АРХИТЕКТУРА ЛЕПЕНСКОГ ВИРА

мср Ненад Б. Милорадовић, дипл. маш. инж.

nesoni2@mts.rs

ПТТ музеј, Београд, 25.04.2018.

ЕКОЛОШКА КУЋА – ИЗУМ КОЈИ НИЈЕ НОВ

- Данас често користимо термине: енергетска ефикасност, еко-кућа, зелена градња, нискоенергетска кућа, пасивна кућа…
- Основно значење: уштеда фосилног горива уз комфорно становање,
- Ипак, о складу архитектуре и природног окружења водило се рачуна од давнина (питање немачког инжењера Хелмута Крамеса: “Да ли су у праисторији марили за ЕЕ?),
- Људи у прошлости били су много више упућени на природу и њене ћуди него ми данас.

УВОД И ПРИСТУП

- Зашто је праисторијска архитектура наших давно умрлих предака данас интересантна архитектама и инжењерима који се баве одрживим развојем?
- Одговор је једноставан: праисторијско друштво одсликава друштво које је у складу са концептом одрживог развоја:
- У праисторији се није користило фосилно гориво,
- Њихова насеља су трајала много генерација.

ПИТАЊА БИОКЛИМАТСКЕ АРХИТЕКТУРЕ

- Која је оптимална локација и оријентација зграде (уколико је избор могућ)?
- Који су повољни и неповољни елементи климе и како их оптимално прилагодити згради и зграду њима?
- На који је начин могуће побољшати микроклиму око зграде и унутар зграде?

(Мила Пуцар)

БИОКЛИМАТСКА АРХИТЕКТУРА

- Архитекта треба својим пројектом да одговори на ова питања прилагођавајући кућу елементима климе (спољна температура, Сунчево зрачење, брзина и правац ветрова и сл.) и биљном окружењу (биљке значајно утичу на микроклиму),
- Резултат таквог пројекта је пријатан унутрашњи боравак и уштеда фосилних горива за остваривање тог пријатног боравка,
- У пројекат треба укључити примену ОИЕ.

КОНЦЕПТ “ТРИАС ЕНЕРГЕТИКА”

- У Холандији је 1996. године представљен концепт уштеде енергије у енергетици који садржи три корака:
- 1. Смањити потрошњу енергије где год је могуће,
- 2. У што већој мери користити ОИЕ,
- 3. Ако ОИЕ не могу да задовоље користити фосилно гориво уз ЕЕ опрему.
- Куће на Лепенском Виру су грађене у складу са овим концептом,
- Видљиви су и препознатљиви примењени принципи ЕЕ.

ЛЕПЕНСКИ ВИР

- Лепенски Вир је откривен шездесетих година XX века,
- Добро је познат по скулптурама, архитектури и гробовима,
- Налази се на десној, српској обали Дунава у Ђердапској клисури, 15 km узводно од Доњег Милановца и око 160 km низводно од Београд,
- Најзаслужнији за његово откриће био је археолог Драгослав Срејовић, чија је књига *Лепенски Вир – нова праисторијска култура у Подунављу*, коју је издала СКЗ 1969. године, главни извор информација о овој култури,
- Старост налазишта процењује се на отприлике око 8.000 година,

ЛОКАЦИЈА ЛЕПЕНСКОГ ВИРА

ЛЕПЕНСКИ ВИР

- Услед изградње ХЕ Ђердап 1 оригинални локалитет је потопљен, ниво Дунава је порастао за око 12м, док је данашње место измештено за око 150м, али тако да чува оригиналну позицију,
- Процват соларне архитектуре у новије време десио се после ископавања, средином седамдесетих, након почетка енергетске кризе и тзв. “нафтног шока”.
- Због тога приликом ископавања на Лепенском Виру није била обраћана пажња на аспект пасивног соларног грејања.

ЛЕПЕНСКИ ВИР ДАНАС – МУЗЕЈ

Локалитет је измештен услед потапања
Музеј чува локалитет од пропадања услед климатских утицаја

ЛЕПЕНСКИ ВИР

- У култури Лепенског Вира имамо пример сјајно уклопљене архитектуре у природни амбијент – обалу Дунава у Ђердапској клисури,
- Од кућа су сачуване само основе (од стврднутог материјала налик на бетон) у које је било уграђено огњиште на улазу као активни систем грејања,
- Трећа димензија била је изграђена од материјала подложног пропадању (дрво, кожа, блато...) и није сачувана,
- Постоје само претпоставке како су те куће изгледале.

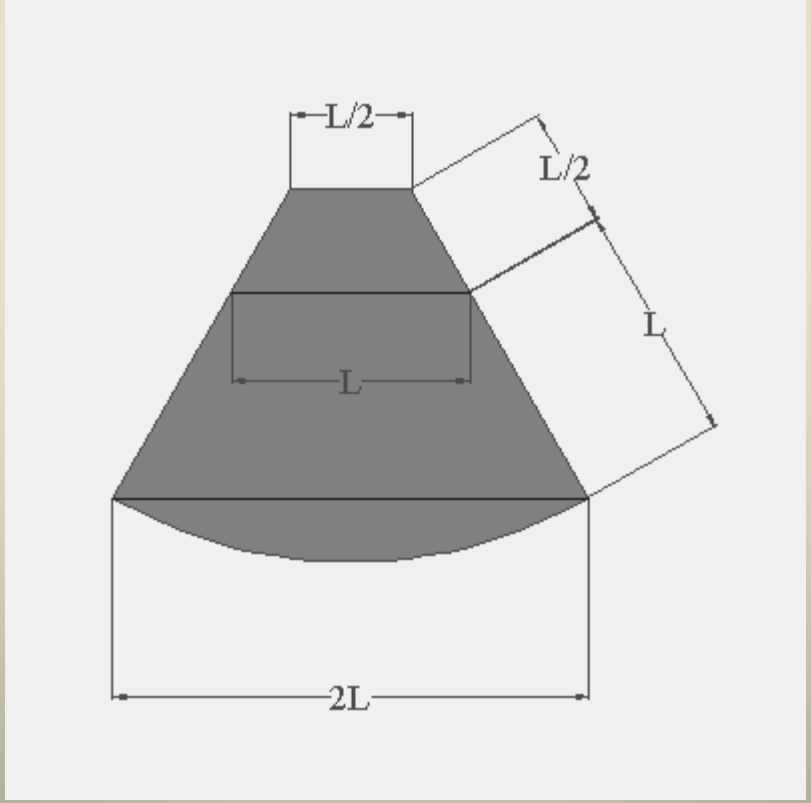
ОБЛИК ОСНОВЕ

- Архитектуру карактеришу куће са основом облика зарубљеног кружног исечка, које су испупченом страном биле окренуте ка реци, односно изласку Сунца,
- Овакав облик можемо назвати и испупченим трапезом,
- Срејовић га је називао трапезоидном формом, иако је трапезоид у математици нешто сасвим друго,
- Ово не умањује Срејовићеве заслуге, јер је он био археолог.

