

Материјал за припрему кустоског испита  
из Конзервације

*Народни Музеј у Београду*

2014

Саставио саветник МА дипл.инг. Јован Божиновић

# Конзервација археолошких предмета од метала

## Основни појмови

Конзервација и чување археолошких предмета пронађених приликом ископавања спада међу најважније задатке и мора бити планирано пре почетка ископавања. То подразумева планирање средстава за конзервацију, стручни надзор током ископавања и што брже доношење предмета са локалитета у лабораторију за конзервацију.

Предмети по ископавању се налазе у другачијим условима тако да у неким случајевима може доћи до наглог пропадања поготово ако су од органских материјала, а тиме долази до непоправљивих оштећења и трајног губитка. Важно је одмах по проналажењу сместити их у оптималне услове за чување, не уклањати патину, и што пре започети са конзервацијом од стране стручних лица.

Под археолошким предметом се подразумевају налази од различитих врста материјала, метала, керамике, стакла, дрвета, текстилних влакана, коже, ћилибара и камена.

Конзерваторски поступак мора бити трајан поступак којим ће се предмет трајно заштитити и обезбедити за смештај у депоу или изложбеном простору. Не смеју се предузимати такви поступци који ће омогућити само припрему за публикавање јер тиме се материјал излаже даљем пропадању. Без обзира на дужину конзерваторског поступка он се мора спровести до краја, а потом обезбедити трајан смештај у таквим условима који неће шкодити предмету.

По завршетку конзерваторског поступка и смештаја мора се вршити надзор над стањем предмета и условима чувања да би се благовремено реаговало ако се уоче неке штетне промене. У случају промене температуре и релативне влажности мора се реаговати помоћу апарата као што су портабл клима уређаји, овлаживачи и одвлаживачи којим ће се постићи задати параметри. Материјал мора бити запакован у такву амбалажу која у свом саставу не садржи штетне материје и смештен на полице или ормане од метала пошто дрво није добро за израду полица због могућности ослобађања сирћетне киселине која изазива даља оштећења.

## Конзерваторска етика

Навешћу неке од важнијих конзерваторских принципа који су прихваћени од Међународног института за конзервацију и који требају да поштују сви конзерватори.

### **1. Поштовање интегритета предмета**

Сви поступци конзерватора у раду морају поштовати естетски, историјски и физички интегритет предмета . Без обзира на стање предмета или вредност његова естетска, историјска, археолошка и физичка својства морају бити сачувана. По конзервацији сви подаци који су релевантни за датовање морају бити сачувани, па то и одређује третман који ће бити примењен.

### **2. Стручност и способност**

Конзерватор мора предузети такав преглед и поступак на археолошком предмету који је у границама његове стручности и способности .

### **3. Јединствени стандард**

За сваки предмет који се узима на конзервацију, без обзира на лично мишљење о вредности и квалитету, мора се применити најбољи третман. Мада околности могу ограничити време трајања конзерваторског поступка он мора бити најбољи за ту врсту материјала, без обзира на вредност предмета. Посебне технике могу бити примењене у случају конзервације већег броја предмета али само такве које ће сачувати све податке појединачног предмета.

### **4. Примена одговарајућег третмана**

Конзерватор неће применити или препоручити третман који не одговара потпуном очувању свих карактеристика предмета. Неопходност и квалитет поступка су важнији за професионалца од исплатљивости. Не треба применити поступак који није најбољи за предмет без обзира да ли је јефтинији или бржи ако тиме може доћи до оштећења. Мора се применити најбољи третман без обзира на његову цену или време трајања.

### **5. Принцип реверзибилности**

У процесу конзервације морају се применити материјали и поступци који ће онемогућити да се предмет доведе у такво стање да је реконзервација немогућа. Ово се посебно односи на примену материјала за реконструкцију пошто они морају бити такви да се могу лако уклонити без оштећења предмета, пошто ни једна конзервација не може трајати неограничено. Конзерватор има само једну шансу да сачува предмет и због тога нереверзибилне технике се не смеју користити. Многе од техника за које се сматрало у прошлости да су реверзибилне су се са старењем материјала

показале неревверзибилним па је ово још један од проблема са којима се конзерватори сусрећу.

## **6. Ограничења рестаурације**

Да би се надокнадила оштећења и недостајући делови конзерватор у договору са власником, кустосом или уметником може рестаурирати предмет, али тако да не измени његове основне карактеристике.

## **7. Стално самоусавршавање**

Сваки конзерватор мора поред неопходног знања за обављање послова наставити са сталним усавршавањем у струци да би могао да обезбеди најбољи третман који захтева предмет који се конзервира.

## **8. Помоћно особље**

Конзерватор је обавезан да заштити и сачува предмет у свим фазама вршећи надзор и кординирајући рад помоћног особља. У случају да се конзервација обавља у другој институцији која нема адекватну кадровску структуру неопходан је стални надзор над процесом конзервације од стране конзерватора.

Сва горе побројана правила показују сву комплексност приступа конзервацији која се не своди само избор третмана већ и аспекте који су везани за уметничко представљање и чување историјских података.

## **Начела конзервације**

Конзерваторски третман предмета може се састојати од конзервације и рестаурације. Конзервација подразумева процес документације, анализа, чишћење и стабилизацију предмета. Сврха чишћења и стабилизације је заштита предмета од штетних утицаја околине у којој се налази. Рестаурација је обнова оштећених предмета и израда недостајућих делова. У току конзервације могу се применити оба поступка али конзервација има предност, рестаурацију никад не треба започети пре комплетне конзервације предмета.

Пошто је процес конзервације у исто време и поступак добијања додатних информација у оквиру археололошких истражавања морају се сачувати сви подаци који су важни за датовање или детерминацију предмета уопште, али тако да предмет остане хемијски стабилан . Мора се сачувати што је могуће више оригиналне површине, облика и величине предмета. Материјали и поступци морају бити реверзибилни чиме се оставља могућност примене бољих материјала током будућих реконзервација .

Конзерваторским испитивањима пре конзерваторског третмана треба констатовати стање и оштећења предмета и на основу тога утврдити такав поступак који ће сачувати интегритет предмета, значајне податке и његову микроструктуру. Некада корозиони слој садржи важне податке па мора бити

стабилисан и сачуван. Само у случајевима када је површинска корозија нестабилна, или сакрива значајне податке у доњим слојевима, треба је уклонити.

Поред знања, искуства и вештине потребна је и бескрајна стрпљивост.

Никада не треба журити у конзервацији.

Конзерваторска документација је изузетно важна и као извор података о почетном стању предмета и конзерваторским поступцима који ће бити драгоцени приликом потенцијалне реконзервације. Нарочито је важна фотодокументација свих фаза конзервације која ће садржати све податке од почетног стања предмета, фаза у току конзервације, до коначног изгледа предмета који је спреман за излагање или смештај у депо.

## Основни конзерваторски поступци

Конзервација мора бити наставак археолошких ископавања, па је неопходно да руководилац пројекта пре почетка ископавања обезбеди средстава за конзервацију, надзор конзерватора над ископаним материјалом и приручну лабораторију у којој не треба обављати конзерваторски третман већ припрему материјала за транспорт до лабораторије у којој ће се конзервација обавити под најбољим могућим условима.

Понекад је налаз такав да би његово вађење из земље могло довести до значајних оштећења па се у том случају материјал заједно са земљом пакује и шаље у лабораторију на даљи рад.

На терену не треба уклањати патину са предмета јер је она заштитни слој од даље корозије у новонасталим условима, а може садржати податке због којих се патина мора стабилисати и сачувати а не уклонити.

Археолошка ископавања се не завршавају на терену већ се настављају у лабораторији где се могу током конзервације открити значајни подаци који нису били видљиви при откривању на терену. Само заједничким радом археолога и конзерватора може се доћи до комплетних и релевантних података о предметима и локалитету.

