

Izum za globalni prenos znanja

Kitajci so skoraj tisočletje ohranili skrivnost izdelave papirja – V srednjem veku so stara oblačila reciklirali tako, da so jih predelali v papir – V 18. stoletju so papir izdelovali celo iz obvez, v katere so bile zavite egipčanske mumije

Tekst: **Smilja Štravs**

Legenda pravi, da so papir začeli izdelovati leta 106 na Kitajskem. Uradnik po imenu Tsai Lun naj bi na podlagi razodetja v vodi zmešal star tekstil, iz njega pridobil vlakna ter jih s sitom zajel v papirju podoben material. »Ne vemo, kdo je avtor te legende, vemo pa, da je papir obstajal vsaj 300 let prej, saj v Britanskem muzeju hranijo kose papirja, ki datirajo v leto 200 pr. n. št., medtem ko je v vseh učbenikih leto 106 še vedno zapisano kot leto rojstva papirja,« pojasni dr. Matija Strlič s Katedre za analizo kemijo Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo, vodilni strokovnjak s področja dediščinske znanosti v Evropi.

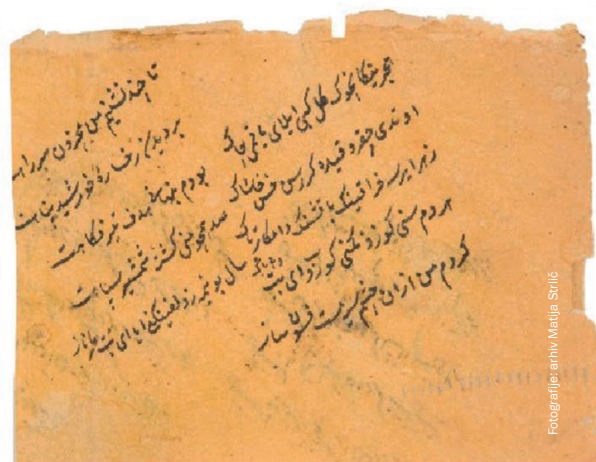
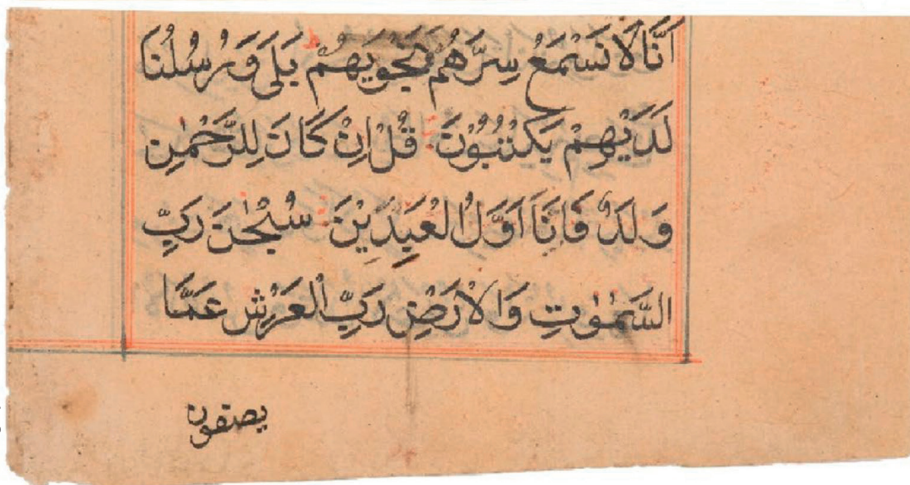
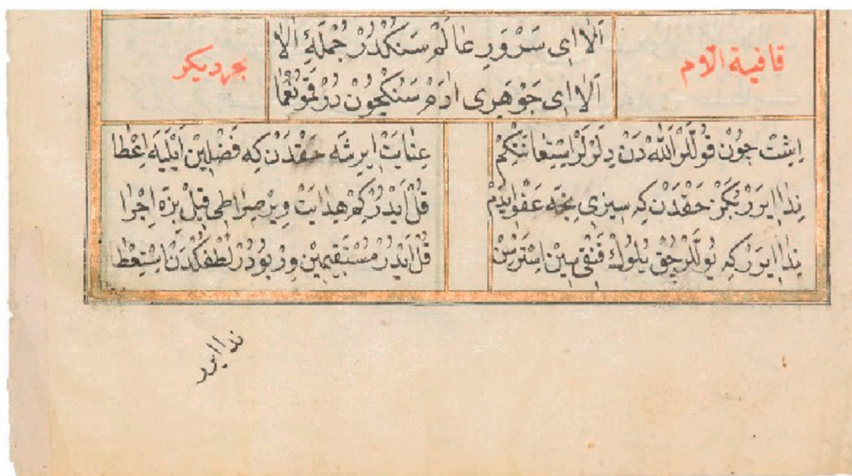
»Ni znano, kdaj natančno se je rodil papir, z gotovostjo pa lahko trdimo, da se je to zgodilo na Kitajskem in da je bila prva surovina za izdelovanje papirja odpadni tekstil,« pojasnjuje. Pred izumom papirja so za pisanje uporabljali različne podlage, na primer glino in kamen, vendar je bilo te težko prenašati in nemogoče kopirati. »Vse do izuma papirja zato ni prišlo do t. i. globalnega prenosa znanja.« Papir so najprej izdelovali iz ostankov starega tekstila in vlaken iz rastlin enoletnic, ki se odlikujejo po tem, da imajo zelo dolga vlakna in se v papirni kaši dobro prepletejo, papir, ki iz njih nastane, pa je zelo tanek in podoben tekstilu. »Ker takšnih rastlin na zahodu ne poznamo, tovrstnega papirja v Evropi ne moremo