ОБЛИК ОСНОВЕ ПО СРЕЈОВИЋУ

Геометријска шема основице

Задња страна је знатно мања, а предња изобличена у кружни лук. Бочне стране су под углом. Откривено је око 85 кућа са оваквом основом, а у насељу је боравило око 100 житеља.



ФОТОГРАФИЈА ОСНОВИЦЕ

Огњиште од камених блокова у правцу обала-залеђе смештено је на улазу у кућу

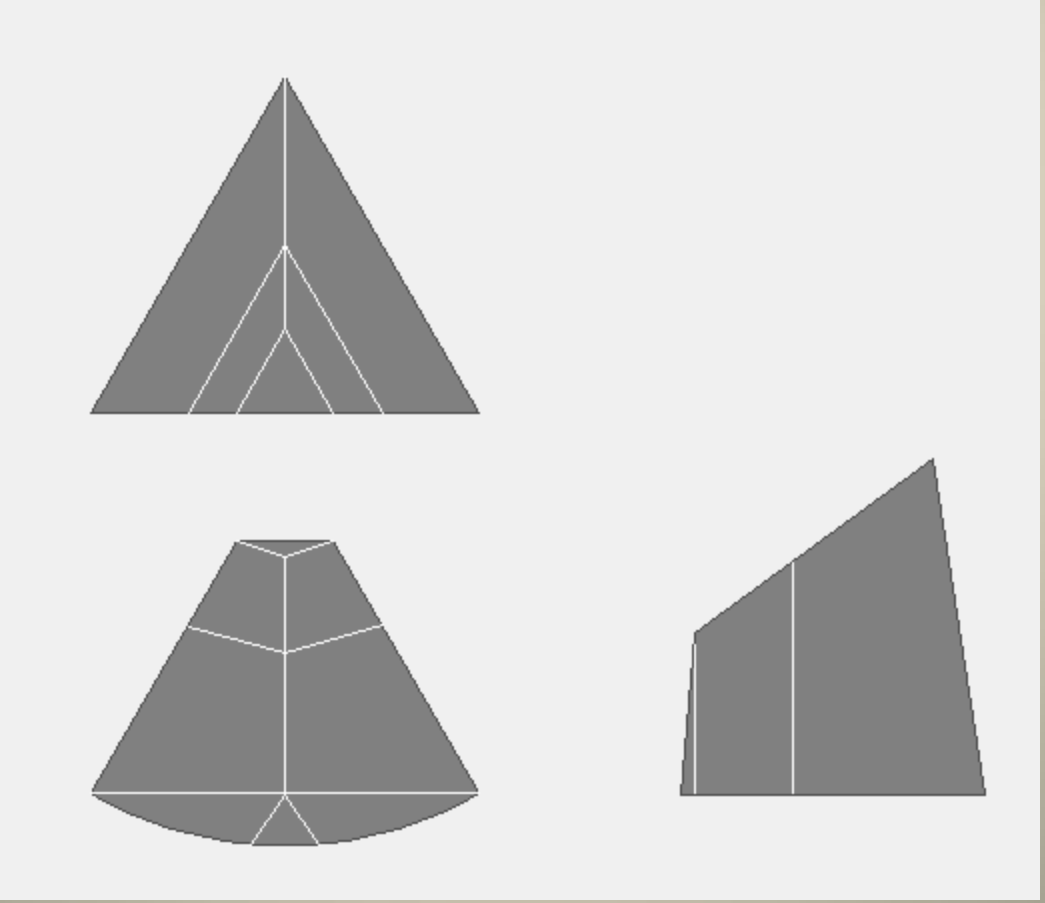
ПРАВО ПИТАЊЕ

- Многи су се питали, па и сам Срејовић: Како је изгледала ова кућа у простору?
- Готово нико није поставио питање: У чему је сврха овакве градње и зашто су ове куће баш тако грађене?
- Одговор на ово друго питање може се добити и без прецизног одговора на прво питање,
- Сврха је очигледна: остваривање пријатних услова за боравак у склопу природног окружења.