## Лабораторијска конзервација

По доласку у лабораторију приступа се конзервацији у следећим фазама :

1. Смештај пре конзервације
2. Увођење у књигу пријема и отварање конзерваторског картона
3. Макроскопски и микроскопски преглед предмета којим се одређује конзерваторски третман, са фотографисањем предмета пре започете конзервације, а по потреби и друге физичко-хемијске анализе.
4. Механичко чишћење до првобитне површине предмета, ако је могуће.
5. Уклањање хлоридних једињења и растворљивих соли, инхибиција и импрегнација. Ако је потребна рестаурација предмета она се обавља пре импрегнације. У току процеса конзервације фотографишу се сви значајнији детаљи који могу бити важни за датовање, детерминацију и будућу реконзервацију. Сви подаци о конзервацији и фотодокументација чине конзерваторски картон.
6. Смештај предмета на изложбени простор или депо уз редовну контролу промена и услова чувања.
7. Конзерваторски картони и књига пријема чине централну конзерваторску документацију која се трајно чува.

Смештај пре конзервације - је такав да предмет може бити чуван у непромењеном стању све до тренутка када ће се узети у конзерваторски третман. Сви метални предмети требају да се чувају у растворима инхибитора или других једињења, који ће спречити даљу корозију.

Увођење у књигу пријема (Табла 1) подразумева уношење основних података о налазишту, врсти материјала, датовању, власништву, датуму пријема и датуму изласка материјала из лабораторије.

Отварање конзерваторског картона (Табла 2) је детаљно уношење свих података о предмету, макроскопском и микроскопском и другим прегледима којим се одређује степен очуваности металног језгра, као и цео конзерваторски третман, са датумима кад су одређене фазе започете и завршене. Осим података, картону морају бити прикључене фотографије пре конзервације, у току конзервације и на крају конзерваторског поступка.

Макроскопски и микроскопски преглед су од изузетног значаја да би се утврдило тачно стање очуваности металног језгра, врста патина, постојање натписа или материјала друге врсте. Да би се добила што потпунија слика потребно је урадити рендгенски снимак предмета којим се могу добити детаљнији подаци о очуваности металног језгра присутности инкрустација од другог метала као и друге физичко-хемијске анализе. Сви ови подаци ће одредити тачан третман којим ће предмет бити најбоље

заштићен, са свим подацима релевантним за датовање и евентуалну реконзервацију.

Механичко чишћење После детаљног прегледа приступа се механичком чишћењу предмета до првобитне површине. Ово је веома деликатна фаза која захтева велико искуство и стрпљење. Користе се различите врсте алата за зубну протетику, као и алати који се могу по потреби направити и прилагодити одређеним врстама механичког чишћења. Корозиони производи могу садржати најразличитије податке и ако се непажљиво уклањају може доћи до непоправљиве штете. Патина се уклања са предмета ако предмет има сачувано метално језгро, не садржи неке важне податке о предмету, и ако је штетна и може изазвати даљу корозију под утицајем нове средине.

Уклањање хлоридних једињења и растворљивих соли спада у у групу најважнијих конзерваторских поступака којим се уклањају различита једињења из различитих метала која могу реаговати са воденом паром из ваздуха и довести до наставка корозије. Детаљи за сваки метал понаособ биће предмет наредних поглавља .

Смештај предмета на изложбени простор или депо спада у последњу фазу која не значи престанак бриге, надзора и контроле над предметом. На изложбеном простору предмети морају бити заштићени од промена температуре, релативне влажности и аерозагађења. Овакве услове могуће је обезбедити само централном климатизацијом која је веома скупа или климатизованим витринама где би се материјал груписао по врстама, пошто услови чувања нису исти за различите врсте материјала.

У депоима материјал се мора редовно прегледати барем једном годишње, где ће по уоченим променама конзерватор вршити одабир материјала за конзервацију, уз књигу за сваки депо у којој ће да се бележе датуми прегледа и уочене промене.

Централна конзерваторска документација је од изузетног значаја па се мора трајно чувати као драгоцен база података за будуће конзерваторе и археологе. Морају се чувати и оригинални картони и књига пријема, а да би се олакшао приступ подацима пожељно је све податке дигитализовати и унети у базу података лабораторије за конзервацију.

## Основни конзерваторски третмани

По стицању у конзерваторску лабораторију, предмет се уводи у књигу пријема, отвара се конзерваторски картон, фотографише пре конзервације и прегледа макроскопски и микроскопски. Ако је потребно ради се и рентгенски снимак и друге анализе.

Када се утврди степен очуваности металног језгра, ако је оно очувано и ако се патина неће чувати после механичког чишћења приступа се следећим поступцима:

1. Електрохемијском или галванском чишћењу
2. Електролитичкој редукацији -електролизи
3. Хемијском чишћењу

Електрохемијско чишћење - Ова техника се данас ређе користи. Састоји се од поступка да се предмет стави у прохромску посуду прекрије гранулама цинка или алуминијума и прелије 10 % раствором натријум хидроксида. Приликом растварања цинка или алуминијума у раствору натријум хидроксида ослобађа се насцентни водоник из молекула воде који су продрли у пукотине у корозији и притоме се и одваја корозија од површине метала, уз ослобађање топлоте. Поступак се мора понављати док се са површине метала не уклоне у потпуности сви корозиони продукти .

Мањи предмети се могу умотати у избушену алуминијумску фолију и потопити 10% раствор натријум хидроксида све док се фолија у потпуности не раствори. Поступак се понавља до потпуног чишћења предмета. Ова метода се може применити локално тојест само на делу предмета тако што ће раствор натријум хидроксида бити нанесен четком само на алуминијумску фолију.

Електролитичка редукација - електролиза - Ово је један од најефикаснијих начина чишћења предмета од метала. Састоји се од потапања предмета у 5% раствор натријум хидроксида (NaOH) који се налази у пластичној кади у којој су још и две прохромске аноде вазане за позитивни извор напајања једносмерне струје. Предмет се везује очишћеном бакарном жицом за катоду (обично од бакра или месинга) која је повезана са негативним извором напајања. Јачина струје и напон се контролишу амперметром и волтметром који су на исправљачу. Јачина струје треба да буде око 2 ампера по  $\text{дм}^2$ . Под дејством једносмерне струје ослобађа се насцентни водоник са површине предмета и тако се чисти од корозионих продуката. Повремено предмет се вади из раствора ради контроле и чисти металном четком под млазом текуће воде, а потом поново враћа у електролизу. Чишћење се обавља све док се предмет у потпуности не очисти. Највећа предност електролитичке редукације је у томе што се може контролисати интензитет реакције регулацијом напона и јачине струје (најчешће аутотрансформатором).

У електролизи се не смеју чистити позлаћени, посребрени и предмети са инкрустацијом јер би се уклонили слојеви позлате, посребрења и инкрустација. Свака када за електролизу мора бити само за једну врсту метала да не би дошло до таложења другог метала на површину предмета који се чисти. Осим натријум хидроксида могу се користити и други електролити у електролитичкој редукацији . Запаљиве гасове, водоник и кисеоник , који настају у процесу електролизе, одводимо системом вентилације да не би дошло до samozапалења или експлозије.

Хемијско чишћење - Ова метода се користи у случајевима када желимо селективно да уклонимо корозионе продукте, поготово ако су у питању објекти са посребрењем, позлатом или са слабије сачуваним



металним језгром. Користе се различите хемикалије и најчешће се предмети који су потопљени у растворе одговарајућих хемикалија искувавају или само држе у раствору ако су таквог стања да не би могли да издрже загревање.

Процес загревања у растворима има предност јер се предмети загревањем шире тако да хемикалије продиру и у пукотине па је чишћење ефикасније. Хемијским чишћењем корозија може бити потпуно или делимично уклоњена што је важно код предмета којима се патина чува. Најважније је уклонити хлоридна једињења која би, ако се не уклоне, касније у реакцији са воденом паром из ваздуха изазвала даљу корозију. Детаљни опис хемијског чишћења описашу у наредним поглављима за сваки метал понаособ.

Након хемијског или чишћења у електролизи приступа се хлоридном тесту којим се утврђује да ли је предмет очишћен од хлоридних једињења. Испитује се присуство хлоридних једињења у дестилованој води или раствору хемикалије у којој је предмет био потопљен. У чисту епрувету која је испрана дестилованом водом и осушена на ваздуху сипају се два запреминска дела раствора у коме је био предмет и један запремински део концентроване азотне киселине проанализа квалитета. У епрувету са потом капне 1-2 капи 5% раствора сребронитрата ( $\text{AgNO}_3$ ) у дестилованој води (раствор се чува у капалици од браон стакла) и прати се реакција. Ако се створи беличасто замућење у раствору су присутна хлоридна једињења и мора се наставити са даљим чишћењем. Ово се понавља све док раствор за хлоридни тест не остане потпуно бистар. Дата реакција је веома осетљива, реагује на присуство 1 јона хлора у 1000000 молекула воде. Уклањање хлоридних једињења може да буде веома дуг процес поготово код предмета који немају сачувано метално језгро, али се мора спровести до краја да би се обезбедила стабилност предмета у постконзервативном периоду.

