

2. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ РЕСУРСА СУНЦА И ВЕТРА У ЕВРОПИ

Опште карактеристике сунчевог зрачења

Сунце је основни извор енергије који проузрокује скоро сва кретања ваздуха у атмосфери и друге појаве у вези са тим кретањем (промене притиска, кружење воде у атмосфери, атмосферски електрицитет, итд.).

Услед тога што је Земља округла, а и услед нагиба њене осовине према еклиптици, није могућа равномерна расподела сунчеве енергије зрачења на свим географским ширинама.

Механизам размене енергије између различитих географских ширина није једноставан и не може се приказати као непрекидна струја топлоте од екватора према половима. Тај механизам је у ствари општа циркулација атмосфере.

За размену енергије у атмосфери су најинтересантније таласне дужине од ултраљубичастог дела спектра, преко видљивог до инфрацрвеног. То су оне таласне дужине које преносе енергију Сунца до Земље и енергију зрачења Земље у околни простор.

Ултраљубичасто зрачење има таласне дужине од 100 до 360nm. Видљиви део спектра је од 360 до 750nm. Даље од тога је инфрацрвено зрачење, од 750nm до 100 000nm.

Апсолутно црно тело

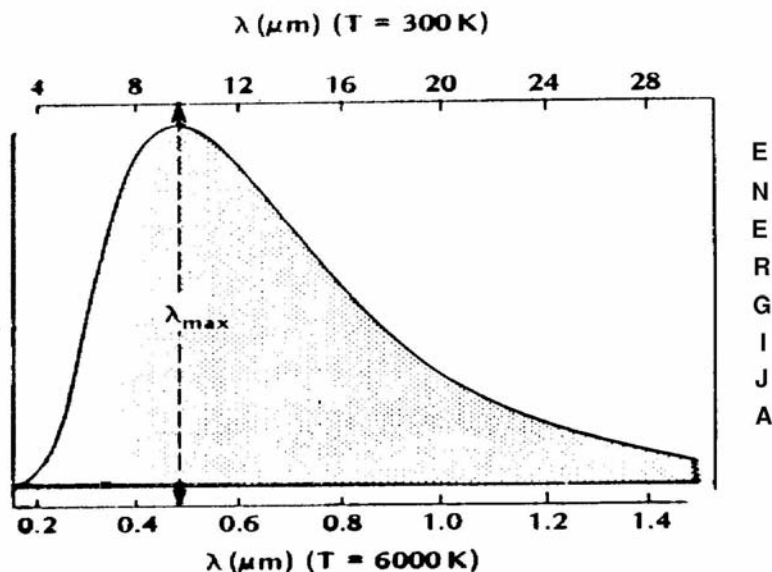
Сва тела се зрачењем ослобађају од топлотне енергије која се налази у њима. Да ли ће тело неко зрачење апсорбовати, пропустити или рефлектовати, зависи од особина и температуре тела и од таласне дужине зрачења. Апсолутно црно тело апсорбује и емитује све таласне дужине електромагнетног зрачења.

Реална тела су приближно апсолутно црна или непровидна само у појединим деловима спектра. Најинтересантнији примери ту могу бити стакло и снег. Стакло је провидно за видљиви део спектра, значи само за таласне дужине од око 300 до 700nm. За таласне дужине преко тога, тј. за инфрацрвени део спектра, стакло није провидно. Понаша се као непровидно и то је особина која се користи за изградњу стаклених башти.

Када је у питању различито понашање краћих и дужих таласа, интересантне особине има и снег. Снег је овакав каквог га ми видимо бео, то јест рефлектује све таласне дужине у опсегу видљивог дела спектра. Међутим, веће таласне дужине од 1000nm, односно подручје инфрацрвеног зрачења, он не рефлектује и понаша се у том делу спектра као апсолутно црно тело, значи веома јако израчује у инфрацрвеном делу спектра. Та његова особина доводи до тога да се површина снега и атмосфера изнад снега јако хладе. Наиме, снег у току дана рефлектује сунчево зрачење, тј. не прихвата енергију која долази од Сунца и наравно не загрева се. У току ноћи, он као апсолутно црно тело емитује дуготаласно зрачење, и веома интензивно се хлади, што доноси врло ниске температуре изнад снега. Снег је иначе добар изолатор па су температуре тла под снегом више.

Зрачење Сунца

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.



Слика 2.1 Спектар зрачења идеално црног тела на температурама од 6000К (доња скала), или 300К (горња скала). Функција је дата Планковим законом.

Сунчев спектар (Слика 2.1) приближно одговара спектру црног тела загрејаног на 6.000К, што је температура сунчеве атмосфере.

У атмосфери Земље постоје састојци који апсорбују сунчево зрачење. У атмосфери се сунчева енергија не апсорбује јако, али ипак један део зрачења који долази директно од Сунца бива апсорбован. При том се у атмосфери од долазног сунчевог зрачења апсорбују најмање таласне дужине.

У вишим слојевима атмосфере на висинама око сто километара апсорбовање се врши у јоносфери. Ту се апсорбују углавном космички зраци, X зраци и најкраћи UV зраци, и они не долазе до тла. На висини од 20 - 50 километара у слоју у коме је присутан озон, апсорбује се добар део кратког ултраљубичастиг зрачења.

Ултраљубичасто зрачење има опсег од 100 до 360nm. Међутим, оно садржи мале количине енергије и са енергетског становишта није значајно. Оно је значајно због тога што је врло опасно по живи свет.

У озонском слоју се ултраљубичасто зрачење великим делом апсорбује и загрева озонски слој, што доприноси формирању стратосфере. Иако ултраљубичасто зрачење садржи малу количину енергије, оно ипак на тим висинама може знатно да загреје атмосферу, зато што је атмосфера на тој висини ретка, односно присутна је мала количина материје.

Екстратерестријско сунчево зрачење

Да би израчунали количину сунчеве енергије која проузрокује атмосферске процесе на Земљи, мора се знати количина сунчеве енергије која доспева на горњу површину наше атмосфере. То је екстратерестријско сунчево зрачење, а његов просечни интензитет изражен је Соларном константом.

Соларна константа је мерило укупног износа енергије зрачења, која доспева на горњу границу атмосфере. Прецизније се може дефинисати као количина енергије која у току јединице времена прође кроз 1m^2 равне површине нормалне на сунчеве зраке, на горњој граници атмосфере, када се Земља налази на средњем одстојању од Сунца. По актуелним мерењима соларна константа износи $1370\text{W}/\text{m}^2$, тј. $1,37\text{kW}/\text{m}^2$.

Апсорпција сунчевог зрачења у атмосфери

а) Коэффициент прозирности атмосфере

Ова величина се дефинише на следећи начин. Ако са I_0 означимо количину зрачења на врху атмосфере (екстратерестријско зрачење), а са I количину зрачења која доспева до тла, ако зраци падају вертикално, онда ће коэффициент прозирности атмосфере бити:

$$K_p = I/I_0$$

K_p - показује који део зрачења доспева до тла, ако зраци падају вертикално.

б) Оптичка маса атмосфере

Ако зраци не падају вертикално него косо, до тла ће доспети мање зрачења. У том случају се горња формула модификује на следећи начин:

$$K_p^m = I/I_0$$

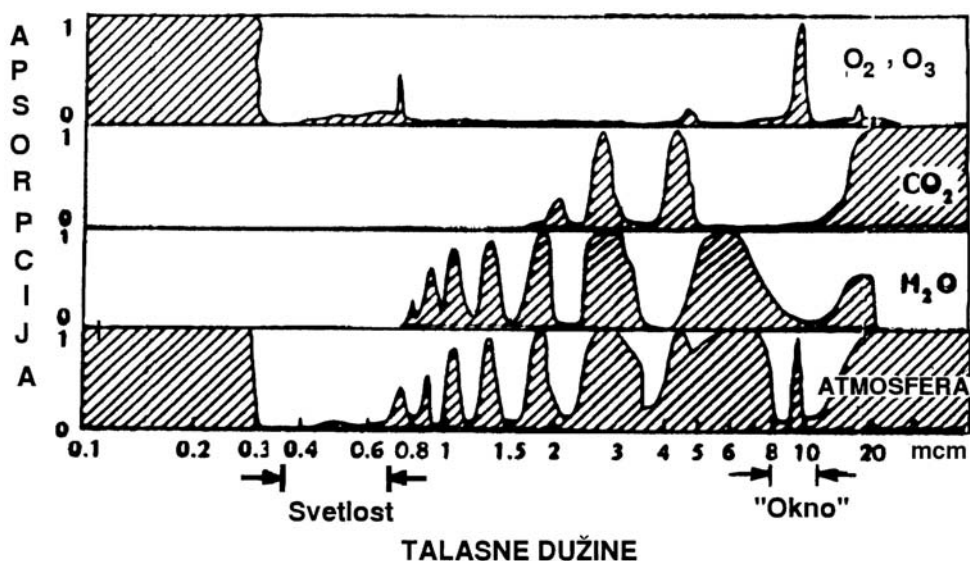
m - у експоненту назива се оптичка маса атмосфере и показује колико је дужи пут који зрак преваљује кроз атмосферу ако пада косо, а не вертикално.

