

1. УВОД

Данас се човечанство налази пред једним великим изазовом. Највише коришћени извори енергије у савременом свету, који су у току предходна два века донели брз напредак техничке цивилизације, нафта и нуклеарна енергија, показали су последњих деценија двадесетог века, низ неотклоњивих недостатака.

У данашњем свету организација живота се у првом реду ослања на коришћење фосилних горива, што доводи до незаустављивог повећања потрошње тих горива, уз истовремену деградацију животне средине и интензивирање зависности и сиромаштва оних који ту врсту горива немају у свом поседу.

Да би се сачувала еколошка равнотежа, развој не сме имати карактеристике нестабилних, тј. неодрживих, процеса који завршавају сломом. Одрживи развој и обновљиви ресурси, нису оспоравани као дугорочна перспектива, међутим, када је у питању конкретизација у непосредној будућности, постоји више дилема.

Гледано на дуге стазе, прелазак на обновљиве енергетске ресурсе је питање опстанка живота на планети. Гледано краткорочније довољно је јасна и изјава коју је дала Lojola de Palasio, потпредседнице Европске комисије, чији је ресор енергија, а у ком ресору значајну позицију имају обновљиви извори енергије. На завршној седници Европске конференције о обновљивој енергији "Intelligent Policy Options" у Берлину 21 јануара 2004. она је изјавила **"...за земље у развоју приступ обновљивим изворима енергије представља излаз из сиромаштва и изолације"** (СЕС, 2004).

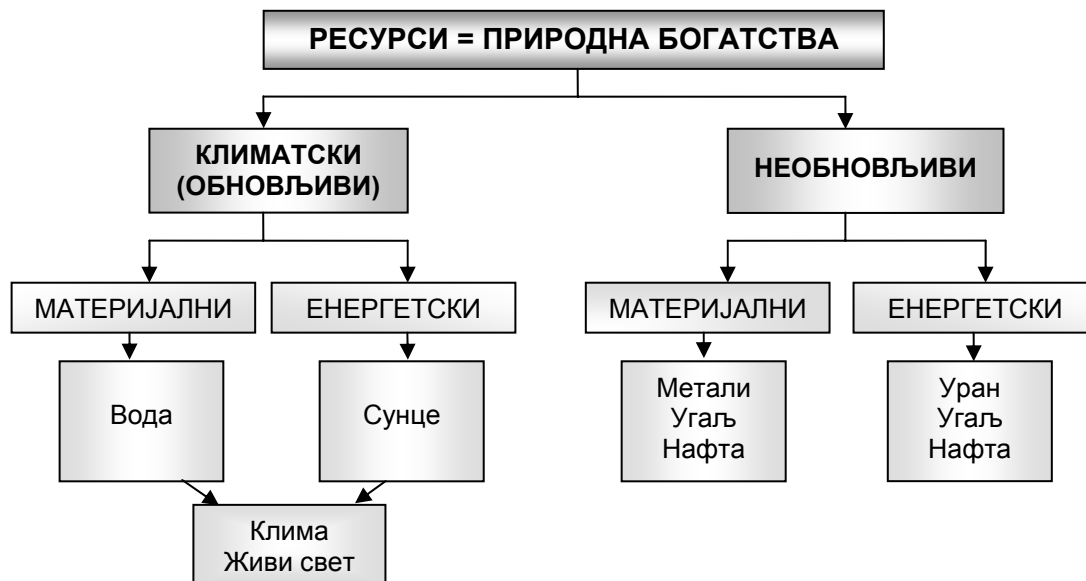
Енергетски и материјални ресурси

Ресурси су извори средстава неопходних за опстанак и развој човечанства, па се често називају и природна богатства (Слика 1.1). У нашем свету су присутни материјални и енергетски ресурси. Ова подела је релативна, јер се на пр. нафта и дрво могу користити и као енергенти и као сировине за производњу употребних предмета.

Друга подела, која се данас примењује углавном на енергетске ресурсе, мада наравно важи и за материјалне, разликује обновљиве и необновљиве ресурсе. Необновљиви ресурси су дати једном и у ограниченим количинама, док обновљиви ресурси имају квантитативна ограничења у краћим периодима, али немају временско ограничење.

Човек је у својој историји користио различита материјална богатства природе, почевши од дрвета, камена, бакра и гвожђа, па даље до племенитих и ретких метала. Ови ресурси су омогућили стварање материјално богате цивилизације. Међутим, материјални напредак, почев од бакра и даље, није био могућ без ватре, односно допунског извора енергије, који човеку повећава продуктивност, или му ствара повољнији амбијент за живот.

За ватру је човек користио дрво, тако да се дрво јавља и као материјални и као енергетски ресурс. За разлику од широког дијапазона материјалних ресурса, као енергетски ресурс хиљадама година је било присутно углавном дрво, а у мањој мери ветар, хидроенергија и сунчева енергија. Тек у последња два века појавила су се фосилна горива и нуклеарна енергија.



Слика 1.1 Обновљиви и необновљиви ресурси

Шта су климатски ресурси

Енергетски ресурси: сунчева енергија, биомаса, ветар, хидроенергија (укључујући и изворе) представљају различите комбинације енергије Сунца и присуства воде у атмосфери. Та комбинација представља суштину климе, па се ови ресурси сматрају климатским ресурсима. Живот на планети Земљи настао је и опстаје милионима година захваљујући управо тим ресурсима, или општепознатим речником речено - повољној клими.

Клима је главни енергетски ресурс на површини планете Земље. Она се као енергетски ресурс јавља у више облика (Слика 1.2).



Слика 1.2 Шема климатског система

Први облик је сунчева енергија, тј. електромагнетно зрачење Сунца, које доспева на Земљину површину. Укупан спектар Сунчевог електромагнетног зрачења покрива екстремно широк опсег таласних дужина: од 0.1nm до таласних дужина реда величине 1km. Највише енергије имају таласне дужине од 360 до 700nm. То су таласне дужине које човек препознаје као светлост, а истовремено су и главни доносилац енергије на планети и покретач климатског система у слоју атмосфере од тла до висине од десетак километара. На површини тла се ово зрачење трансформише и бива као дуготаласно (инфрацрвено) зрачење реемитовано натраг у васиону. Разлика између примљеног и реемитованог зрачења (биланс зрачења) представља главну енергетску компоненту климе сваке тачке на Земљиној површини.