По елиминацији хлорида приступа се уклањању растворљивих соли које би такође реаговале са воденом паром из ваздуха. Ово се ради искувавањем или држањем предмета у дестилованој води која на крају мора имати отпор од преко  $120000 \text{ } \Omega/\text{cm}^3$ . Не треба употребљавати дестиловану воду која се купује у продавницама пошто она најчешће има мању вредност отпора тако да је дестилатор неопходан у свакој лабораторији за конзервацију археолошких предмета. Искувавањем предмета у дестилованој води процес одстрањивања растворљивих соли се убрзава, али се ово ради само код предмета који то могу да издрже, у противном они се само држе потопљени у дестилованој води која се редовно мења. Контрола отпора врши се потапањем сонде кондуктометра у дестиловану воду у којој је предмет провео 24 часа и када отпор буде преко  $120000 \text{ } \Omega/\text{cm}^3$ , и не мења се, процес испирања је завршено.

Следећа фаза конзервације је сушење предмета. Различити метали као и хемијски поступци захтевају различите начине сушења предмета. Најчешће са сушење обавља у сушници на температури од  $50^\circ\text{C}$  у трајању од 48 часова. Поред овог начина предмети се могу сушити на ваздуху где се овај процес убрзава потапањем у чист етил алкохол који се меша у свим

размерама са водом која је заостала у предмету и као лако испарљив убрзава сушење. Начине сушења ћу дати посебно за сваки метал.

Након сушења, предмет се полира ако је уклоњена патина ротационом четком од исте врсте метала као што је предмет, а онда се ради инхибиција. Инхибиција означава заштиту предмета од корозије наношењем инхибитора пре импрегнације. Постоје различити инхибитори за различите метале, углавном се на различите начине наносе на површину предмета који се потом суши на ваздуху. Могу бити веома ефикасни чак и код предмета који су прешли потпуно у корозионе продукте. Наношење инхибитора у вакуму је посебно ефикасно јер тако доспева у све пукотине на предмету.

Импрегнација је последња фаза конзервације предмета. Најчешће се обавља у вакуму, а у Лабораторији за конзервацију археолошких предмета Народног музеја у Београду најчешће се користи Паралоид Б - 72 растворен у ксилолу. Предмет се потапа у посуду са 5% раствором Паралоида Б - 72 која се ставља у ексикатор и вакум пумпом се извлачи ваздух из предмета а потом се пумпа искључује и спољашњи ваздух под притиском утискује раствор у пукотине. По изједначавању спољњег и унутрашњег притиска предмета се вади из раствора и суши на ваздуху. По потреби концентрација Паралоида Б - 72 у ксилолу може бити већа (10-20%). Постоје и друге врсте средстава за импрегнацију (Bedakril 122 X) али се Паралоид Б - 72 показао као најбољи поготово обзиром на то да не жути са старењем премаза. Стари материјали као парафин су се показали као ненефикасни, температурно лабилни и опасни по здравље (парафинске паре се таложе у плућима и не могу бити острашене).

Лепљење и реконструкција - Археолошки предмети су често фрагментовани или им недостаје део па је неопходно да се после инхибиције залепе или да се уради реконструкција недостајућег дела, само у случају ако за реконструкцију постоје сви потребни елементи. Оба поступка морају бити реверзибилна, што значи да лепкови и материјали за реконструкцију могу лако да се уклоне и да при њиховом уклањању не дође до оштећења предмета. Лепљење и реконструкција се обављају пре импрегнације јер слој лака онемогућава добар контакт лепка са металом. Најчешће се користе епоксидне двокомпонентне смоле, најбоље аралдити (произвођач Ciba-Geigy) пошто су за њих тачно прописани услови коришћења и растварачи за њихово уклањање. Код реконструкције могу се користити двокомпонентне смоле којима се додају пигменти ради тонирања и изједначења боје са оригиналом, или течни метали код којих је пуниоц иста врста метала као и предмет, а и они се по потреби тонирају пигментима. Поред епоксидних смола користе се и двокомпонентна метилметакрилатна једињења као што је Техновит 4004 (произвођач Kulzer:) који се првобитно користио за конзервацију стакла али се због добрих својстава и брзог везивања почео да користи и у реконструкцији метала.

## Конзервација предмета од гвожђа и челика

Гвожђе је метал који се у периодном систему елемената налази на редном броју 26, атомска тежина је 55,8, специфична тежина 7,87, а тачка топљења  $1535^{\circ}\text{C}$ . У природи се не налази у елементарном стању осим у облику метеорског гвожђа легираног никлом. Човек је сигурно користио метеорско гвожђе, али се не може рећи да су најранији случајеви коришћења гвожђа пореклом од метеорског гвожђа. Хемијски знак за гвожђе је Fe.

Гвожђе се добија из својих руда, углавном оксида и карбоната, којих има и на површини земљине коре. Због високе тачке топљења његова екстракција захтева добре пећи које могу да достигну температуру редукције руде. Из ових разлога човек је релативно касно почео да користи гвожђе (средина другог миленијума пре наше ере). Гвожђе се из руда прво добијало такозваном директном методом из пећи које су ложене дрветом или ђумуром, уз појачано сагоревање природним или вештачким довођењем ваздуха ручним меховима. Са температурама око  $1200^{\circ}\text{C}$  било је могуће одвојити метално гвожђе од неметала руде, али се метал морао касније пречишћавати. Гвожђе легирано угљеником гради легуре које се зову карбиди, које се класификују на основу концентracије угљеника на челик и ливено гвожђе. Метал који садржи само до 0,002% угљеника зове се гвожђе.

Присуство угљеника значајно мења особине гвоздених легура, њихову тачку топљења, чврстоћу итд.

Гвожђе, специјално у античком периоду, садржу друге елементе као што су фосфор, силицијум, манган, сумпор итд. Од свих метала који су коришћени у античком периоду гвожђе је поседовало најбоље механичке особине али је веома подложно корозији. Чисто гвожђе је отпорније на корозију од оног које садржи угљеник. Важна особина гвожђа је да се може варити контактано ако се загреје до довољне температуре (бело усијање).

Гвожђе које се добија у високим пећима из оксидних руда је сирово гвожђе и садржи од 2 - 5% угљеника, а такође и силицијум, сумпор, фосфор и манган. Ако је проценат угљеника у легури гвожђа већи од 1,7% то је ливено гвожђе, ако је од 1,7- 0,2% онда је то челик а испод 0,2% је ковно гвожђе. Процент угљеника у легури гвожђа јако мења њена својства. (Слике од 1 до 15)

Међу археолошким налазима на терену предмети од гвожђа су веома чести али су због својстава метала веома подложни корозији тако да је њихова конзервација обично веома компликована. Због промене услова у којима се налазио предмет долази до убрзане корозије тако да предмети од гвожђа требају што пре да се узму у рад или сместе у такав раствор у којима ће бити спречена убрзана корозија.

Гвожђе у процесу корозије прелази прво у гетит  $\text{FeO}(\text{OH})$  или лимонит  $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})$ . Гетит је више кристалан од ова два, појављује се на предметима као влакнаста маса док је лимонит аморфан или крипстокристалан са апсорбованом или капиларном водом.

Магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ , црни оксид гвожђа, често се јавља на археолошким предметима нарочито у унутрашњости великих гвоздених предмета где преовлађују редукциони односи.

Од осталих корозионих продуката гвожђа најчешћи су сидерит  $\text{FeCO}_3$ , вивианит  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  и пирит  $\text{FeS}_2$ , мада се ретко помињу у археолошкој литератури. Једно од помињања је у Енглеској у вези заштитне улоге фосфата и таната на закопане металне предмете, где су откривени вивианит и оксидисани вивианит на једном римском ножу.