■ Dr. Matija Strlič



Foto: Uroš Hočevar

Fragmenti različno obarvanih islamskih rokopisov



Fotografije: arhiv FKKT

Fotografije: arhiv Mujahe Strlič

narediti,« pojasnjuje Strlič in dodaja, da je razlika med kitajskim papirjem in tekstilom v tem, da so vlakna v papirju naključno prepletena in niso tkana v urejeno strukturo kot pri tekstilu.

Na Kitajskem so papir tipično klejili (impregnirali) s sluzjo rastlin, ki so jih gojili posebej za ta namen, sluz pa so dodajali neposredno v papirno kašo. »To je zelo poseben postopek, ki se ne uporablja nikjer drugje, niti v Srednji Aziji ne, in je še danes značilen za tradicionalno kitajsko papirništvo,« pripomni Strlič. Za klejenje se na Kitajskem poleg sluzi uporablja tudi škrob. Kitajski načini pridelave papirja pa so zaradi številnih lokalnih tradicij, ki niso zapisane, še danes velika neznanka. Poznamo tradicionalne kitajske papirje iz bambusa, ki so tanki, a zelo močni in zaradi velike vsebnosti lignina rjavo obarvani, papirje iz lubja murvovk, papir iz listov ter korenin strupenih mlečkovk in volčinovk itd.

Papir iz Xuana, ki ga tradicionalno pridelujejo iz vlaken lubja modrega sandalovca iz družine konopljevok, ki jih belijo na soncu, se danes zelo veliko uporablja za restavriranje, saj je tanek, močen in relativno stabilen; postopek so nedavno tudi patentirali. »Takšni papirji niso nikoli prišli v Evropo, kajti kitajske vrste papirja so za evropske načine uporabe zelo nenavadne; nanje je treba pisati z mehкими čopiči in ne s trdimi peresi, kot je običajno v Evropi,« nadaljuje.