Други облик је енергија ветра. Овде је у питању кинетичка енергија кретања ваздуха, настала трансформацијом дела сунчеве енергије.

Трећи облик је хидроенергија. Користи се као кинетичка енергија воде, која се у силазној путањи кружења воде у атмосфери, слива са планина.

Четврти облик је енергија биомасе. Биомаса се ствара у одређеним климатским условима, који настају у повољним комбинацијама енергетског и водног биланса. Овде треба имати у виду и чињеницу да биомаса није само енергетски него и **једини обновљиви материјални ресурс**.

Само први од четири облика климатских ресурса јавља се у нетрансформисаном облику и вода на њега има утицај једино преко рефлексије и апсорпције. У осталим облицима је вода значајан партнер. Она је значајна као материјална компонента у биомаси, а путем латентне топлоте фазних стања (лед, течна вода, пара) учествује и у енергетском билансу.

У чему је разлика између појмова климатски ресурси и обновљиви ресурси? Чињеница је да се у новије време најчешће употребљава израз обновљиви, а не алтернативни, нови или чисти, који су доскора могли да се чују. Да ли, ако кажемо »климатски ресурс«, уводимо само нов термин и повећавамо збрку, или се ради о објашњавању суштине. Једини обновљиви ресурс осим четири напред набројана климатска ресурса, су геотермалне воде. Геотермалне воде топлотну енергију не црпе од Сунца, већ из унутрашњости Земље, међутим термални извори, као и сви други извори, воду добијају од атмосферских падавина. Дакле, без хидролошког циклуса (кружења воде у атмосфери) и сунчеве енергије не би било ни геотермалних извора, па ни обновљивих подземних резервоара геотермалне воде. Према томе, само гејзире и вулкани се могу сматрати обновљивим изворима који не зависе од климе.

Појава необновљивих извора енергије

Тек у последња два века појавила су се фосилна горива и нуклеарна енергија. Ова два последња ресурса су због високе концентрације енергије донела велико убрзање производње. Фосилна горива су по свом пореклу такође климатски ресурс. Она представљају трансформисану биомасу насталу у неком ранијем периоду под одговарајућим климатским условима. Тадашња биомаса је доспела у услове, који су онемогућавали труљење, уз истовремено исушивање. Том трансформацијом је у њој повећана концентрација карбона, па тиме и енергетска вредност.

Висока концентрација енергије у фосилним горивима (угљу, нафти, земном гасу) и радиоактивном урану, јако је убрзала производњу у току индустријске револуције и у двадесетом веку.

Већ у другој половини двадесетог века схваћено је да употреба фосилних горива и нуклеарне енергије доноси два нерешива проблема. Један је, да ће се већ савремена генерација суочити са оскудицом ових енергената, а други је да ти енергенти упропашћују

животну средину планете. Ово је довело у питање и њихову тобожњу економичност, јер раније у њихову цену није урачунавана санација штетних последица (ЕЕА, 2004) .

Свима је јасно да необновљиви ресурси немају дугорочну перспективу, али је тешко извести заокрет у актуелном начину живота човечанства, који захтева велике инвестиције, промене у навикама, а угрожава и неке монополе.

Одрживи развој

Појам одрживог развоја настао је као израз озбиљне забринутости због многих знакова да актуелни тренд потрошње енергије, и других ресурса, који расте по експоненцијалној кривој, не може да траје унедоглед.

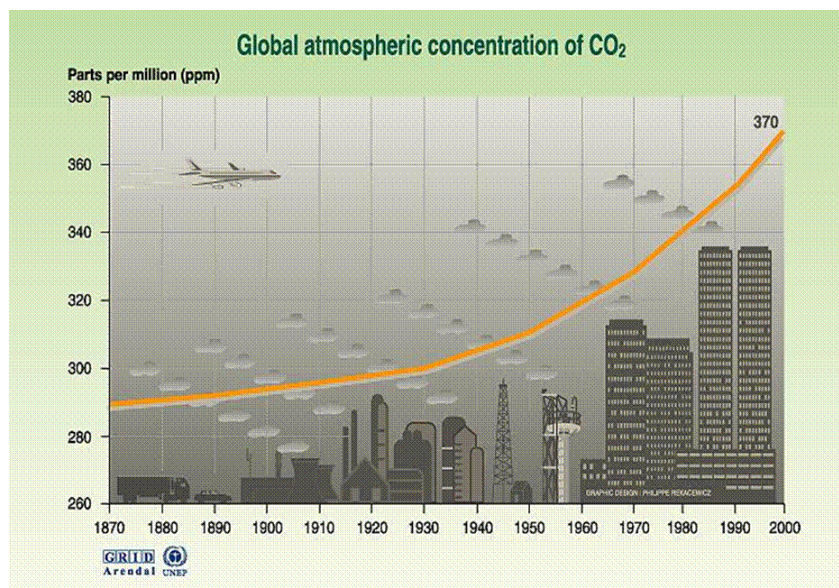
Експоненцијална функција која се јављала у приказивању развоја човечанства и прираштаја становништва указивала је на неодрживост таквог пута.

У физици је широко познат пример са мостом по коме марширају војници. Када се ритам марша поклопи са ритмом осциловања моста, почиње нагли раст амплитуде осцилација. Тај раст иде експоненцијално, по кривој катастрофе.

Неодрживост или нестабилност постоји свуда где се наруши нека често врло суптилна равнотежа. Сведоци смо у овом времену нарушавања равнотеже озона и угљендиоксида у атмосфери, што озбиљно угрожава живот на Платети (Гбурчик В&П, 2003а).

