

# ЗНАЧАЈ ФОРЕНЗИЧКЕ ЕНТОМОЛОГИЈЕ ПРИЛИКОМ ИСТРАГЕ ЗЛОЧИНА

Прегледни научни рад

DOI: 10.5937/zurbezkrim2301021S	COBISS.RS-ID 139117825	УДК 343.983.2:595.7
---------------------------------	------------------------	---------------------

Срђан Б. Сегић<sup>1</sup>

Биолошки факултет, Универзитет у Београду

Гордана Б. Мауна

Биолошки факултет, Универзитет у Београду

**Апстракт:** У раду је приказан значај форензичке ентомологије као науке која може помоћи приликом истраге криминалних дела те како се утврђује постмортални интервал. У раду је указано на поступке и процедуре приликом увиђаја на месту догађаја, а који су значајни за ентомолошка истраживања. Пажња је посвећена ентомотоксикологији, односно како ентомотоксикологија може помоћи утврђивању присуства токсичних супстанци у организму у тренутку смрти када то није могуће класичним методама. Указано је како инсекти могу допринети откривању масовних гробница, али и пружити информације и тако помоћи доказивању самих ратних злочина.

**Кључне речи:** форензичка ентомологија, постмортални интервал, ентомотоксикологија, инсекти, ратни злочини, масовне гробнице

## УВОД

Форензичка ентомологија назив је добила по латинском термину *forensis* што значи на тргу, где је корен у речи *forum* – трг, и грчких речи *entoma* – инсект и *logos* – наука, дакле наука о инсектима на тргу, што се објашњава да се у Старом Риму, приликом непознатог узрока смрти тело излагало на тргу и ту се одвијало „вештачење“, односно, утврђивао узрок смрти, дакле, реч је о утврђивању узрока смрти на основу познавања инсеката (Janković-Rapan, 2009).

Форензичка ентомологија је значајна како у хуманој медицини и праву исто тако и у ветеринарској медицини и праву. Проучавањем инсеката који су нађени на лешу или око њега можемо добити одговоре на нека питања значајна за истрагу, пре свега, о интервалу од момента смрти до момента узимања инсеката и ларви са леша (постмортални интервал-*PMI*), али и о месту смрти, евентуалном премештању леша, као и одговоре на питања о узроку смрти (тровање, експлозија, занемаривање...) (Lindgren et al., 2015).

<sup>1</sup> Аутор за кореспонденцију: Срђан Б. Сегић, МА, Биолошки факултет, Универзитет у Београду. Имејл: segicsrdjan@gmail.com

Форензичка ентомологија је тачка где се правосудни систем и биологија до- тичу, јер су биолози, односно, ентомолози, ти који обезбеђују доказе који ће се касније користити у правосудном поступку. С тим у вези, форензичка ентомологија, као и све друге форензичке науке, доводе у питање стару кла- сичну поделу наука на природне и друштвено-хуманистичке, јер где припа- дају форензичке науке – природним или друштвеним наукама.

За форензичку ентомологију може се рећи да је грана науке која је у развоју. Иако су неке примене форензичке ентомологије (у даљем тексту ФЕ) познате још из далеке прошлости, литература из ове области је оскудна, а број стручњака из области ФЕ је незнатан. Значај доказа који могу дати стручњаци из области ФЕ је велики, тачно време или место смрти, узрок смрти и сл. могу бити кључни одговори који треба да усмере и истрагу и сам судски поступак.

## ЗНАЧАЈ ФОРЕНЗИЧКЕ ЕНТОМОЛОГИЈЕ ТОКОМ ФОРЕНЗИЧКЕ ИСТРАГЕ

Коло инсеката броји преко 1.000.000 врста и тај број још увек није ко- начан. Тако велики број врста указује да је коло инсеката прилагодљиво сва- ком станишту и свакаким условима средине, па се може рећи да не постоји тип станишта који инсекти не насељавају. Познавање тако великог броја вр- ста је немогуће и несврхисходно, па су зато ентомолози специјализовани за одређени тип инсеката.

За ФЕ, највећи значај имају инсекти сапрофити и факултативни сапро- фити – односно инсекти који се хране мртвом органском материјом који се још и називају инсекти некрофаге. Већ неколико минута након смрти (нису ретки случајеви да се некрофаге колонизирају на умирућем домаћину) на лешу човека или животиње појављују се инсекти некрофаге. Према наводи- ма Бирда (Byrd, 1998), без обзира како леш био „заштићен” – изузев чувања у потпуно заштићеном простору које је могуће само у специјализованим установама – инсекти ће наћи пут до леша. Закопан леш, прекривен, зашти- ћен хемијским средствима, све то нису препреке за инсекте и друге бескич- мењаке да обаве своју природну функцију – разлагање леша до минералне материје која ће послужити као градивни елемент у новом животном ци- клусу у природи. Појављивање инсеката на месту смрти је извесно колико и сама смрт. Да би се искористила потенцијална форензичка вредност инсека- та и других бескичмењака, такви докази морају бити систематски прикупље- ни и обрађени. Да би прикупљање и обрада података са места евентуалног злочина било систематско, сами истраживачи који раде на томе морају бити упознати шта траже, морају бити упознати са биологијом и анатомијом ин- секата према наводима Кастнера и Бирда (Castner & Byrd, 2000).

За ФЕ су значајна четири реда инсеката некрофага и то *Diptera*, *Coleoptera*, *Hymenoptera* и *Lepidoptera* (Ilić, 2019).

Ред *Diptera* обухвата фамилије:

- *Calliphoridae*
- *Muscidae*
- *Phoridae*
- *Piophilidae*
- *Sarcophagidae*
- *Sepsidae*
- *Sphaeroceridae*
- *Stratiomyidae*
- *Psychodidae*.

Ред *Coleoptera* обухвата фамилије:

- *Staphylinidae*
- *Histeridae*
- *Silphidae*
- *Dermestidae*
- *Cleridae*
- *Scarabaeidae*
- *Nitidulidae*
- *Trogidae*.

Ред *Hymenoptera* обухвата фамилије:

- *Formicidae*
- *Chalcidae*
- *Diapriidae*.

Ред *Lepidoptera* обухвата фамилије:

- *Tineidae*
- *Vespidae*.

Како на нашим просторима на самом месту догађаја ретко када постоје могућности да присуствују ентомолози, још ређе форензички ентомолози јер квалификованог кадра из ове области има веома мало, битно је да сами оперативни форензичари који раде увиђаје буду упознати са процедурама прикупљања ентомолошких доказа приликом увиђаја и истраге у случају смрти.

Значај ФЕ према Цозефу и сарадницима (Joseph et al., 2011) огледа се у:

- утврђивању периода активности инсеката (*Period activity of insects – PAI*) и утврђивању времена насељавања (*Time of colonisation –ТОС*) при чему уједно утврђујемо и минимални пост мортални интервал – *mPMI*;

- утврђивању географске и просторне локације смрти;
- утврђивању да ли је леш премештан и да ли је место проналаска леша примарно или секундарно место где је смрт наступила – да ли је леш померан;
- томе да инсекти пронађени на месту смрти могу послужити за токсиколошке анализе;
- томе да цревни садржај инсеката пронађених на месту смрти може послужити као основа за узимање ДНК;
- томе да, на основу пронађених инсеката, могу се класификовати повреде на лешу у смислу *ante mortem*, *peri mortem* или *post mortem* повреде.

Да би се инсекти могли користити као форензички докази, неопходно је правилно препознавање, прикупљање, чување и отпремање ентомолошких узорака нађених на лицу места. На месту догађаја, одмах по приступању, треба започети са процедурама које су битне за ентомолошки део истраге, а тичу се локације где је нађен леш, о могућности инфестације инсектима, односно, њиховим ларвама, гардероби и предметима који су нађени у непосредној близини леша (Sharma, 2003). Према упутствима Кетса и Хаскела (Catts & Haskel, 1991), сама ентомолошка процедура узимања узорака може бити делимично инвазивна у погледу нарушавања интегритета леша (поготово у поодмаклој фази распадања) па пре узимања ентомолошких узорака треба извршити фотографисање и тачно позиционирање леша у односу на околину. Битно је прибележити све чињенице које се тичу раста и развоја инсеката – пре свега, температуре и влажности, јер то може бити пресудна важност приликом доношења закључака који се тичу ентомолошких доказа. Најмања грешка у процедурама може довести до погрешног закључка, а самим тим и до погрешне одлуке судских органа. Илустративан пример је да је леш пронађен у топлом делу године нпр. у јуну месецу и, на основу развојних стадијума ларви, ентомолог закључи да је смрт наступила седам дана пре узимања ларви са леша, а приликом увиђаја није напоменуто, рецимо, да је леш пронађен у аутомобилу тамне боје паркираном на асфалту који је био изложен сунчевој светлости, где су температуре значајно више, па је развиће ларви брже, а главни осумњичени има необорив алиби за седам дана пре смрти. У том случају, на основу погрешног закључка ентомолога, суд мора донети ослобађајућу пресуду, само зато што је неко приликом увиђаја прескочио детаљ битан за ентомолошку истрагу по Вајту (White, 2021).

## ПОСТУПЦИ И ПРОЦЕДУРЕ ПРИЛИКОМ ФОРЕНЗИЧКО-ЕНТОМОЛОШКЕ ИСТРАГЕ МЕСТА ДОГАЂАЈА

На месту догађаја, прикупљање ентомолошких доказа започиње неколико корака испред самог леша и одвија се у неколико корака.

1. Осматрање и бележење општих карактеристика лица места

У овој фази треба уочити све детаље самог места где је пронађен леш, у смислу самог изгледа локације, позиције леша, изложености леша сунцу или сенци зависно од доба дана и сл. Осматрање треба вршити са удаљености од минимално 6 m како се не би узнемирили одрасли инсекти који могу или одлетети или се на други начин удаљити са самог леша. Битно је и време када се излази на место догађаја јер неки одрасли инсекти (муве) су активни само по дневној светлости. Уколико се на месту где је пронађен леш прикупљање трагова врши током ноћи, то се мора констатовати јер се не може очекивати да се затекну одрасле муве. О свим карактеристикама места где је леш пронађен треба сачинити фотографије и белешке, јер неки детаљи који су небитни за ентомолога, могу бити изузетно битни за друге стручњаке који истражују место где је нађен леш и обрнуто.

## 2. Визуелно осматрање присуства инсеката на лицу места и бележење

У овој фази, врши се осматрање самог леша и непосредне околине, фотографише се и сачињава писана документација о ономе што се може уочити на самом лешу и око њега, који делови тела су инфестирани од инсеката, који је степен колонизације, које форме инсеката се могу уочити (одрасли инсекти, ларве, лутке или јаја), да ли има инсеката и у ком степену развића у непосредној околини леша, да ли се евентуално уочавају неки инсекти које не би требало очекивати и сл. Ово је битно јер може указивати да ли је на телу било повреда *ante mortem*, јер у случају заживотних повреда, уколико је период од тренутка смрти до доласка истражиоца довољно кратак да би на самом телу дошло до инфестације инсектима *post mortem*, а на пронађеном телу уочава се инфестација, то указује да су повреде биле заживотне, а да је смрт наступила накнадно. Треба обратити пажњу на сваки детаљ који може да пружи неку информацију, да ли ентомолозима или истражиоцима других профила (White, 2021).