У Табели 2.1 су дате вредности оптичке масе атмосфере за различите вредности упадног угла Z (угла између вертикале и сунчевог зрака). Из табеле се види да за вредности упадног угла од 60° до 70° експонент m још остаје релативно мали, али како се Сунце приближава хоризонту тако m све брже расте.

Табела 2.1 Апсорпција сунчевог зрачења у атмосфери

Z	0°	30°	60°	75°	82°	85°	87°	88	9°	90°
m	1,0	1,1	2,0	3,7	6,8	10,4	15,4	19,8	26,9	35,0

При проласку кроз атмосферу део сунчевог зрачења бива апсорбован. При томе апсорпцију не врше равномерно сви састојци атмосфере, а такође ни све таласне дужине нису подједнако апсорбоване. Појава да поједини састојци атмосфере апсорбују само одређене таласне дужине назива се селективна апсорпција.



Слика 2.2 Селективна апсорпција од стране појединих састојака атмосфере.

На слици 2.2 важно је уочити да озон апсорбује ултраљубичасто зрачење и уску, али значајну, траку у инфрацрвеном делу спектра, у "окну" атмосфере. Водена пара и угљендиоксид апсорбују претежно у инфрацрвеном делу спектра, али не у "окну". Таласне дужине су дате у микрометрима (μm), а апсорпција у релативним односима од 0 до 1.

А Јоносфера и озоносфера

Кисеоник и озон веома јако упијају најкраће ултраљубичасте таласе. Сматра се да ти таласи и проузрокују загревање стратосфере. Светлост озон апсорбује врло мало, а инфрацрвено зрачење скоро уопште не апсорбује.

Б Водена пара

Од свих гасова у атмосфери водена пара апсорбује највише сунчеве енергије, али ни она не апсорбује све таласне дужине, већ само поједине. Наравно, количина апсорбованог зрачења зависи и од количине водене паре у ваздуху и за веће висине је мала.

Јасно је да се услед апсорпције ваздух и водена пара морају загревати, јер зрачење представља енергију, а под утицајем те енергије повећава се унутрашња енергија водене паре. Израчунавања су вршена на основу података о апсорбовању и утврђено је да се услед апсорпције сунчевог зрачења, температура ваздуха може подићи највише за 1°C . Значи да је директно загревање ваздуха знатно слабије него загревање од подлоге, пошто водена пара много интензивније апсорбује инфрацрвено зрачење.

В Облаци

Облаци до 6% сунчевог зрачења. Знатно већи део они рефлектују натраг у васиону.

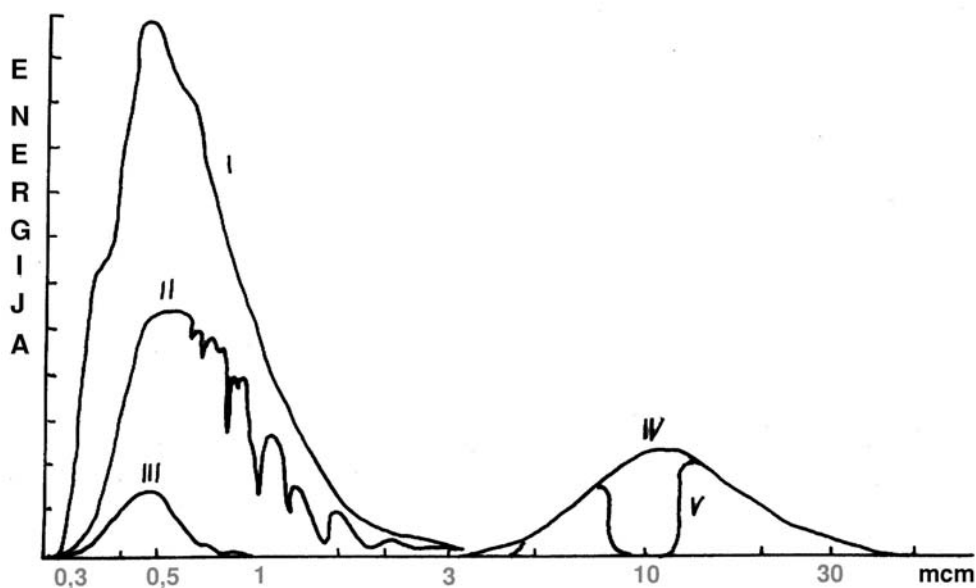
Г Површина тла

Највећи део сунчевог зрачења апсорбује површина тла. У средњим ширинама и по ведром времену до површине тла доспе око 80% сунчевог зрачења. Земља (ако није покривена снегом) одбије око 10%, што значи да око 70% апсорбује. При умереној облачности та количина опада до 50%.

Биланс зрачења

Разлика између енергије примљене од Сунца и емитоване у васиону од тла и атмосфере назива се биланс зрачења. Од биланса зрачења зависи температура тла и нижих слојева атмосфере. Биланс зрачења је један од најважнијих фактора климе.

Приход енергије одвија се само у светлом делу дана, док расход који настаје зрачењем од тла и атмосфере траје непрекидно. Типично време максималног позитивног биланса је око 14 часова по локалном времену, када је и температура ваздуха при тлу максимална. Максимални негативан биланс поклапа се са минималном температуром и јавља се непосредно после изласка Сунца.



Слика 2.3 Спектри зрачења Сунца, тла и атмосфере.

I Сунчево зрачење на горњој граници атмосфере.

II Сунчево зрачење при тлу.

III Сунчево зрачење расуто атмосфером (дифузно).

IV Инфрацрвено зрачење тла.

V Инфрацрвено зрачење атмосфере са "окном" око $10\mu\text{m}$.

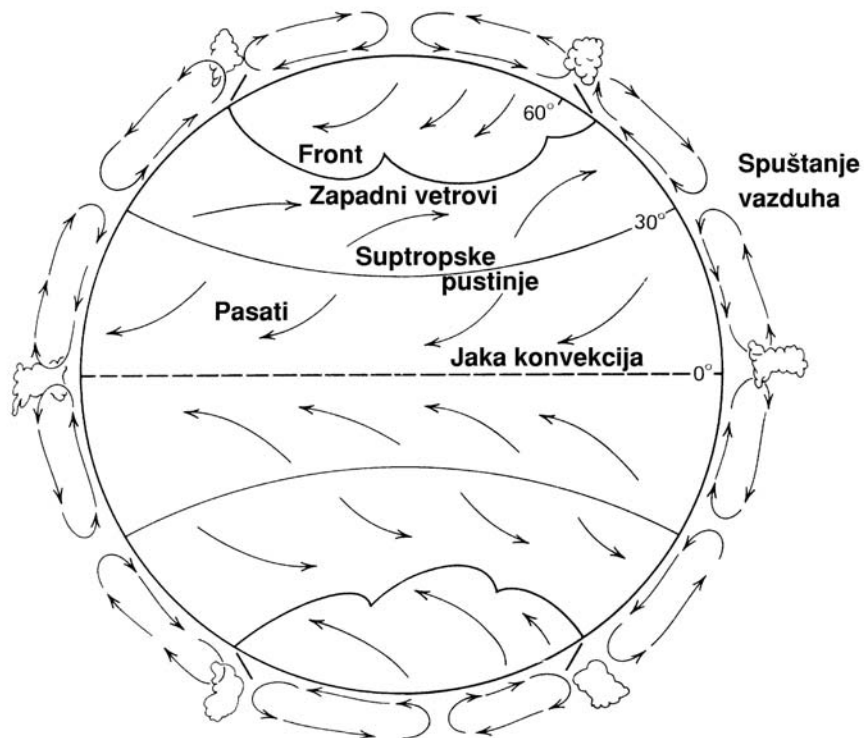
На Слици 2.3 приказани су спектри свих учесника у билансу. На апсциси је скала логаритамска.

Опште карактеристике ветра

Главни извор енергије за сва кретања у атмосфери је Сунце. Међутим, да би дошло до кретања у атмосфери није довољан само прилив енергије од Сунца, важан је и распоред топлотне енергије по Земљиној површини. Наиме, постоји врло неравномеран распоред те енергије, а пошто у природи сваки поремећај равнотеже тежи да се на неки начин изравна, тако и тај неравномерни распоред топлотне енергије доводи до крупних кретања у атмосфери.

Основна неравномерност у расподели је у томе што највећи прилив енергије постоји у екваторијалном подручју, а тај прилив се смањује са географском ширином, тј према половима. Постоје одређене модификације сменом дана и ноћи, сменом годишњих доба, али у просеку прилив енергије на екватору увек је већи него на половима.

Кретања великих размера која настају у атмосфери као последица оваквог распореда енергије, обухваћене су називом **"Општа циркулација атмосфере"**.



Слика 2.4 Општа циркулација атмосфере.

Вертикалне ваздушне струје: Изнад екватора и у подручју фронтова преовлађује узлазно, а изнад суптропских ширина и полова силазно струјање.

Хоризонталне ваздушне струје: Између суптропских ширина и екватора преовлађују пасати (источно струјање), а у умереним ширинама западно струјање.

