

Ариџит ПОЛ
Асиф РАХМАН
Саптарши ПАЛ
Јана СПИРОСКА

ПОТЕНЦИЈАЛ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ОД ОСТАТОЦИ ОД БИОМАСА ВО ИНДИЈА: СТУДИЈА НА СЛУЧАЈ

1. Вовед

Индија, иако е една од напредните земји во развој во светот, сè уште се соочува со огромен недостиг од обезбедување на електрична енергија поради големиот број на население. Со цел да обезбеди пристап до електрична енергија за голем број на луѓе кои се лишени од пристап до истата, стапката на пораст на производство на енергија треба да биде многу висока. Покрај овој проблем од една страна, Индија, исто така, е под притисок од страна на развиените и други напредни земји во развој да се прилагоди на економија со ниски емисии на јаглерод. Таа веќе се посвети на намалување на интензитетот на емисии од нејзиниот БДП за 20-25% до 2020 година (UNFCCC, 2010). Затоа, за да се забрза нејзиниот процес на животната средина со ниски емисии на јаглерод, потребно е земјата да се фокусира на обновливите извори за производство на електрична енергија.

Авторите се истражувачи со завршени студии на Универзитетот во Манчестер, Велика Британија и Централно-Европскиот Универзитет, Унгарија

Како земја со висока стапка на земјоделско производство, Индија има огромен потенцијал за производство на електрична енергија од остатоци од биомаса (Shukla, 1997). Оваа студија, се обидува да ги опише сегашниот и идниот потенцијал за производство на електрична енергија од остатоци од биомаса. Покрај тоа, исто така, презентира идна проценка на порастот на производство на електрична енергија од овој извор дискутирајќи за барања за непречен пораст на производство на електрична енергија од остатоци. На крај, во студијата се предложени некои соодветни локации за пилот проекти за електроцентрали кои би произведувале електрична енергија од ориз и од пченица.

2. Производство и користење на електрична енергија во Индија – моментална ситуација

Иако електричната енергија е од фундаментално значење за напредокот, има околу 1,6 милијарди луѓе во светот кои живеат без пристап до неа (German Development Institute, 2008). Индија во оваа бројка учествува со повеќе од 35%. Според истражувањето направено во 2000 година, во Индија имало 579,10 милиони луѓе без пристап до електрична енергија (Bhattacharyya, 2006). Економијата на една земја во развој како Индија со население од 1 милијарда луѓе (Stanford University, 2003) во голема мера зависи од растот на индустријата, земјоделството, технологијата, инфраструктурата, образованието, здравството и сите тие зависат од енергијата во форма на електрична енергија. Сиромаштијата е директно поврзана со немање пристап до електрична енергија, ако не и причина за тоа (State Planning Commission, 2009). Потрошувачката на електрична енергија по жител во Индија е околу 363 kWh и се зголемува (Stanford University, 2003). Целокупната ситуација со електричната енергија во Индија, особено во руралните области е нестабилна со просек на прекини на електрична енергија од 12 до 16 часа дневно (Rajvanshi, 2006). Најгусто населени држави се Делхи, Чандигар, Даман и Диу, Лакшадвип и Пондичери (Stanford University, 2003). Во руралните делови на Индија живее околу 70% од целата популација која брои околу 700 милиони луѓе (Suresh, 2000) и приближно 1.500 луѓе живеат во секое село, одалечени 2,5 километри едно од друго (Stanford University, 2003). Во Табела 1, во продолжение, резимирани се некои од клучните аспекти на моменталното производство на електрична енергија и нејзино користење во Индија.

Табела 1: Ситуацијата со електрична енергија во Индија

Тековен капацитет	151.000 MW
Потрошувачка по жител	600 kWh (САД: 14.000 kWh; Кина: 1.600 kWh; на светско ниво: 2.600 kWh)
Население без пристап до електрична енергија	579,10 милиони луѓе (повеќе од 35%)
Просек на прекини на електрична енергија	12 до 16 часа на ден
Цел (да се постигне светскиот просек до 2030 година)	27.000 MW годишно
Тековен раст	10.000 MW годишно

Целокупната ситуација во поглед на пристапот до електрична енергија е прилично лоша во руралните области споредено со урбаните области. Една компаративна студија направена од страна на Батачарја (2006) го покажа бројот на домаќинства без пристап до електрична енергија и во руралните и во урбаните области. Резултатите од студијата покажаа дека во сите држави во Индија руралните области се повеќе лишени за разлика од урбаните области. Оваа ситуација е уште полоша во државите како Утар Прадеш, Бихар и Западен Бенгал, каде 10 до 15 милиони луѓе во руралните средини немаат пристап до електрична енергија.

Потрошувачката на електрична енергија е исто така поврзана со нивото на приход на луѓето. Потрошувачката на електрична енергија се зголемува со високо ниво на приходи и трендот на потрошувачка во урбаните области е многу повисок отколку во руралните области со истата група на ниво на приходи. Студијата на Батачарја (2006) ја прикажа потрошувачката на електрична енергија на различни групи на потрошувачи во рурална и во урбана Индија. Резултатите покажале дека во урбана област потрошувачката на електрична енергија се зголемува многу бавно како што се зголемуваат трошоците на луѓето. Но потрошувачката се зголемува прилично драстично кога трошоците го достигнуваат највисокиот опсег. Од друга страна, во руралните области потрошувачката на електрична енергија се зголемува со рамномерна стапка како што се зголемува трошокот.

Во оваа ситуација, каде што проблемот со електрична енергија е мошне значаен, главно во руралните области на Индија, преземени се неколку чекори од страна на владата за зголемување на снабдувањето со електрична енергија низ целата земја. Некои од политиките силно се фокусираат на електрификација на руралните области и ориентирање

кон обновливи извори на енергија во руралните области.

До 1997 година, дефиницијата за село со пристап до електрична енергија во Индија беше многу нејасна, па дури и ако 1 домаќинството користело електрична енергија, тоа сепак се сметало за електрифицирано село. Од 2005 година, критериумите се променети и за да едно село се смета за електрифицирано најмалку 10% од населението, како и јавни установи како училишта, канцеларии и здравствени институции треба да користат електрична енергија. Со таква дефиниција, бројот на неелектрифицирани села се зголеми (State Planning Commission, 2009).