## 3. Прикупљање и бележење тренутних климатолошких и микроклиматолошких података

У овој фази, прикупљају се подаци о температури и влажности ваздуха на самом лицу места, где треба разграничити да ли је тело нађено у затвореном, полузатвореном или отвореном простору, где најпре треба измерити температуру ваздуха околине (уколико је реч о затвореном простору, мери се температура унутар просторије али и температура ван просторије), обавезно се мери влажност ваздуха у просторији, али и на отвореном. Након мерења температуре околине, приступа се мерењу температуре на површини тела, затим температуре тла или пода уколико је тело нађено у затвореном простору, као и температуре испод самог тела постављањем термометра између тела и подлоге. Битан податак је и метаболичка температура масе црва, која се мери на месту где је визуелно констатована највећа бројност црва директним постављањем термометра у масу црва. Метаболичка температура масе црва је значајна јер се услед метаболичких процеса температура у самој маси подиже, што може бити значајно јер могу настати ра-

зликe у брзини развоја црва услед разлике у температури. Поред свих ових података, битно је утврдити и забележити и неке друге чињенице које могу бити значајне, као што је облачност, присуство магле, дима и сл. Сви подаци се одмах бележе јер сваки изостанак тренутне забелешке представља могућност касније грешке.

4. Прикупљање одраслих инсеката
  5. Прикупљање јаја, ларви и лутака нађених на лицу места
  6. Прикупљање узорака ентомолошког присуства (имага, лутке, ларве и јаја) у непосредној близини леша 5–6 т, *уколико њаковој присусћива има*)
  7. Прикупљање узорака ентомолошког присуства (имага, лутке, ларве и јаја) након одношења леша на месту где је леш лежао
- Ове фазе се раде истовремено па ће тако бити и појашњене.

Прикупљање летећих имага се врши помоћи мреже за хватање, тако што се изнад тела изводе покрети у виду хоризонталне осмице, односно, у облику знака за бесконачност –  $\infty$ , или тако што ће се мрежа за хватање држати непосредно изнад леша док се не скупи довољан број летећих инсеката. Хођајући инсекти се прикупљају руком или клештима са меким врхом, како се не би оштетило тело инсеката. Након прикупљања довољног броја, инсекти се пребацују у теглу за убијање и усмрте се најчешће етил-алкохолом, а затим се пребацују у стаклене бочице и потапају у етил-алкохол концентрације 70–80%. Према протоколу који је објашњен код Хаскела и сарадника (Haskell et al., 2000), заједно са појединачним инсектом, у тубу (теглицу) се ставља хартија исписана графитном оловком а на тубу (теглицу) се лепи хартија која је исписана хемијском оловком. Обе хартије садрже истоветне податке о локацији на телу где су виђени одрасли инсекти, време, место, иницијали сакупљача и број случаја. На овај начин се прикупљају одрасли инсекти, и сви остали развојни стадијуми инсеката, али битно је напоменути да овако припремљени узорци – препарисани инсекти и њихови развојни стадијуми су заустављени у развоју и не могу га довршити, већ се на основу развојног стадијума може утврдити време *PAI*, *ТОС* и *тРМI*. Прикупљање јаја ларви и лутака се врши одвојено са сваког места колонизације на самом лешу (места колонизације примарно су телесне шупљине – усна дупља, ноздрве, ректум, вагинални отвор и слично, у поодмаклој фази распада цело тело је прекривено јајима, ларвама и луткама). Јаја се прикупљају меканом навлаженом четкицом. Ларве и лутке су уочљивије и лакше се прикупљају, прикупљање се може вршити руком, пинцетом или четкицом. Узорак јаја и ларви треба да буде преко 50 комада, што није проблем с обзиром на њихову бројност, а значајно је да се по сваком месту колонизације врши обележавање узорака и да се бележи температура самог места колонизације (Petrović, 2012).

Након прикупљања узорака ларви и јаја, потребно их је фиксирати што се може учинити краткотрајним потапањем у кључалу воду или помоћу уна-

пред припремљених фиксатива. Након фиксирања, јаја и ларве се чувају у 70–80% раствору етил-алкохола. Ради гајења јаја и ларви у лабораторијама, прикупљају се и живи узорци по већ описаном принципу, с тим да се прикупљени живи узорци пакују у стаклене тубе у које се ставља комад памучне вате натопљене водом (како би се јаја и ларве заштитиле од дехидратације), за случај да је време транспорта до лабораторије дуже од једног сата. Живи узорци се пакују у посебне контејнере за транспорт живих јаја и ларви.

Лутке као последњи стадијум развића се лако прикупљају због своје величине, могу се сакупљати руком или пинцетом са меким врхом, пакују се у стаклене тубе. Лутке које се транспортују живе до лабораторије, пакују се у стаклене тубе обложене ватом или папиром, како би се спречила повреда лутке и тако транспортују до лабораторије. Лутке које је потребно конзервирати у стадијуму у којем су нађене на месту догађаја се, након потапања у фиксатор, потапају у стаклене тубе испуњене етил-алкохолом 80% (Fujiwara et al., 2009). За потребе додатних истраживања, морају се прикупити и сачувати у животу ларве и лутке инсеката нађених на лицу места. Додатна истраживања и узгој ларви у лабораторијама су значајни да би се утврдиле врсте инсеката на основу имага, али и брзина развоја упоредила са процењеним на терену. Такође, развој у лабораторијама може бити значајан због ентомотоксиколошких анализа. У специјализоване контејнере за узгој ларви (црва) убацује се супстрат као подлога (земља или песак), затим се у кесицу од станиола (алуминијумска фолија) убацује извор хране (цигерица свињска или јунећа) али и комад папирног убруса натопљен водом како би се сачувала влажност ваздуха у контејнеру и спречило исушивање ларви, хране и подлоге (Miller & Naples, 2002). Овако припремљен контејнер се обележава и припрема за слање до ентомолошких лабораторија, које морају бити обавештене о приспећу контејнера за узгој ларви и да би могли да привхвате узорке (White, 2021).

Узорци одраслих инсеката, лутки ларви и јаја се прикупљају и из непосредне близине леша и испод леша, јер ће ларве у завршној фази развоја напуштати место дотадашњег живота и развоја и удаљити се како би прешле у стадијум лутке, односно, последњу фазу преображаја, из које ће се развити одрасли инсект. Када ларва заврши своје развиће и прелази у стадијум лутке, тада је исхрана завршена – лутке и одрасли инсекти се не хране, њихов циљ је само размножавање, односно, полагање јаја.

8. Документовање климатолошких и микроклиматолошких података из непосредне прошлости (зависно од стања декомпозиције леша и процењеног времена колико је леш лежао)

Од најближе хидрометеоролошке станице треба преузети податке о кретању температуре ваздуха и влажности ваздуха из протеклог периода, како би ентомолози могли да прорачунају потребно време развића за поједине инсекте (Gennard, 2012). Ови подаци су неопходни како би се могло израчунати ADD-*Accumulated degree days* и ADH-*Accumulated degree hours* – ова два параметра омогућавају форензичким ентомолозима да на основу акумули-

раних степена топлоте током сати или дана процене време потребно да се достигне одређени степен развоја инсекта или његове ларве.

#### 9. Процена еколошких карактеристика околине (биљке, животиње, земљиште, вода...)

Еколошке карактеристике могу да пруже драгоцене информације не само ентомолозима већ и другим стручњацима који се баве истрагом.

Уколико је потребно испитати леш који је већ сахрањен (редовно или у циљу сакривања доказа), процедуре су сличне као што је наведено за леш који је на површини земље. Разлика је само у томе што се просејава земља од површине до леша у циљу проналажења имага, лутака, ларви и јаја. Након вађења леша, прегледа се и просејава земља испод леша и бочно од њега са истим циљем (White, 2021).

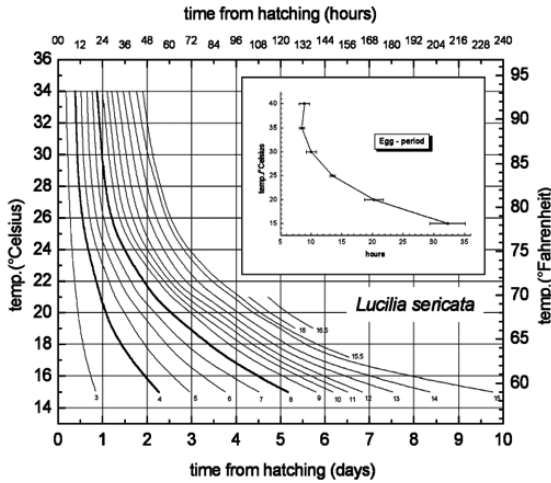
## УТВРЂИВАЊЕ ВРЕМЕНА СМРТИ

Утврђивање времена смрти је изузетно значајно код насилних смрти, али и код неких природних смрти (везано за правно-економска питања која се односе на осигурање, наследство, закључење неког сумњивог уговора...), али и проналазак несталих лица, када нема могућности да се лице идентификује, већ мора да се изврши упаривање када је лице последњи пут виђено живо и време које је протекло од смрти а које је утврђено на основу ентомолошких доказа. Време које протекне од момента смрти до неког утврђеног тренутка назива се пост-мортални интервал, скраћено *PMI*. Утврђивање *PMI* је доста тежак задатак, јер чак и у почетној фази разградње леша, када су физичке и хемијске промене које се дешавају са телом у распадању предвидљиве, и оне зависе од много фактора средине који одређују брзину тих физичких и хемијских процеса. Али, како се време од момента смрти продужава, тако све методе које се заснивају на физичким и хемијским променама постају све мање поуздане. Тада наступају методе ФЕ које, и након дужег периода од наступања смрти, могу доста прецизно да одреде време смрти, односно *PMI*: на телу које је пронађено и за које треба утврдити *PMI* узимају се узорци свих присутних инсеката у свим развојним стадијумима, и на основу незрелог имага инсекта некрофаге, који се хранио са тим лешом, можемо, познавајући услове микроклиме којој је леш био изложен, утврдити *PMI*, не толико прецизно као када је период кратак, али *PMI* се може утврдити са редом прецизности од једног дана.