Основни покретач струјања јесте Сунце, али Земљина ротација врло јако модификује струјање. Наиме, под дејством ротације планете свако слободно кретање бива скренуто у десно (на северној хемисфери). Када је у питању ве тај у слободној атмосфери то скретање не престаје све док се не успостави струјање дуж изобаре. Почетни импулс, нека локална промена атмосферског притиска, покренуће ваздух у смеру нижег притиска. На тај делић ваздуха делује девијациона све док постоји компонента кретања ка нижем притиску. Када делић ваздуха крене дуж изобаре, та компонента нестаје и ваздух се даље креће по инерцији, тј. дуж изобаре, тако да му је нижи притисак са леве стране. У десно на делић и даље делује девијациона сила, која је сада уравнотежена градијентном силом која је усмерена ка нижем притиску.

При тлу је кретање ваздуха модификовано утицајем трења о подлогу. Трење смањује брзину ветра и тиме слаби девијациону силу, па ваздух при тлу скреће у лево у односу на висинско струјање.

Кад је у питању уздизање и спуштање ваздуха ситуација је следећа: изнад екватора постоји уздизање и то врло интензивно и због тога у екваторијалним пределима владају одговарајуће временске прилике. Ту где је интензивно узлазно кретање, а од тла долази велика количина влаге, формирају се кумулонимбуси до висине од 15 - 18 км. Јављају се јаке тропске кише са грмљавином.

Зона пасата је углавном између 10 - 20 степена северне и јужне географске ширине. Пасати се јављају претежно изнад океана, док је изнад копна то струјање јако модификовано.

Даље на север и југ од екватора око 25 - 30 степена је тзв. суптропски појас у коме долази до спуштања ваздуха. У подручјима где је интензивно спуштање ваздуха јавља се супротна појава од оне на екватору. Ту се ваздух приликом спуштања загрева и исушује. Значи разбијају се облаци и то су подручја у којима практично нема кише.

Ако се посматра читава Земљина кугла, тај појас је у ствари појас пустиња: Сахара, Арабија, у северној Америци Тексас итд. Мало је тај појас модификован на подручју око Хималаја. Хималаји ту битно утичу као један огроман зид, па је тај пустињски појас нешто северније од Хималаја, а то је Гоби пустиња.

У Индији је такође сушно подручје, међутим тамо баш захваљујући Хималајима имамо нешто другачију ситуацију са појавом монсуна. Ту не долазе у обзир само основни утицаји: Сунце и Земљина ротација, него још један географски поремећај који ствара сасвим посебне услове и отежава размену ваздуха између северних и јужних крајева, као огромна баријера између сибирског хладног и тропског топлог ваздуха који допире са јужне стране Хималаја.

У умереним ширинама је зона западних ветрова. Ту, што се тиче уздизања и спуштања ваздуха није тако једноставна ситуација као што је у суптропском појасу, где преовлађује спуштање, или у екваторијалном где преовлађује уздизање ваздуха. Уздизање и спуштање ваздуха одиграва се у умереним ширинама у оквирима циклоне и антициклоне.

У западној струји у умереним ширинама крећу се циклони и антициклони као вртлози у некој основној струји. Као кад имамо једну реку у којој се вртлози одвајају иза неке препреке, рецимо иза стуба моста који је на средини реке, а иза њега се вртлози одвајају и одлазе низ речну матицу.

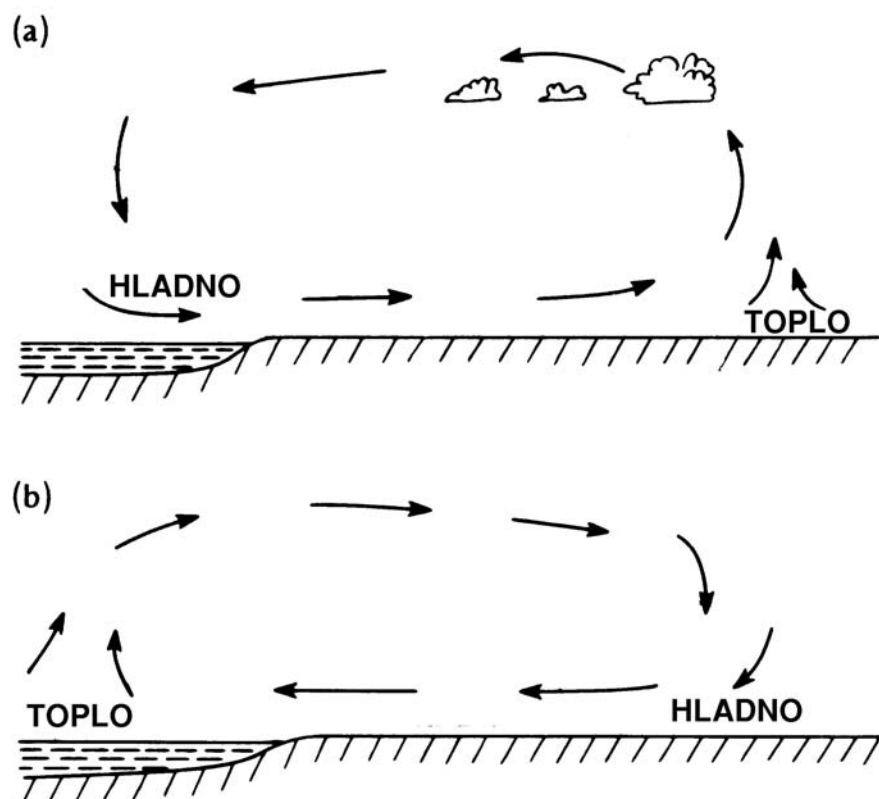
У поларним областима преовлађују при тлу хладни антициклони са slabим струјањем претежно североисточног (односно на јужном полу југоисточног) смера.

Локална циркулација се одвија на простору не ширем од десетак километара. Показало се да за процесе мањих размера величине неколико километара, као што су неки локални ветрови, ветрови са мора и копна, или долињски и планински ветар, да у тако малим размерама не долази до изражаја Земљина ротација и да се ту струјање одвија од вишег ка нижем притиску.

Пример локалне циркулације је настанак ветра са мора и ветра са копна. На Јадранској обали то су маестрал и бурин. У току дана нарочито у преподневним часовима, долази до јачег загревања копна. Море се спорије загрева из више разлога и температуре над површином копна су осетно више него над морем у току преподнева. Овај пораст температуре изнад копна, доводи до тога да ваздух над копном као топлији, постаје ређи. Ређи ваздух је лакши ваздух, па даје мањи притисак при тлу.

Другим речима на обали ће настати нешто нижи притисак него изнад морске површине. При таквој разлици у притисцима, да је на обали нижи притисак, а над морем виши, појавиће се сила која је последица те разлике у притисцима и која се назива градијентна сила.

Градијентна сила је усмерена од вишег ка нижем притиску и под њеним дејством почеће струјање од вишег ка нижем притиску, тј. са мора на копно. Како настаје затворена локална циркулација? (Слика 2.5) Изнад тла на обали био је топао и ређи ваздух и нижи притисак, међутим у топлој ваздуху притисак са висином опада спорије, и на висини од 1 или 2km притисак над копном биће виши него на истом нивоу изнад мора. Значи на копну при тлу је мали притисак, али због тога што притисак са висином споро опада, биће на висини од 1 до 2km изнад копна веће вредности притиска него на истим висинама изнад мора. Због тих разлика у притисцима у хоризонталним равнинама, биће при тлу струјање са мора на копно, а на висини је супротно струјање.



Слика 2.5 Настајање ветра с мора и ветра с копна. а) Дању је изнад копна топлије, па се формира узлазна ваздушна струја и кумулуси. б) Ноћу је топлије над морем. Слично настаје струјање у градовима (топлотно острво), или на обалама већих река

Истовремено, у читавом овом процесу ваздух који се загрева од тла и постаје лакши од своје околине, по Архимедовом закону уздиже се у вис. Дакле, постоји исто тако и струјање навише.

Над морем је супротна ситуација и коначно се ту добија једна затворена циркулација која изгледа тако, да ветар на малим висинама изнад воде струји ка обали. Изнад загрејаног копна ваздух се уздиже. На висини од 1–2km ваздух струји у супротном смеру, на извесном растојању од обале спушта се наниже према води и тако се ствара затворена циркулација.

Све је ово важило у дневним часовима, а типичан пример на обали Јадрана је маестрал.

У току ноћи су односи загревања и хлађења обрнути, па је и циркулација супротна. Тада се јавља бурин, тј ветар са копна. Овакав ветар се јавља свуда на обалама мора или језера, и то посебно у летњем периоду када је интензивније загревање.

У мањим размерама то исто може да се деси и на граници између шуме и неког отвореног простора, тј. пропланка, тако да тих локалних струјања има и у много мањим размерама.

Ако се посматрају процеси већих размера, слична ситуација са подручјима загревања и хлађења постоји и на Земљи као целини, па постоји уздицање изнад екватора, а спуштање изнад полова, међутим ту се мора узети у обзир и Земљина ротација.