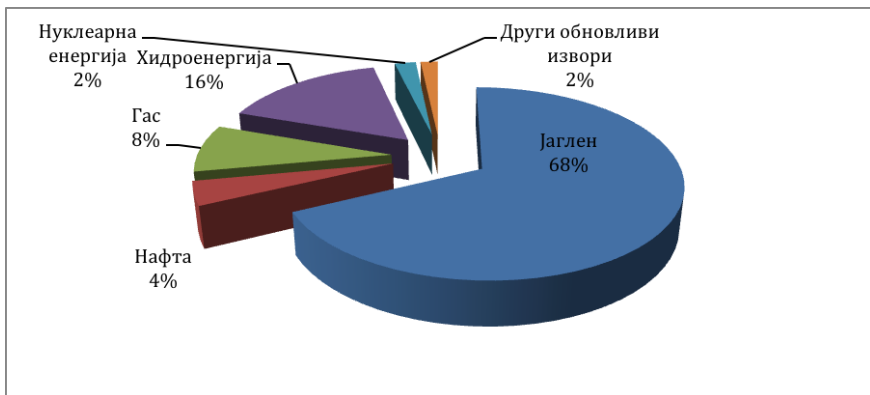
Во 2001 година беше иницирана програма од страна на Министерството за неконвенционални извори на енергија (Ministry of Nonconventional Energy Sources) со која се предложи обезбедување на електрична енергија во руралните области каде што не е можно проширување на мрежата поради различни причини. Идејата беше да се обезбеди електрична енергија од обновливи извори на енергија како што се енергијата од вода, ветер, биомаса или хибриди. Новата политика, во 2005 година, претставена како Национален план за електрична енергија (National Electricity Plan), се однесуваше на проблемот со електрификација на сите рурални области. За да ја оствари оваа цел Владата предложи обезбедување на електрична енергија преку локална децентрализирана мрежа во случаи кога врската со централната мрежа ќе биде многу скапа. Речиси 24500 села спаѓаат во категоријата на „оддалечени села“, каде што проширувањето на електричната мрежа не е можно (Nouni et al. 2008). Но, дури и во електрифицираните села не сите домаќинства се електрифицирани, а една од причините е цената (Stanford University, 2003).

Националната политика за електрична енергија (National Electricity Policy) забележа дека клучната цел за напредок во енергетскиот сектор е да се обезбеди електрична енергија за сите области, вклучувајќи ги и руралните. И централната власт и државните влади ќе треба да се приклучат за да се оствари оваа цел. Поради тоа, централната влада во април 2005 година, започна амбициозна шема „Раџив Ганди Грамин Видјутикаран Јојана“ (Rajiv Gandhi Grameen Vidhyutikaran Yojana) со цел да се електрифицираат сите неелектрифицирани села и да се обезбеди пристап до електрична енергија за сите домаќинства во следните пет години. Овие Национални политики не беа подготвени само со учество на државните влади и на Државната регулаторна комисија за електрична енергија (State Electricity Regulatory Commissions), туку и на други засегнати страни како што се НВОи (Невладина организација), провајдери на технологии, постојните комунални

претпријатија, итн. Политиката има за цел да обезбеди електрична енергија по разумни цени и минимална животна потрошувачка од 1 единица по домаќинство на ден до 2012 година.

3. Извори за производство на електрична енергија

Електричната енергија се произведува од различни извори во Индија. Сепак, најдоминантен извор за производство на електрична енергија во Индија се електроцентралите на јаглен. На Слика 1, во продолжение, се прикажани изворите за производство на електрична енергија во Индија.



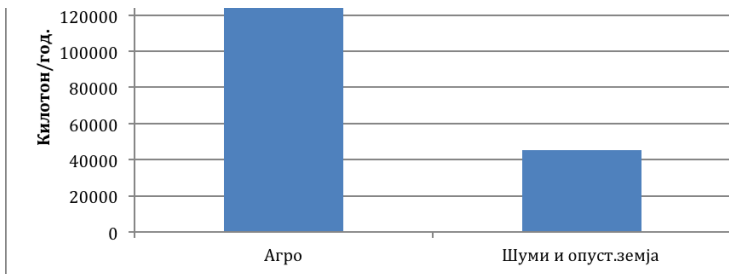
Слика 1: Извори за производство на електрична енергија во Индија (ИЕА 2007а).

Производството на електрична енергија во Индија главно зависи од резервите на фосилни горива на јаглен и на гас. Уделот на обновливите извори е многу низок. Околу 20% од електричната енергија се произведува од обновливи извори, во кои главно доминира хидроенергијата. Што се однесува до обновливите ресурси, биомасата е застапена само со 8%, што е 0,24% од вкупниот процент (ИЕА 2007а).

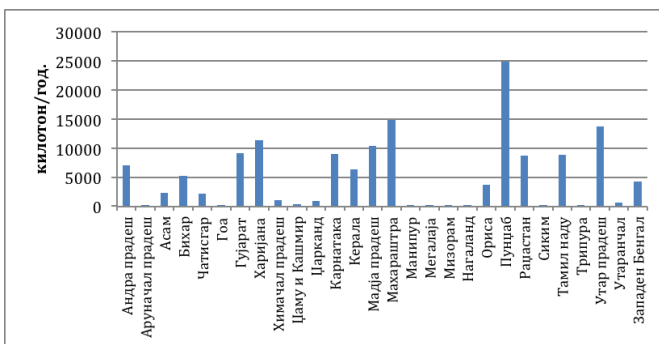
Сепак, потенцијалот за производство на електрична енергија од остатоци од биомаса во Индија е огромен. Во моментот биомасата се користи за производство на околу 4.000 MW електрична енергија. Индиската влада воведува стратегии за зголемување на производството на електрична енергија од биомаса (Shukla, 1997). Во следните делови ќе го разгледаме техничкиот и финансискиот потенцијал за производство на електрична енергија од остатоци од биомаса.