За одређивање *PMI* могу се користити изомегални и изоморфни дијаграми. Изомегални дијаграм представља утврђивање периода развоја ларве од излегања до затеченог стања у зависности од температуре. Мери се димензија највеће пронађене ларве и, на основу димензије на кривуљама изомегалног дијаграма, утврђује се време од излегања. Ова метода је доста прецизна уколико је тело на приближно истој температури, а уколико је тело на отвореном, дакле, подложно дневном колебању температуре, узима

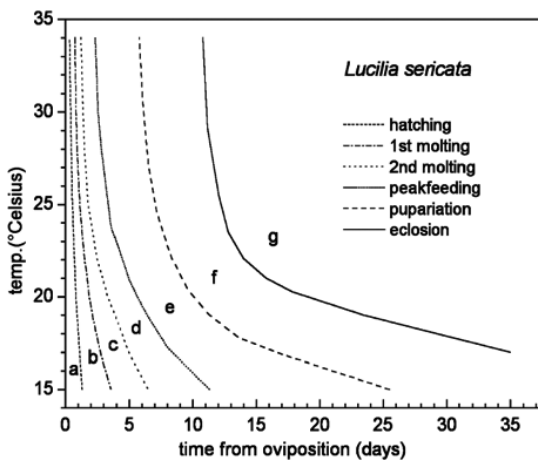


се средња температура између дневног минимума и дневног максимума. Утврђено време је приближно.



Слика 1. Изометални дијаграм (*Grassberger & Reiter, 2001*)

Изоморфни дијаграм се користи када се нађу ларве или лутке које су завршиле исхрану, и преостала је последња метаболичка фаза преображаја лутке у ларву. Нарочито је користан када се нађу ларве које већ напуштају леш којим су се храниле. На основу представљених свих фаза развоја инсекатске врсте на дијаграму, од полагања јаја до преображаја лутке у имаго, а на основу утврђене температуре средине, или просечне температуре по данима услед дневног колебања температуре, може се утврдити период од полагања јаја до затечене фазе развоја.



Слика 2. Изоморфни дијаграм (*Grassberger & Reiter, 2001*)

Друга метода је метода на основу сукцесије врста инсеката који насељавају леш у распадању, јер се могу формирати модели које инсекатске врсте насељавају леш и у ком периоду зависно од *PMI*, али је за формирање ових модела потребно свеобухватно познавање инсекатске фауне на датом терену.

Фактори који утичу на развојни циклус:

- 1) температура и сезона – раст и развој инсеката зависе од температуре али по криви нормалне расподеле, вредности температуре за поједине фазе зависе од врсте до врсте. Разликујемо пет тачака, а то су:
  - тачка хладне смрти где се иреверзибилно прекида развој и долази до угинућа ларве (ове вредности су од  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$ ),
  - тачка хладне укочености, када сви развојни процеси стају, али са повећањем температуре они ће се наставити – хибернација,
  - тачка оптималног развоја, гдје је развиће најбрже и вредности оптималног развоја су  $22\text{--}26^{\circ}\text{C}$ ,
  - тачка топле укочености: како температура расте изнад оптималне, тако се раст и развој успоравају и престају и почиње коагулација протеина, топла укоченост је иреверзибилна и врло блиска тачки топле смрти,
  - тачка топле смрти је температура на којој коагулишу протеини и наступа смрт.

Зависно од сезоне, инсекти у појединим фазама развоја могу да пређу у стадијум учаурене ларве или стадијум лутке, када у том стадијуму у хибернацији проводе извесно време – сезонског карактера, чекајући период године који им погодује за даљи развој (Vasić, 1971). Ови подаци су значајни јер, познајући сезону и температуру, може се предвидети и закључити време које протекне у појединим фазама развића појединих врста инсеката, али и „абнормалности” у смислу убрзаног или успореног развића услед ефекта температуре.

## 2) Присуство масе црва

Уколико је број ларви довољно велики, формира се ткз. маса црва где, услед метаболичких процеса које обављају саме ларве, долази до повећања температуре у односу на околину – ово је значајно у хладнијем делу године, када температура масе црва може значајно да одступа од температуре околине. У случају постојања масе црва, јавља се сложени феномен при коме се најстарије ларве развијају приоритетно. На основу температуре метаболичке масе црва, може се утврдити време развоја ларви које су се развијале приоритетно, јер би период развоја био знатно продужен да није постојао ефекат температуре метаболичке масе црва.

## 3) Врста хране

Поједине ларве које налазимо на лешевима, не морају да се хране искључиво анималном органском материјом у распадању, неке од њих могу да

се хране и биљном органском материјом у распадању, или само биљном материјом, а забележени су случајеви ларви које могу да се хране било којом храном органског порекла, па чак и бојама. Ово је значајно јер се на самом лешу и око њега могу затећи ларве инсекатских врста које су факултативне некрофаге па, на основу познавања специфичности исхране појединих инсекатских врста, може се доћи до неких одговора који су значајни за саму форензичко-ентомолошку истрагу. Некада и инсекатске врсте које се хране искључиво биљним остацима могу указати на чињенице које су интересантне за истрагу, поготово уколико имамо примарно и секундарно место догађаја, и када треба довести у везу примарно и секундарно место догађаја.

Сви ови фактори указују на брзину развоја и тип исхране ларви појединих врста инсеката, а то су чињенице које ентомологу могу да пруже довољно информација на основу којих може да утврди и период од тренутка наступања смрти. Према Велсу и Ла Моту (Wells & LaMotte, 2017), развијени су компјутерски програми који симулирају развиће инсеката и на тај начин пружају податке ентомолозима о дужини развоја до одређене фазе. Све ово је усмерено како би се што прецизније одредио *PMI*, али значај инсеката није само у одређивању *PMI*, инсекти некрофаге имају много шири значај у ФЕ и могу као неми сведоци да пруже много информација о последњим тренуцима људи чију судбину истражујемо. Од ларви инсеката некрофага не само да можемо да добијемо одговор када је смрт наступила већ некада добијамо одговор и од чега и како.

## ЕНТОМОТОКСИКОЛОГИЈА И ПРИСУСТВО ПСИХОАКТИВНИХ СУПСТАНЦИ

У ситуацијама када је узрок смрти пронађеног леша нејасан или је реч о сумњивој смрти, налаже се обдукција, у оквиру које се уради токсиколошка анализа из доступних телесних течности крви и урина, али по потреби и из ткива. Све ово је могуће ако је пронађено тело очувано, али шта радити у ситуацији када је декомпозиција тела одмакла, и када се оно налази у фази активне разградње или чак у фази скелетизације. У тој ситуацији, одговор се може добити од ларви инсеката некрофага или одраслих инсеката које налазимо на телу или око њега. У ситуацији када се нађе само скелет, без ткива које би се могло анализирати, без живих ларви инсеката некрофага, без живих имага у непосредној близини скелета, и тада се одговори могу добити од инсеката, прикупљањем кошуљица од пресвлачења ларви или чаура од пресвлачења лутака. У тим кошуљицама и чаурама које треба да се пажљиво анализирају у лабораторијама, применом метода хроматографских метода (Milošević, 2022) (имуно-хроматографски тестови, гасна хроматографија, гасна хроматографија са *head space* техником, гасна хроматографија са масеном спектрометријом) може се наћи присуство токсина или дрога, које су могле бити узрочник смрти оног чији скелет је нађен. Токсини и(ли) дроге се нађу као наталожени и неизметаболисани продукти

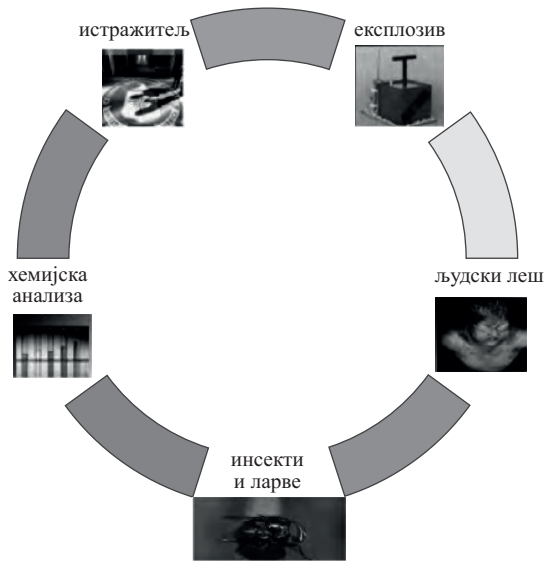
које инсекти уносе приликом исхране, и као нехранљиве већ штетне супстанце се таложу у организму инсеката, па тако доспевају и у кошуљицу, која застане након завршетка развоја инсекатске ларве. Према Зохлу и Лембу (Sohal & Lamb, 1977) инсекти настањују Земљу много дуже од свих сисара, па су се током еволуције прилагодили чак и на присуство тешких метала. Тешки метали, пре свега, жива, имају особину да се таложу у организму, што ће довести до смрти топлокрвног организма и, као такав, леш ће бити изложен разлагању. На њему ће се населити ларве инсеката некрофага и храниће се ткивима у којима је концентрација живе висока. Инсекатске ларве ће у својим организмима таложити живу коју су унеле исхраном и на основу садржаја живе нађене у ларви може се посумњати на тровање, али у доношењу одлуке да ли је реч о тровању приликом анализе ларви лутака и одраслих јединки, треба бити опрезан. Уколико би се анализирале само лутке, или само имага, концентрација живе, али и других тешких метала, биће значајно нижа, јер инсекти имају способност да у стадијуму ларве или стадијуму лутке делимично избацују наталожене тешке метале. Осим живе, каснија истраживања су показала сличност са концентрацијама и неких других метала – гвожђа, цинка, бакра, олова и сл. Концентрација која се утврди приликом анализе указује да треба посумњати на тровање металима. Како наводи Утсуми (Utsumi, 1958), проучавајући ларве кућне муве, уочено је да се одрасле женке муве различито односе према лешевима пацова зависно од тога који отров је изазвао смрт. Овде се није даље истраживало у смислу да се проуче токсини у ларвама али је указано да инсекти лако осете присуство материја које човек својим чулима не може да констатује. Иако се истраживања и даље спроводе на институту Фраунхофер у ХанOVERу и Брауншвајгу у Немачкој, још увек није могуће на основу концентрација токсина у ларвама одредити да ли је тај токсин непосредни узрок смрти. Ово нас може навести на размишљање, али на овом нивоу науке још увек није могуће концентрацију измерену у телима ларве прерачунати на концентрацију у телу човека чију смрт истражујемо, јер не може да се утврди сигурна корелација између нивоа токсина нађеног у ларви и нивоа токсина који се налази у лешу у тренуцима када су ларве користиле леш за исхрану, али присуство токсина у ларвама може дати путоказ шта треба истраживати, јер некада је довољно да нешто побуди сумњу и да се након тога детаљнијом истрагом уоче превиђени детаљи, који могу дати одговор о узроку смрти. Значај токсиколошких анализа ларви, кошуљица или луткиних чаура се огледа у пружању одговора да ли је особа чију смрт истражујемо конзумирала неке супстанце или не. Значајно је да се кошуљице, након пресвлачења ларви и лутке могу наћи у очуваном стању и дуго времена након декомпозиције леша, тако да нисмо временски ограничени као код ларви које се могу наћи само током декомпозиције. Свако присуство у ткивима и крви психоактивних супстанци ће резултирати да се исте те супстанце нађу и у кошуљицама ларви или лутке.