Промена ветра у слоју трења одвија се под утицајем приземног трења на ветар. Приземни ветар скреће услед трења улево од изобара и спорији је од геострофског, који дува на висини и има смер дуж изобара. Због тога ветар у слоју трења скреће са висином у десно и јача, јер тежи да се по правцу приближи изобари, а по јачини геострофском ветру.

Мешање ваздуха по вертикали које је проузроковано загревањем од подлоге, доводи до тога да приземни и висински ветар испољавају узајамни утицај. Температурни услови се мењају у току дана што доводи до дневног хода мешања ваздуха. Тако долази до дневног хода брзине и смера ветра и у оним случајевима када нема праве дневне смене ветра.

Пошто се мешање своди на смањивање разлика у ветру на разним висинама, то је при тлу дневни ход приземног ветра изражен у скретању ветра у десно и јачању у дневним часовима. Ноћу пак, приземни ветар скреће јаче у лево од изобара и слабији је. Ова појава се може видети и у *Европском атласу ветра* (СЕС, 1989) где је за све укључене станице дат и дневни ход ветра.

Дневни ход ветра је јаче изражен лети, услед јачих вертикалних струја које повезују различите слојеве ваздуха.

Ваздух струји без мерљивих поремећаја само на знатним висинама изнад тла. На мањим висинама на његово струјање утичу препреке мањих димензија (дрвеће, грађевине, итд.), док су поремећаји на већим висинама проузроковани топографским елементима већих размера, као што су планински ланци. Поремећаји у струјању очитују се као појава вртлога различитих линеарних димензија и различитих временских трајања.

Даље, само трење о подлогу проузрокује емпиријски утврђену чињеницу, да ветар на мањим висинама има мању брзину него у горњим слојевима. Ова промена брзине са висином није увек једнака, већ зависи у првом реду од два узрока. Први је рапавост подлоге, а други стабилност атмосфере. Под рапавошћу подлоге подразумевају се препреке димензије од 1cm до 10m, односно конкретно од траве до дрвећа и зграда. Стабилност атмосфере зависи од временских услова и годишњег доба.

За потребе моделирања промене брзине ветра са висином користи се једначина:

$$U = U_0 (Z/Z_0)^a$$

Овде је U_0 брзина ветра на висини Z_0 , што је обично стандардна висина мерења брзине ветра од 10m. U је брзина ветра на произвољној висини Z , што може да износи више стотина метара. Експонент a зависи од карактера подлоге и за равну травну подлогу има вредност 0,15, а за подручје шуме око 0,30.

Ова веза између ветра при тлу и на висини омогућава да се формира математички модел, помоћу кога се на основу података из мањег броја тачака може добити тродимензионално поље струјања. Помоћу тог модела може се добити струјање на произвољној висини (на 100 или 200m) на којој није било мерења, на основу мерења на стандардној висини од 10m.

У условима сложене топографије уводи се и утицај планинских ланаца и дубоких долина, који проузрокују ефекте преливања или каналисања ваздушних струја.

Баријера у ваздушној струји изучавана је на природним објектима, на физичким моделима и на математичким симулацијама струјања. Ваздух при наиласку на препреку понаша се сложеније него водена струја, мада неке основне карактеристике имају сличности. Основни узрок за сложеније понашање је у томе што је ваздух стишљив, па му се у том процесу мења и густина.

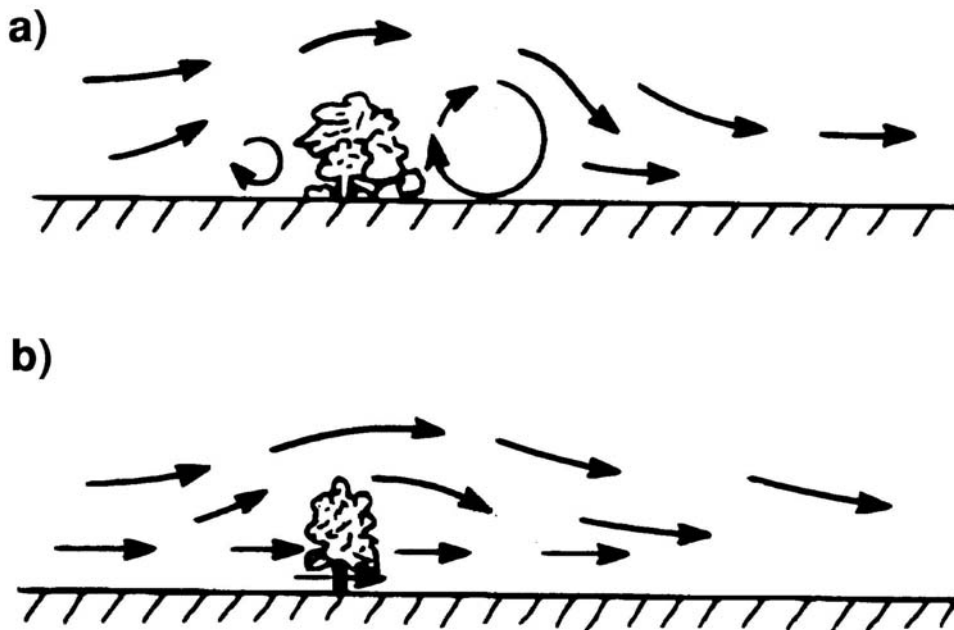
Ако је препрека дугачка (у правцу попреко на ваздушну струју) ваздух ће се пребацити преко ње, иначе ће је делом и обилазити или пролазити кроз њу. У питању могу бити зграде, заштитни шумски појаси или ветротурбине.

Струјање има следеће најизразитије карактеристике (Слика 2.6):

а. Пред препреком ће се јавити застој и мали вртлог са хоризонталном осом.

- б. Непосредно иза препреке јавиће се велики вртлог са хоризонталном осом. На том простору ће ветар при тлу имати супротан смер.
- ц. Даље низ струју ветар ће бити слабији и тек ће постепено јачати, да би на одређеној даљини имао исту брзину као пред препреком.
- д. Непоремећена струја биће на неколико висина изнад препреке, а та ће зона тек споро да се спушта до тла на одређеној даљини иза препреке.

Врше се детаљна проучавања утицаја ветрозаштитних појасева на промене у пољу ветра, на облик и положај струјница као и на турбуленцију и вертикалну размену ваздушних маса. Експерименти су вршени најчешће димним струјама или кретањем балона, али исто тако и на моделима у аеродинамичким тунелима и математичким моделима.



Слика 2.6 Карактеристике струјања непродувне (а) и продувне (б) препреке.

2.1. РАСПОЛОЖИВИ ПОДАЦИ О РЕСУРСИМА СУНЦА У ЕВРОПИ

У тражењу алтернативних извора енергије коришћење сунчеве енергије је добило истакнуто место, па су на том плану остварени и резултати који упозоравају савремени свет да треба рачунати на значајне потенцијалне могућности које пружа Сунце као неисцрпни извор енергије.

Предуслов ефикасног коришћења сунчеве енергије је познавање расположивих потенцијала. Метеоролошки третман садржи два битна аспекта. Први је познавање прилива енергије, а други је утврђивање метеоролошки условљених губитака енергије (WMO, 1981).

При планирању и изградњи система за конверзију сунчеве енергије, први потребан податак је количина расположиве сунчеве енергије на датом месту. Процена расположивог енергетског потенцијала врши се у две фазе: прва је глобална процена над ширим подручјем (за област држава или региона, то је Атлас), а друга је локална процена потенцијала са детаљнијим прорачунима за дату локацију и са уважавањем микроклиматских услова.

У складу са оваквим приступом Комисија ЕЗ је 1975. почела да финансира широк Програм соларне енергије, који укључује низ активности везаних за различите облике конверзије сунчеве енергије и примене. Прве активности биле су везане за процену регионалних ресурса сунчевог зрачења, односно, енергетског потенцијала (СЕС, 1984).

Интензитет сунчевог зрачења показује врло велику променљивост, како у току дана тако и од дана до дана. Услед тога је и дневна количина енергије добијена од Сунца врло променљива величина.

Ова променљивост узрокована је природно положајем Сунца, али и метеоролошким условима (Гбурчик В., 1980), (Kasten, F, 1983) те је за детаљну анализу потребно користити и податке о сунчевом зрачењу и податке о меродавним метеоролошким елементима (влага, облачност, замућеност, итд.).

Коришћење сунчеве енергије веома зависи од низа метеоролошких елемената. На првом месту је краткоталасно зрачење, а затим долазе елементи који углавном условљавају губитке.

За глобалну процену енергетског потенцијала сунчевог зрачења на неком подручју, или прелиминарну анализу неког локалитета, углавном се користе само кључни елементи, подаци о сунчевом зрачењу и трајању сијања Сунца.

Подаци добијени мерењем компонената сунчевог зрачења

У почецима мерења метеоролошких елемената у деветнаестом веку у првом плану су била мерења температуре, падавина, влажности ваздуха и притиска. За ветар се не може рећи да је био заборављен, али су мерења тог елемента све до најновијег времена била врло непрецизна и вршена су у реткој мрежи тачака. Мерења енергије сунца интензивирани су тек у другој половини двадесетог века, мада се и из ранијих мерења трајања сунчевог сјаја и количине облачности могу доносити драгоцене закључци. Данас се за подручја у којима је мерење сунчеве енергије изостало, или је занемарено, као код нас, могу неки пропусти ублажити, коришћењем сателитских мерења.