По доласку предмета од гвожђа у лабораторију после прегледа утврђује се степен сачуваности металног језгра, присуство орнамената у корозији или инкрустација од другог метала и на основу тога одређује конзерваторски поступак. Најбоље је урадити рентгенски снимак који ће дати тачну слику стања предмета. (Слике од 41 до 43)

Предмети са сачуваним металним језгром - Најбољи поступак је чишћење у електролизи ако нема орнамената у корозији или инкрустације. Прво се предмет механички чисти до првобитне површине а онда убацује у електролизу у којој је електролит 5% раствор натријум хидроксида. У току чишћења, више пута се површина предмета чисти челичном четком под млазом текуће воде. Када је са предмета у потпуности отклоњена корозија прелази се на фазу искувавања у дестилованој води ради уклањања остатка електролита и растворљивих соли, уз контролу кондуктометром отпора дестиловане воде у којој је предмет провео 24 часа. Када опор воде буде већи од  $120000 \Omega/\text{cm}^3$ , прелази се на инхибицију у 1% раствору натријум бензоата ( $\text{C}_7\text{H}_5\text{NaO}_2$ ) у дестилованој води у који се предмет потапа. Овај поступак се понавља све до престанка стварања браон скраме на површини предмета и замућња раствора. По инхибицији предмет се испере дестилованом водом и остави да се суши на ваздуху 24 часа. Сушење у сушници се не примењује јер би дошло до повећања површинске корозије услед излагања повишеној температури. Након сушења приступа се полирању површине ротационом челичном четком да би се уклонила корозија која настаје при сушењу на ваздуху под дејством кисеоника.

Следећа је фаза фосфатизација, потапање предмета у 5% раствор фосфорне киселине ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) у трајању од 10 минута, након чега се предмет извади из раствора, обрише од вишка киселине и остави да се суши на ваздуху. Под дејством фосфорне киселине, на површини гвожђа ствара се слој гвожђе фосфата ( $\text{FePO}_4$ ), који штити предмет од утицаја атмосферске влаге и штетних материја. Евентуални беличасти слој на површини гвожђа по сушењу се уклања полирањем челичном ротационом четком.

Пре импрегнације гвожђе се може третирати 20% раствором танинске киселине ( $\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{46}$ ) у 1 литру дестиловане воде са додатком 150 милилитара етилалкохола. Овај раствор се наноси чвршћом четком утапкавањем на

површину метала. По третману предмет се суши на ваздуху 24 часа. Најбоље је користити танинску киселину од кестена, а рН вредност раствора треба да је између 2,5 - 3. Танински слој даје по сушењу површини предмета црну боју ако је нанесен на слој корозије гвожђа и веома је отпоран на атмосферске утицаје. Ако је рН вредност раствора већа од 3 додаје се фосфорна киселина док се не постигне жељена вредност. По сушењу предмет се премазује лаком за импрегнацију или импрегнира на други начин.

Импрегнација се обавља потањем предмета у посуду са 5 % раствором Паралоида Б -72 у ксилолу, која се ставља у ексикатор и процес се обавља у вакуму извлачењем ваздуха вакум пумпом. По импрегнацији предмет се суши на ваздуху.

Предмети са делимично сачуваним или без металног језгра - После снимања рентгеном и макроскопског и микроскопског прегледа прво се приступа механичком чишћењу до првобитне површине предмета тј. до слоја црног магнетита који у себи садржи највећи проценат гвожђа. У овој фази посебна пажња се обраћа, ако постоје, на трагове орнамента или инкрустације у корозији, што условљава степен уклањања корозионих продуката тако да се сачувају сви битни елементи предмета.

Следећа фаза је искувавање предмета у 5% раствору натријум хидроксида (NaOH) у дестилованој води ради уклањања хлоридних једињења из предмета. Искувавање се обавља у металним посудама уз посебну пажњу обзиром да се ради са растворима који су веома реактивни и на тачки кључања. Предмет се сме искувати само ако је његово стање такво да током искувавања неће доћи до фрагментације. Предмети који не могу да поднесу искувавање чисте се од хлоридних једињења потапањем у 5% раствор натријумхидроксида и честим мењањем раствора. Ови поступци се обављају дотле док хлоридни тест не покаже негативни резултат. По уклањању хлоридних једињења приступа се уклањању растворљивих соли искувавањем у дестилованој води, или само заменом дестиловане воде у случају фрагилних предмета уз контролу отпора дестиловане воде кондуктометром . Када вредност отпора буде преко  $120000 \Omega/\text{cm}^3$  предмет се оставља у 1% раствору натријум бензоата у дестилованој води ради инхибиције. По престанку замућења раствора предмет се испере дестилованом водом и суши на ваздуху 24 часа. По сушењу, предмет се премазује 20% раствором танинске киселине и по сушењу танинског слоја импрегнира 5% раствором Паралоида Б - 72 у ксилолу.

Овај поступак се примењује и код предмета који имају сачувано метално језгро ако у корозији која га прекрива сачуван орнамент или инкрустација од неког другог метала.

Поступак чишћења предмета који имају сачувано метално језгро само раствором фосфорне киселине се не препоручује пошто се њим не могу отклонити хлоридна једињења из предмета тако да без обзира на привид да је површина очишћена од корозије штетна једињења остају у металу и извор су нове корозије под дејством релативне влажности из ваздуха.

## Конзервација предмета од бакра и његових легура

Бакар је метал који се у периодном систему елемената налази на 29 месту. Хемијски знак за бакар је  $\text{Cu}$ , тачка топљења је  $1083^{\circ}\text{C}$ , специфичне тежине 8,9, атомске тежине 63,54. Чисти бакар се јавља у природи у малим количинама и таква врста је прво коришћена у прошлости. Чешће се јавља у облику оксида, сулфата или карбоната и добијање бакра из ових руда захтева различите методе пржења, топљења и пречишћавања. Пошто је веома пластичан, бакар брзо очврсне при механичкој обради, постане ломљив и мора се поново загревати пре поновног рада на њему. (Слике од 16 до 19)

Првобитно је човек користио бакар у чистом стању а онда је ради украшавања легиран са драгоценим металима, златом и сребром. Чисти бакар се тешко обликује али се његове механичке особине побољшавају додавањем арсеника или фосфора, што је откривено знатно касније. Мада арсеник и фосфор нису били познати у прошлости могуће је да су се користиле арсеничне и фосфорне руде.

Бакар је убрзо легиран са калајем и тако се добија бронза, а у легури са цинком даје месинг. У зависности од односа бакра и легираних метала постоје различите легуре.

Бронза и месинг су много коришћени у производњи нумизмата.

Бронза - Име бронза је дато одређеним легурама на бази бакра. Метал који је продукт легуре бакра и калаја понекад садржи и олово. Тачка топљења, механичке особине и боја легуре варирају у зависности од процента калаја у легури. Стари металурзи су веома добро знали како да прилагоде легуре својим потребама, мада су често исту бронзу претапали више пута тако да се основни однос метала у легури мењао. Најчешће је однос 90% бакра и 10% калаја и то је такозвана црвена бронза. Механичке особине бронзе у многоставно зависе од од механичког и термалног третмана који је коришћен у њиховој производњи. (Слике од 20 до 26)

Бронза се веома често користила у прошлости. Од 2. века наше ере олово је делимично или у потпуности заменило калај у легури дајући легуру лошијег квалитета.

Месинг - Легура бакра и цинка се зове месинг. Легура са 90% бакра и 10% цинка зове се црвени месинг, док легура са 60% бакра и 40% цинка је жути месинг. Цинк није био познат у металној форми у антици мада су одређене руде у мешавини са бакром или бакарним рудама давале цементацијом легуру месинга са 30% цинка. Мада постоје примери месинга из првог миленијума пре наше ере тек у Августовом периоду цинк се масовно јавља у нумизматима. Легура од која су израђивани нумизмати названа је орхаликум зато што је појави, боји и сјају подсећала на злато. Садржај цинка у орхаликуму је релативно висок у почетку, али касније полако се смањује до 2 века наше ере. Калај и понекад олово су такође

присутни у орхаликуму. И у каснијим периодима месинг се више користио од бронзе због његове боје и због лакшег обликовања.