Како поједине супстанце, конкретно кокаин, утичу на људски организам, тиме се бави хумана медицина, али оно што је значајно за ФЕ је како кокаин може да утиче на развој ларви. Према истраживању Гофа и сарад-

ника (Goff et al., 1989) утврђено је да, уколико се ларвама понуди ткиво јетре у којој је концентрација кокаина сублетална и летална, ларве које су конзумирале сублеталну дозу имају приближно исти период развоја, али зато ларве које су конзумирале значајно већу концентрацију кокаина (концентарцију која је летална и која је два пута већа од леталне) знатно брже се развијају. У оба напред наведена случаја, луткино развиће је било исто по трајању за обе групе ларви.

Форензичка ентомологија има могућност, али и научну и моралну обавезу, да одговори на питања која се тичу људских посмртних остатака, јер породица, друштво и јавност уопште имају право и треба да знају како је члан друштвене заједнице завршио свој живот. Ова питања су много сложенија него што је РМИ, па тако од форензичких истражилаца тражимо одговоре на питања где је наступила смрт, како је наступила смрт, да ли је било тортуре и мучења пре смрти, да ли је било сексуалне тортуре, злоупотребе дрога и лекова и сл. На ова и оваква питања често не могу да одговоре форензички истражиоци, па онда морају да се укључе уско специјализовани стручњаци као што су форензички ентомолози, форензички патолози и други. Према Размију (Rasmy, 2008) инсекти као неми сведоци могу да дају одговор да ли је било заживотне тортуре, јер жртвама су обично везане руке, често су услед тортуре и без свести, па не могу да се бране од напада мува које могу да положи јаја на свеже ране или природне отворе. Тако нам присуство краставих рана на лешу и мијазе (заживотна инфестација ларвама мува) указују да је *ante mortem* дошло до nanoшења повреда и то нам указује на тортуру. Инсекти често могу да дају одговоре одакле потиче нека материја па је тако америчка ДЕА (Drug Enforcement Administration), приликом једне заплене марихуане упаковане у тзв „циглу“ за коју нико од осумњичених није хтео да прихвати одговорност, а на упакованој марихуани је нађена инсекатска ларва, у помоћ позвала ентомологе. У овом случају, задатак за ентомологе је био лак јер је утврђено да нађена врста инсекатске ларве живи само у Колумбији, па је било лако повезати починиоца који је допутовао из Колумбије са нађеном дрогом. У случају када је нађено потпуно декомпоновано тело жене, требало је утврдити да ли је заживотно била силована. Услед трулежних промена, није било могуће издвојити семену течност евентуалног силоватеља, али из ларви које су нађене екстрахована је људска ДНК мушкарца, која је указала да је жртва и силована (Ramsy, 2008). Инсекти могу да пруже одговоре и у случајевима масовних гробница, да ли је пронађена гробница оригинална и примарна (под термином оригиналне и примарне гробнице се подразумева гробница у коју су закопана тела након смрти и као таква је затрпана тј. затворена, и на њој није било никаквих интервенција у смислу ископавања, померања лешева и слично) или је у питању секундарна или терцијарна гробница (под термином секундарна гробница подразумева се гробница у коју су пренети посмртни остаци жртава из примарне гробнице, најчешће са циљем прикривања самог злочина и отежавања проналажења и идентификације жртава). Ово су чести случајеви, да након почињеног злочина, у циљу његовог прикривања, лешеве из примарне

гробнице буду пребачени у секундарну или терцијарну, и управо приликом премештања могу да настану „грешке” оних који злочин прикривају, јер је довољно да се на лешевима у поодмаклом стадијуму распада, који су били већ једном сахрањени, појаве нове ларве мува. Немогуће је да се ларве мува појаве под земљом – то нам указује да су лешиви били на светлу дана и да су премештани. ФЕ може да нам пружи одговоре који се односе и на тероризам – према Крузовом примеру (Cruz, 2006), уколико је оборен авион и нема преживелих, а нејасно је како је дошло до пада авиона, истраживањем ларви инсеката можемо установити да ли је било експлозије. Наиме, у систему органа за варење ларви ће се наћи и трагови експлозива, јер су тела разнета дејством пирокластичног удара услед експлозије и на њима се задржао део сагорелих и несагорелих честица експлозива. Након храњења, те исте честице се могу наћи у инсекатским ларвама или кошуљицама приликом пресвлачења, које могу бити очуване годинама на месту где су нађени трагови. Управо је ова метода, дала одговор на пад корејског авиона 1983. године, јер Совјети нису хтели да прихвате одговорност за обарање путничког авиона, али ларве које су нађене на остацима жртава су дале одговор да је дошло до заживотне експлозије и нађени су трагови ТНТ-а (English, 2022).



Слика 3. Сложени круи ушврђивања врсте експлозива (Cruz, 2006)

ФОРЕНЗИЧКА ЕНТОМОЛОГИЈА И РАТНИ ЗЛОЧИНИ

До сада је већ споменуто да ФЕ може да пружи одговоре везане за ратне злочине, наравно не директно већ индиректно. Уколико се нађе масовна гробница за коју се сумња да су у њој жртве ратних злочина, прво треба

утврдити да ли је у питању примарна или секундарна гробница – тај одговор можемо добити од инсеката некрофага јер постоји тачно одређена сукцесија врста како одмиче декомпозиција тела. Па, уколико се на телима у поодмаклој фази распадања пронађу инсекти који примарно нападају свеже лешеве, јасно је да је дошло до премештања тела у секундарну гробницу у циљу прикривања ратних злочина. Такође, пре ископавања локације за коју се сумња да је масовна гробница, треба детаљно проучити фауну конкретног подручја, јер на тај начин се такође могу уочити врсте које „не припадају” конкретној локацији. По подацима до којих су дошли Југо и Музаферовић (Jugo & Muzaferović, 2008), масовне гробнице варирају по својим димензијама и дубини, на територији Босне и Херцеговине су ископаване гробнице дубине и преко 8 m, а како су масовне гробнице сакриване, велики део посла је и сам проналазак масовне гробнице. Оно што је уочено приликом трагања за масовним гробницама су ткз. „геофизичке аномалије”. Приликом трагања за масовним гробницама на местима за које се сумњало да су масовне гробнице, уочен је велики број плавих лептира. За овај феномен који је декларисан као „геофизичка аномалија” објашњење је дала др Маргарет Кокс (Margaret Cox) – примећено је да су масовне гробнице већином прекривене биљном врстом *Artemisia Vulgaris* (дивљи пелен) којом се ови инсекти хране (Cox et al., 2001). Осматрањем из сателита, како наводи Редмон (Redmon, 2019), уочено је да делови земљишта на којима је интензивна популација дивљег пелена, показују геофизичке аномалије – земљиште је нешто топлије од околине (ово се објашњава топлотном енергијом која се ослобађа приликом распадања органске материје). Земљиште где је изникло дивљи пелен је богатије азотом од околног земљишта (ово се такође објашњава азотом који потиче од тела у распадању), геофизичка структура земљишта је измењена (прекопавањем земљишта ради укопавања тела мења се структура земљишта у смислу да земљиште више није тако збијено као пре прекопавања, али и то да се на површини појављују слојеви земљишта који су на већој дубини, пре свега глина). Присуство дивљег пелена најлакше уочавамо тако што визуелно опажамо где има плавог лептира који опрашује дивљи пелен по Варнеру (Warner, 2004). Инсекти сигнализирају где треба да посумњамо да се могу наћи остаци жртава и где треба да истражимо, јер појава дивљег пелена и плавог лептира није тврдња да је ту масовна гробница са људским остацима. Све напред наведене геофизичке аномалије могу да настану и услед закопавања органске материје која не мора бити људског порекла (на пример, закопавањем кланичног отпада). Сигурно је да нам геофизичке аномалије и појава дивљег пелена и плавог лептира могу бити путоказ да нешто треба да се истражи, јер нема савршеног злочина, увек постоје сведоци, на људима је да те „сведоке” уоче и схвате шта говоре. Плави лептир је сигнализирао на масовне гробнице у свим климатским подручјима, па су плави лептири уочавани у Руанди, Судану, Ираку, Босни и Херцеговини, Србији (Cox et al., 2008).

## ЗАКЉУЧАК

Инсекти и њихови развојни стадијуми могу да дају одговоре на питања која су значајна како за појединачне криминалне случајеве тако и за случајеве који су много сложенији – случајеви тероризма, случајеви ратних злочина. Форензички ентомолози постају стандард у случајевима проналаска тела где није јасан узрок смрти, јер кроз понашање инсеката и њихов метаболизам могу да дају одговоре на питања која су нејасна истражиоцима. Укључивање форензичких ентомолога неће решити све случајеве, али неке одговоре сигурно можемо очекивати. Значај форензичке ентомологије се повећава, што се уочава да се широм света образује кадар из ове области. Србија и земље региона и даље немају адекватан кадар из ове области, зато треба обучити форензичке истражиоце како да поступају са инсектима и ларвама на које наиђу на увиђајима као и да консултују форензичке ентомологе приликом истраге. Искључиво стручним приступом и поступањем по ентомолошким процедурама могу се обезбедити меродавни и, на суду прихватљиви, докази.

## ЛИТЕРАТУРА

- Byrd, J. H. (1998). *Temperature Dependent Development and Computer Modeling of Insect Growth: Its Application to Forensic Entomology* (Doctoral dissertation). Florida, USA: Department of Entomology and Nematology, University of Florida.
- Castner, J. & Byrd, J. (2000). *Forensic entomology – The utility of Arthropods in legal investigation*. London: CRC Press.
- Catts, E. P. & Haskell, N. H. (1991). *Entomology & death: a procedural guide*. Clemson, SC: Joyce`s Print Shop.
- Cox, M., Chandler, J., Cox, C., Jones, J. & Tinsley, H. (2001). The archaeological significance of patterns of anomalous vegetation on a raised mine in the Solway Estuary and the processes involved in their formation. *Journal of archaeological science*, 28(1), 1–18.
- Cox, M., Flavel, A., Hanson, I., Laver, J. & Wessling, R. (2008). *The scientific investigation of mass graves: towards protocols and standard operating procedures*. New York: Cambridge University Press.
- Cruz, A. M. (2006). *Crime scenes intelligence-an experiment in forensic entomology*. Boca Raton, Florida: NDIC PRESS.
- English, R. L. (2022). *Is education and training the answer? A qualitative study among crime scene investigation practitioners in the state of Florida* (Doctoral dissertation). Saint Leo, FL: Saint Leo University.
- Fujimura, M., Koler-Gregorić, T. & Šuperina, M. (2009). Primjena forenzičke entomologije u istraživanju kaznenih djela. *Policija i sigurnost*, 18(4), 441–471.



Goff, M. L., Omori, A. I. & Goodbrod, J. R. (1989). Effect of cocaine in tissues on the rate of development rate of *Boettcherisca peregrine* (Diptera: Sarcophagidae). *Journal of medical Entomology*, 26(2), 89–93.