4. Достапност на вишок биомаса во Индија

Тековниот потенцијал на производство на електрична енергија од остатоци од биомаса е предвиден во веб-базирана интерактивна датабаза наречена Атлас на ресурси на биомаса во Индија (Biomass Resource Atlas of India). Оваа база на податоци е проект на Министерството за нови и обновливи извори на енергија (Ministry of New and Renewable Energy) на Индија и е генерирана од страна на Индискиот институт за наука (Indian Institute of Science)¹. Базата на податоци е прикажана според различни категории, како на пример култура, држава, покраина и др. Вкупниот достапен вишок на остатоци од биомаса за производство на електрична енергија е проценет на 189 милиони тони/годишно. Од нив, 76% потекнуваат од земјоделството, а остатокот од шумите и опустошената земја (Слика 2). Во продолжение, достапноста на вишокот биомаса во државата е претставена на Слика 3. Достапноста на вишокот биомаса е поголема во државите кои имаат повисока земјоделска продуктивност што се должи на поволните климатски и почвени услови.



Слика 2: Достапност на вишок биомаса според тип во Индија



Слика 3: Достапност на вишок биомаса во државите во Индија.

1 <http://lab.cgpl.iisc.ernet.in/Atlas/Default.aspx>

5. Споредба на различни технологии за производство на електрична енергија од остатоци од биомаса

ИЕА (2007b) идентификуваше три главни технологии за производство на електрична енергија од остатоци од биомаса. Тие се:

- Согорување
- Специјални циклуси на пареа
- Интегриран комбиниран циклус на гасификација (IGCC)

Овие технологии накратко се претставени во продолжение.

Согорување:

Согорувањето е најевтината опција што е достапна, со минимални барања за инвестиции во однос на сите три технологии (ИЕА 2007b). Согорувањето може да се примени во постоечките како и во идните електроцентрали со умерена инвестиција (ИЕА 2007b). Со оглед дека 52,3% од производството на електрична енергија во Индија е засновано на јаглен (Central Electricity Authority of India, 2010), оваа опција се соочува со најмалку пречки. Бидејќи јагленот се очекува да остане доминантен извор на енергија за Индија до 2030 година и понатаму (Planning Commission, Government of India, 2005), примената на согорување на биомаса во електроцентралите што користат јаглен е одржлива опција за Индија. Сепак, цената на јагленот ќе биде важна компонента за да оваа технологија биде конкурентна со производството на електрична енергија на јаглен во Индија.

Специјален циклус на пареа:

Производството на електрична енергија со специјални циклуси на пареа кои користат биомаса како гориво е утврдена, локално достапна технологија во Индија (MNES, 2005). Сепак трошокот за производство на истата е повисок од оној за согорување (ИЕА 2007b). Со цел да ги охрабри инвеститорите, Владата на Индија обезбедува капитални субвенции за оваа технологија (Ministry of New and Renewable Energy, 2006). Сепак само капиталните субвенции сами по себе не се доволни да ја направат оваа технологија конкурентна во однос на производството на електрична енергија со јаглен; цената на јаглеродните кредити, исто така, игра клучна улога за да оваа технологија се натпреварува со производството на електрична енергија со јаглен во Индија.

Интегриран комбиниран циклус на гасификација:

Интегрираниот комбиран циклус на гасификација со биомаса е најнапреден, најефикасен и капитално најинтензивен од сите три технологии што се опишани (ИЕА, 2007b). Според извештајот на ИЕА (2007b) постои само една пилот електроцентрала што моментално работи во Шведска. Владата на Индија обезбедува повисоко ниво на субвенции за проекти кои користат напредни технологии за производство на електрична енергија од биомаса. Интегрираниот

комбиран циклус на гасификација е еден од нив (MNRE, 2006). Сепак, дополнителниот приход од продажбата на јаглеродни кредити игра клучна улога за да ги направи овие технологии конкурентни со производството на електрична енергија со јаглен во Индија.

Анализата е направена за гореспоментаите технологии со цел да се пресмета релативниот трошок за производство. Релативниот трошок е трошокот за мегават-час што мора да се наплати прекувремено да се наплати вкупниот трошок. Влезните варијабли за анализата се претставени во Табела 2.

Табела 2: Влезни параметри за компаративната анализа

Технички параметри (сите трошоци се изразени во американски долари)				
Опис	Согорување	Специјален циклус на пареа	Интегриран комбиран циклус на гасификација	Извор
Капацитет		20 MW		Претпоставено
Број на денови на работење		365		Претпоставено
Број на часови на работење во ден		24		Претпоставено
Фактор на оптоварување на топланата		80%		Претпоставено
Ефикасност	37,5%	32,5%	40%	ИЕА (2007)
Калорична вредност на биомаса		3461		Просечна калорична вредност на биомаса во Индија (CERC, 2009)
Финансиски параметри				
Капитален трошок/MW	1.200.000 \$	4.000.000	8.000.000	ИЕА (2007)
Трошок за работа и одржување/годишно		900000 \$		CERC (2009)
Годишна ескалација на трошоците за работа и одржување		5,72%		CERC (2009)
Цена за гориво од биомаса		39 \$/тон		Просечна цена на биомаса во Индија (CERC 2009)
Стапка на годишна ескалација на цена на гориво		5%		Претпоставено
Долг		70%		CERC (2009)
Капитал		70%		CERC (2009)
Камата на краткорочен заем		11,5%		Последна средна најповолна каматна стапка на Reserve Bank of India (RBI) (http://www.rbi.org.in/home.aspx#)
Период на мораториум		2 тримесечја		Претпоставено
Период на отплата		24 тримесечја		Претпоставено
Амортизација на електроцентралата и на машинеријата		5,28%		Акт на компаниите (The Companies Act), 1956
Субвенција	44.444 \$ x (C MW) ² *0.646		222.222 \$ x (C MW) ⁰ *0.646	MNRE/GOI 14/8/2004-SHP од 26.12.06
Девизен курс за долари во рупии		45		Референтна стапка на RBI (http://www.rbi.org.in/home.aspx#)
Временски период за пресметка на релативен трошок за производство трошок		10 години		Претпоставено

Врз основа на горенаведените влезни параметри е пресметан измерениот трошок за производство на електрична енергија за горенаведените три технологии. Релативниот трошок е спореден со трошокот за производство на електрична енергија во електроцентралите на јаглен во Индија, кој изнесува 3,1 американски цент/kWh (Sathaye и Phadke, 2004). Резултатите прикажани подолу во Табела 3 не вклучуваат никакви капитални субвенции или дополнителен приход од продажба на јаглеродни кредити.