Мерење зрачења у приземној мрежи

За мерење зрачења на површини тла постоји широк интерес, па се врше мерења зрачења у једном широком дијапазону. Метеоролошким инструментима за мерење зрачења може се мерити:

а) Краткоталасно сунчево зрачење које обухвата:

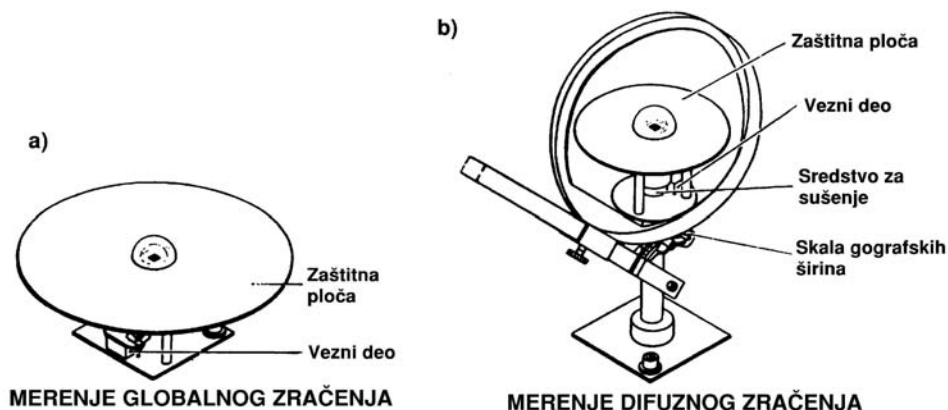
- директно зрачење
- дифузно зрачење
- глобално (укупно краткоталасно) зрачење
- рефлектовано зрачење
- мерења у појединим деловима спектра укључујући и ултраљубичасто зрачење

б) Дуготаласно (терестријално) зрачење:

- зрачење тла
- контразрачење атмосфере

Такође се мери и трајање сијања сунца.

За потребе соларне енергетике примарно је познавање глобалног зрачења. Инструменти за мерење глобалног зрачења називају се пиранометри (WMO, 1981, 1992).



Слика 2.7 а) Пиранометар за мерење глобалног зрачења. б) Пиранометар за мерење дифузног (краткоталасног) зрачења. (из књиге или Интернета)

Сензор пиранометра је хоризонтална црна плочица, која лежи у средини белог диска. Плочица је везана у термоелектрични спрег са масом инструмента која се налази испод диска. Маса инструмента има температуру ваздуха, а плочица се загрева сразмерно интензитету сунчевог зрачења. Термоелектрични спрег мери разлику температура, чиме је одређен и интензитет зрачења.

Плочица је заклоњена двоструком стакленом калотом да би се спречило њено хлађење од ветра. Због тога што је плочица (сензор) окренута навише, она прима зрачење не само од Сунца, већ и укупно дифузно зрачење од атмосфере. Стаклена купола (калота) непровидна је за инфрацрвено и ултраљубичасто зрачење, па се зато овим инструментом мери углавном видљиви део спектра.

Уколико се мери само дифузно зрачење, помоћу једног прстена заклања се нагављена плочица од директног сунчевог зрачења.

Сателитска мерења зрачења

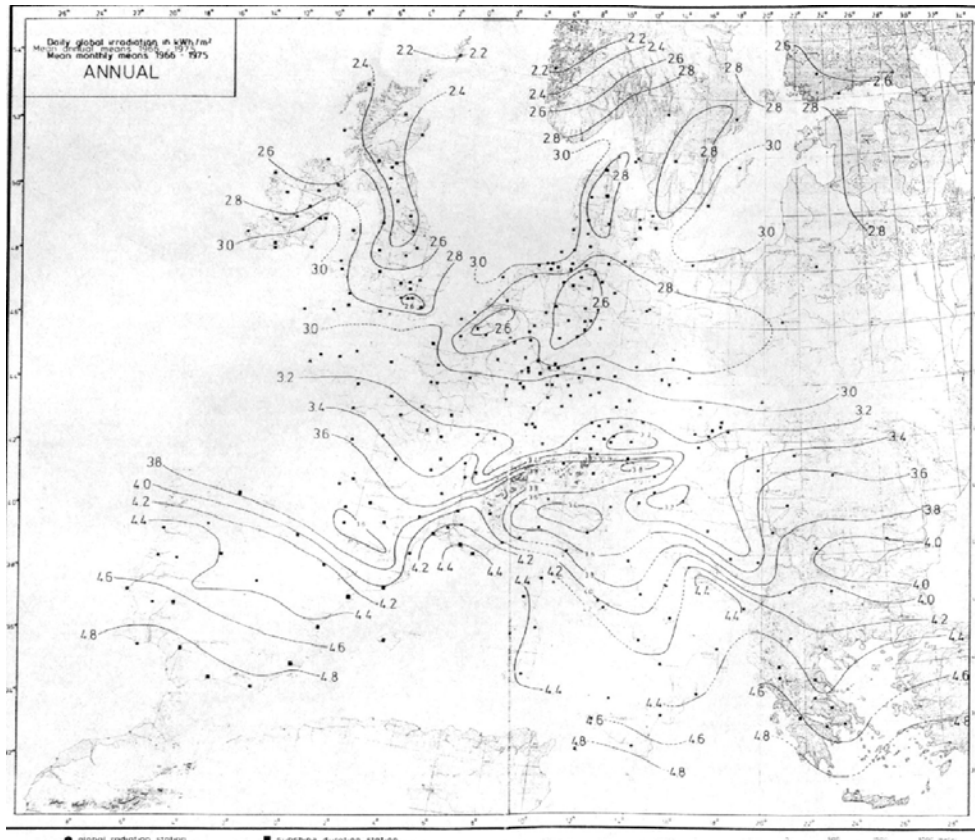
Могућност мерења са сателита користи се за густо покривање читаве површине Земље мерењима зрачења, јер је мрежа приземних мерења доста ретка, нарочито у земљама у развоју, а данас и код нас.

За мерење са сателита користи се могућност даљинског мерења зрачења. Ова мерења су искоришћена и за израду новије верзије Европског атласа сунчевог зрачења (СЕС, 2000), која покрива знатно ширу територију од прве верзије (СЕС, 1984). Ипак, квалитет атласа је слабији на новопокривеним територијама, јер мерења са сателита нису тако прецизна као непосредна приземна мерења. Њихова вредност се састоји у томе што добро одражавају релативан однос међу локалитетима, па се помоћу сателитских мерења врши интерполација у простору између две тачке са приземним мерењима. Другим речима, приземна мерења служе за калибрацију модела просторне расподеле која се добија мерењима са сателита. Уколико је мрежа приземних мерења ретка интерполација је слабија. Зато не треба очекивати да ће сателитска мерења ослободити заостале земље од увођења приземног мониторинга (СЕС, 2003). Преведено на наше услове, то значи да је потребно обновити нашу мрежу приземних мерења зрачења.

Подаци из базе Европских атласа сунчевог зрачења

Према Европским атласима сунчевог зрачења (European Solar Radiation Atlas, 1984 and 2000) расположива сунчева енергија у Европи је веома неравномерно распоређена, са значајним просторним и временским (сезонским и непериодичним) колебањем (СЕС, 1984, 2000).

Ако се посматрају средње годишње дневне вредности глобалног зрачења на хоризонталну површину, за периоде 1966 -75 и 1981 - 90, ситуација је следећа:



Слика 2.8 Средње годишње вредности дневних количина сунчеве енергије у Европи (kWh/m^2) (СЕС, 1984)

На северу Европе је распоред енергије врло шаролик, због постојећег распореда копна и мора. Над морем су присутне веће количине сунчеве радијације због мање замућености атмосфере. Годишње вредности над Британијом се крећу од $2,2\text{kWh/m}^2$ за дан у Шкотској до $3,0$ у Велсу. Над морем су вредности веће него над копном. Најлошија је ситуација у Средњој Немачкој где је просечна дневна вредност сунчеве енергије за годину свега $2,6\text{kWh/m}^2$, док је над Балтичким морем $3,0$.

Европу дели приближно по половини изолинија $3,0\text{kWh/m}^2$, која се пружа зонално од северозападне француске обале преко јужне Немачке, Словачке и Русије. Јужно од те линије средње годишње вредности дневне соларне енергије су веће од 3 и достижу 5 и $5,5\text{kWh/m}^2$ у јужној Шпанији, па даље на исток до Ирака. Вредности преко 7 присутне су у Сахари и на Арабијском полуострву.

Балканско полуострво је доста сложено и средња дневна енергија се креће од $3,2\text{kWh/m}^2$ у Словенији, до $4,8\text{kWh/m}^2$ на Пелопонезу.