Grassberger, M. & Reiter, C. (2001). Effect of temperature on *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) development with special reference to the isomegalen – and isomorphen – diagram. *Forensic Science International*, 120(1–2), 32–36.

Haskell, N. H., Lord, W. D. & Byrd, J. H. (2000). Collection of entomological evidence during death investigation. In J. Byrd & J. Castner (Ed.), *Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigation*, Second Edition (2nd ed., pp. 81–121). Boca Raton, Florida: CRC Press.

Ilić, S. L. (2019). *Diverzitet entomofaune značajne za forenzičke analize u okolini Niša* (master rad). Niš: Univerzitet u Nišu, Prirodno matematički fakultet.

Janković-Rapan, L. (2009). *Forenzička entomologija*. Hrvatska: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno–matematički fakultet.

Joseph, I., Mathew, D. G., Sathyan, P. & Vargheese, G. (2011). The use of insects in forensic investigations: An overview on the scape of forensic entomology. *Journal of forensic dental sciences*, 3(2), 89–91.

Jugo, A. & Muzaferović, Š. (2008). Neki podaci o primjeni forenzičke entomologije u Bosni i Hercegovini. *Prilozi fauni Bosne i Hercegovine*, 4(1), 40–47.

Lindgren, N. K., Sisson, M. S., Archambeault, A. D., Rahlwes, B. C., Willett, J. R. & Bucheli, S. R. (2015). Four Forensic Entomology Case Studies: Records and Behavioral Observations on Seldom Reported Cadaver Fauna With Notes on Relevant Previous Occurrences and Ecology. *Journal of Medical Entomology*, 52(2), 143–150.

Miller, J. S. & Naples, V. L. (2002). Forensic entomology for the laboratory-based biology classroom. *American Biology Teacher*, 64(2), 136–142.

Milošević, D. (2022). Forenzička toksikologija–primena metoda u otkrivanju krivičkih dela i njena uloga u prognostici kriminaliteta. *Kriminalistička teorija i praksa*, 9(1), 41–57.

Petrović, A. (2012). *Forenzička entomologija – radna skripta*. Beograd: Biološki fakultet.

Rasmy, H. A. (2008). Mites and insects as indicators of physical abuse. *Journal of the Egyptian Society of Acarology*, 2(1), 1–2.

Redmon, D. (2019). Very Small Satellites: A Mechanism for the Early Detection of Mass Atrocities. *InterAgency Jurnal*, 10(4), 26–34.

Sharma B. R. (2003). Clinical forensic medicine--management of crime victims from trauma to trial. *Journal of clinical forensic medicine*, 10(4), 267–273.

Sohal, R.S. & Lamb, R.E. (1977). Intracellular deposition of metals in the midgut of the adult housefly, *Musca domestica*. *Journal of Insect Physiology*, 23(11–12), 1349–1354.

Utsumi, K. (1958). Studies on arthropods congregating to animal carcasses with regard to the estimation of postmortem interval. *Ochanomizu medical journal*, 7, 202–223.

Vasić, K. (1971). *Zaštita drveta – Ksilofagni insekti*. Beograd: Naučna knjiga.

Warner, H. (2004, 17. July). The Butterfly Hunter. *Independent*. Retrived April 10, 2018, from <https://www.independent.co.uk/news/world/africa/the-butterfly-hunter-553266.html>.

Wells, J. & LaMotte, L. (2017). The Role of a PMI-Prediction Model in Evaluating Forensic Entomology Experimental Design, the Importance of Covariates, and the Utility of Response Variables for Estimating Time Since Death. *Insects*, 8(2), 47–54.

White, L. T. (2021). *Collecting and Preserving Entomological Evidence at a Scene*. Retrived March 14, 2022, from [https://www.academia.edu/64924143/Print\\_to\\_PDF\\_Entomology\\_PP](https://www.academia.edu/64924143/Print_to_PDF_Entomology_PP).

Рад примљен: 28. 2. 2023.

Рад прихваћен: 5. 6. 2023.

# THE IMPORTANCE OF FORENSIC ENTOMOLOGY IN CRIMINAL INVESTIGATIONS

Review Article

DOI: 10.5937/zurbezkrim2301021S	COBISS.RS-ID 139119617	UDK 343.983.2:595.7
---------------------------------	------------------------	---------------------

**Srđan B. Segić**<sup>1</sup>

Faculty of Biology, University of Belgrade

**Gordana B. Mauna**

Faculty of Biology, University of Belgrade

**Abstract:** This paper demonstrates the importance of forensic entomology in criminal investigations and points to post-mortem interval estimation, procedures at the death scene, which are important for entomological research. The focus of the paper is on entomototoxicology, that is, how entomototoxicology can help determine the presence of toxins in the body at the time of death when this is not possible by means of traditional methods. The paper also demonstrates how insects can contribute to the discovery of mass graves and provide information that can help prove war crimes.

**Keywords:** forensic entomology, post-mortem interval, entomototoxicology, insects, war crimes, mass graves

## INTRODUCTION

The term forensic entomology is derived from the Latin term *forensic*, which means of or before the forum, and the Greek words *entoma* – insect and *logos* – science, meaning the study of insects in the forum, which is explained by the fact that in Ancient Rome, in the event of an unknown cause of death, the body was displayed in the forum and “*forensic examination*”, that is, the determination of the cause of death, took place there, so it is about determining the cause of death based on the knowledge of insects (Janković-Rapan, 2009).

Forensic entomology is important both in human medicine and law and in veterinary medicine and law. By studying the insects found on or around the corpse, we can get answers to some questions important for death investigations, such as the time between death and the collection of insects and larvae from the body (the post-mortal interval – PMI), the place of death, whether the body has been moved to a second site, including the cause of death (poisoning, explosion, neglect...) (Lindgren et al., 2015). Forensic entomology is the

<sup>1</sup> Corresponding author: Srđan B. Segić, MA, Faculty of Biology, University of Belgrade. Email: [segicsrdjan@gmail.com](mailto:segicsrdjan@gmail.com)

broad field where biology and the judicial system interact, because biologists or entomologists are the ones who collect evidence that will be used in legal proceedings at a later time. Thus, forensic entomology, like other forensic sciences, calls into question the traditional division of sciences into natural and social sciences, because the question arises as to whether a forensic science is a natural or social science.

It can be said that forensic entomology is still an emerging field of forensic science; however, although forensic entomology (hereinafter: FE) has been around for hundreds of years, forensic entomology literature is scarce and the number of forensic entomologists is insignificant. Evidence provided by forensic entomologists is of great importance, because the exact time and place of death, the cause of death, and so on, can be key answers that should steer both investigations and legal proceedings in right directions.

### THE IMPORTANCE OF FORENSIC ENTOMOLOGY IN FORENSIC INVESTIGATIONS

There more than 1,000,000 species of insects and the number is still not final; such a large number of species indicates that insects are adaptable to any habitat and all kinds of environmental conditions, therefore it can be said that insects can be found in almost every conceivable type of habitat. It is impossible and pointless to know all species of insects, which is why entomologists specialize in a single order or even a family of insects.

Saprophyte and facultative saprophyte insects are of great forensic importance – namely necrophagous insects that feed directly on remains. Within minutes after death (it is not uncommon for necrophagous insects to colonize a dying host) necrophagous insects arrive at a dead human or animal body. According to Byrd (1998), insects will rapidly locate a body regardless of how it is “protected” – except for those kept in a completely protected area, which is possible only in specialized institutions. A buried or wrapped body or a body protected by chemical means is not an obstacle for insects and other invertebrates to perform their natural function – help to decompose the body into mineral matter that will serve as a building block in a new life cycle in nature. The arrival of insects at the place of death is as certain as the death itself. To take advantage of the potential forensic value of insects and other invertebrates, evidence must be systematically collected and processed. According to Castner and Byrd (2000), for investigators to collect and process such material at a crime scene, they must know what to look for, and be familiar with insect biology and anatomy.

Four orders of necrophagous insects are important for the purpose of FE – *Diptera*, *Coleoptera*, *Hymenoptera* и *Lepidoptera* (Ilić, 2019).

The order *Diptera* includes the following families:

- *Calliphoridae*
- *Muscidae*
- *Phoridae*
- *Piophilidae*
- *Sarcophagidae*
- *Sepsidae*
- *Sphaeroceridae*
- *Stratiomyidae*
- *Psychodidae*

The order *Coleoptera* includes the following families:

- *Staphylinidae*
- *Histeridae*
- *Silphidae*
- *Dermestidae*
- *Cleridae*
- *Scarabaeidae*
- *Nitidulidae*
- *Trogidae*

The order *Hymenoptera* includes the following families:

- *Formicidae*
- *Chalcidae*
- *Diapriidae*

The order *Lepidoptera* includes the following families:

- *Tineidae*
- *Vespidae*

Since in our region entomologists rarely get opportunity to attend a crime scene, even less often forensic entomologists because there are very few qualified practitioners in FE, it is important that crime scene technicians conducting investigations be familiar with the procedures related to collecting entomological evidence at the crime scene and in death investigations.

According to Joseph et al. (2011), the importance of FE is reflected in the following:

- Assist in establishing a period of insect activity – PIA and time of colonisation – TOC, and at the same time determine the minimum post-mortal interval – *mPMI*
- Assist in determining the geographic location of death

- Assist in determining whether the body was moved and whether the site where the body has been found is the primary or secondary site where death occurred
- Insects found at the death site can be used for toxicological analyses
- Insect gut content found at the death site can serve as a basis for DNA sampling
- Based on the insects found, injuries on the body can be classified into antemortem, perimortem or postmortem injuries

To use insects as forensic evidence, it is necessary to accurately identify, collect, store, and ship entomological evidence found at a crime scene. Immediately upon arrival at a crime scene, the procedures important for the entomological part of the investigation should be followed, which concern the location where the corpse was found, the possibility of infestation by insects, that is, their larvae, clothing and objects found around the body (Sharma, 2003). According to the manual by Catts and Haskell (1991), the entomological sampling procedure itself can be partially invasive in terms of damaging the integrity of the body (especially in an advanced stage of decomposition), so before taking entomological samples, photographs of the body should be taken and the body should be accurately positioned in relation to the environment. It is important to record all the facts regarding the growth and development of insects – particularly temperature and humidity, because this can be of crucial importance when drawing conclusions regarding entomological evidence. The slightest mistake in the procedures can lead to a wrong conclusion, and consequently to a wrong decision by the judicial authorities. For example, a body was found in the warm period of the year, let's say, in June, and based on the developmental stages of the larvae, the entomologist drew a conclusion that death occurred seven days before the larvae had been collected from the body; however, it was not mentioned during the investigation, for example, that the body had been found in a dark-colored car parked on the asphalt that was exposed to sunlight, where the temperature is significantly higher, so the development of the larvae is faster, while the main suspect had a viable alibi for a time period of seven days before the death had occurred. In that case, based on the erroneous conclusion reached by the entomologist, the court must order a release of the person, because someone failed to mention, during the crime scene investigation, a detail important for the forensic entomological investigation as stated by White (2021).