(Слике од 29 и 30)

Данас је очигледно да су многи археолошки предмети направљени од месинга имитирајући бронзу. Наше знање о пореклу месинга и његовој употреби у антици је непотпуно због недостатка систематских анализа.

Постоји шест различитих врста месинга у зависности од односа бакра и калаја у легури. Тачка топљења легуре пада од  $1000^{\circ}\text{C}$  за легуру са 20% цинка до  $833^{\circ}\text{C}$  за легуру са 60% цинка. Антички месинг је имао тачку топљења сличну бакар-калајним бронзама.

### Корозиони продукти на бакру

Од свих метала који су се користили у прошлости бакар формира најинтересантнију групу минералних промена. (Слике од 27 до 28)

Оксиди - Вероватно најраспрострањенија промена на бакру и његовим легурама је куприт  $\text{CuO}_2$ , црвени оксид овог елемента. Обично је његов највећи део сакривен испод зелених базичних соли бакра и изгледа да је он интермедијални састојак код промене метала у базичну со. Куприт (који представља доњи слој) обично се открива када се механичким чишћењем уклоне горњи зелени слојеви оксидације. Код ливене бронзе куприт некад формира уздужне зелене границе или изгледа као да продире дубоко у метал. У неким случајевима куприт је фино зрнасте структуре и наранџасто жуте боје, али се чешће јавља у виду грубе кристалне масе у којој обилују перфектне кристалне кубичне форме.

Црни купрични оксиди, тенорит и мелакоцит, ретко се сусрећу, а ако су присутни они се обично превиде. Некада постоје производи црног изгледа између танких унутрашњих корозионих површина, али они никад нису у тој мери били изоловани да би омогућили да се са извесношћу учини њихова индентификација, чак и са рендгенским дифракционим методама.

Карбонати - Два базична карбоната бакра, малахтит и азурит, можда су најчешће промене на занатским производима од бакра.

Малахтит,  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \text{CO}_3$ , обично формира црно зелени компактни прекривач на површини бронзе, али чешће се виђа као разбацане заокружене масе. Некад се малахтит примећује на бронзи као деликатан влакнасти агрегат форме снопа.

Азурит,  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO})_2$ , сличан је по саставу малахтиту, његова боја се креће од светло до тамно плаве. Слично малахтиту он се некад јавља на предметима као компактан црно плави покривач, који се пружа често као фини кристални агрегати, разбацан између флека малахтита. Најчешће се види на унутрашњим површинама плитких судова где вероватно има мање влаге. Понекад је бронза потпуно трансформисана кристалима азурита. Предпоставља се да се малахтит и азурит формирају из контакта са сланом

водом или водом која у себи садржи растворен угљен диоксид. Куприт се некад примећује на прелазној зони између слоја карбоната и метала, али још није извесно да ли је формирање куприта битно за реакцију.

Калконатронит - Ова врста карбоната је углавном везана за налазе из Египта формула је  $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CO})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Ова патина је плавкасто зелене боје и има кредасту кору. Ово је нова врста минерала која се јавља на египатским бронзама пошто у појединим областима земља обилује алкалним карбонатима.

Хлориди - На предметима од бакра и бронзе, који су били у дуготрајном додиру са сланим земљиштем, зелена корозија представља обично мешавину хлорида бакра.

Атакамит,  $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ , добио је име по пустињи Атакама у Северном Чилеу, где је врло распрострањен на секундарној руди бакра. Пошто је натријум хлорид веома реактиван у односу на бакар и његове легуре често се дешава да су предмети од ових метала претворени у безобличне масе атакамита. Боја минерала се креће од смарагдне до црно зелене. На површини разних бронзаних предмета из Египта и Месопотамије атакамит се јавља као покривач шећерастог изгледа тамно зелених и светлих кристала који прекрива целу површину. Често се тамно зелени кристализовани атакамит претвара у светлије зелени прашкасти производ који је индентичан по хемијском саставу атакамиту али је другачије кристалне форме. Први минерал је исто тако чест као и други.

Нантоктит - Пажљиво посматрање делова бронзе који су прекривени атакамитом некад открива унутрашњи покривач супстанце плаво зелене боје, који личи на восак. То је заправо бакарни хлорид. Ово је бакар хлорид  $\text{CuCl}_2$ , који под дејством влажног ваздуха брзо оксидише у црвени бакар оксид и у светлозелени базни бакар хлорид (атакамит). Ова брза промена нантоктита може да се деси и на бронзи у музејима и тада се означава као "болест бронзе". Како се нантоктит не јавља на површини бронзе тешко га је фотографисати.

Боталактит -  $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ , је други базни минерал бакарног хлорида који је прво пронађен у руднику Боталак у Корнволу у Енглеској. Први га је описао 1865 године А. Х. Чрч (А. Н. Church) и типски примерак оставио у Британском музеју. Тек после сто година примећен је на бронзаној фигурици богиње Бастет из Фог музеја а потом на египатском бронзаном цензору из Валтерсове уметничке галерије из Балтимора. Вероватно се чешће јавља на старој бронзи него што се верује.

Сулфати - Светлозелени базни сулфат бакра који одговара минералу брокантит,  $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_3$ , ретко се јавља на предметима премда би могао да се очекује на бронзи која је изложена сумпорној води и атмосфери. Зелена боја на бакарним крововима и статуама од бронзе у великим градовима најчешће је базни бакар сулфат који је формиран из сумпорних једињења насталих сагоревањем горива.

Сулфиди - Не јављају се често на бакарним предметима, мада се могу очекивати на предметима који су били у контакту са сумпорном водом. На



римском новцу који је пронађен у Француској у изворима минералне воде констатовани су халкоцит  $\text{CuS}_2$ , халкопирит  $\text{CuFeS}_2$ , борнит  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$  и тетраедрит  $(\text{CuFe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ . Уколико би се црним корозионим продукtima посветила већа пажња вероватно би се повећао број новооткривених сулфидних једињења.

Нитрати - На бронзаним судовима из гроба на планини Гордион у Анадолији пронађени су зелени кристали који су дифракцијом рентгенских зрака дали резултат исти као за синтетичке основне бакар нитрате. Нажалост највећи део ових корозионих продуката је изгубљен због брзог и преурањеног чишћења предмета.

Племенита патина на бакру је комбинација карбонатних и хлоридних соли бакра, која је стабилна при релативној влажности од 40-60%. Чува се зато што штити површину предмета и предмету даје изглед старине.

Упркос обимним истраживањима која су већ обављена остало је још много да се научи о корозионим процесима и продукtima које стварају бакар и његове легуре. Досадашња истраживања су углавном више базирана на корозионе агенсе него на корозионе продукте.

Предмети са сачуваним металним језгром - Овакву врсту предмета најбоље чистити у електролизи али се пре тога мора утврдити да ли постоји посребрење или позлата. Ако постоји сумња да постоје такве превлаке најбоље је предмет искувати у 5% раствору мравље киселине ( $\text{HCOOH}$ ) која раствара само соли бакра тако да ће се по уклањању површинског слоја корозије утврдити да ли постоји превлака од другог метала и степен очуваности.

Ако нема превлака, предмет се потапа у електролизу у којој је електролит 5% раствор натријум хидроксида. Током чишћења у електролизи предмет се повремено вади из електролита и чисти фином месинганом четком под млазом текуће воде, потом се поново враћају у електролизу. Када се корозија у потпуности уклони предмет се очетка месинганом четком и искува неколико пута у 5% раствору Комплексона 3 ( $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) који се као измењивач јона користи да би убрзало уклањање (растворљивих соли). Након искувавања у Комплексону 3 предмет се искувава у дестилованој води уз контролу дестиловане воде у којој је предмет провео 24 часа. Када отпор дестиловане воде буде већи од  $120000 \Omega/\text{cm}^3$  предмет се суши у сушници на температури од  $50^\circ\text{C}$  у трајању од 48 часова. Након сушења приступа се полирању предмета ротационом месинганом четком. Инхибиција се врши у вакуму 3% раствором бензотриазола ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_3$ ) у етил алкохолу након чега се предмет суши на ваздуху. Бензотриазол је канцерогено једињење, током рада несмеју се удисати његове паре. Импрегнација се такође обавља у вакуму 5% раствором Паралоида Б-72 у ксилолу, предмет се по импрегнацији суши на ваздуху.