Већ у седмој деценији двадесетог века метеоролози су констатовали да количина угљендиоксида (Слика 1.3) у атмосфери расте експоненцијално. Већини то није изгледало посебно узбудљиво, јер угљендиоксида у атмосфери има само 0.03%, односно свега три од десет хиљада молекула. Међутим, то је најважнији Земљин покривач који је спасава од смрзавања, али његово удвостручавање ће довести до прегревања атмосфере и топлотне катастрофе.

Симптом катастрофе се видео већ у експоненцијалној функцији пораста количине угљендиоксида. То је била прва таква појава измерена у атмосфери. Метеоролози су већ тада знали каква је веза угљендиоксида и температуре у атмосфери, па су врло брзо настали и први модели прогнозе температуре у приземном слоју атмосфере, који су давали тренд пораста температуре по кривој катастрофе (UNEP, 2002а).



Слика 1.3 Пораст концентрације угљендиоксида у току индустријске ере

Светска потрошња енергије данас износи око 10^{14} kWh годишње. То одговара количини енергије коју даје око 9000Mt нафте, односно 9000 Mtoe. Од тога око 1000 Mtoe отпада на «чиста» горива, па је актуелна потрошња фосилних горива око 8000Mt (IEA, 2001).

1Mtoe (million tonne oil equivalent)
1Mtoe= $1,17 \cdot 10^{10}$ kWh

Сагоревањем фосилних горива долази до емисије великих количина CO₂ у атмосферу. Производња CO₂ по тони горива креће се од 2,33t за угаљ до 3,2t за бензин. Оквирна процена је да тона горива производи 3 тоне CO₂ (DWIA, 2003а).

У светским размерама потрошња од 8000Mt фосилних горива даје продукцију од око 24000Mt CO₂.

Главни циљ одрживог развоја је очување еколошке равнотеже тамо где она постоји, односно њено поновно успостављање на подручјима где је већ поремећена. За рад на успостављању еколошке равнотеже потребно је уклањање узрочника поремећаја равнотеже, односно што бржи прелазак са необновљивих на климатске ресурсе.

Повратак климатских ресурса на светску сцену

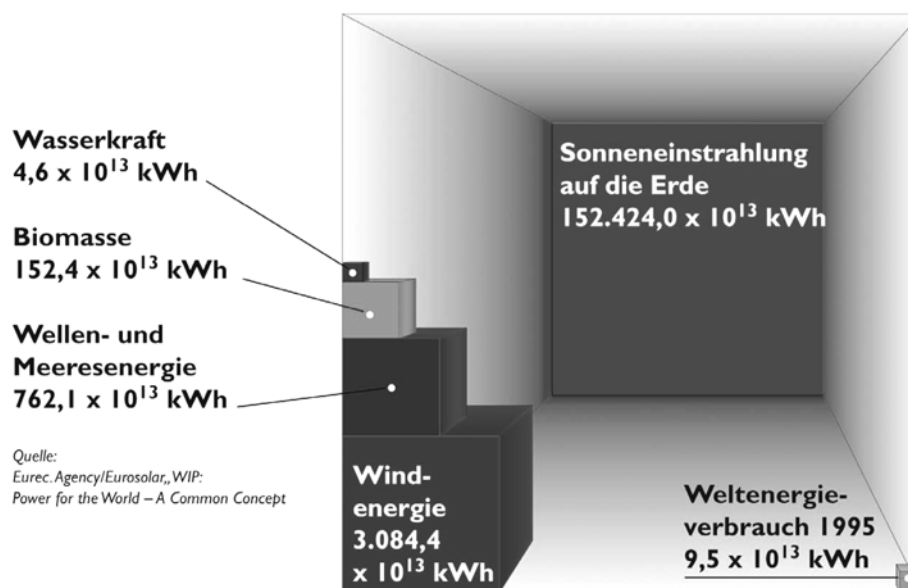
Појава енергетске кризе у свету почетком седамдесетих година изазвана ескалацијом цена сирове нафте на светском тржишту, само је један од упозоравајућих симптома, који је указао да неконтролисано и нерационално трошење енергије из ресурса, чији су потенцијали ограничени, води ка веома брзом исцрпљивању ових извора енергије.

Ако оставимо тренутно по страни штетан утицај коришћења (конверзије) одређених примарних облика енергије (хемијска-фосилна горива, нуклеарна-уранијум), на животну средину и климу, најбитнија слабост ових извора енергије, са становишта даљег развоја, је у томе што су резерве ограничене.

Принципијелно решење је у томе да се изврши оријентација на изворе који нису ограничени, односно на енергије које се непрекидно обнављају.

Енергије које се обнављају су Сунчева енергија и врсте енергије које су у уствари различите варијанте Сунчеве енергије. То су, енергија воде, ветра и биомасе.

Количина обновљиве енергије на неком подручју директно је везана са климом тог подручја (Гбурчик П&В, 2003б). Уствари, суштинске карактеристике климе су квантитативни показатељи енергетских потенцијала Сунчевог зрачења и ветра. Већ је утврђено да је овај потенцијал многоструко већи од данашњег утрошка енергије. (Слика 1.4).



Слика 1.4 Квантитативни односи различитих енергетских ресурса

Какве су количине енергије којима располажу климатски ресурси у односу на савремене потребе човечанства? Човечанство данас троши око 10^{14} kWh годишње. Сунце сваког дана достави на Земљину површину око петнаест хиљада пута више енергије него што човечанство, у овој данашњој расипничкој фази, успева да потроши, а да се притом ипак смрзава и гладује.

2% од сунчеве енергије претвара се у енергију ветра, која је према томе 300 пута већа од укупне актуелне потрошње енергије. Енергија таласа, плиме и осеке је око 70 пута већа од потрошње. Енергија биомасе, која је раније била главни извор енергије и данас када је у великој мери запостављена, има потенцијале 15 пута веће од актуелне потрошње. Хидроенергија, која се од свих климатских ресурса користи највише, ипак има потенцијал само да покрије половину актуелне потрошње (Bartelt H, 2003).