## FORENSIC ENTOMOLOGICAL PROCEDURES AT THE DEATH SCENE

The collection of entomological evidence begins a few steps from the body at the death scene and it consists of several stages:

*1. Observation and notation of general scene characteristics*

At this stage, visual observation of the site where the body was found should be made, in terms of the appearance of the site itself, the position of the body, exposure of the body to sunlight or shade depending on times of the day, etc. Observation should be made at a distance of at least 6 m so as not to disturb adult insects because they can either fly away or otherwise move away from the body itself. The time when you arrive at to the scene is also important because some adult insects (flies) are active only in daylight. If traces are collected at the site where the body was found at night, this must be noted because it cannot be expected to find adult flies. Photographs should be taken of and notes should be made about all the characteristics of the place where the body was found, because some details that are irrelevant to the entomologist can be extremely important for other experts investigating the place where the corpse was found and vice versa.

*2. Visual observation and notation of insect infestations at the scene*

The body itself and the immediate surroundings are observed, photographs are taken and written notes are made about what can be observed on and around the body, which parts of the body are infested by insects, the degree of colonization, the forms of the insects observed (adult insects, larvae, pupae or eggs); notes about the presence of insects in the close proximity of the body and the developmental stage of insects or the presence of insects that should not be expected are also made. This is important because it can indicate if there were antemortem injuries on the body, because in the case of antemortem injuries, if the time from the moment of death to the arrival of the investigator is short enough for the body to be infested with insects post-mortem, and infestation can be observed on the body, this indicates antemortem injuries, and death occurred subsequently. Attention should be paid to every detail that can provide information to entomologists or other types of investigators (White, 2021).

*3. Collection and notation of climatological and microclimatological data.*

At this stage, data on temperature and air humidity are collected at the site, where it is necessary to determine whether the body was found in an enclosed, semi-enclosed or outdoor environment, where ambient air temperature should be taken first (if it is an enclosed environment, the temperature inside and outside the room should be taken), air humidity in the room as well as outdoors must be taken. After measuring ambient air temperature, body surface temperature is taken, then ground surface temperature or floor surface temperature if the body was found in an enclosed environment, including under-body interface which is taken by sliding the thermometer between the body and the surface. The metabolic temperature of the maggot mass is also important information, which is measured where the largest number of maggots is by directly inserting the thermometer into the maggot mass. The metabolic temperature of the maggot mass is significant because due to metabolic processes the temperature in the mass itself rises, which can be significant because differences in the

speed of maggot development can occur due to differences in temperature. In addition to this data, it is important to determine and record some other facts that may be important, such as cloud cover, fog, smoke, etc. All data is recorded immediately to avoid subsequent errors.

4. *Collection of adult insects*
5. *Collection of eggs, larvae, and pupae at the scene*
6. *Collection of specimens (imago, pupae, larvae, eggs) from the surrounding area 5-6 m from the body*
7. *Collection of specimens (imago, pupae, larvae, eggs) from under the remains after the body has been removed*

These phases are completed simultaneously, so they will be explained accordingly.

Flying adult insects are collected out with an areal insect net, by performing movements above the body in the form of a horizontal figure eight, that is, in the form of a sign for infinity –  $\infty$ , or by holding the net above the body until a sufficient number of flying insects is collected. Ground crawling insects can be collected with forceps or fingers, so as not to damage the insect's body. After collecting a sufficient number of insects, they are placed into a killing jar containing ethyl alcohol which kills insects; then they are transferred into vials containing 70-80% ethyl alcohol.

According to the protocol explained by Haskell et al. (2000), a data label completed in pencil on a regular cotton bond paper is placed inside of the collection container together with an individual insect, while a data label completed in ballpoint pen is affixed to the outside of the collection container. Both labels contain the same information about location of adult insects on the remains, time of collection, location, case number, and the collector's initials. In this way, adult insects and insects in all other developmental stages are collected, but it is important to note that the samples prepared in this way – killed insects and their developmental stages are stopped and the developmental stage cannot be completed, but based on a developmental stage, the time of PIA, TOC, and mPMI can be determined. Eggs of larvae and pupae are collected separately from each area of the body colonized by insects (body cavities are mainly colonized – oral cavity, nasal openings, genital or anal area, etc., the whole body is covered with eggs, larvae and pupae in the advanced decomposition stage). Eggs are collected with a soft moistened brush. Larvae and pupae are more visible and easier to collect; they can be collected with fingers, fine point forceps or a brush. More than 50 eggs and larvae should be collected, which should not be a problem considering their number, and it is important to label the samples for each area of colonization and record the temperature of the area of colonization itself (Petrović, 2012). After collecting samples of larvae and eggs, they need to be preserved by immersing them in hot water for a few minutes or using previously prepared fixatives. Following immobilization, eggs and larvae are



preserved in 70-80% ethyl alcohol solution. In order to rear eggs and larvae in laboratories, living samples are also collected according to the already described principle; the collected living samples should be packaged in a glass vial with a piece of dump cotton wool (to prevent dehydration), in case it takes longer than 1 hour to reach a laboratory. The living samples are packaged in special shipping containers.

Pupae as the last developmental stage are easy to collect due to their size; they can be collected with fingers or fine point forceps and they are packaged in glass vials:

- The living pupae to be transported to the laboratory are placed in glass vials lined with cotton wool or paper, in order to prevent damage to the pupae.
- Pupae that need to be preserved at the stage in which they were found at the scene, after having been immersed in fixative, are placed in glass vials filled with 80% ethyl alcohol (Fujimura et al., 2009). For the purposes of further research, larvae and pupae of insects found at the site must be collected and preserved alive. Further research and rearing of larvae in laboratories is important to determine the species of insects based on imago, but also to compare the speed of development with that estimated development at the scene. Also, development in laboratories can be of importance due to entomotoxicological analyses. In larvae (maggots) rearing containers, a substrate is placed as a base (soil or sand), then a source of food (beef or pork liver) and a piece of dump paper towel is placed into a tinfoil bag (aluminum foil) to preserve humidity in the container and prevented the drying of larvae, food and substrate (Miller & Naples, 2002). The container prepared in this way is labeled and prepared to be shipped to entomological laboratories, which must be notified of the arrival of the larvae rearing container and to be able to accept the samples (White, 2021). Samples of adult insects, larval pupae and eggs are collected both from the close proximity of the body and under the body, because larvae at the final stage of development will leave the place of their previous life and development and move away in order to enter the pupa stage, that is, the last stage of metamorphosis, from which they will develop into adult insects. When larvae complete their development and enter the pupa stage, feeding is over – pupae and adult insects do not feed, they only aim to reproduce, that is, lay eggs.

8. *Documentation of historical climatological and microclimatological data (depending on the stage of decomposition of the body and the estimated length of time the body had been lying)*

Data on air temperature and air humidity from the desired time frame should be obtained from the nearest hydro-meteorological station, so that entomologists can calculate the time required for individual insects to undergo

their development (Gennard, 2012). These data are necessary to calculate ADD – Accumulated Degree Days and ADH – Accumulated Degree Hours – these two parameters allow forensic entomologists to estimate the time required for insects or its larva to reach a certain degree of development based on the accumulated heat during hours or days .

9. *Assessment of the ecological characteristics (soil, plant, animals, water...) at the recovery site*

Ecological characteristics can provide valuable information not only to entomologists but also to other experts involved in death investigations.

If it is necessary to examine a body that has already been buried (legally sanctioned or in order to hide evidence), the procedures are similar to those described for a body found on the surface of the ground. The only difference is that soil is sifted from the surface to the remains in order to find imago, pupae, larvae, and eggs. After removing the body, the soil under and to the side of the body is examined and sifted with the same goal (White, 2021).

## DETERMINING THE TIME OF DEATH

Determining the time of death is of crucial importance in investigations of homicides and other untimely natural deaths (related to legal and economic matters concerning insurance, inheritance, the conclusion of a *dubious* contract...), missing persons cases, in cases when it is not possible to identified a person, the time when the person was last seen alive is matched with the time elapsed since death, which was determined on the basis of entomological evidence. The time elapsed since death is called postmortem interval – PMI. Determining the PMI can be quite a difficult task because even in the initial stage of body decomposition when the physical and chemical changes accompanying the decomposing body are predictable, they depend on many environmental factors that determine the speed of these physical and chemical processes. However, as the time since death increases, all methods based on physical and chemical changes become less useful. In this case, methods in forensic entomology, even after a long period of time since death, can help to determine the time of death, that is, the PMI, quite accurately: samples of all the insects present in all developmental stages are collected from the body found and for which the PMI needs to be determined, and based on the immature imago necrophagous insects, which fed on the body, we can, based on microclimate conditions to which the corpse was exposed, determine the PMI, not as precisely as when the period is short, but an accurate PMI can be determined with an error as low as one day.

Isomegalen and isomorphen diagrams can be used to determine PMI. Isomegalen diagrams represent the determination of the developmental stage of the larva since the larva hatched to the stage found depending on the temperature. The length of the largest larva found is measured and the time since

the larva hatched is determined based on the curve dimension in the isomegalen diagram. This method is quite accurate only if the body was not undergoing fluctuating temperature, for example, in an enclosed environment where the temperature was nearly constant, but if the body was found outdoors and underwent daily temperature fluctuations, the mean temperature between daily minimum and daily maximum is taken. The specified time is approximate.

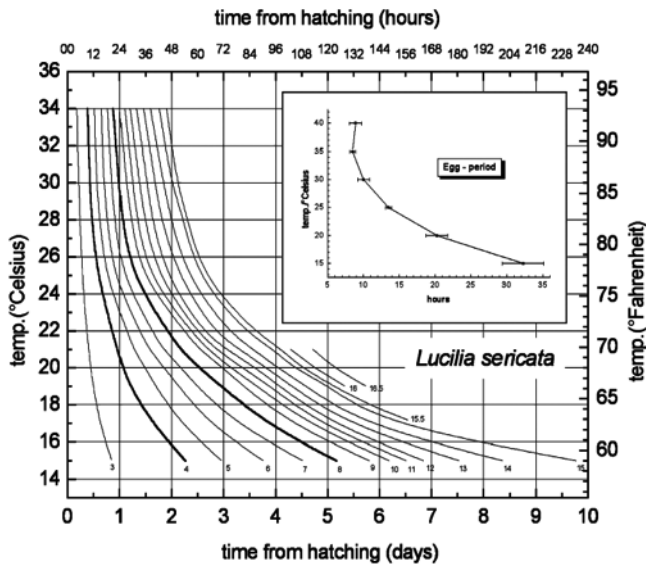


Figure 1. Isomegalen diagram (Grassberger & Reiter, 2001)

An isomorphen diagram is used when post-feeding larvae or pupae are recovered from the body, and the last metabolic stage of the pupa-to-larva transformation remains. It is especially useful when larvae that have already left the carcass they were feeding on are recovered from the body. Based on all insect developmental stage in the diagram, from egg laying to the transformation of a pupa into an imago, the period from egg laying to the developmental stage observed can be determined on the basis of the determined temperature of the environment, or the mean temperature per day due to daily temperature fluctuations.