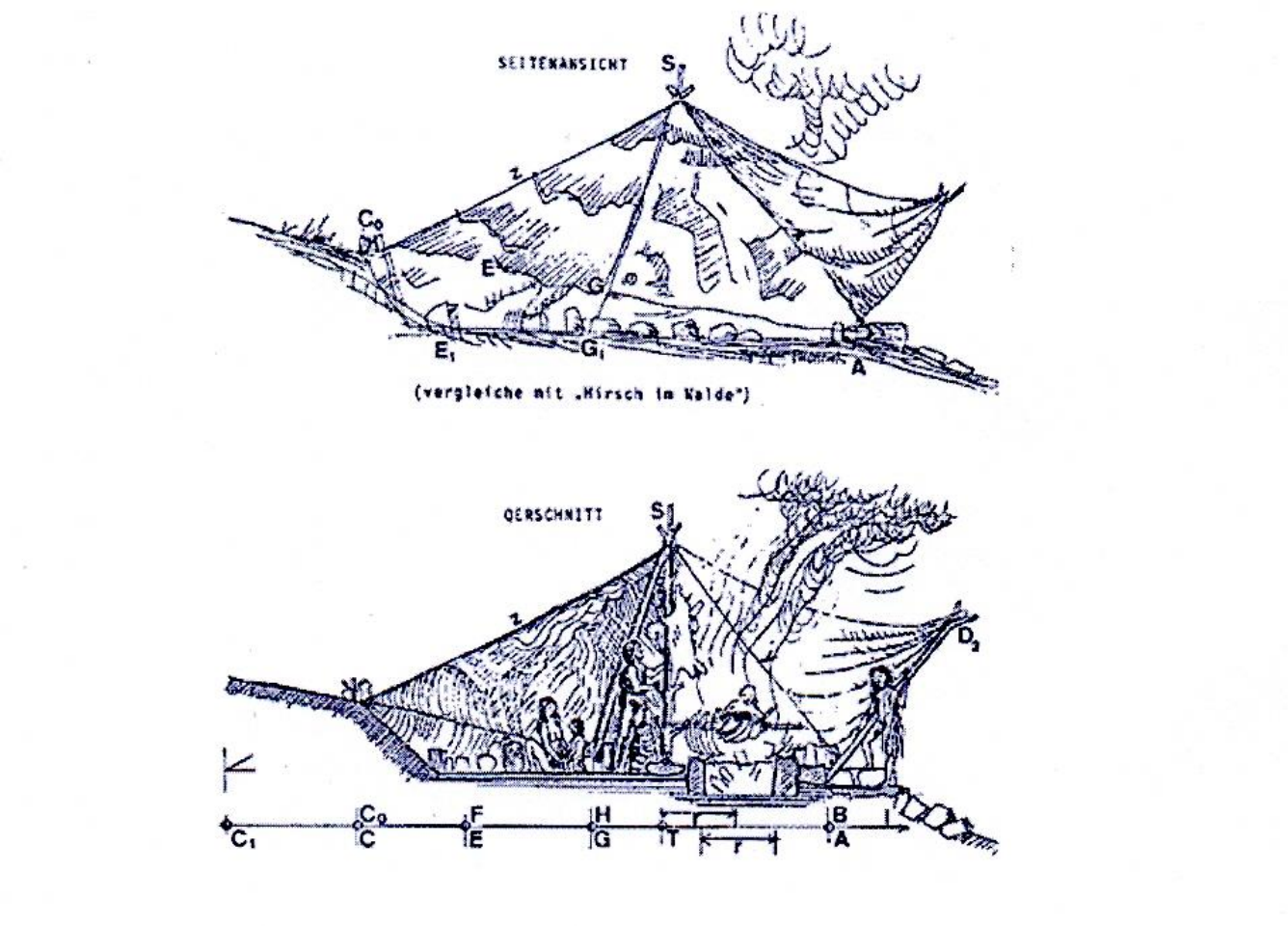
ТРЕЋА ДИМЕНЗИЈА ПО СРЕЈОВИЋУ

Пеђа Ристић, Христивоје Павловић, Душан Борић ...

Погледи отпозади, одгоре и са стране



ШАТОРАСТА КОНСТРУКЦИЈА ПЕЋЕ РИСТИЋА



РЕКОНСТРУКЦИЈА ХРИСТИВОЈА ПАВЛОВИЋА

МОДЕЛ КУЋЕ У МУЗЕЈУ

ВИДЉИВИ ПРИНЦИПИ ЕЕ НА ЛЕПЕНСКОМ ВИРУ

ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ

- Потрошња енергије је различита током године,
- Зими се користи првенствено за грејање, лети за кување, а током ноћи за осветљавање,
- Због тога треба одвојено разматрати зимски и летњи режим рада огњишта, а самим тим и потрошње енергије.

ТОПЛОТНИ ГУБИЦИ ТОКОМ СЕЗОНЕ ГРЕЈАЊА

- Укупни губици топлоте израчунавају се као збир трансмисионих и вентилационих губитака,
- Трансмисиони губици представљају губитак топлоте кроз зидове,
- Трансмисиони губици топлоте директно зависе од површине омотача: $Qt=k*A*\Delta t$,
- Вентилациони губици зависе од прилива хладног ваздуха у унутрашњост објекта,
- Који су принципи примењени за смањење трансмисионих топлотних губитака?