Табела 3: Релативен трошок за производство на електрична енергија

	Согорување	Специјален циклус на пареа	Интегриран комбиран циклус на гасификација	Електроцентра на јаглен
Релативен трошок за производство на електрична енергија (американски центи/KWh)	5,1	7,2	8,6	3,1

Од претходната табела јасно може да се види дека ниту една од технологиите базирани на остатоци од биомаса во моментот не е конкурентна на производството на електрична енергија со јаглен во Индија, без никаква дополнителна иницијатива како на пример капитална субвенција или продажба на јаглеродни кредити.

Направена е понатамошна анализа за да се провери на кое ниво на капитални субвенции и цена на јаглеродни кредити горенаведените технологии стануваат конкурентни со производството на електрична енергија со јаглен во Индија. Резултатите од истата се прикажани подолу во Табела 4 и во Табела 5.

Табела 4: Релативен трошок на производство на електрична енергија со јаглеродни кредити

	Согорување	Специјален циклус на пареа	Интегриран комбиран циклус на гасификација	Електроцентра на јаглен
Барана цена на јаглеродни кредити	25 \$/тон	50 \$/тон	65 \$/тон	Не е применливо
Релативен трошок за производство на електрична енергија (американски центи/KWh)	3,0	2,9	3,0	3,1

Табела 5: Релативен трошок за производство на електрична енергија со субвенција

	Согорување	Специјален циклус на пареа	Интегриран комбиран циклус на гасификација	Електроцентра на јаглен
Капитална субвенција како процент од вкупниот капитален трошок	97,47%	96,58%	97,15%	Не е применливо
Релативен трошок за производство на електрична енергија (американски центи/KWh)	4,6	5,4	5,0	3,1

Од претходните табели може да се види дека дури и капитална субвенција повисока од 95% не е доволна да ги направи конкурентни технологиите заснована на остатоци од биомаса. Во споредба со капиталната субвенција, јаглеродните кредити може да бидат од поголемо значење во зголемување на конкурентноста на овие технологии. Всушност за технологијата на согорување, нивото на потребната цена на јаглеродни кредити е утврдена уште во 2008 година³. Сепак, за интегрираниот комбиран циклус на гасификација и за специјалниот циклус на пареа бараната стапка на цена на јаглеродни кредити е многу повисока од сегашната стапка на цена на јаглеродни кредити од околу 16 долари/тон. Исклучително тешко е да се предвиди идната цената на јаглеродни кредити, бидејќи таа ќе зависи од исходот на меѓународните преговори за пост Кјото режимот за намалување на стакленички гасови (Green House Gas) и судбината на законот за климатски промени во Сенатот на САД. Сепак, Вејант и други (2006) во заеднички извештај објавен под покровителство на Форумот за модел на енергија (Energy Model Forum) на Стенфорд Универзитетот се обидоа да одговорат на ова прашање преку пристап на модел. Извештајот ја предвиде идната цена на јаглеродни кредити врз основа на анализа на 18 водечки модели во светот. Цените се предвидени за две ситуации, една за режим само на CO₂ стакленички гасови, а друга за сегашниот режим на мулти гас формат на стакленички гасови. Резултатот од извештајот е прикажан подолу во Табела 6.

3 <http://communities.thomsonreuters.com/carbonprices>

Табела 6: Дозволено ниво на јаглероден отпечаток
(Weyant et al, 2006)

	2000	2025	2050	2075	2100
Само CO ₂ (долари/тон)	2,7	101,3	314,2	406,2	877
Мулти гасови (долари/тон)	2	57,8	158,7	241,8	480,3

Врз основа на горенаведеното предвидување, сите три технологии ќе станат конкурентни до 2025 година за ситуацијата само на CO₂. Во случај да ја земеме предвид ситуацијата на мулти гасови, што е веројатно повеќе реално, со исклучок на интегрираниот комбиниран циклус на гасификација, другите технологии ќе бидат конкурентни до 2025 година.

Земајќи ја предвид анализата на студијата заедно со идните проекции за цена на јаглеродни кредити како што се прикажани погоре, може да се каже дека цената на јаглеродни кредити обезбедува поголем потенцијал во однос на тоа да производството на електрична енергија од остатоци од биомаса стане конкурентно во иднина.

6. Моделирање на потенцијалното производство на електрична енергија од остатоци од биомаса

Во претходниот дел се дискутираше за техничките и за финансиските параметри за промовирање на производството на електрична енергија од остатоци од биомаса во Индија. Во овој дел ќе се разгледа идната можност за производство на електрична енергија од остатоци од биомаса во различни ситуации. Проекцијата е направена со користење Стела софтвер за моделирање (Stella modeling software) (Stella, 2002). Софтверот помага да се пресмета количината на електрична енергија што може да се произведе од остатоци од биомаса во различни поволни и ограничени услови.

Во оваа конкретна студија, проекцијата се прави за производство на електрична енергија од ориз и од пченица. Остатоците од ориз (или оризови полиња) и од пченица имаат највисока калориската вредност и потенцијал за енергија од сите земјоделски и шумски остатоци (MNRE, 2006 и Buragohain et al, 2010). Со цел да се пресмета потенцијалното производство на електрична енергија од ориз и од пченица следните параметри се земени предвид:

- годишно производство на ориз и на пченица:

Во овој процес, користевме низи за да ги реплицираме истите функции потребни да се пресмета годишно производство на ориз и на пченица во Индија. Од периодот на изминатите две години, ја

пресметавме стапката на пораст во однос на земјоделска површина за двете култури. Потоа го пресметавме годишниот пораст на земјоделска површина, што зависи од зголемувањето во претходната година, а не од површината на расположливо земјиште. Земјата има различна плодност во зависност од бројот на години под производство. Земјиштата што се обработувале повеќе години имаат пониска плодност. Ние ги пресметавме бројките на принос и на ориз и на пченица земајќи го предвид родот 5 години наназад и така натаму. После тоа, просечната промена на процент на принос се пресметува за да се дојде до конечна пресметка на производство на ориз и на пченица.