У случају да се приликом искувавања предмета у дестилованој води појаве тамно црвене до љубичастих флека на површини боље је предмете, после уклањања растворљивих соли, сушити на ваздуху јер би се тамњење површине сушењем у сушници још више појачало. Овај поступак се може

убрзати повременим потапањем предмета у етил алкохол који ће везивати воду из метала и убрзати њено уклањање из предмета. Овакав начин сушења траје дуже од 48 часова али ономогућава колорацију површине предмета.

Ако је предмет са сачуваним металним језгром, прекривен стабилном патином која је местимично нападнута хлоридима примењује се метод локалног уклањања корозионих продуката. Прво се механички очисте удубљења испуњена хлоридима а онда се третирају сребро оксидом ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) у спрашеном стању или раствором сребро оксида у етил алкохолу. Овим поступком се бакар хлорид трансформише у сребро хлорид . Поступак се понови неколико пута а онда се предмет смести у ексикатор изнад раствора натријум тиосулфата у дестилованој води на температури од  $20^\circ\text{C}$ . У ексикатору је релативна влажност око 78% Предмет остаје изложен повећаној релативној влажности у трајању од 24 часа. Ако у том временском периоду не дође до поновне појаве хлорида онда је процес локалног чишћења завршен. Предмет се потом суши на ваздуху и лакира 5% раствором Паралоида Б-72 у ксилолу. Након лакирања оштећења која су настала дејством хлорида могу се попити двокомпонентном епоксидном смолом којој се додаје пигмент да би се тонски изједначила са патином. Мада је сребро оксид скупо једињење, примењује се мала количина тако да је третман економичан а и веома је ефикасан пошто су обично довољна два третмана.

Предмети са делимично сачуваним или без металног језгра - Када се прегледом предмета утврди да је метално језгро делимично сачувано или га нема предмет се искувава у 5% раствору натријум хидроген карбоната ( $\text{NaHCO}_3$ ) у дестилованој води уз контролу присутности хлоридног јона у раствору, ако стање предмета допушта искувавање. Ако стање предмета не допушта искувавање, предмет се само држи у раствору који се мења, уз контролу присуства хлоридног јона. Пошто хлоридни тест покаже негативни резултат приступа се уклањању растворљивих соли искувавањем или држањем предмета у дестилованој води уз контролу кондуктометром отпора дестиловане воде у којој је предмет провео 24 часа све док вредност отпора не буде већа од  $120000 \Omega/\text{cm}^3$ . Сушење се обавља у сушници на  $50^\circ\text{C}$  у трајању од 48 сати. Након сушења врши се инхибиција у вакуму предмета у 3% раствору бензотриазола у етил ахохолу и суши на ваздуху. Ако се предмет само потапа у инхибитор потребно је да остане у раствору најмање 4 часа да би се створио заштитни филм. Импрегнација се ради у вакуму 5% раствором Паралоида Б - 72 у ксилолу, а онда се предмет суши на ваздуху. Ако је предмет ломљив инхибиција и импрегнација се обављају само потапањем у раствор без употребе вакума.

Код предмета који су потпуно прешли у корозионе продукте некад је немогуће извршити уклањање хлорида и растворљивих соли, па се предмет третира само ихибитором, а у најекстремнијим случајевима када се предмет може лако распасти при третману прво се импрегнира пататањем у раствор Паралоида Б-72, и то од 5% раствора ка већим концентрацијама док се непостигне задовољавајућа чврстоћа предмета. Бензотриазол може заштити

предмете који су комплетно прешли у корозионе продукте стварајући филм на површини који штити од даље корозије.

Код предмета са карбонатном патином који имају сачувано метално језгро патина се не уклања јер штити предмет па се конзервација обавља на истоветан начин као код предмета који имају делимично сачувано језгро или га немају, већ је прешло у корозионе продукте.

Предмети са посребрењем и позлатом - Код ових предмета примењује се хемијски третман да би се сачувала превлака од другог метала. Почиње се искувавањем у 5% раствору мравље киселине који је селективан пошто раствара само соли бабра. Следећи поступак је искувавање у 5% раствору амонијака ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) да се неутралише мравља киселина. Површина предмета са сачуваним металним језгром полира се четком од природне длаке. Ако по уклањању патине на површини превлаке од другог метала заостану површине од елементарног бабра, уклањају се потапањем у 5% раствор сумпорне киселине<sup>27</sup> ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) уз сталну контролу реакције. Предмет се потом потапа у дестиловану воду и врши се хлоридни тест да би се утврдило да ли су уклоњена хлоридна једињења. Ако се покаже да су хлоридни јони присутни понавља се претходни третман док хлоридни јони не буду уклоњени. Уклањање растворљивих соли је следећа фаза која се проводи искувавањем у дестилованој води уз контролу кондуктометром. Кад је отпор дестиловане воде већи од  $120000 \text{ } \Omega/\text{cm}^3$  приступа се сушењу на ваздуху уз повремено потапање предмета у концентровани етилакохл. Инхибиција се обавља у вакуму 3% раствором бензотриазола у етилакохолу а онда се предмет суши на ваздуху. Последња фаза је импрегнација у вакуму 5% раствором Паралоида Б-72 након чега се предмет суши на ваздуху.

Ако је превлака сребра и злата у лошем стању или ако је метално језгро делимично очувано користи се иста процедура, стим што се предмети не искувавају, површина предмета се не полира четком од природне длаке, а импрегнација и инхибиција се не обављају у вакуму. Конзервација оваквих предмета је веома проблематична и захтева велико искуство и стрпљење.

Предмети са превлаком од калаја - Код ових предмета који су углавном новијег датума чишћење се почиње потапањем предмета у 5% раствор сирћетне киселине ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) до уклањања корозије а потом се предмет потапа у 5% раствор Комплексона 3 да би се убрзало уклањање растворљивих соли. Предмет се затим потапа у дестиловану воду која се мења док отпор воде у којој је предмет био потопљен не буде преко  $120000 \text{ } \Omega/\text{cm}^3$ , а потом се суши на ваздуху. Последња фаза је импрегнација у 5% раствору Паралоида Б-72 у вакуму или премазивањем што је условљено величином и стањем предмета.

## Услови чувања археолошких предмета од метала

Ваздух се састоји од 1 дела кисеоника, 4 дела азота и малих количина угљен диоксида и ретких гасова. Са тачке штетности по музејске предмете важне компоненте ваздуха су кисеоник, водена пара, нечистоће различитог порекла и сумпор диоксид. На музејске предмете такође могу штетно деловати и водоник сулфид, озон, и органске нечистоће.

Највећи број хемијских промена на музејским предметима дешава се под утицајем кисеоника. Обично се ове реакције дешавају у присуству светлости, па се зато овакве промене називају фотооксидација. Пошто смештај у запечаћене посуде из којих је извучен кисеоник може изазвати друге негативне последице (растварање неких пигмената) прихваћено је да се фотооксидација контролише регулацијом осветљења.

Ваздух на температури од  $20^{\circ}\text{C}$  може садржати између 3 и 17 грама водене паре по кубном метру, што на примеру просторије од  $2000\text{ m}^3$  значи количину између 5 и 35 литара воде. Вода која је увек присутна у ваздуху, налази се и у музејским предметима поготово оним органског порекла. Метални предмети не садрже воду, али ако је релативна влажност ваздуха већа од 60% долази до кондезације влаге на површини предмета што убрзава корозију у комбинацији са аерозагађивачима који су депоновани на предметима. Релативна влажност на изложбеним просторима и у депоима мора бити између 40 - 60%, генерално је прихваћено 50% као оптимална вредност. За предмете од метала је најбоље да релативна влажност буде испод 30% пошто у тим условима нема корозије хлоридних једињења али је ову вредност тешко постићи код збирки са комбинованим материјалима. Релативна влажност преко 70% изазива појаву буђи на предметима која се веома лако преноси струјањем ваздуха. Температура ваздуха је диктирана потребама човека, тако да је прихваћено  $20^{\circ}\text{C}$ .