У Табели 2.1.1 приказане су упоредно просечне дневне вредности енергије глобалног сунчевог зрачења на хоризонталну површину за изванредан број европских градова, на основу података из базе Европског атласа (СЕС, 1984). Подаци у Табели сортирани су по опадајућем низу вредности у колони **G** (средња дневна енергија). У колони **G_{max}** дате су средње дневне вредности енергије при потпуно ведром времену. Компаративни приказ наших и европских станица дат је у Поглављу 5.3.

Табела 2.1.1 Средње дневне вредности енергије глобалног сунчевог зрачења на хоризонталну површину

Држава	Град	Латитуда (N)	Лонгитуда (E)	Алтитуда (m)	G (kWh/m ²)	Gmax (kWh/m ²)
Израел	Бет Даган	32 ⁰ 00'	34 ⁰ 49'	30	5,44	6,46
Грчка	Атина	37 ⁰ 58'	23 ⁰ 43'	107	4,34	5,61
Француска	Ница	43 ⁰ 39'	07 ⁰ 12'	10	4,25	5,78
Италија	Рим	41 ⁰ 48'	12 ⁰ 35'	131	4,19	5,70
Шпанија	Барселона	41 ⁰ 25'	02 ⁰ 09'	177	4,15	6,00
Румунија	Букурешт	44 ⁰ 30'	26 ⁰ 13'	91	3,87	5,54
Италија	Венеција	45 ⁰ 30'	12 ⁰ 20'	6	3,53	5,19
Мађарска	Будимпешта	47 ⁰ 26'	19 ⁰ 11'	130	3,42	5,20
Италија	Милано	45 ⁰ 39'	13 ⁰ 45'	20	3,40	5,15
Аустрија	Клагенфурт	46 ⁰ 39'	14 ⁰ 20'	452	3,43	5,26
Швајцарска	Цирих	47 ⁰ 27'	08 ⁰ 33'	440	3,11	5,22
Француска	Париз	48 ⁰ 46'	02 ⁰ 01'	168	3,09	5,08
Аустрија	Беч	48 ⁰ 15'	16 ⁰ 22'	202	3,03	4,92
Чешка	Праг	50 ⁰ 04'	14 ⁰ 26'	262	2,95	5,37
Аустрија	Салцбург	47 ⁰ 48'	13 ⁰ 00'	435	2,93	5,08
Шведска	Стокхолм	59 ⁰ 21'	17 ⁰ 57'	12	2,83	4,57
Немачка	Берлин	52 ⁰ 28'	13 ⁰ 18'	51	2,81	4,76
Данска	Каруп	56 ⁰ 15'	09 ⁰ 09'	58	2,74	4,67
Финска	Хелсинки	60 ⁰ 19'	24 ⁰ 58'	48	2,72	4,41
Холандија	Де Билт	52 ⁰ 06'	05 ⁰ 11'	40	2,71	4,61
Пољска	Варшава	52 ⁰ 16'	20 ⁰ 59'	130	2,67	4,58
Белгија	Укл	50 ⁰ 48'	04 ⁰ 21'	105	2,66	4,68
Британија	Брекнел	51 ⁰ 23'	00 ⁰ 47'	73	2,65	4,66
Норвешка	Берген	60 ⁰ 24'	05 ⁰ 19'	45	2,15	4,05

Средње дневне летње вредности су у читавој Европи доста високе. Линија која лети дели Европу зонално по средини има вредност 5,4kWh/m² за дан. Јужне границе Европе достижу у јулу вредности од 7,6 на Гибралтару и 7,8 на Криту.

У јануару "средња линија" има вредност само 0,8kWh/m² за дан. На јужним границама Европе зими су дневне количине соларне енергије око 2,5kWh/m²

Просторна расподела сунчеве енергије на различито нагнуте и оријентисане површине има сличне карактеристике као и расподела на хоризонталну површину (СЕС, 1984b). Треба нагласити да се оптимална средња годишња вредност јавља код површина нагнутих под углом од 30⁰, а оријентисаних према југу.

Међутим, за површине нагнуте под углом једнаким географској ширини локалитета и оријентацијом према југу, средња годишња вредност је незнатно мања, али се у зимским месецима добијају веће вредности. Због тога се у пракси као оптимални угао нагиба бира угао једнак географској ширини.

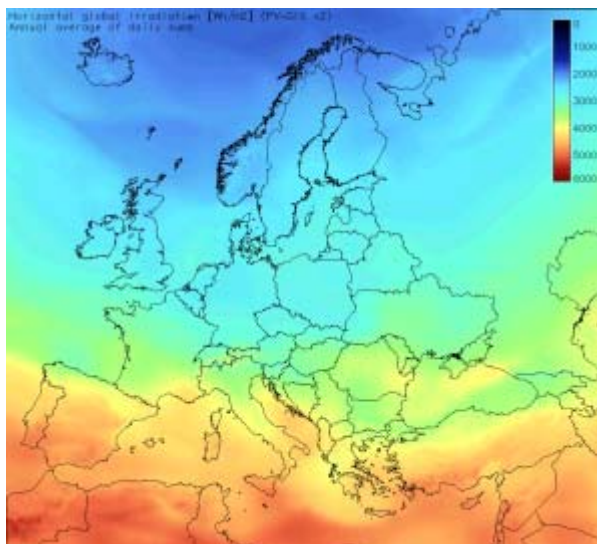
У последњих десетак година у Европи је интензивно развијан ефикаснији и прецизнији систем процене енергетског потенцијала сунчевог зрачења (процена ресурса). Тако је у изради Европског атласа из 2000. године (СЕС, 2000) коришћена ГИС технологија за

мапирање просторне расподеле зрачења. Такође, коришћени су, поред приземних података из мреже од око 500 станица, и сателитски подаци МЕТЕОСАТ). Међутим, тада није узимана у обзир орографија која такође има утицај на интензитет и енергију зрачења а и математички модели сунчевог зрачења нису били потпуно интегрисани у ГИС.

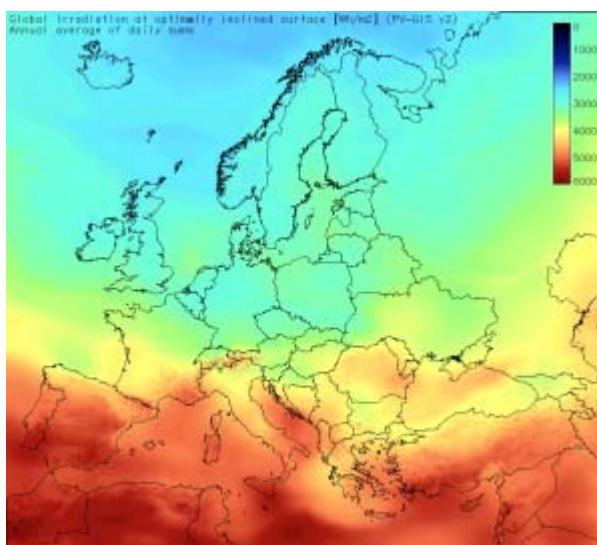
Данас је већ развијен потпуно интегрисани систем процене овог ресурса, који се назива: ГИС процена ресурса сунчеве енергије у Европи. Овај развој води Заједнички центар истраживања (Joint Research Centre), формиран од стране Генералног директората Европске комисије.

У овом систему су елиминисана многа ограничења која су раније постојала, у ГИС су интегрисани дигитални модел терена и модел сунчевог зрачења (*model r.sun* имплементиран је у GRASS GIS open source environment), (ЕС-JRC, 2004).

Главни продукт овог система су растер мапе интензитета (ирадијанса W/m^2) компонентата сунчевог зрачења и растер мапе енергије (ирадијација Wh/m^2) у одређеним временским интервалима. На сликама 2.9 и 2.10 приказане су две мапе добијене овим системом.



Слика 2.9 Енергија глобалног зрачења на хоризонталну површину (Wh/m^2 – годишњи средњак дневних сума)



Слика 2.10 Енергија глобалног зрачења на површину нагнуту под оптималним углом (Wh/m^2 – годишњи средњак дневних сума)

Мапа на Слици 2.10 показује максимално могућу енергију која је расположива за површину са константним нагибом током године.

2.2 РАСПОЛОЖИВИ ПОДАЦИ О РЕСУРСИМА ВЕТРА У ЕВРОПИ

При процени енергетског потенцијала ветра у свету могу се користити два приступа. Један приступ је преко процене дела сунчеве енергије, која се троши на стварање опште циркулације атмосфере. На тај начин се добије глобална теоретска вредност.

Други приступ је у одређивању енергије на бази мерења ветра у низу тачака и потом интегрисање преко одређене површине. Ни један од та два приступа не даје потпуно прецизне резултате, па је корисно послужити се са оба, да би се добила поузданија процена.

Пролазећи од глобалних процена добијају се следеће вредности. Укупна годишња сума енергије коју Земља добије од Сунца, износи око $1,5 \times 10^{18}$ kWh/a. Процене енергије која иде на стварање ваздушних струја дају као највероватнију вредност око 2% од укупне вредности сунчеве енергије. Дакле може се сматрати да укупна енергија ветра на Земљи износи 3×10^{16} kWh/a.