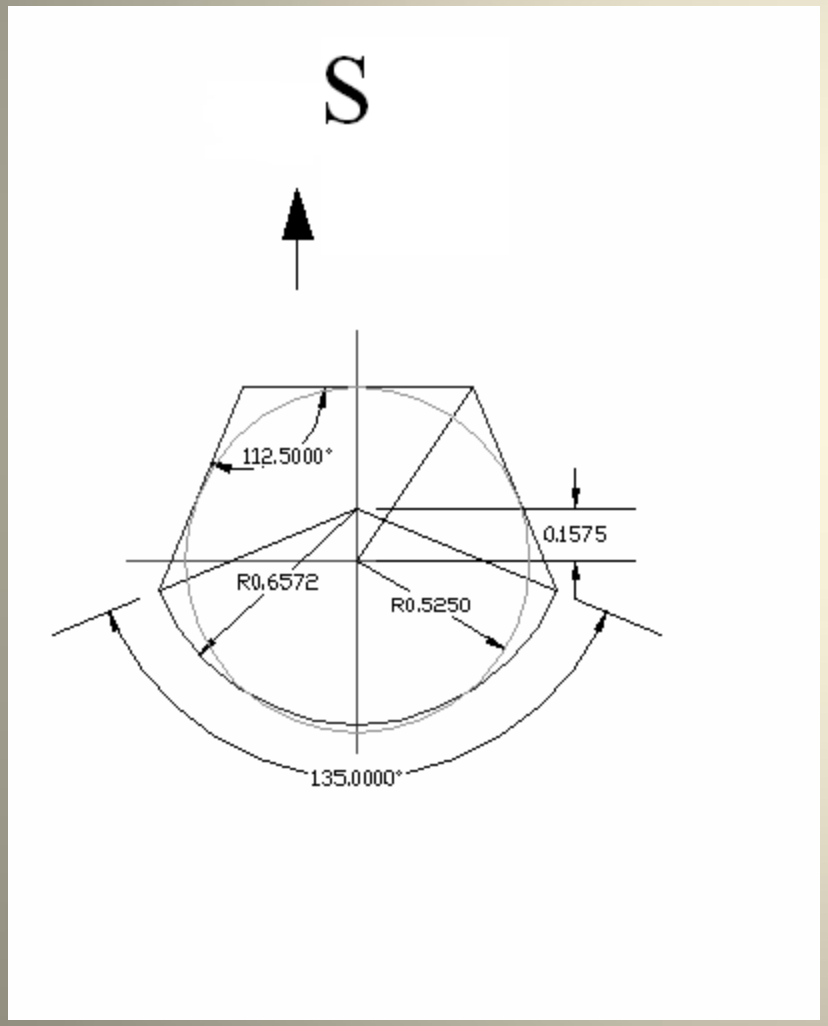
КОМПАКТНОСТ ОБЛИКА – ПРВА МЕРА ЗА СМАЊЕЊЕ ТРАНСМИСИОНИХ ГУБИТАКА

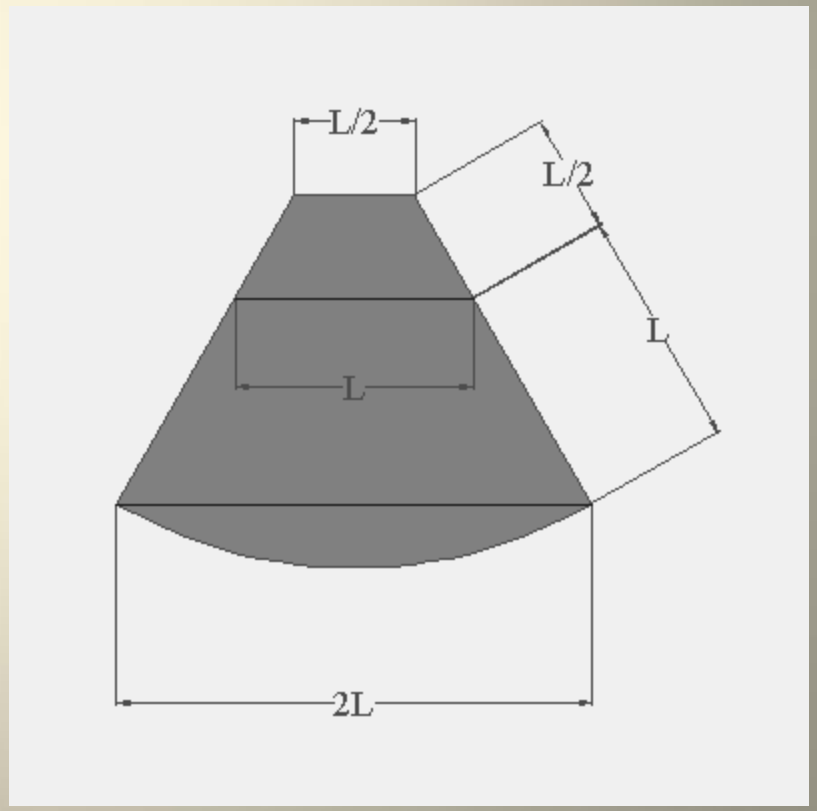
- Веома је важан однос површине и запремине A/V,
- Ако је омотач објекта мањи, мања је његова површина те су трансмисиони губици топлоте мањи,
- Теоријски најбољи је облик лопте,
- На Лепенском Виру очувани су само подови па је извршена аналогија за трећу димензију.

КОМПАКТНОСТ ОБЛИКА

- Подови на Лепенском Виру су веома компактни,
- Подови представљају комбинацију трапеза и кружног одсечка,
- Обим овакве фигуре по Срејовићу за 1% је мањи од квадрата,
- Топлотни губици су мањи код оваквог облика,
- Цилиндричан облик оптимизоване основе на Лепенском Виру троши мање енергије у односу на коцку за 5-7% ,
- Овакав облик је квалитетан у пасивној соларној архитектури.

ОПТИМИЗОВАН ОБЛИК И ОБЛИК ПО СРЕЈОВИЋУ





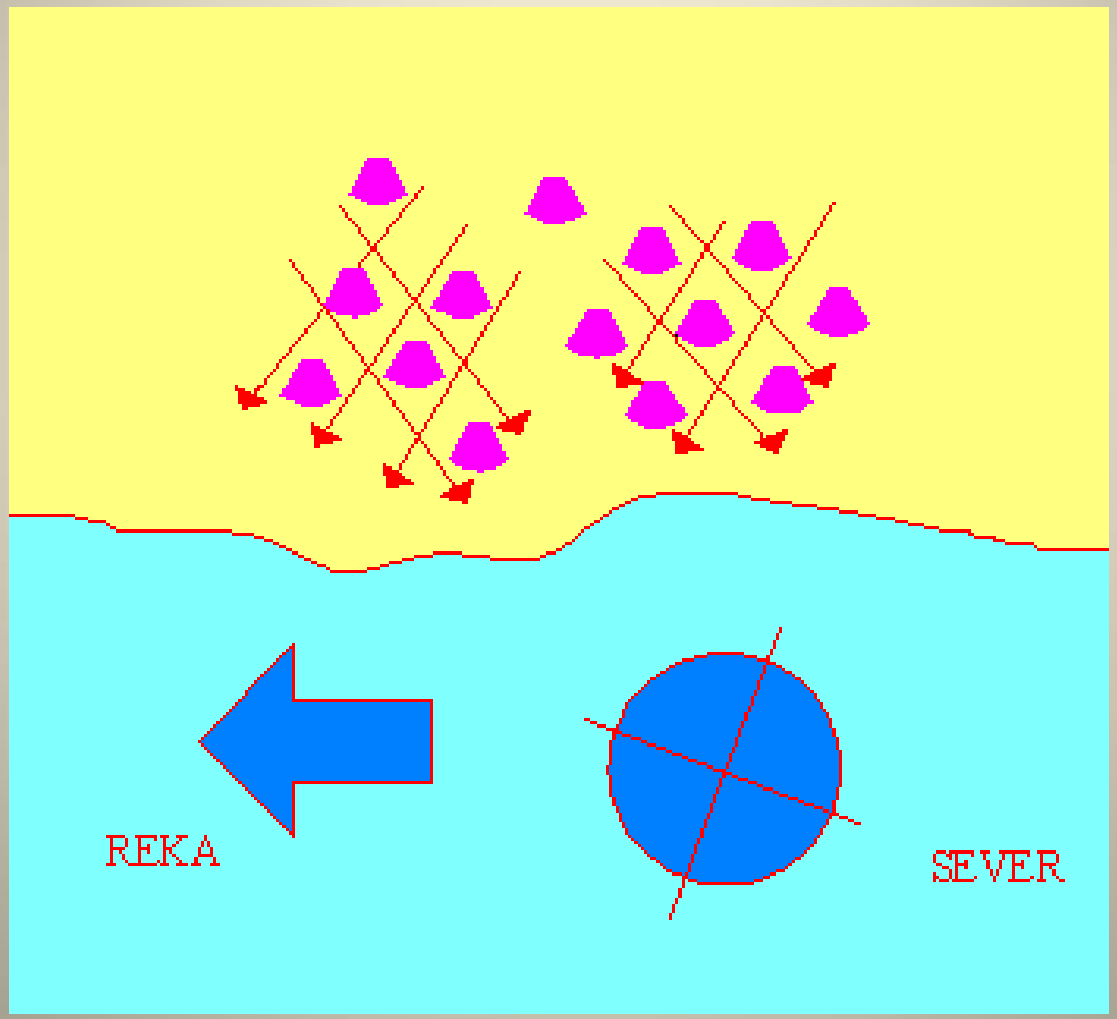
ПОРЕЂЕЊЕ ОБЛИКА

ОБЛИК	A/V za V=1	%	% Урачуната оријентација
Лопта	4,84	80,6	80,6
Ваљак	5,54	92,26	92,26
Цилиндар са оптимизованом подовима Лепенског Вира – јужна оријентација	5,68	94,68	93,94
Цилиндар са оптимизованом подовима Лепенског Вира – источна оријентација	5,68	94,68	94,68
Полулопта	5,76	95,96	95,96
Коцка	6	100	100

СМАЊЕЊЕ ТРАНСМИСИОНИХ ТОПЛОТНИХ ГУБИТАКА
2. ОРИЈЕНТАЦИЈА

- Предности оваквог асиметричног облика долазе до изражаја уколико применимо правилну оријентацију,
- Оријентација је углавном према истоку и према реци,
- Повољна оријентација на датом локалитету није била јужна,
- Услед конфигурације терена и брда у залеђу, место градње је највише изложено Сунчевом зрачењу у јутарњим часовима и окренуто је према реци,

ОРИЈЕНТАЦИЈА НАСЕЉА ЛЕПЕНСКИ ВИР



СМАЊЕЊЕ ТРАНСМИСИОНИХ ТОПЛОТНИХ ГУБИТАКА
3. КОРИШЋЕЊЕ СУНЧЕВЕ ЕНЕРГИЈЕ ЗА ПОБОЉШАЊЕ ТОПЛОТНЕ ИЗОЛАЦИЈЕ

- Примењени материјали (углавном кожа, блато, дрво…) губе термоизолациона својства под утицајем влаге,
- Ђердапска клима има 20% више падавина у односу на суседне области,
- Сушењем “зидова” на Сунцу побољшава се степен изолације,
- Веће површине куће су према највећим добицима од Сунчевог зрачења,
- И на овај начин се смањују трансмисиони губици.