The second method is based on the succession of insect species that inhabit the decomposing corpse, because it is possible to form models for which insect species inhabit the corpse and in what period depending on the PMI, but the formation of these models requires a comprehensive knowledge of the insect fauna in a given area.

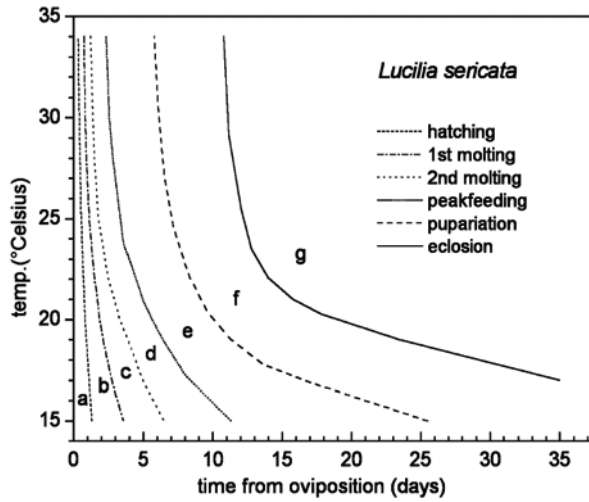


Figure 2. Isomorphen diagram (Grassberger & Reiter, 2001)

Factors impacting the development cycle:

- 1) Temperature and seasonality – the growth and development of insects is temperature-dependant, but due to normal distribution, temperature values for individual phases depend on insect species. We distinguish 5 points:
  - cold death point, where development is irreversibly interrupted and the larva dies (these values are -10 °C до 0 °C)
  - cold stiffness point, when all developmental processes stop, but with an increase in temperature they will continue – hibernation
  - optimal development point is said to develop the fastest and the optimal development values are 22-26 °C
  - thermal stiffness point, as temperature rises above optimal growth and development slows and stops and protein coagulation begins, warm stiffness is irreversible and very close to the warm death point
  - thermal death point is the temperature at which proteins coagulate and death occurs.

Depending on the season, insects in certain stages of development can enter the cocooned larva or pupa stage, when in that stage they spend a certain amount of time in hibernation, waiting for a season that is favorable for their further development (Vasić, 1971). These data are important because, based on season and temperature data, one can predict and determine the time spent in certain developmental stages of insect species, as well as “abnormalities” related to accelerated or arrested development due to temperature effect.

2) Presence of a maggot mass

If a number of larvae is large enough, the so-called maggot mass is formed where, due to the metabolic processes carried out by the larvae themselves, the temperature is substantially higher than the temperature in the environment – this is important during cold weather when maggot mass temperature can deviate significantly from temperatures in the environment. In the case of a maggot mass, a complex phenomenon occurs and the oldest larvae develop faster. Based on the metabolic temperature of a maggot mass, the larva development period that developed preferentially can be determined, because the development period would have been significantly extended if there was no effect of the maggot mass temperature.

3) Food type

Some larvae found on the remains do not feed exclusively on decaying animal organic matter; some larvae can also feed on decaying plant organic materials, or only on plant matter, and some larvae have even been found feeding on any food type and even on paint. This is important because the larvae of insect species that are facultative necrophages can be found on and around the body, so based on knowledge of the specifics of the diet of certain insect species, some answers can be found that are significant for the forensic entomological investigation itself. Sometimes insect species that feed exclusively on plant remains can indicate facts that are of interest for the investigation, especially if there is a primary and a secondary site, and when the primary and secondary site should be linked.

All these factors indicate development rate and a diet type of the larvae of certain insect species, and these are facts that can provide the entomologist with enough information on the basis of which he can determine the elapsed time since death. According to Wells & LaMotte (2017), there are computer programs that simulate insect development and thus provide data to entomologists about the length of development up to a certain stage. All this can help to determine the PMI as accurately as possible. However, insects do not only play an important role in determining the PMI; necrophagous insects have a much wider importance in FE, and they can, as silent witnesses, provide a lot of information on the last moments of people whose fate is being investigated. We can find out from the larvae of necrophagous insects not only when death occurred, but also, in some cases, the cause and manner of death.

ENTOMOTOXICOLOGY AND THE PRESENCE OF PSYCHOACTIVE SUBSTANCES

An autopsy is ordered when the cause of death of a person whose body is found is unclear or it is about a suspicious death and available body fluids, blood and urine, and tissues if necessary, are used for toxicological analysis

This is possible only if the body found is preserved, but what to do in a situation in which the decomposition of the body has advanced and is in the stage of active decomposition or even skeletonization. In this situation, the larvae of necrophagous insects or adult insects found on or around the body can provide the answer. In cases when only a skeleton is found, meaning there is no tissue to analyze, no living larvae of necrophagous insects, no living imago in the close proximity of the skeleton, insects are the ones that can provide answers by collecting cast larval skins or empty pupal cases during the molting process. In the skins and cases, which should be carefully analyzed in laboratories, using chromatographic methods, according to Milošević (2022) (immuno-chromatographic tests, gas chromatography, gas chromatography, headspace – gas chromatography with) the presence of toxins or drugs can be found, which could have been the cause of death of the person whose skeleton was found. Toxins and/or controlled substances are found as accumulated and unmetabolized products that insects ingest while feeding, and as harmful, rather than non-nutritive substances, they are accumulated in the insect's body, and thus in the skin, which remain after the development of the insect larva is finished. According to Sohal & Lamb (1977), insects have inhabited the world much longer than all mammals, so during evolution they have adapted even to the presence of heavy metals. Heavy metals, especially mercury, can accumulate in organisms, which may lead to the death of a warm-blooded organism, and as such the body will be exposed to decomposition. Larvae of necrophagous insects will arrive at the body and feed on the tissues containing high mercury concentrations. The mercury ingested by insect larvae will be retained in their organisms and based on the mercury content found in the larvae, poisoning death can be suspected; however, caution should be exercised when deciding whether it is poisoning during the analysis of larval pupae and adults. If only pupae, or only imago, were to be analyzed, the concentration of mercury and other heavy metals would be significantly lower, because insects have the ability to partially eliminate heavy metals in the larval or pupal stage. In addition to mercury, recent studies demonstrated similarities with the concentrations of some other metals – iron, zinc, copper, lead, etc. The concentration detected during the analysis indicates that metal poisoning should be suspected. Utsumi (1958) observed that, while studying housefly larvae, adult female flies behave differently toward rat cadavers depending on which poison caused death. In this study, no further research into toxins in the larvae was conducted, but it was indicated that insects easily detect the presence of substances that humans are insensitive to. Although research has been conducted at the Fraunhofer Institute in Hanover and Braunschweig, Germany, it is still not possible to determine, based on the toxin concentrations in the larvae, whether the toxin is the immediate cause of death. It may lead us to think that it is still not possible to convert the concentration measured in the larva to the concentration in the body of the person whose death has been investigated, because no certain correlation can be established between the level of the toxin found in the larva and the level of the toxin found in the body in the moments when the larvae used the body

to feed on, but the presence of toxins in the larvae can indicate what should be investigated because sometimes something may arouse sufficient suspicion to conduct a more detailed investigation during which overlooked details can be noticed, which can provide an answer as to the cause of death. The importance of toxicological analyses of larvae, cast skins or pupal cases lies in providing answers as to whether the person whose death is investigated consumed certain substances or not. It is significant that the skin shed by larvae and pupae during the molting process can be found in a preserved state for a long time after the decomposition of the body, therefore we are not limited in time as in the case of larvae that can only be found during decomposition. If psychoactive substances are present in tissues and blood, the same substances will be found in larval or pupal skins.

Human medicine deals with how certain substances, specifically cocaine, affect the human body, but what is important for FE is how cocaine can affect the development of larvae. In the study by Goff et al. (Goff et al., 1989), it was determined that if larvae are offered liver tissue containing sub-lethal and lethal concentrations of cocaine, the larvae that consumed the sub-lethal dose of cocaine have approximately the same period of development, but the larvae that consumed significantly higher concentrations of cocaine (a lethal concentration or as twice as lethal) develops significantly faster. In both cases, pupal development duration was the same for both groups of larvae.

Forensic entomology has the possibility, but also a scientific and moral obligation, to provide answers to questions concerning human remains, because the family, society and the general public have the right to know how a member of the social community ended his life. These questions are much more complex than PMI, therefore forensic investigators asked to provide answers to the questions of where the death occurred, how the death occurred, whether the deceased was tortured before death, sexually tortured, whether there were indications of abuse of narcotics and substances, and so on. These and similar questions cannot often be answered by forensic investigators, therefore experts such as forensic entomologists, forensic pathologists and other experts must be included in the investigation. According to Rasmy (2008), insects as silent witnesses can provide an answer as to whether there was antemortem torture, because the victims' hands are usually tied, they are often unconscious as a result of the torture, so they cannot defend themselves against the attacks of the flies that can lay eggs on fresh wounds or natural openings of the body. Thus, the presence of wound scabs and myiasis on the body (infested with fly larvae antemortem) indicate that injuries were inflicted antemortem, which indicates torture. Insects can often provide answers as to where a substance comes from. For example, when the Drug Enforcement Administration – DEA seized marijuana packed in a so-called “brick” for which none of the suspects claimed responsibility, and an insect larva was found on the packaged marijuana, they called in entomologists. In this case, the task for the entomologists was easy because it was determined that the type of insect larva found lives only in

Colombia, so it was easy to link the perpetrator who traveled from Colombia to the drugs found. In cases when a completely decomposed body of a woman was found, it was necessary to determine whether she had been raped antemortem. Due to putrefactive changes, it was not possible to extract the semen of the possible rapist; however, the DNA of a man was extracted from the larvae found, which indicated that the victim was also raped (Rasmy, 2008). Insects can also provide answers in cases of mass graves, whether the grave found is an original primary grave (the term original primary grave means a grave in which bodies were first placed after death, which has not been excavated and the bodies have not been moved from it), or a secondary or tertiary grave (the term secondary grave means a grave to which the remains of victims were moved from the primary grave, often with the aim of disguising the crime and making it difficult to find and identify the victims ). It often happens that after the crime has been committed, in order to disguise it, bodies are moved from the primary grave to the secondary or tertiary grave, and those attempting to disguise their crime often make “mistakes” during the relocation of the bodies, because new fly larvae invade the bodies in the advanced stage of decomposition, which have already been buried once. It is impossible to encounter fly larvae underground, which indicates that the bodies were in the light of day and they had been moved. FE can provide answers related to terrorism. According to Cruz (2006), if a plane crashed and there were no survivors, and it is unclear how the plane crashed, by examining insect larvae we can establish whether there was an explosion.