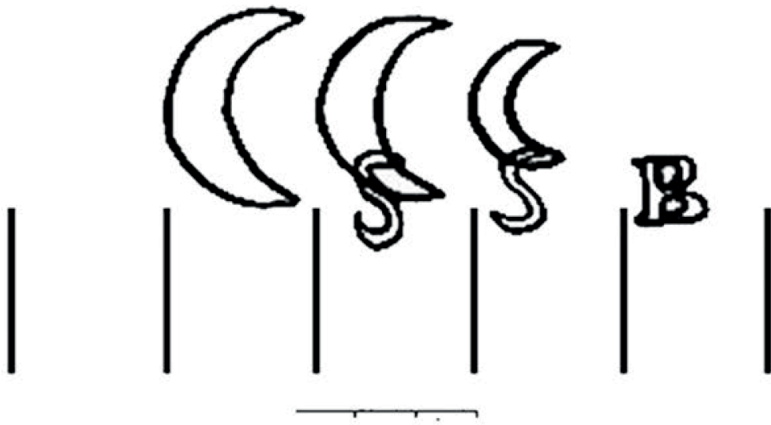
Tibetanska papirna baklava

Prakse pridelovanja papirja se po svetu še danes močno razlikujejo. V Tibetu denimo pridelujejo papir tako, da ga kaširajo, torej zlepijo tri do pet slojev papirja, narejenega iz lokalnih rastlinskih vlaken, pridobljenih iz korenin in lubja, s čimer dobijo mehansko obstojen, svojevrsten papir, ki ga dodatno preprijajo s škrobom, da postane debel in težek. Takšnega papirja ne najdete nikjer drugje.

Po tibetanski tradiciji so papirje za posebne namene premazali s temnim pigmentom, da so nanje pisali s črnili v različnih barvah; zelo značilna so bila denimo črnila, pridobljena iz zlatega ali srebrnega prahu, ki so jih uporabljali predvsem za zapise svetih tekstov. Raziskovanje izdelave tibetanskega papirja je zaradi nedostopnosti dežele danes zelo oteženo pa tudi arhivov takega papirja je vedno manj.

Tradicijo izdelovanja papirja lahko prepoznamo tudi po njegovem formatu. »V Tibetu najdemo značilen ležeč, podolgovat format, kajti tibetanske sutre so pravzaprav zloženi kupi listov papirja, ki jih bralci oziroma zapisovalci obračajo povsem drugače, kot smo navajeni v Evropi.«

Kitajci so stoletja zelo ljubosumno čuvali skrivnost izdelave papirja, tako da vse do sedmega stoletja zunaj Kitajske te večine niso poznali. V vojnah, ki so potekale med srednjeazijskimi kraljestvi in Kitajsko, je bilo za enega od strateških ciljev določeno prav zajetje



Papir, ki so ga za izvoz v Islamski svet proizvajali v Beneški republiki, pogosto prepoznamo po vodnem žigu, imenovanem *tre lune*, ki predstavlja tri polmesece.

rokodelcev, ki znajo izdelovati papir. V osmem stoletju je do tega končno prišlo in znanje o izdelovanju papirja se je v naslednjih 400 letih bliskovito razširilo vse od Samarkanda v današnjem Uzbekistanu do južne Španije.

Vendar je bilo treba tako v Srednji Aziji kot v Evropi izdelavo papirja zelo prilagoditi, saj rastline, ki so jih za papir pridelovali na Kitajskem, drugod niso uspevale. Namesto njih so uporabili konopljo in lan, rastlini, ki se obnašata precej drugače od kitajskih enoletnic, bambusa ali riževih vlaken; papir iz njih je bil debelejši, sita za zajemanje vlaken pa narejena iz kovine, zato je bil vzorec na spodnji strani papirja bolj enakomeren.

»Ročno narejen papir od industrijskega preprosto ločimo tako, da list papirja obrnemo proti svetlobi, pri čemer se pri ročnem papirju pokažejo značilne črte, v katerih je prepoznati oblika sita,« opozori Strlič.