Као ни сунчева енергија, ни енергија ветра није равномерно распоређена по Земљиној површини. Постоје зоне појачаног струјања ваздуха, то су зоне западних ветрова у умереним ширинама и зоне пасата на северним и јужним границама тропске и суптропских зона. Такође постоје области у којима је струјање врло слабо, што је случај са суптропским зонама Ветар слаби и са удаљавањем од морске обале у дубину континента.

Већи део енергије се налази у зонама појачаног струјања. Таква зона, тј. зона западних ветрова, налази се у умереним географским ширинама, па је читава Европа релативно повољно подручје.

Подаци добијени мерењима параметара ветра

Мерење ветра се врши на метеоролошким станицама још од средине прошлог столећа. Осматрања се врше на климатолошким станицама у 7, 14 и 21, а на синоптичким свака 3 часа у току дана. Инструмент који је најдуже у употреби је Вилдов ветроказ.

Због тога што су та мерења најмасовнија и данас се још у неким климатолошким годишњацима јачина ветра даје у бофорима. Зато при коришћењу климатолошких годишњака треба знати да су ти подаци дати у вредностима Бофорове скале. Постоје таблице за превођење брзина са Бофорове скале у метре у секунди, који су наравно основна јединица.

Ветар се мери у метеоролошкој мрежи станица и ту постоји следећа ситуација. На синоптичким станицама налазе се инструменти на којима се непрекидно региструје интензитет ветра, смер и пут ветра. На климатолошким станицама, које се налазе на просечном растојању од 30km једна од друге, преовлађују Вилдови ветрокази.

Ипак савремене методе мерења ветра обухватају један изузетно широк репертоар средстава. Поред различитих механичких сензора, постоји и читав низ електричних.

Стандардна висина за постављање инструмената за мерење ветра је 10 метара изнад тла. Та висина је доста добро поштована док су у употреби били искључиво Вилдови ветрокази, међутим са увођењем механичких анемографа дошло је до различитих одступања.

Регистратор и инструмент није згодно поставити у метеоролошком кругу, јер је изложен временским утицајима. Због тога су већ од самог почетка увођења регистривних инструмената, они постављани тако да је сензор на крову зграде, а сам регистривни уређај у

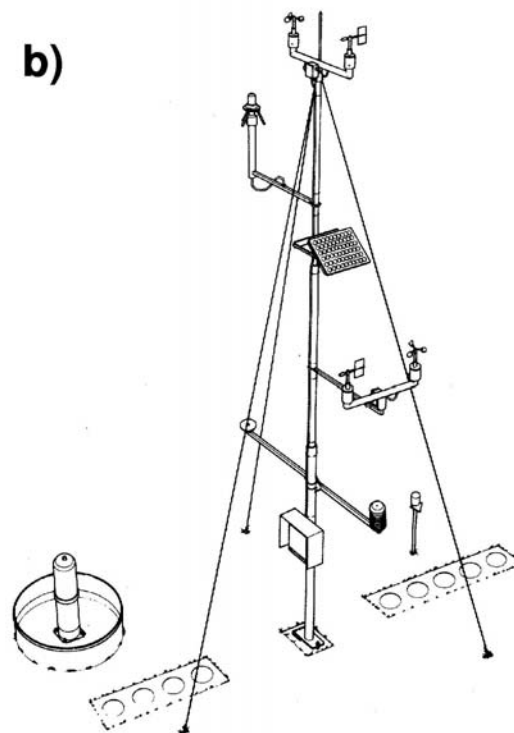
згради. Тако се морало поступати јер је инструмент механички и постојала је вертикална осовина као веза између чашица које ротирају изнад зграде и регистrirног уређаја у згради. Значи када је у питању висина од 10 метара, она је поштована скоро само код старих Вилдових ветроказа, и у најновије време на аутоматским станицама..

Сви регистrirни уређаји и сва новија мерења нису редовно на тој висини. Често су на већој висини, и то око 20 метара.

Међутим, релативно добро је познато како се мења интензитет ветра са висином. Промена интензитета ветра са висином зависи од тзв. хравости тла, актуелне термичке стратификације атмосфере (стабилности) и биланса зрачења, па се помоћу рачунског модела могу израчунати прави односи и када постоје тако неуједначена мерења.

Постоји потреба за детаљним познавањем смера и интензитета ветра на различитим локацијама и висинама. Да би се добиле егзактне, а не само израчунате или процењене вредности, врше се мерења на високим стубовима, мерења помоћу везаних балона и даљинска мерења.

Оваква мерења су потребна ради бољег упознавања структуре атмосфере у слоју од неколико стотина метара, где се одвијају процеси од примарне важности за човека. На врху листе тих процеса су аерозагађење и енергетика ветра.



Слика 2.11 Метеоролошки стуб са сензорима на више нивоа, што омогућава мерење вертикалног профила ветра

За даљинска мерења користе се акустички анемометри који се састоје од једног извора звука и пријемника одјека, дакле инструмент функционише на принципу звучног радара, а инструмент се зове содар. Њиме се постиже мерење смера и брзине ветра на висини (Helbig, A. 1999)

Мерење брзине ветра

Најчешће се примењују инструменти за мерење брзине ветра са следећим сензорима:

1. Плочица на коју ваздушна струја врши притисак. Брзина ветра се одређује мерењем тога притиска.
2. Систем од неколико чашица се врти око вертикалне осе. Брзина ветра се одређује по брзини обртања тих чашица.
3. Елиса која се врти у ваздушној струји.
4. Пито цев усмерена у сусрет ваздушној струји. Мерењем разлике притиска одређује се брзина ветра.
5. Загрејана жица чија се температура разликује од температуре ваздуха. Брзина ветра се одређује на основу губитка топлоте жице.

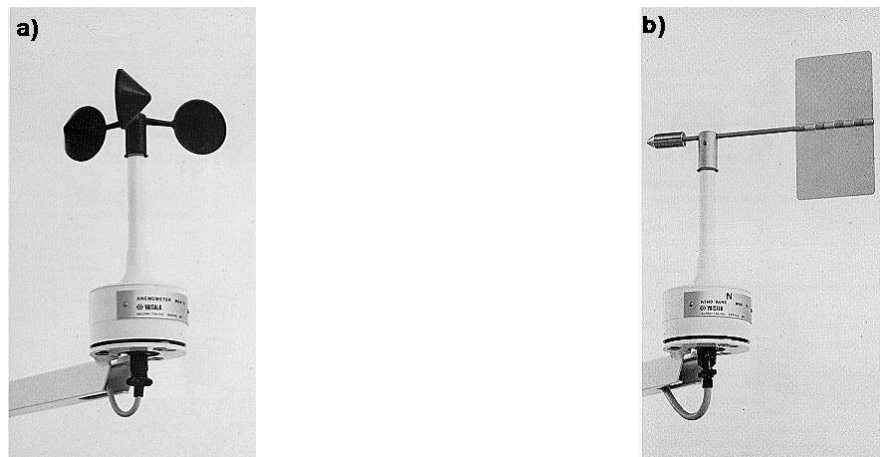
Пријемник у облику обртних чашица

Анемометри са чашицама дају средњу брзину ветра за неки интервал времена. Тренутно, а вероватно и у блиској будућности биће највише коришћени. Под дејством ветра чашице почињу да се обрћу пошто је притисак ветра на чашицу окренуту отвором ка ветру већи него на чашицу окренуту низ ветар. Пошто се достигне извесна брзина обртања, даље убрзање престаје. Бројила анемометра могу се конструисати тако да показују брзину ветра. Ипак испитивања су показала да однос брзине ветра и брзине обртања чашица није сталан, већ да зависи од брзине ветра и од индивидуалних особина анемометра. Због тога је потребно баждарити анемометре у аеродинамичком тунелу.

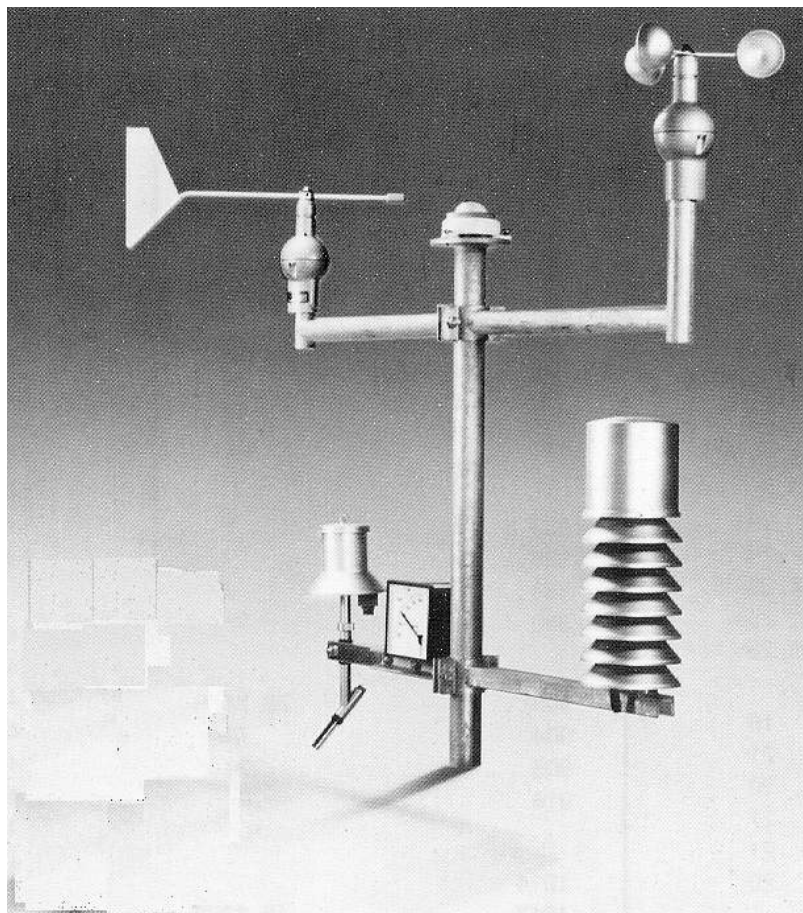
Аутоматизација мерења ветра

На мањем броју локација и то углавном на опсерваторијама или на неким местима где се врше специјална мерења, постављају се аутоматске станице на којима се врши мерење ветра.