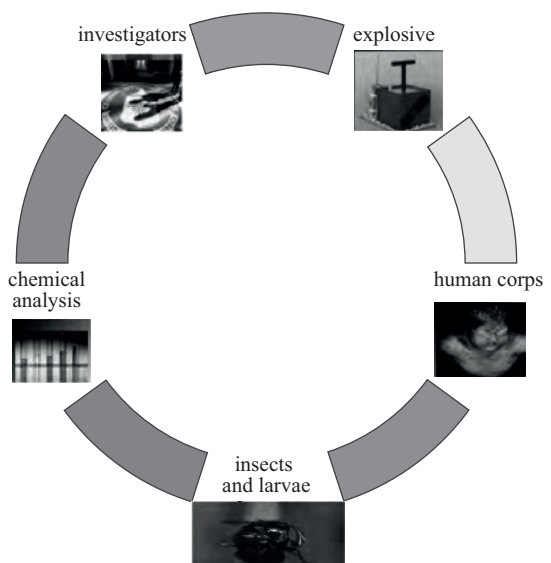


Figure 3. Explosive detection cycle (Cruz, 2006)



Specifically, traces of explosives will be found in the system of digestive organs of the larvae, because the bodies were blown up by the effect of pyroclastic impact due to the explosion and part of the burned and unburned explosive particles remained on them. After feeding, these same particles can be found in insect larvae or cast larval skins during the molting process, which can be preserved for years at the site where the traces were found. It was this method, that provided the answer as to how the Korean plane crashed in 1983, because the Soviets did not want to accept responsibility for shooting down the passenger plane, but the larvae found on the remains of the victims provided evidence there was an antemortem explosion and traces of TNT were found (English, 2022).

### FORENSIC ENTOMOLOGY AND WAR CRIMES

It has already been mentioned that FE can provide answers concerning war crimes indirectly. If a mass grave is found that is suspected of containing victims of war crimes, it is first necessary to determine whether it is a primary or secondary grave – this answer can be provided by necrophagous insects because there is a precise succession of species as the body decomposes. Thus, if insects are found on the bodies in the advanced stage of decomposition, which primarily invade fresh corpses, it is clear that the bodies were moved to a secondary grave in order to cover up war crimes. Also, before the excavation of a grave site suspected of being a mass grave site, the fauna of the specific area should be thoroughly examined, because species that “do not belong” to the specific location can also be found. According to the data obtained by Jugo and Muzaferović (2008), mass graves vary in their dimensions and depth. For example, graves over 8 m deep were dug in Bosnia and Herzegovina, and since mass graves were hidden, the most demanding task was to uncover mass graves. What was observed in the search for mass graves were the so-called “geophysical anomalies”. In the search for mass graves sites suspected of being mass graves, a large number of blue butterflies were observed. Margaret Cox explained this phenomenon described as a “geophysical anomaly” – it was observed that mass graves were mostly covered with *Artemisia Vulgaris*, a species of plant (mugwort), which these insects feed on (Cox et al., 2001 ). Areal images, according to Redmon (2019), showed that parts of the land on which mugwort prolifically grew show geophysical anomalies – the soil is slightly warmer than the environment (this is explained by the thermal energy released during the decomposition of organic matter). The soil where mugwort grows is richer in nitrogen than the surrounding soil (this is also explained by the nitrogen coming from the decomposing body), the geophysical structure of the soil has been changed (digging the soil to bury the body changes the soil structure in the sense that the soil is no longer as compact as before digging, but also the layers of soil that are at a greater depth appear on the surface, primarily clay). The presence of mugwort can be easily noticed by observing blue butterflies, which pollinate

mugwort, according to Warner (2004). Insects only signal us where the remains of victims might be found and where we should investigate, because the presence of mugwort and a blue butterfly does not necessarily mean that a mass grave containing human remains is there. All the aforementioned geophysical anomalies can also occur due to the burial of organic matter that does not have to be human (for example, by burying slaughterhouse waste). Certainly, geophysical anomalies and the presence of mugwort and blue butterflies can be a sign that something needs to be investigated, because there is no perfect crime, there are always witnesses, it is up to people to notice these “witnesses” and understand what they are saying. Blue butterflies signaled mass graves in all climates, and they were observed in Rwanda, Sudan, Iraq, Bosnia and Herzegovina, Serbia (Cox et al., 2008).

### CONCLUSION

Insects and their developmental stages can provide answers to questions that are important both for individual criminal cases and very complex cases, such as terrorism and war crimes. Forensic entomologists are employed in cases in which the cause of death of the person whose body is found is unclear, because the behavior and metabolism of insects may provide investigators with answers they are looking for. The involvement of forensic entomologists in criminal investigations will not solve all cases, but we can certainly expect some answers. The importance of forensic entomology is growing, and training in forensic entomology is organized throughout the world. Serbia and the countries in the region still do not have adequate staff in the field of forensic entomology; therefore, crime scene technicians and investigators need to be properly trained to deal with insects and larvae encountered during investigations, as well as to consult forensic entomologists during investigations. Only a professional approach and use of entomological procedures can provide authoritative and court-acceptable evidence.

### REFERENCES

Byrd, J. H. (1998). *Temperature Dependent Development and Computer Modeling of Insect Growth: Its Application to Forensic Entomology* (Doctoral dissertation). Florida, USA: Department of Entomology and Nematology, University of Florida.

Castner, J. & Byrd, J. (2000). *Forensic entomology – The utility of Arthropods in legal investigation*. London: CRC Press.

Catts, E. P. & Haskell, N. H. (1991). *Entomology & death: a procedural guide*. Clemson, SC: Joyce's Print Shop.

Cox, M., Chandler, J., Cox, C., Jones, J. & Tinsley, H. (2001). The archaeological significance of patterns of anomalous vegetation on a raised mine in the Solway Estuary

- and the processes involved in their formation. *Journal of archaeological science*, 28(1), 1–18.
- Cox, M., Flavel, A., Hanson, I., Laver, J. & Wessling, R. (2008). *The scientific investigation of mass graves: towards protocols and standard operating procedures*. New York: Cambridge University Press.
- Cruz, A. M. (2006). *Crime scenes intelligence-an experiment in forensic entomology*. Boca Raton, Florida: NDIC PRESS.
- English, R. L. (2022). *Is education and training the answer? A qualitative study among crime scene investigation practitioners in the state of Florida* (Doctoral dissertation). Saint Leo, FL: Saint Leo University.
- Fujimura, M., Koler-Gregorić, T. & Šuperina, M. (2009). Primjena forenzičke entomologije u istraživanju kaznenih djela. *Policija i sigurnost*, 18(4), 441–471.
- Goff, M. L., Omori, A. I. & Goodbrod, J. R. (1989). Effect of cocaine in tissues on the rate of development rate of *Boettcherisca peregrine* (Diptera: Sarcophagidae). *Journal of medical Entomology*, 26(2), 89–93.
- Grassberger, M. & Reiter, C. (2001). Effect of temperature on *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) development with special reference to the isomegalen – and isomorphen – diagram. *Forensic Science International*, 120(1–2), 32–36.
- Haskell, N. H., Lord, W. D. & Byrd, J. H. (2000). Collection of entomological evidence during death investigation. In J. Byrd & J. Castner (Ed.), *Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigation*, Second Edition (2nd ed., pp. 81–121). Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Ilić, S. L. (2019). *Diverzitet entomofaune značajne za forenzičke analize u okolini Niša* [Diversity of entomofauna important for forensic analysis in the surroundings of Niš] (master rad). Niš: Univerzitet u Nišu, Prirodno matematički fakultet.
- Janković-Rapan, L. (2009). *Forenzička entomologija* [Forensic entomology]. Hrvatska: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno–matematički fakultet.
- Joseph, I., Mathew, D. G., Sathyan, P. & Vargheese, G. (2011). The use of insects in forensic investigations: An overview on the scape of forensic entomology. *Journal of forensic dental sciences*, 3(2), 89–91.
- Jugo, A. & Muzaferović, Š. (2008). Neki podaci o primjeni forenzičke entomologije u Bosni i Hercegovini [Some data on the application of forensic entomology in Bosnia and Herzegovina]. *Prilozi fauni Bosne i Hercegovine*, 4(1), 40–47.
- Lindgren, N. K., Sisson, M. S., Archambeault, A. D., Rahlwes, B. C., Willett, J. R. & Bucheli, S. R. (2015). Four Forensic Entomology Case Studies: Records and Behavioral Observations on Seldom Reported Cadaver Fauna With Notes on Relevant Previous Occurrences and Ecology. *Journal of Medical Entomology*, 52(2), 143–150.
- Miller, J. S. & Naples, V. L. (2002). Forensic entomology for the laboratory-based biology classroom. *American Biology Teacher*, 64(2), 136–142.
- Milošević, D. (2022). Forenzička toksikologija-primena metoda u otkrivanju krivičkih dela i njena uloga u prognostici kriminaliteta [Forensic toxicology – the appli-

- cation of the method in detecting criminal acts and its role in the prognosis of crime]. *Kriminalistička teorija i praksa*, 9(1), 41–57.
- Petrović, A. (2012). *Forenzička entomologija – radna skripta* [Forensic entomology - lectures]. Beograd: Biološki fakultet.
- Rasmy, H. A. (2008). Mites and insects as indicators of physical abuse. *Journal of the Egyptian Society of Acarology*, 2(1), 1–2.
- Redmon, D. (2019). Very Small Satellites: A Mechanism for the Early Detection of Mass Atrocities. *InterAgency Jurnal*, 10(4), 26–34.
- Sharma B. R. (2003). Clinical forensic medicine--management of crime victims from trauma to trial. *Journal of clinical forensic medicine*, 10(4), 267–273.
- Sohal, R.S. & Lamb, R.E. (1977). Intracellular deposition of metals in the midgut of the adult housefly, *Musca domestica*. *Journal of Insect Physiology*, 23(11–12), 1349–1354.
- Utsumi, K. (1958). Studies on arthropods congregating to animal carcasses with regard to the estimation of postmortem interval. *Ochanomizu medical journal*, 7, 202–223.
- Vasić, K. (1971). *Zaštita drveta – Ksilofagni insekti* [Wood protection – Xylophagous insects]. Beograd: Naučna knjiga.
- Warner, H. (2004, 17. July). The Butterfly Hunter. *Independent*. Retrived April 10, 2018, from <https://www.independent.co.uk/news/world/africa/the-butterfly-hunter-553266.html>.
- Wells, J. & LaMotte, L. (2017). The Role of a PMI-Prediction Model in Evaluating Forensic Entomology Experimental Design, the Importance of Covariates, and the Utility of Response Variables for Estimating Time Since Death. *Insects*, 8(2), 47–54.
- White, L. T. (2021). *Collecting and Preserving Entomological Evidence at a Scene*. Retrived March 14, 2022, from [https://www.academia.edu/64924143/Print\\_to\\_PDF\\_Entomology\\_PP](https://www.academia.edu/64924143/Print_to_PDF_Entomology_PP).

Paper received on: 28/2/2023

Paper accepted for publishing on: 5/6/2023