- **производство на електрична енергија од остатоци на ориз и на пченица:**

Од годишното производство на култури, ја пресметавме количината на произведени лушпи и на слама - ова се главните остатоци од културите кои се користат за производство на електрична енергија. Лушпите и сламата имаат различна калориска вредност и во зависност од технологијата што се користи, може да се пресмета вкупниот годишен потенцијал за енергија.

- **различни достапни технологии и нивниот релативен трошок и ефикасност:**

Во овој процес земавме предвид различни технички параметри за производство на електрична енергија од остатоци од биомаса, кои се опишани во делот 5. Во оваа пресметка е проценета ефективноста на трошоците на различни технологии.

- **финансиски параметри што влијаат на трошокот за производство на електрична енергија:**

Во овој дел се земени предвид различни финансиски параметри, како што се каматната стапка, субвенциите, цената на гориво од остатоци од биомаса, капиталните трошоци на различна технологија итн.

- **опции на применети политики:**

Влијанието на различни политики, како владините субвенции, климатските промени и цената на јаглеродните кредити се земени предвид за да се види која има најголемо влијание за создавање и опстојување на проектот.

- **споредба меѓу трошокот и емисијата:**

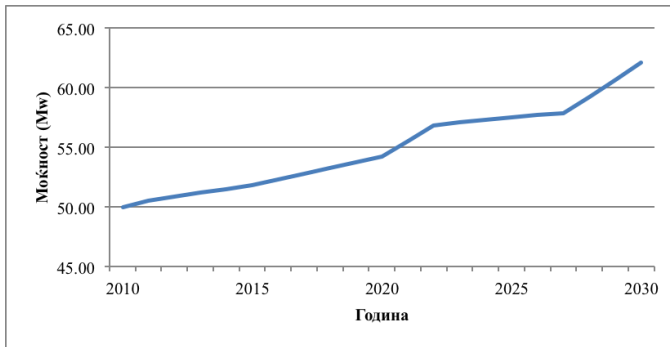
Споредбата на трошокот за производство на електрична енергија од остатоци од биомаса е направена со други фосилни и обновливи извори и е пресметано влијанието за различни финансиски и технички

сценарија. Покрај тоа, емисијата од различни извори на електрична енергија е исто така пресметана за да се споредат истите со биомасата.

Моделот ги покажува следните клучни резултати за да ја опише остварливоста на производство на електрична енергија од остатоци од биомаса во Индија:

Технолошка импликација	Од анализата на различните ситуации во моделот можеме да заклучиме дека Интегрираниот комбиран циклус на гасификација е најдобрата достапна технологија за електроцентрали на остатоци од биомаса бидејќи е опција со најмал трошок и најефикасна во однос на производство на електрична енергија.
Споредба на трошок	Интегрираниот комбиран циклус на гасификација е најефикасна од сите технологии и ќе чини помалку за единица производство на електрична енергија (Слика 8).
Внатрешна политика за субвенции	Нема поголема значајна промена дури и ако владата обезбеди субвенции. Оттука, внатрешната политика за финансирање на такви проекти со субвенции не е многу ефективна.
Меѓународна политика за Дозволено намалување на емисија (Certified Emission Reductions) Цена на јаглероден отпечаток	Дозволеното намалување на емисија игра важна улога во финансирањето на такви проекти. Во отсуство на таква меѓународна политика за климатски промени, таквите проекти не се финансиски привлечни.
Трошокот спореден со други извори	Можеме да видиме дека цената на производство на електрична енергија од остатоци од биомаса е обратно пропорционална од цената на јаглеродниот отпечаток и значително влијае на трошокот на производство.
Емисијата споредена со други извори	Производството на електрична енергија од остатоци од биомаса е многу конкурентно со другите извори (и обновливи и фосилни) ако се направат некои претпоставени состојби во корист на биомасата.
	Емисијата од електроцентрали што работи на остатоци од биомаса е значително пониска споредено со другите извори на фосилни горива и многу конкурентна со обновливите.

Во претпоставените состојби, за да се промовира електроцентрали која работи со остатоци од биомаса во Индија, вкупниот потенцијал на производство на електрична енергија од овие извори во 2030 година ќе изнесува **62.093 MW**. Слика 4, во продолжение, го отсликува трендот на пораст до 2030 година.



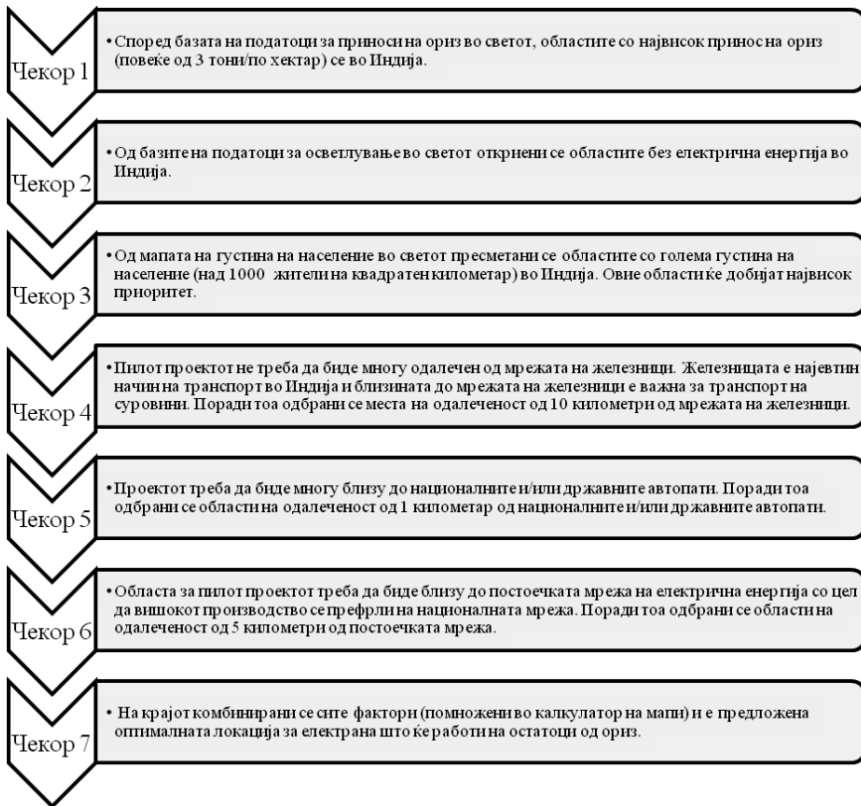
Слика 4: Тренд на пораст на производство на електрична енергија од остатоци од биомаса во Индија (Според резултатите од моделот)