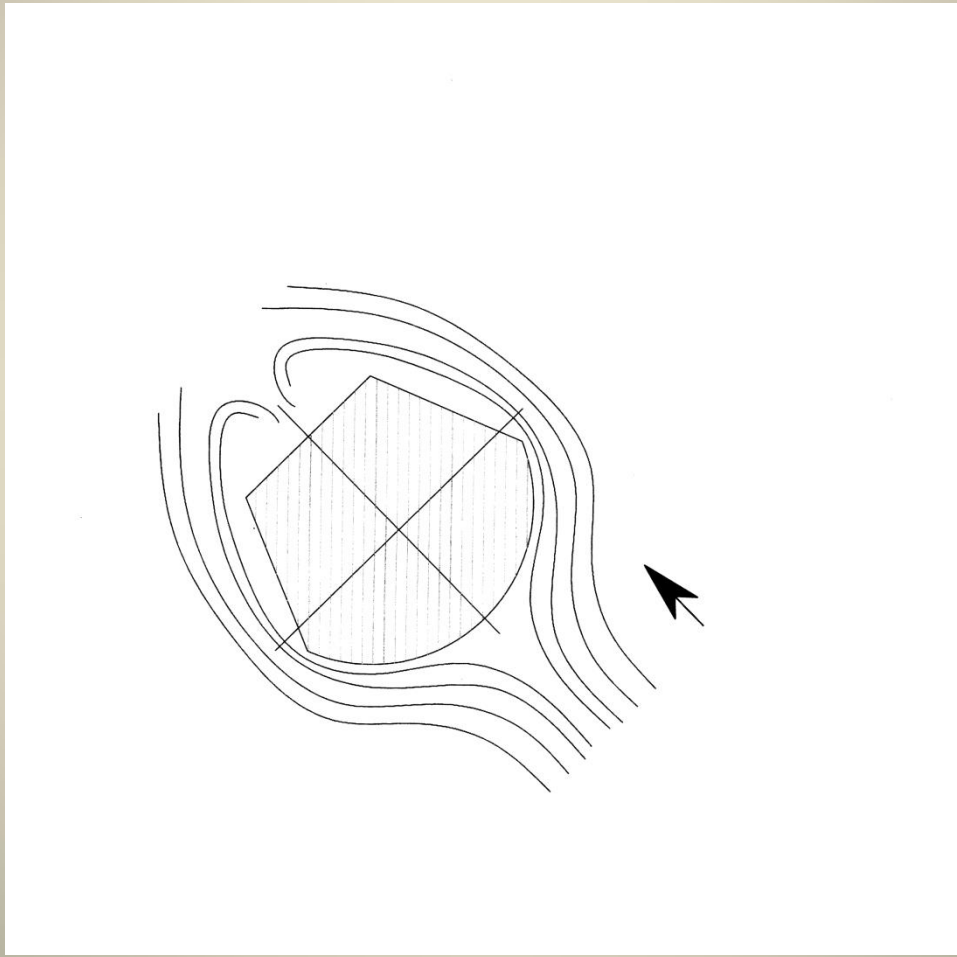
СМАЊЕЊЕ ТРАНСМИСИОНИХ ГУБИТАКА

- Трансмисиони губици топлоте у зимском периоду смањивани су компактним обликом и сушењем „зидова“ јутарњим Сунчевим зрачењем ради побољшања степена термичке изолације, при чему је коришћена повољна оријентација.

СМАЊЕЊЕ ВЕНТИЛАЦИОНИХ ГУБИТАКА 1. АЕРОДИНАМИЧАН ОБЛИК И ПРАВИЛНА ОРИЈЕНТАЦИЈА

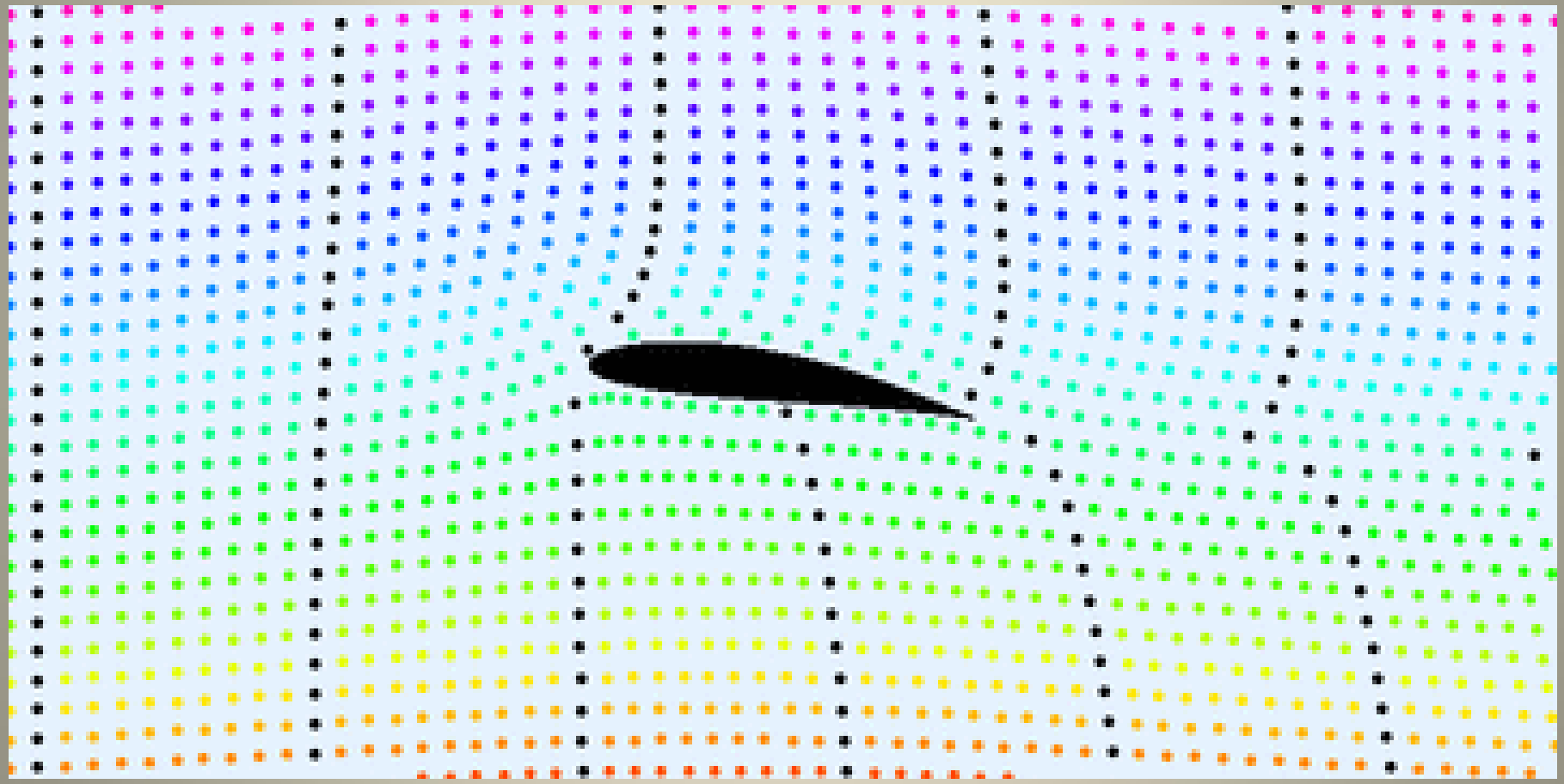
- Може се претпоставити да је насеље било изложено ветровима који дувају са реке, јер биљно окружење и стрмо залеђе смањују могућност дувања из других праваца,
- У циљу смањења вентилационих губитака, који су били изразити, облик основице је такође веома повољан, јер омогућава природно опструјавање са малим падовима и разликама притиска и омогућава задржавање повољне температуре у унутрашњости,
- Изузетна је аеродинамичност облика основе, која је много боља од нпр. квадрата, односно коцке.