Поред овог, директно енергетског аспекта климе као природног богатства, веома је важан биолошки аспект. Наиме, клима се може третирати као природно богатство и у том смислу што развој флоре и фауне, дакле пољопривреде, сточарства и шумарства веома зависи од климе. Дакле, одговарајућа констелација Сунчевог зрачења, температуре, влаге, падавина и ветра чине да су нека подручја потенцијално богатија. Упознавање и рационално коришћење овог потенцијала може битно да допринесе развоју, уз истовремено смањивање коришћења ограничених и необновљивих извора енергије.

Од четири климатска ресурса до сада је највише коришћена биомаса у облику огрева и хидроенергија. Хидроенергија има све мане енергије ветра, има малу густину, има дуге периоде »тишина«, огромне флукуације интензитета. Превазилажење тих мана тражило је велике инвестиције – изградњу брана и резервоара.

Коришћење енергија ветра и Сунца доживљавају данас у свету велику експанзију. Поред тога што се ради о еколошки чистим енергијама, битан фактор за значајну експанзију је и чињеница да је експлоатација извора обновљиве енергије постала и економски конкурентна.

Још један суштински елемент климе као ресурса данас је добио приоритетни значај у савременом свету. Клима је саставни део сваке територије и њено коришћење ослобађа од енергетске зависности, а за земље у развоју то је једини начин да умање своје сиромаштво.

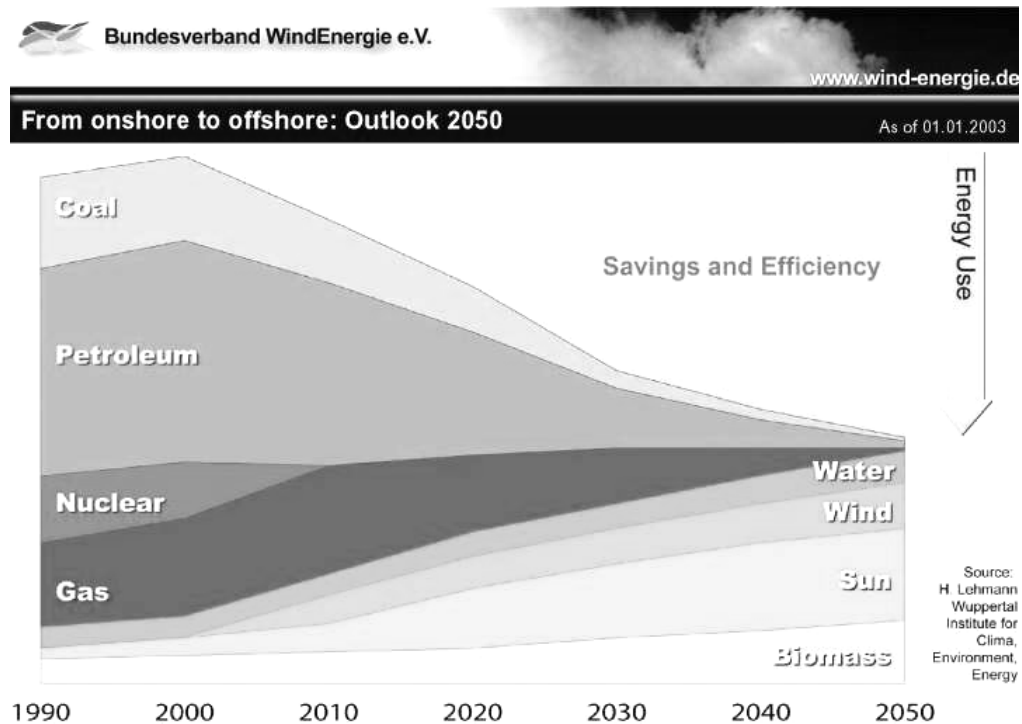
Последњих година је у читавом свету, а нарочито у Европској унији дошло до наглог пораста примене свих облика обновљиве енергије (EUC, 997), (EUP, 2001), (EUP, 2003b).

На Светском конгресу климатолога у Женеви 1979. као главни разлози за иницирање и организовање Светског климатског програма истакнути су:

- а. Клима као природни ресурс и интеракција са економским развојем
- б. Промене климе

Ова оријентација не само да је потврђена на Светском самиту о животној средини и развоју у Рио де Женеиру 1992., већ је прихваћена као оријентација читавог човечанства и оснажена доношењем међународних правних инструмената. Тако се у Агенди 21, првом светском плану одрживог развоја, у посебној секцији (Section II) планирају активности на очувању и управљању ресурсима, а Конвенцијом о променама климе утврђују обавезе, мере и механизми за заштиту климе.

На свим овим међународним саветовањима предлагани су различити сценарији темпа преласка на обновљиве ресурсе. Најоштрији темпо предложила је Немачка (Bartelt H, 2003), (Слика 1.5). Нема сумње да ће човечанство ићи овим путем, међутим, ако посматрамо све тешкоће и отпоре, тешко је поверовати да ће се то постићи до 2050.



Слика 1.5 Сценарио оптималне брзине преласка на климатске ресурсе

После Првог светског конгреса о клими и усвајања Светског климатског програма 1979. уследило је брзо усвајање Националних климатских програма у скоро свим земљама света, формирање Међувладиног панела о променама климе 1988, Самит у Рио 1992., Кјото протокол 1998., самит у Јоханесбургу 2002.

Уследиле су и научне акције светских размера без преседана. Стварање Светског и националних мониторинга климе. Извршена је детаљна реконструкција светске климе за више хиљада година уназад.

Донета је и Генерална стратегија Европе оличена у Директивама Савета Европе о обновљивим ресурсима и постигнути су огромни резултати на том путу. Нажалост, ни СФРЈ, ни СРЈ ни Србија нису никада донели своје климатске програме, што се одразило на деградацију метеоролошке мреже и одсуство базе метеоролошких података.