7. Пронаоѓање соодветни локации за електроцентрали што ќе работат на остатоци од биомаса во Индија

Со цел да се осигура посакуваниот почеток на производство на електрична енергија од остатоци од биомаса во Индија секогаш е важно да се има совршен и профитабилен почеток (BRAI, 2010). Во овој дел од трудот, ние би сакале да предложиме некои соодветни локации за електроцентрали што ќе работат на остатоци од биомаса во Индија. Во оваа анализа користени се следните бази на податоци:

База на податоци	Извор
Светски административни граници	UNEP Geo Data portal (1998) URL: http://geodata.grid.unep.ch
Принос од ориз во светот во 2008 година	Land Use and Global Environmental Change, Department of Geography, McGill University URL: http://www.geog.mcgill.ca/~nramankutty/Datasets/Datasets.html
Принос на пченица во светот во 2008 година	Land Use and Global Environmental Change, Department of Geography, McGill University URL: http://www.geog.mcgill.ca/~nramankutty/Datasets/Datasets.html
Nighttime Lights of the World - Human Settlements 1994-95	UNEP Geo Data portal 1994-95 URL: http://geodata.grid.unep.ch
Мрежа на население во светот: Идни проценки за густина на население во 2015 година	UNEP Geo Data portal 2005 URL: http://geodata.grid.unep.ch
Мрежа на железници во Индија во 1993 година	MindSites Group, LLC 1993 URL: http://data.geocomm.com
Комунална мрежа во Индија во 1993 година	MindSites Group, LLC 1993 URL: http://data.geocomm.com
Мрежа на патишта во Индија во 1993 година	MindSites Group, LLC 1993 URL: http://data.geocomm.com

Може да се забележи дека анализата повторно е направена за двата главни извори на биомаса во Индија: остатоци од ориз и од пченица. Анализата е направена со користење на принципите на ГИС анализа и на ArcGIS 9,1 софтверот. Главниот принцип што е користен е да се најдат соодветни локации за секој секој сет на критериуми и база на податоци. Слика 5, во продолжение, ќе ги опише критериумите земени предвид за анализа на плановите за производство на електрична енергија од остатоци од ориз (или оризови полиња). Овие критериуми се користени за филтрирање на соодветните локации. Базите на податоци се визуелизирани како мапи во софтверот. Филтрираните бази на податоци потоа беа преклопени едни со други за да се најдат места каде што сите критериуми се совпаѓаат.

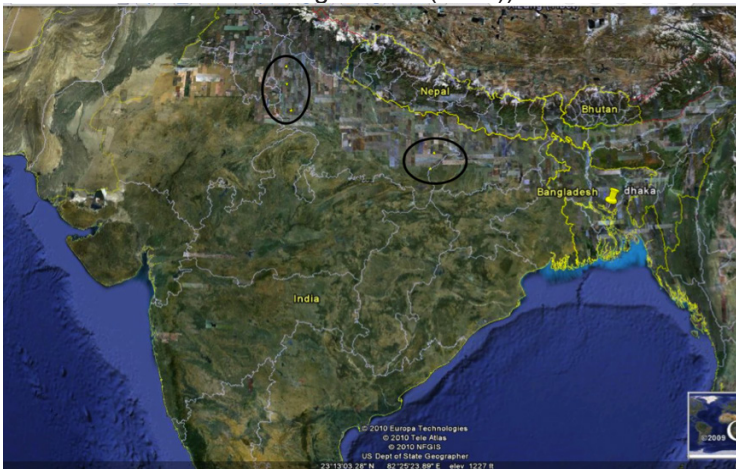


Слика 5: Преземени чекори да се откријат соодветни локации за електроцентрали што ќе работат на остатоци од ориз во Индија

ГИС анализата на електроцентрала што ќе работи на остатоци од ориз во Индија го покажува следниот резултат, претставен на Слика 6. Истите чекори се направени за да се откријат локации за производство на електрична енергија од остатоци од пченица и резултатите се прикажани на Слика 7.



Слика 6: Потенцијална локација за производство на електрична енергија од остатоци од ориз во Индија (основен извор на слика Google Earth (2010)).



Слика 7: Потенцијална локација за производство на електрична енергија од остатоци од пченица во Индија (основен извор на слика Google Earth (2010)).

8. Одредена загаженост поврзана со производството на електрична енергија од остатоци од култури

Постојат неколку начини на набавка на биомаса за производство на енергија. Тоа може да биде преку садење на енергетски култури, шуми или дури и со користење на остатоци од културите по преработката на истите (Lal, 2004).

Во овој труд, еден од нашите главни интереси е производство на енергија од остатоци од култури. Ернест и Бафингтон (1981) го дефинираа остатокот од култура како делови од растенија што не може да се јадат, кои се оставени по жетвата. Остатокот, исто така, може да вклучува и делови што се фрлаат по пакувањето и обработката на културите. Тие имаат вредност на затоплување што е еднаква на 50% од онаа на јаглен и 33% од онаа на дизел гориво. Тоа е околу 3×10^6 kcal/Mg (Larson, 1979).

Според проектот на индиската Влада (кој се споменува во дел 4), моменталниот потенцијал за енергија од остатоци од биомаса во Индија е 24.841 мегавати (MW). Од нив, 75% е од остатоци од земјоделството додека останатиот дел е остаток од шумите и опустошената земја (BRAI, 2010). Овој труд се стреми да испита дали отстранување на овој остаток од почвата за друга намена е еколошки одржливо.