Сумпор диоксид и водоник сулфид су веома чести у градовима заједно са другим нечистоћама у ваздуху, изазивају корозионе промене на металу, тако да се морају уклонити из ваздуха у музеју. Примењује се систем филтрирања ваздуха који може бити електростатички или са активним угљем. Електростатички је веома ефикасан али ствара мале количине озона и азот оксида па се не препоручују за музеје у чијим збиркама су предмети од органских материјала. Најбоља је комбинација централне климатизације простора са филтрацијом ваздуха активним угљем. Филтрација ваздуха која ће одстранити 95% штетних материја из ваздуха сматра се задовољавајућом.

Предмете од сребра по конзервацији је најбоље чувати у депоима запаковане у текстилној амбалажи која упија водоник сулфид јер ће тиме бити боље заштићени од дејства сулфидних једињења из ваздуха којих има и у музејима и са најсавременијим клима уређајима.

## Архивска и библиотечка грађа - папир

Целулоза је основна сировина за индустриску произведењу папира. Папир произведен ручно се разликује по саставу и начину производње од индустриског.

Главни извор целулозних влакана су разне врсте дрвета и једногодишњих биљака. Кад је дрво у питању користи се четинарско, листопадно и тропско дрвеће, при черму је за добијање целулозе најпогоднија смрека. Осим целулозе у састав папира улазе и пуниоци и лепкови.

Спољашњи узроци оштећења папира према природи се деле на: физичке, хемиске и биолошке.

У пракси је то увек комбинација ових фактора, који удружени један другом појачавају дејство.

Обично прво физички агенс као што је светлост делује на папир мењајући му структуру, што изазива хемиске промене. Даље повећањем влажности долази до развоја микро организама која узрокују биолошка оштећења.

Релативно сложени механизми оштећења папира могу једноставно да се објасне ако се прате узрочници оштећења и њихово дејство на папир.

### Светлост

је електро магнетно зрачење широког спектра. За папир је најштетнији ултраљубичасти део спектра. Зраци таласних дужина нижих од 340 нм цепају везе у молекулу целулозе. Процес оштећења целулозе светлошћу зове се фотооксидација.

Којом ће се брзином одвијати фотооксидација зависи од општег стања, односно од осталих оштећења папира. Јачина и састав светлости, дужина излагања њеном дејству, температура и влажност, присуство кисеонике и други фактори. Присутством кисеоника се повећавају оксидационе способности а присутна вода реагује стварајући водоник пероксид (врло јак оксиданс).

Дејство светлости на папир се манифестује променом боје (папир жути, бледи), док се усред структуралних оштећења смањује степен полимеризације, што утиче на погоршање физичких особина. Последице су да се папир крхки, цепа постаје крхки и на крају распада.

Препоручене вредности укупне годишње изложености једног музејског предмета светлости:

најосетљивији матерјали могу да се осветле са мање од 100 000 лух/х годишње, најаче осветљење мора бити у распону 50-100 лух

средње осетљиви матерјали могу да се осветле мање од 200 000 лух/х годишње, најаче осветљење мора бити у распону 100-200 лух

на светло постојани матерјали могу да се осветле са мање од 450 000лух/х годишње, најаче осветљење може бити 200 и више луха.

## Влага

У папиру омогућава јонизацију киселина, база и соли, омогућава оксидацију или хидролизу разних једињења и растварање хемиских супстанци.

У изузетним случајевима: (поплаве, пуцање цеви, незгода у транспорту....) вода директно уништава папир.

Много је важнија вода која се у облику паре налази у ваздуху. На одређеној температури ваздух може садржати водену пару. Повећањем концентрације изнад максималне количине водена пара се кондензује. Та тачка се зове тачка росе.

Релативна влажност ваздуха је однос количине водене паре која се у том тренутку налази у ваздуху и максималне количине када је ваздух засићен воденом паром помножен са 100, зове се **РЕЛАТИВНА ВЛАЖНОСТ**.

$$\text{Релативна влажност ваздуха} = \frac{\text{Количина водене паре на одређеној температури у г/м}^3}{\text{Количина засићене водене паре на истој температури у г/м}^3} \times 100$$

## Прашина

у архивама и библиотекама су честа појава. За честице прашине се везују сумпор диоксид и водоник сулфат из ваздуха који у комбинацији са влагом изазивају озбиљна оштећења папира.

Кад продре између влакна целулозе прашина делује абразивно скраћујући влакна целулозе чиме се слаби механичка отпорност папира.

У градским срединама у ваздуху постоји читав низ гасова различитог порекла. Те гасове у комбинацији са прашином називамо атмосферским загађивачима.

## Температура

је величина чијим мерењам добијамо слику о топлотном стању тела. Повећање температуре у једном телу значи већу кинетичку енергију његових молекула. Последице могу да буду различите, на пример промена агрегатног стања или промена запремине тела. Учестале експанзије и контракције доводе до пуцања матерјала.

Са порастом температуре повећава се и брзина хемиских реакција. Утврђено је да се повећањем температуре за сваких 10 стапени убрзава реакција 2-3 пута.

Штетно дејство повећане температуре на папир огледа се у промени боје (жутило), повећаној кртости и променом димензија.

Осим наведених у штетна дејстава треба споменути и гљивице, бактерије, инсекте, глодаре, човека, опасност од пожара,.....!

### Услови чувања

Кожа, крзно, пергамент, препариране птице и животиње, фото и видео материјал.

Експонати се пакују у вакумиране посуде или кесе које се чувају у посебним коморама или замрзивачима. Температура мора бити стабилна и у зависности од материјала креће се од +4 до -20 степени целзијуса.

Ако су вредности релативне влажности преко 70% стварају се услови за развој микроорганизама, гљивица, плесњи, убрзану корозију метала.

Последице су: бубрење органских материјала, миграцију соли, промене структуре и димензија материјала.

Релативна влажност испод 40% изазива крхкост органског материјала, промену димензија, попуштање везива и лепкова, миграцију соли.

Променљиви услови су текође врло неповољни за експонате, проузрокују промене димензија, попуштање везива и лепкова, миграцију соли, велика је опасност од кондензације.

Једини материјали који могу подносити промену релативне влажност су: керамика, стабилно стакло, злато, сребро и камен.

	<b>% RV</b>	<b>°C</b>	<b>осветљење</b>
<b>Археолошки предмети</b>	40-60%RV	16-18°C	
<b>Керамика</b>	40-60 %RV	16-18 °C	200 lux и више
<b>Стакло</b>	40-50 % RV	16-18 °C	50-100 lux
<b>Кост</b>	50-60 %RV	16-18 °C	100-200 lux
<b>Дрво</b>	50-60 %RV	16-18 °C	100-200 lux
<b>Папир</b>	30-55 %RV	18-20 °C	50 lux
<b>Тканина</b>	30-50 %RV	18 °C	50-100 lux
<b>Слике на платну</b>	40-55 %RH	16-18 °C	150 lux
<b>Кожа</b>	45-60 %RH	18 °C	
<b>Пластика, бакелит, гума, композит</b>	50 %RH	16-18 °C	
<b>Фото, филмски и видео материјал</b>	25-35 %RH	+4-20 °C	

## Дрво

Природан материјал сложене структуре и комплексних особина. Разликује се по врстама, поднебљу где се узгаја као и начину како се користи.

Структура дрвета се састоји од уздужних спроводних снопића којима се транспортују сокови од корена до листова. Ови снопићи зависно од врсте дрвета могу бити различитих димензија облика и густине.

Некад је постојало правило о сечи дрвећа, која се обављала у периоду мировања вегетације, од 15 јануара до 15 фебруара. У овом периоду у спроводним снопићима не постоје хранљиви сокови. Дрво које је сечено у овом периоду има много мање шансе да га нападне црвоточина.

Основна подела је на четинарско и листопадно дрвеће, а листопадно се може поделити на меко и тврдо односно брзо и споро растуће. Од врсте и особина зависи примена дрвене грађе.

Пре употребе дрво се природно или вештачки суши до одговарајућег процента влажности зависно од намене. За тврде врсте које се суше природним путем правило је да за сваки сантиметар дебљине потребно годину дана.

Штеточине које нападају дрво могу се поделити на :ксилофагне микро организме( изазивају трулеж дрвета и ксилофагне животиње( стварају црвоточину).

На нашем поднебљу ретко се срећу термити, па ћемо их само поменути.