Данас, Светска метеоролошка организација (поводом Светског метеоролошког дана 2003.) поручује: **«Клима се све више препознаје као један од најдрагоценијих ресурса на Земљи»** (WMO, 2003).

Велике препреке на путу увођења климатских ресурса у енергетски систем, представља непостојање одговарајуће законске регулативе и одговарајућих техничких услова за прикључење на постојећу електричну мрежу и оперативан рад крупних система обновљивих извора, нпр. паркова ветра. Европска Унија је донела одговарајуће Директиве и већина земаља Уније је већ регулисала те проблеме и на националном нивоу.

Као основ за бржи напредак на том плану могу се сматрати следеће четири Директиве:

Директива о унапређењу производње електричне енергије из обновљивих ресурса (EUP, 2001).

Директива о енергетској ефикасности зграда (EUP, 2002).

Директива о промоцији биогорива (EUP, 2003).

Директива о промоцији когенерације (EUP, 2004).

Ова законодавна активност може да послужи као путоказ и за земље које тек планирају да уђу у Европску Унију.

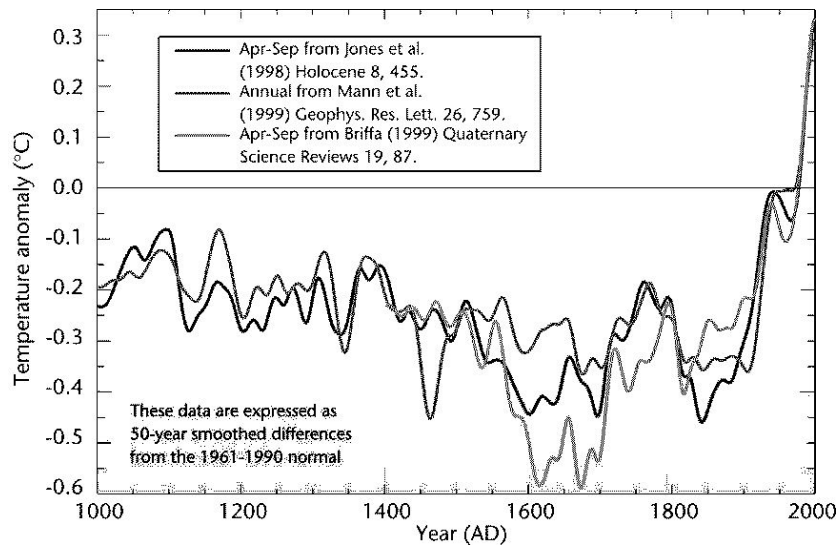
Земље ЕУ улажу велика финансијска средства у програм "Inteligent Energy - Europe". За период 2003 - 2006 предвиђена је сума од 250 милиона EUR. Европска Инвестициона Банка удвостручила је удео обновљиве енергије у својим зајмовима за енергију, са 8 на 16% (СЕС, 2004b).

Актуелне климатске промене

Крива хиљадугодишњег тока температуре, коју су реконструисали палеоклиматолози, показује незадрживи пораст у последњој деценији 20. века. (WMO, 2001) Данас већ и измерене температуре имају тренд криве катастрофе, који су најављивали већ први, али понављају и најновији прогностички модели. Таква карактеристика се види и на тренд линијама температура Београда и Сурчина.

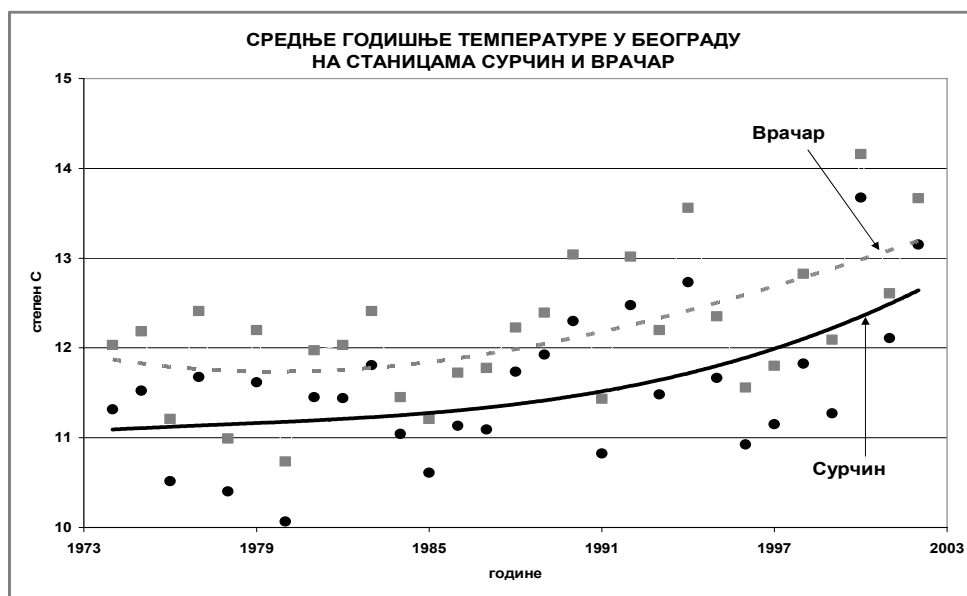
У оквиру Светског климатског програма спроведена је сарадња великог броја екипа палеоклиматолога и стручњака других профила, који су извршили реконструкцију климе за више хиљада година уназад. За период другог миленијума добијен је ток годишњих температура са прецизношћу која је упоредива са периодом инструменталних мерења 1860-2000. (Слика 1.6).

Последња деценија двадесетог века је најтоплија у хиљадугодишњем периоду, а присутан је и тренд даљег брзог пораста температуре површине планете. Незадрживи пораст температуре дају и сви сценарији прогнозе за 21. век, под условима садашњег тренда емисија гасова стаклене баште у атмосферу (IPCC, 2001).