Како што споменавме порано, постојат бројни извори на биомаса за производство на електрична енергија. Меѓутоа, другата страна на приказната е дека секогаш кога користиме биомаса за енергија, ние ја користиме по цена на други бенефиции. Едноставен пример би бил: земјиштето што се користи за посеви кои ќе се употребат во енергетски цели би можело да се користи за земјоделство, шумарство или други цели, како на пример паркови за рекреација. Сепак, некои студии се спротивставуваат на општата перцепција дека остатокот од културите е „отпад“, и поради тоа, е „бесплатно“ гориво. Лал (2004) споменува дека сите остатоци не треба да се отстранат од полињата бидејќи со тоа ќе се намали квалитетот на почвата и на крај ќе доведе до други сериозни еколошки проблеми. Некои студии (Kim and Dale, 2004) тврдат дека спречувањето на ерозијата на почвата е единствената причина поради која треба да се вратат остатоците од културите на почвата и од 20% до 40% од остатокот може да се отстрани за други намени. Сепак, овие студии се направени за појасот каде се одгледува пченка во САД и може да се разликуваат од регион до регион. Според Линдстом и Холт (1983), потребите од остатоци за да се контролира ерозијата на почвата може да зависат од различни фактори, како теренот, силата на врнежи,

користење на земјиштето и, исто така, начините на обработка на почвата како системот на земјоделие и методите на орање, меѓу другите.

За среќа, проценката според Атласот на ресурси на биомаса во Индија (BRAI, 2010) на потенцијалот на енергија од остатоци го зема предвид фактот дека 100% од остатокот не може и не треба да се користи за производство на електрична енергија. По пресметката од достапните податоци, заклучивме дека, во просек, од 60% до 70% од производството на остатоци од биомаса ќе се искористи за производство на електрична енергија. Сепак, ова е многу повисок процент од оној препорачан од студијата за САД, која се однесуваше само за појасот каде се одгледува пченка во САД. Поради тоа, треба да се направи понатамошно истражување за Индија за тоа дали оваа количина е висока и може да доведе до пад во квалитетот на почвата долгорочно.

За жал, само таквата студија не може да го оправда случајот на производство на електрична енергија од остатоци, како што тоа е промовирано од Владата на Индија. Покрај ерозија на почвата има неколку други фактори кои зависат од враќање на остатоците на обработливите површини:

- намалување на содржината на органска материја во почвата (Wilhelm et al, 2004);

- намалување на изворот на макронутриенти (N, P, K) и на микронутриенти (S, Cu, B, Zn, Mo) потребни за одгледување на култури и хумификација на остатоците (Mubarak et al, 2002).

- намалување на агрегација на почвата и на крај на стабилноста на нејзината структура (Carter, 2002);

- намалување на енергијата за сите микробиолошки процеси во почвата (Franzluebbers, 2002);

- намалување на задржувањето на водата и преносот на својствата (Lal, 2004).

Поради тоа, со цел да се започне со масовно производство на електрична енергија од остатоци од биомаса во Индија треба да се земат предвид овие аспекти.

9. Заклучок

Потенцијалот на електроцентрали што ќе работи на остатоци од биомаса во Индија е прилично значаен. Тој може да биде од голема корист за да се обезбеди електрична енергија во оддалечените рурални области. Меѓу другите обновливи ресурси (особено соларни) производството на електрична енергија од остатоци од биомаса е евтино. Покрај тоа,

со ваквиот начин се произведува многу мала количина на емисии на стакленички гасови, кои можат да помогнат Индија да се насочи кон економија со ниски емисии на јаглерод. Сепак, постојат конфликтни прашања кои можат да го попречат порастот на енергијата на остатоците од биомаса. Едно од нив е конфликтот со безбедност на храната, а друго се однесува на соодветните субвенции и цената на јаглеродните кредити. Овие параметри треба да се земат предвид во идните политики и регулативи за производство на електрична енергија од остатоци од биомаса. Владата може да започне со некои пилот-проекти за да ги пронајде решенијата за овие конфликтни прашања. Накратко, соодветна политика, регулирање и финансиски стимулации може да доведат до значително зголемување на производството на електрична енергија од биомаса, особено во руралните делови на Индија.

Резиме

Употребата на остатоци од биомаса за производство на електрична енергија, од една страна може да се користи како многу евтин извор за енергија, а од друга страна да помогне во намалување на влијанието на производството на електрична енергија врз животната средина во голема мера. Оваа студија се обидува да го анализира потенцијалот на производство на електрична енергија од остатоци од биомаса во Индија. Прво, таа ја споредува економската остварливост на различни технологии на производство на електрична енергија од остатоци од биомаса. Резултатите покажуваат дека јаглеродниот отпечаток (carbon pricing) е важен фактор што допринесува овие технологии да бидат посоодветни. Второ, таа користи едноставен модел да го предвиди идниот потенцијал на производство на електрична енергија од овој вид сировини и потенцијално достигнување до 62,093 мегавати до 2030 година и, на крај, покажува резултати од спроведена ГИС (Географски информационален систем) анализа чија цел е да се лоцираат некои соодветни локации каде може да се лансираат пилот проекти за производство на електрична енергија од остатоци од ориз и од пченица.

**Arijit PAUL, Asif RAHMAN
Saptarshi PAL, Jana SPIROSKA**

POTENTIAL OF BIOMASS BASED ELECTRICITY GENERATION IN INDIA: A CASE STUDY

Abstract

The use of biomass residue for power generation can on one hand be used as a very cheap source of energy where on the other hand help reduce the impact of energy production on environment to a great extent. The study thus tries to analyze the potential of Biomass residue based power generation in India. Firstly, it compares the economic feasibility of different technologies of biomass residue based power generation. The results show that carbon pricing is an important factor in making these technologies more suitable. Secondly, it uses a simple model to predict the future potential of power generation based on this raw material and potential reach up to 62.093 MegaWatt by 2030 and finally, it conducts a GIS analysis that was done to find some suitable locations where rice and wheat residue-based electricity can be launched as pilot project.

Библиографија

Berndes, G., Hoogwijk, M. and van den Broek, R. (2003). The contribution of biomass in the future of global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass Bioenergy* 25:1–28.