Umetnost izdelave papirja

Islamski papirji so bili veliko bolj umetelno izdelani kot kitajski. Če jih pogledamo proti svetlobi, se svetijo, saj so jih zaradi estetike poleg osnovne impregnacije s škrobom še dodatno polirali, pove sogovornik. Za poliranje papirja so uporabljali t. i. arabski gumi, to je naravna smola, pridobljena iz dreves akacije, pa tudi jajčni beljak

IZDELAVA PAPIRJA

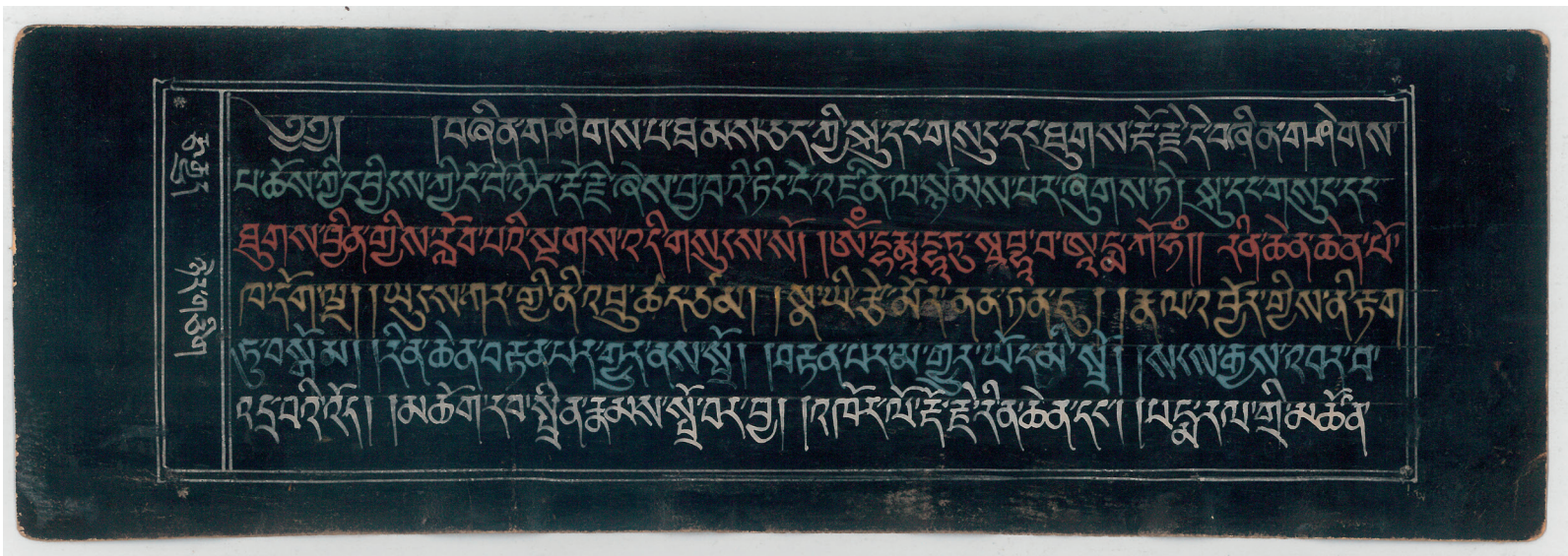
Papir naredimo tako, da surovino, na primer rastlinska stebela, najprej razvlaknimo z mletjem ali zbijanjem z lesenimi bati, ko so ta primerno zmleta, pa nastalo papirno kašno maso zajamemo s sitom v izbrani obliki. Surov papirni sloj nato prenesemo na sito, ga stisnemo, da se iz njega izcedi čim več vode, ter posušimo. Kuhanje papirne mase ni nujno, so pa v preteklosti star tekstil pogosto dolgo namakali, da je tako hitreje razpadel in so ga lažje predelali. Tako pridobljen surov papir še ni primeren za pisanje, pač pa ga je treba najprej impregnirati s hidrofobnimi snovmi v procesu t. i. klejenja.

in druga polirna sredstva. Surov papir so pogosto barvali z naravnimi barvili, ki so odganjala škodljive ličinke žuželk. Za razliko od kitajskih pa islamski rokopisi večinoma niso datirani, druga težava za raziskovalce pa je, da so pogosto na rob koranskih zapisov dodajali komentarje, ki so lahko sočasni s tekstom ali pa tudi ne.