ОПСТРУЈАВАЊЕ – АЕРОДИНАМИЧНОСТ ОБЛИКА



ИДЕАЛАН АЕРОДИНАМИЧКИ ОБЛИК

wikipedia



СМАЊЕЊЕ ВЕНТИЛАЦИОНИХ ГУБИТАКА 1. АЕРОДИНАМИЧАН ОБЛИК И ПРАВИЛНА ОРИЈЕНТАЦИЈА

- Аеродинамични облици смањују инфилтрацију спољног ваздуха у унутрашњост објекта,
- На тај начин се миниминизира кретање ваздуха у просторији и смањује размена топлоте са околином,
- Распоред отвора (прозора) је био непознат, због чега нема сврхе тачно прорачунавати губитке топлоте,
- Вентилациони губици, који су били значајни, смањени су коришћењем основе повољног аеродинамичног облика,
- Налети ветра смањени су предњом лучном страном,
- Постоји и одређена улога аеродинамичности у одвођењу дима са огњишта на улазу.

СМАЊЕЊЕ ВЕНТИЛАЦИОНИХ ГУБИТАКА 3. УКОПАВАЊЕ У ЗЕМЉИШТЕ

- Познато је да земљиште има боље термичке карактеристике него околни ваздух,
- Укопавање се примењује још и као заштита од ветра,
- Услед конфигурације терена и заштите од ветра **задње стране кућа** биле су укопане,
- Висина укопане земље била је од око 80 cm до 1m,
- Понегде је таква конструкција представљала и потпорни зид,
- Насеље је имало терасаст изглед.

ФОТОГРАФИЈА ОСНОВИЦЕ

терасасто насеље и укопавање

СМАЊЕЊЕ ВЕНТИЛАЦИОНИХ ГУБИТАКА

- Вентилациони губици топлоте смањени су градњом аеродинамичне основе (а самим тим и аеродинамичним обликом куће у целини), избором повољне оријентације, укопавањем и, вероватно, биљним окружењем и стрмим залеђем.
- На овај начин је размотрено коришћење кућа у зимском периоду.

ЛЕТЊЕ ПОТРЕБЕ ЗА ХЛАЂЕЊЕМ

- Оваква архитектура може остварити пријатан комфор и током лета,
- Микроклиматске погодности су максимално искоришћене избором локалитета,
- Стрмо залеђе са западне стране прави сенку на насеље током поподнева,
- Оно смањује топлотно оптерећење од Сунчевог зрачења,
- Зна се да је поподне највеће топлотно оптерећење јер заједно делују висока спољна температура и Сунчево зрачење.

ЛЕТЊЕ ПОТРЕБЕ ЗА ХЛАЂЕЊЕМ

- Избор саме локације са микроклиматским погодностима веома је битан (ђердапска клима је у јулу 2-3°C хладнија, а у јануару око 1°C топлија у односу на околне регије),
- Додатно хлађење – поливање зидова и подова водом из реке која испаравањем снижава температуру.

СТРМО ЗАЛЕЂЕ – ПОГЛЕД СА СТРАНЕ

сенку прави и растиње, што је важно за летњи период – 14.30

СТРМО ЗАЛЕЂЕ – ИЗНАД МУЗЕЈА

ЛЕТЊИ ПЕРИОД

- Термални комфор у летњем периоду је остварен компактним обликом, избором повољне локације са стрмим залеђем са западне стране, избором повољне оријентације кућа (углавном према истоку и реци), близином реке и, вероватно, коришћењем сенке од биљног окружења.

О ОРИЈЕНТАЦИЈИ

- На Лепенском Виру је остварено поклапање повољне оријентације због смањења трансмисионих и вентилационих губитака зими и смањења топлотног оптерећења лети,
- Та повољна оријентација је према истоку и реци, а услед конфигурације терена.