Слика 1.6 Палеоклиматска реконструкција планетарне температуре (0.0 је средња вредност за период 1961-90)

У Београду су у последњој деценији констатоване климатске промене које су делимично део општих климатских промена, а делимично се дешавају услед утицаја урбане структуре града. Београдска метеоролошка опсерваторија ради од 1888., а нивои одређених метеоролошких елемената могу се реконструисати и за дужи период, на основу метеоролошких мерења вршених пре оснивања опсерваторије. На основу осматрања са ове Опсерваторије утврђене су промене у годишњем ходу температуре и падавина у току последњих 115 година. У првој половини двадесетог века постоји благ пораст температуре због урбанизације подручја око Опсерваторије. У току последњих двадесет година, у време стагнације у развоју града, присутан је нагли пораст годишњих температура који се не може приписати урбанизацији, већ само општем отопљавању на Планети. Пораст температуре је констатован и на аеродромској метеоролошкој станици Сурчин, који ни у ком случају не може бити проузрокован утицајем урбанизације (Слика 1.7). Услед постојања урбаног топлотног острва у центру старог дела Београда, опсерваторија Врачар има за приближно 1 степен вишу средњу годишњу температуру од Сурчина (Гбурчик П&В, 2003а).



Слика 1.7 Паралелан пораст температуре у центру града и околини

Ово убрзавање пораста температуре свакако је важан аргумент да треба што пре реаговати акцијом, која ће тај пораст успорити и зауставити, пре него што промене постану неповратне. Главна акција у Европи је убрзани прелазак на коришћење обновљивих извора енергије и то у првом реду енергије сунца, ветра и биомасе.

У Србији су конкретне организоване акције само у траговима. Програм коришћења алтернативних и обновљивих енергетских извора који је покренуло Министарство науке Србије је охрабрујући подстицај.

Један од предуслова да се рационално планира коришћење енергије сунца, ветра и биомасе јесте процена енергетског потенцијала на националном нивоу, односно познавање просторне и временске расподеле потенцијала. Предуслов за следећи корак ка конкретним акцијама коришћења ових извора је детаљно познавање потенцијала на одређеној локацији. Ова Студија даје глобалну процену енергетског потенцијала сунчевог зрачења и ветра у Србији као и предлоге у ком правцу, по којим методологијама и са којим математичким моделима треба вршити даља истраживања.

1.1 ОСНОВНЕ И МЕРОДАВНЕ WMO ДЕФИНИЦИЈЕ

Дефиниције меродавне за сунчево зрачење

Од сунчевог зрачења које допире до површине Земље у просеку 99% пада у спектрално подручје између $0,29\mu\text{m}$ и $4\mu\text{m}$. У метеорологији се зрачење које се појављује између $0,29\mu\text{m}$ и $4\mu\text{m}$ назива *сунчево зрачење*. Зрачење у спектралном подручју дужем од $4\mu\text{m}$ се дефинише као *терестријално зрачење*.

Ирадијанса је дефинисана као *снага* по јединици површине. *Ирадијација* је *енергија* по јединици површине.

Мерни инструменти за сунчево зрачење се калибришу помоћу националних еталона. Национални еталони се калибришу на међународним упоређењима са светским и/или регионалним еталоном. Систем калибрације се спроводи према одговарајућим резолуцијама Светске метеоролошке организације.

Од 1981. године, званична скала је Светска радиометријска референца (World Radiometric Reference – WRR). Раније је била коришћена Интернационална пирхелиометријска скала (International Pyrheliometric Scale – IPS 1956.). При коришћењу података мерења зрачења у вишегодишњим временским серијама све вредности по IPS 1956. треба да буду конвертоване на WRR (фактор конверзије 1,022).

Преглед термина, симбола, дефиниција и јединица

Термин	Симбол	Дефиниција	Јединице
Директна ирадијанса	I	Директна сунчева ирадијанса на нормалну површину	W/m^2
(директно сунчево зрачење)	$I(\beta, \alpha)$	Директна ирадијанса на површину нагнуту под углом β и азимутом α	W/m^2
Екстратерестријална ирадијанса	I_{0j}	Екстратерестријална сунчева ирадијанса на нормалну површину j -тог дана	W/m^2
Соларна константа	I_0	Годишња средња вредност екстратерестријалне ирадијације	$1370 \cdot \text{W/m}^2$
Часовна директна ирадијација	I_h	Часовни интеграл директне ирадијације на нормалну површину	Wh/m^2
Дневна директна ирадијација	I_d	Дневни интеграл директне ирадијације на нормалну површину	Wh/m^2

Месечни средњак директне ирадијације	I_m	Месечни средњак дневних вредности директне ирадијације на нормалну површину	Wh/m^2
Дифузна ирадијанса (дифузно зрачење)	D $D(\beta, \alpha)$	Ирадијанса неба Ирадијанса неба и тла (на наведену нагнуту површину)	W/m^2 W/m^2
Дифузна ирадијанса за ведро небо	D_c	Ирадијанса за ведро небо	W/m^2
Дифузна ирадијанса за облачно небо	D_b	Ирадијанса за облачно небо	W/m^2
Часовна дифузна ирадијација	D_h	Часовни интеграл ирадијације неба	Wh/m^2
Дневна дифузна ирадијација	D_d	Дневни интеграл ирадијације неба	Wh/m^2
Месечна средња дифузна ирадијација	D_m	Месечни средњак дневних ирадијација неба	Wh/m^2
Дифузна ирадијација од тла на нагнуту површину	R_g	Рефлектована дифузна ирадијација од тла која досеже нагнуту површину $R_g = \rho_g G$, ρ_g = алbedo <i>Напомена:</i> ово правило не важи за хоризонталне површине окренуте нагоре	Wh/m^2
Дифузна ирадијација од тла за ведро небо	R_{gc}	Рефлектована дифузна ирадијација од тла за ведро небо, на нехоризонталну површину	Wh/m^2
Глобална ирадијанса	G	Глобална ирадијанса: збир дифузне и директне ирадијансе на било коју раван	W/m^2
(глобално зрачење)	$G(\beta, \alpha)$	Глобална ирадијанса на раван нагиба β и азимута α . (сума свих ирадијанси са Сунца, неба и тла)	W/m^2
Глобална ирадијанса за ведро небо	G_c	Глобална ирадијанса за ведро небо	W/m^2
Глобална ирадијанса за облачно време	G_b	Глобална ирадијанса за облачно небо ($G_b = D_b$)	W/m^2
Часовна глобална ирадијација	G_h	Часовни интеграл глобалне ирадијације	Wh/m^2
Дневна глобална ирадијација	G_d	Дневни интеграл глобалне ирадијације	Wh/m^2
Месечна средња глобална ирадијација	G_m	Месечни средњак дневне глобалне ирадијације	Wh/m^2
Месечна средња екстратерестријална глобална ирадијација	G_{om}	Месечни средњак дневне екстратерестријске глобалне ирадијације	Wh/m^2
Спектрална ирадијанса	E_λ	Ирадијанса (директна, дифузна или глобална) по јединици ширине таласног опсега на одређеној таласној дужини λ	$W/m^2 \mu m$
Астрономско трајање сијања Сунца	S_0	Време одређеног дана током кога је висина сунца позитивна (без корекције за рефракцију)	h
Трајање сијања Сунца	S	Измерено дневно трајање сијања сунца	h
Терестријална ирадијанса	$L(\beta, \alpha)$	Дуготаласна радијација терестријалног порекла (небо и тло) на површини под углом β и азимутом α	W/m^2