V Egiptu so za pisanje uporabljali papirus, obstojen material, ki pa ga je težko pridelovati v velikih količinah, predvsem pa rastlina ne raste v osrednji Evropi. Tako se je kot pisna podlaga v začetku prvega tisočletja v Evropi razširil pergament, ki so ga izdelovali iz ostrganih, nestrojenih kozjih in ovčjih kož, ki so jih napeli na lesene okvirje in posušili. »To je krasna podlaga za pisanje, izjemno obstojna, ki lahko zdrži na tisoče let. V britanskem parlamentarnem arhivu se še danes zakone zapisuje na pergament in hrani v obliki svitkov,« pripomni Strlič. Težava je, če pride pergament v stik z vodo.

Industrijsko pridelan papir iz obdobja med letoma 1850 in 1970 je kemično tako nestabilen, da je pogosto mehansko povsem neobstojen.





■ **Tibetanska sutra s črniloma iz zlatega in srebrovega prahu**

Voda zaradi napetosti materiala razgradi njegovo strukturo, pergament izgubi obliko, postane prosojen in zapis na njem se izgubi.

Priljubljeno recikliranje v srednjem veku

Pergament je dovolj debel, da ga je mogoče reciklirati, kar imenujemo palimpsest. Palimpsest je rokopis, s katerega je bilo prvotno besedilo ostrgano z ostrim predmetom, tako da je bilo mogoče pergamentno podlago uporabiti za nov zapis. »Ker je bil to izjemno drag material, je bilo gospodarno, če se ga je ponovno uporabilo. Palimpsesti so bili v srednjem veku zelo popularni, kar je bil vzrok, da smo izgubili veliko zgodnjersrednjeveških rokopisov, denimo iz pozne antične Grčije. Eden izmed najbolj znanih je Arhimedov palimpsest, ki obstaja v obliki recikliranega zapisa kot srednjeveški

bogoslužni tekst, na katerem je raziskovalcem z različnimi metodami rentgenskega slikanja uspelo prebrati tudi prvotni zapis. Gre za zelo zanimiv problem s področja analize kemije, ki nam je omogočil vpogled v Arhimedovo matematiko,« pojasni dr. Strlič.

Do 12. stoletja so bila črnila v Evropi večinoma izdelana iz saj ali fino zmletega oglja. Za pisanje so uporabljali saje iz oljnih svetilk, pogosto pa tudi iz žganih živalskih in človeških kosti, iz kosti mumij itd. »Domišljija, kako pridelati črno barvo, je v bila v zgodovini neizmerena,« pripomni Strlič. »Sajam so dodali gumiarabikum, ki je deloval kot lepilo, da so se delci saj povezali s podlago.« Takšna črnila so bila »prilepljena« na površino in jih je bilo razmeroma lahko z nje tudi odstraniti. Zato so si morali predvsem za arhivsko pomembne zapise izmisliti drugačno črnilo, takšno, ki bi se bolje vpilo v podlago in bi bilo obstojno tudi na razmeroma nevpojnem materialu, kakršen je pergament. Rešitev je prišla v obliki železagalnega črnila, ki ga hitro prepoznamo že po barvi, saj ni povsem črno, kot je to značilno za črnila iz saj, pač pa je rjavkasto obarvano.

Tradicionalni tanek kitajski papir je primeren za pisanje z mehкими čopiči.