О ОРИЈЕНТАЦИЈИ

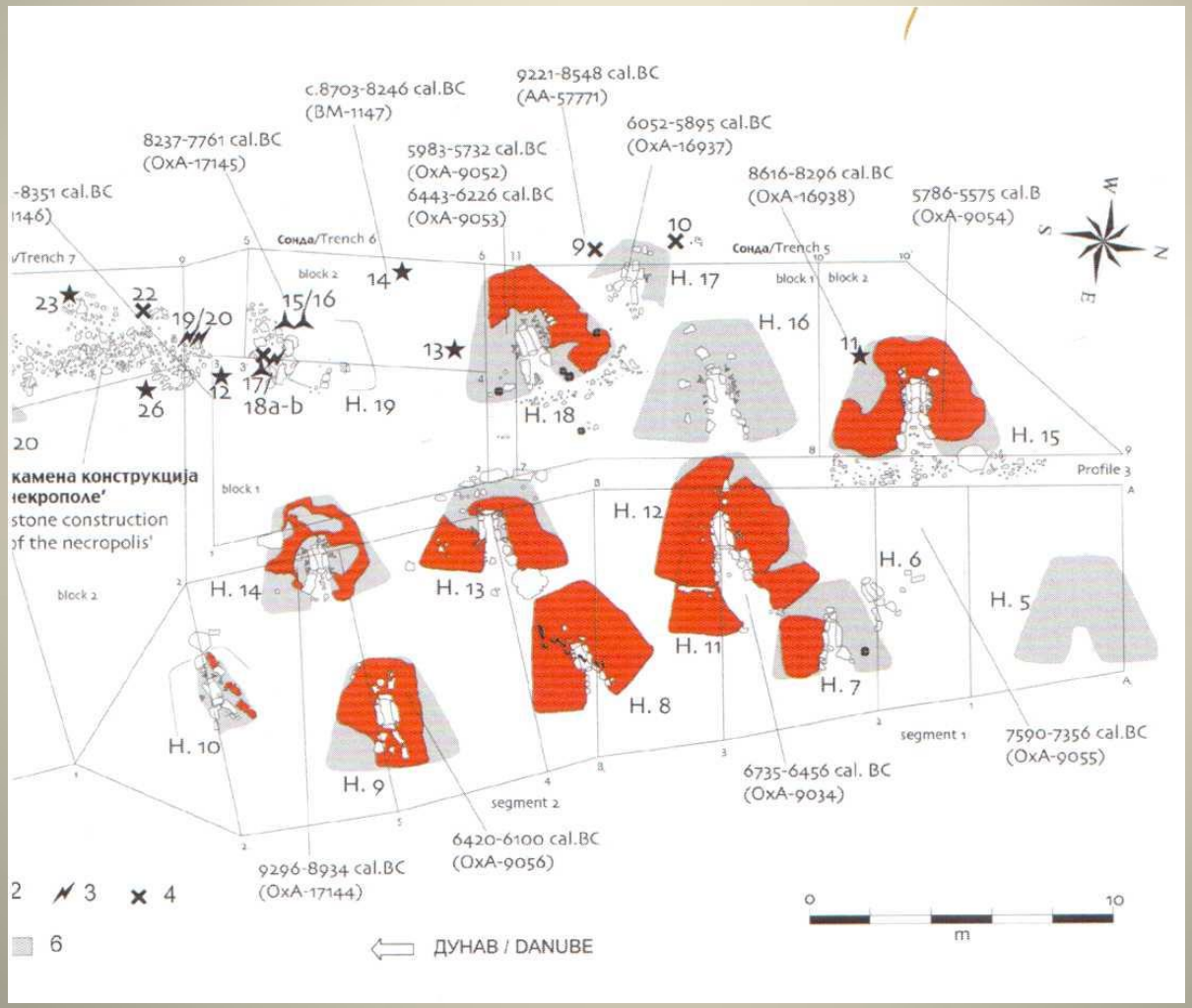
- Постоји **добра усклађеност “производње” енергије** (добици топлоте и светлости од Сунчевог зрачења) **и потреба за енергијом** (сушење зидова најпотребније је ујутро после честе росе), што се огледа у избору оријентације,
- Такође, јутарња температура је нижа него спољна температура преко дана, па су потребе за грејањем највеће ујутру,
- Најнижа спољна дневна температура је у просеку пред зору,
- Зато је заслужна претежно источна оријентација кућа и окренутост према реци.

ЛОКАЛИТЕТ ПАДИНА

- У сенци открића на Лепенском Виру вршена су ископавања и на локалитету Падина,
- Падина је такође потопљени археолошки локалитет који се налазио неколико километара узводно од Лепенског Вира,
- Налазио се на западној, српској страни Ђердапа, а природни услови су веома слични онима на Лепенском Виру,
- Пронађени су остаци архитектуре који су веома слични архитектури Лепенског Вира, али се и разликују од ње у неким детаљима.

ПЛАН ОСНОВЕ НАСЕЉА ПАДИНА

Ископавања је вршио археолог академик Борислав Јовановић пре потапања локалитета.



ЛЕПЕНСКИ ВИР

- Архитектура културе Лепенског Вира није настала случајно, јер су слични остаци кућа пронађени и на Лепенском Виру и на Падини, оближњем потопљеном археолошком локалитету, где су слични микроклиматски услови,
- Свој смисао и употребну црту свог настанка ова архитектура добија тек ако се сагледава у склопу природног окружења и утицаја топлоте Сунчевог зрачења.

КАКО СУ МОГЛИ ДА СТВОРЕ ОВАКВУ АРХИТЕКТУРУ?

- Архитектуре Лепенског Вира и Падине могу се разумети ако се посматрају у оквиру конфигурације терена, природног окружења, близине реке и кретања Сунца по небеској сфери,
- До закључака и знања потребних за “пројектовање” кућа “Лепенци” су могли доћи после дуготрајног праћења природних феномена који користе Сунчеву енергију: топљење снега, исушивање барица, сушење од росе и сл.
- Они су били упућенији на природу него ми данас и много више времена проводили су на отвореном.

ЧИЊЕНИЦА

- Како да знамо да су ове куће заиста биле комфорне за становање у оно време?
- У прилог томе говори следећа чињеница:
- Догодила се демографска експанзија,
- Неолит је донео и важну новину – живот у кући, што је вероватно довело до тога да су се у кућама одвијали и порођаји,
- Могуће је да се све већи број беба рађао у термално стабилним условима што је и данас један од кључних предуслова преживљавања новорођенчади.