Biomass Resource Atlas of India (BRAI). (2010). Potential of power generation from crop residues in India. URL: <http://lab.cgpl.iisc.ernet.in/Atlas/> [консултирано на 9 април, 2010]

Buragohain, B. et al. (2010). Biomass gasification for decentralized power generation: The Indian perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (2010) 73–92

Bhattacharya, S. C. (2006). Energy access problem of the poor in India: is rural electrification a remedy? *Energy policy* 34: 3387 – 3397.

Carter, M.R. (2002). Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy Journal* 94:38–47.

Central Electricity Authority of India. (2010). Generation installed capacities (MW) of power utilities in States/ Union Territories. URL: <http://www.cea.nic.in/> [консултирано на 16 април, 2010]

Central Electricity Regulatory Commission of India. (2009). Terms and conditions for tariff determination from renewable energy sources. URL: http://cercind.gov.in/Regulations/Final_SOR_RE_Tariff_Regulations_to_upload_7_oct_09.pdf [консултирано на 16 април, 2010]

Ernest R.K. and Buffington, L.E. (1981). Crop residue. In: *Handbook of bolar research materials*. ed. T.A. McClure, FL7. Boca Raton: CRC Press.

Franzluebbers, A.J. (2002). Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage Research* 66:197–205.

German Development Institute. (2008). *Barriers to successful implementation of renewable-based electrification*. URL: [http://www.die-gdi.de/CMSHomepage/openwebcms3_e.nsf/%28ynDK_contentByKey%29/ANES7KN9HD/\\$FILE/BP%207.2008%20Valencia.Caspary.pdf](http://www.die-gdi.de/CMSHomepage/openwebcms3_e.nsf/%28ynDK_contentByKey%29/ANES7KN9HD/$FILE/BP%207.2008%20Valencia.Caspary.pdf) [consulted 21 March 2010].

International Energy Agency (IEA). (2007a). Balances. International Energy Agency: Statistics. URL:

<http://www.iea.org/Textbase/stats/prodresult.asp?PRODUCT=Balances> [consulted on April 9, 2010]

International Energy Agency (IEA). (2007b). IEA energy technology essentials, biomass for power generation and CHP. URL: <https://www.iea.org/techno/essentials3.pdf> [консултирано на 16 април, 2010]

Kim, S. and Dale, B.E. (2004). Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. *Biomass Bioenergy* 26:361– 75.

Lal, R. (2005). World crop residues production and implications of its use as a biofuel. *Environment International* 31 (2005) 575– 584

Larson, W.E. (1979). Crop residue: energy production on erosion control. *Soil Water Conservation* 34:74–76

Lindstrom, M.J. and Holt, R.F. (1983). Crop residue removal: the effects of soil erosion and nutrient loss. In: *Nutrient cycling in agricultural ecosystems*. ed. R. Lowrance, 428– 38. Athens: Univ. of Georgia, College of Agric. Exp. Stations.

Lindstrom, M.J., Gupta, S.C., Onstad, C.A., Holt, R.F. and Larson, W.E. (1981). *Crop residue removal and tillage-effects on soil erosion and nutrient loss in the corn belt*. Agriculture Information Bulletin, vol. 442. Washington DC: US Dept of Agriculture.

Ministry of Non-Conventional Energy Sources, Government of India. (2005). Biomass. URL: <http://mnre.gov.in/booklets/Book2-e.pdf> [консултирано на 16 април, 2010]

Ministry of New and Renewable Energy, Government of India. (2006). *MNRE/GOI Circular Number 14/8/2004-SHP dated 26.12.06*

Mubarak, A.R., Rosenani, A.B., Anuar, A.R. and Zauyah, S. (2002). Decomposition and nutrient release of maize stover and groundnut haulm under tropical field conditions of Malaysia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33:609– 22.

Nouni, M.R., Mullick, S.C., Kandpal, T.C. (2009). Providing electricity access to remote areas in India: niche areas for decentralized electricity supply. *Renewable Energy* 34: 430 – 434

Planning Commission, Government of India. (2005). *Draft report of the expert committee on integrated energy policy*. New Delhi: Planning Commission, Government of India

Rajvanshi, A. K. (2006). *Strategy for rural electrification*. URL: <http://nariphaltan.virtualave.net/ruralelec.pdf> [consulted 21 March 2010]

Sathaye, J., and Phadke, A. (2004). *Cost and carbon emissions of coal and combined cycle power plants in India: implications for costs of climate mitigation projects in a nascent market*. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory

Shukla, P.R. (1997). Biomass Energy in India: Policies and Prospects. Paper presented at the workshop on Biomass Energy: Key Issues and Priority Needs. International Energy Agency (IEA). Paris, February 3-5.

State Planning Commission (2009). Status of Rural Electrification In Madhya Pradesh. Poverty Monitoring and Policy Support Unit State Planning

Commission. URL: <http://www.mp.gov.in/spb/international-aided-projects/rmpsu/report.pdf> [консултирано на 21 април, 2010]

Stella (2002). Stella Research- Version 7.0.3 for windows. Altura Software Inc. Hanovar, Germany.

The Companies Act. (1956). Came into force on 1-4-1956 vide S.R.O 612, dated 8th March, 1956, published in the Gazette of India, Extra.1956, Pt.II, sec. 3, p. 473

The Gazette of India. Ministry of Power. (2006). *Rural electrification policy*. URL: http://powermin.nic.in/whats_new/pdf/RE%20Policy.pdf [consulted 22 April 2010].

Stanford University (2003). Renewable light for the developing world. URL: http://cee45q.stanford.edu/2003/briefing_book/india.html [consulted 21 March 2010].

Stout, B.A. (1984). *Energy use and management in agriculture*. North Scituate: Breton Publishers.

UNFCCC (2010). Nationally appropriate mitigation actions of developing country Parties: Letter including India's domestic mitigation actions. URL: http://unfccc.int/files/meetings/application/pdf/indiacphaccord_app2.pdf (консултирано на 20 април, 2010)

Weyant, P., de la Chesnaye, F.C., and Blanford, G.J. (2006). Overview of Energy Modelling Forum – 21: Multigas mitigation and climate policy. *The Energy Journal*, Multi –Greenhouse Gas mitigation and climate policy special issue: 1-32

Woods, J. and Hall, D. (1994). *Bio-energy for development: technical and environmental dimensions*. Rome: FAO