Терестријална ирадијанса неба	$L_a(\beta, \alpha)$	Дуготаласна радијација неба	W/m^2
Терестријална ирадијанса тла	$L_g(\beta, \alpha)$	Дуготаласна радијација тла која пада на специфицирану површину	W/m^2
		$L(\beta, \alpha) = L_a(\beta, \alpha) + L_g(\beta, \alpha)$	
Надморска висина станице	z		m
Садржај водене паре	w	Садржај водене паре у атмосфери, маса водене паре у стубу пречника $1m^2$	$mm\ ppw = kg/m^2$

Дефиниције меродавне за ветар

Енергија је количина рада коју неки физички систем може да изврши. Енергија може да буде конвертована у друге облике: Кинетичка енергија кретања ваздушних молекула може се конвертовати у ротациону енергију ротором ветротурбине, која даље може да се конвертује у електричну енергију генератором ветротурбине.

Снага је енергија пренета у јединици времена. Снага може да се мери у сваком делићу времена, док се енергија може мерити током одређеног периода, нпр. секунда, сат или година.

При формирању вишегодишњих временских серија података мерења ветра наилази се на податке (претежно из ранијих периода) осматрања ветра по Бофоровој скали. Овакви подаци треба да буду преведени у податке о брзини ветра коришћењем следеће скале.

Бофорова скала

Степен	Јачина	Обележје	m/s
0	тишина	потпуно тихо, дим се диже усправно	0,0
1	лахор	дим се диже готово усправно	0,9
2	поветарац	повремено креће лишће на дрвећу	2,4
3	слаб ветар	покреће заставе и лишће шибља и дрвећа у доста непрекидно кретање	4,4
4	умерен ветар	лепрша заставом, повија гранчице	6,7
5	јак ветар	повија веће гране, постаје нелагодан за чула, баца таласе на стајаћим водама	9,3
6	жесток ветар	чује се како хуји изнад кућа и других чврстих предмета, креће тање дрвеће, на стајаћим водама баца таласе од којих се неки запенуше	12,3
7	олујни ветар	повија тања стабла, на стајаћим водама пребацује таласе који се запенуше	15,5
8	олуја	повија цела јача стабла, ломи гране, осетно задржава човека који корача у правцу ветра	18,9
9	јака олуја	ломи веће и јаче гране, наноси штету крововима	22,6
10	жестока олуја	обара и ломи дрвеће, обара слабе димњаке, наноси знатне штете зградама	26,4
11	вихор	тешка разарајућа дејства, рушење кровова зграда	30,5
12	оркан	Уништавајућа дејства	34,8

Симболи и термини

U	Брзина ветра
U(Z)	Брзина ветра на висини Z
U ₀	Брзина ветра на 10m
C(Z)	Коефицијент промене брзине ветра са висином дат као количник U(Z) и U ₀
k	Коефицијент корекције брзине ветра у близини зграда
I	Интензитет кише
H _g	Количина падавина на хоризонталну површину
V _w	Брзина ветра током промене интензитета кише
A _T	Површина брисана елисом ветротурбина
α	Угао између смера ветра и изобаре
β	Енергија турбуленције
c _p	Специфични капацитет топлоте за сув ваздух
δ	Висина приземног слоја мешања
ε	Дисипација молекуларне енергије
f	Coriolis-ов параметар, нормализована фреквенција
Fr	Froude-ов број
g	Гравитациона константа
Hz	Херц
H	Топлотни флукс
i, j и k	Јединични вектори за x, y, и z смер
K	Закривљеност
k	Von Karman-ова константа
kW	Киловат, 10 ³ вата
L	Monin-Obuhov-љева дужина
MW	Мегават, 10 ⁶ вата
MWh	Мегават час
n	Фреквенција
p	Притисак
P ₀	Стандардни површински притисак = 1000hPa
P	Изразна снага
ρ	Густина ваздуха
ρ _v	Густина водене паре
ρ ₁₂	Унакрсна корелација
q	Специфична влажност
R	Радијус кривине
R _d	Гасна константа за сув ваздух
R _e	Reynolds-ов број
R _i	Richardson-ов број
r.p.m.	Број обртаја у минути
S	Вертикално смицање ветра
d	Stefan-Boltzmann-ова константа, стандардна девијација
d _u ²	Варијанса брзине - x
d _v ²	Варијанса брзине - y
d _w ²	Варијанса брзине - z
T	Температура
TW	Терават, 10 ¹² вата
V	Брзина ветра, апсолутна вредност од V
V	Вектор ветра = ui+vj+wk
V _g	Геострофска брзина ветра
V _{gr}	Градијент брзине ветра
ν	Кинематичка вискозност

φ	Латитуда
φ_m	Универзална функција момента кретања
φ_h	Универзална функција топлоте
z_0	Висина рапавости тла
ω	Угаона брзина ротације Земље
Γ_d	Сувоадијабатски вертикални температурни градијент

1.2 ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

У овој Студији су проучени различити аспекти обновљивих извора енергије (ОИЕ), са циљем да се што пре започне са њиховим коришћењем у широком опсегу и да се Србија активно укључи у пројекте и програме Европске уније, примењујући одговарајућу ЕУ легислативу и стандарде.