На модерним електронским уређајима сензори ипак остају исти који су раније поменути, и то се најчешће користе чашице. Основна предност оваквог начина мерења је у томе што се омогућује потпуно аутоматизована обрада, а тиме и одређивање микроструктуре и турбулентности атмосфере.



Слика 2.12 Сензори за ветар који се постављају на метеоролошки стуб. а) Сензор за брзину. б) Сензор за смер



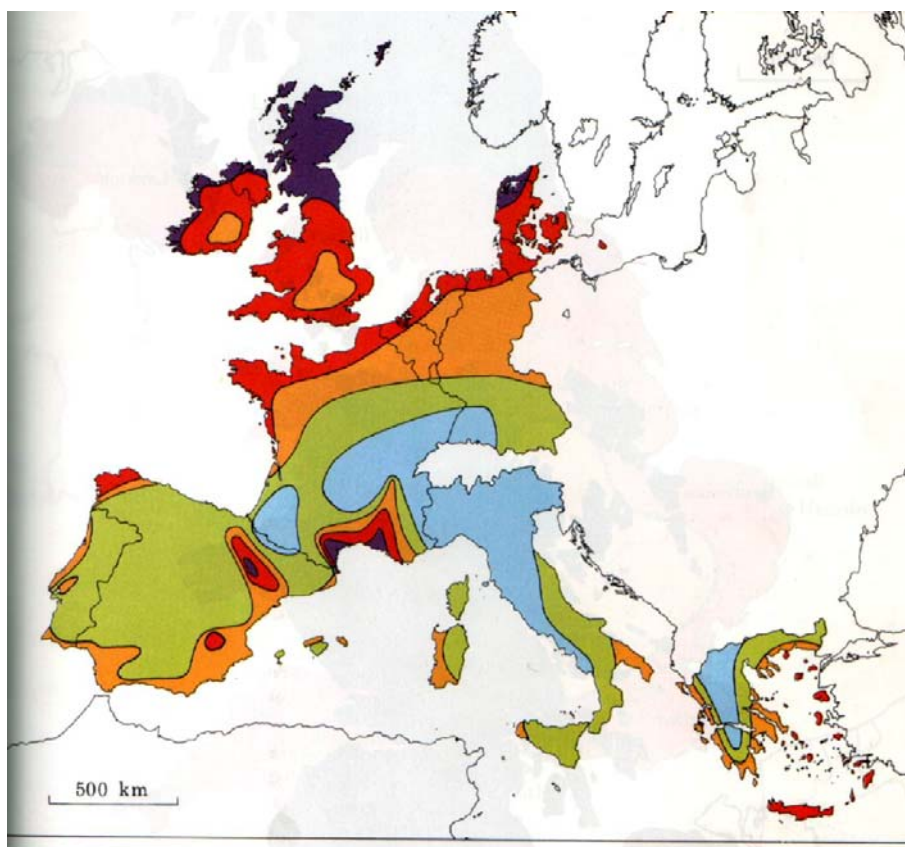
Слика 2. 13 Најчешће коришћени сензори на аутоматској метеоролошкој станици. Горе: смер ветра, глобално сунчево зрачење, брзина ветра. Доле лево - термометар са вентилатором; средина - дата логер; доле десно - хигрометар у заштитном кућишту.

Подаци из базе Европског атласа енергије ветра

Према Европском атласу ветра (СЕС, 1989) који је урађен само за територију Западне Европе, може се оценити повољност појединих подручја за коришћење енергије ветра. На Слици 2.14 је дата карта читаве тада обрађене територије.

Брзине ветра и одговарајуће енергије су приказане по зонама различитих боја. Унутар територије означене једном бојом постоји широк дијапазон брзина. Рецимо, у Шкотској која је читаво обојена тамно плаво, типичне средње брзине на висини од 50m су у градовима преко 6m/s, а на атлантској обали преко 8,5m/s. Одговарајућа снага ветра је 250 односно 700W/m².

Сличне карактеристике имају западне обале Норвешке, Шведске, Ирске, Северна Данска и Баскија. Занимљив је случај једног малог подручја југозападно од Пиринеја, у чијем се центру налази град Сарагоса. То затворено подручје има карактеристике ветровитих обала, иако се налази дубоко у копну.



Слика 2.14 Карта Европе из Европског атласа ветра (СЕС, 1989)

У другу групу спада атлантска обала континенталне Европе од Данске до Нормандије и грчка острва у Егејском Мору. Овде су просечне брзине ветра од 5 до 6m/s у градовима, а 7 до 8,5m/s на морској обали. Снага ветра је овде од 150 до 200W/m² у градовима, а 400 до 700W/m² на обалама.

За трећу групу карактеристичне су брзине на висини од 50m у градовима од 4,5 до 5m/s, а на обали од 6 до 7m/s. Просечна снага ветра у овим подручјима је у градовима 100 до 150W/m², а на обали од 250 до 400W/m²

Треба имати у виду да се интензитет ветра значајно мења од једног локалитета до другог, па се и у подручјима која су генерално гледано мање повољна, могу наћи места са већим брзинама ветра. Зато су потребне и детаљније карте ветра.

За Данску је израђен тако детаљан атлас, да свака општина има одређене локалитете за ветротурбине (DWIA, 2003b).

У Табели 2.2.1 дате су упоредно вредности средње брзине и снаге ветра на одређеном броју европских станица, из базе података Европског атласа енергије ветра (СЕС, 1989). Подаци су сортирани по опадајућем низу вредности брзине (и снаге) ветра. Компаративни приказ наших и европских станица дат је у Поглављу 5.3.

Табела 2.2.1 Средња брзина и снага ветра на локалитетима Европе на 10m од тла

Држава	Град	Латитуда (N)	Лонгитуда (E)	Алтитуда (m)	Брзина ветра m/s	Снага ветра W/m ²
Француска	Монт Егуал	44 ⁰ 07'	03 ⁰ 01'	1565	12,0	2281,0
Британија	Кернгорм	57 ⁰ 13'	03 ⁰ 39' W	1065	9,7	1204,7
Холандија	Терсшелинг	53 ⁰ 21'	05 ⁰ 11'	1	7,4	534,9
Шпанија	Ел иеро	27 ⁰ 49'	17 ⁰ 53' W	31	7,3	513,5
Грчка	Наксос	37 ⁰ 00'	25 ⁰ 23'	9	6,8	415,1
Ирска	Белмулет	54 ⁰ 14'	10 ⁰ 00' W	9	6,8	415,1
Данска	Каструп	55 ⁰ 38'	12 ⁰ 40'	5	6,0	285,1
Португал	Санта Марија Азорска	36 ⁰ 58'	25 ⁰ 10'	100	5,8	257,5
Италија	Трапани	37 ⁰ 55'	12 ⁰ 30'	7	4,8	146,0
Белгија	Мелсброк	50 ⁰ 54'	04 ⁰ 28'	36	4,4	112,4
Немачка	Бремен	53 ⁰ 03'	08 ⁰ 47'	3	4,3	104,9
Данска	Тирstrup	56 ⁰ 18'	10 ⁰ 37'	25	4,1	91,0
Белгија	Спа	50 ⁰ 29'	05 ⁰ 55'	573	4,1	91,0
Британија	Бурнамонт	50 ⁰ 47'	01 ⁰ 50' W	10	4,1	91,0
Грчка	Солун	40 ⁰ 31'	22 ⁰ 58'	8	3,3	47,4
Ирска	Килкени	52 ⁰ 40'	07 ⁰ 16' W	63	3,0	35,6
Немачка	Штутгарт	48 ⁰ 41'	09 ⁰ 13'	373	2,5	20,6
Португал	Виано до Кастело	41 ⁰ 42'	08 ⁰ 48'	16	2,3	16,1
Шпанија	Гранада	37 ⁰ 11'	03 ⁰ 47' W	569	2,3	16,1
Француска	Монт д Марсан	43 ⁰ 55'	00 ⁰ 30'	63	2,1	12,2
Италија	Милано	45 ⁰ 26'	09 ⁰ 17'	103	0,9	1,0