Image 4. Hydraulic scheme МНПП „Тегошница“;

Из хидрауличне шеме виде се коте које дефинишу комплетну трасу цевовода од водозахвата до машинске зграде. Кота горње воде (KGV) у водозахвату је 392.1mm, а кота доње воде (KDV) у машинској згради је 351.0mm. Према томе бруто се добија из обрасца:

$$H_b = KGV - KDV = 391.1 - 351.0 = 18.1m$$

Да би одредили нето пад, поред бруто пада потребни су на и хидраулични губици у цевоводу.

За челични цевовод МХЕ „Тегошница“ су следећи подаци:

Dn =1712mmспољашњи пречник цевовода;

Du =1703.18mmунутрашњи пречник цевовода;

Lc =974mдужина цевовода;

n =0.013коэффициент трења на челични цевовод;

ξ_{ul} = 0.5коэффициент локалног губитка на улазу у цевовод;

$\Sigma \xi_{hkr}$ = 0.144933губитак за хоризонталне углове скретања цевовода;

$\Sigma \xi_{vkr}$ =0.004045губитак за вертикалне углове скретања цевовода .

Коефицијент линиских губитака рачуна се по Манингу, па је:

$$\lambda = 124.6 \cdot n^2 / Du = 124.6 \cdot (0.013)^2 / 1.70318 = 0,012364$$

А губитак притиска због линијских и локалних губитака при транспорту задатих количина воде кроз цевовод добијамо из обрасца:

$$H_{gub} = (\xi_{ul} + \Sigma \xi_{hkr} + \Sigma \xi_{vkr} + \lambda \cdot L^2 / Du) \cdot V^2 / 2g$$

Овај енергетски губитак (губитак због пада притиска) дат је табеларно за распон протицаја од 0.49 m³/s до 5,00 m³/s, а прорачун брзине воде у цевоводу за задати протицај врши се према једначини континуитета, па је:

$$V = 4 \cdot Q / Du^2 \cdot \pi$$

ПРОТИЦАЈ (l/s)	БРЗИНА ВОДЕ (m/s)	ГУБИТАК ПРИТИСКА (m)
490	0.2158	0. 0183220
1000	0.4404	0.07631
1500	0.6606	0.1717
2000	0.8808	0.30524
2500	1.101	0.477
3000	1.3212	0.6868
3500	1.5414	0.9348
4000	1.7616	1.221
4500	1.9818	1.5453
5000	2.202	1.908

Табела 3. Губици притиска у зависности од брзине воде и протока;

Table 3. Pressure losses depending on the speed of the water and the flow;

Сада се могу одредити хираулични губици у цевоводу, па је:

$$\Delta h = (\xi_u + \Sigma \xi_{hkr} + \Sigma \xi_{vkr} + \xi_r + 2 \cdot \xi_v + \lambda \cdot L / Du) \cdot V^2 / 2 \cdot g = (0.5 + 0.144933 + 0.004045 + 0.8 + 2 \cdot 0.2 + 974 / 1.70318 \cdot 0.012364) \cdot (2.2)^2 / 2 \cdot 9.81 = 2.2m$$

Нето пад је:

$$H_{neto} = H_{br} - \Delta h = 18.1m - 2.2m = 15.90m$$

Инсталисана снага агрегата са Каплановом турбином је:

$$P_{in} = \eta_T \cdot V \cdot \rho g \cdot H_{neto} \cdot Q_{in} = 0.9 \cdot 0.94 \cdot 1000 \cdot 9.81 \cdot 15.9 \cdot 5.00 = 660kW$$

У наредној табели одредиће се промена снаге агрегата у распону од максимално инсталисаног до минималног протицаја кроз турбину, па је:

Дани	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Δh (m)	H _{neto} (m)	η _T	P _T (kW)
30	5.667	2.2	2.20	15.90	0.90	702
45	4.599	2.00	1.81	16.29	0.905	606
60	3.953	1.735	0.7886	17.31	0.903	543
75	3.395	1.49	0.6773	17.423	0.901	460
90	3.033	1.331	0.605	17.495	0.90	405
105	2.661	1.168	0.531	17.569	0.89	345
120	2.363	1.0373	0.4715	17.63	0.90	304
135	2.143	0.94	0.4273	17.673	0.905	272
150	1.938	0.851	0.3868	17.713	0.904	240
165	1.749	0.77	0.35	17.75	0.903	211
180	1.597	0.701	0.3186	17.781	0.902	187
195	1.460	0.641	0.2914	17.81	0.901	165
210	1.357	0.5957	0.271	17.829	0.90	149
225	1.252	0.5496	0.2498	17.85	0.89	131
240	1.170	0.5136	0.2334	17.867	0.88	117
255	1.112	0.488	0.2218	17.88	0.87	107
270	1.056	0.463	0.2104	17.89	0.87	99
285	1.000	0.439	0.2	17.9	0.86	85
300	0.947	0.4157	0.189	17.911	0.82	75
315	0.900	0.395	0.1795	17.92	0.79	68
330	0.851	0.3736	0.170	17.93	0.74	57
345	0.797	0.50	0.2273	17.873	0.70	47.5
360	0.718	0.315	0.1432	17.96	0.68	37
365	0.664	0.2915	0.1325	17.97	0.64	29

Tabela 4. Промена снаге агрегата;

Table 4. Change of power generators;

Излазна електрична снага једнака је:

$$P_A = \eta_e \cdot \eta_T \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{neto} \quad \eta_e - \text{ефикасност турбине} (0 < \eta_e < 1);$$

$$\eta_T - \text{ефикасност генератора и трансформатора} (0 < \eta_T < 1);$$

Према томе, произведена електрична енергија једнака је:

$$E = P_A \cdot t$$

1.г Позитивна и негативна дејства МХЕ „Тегошница“ по околину

1. Позитивни утицаји:

- Производњом електричне енергије нема емисије угљен-диоксида у околину што је веома важно;
- Смањује се потрошња фосилних горива;
- Погодне за напајање удаљених, изолованих подручја;
- Помаже у заштити од поплава, не захтевају коришћење великих површина;
- Сигурније и поузданије снабдевање електричном енергијом;
- Позитиван друштвени утицај на регију (запошљавање);
- Један GWh електричне енергије произведене у МХЕ значи:
 - избегавање емисије од 480t угљен-диоксида;
 - уштеду 220t горива или 335t угља .

2. Негативни утицаји:

- Резервни ток;
- Скупљање и складиштење смећа;
- Вишенаменски погони;
- Технике за смањење буке и вибрације;
- Сталан проток: варијације протока и мали резервоари – основни проблем у мрежном раду.

Закључак

У оквиру овог нашег рада вршиле смо истраживање МХЕ „Тегошница“ на реци Власини. Поред конструкције и принципа рада МХЕ, израчунавале смо проток воде, бруто пад, нето пад, снагу на агрегату и излазну електричну снагу, као и укупну електричну енергију произведену током године. Из наведених резултата наших истраживања закључиле смо да ако занемаримо негативне утицаје на околину ова МХЕ је од великог значаја за нашу регију а и уопште за Електроенергетски систем Србије поготово што се ради о „Зеленим киловатима“, што представља један од услова за улазак у Европску унију.

Литература:

1. МХЕ „Тегошница“ Хидромашински део –пројекат;
2. МХЕ „Тегошница“ Хидрограђевински пројекат;
3. www.eihp.hr/hrvatski/projekti/see_ener-supply/pdf/5_Mahe.pdf;
4. www.scribd.com/doc/95270709/Mini-Hidroelektrane-Prezentacija;
5. www.vtsnis.edu.rs/predmeti_2012/alternativni_izvori_energije/aie_vezbe_2013_12.pdf;
6. www.hidrotan.co.rs/mala-hidroelektrana-tegosnica.php.