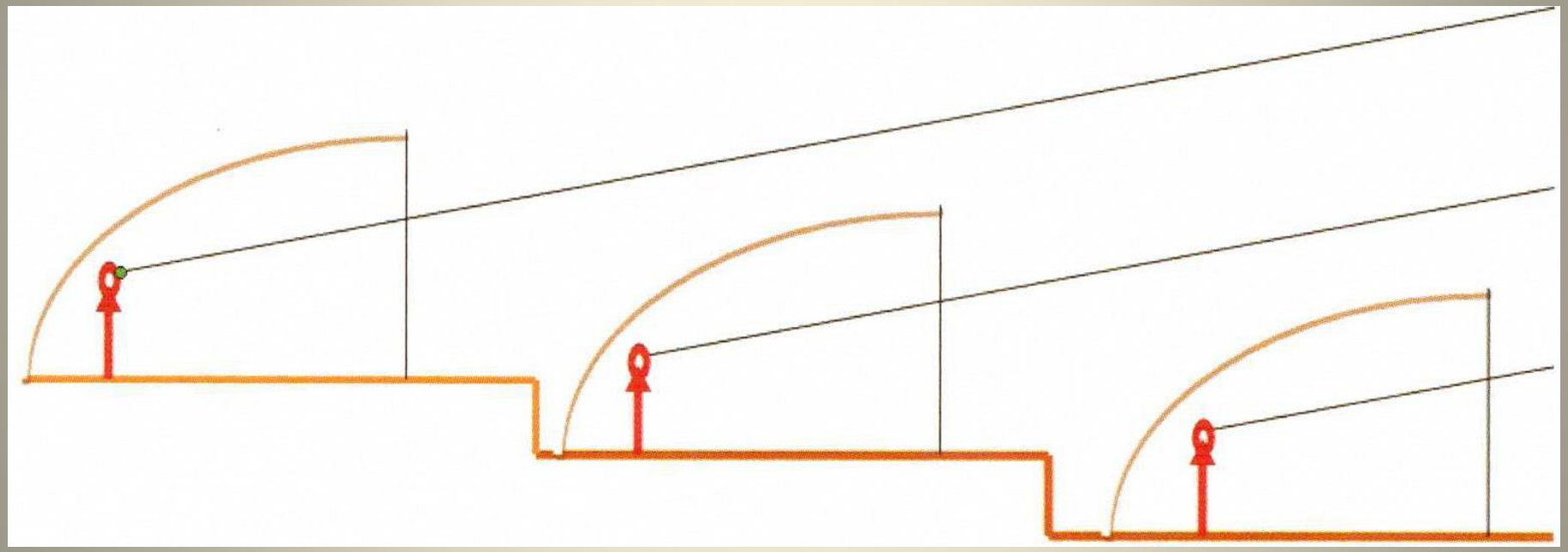
УРБАНИЗАМ – НАСЕЉЕ КАО ЦЕЛИНА

- Треба скренути пажњу и на чињеницу да нису само појединачне куће грађене због примене пасивног соларног загревања.
- Наиме, цело насеље има форму која се уклапа у природни амбијент, а већ смо приметили да насеље има терасаст изглед,
- Вршена су археоастрономска истраживања: Александра Бајић и Христивоје Павловић – књига Сунце Лепенског Вира

УРБАНИЗАМ

- Констатовано да се први јутарњи зрак Сунца могао видети готово у свим кућама овог насеља,
- Овај податак је веома важан зато што је због потреба загревања и сушења станишта било важно да куће не бацају сенку једна на другу,
- Насеље је брижљиво планирано у том смислу.

УРБАНИЗАМ



УРБАНИЗАМ

- Цела увала подсећа на некакав биоскоп, позориште, можда амфитеатар у којем су, метафорички посматрано, куће постављене уместо седишта, док је на позорници у главној улози – Сунце, чији се излазак може посматрати из готово сваке куће.
- Те куће не ометају једна другој поглед ка источном хоризонту.

ЗАКЉУЧАК

- У архитектури насеља Лепенски Вир и Падина веома су изражени принципи пасивне соларне и биоклиматске архитектуре и виде се примењене мере за повећање ЕЕ и смањење размене енергије куће са околином,
- За познавање тих принципа потребна су елементарна знања из астрономије, географије, метеорологије и слично,
- Смисао архитектуре ових насеља може се сагледати тек када се узме у обзир природно и климатско окружење и утицај Сунчевог зрачења са кретањем Сунца по небеској сфери,

ЗАКЉУЧАК

- Може се говорити о првобитној пасивној соларној и биоклиматској архитектури,
- Сам облик основе кућа је веома компактан и доприноси уштеди енергије за грејање или климатизацију,
- Кроз овај компактан облик смањена је размена топлоте са околином и трансмисиони губици, а у том циљу коришћена је и повољна оријентација,
- Трансмисиони губици смањени су и сушењем зидова и побољшавањем термоизолационих карактеристика примењених материјала за зидове коришћењем Сунчевог зрачења.

ЗАКЉУЧАК

- Вентилациони губици су смањени повољним аеродинамичним обликом, оријентацијом и укопавањем,
- Избор локације, стрмо залеђе и биљно окружење омогућују пријатан боравак и током лета,
- Остаци архитектуре Лепенског Вира су неми сведоци о примењеним мерама за побољшање енергетске ефикасности,
- Куће Лепенског Вира и Падине су пример енергетски ефикасне градње за оно доба и тадашње стање технологије и материјале,
- Архитектура Лепенског Вира није настала случајно, јер су слични остаци кућа пронађени и на локалитету Падина.

ЗАКЉУЧАК

- Становници Лепенског Вира и Падине су били свесни појединих принципа биоклиматске архитектуре,
- Сам доказ за то су остаци архитектуре (подови кућа) и природно окружење локалитета, укључујући и кретање Сунца по небеској сфери,
- Такође, доказ је и то што су у тим кућама и на том локалитету живели много година или много генерација (сетимо се дефиниције одрживог развоја),
- Хронологија Лепенског Вира је контрадикторна, јер се разликују подаци од Душана Борића и Иване Радовановић, али у сваком случају реч је о дуготрајном насељу.

Понеке куће су једне изнад других – дуго трајање насеља

ЗАКЉУЧАК

- На питање инжењера Хелмута Крамеса са почетка предавања: “Да ли су у праисторији марили за ЕЕ у зградарству?” одговор гласи: У остацима архитектуре културе Лепенског Вира (укуључујући и локалитет Падину), која је настала пре око 8.000 година, видљиве су и препознатљиве мере за повећање ЕЕ у зградарству, а које су примењене током осмишљавања и грађења кућа и насеља на поменутим локацијама. Иако нема писаних трагова, основе кућа сведоче о примењеним мерама које добијају свој смисао тек када се посматрају у склопу природног (географског, метеоролошког, биљног и астрономског) окружења.

ЗАКЉУЧАК

- За разумевање сврхе архитектуре културе Лепенског Вира веома је важна улога Сунца и Сунчевог зрачења на локалитетима. Иако не можемо са сигурношћу знати како су те куће на Лепенском Виру заиста изгледале, ипак можемо поуздано закључити, само на основу остатака архитектуре, да је сврха таквог начина градње била остваривање комфорног боравка у њима, уз вођење рачуна о енергетској ефикасности у зградарству. Трећа димензија кућа, иако је непозната, морала је пратити облик сачуване основице. Остаци архитектуре на Лепенском Виру представљају остатке енергетски ефикасне архитектуре.

АНЂЕЛА ГРАБЕЖ: Сунчева енергија – користимо је паметније

АРХИТЕКТУРА ЛЕПЕНСКОГ ВИРА

ХВАЛА НА ПАЖЊИ

мср Ненад Б. Милорадовић, дипл. маш. инж.

nesoni2@mts.rs

ПТТ музеј, Београд, 25.04.2018.