Гљиве се појављују само ако је влажност дрвета већа од 30%, при мањој влажности дрво је безбедно

Најраспрострањенија црвоточина код нас је *Anobijum punktatum*, *Likus bruneneus* и *Hilotrupes bajulis*. Свака површинска заштита је извесно време и заштита од црвоточине. Дрво заражено црвоточином се мора третирати чим се појаве рупице на дрвету из којих испада ситна прашина светле боје. Експонат је неопходно изоловати од осталих дрвених предмета и зависно од облика и величине применити одговарајуће мере. Дрво се може третирати отровним гасом у коморама или посебним сандуцима у трајању од најмање 15 дана. Фумигацију могу изводити само овлашћене фирме са обученим људима уз све мере заштите.

Након третмана дрво је излечено од црвоточине али не и заштићено, после извесног времена могуће је да се са неког другог зараженог експоната од дрвета поново пренесе. Хемиске инсектициде-линдани, перметрини и пиретрини, можемо примењивати куративно и превентивно.

До сада уобичајен и широко распрострањен начин третирања црвоточине је хемикалијама које је било могуће купити у фарбарским радњама. Комерцијални називи ових препарата су били Ксилолин, Жижолин.....Овим хемикалијама су се премазивали сви дрвени делови експоната без обзира где је црвоточина. Премазивање је могуће четком, ваљком, прскање је могуће али није препоручљиво због мера заштите, већина ових средстава има основу у индустрији бојних отрова.



Уколико је потребан прецизнији рад, средство се може и убризгавати у постојеће рупице од црвоточине медицинским шприцом са иглом.

Према прописима Европске уније употреба ових средстава је забрањена и јако тешко се могу наћи у продаји. Углавном се продају под другим називима и као средства за инпрегнацију дрвета..

Средство за третирање дрвета је могуће и направити кувањем храстовог жира или кувањем есенције, соли и ..( рецепт Дероко).

Након третирања црвоточине пожељно је површинске рупице затворити, восковима, гитом, лаковима у зависности од стања и претходних третмана дрвета.

Влага се сматра највећим узрочником пропадања органских материјала , посебно дрвета. Дрво у свом саставу садржи од 12-20% влаге.Ако се континуирано јављају промене релативне влажности и температуре депоа или галерије у којој се чува експонат, долази до промена габарита , ако је дрво старо и не еластично долази до замора и пуцања.Промена температуре изазива хемиску реакцију у целулози дрвета, оно најпре губи боју, еластичност и постаје подложно пуцању.Са сваким повећањем температуре за 10 степени започете хемиске реакције се удвостручују

Интензивна светлост делује вишеструко на дрво, његова топлина исушује дрвену масу па се појављују пукотине и деформације, део спектра изазива хемиску реакцију која разлаже целулозу и поспешује оксидацију.

Хемиске узроке оштећења дрвета узрокују : атмосферски кисеоник, сумпор диоксид, киселе и алкалне соли.

Реакције дрвених предмета на климатске промене и утицај средине зависе од врста дрвета, његовој тврдоћи, димензија, техници заштите.....

Дрво се најбрже распада у топлој ,влажној и не проветреној средини.

## Текстил

Због свог органског порекла и склоности брзом пропадању, проблем чувања, конзервације, излагања и презентације културне баштине текстилних артефаката је велики

Превентивна конзервација почиње већ приликом пријема и складиштења, где велику пажњу треба посветити начину слагања, замотавања и врсти папира који се при томе користе. До сада се користио безкиселински бапир, у задње времесе музеји почели са употребом производа од полуетилена.

При руковања текстилом, као и за већину експоната обавезна је употреба рукавица да се не би преносила са руку масноће, нечистоће и зној. Крхки матерјали се подупиру вишеструком газом, или разупињу ексерима или чиодама о чијим антикорозивним карактеристикама је потребно повести рачуна.

За чување текстилних збирки препоручују се суви простори, влажност и неадекватна температура изазивају деформације као што су бубрење и скупљање влакана, убрзано старење, губитак пигмента и на крају разлагање хемиског састава влакана.

Неадекватна температура и превелика влага ствара услове за развој микроорганизама и плесни.

Прашина и друге нечистоће из ваздуха који се скупљају на површини текстила променом температуре, током процесаскупљања и ширења продиру дубље у унутрашњост влакана.

Пре складиштења текстила као мера превентивне конзервације обавезно је скидање свих металних дугмади, рајфешлиса и украса који су осетљиви на оксидацију. Ови предмети се одвојено складиште.

Важно је и текстил сачувати од светлости, јер она делује деструктивно и разграђује влакна и боју.

Светлост природна и вештачка садржи невидљиве краткоталасне делове УВ спектра и инфрацрвеног зрачења који изазивају трајне хемиске и физичке промене које доводе до ибаног старења, убрзава деструкцију и разградњу влакана, старења и губитак боја.

Приликом одабира локације у којој ће се чувати текстилни експонати, треба водити рачуна да то не буде у урбаној средини са пуно загађења, ауто гасова, дима... Прозори морају бити добро задихтовани са шалонима, завесама или нечим сличним што спречава директан улазак светла.

На прозорима морају постојати мреже са инсекте. Мољци и друге бубе које се хране текстилом или га користе за гнезда за врло кратко време могу уништити дугогодишњи труд.

Против мишева и других глодара морају бити предузете све могуће мере које су на располагању. По ћошковима депоа у којима се чува текстил постављају се «коктели» мамаца са отровом за различите величине глодара. Осим мамца пожељно је инсталирање уређаја за електронско

ултразвучно расатеривање глодара и инсеката, само треба водити рачуна да је депо удаљен од канцеларија.

## Документација

Најважнији сектор у раду сваког музеја. Свака активност у музеју мора бити пропраћена одговарајућим протоколом и документацијом.

Значај документације најбоље можемо сагледати на примеру из Првог светског рата, из београдских музеја Аустро-Угарске окупационе власти су поплљачкали велику количину експоната који после рата нису могле бити враћене, јер није постојала одговарајућа документација.

Препорука је да се ради двојна документација која се чува на различитим локацијама, тако да податци буду максимално заштићени у случају : елементарних непогода, ратова, крађа.....

Основни документ је Улазна књига у коју попуњава кустос који је задужен за документацију. Књиге се попуњавају читко, мастилом, и налази се у документацији, доступна је свим кустосима који воде збирке. Сваки експонат добија број у Улазној књизи.

Сваки кустос који води збирку води Инвентарну књигу, по збиркама, књига се налази код њега, или у документацији, попуњава се на основу података из Улазне књиге и стања експоната.

Поред књиге кустоси за свеки експонат воде картоне који се воде под бројем који означава збирку, и инвентарски број експоната у збирци. Обрађени експонати на картонима морају имати број улазне књиге, инвентарски број, фотографију, основне податке, димензије, тежина...

Опис и историјат предмета су рубрике које се је могуће стално допуњавати, како се продубљују нивои проучавања предмета.

Кустоски картон садржи и информацију о конзерваторско рестаураторским мерама које се примењују на експонату.

Конзерваторски картон, попуњава конзерватор, са комплетним што детаљнијим описом захвата и матерјала који су примењивани током поступака. Уз картон у прилогу се налазе фотографије појединих фаза значајних за будуће рестаурације. Конзерваторски картони се налазе код конзерватора.

Пре рестаурације експонат мора бити потпуно обрађен у инвентарној књизи и кустоском картону и потпуно истражен. Ово важи и за излагање и публиковање експоната.

Процес рестаурације или конзервације почиње кад се уочи промена на експонату која захтева хитну интервенцију или на предлог кустоса. Кустос је дужан да сарађује у току поступка и да се око битних ствари консултује са извођачем радова.

Конзерваторски картон је важно што детаљније попунити, са описом свих поступака и применом матерјала, ово је важно због проблема који могу евентуално настати због примене неадекватних или недовољно испитаних матерјала. Сви поступци и матерјали морају бити реверзибилни, односно

мора постојати могућност да се експонат врати у првобитно стање уколико грешком дође до примене лошег матерјала или буде грешка у поступцима. Уколико је то могуће примењују се само П.А.(pro analyze) матерјали којима је гарантован састав .Код свих матерјала из петрохемиске индустрије којма није гарантован састав може доћи до проблема.

Јако је важно пре почетка радова имати тачну информацију о хемиском саставу матерјала који се третира. Потврда лабораторије која је извршила анализу се прилаже уз конзерваторски картон.