Енергија ветра је један од видова климатских (обновљивих) ресурса, чија експлоатација је данас у наглој експанзији у читавом свету. Енергетски потенцијал ветра у светским размерама превазилази актуелну потрошњу енергије, али је његова просторна расподела врло неравномерна, па је неопходно детаљно изучавање те расподеле у све три димензије. Потенцијал сунчеве енергије на површини планете Земље је око 15000 пута већи од данашње светске потрошње и експлоатација те енергије је такође у брзој експанзији. Оба наведена климатска - обновљива ресурса су изузетно значајна за постизање енергетске независности од фосилних горива и за побољшавање квалитета животне средине а посебно за заустављање загревања атмосфере које је изазвало климатске промене са евидентним последицама у глобалним и локалним размерама.

Производња биомасе зависи у првом реду од расположиве сунчеве енергије (директно је сразмерна енергији глобалног сунчевог зрачења), под условом да постоји одговарајуће присуство воде. Зато је модеран приступ утврђивања потенцијалних могућности производње биомасе заснован на информацијама које се добијају из атласа сунчевог зрачења. Из тог разлога је и у овој студији посвећена потребна пажња производњи биомасе, иако то није био непосредан задатак ове студије.

Предмет Студије је фокусиран на анализу и утврђивање методологија и модела за климатологију сунца и ветра у Србији (Атласи енергетског потенцијала), методологија и модела за идентификацију оптималних локација за коришћење ових видова енергије (siting), анализу и оцену расположивих изворних података мерења и досадашњих резултата истраживања са идентификацијом потребних додатних епизодних и/или континуираних мерења и анализа/прорачуна.

Као финални резултати студије програмским задатком су били предвиђени конкретни предлози за избор методологија и модела и предлози програма мерења сунчевог зрачења и ветра, неопходни за даље фазе рада на атласима потенцијала, siting-у, реализацији теренских мерења као и демонстрационих и извођачких пројеката предвиђених у оквиру Програма коришћења алтернативних и обновљивих извора енергије.

Међутим, током рада на анализи и синтези досадашњих истраживања, аутори су оценили да је неопходно, као основне резултате, дати глобалне процене енергетских ресурса сунчевог зрачења и ветра у Србији. У ту сврху су прикупљени расположиви, али за овај ниво анализе, довољно репрезентативни подаци мерења, обрађени, анализирани и презентовани, применом савремених методологија и технологија.

Поред анализе и синтезе досадашњих резултата на плану утврђивања енергетских потенцијала сунца и ветра, у оквиру Студије је реализован низ нових карата енергетског потенцијала Србије, које представљају основу за будућу израду Атласа енергије ветра Србије, Атласа сунчеве енергије Србије и Атласа производње биомасе Србије.

1.3 РЕЗУЛТАТИ

У студији је извршена анализа улоге перспективе климатских ресурса, у првом реду енергије сунца и ветра, у свету и код нас. И поред свести која у свету преовлађује већ преко две деценије, да се фосилна горива пребрзо исцрпљују, да доприносе наглом прегревању атмосфере и да у оним земљама које их немају, повећавају зависност од увоза и шире сиромаштво, напредак у коришћењу обновљивих ресурса је недовољан. Нарочито је недовољан у сиромашним земљама, које осим климатских ресурса, друга природна богатства и немају. У ту групу земаља спада и наша земља.

Као резултат анализе досадашњих истраживања код нас и у свету, на основу синтезе и уз додатно прикупљање и обраду података мерења, извршена је нова **Глобална процена енергетског потенцијала сунчевог зрачења** и **Глобална процена енергетског потенцијала ветра**, презентоване у поглављима **9.1** и **9.2**. Резултати су добијени применом савремених методологија, модела, статистичких алата и Географског информационог система (ГИС). У наведеним поглављима је презентован део (мапе, графички прикази, итд.) релевантан за потврду закључка да Србија располаже надпросечним потенцијалом енергије Сунца и ветра у Европи. Просечна укупна годишња енергија глобалног сунчевог зрачења у Европи износи око 1100kWh/m² а у Србији око 1400 kWh/m². Енергетски потенцијал ветра у Србији је сличан потенцијалу у Немачкој (а Немачка је на првом месту у свету по инсталисаној снази ветротурбина).

У поглављу **9.3** дати су **предлози методологија и модела** које треба примењивати у процени ресурса сунчевог зрачења и ветра како би се добили реални подаци неопходни за доношење одлука о коришћењу ОИЕ као и за истраживања и симулационе програме енергетског инжењеринга. Предложено је развијање база података, како би се обезбедили потребни улазни подаци за примену методологија и модела. Оријентација је на моделе који се интегришу у ГИС, што је данас пракса у Европи и свету. Ови предлози су резултат анализе референтних методологија и модела на међународном нивоу.

Анализа расположивих података мерења у Србији показала је да је ситуација јако лоша. Национални центар за сунчево зрачење који је према резолуцији Светске метеоролошке организације постојао у бившем Савезном хидрометеоролошком заводу, укинут је 1988. год. а 1991. су престала и сва мерења сунчевог зрачења. Мерења ветра су непоуздана и са застарелим инструментима. Подаци су тешко доступни јер не постоје базе података. Резултати анализе су: **Предлог програма континуираних мерења сунчевог зрачења (9.1)** и **Предлог програма епизодних и маршрутних мерења сунчевог зрачења и ветра (9.2)**.