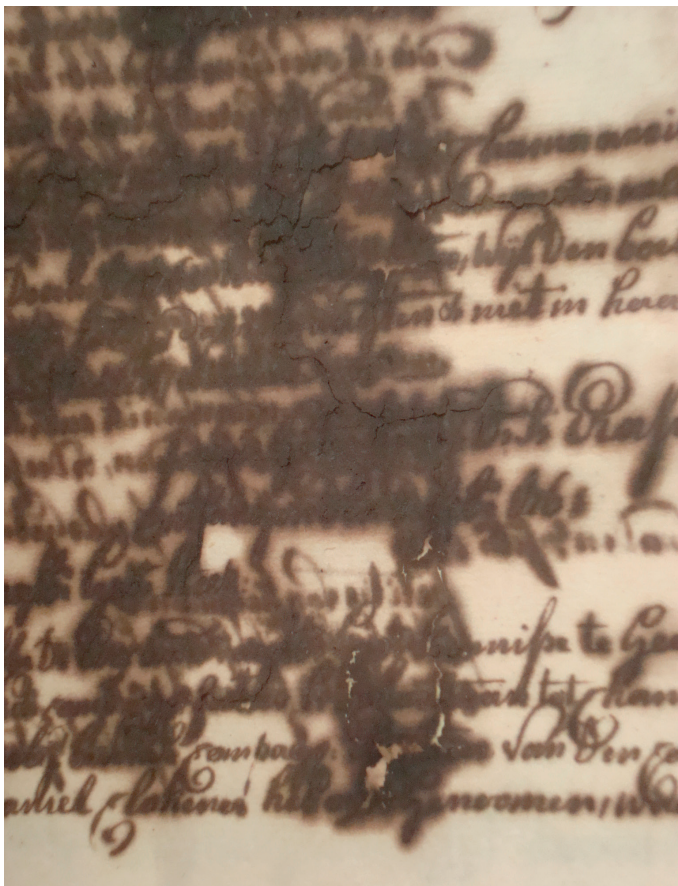


Luknje v pergamentu

Novo črnilo so delali iz vitriola, tj. pretežno železov sulfat, ter zmletih hrastovih šišk, ki so vir taninov. Reakcijo med železom in tanini so poznali že stari Grki, ki so raztopino uporabljali za barvanje tekstila, pa tudi za zapise na papirusu. Če so hoteli tekstil obarvati črno, je bilo najbolje, če so ga pomočili v raztopino železa in nato v raztopino tanina. »Težava pridobivanja železozgalega črnila pa je bila v tem, da ga je vsak pisec mešal po svoje; nekateri so vanj dodajali pivo, drugi vino, tretji so ga zalivali z urinom ali krvjo, vsak je imel svoj skrivni recept ..., to pa pomeni, da danes zelo težko razumemo kemizem takšnega črnila,« pojasni Strlič. Reakcija med železom in galno kislino privede do zelo temno modre barve, ki pa desetletja kasneje zaradi oksidacije postane temno rjava.

To črnilo je tudi zelo kislo, zato prodre v notranjost podlage, jo »natopi«, kar pomeni, da je zapis nemogoče izbrisati. »Za pomembne tekste in arhive so bila takšna črnila včasih celo predpisana. Trgovsko podjetje Nizozemska vzhodnoindijska družba je s tako predpisanim črnilom poskrbela, da so bili vsi njihovi interni arhivi neizbrisljivi,« pripomni sogovornik. Zataknilo pa se je v tem, da je železozgale črnilo zaradi svojega kemizma kemično neobstoječe. »Visoke koncentracije kislin prodirajo v notranjost podlage in jo zaradi hidrolize počasi prežrejo. Ostali so kilometri arhivov takšnih zapisov, pri katerih je črnilo povsem propadlo, v podlagi pa so

Zapisi z železozgalnim črnilom so pogosto tako razgrajeni, da jih ne moremo več varno brati. Sicer v boljšem stanju, a zapisani z enakim črnilom so rokopisi Ivana Cankarja in Franceta Prešerna.



ostale zgolj luknje. Če še ni povsem propadlo, pa ga hitro prepoznamo po tem, da se črnilo počasi začne kazati na nasprotni strani papirja ali pergamenta. Izum železozgalega črnila je sicer onemogočil proizvodnjo palimpsestov, pa drugi strani pa je konservatorjem-restavratorjem povzročil obilo težav, saj ga je izjemno težko stabilizirati,« doda sogovornik.

V papirju se pojavijo lisičji madeži

»V 12. stoletju začno tudi v Evropi izdelovati papir na islamski način. Zgodnji evropski papirji, prvi so bili izdelani v kraju Xativa v južni Španiji, so zelo podobni srednjeazijskim papirjem; v njih tudi lahko prepoznamo strukturo, narejeno s sitom,« pojasni Strlič. Znanje o izdelavi papirja se je iz Španije razširilo v okolico Firenc v današnji Italiji, kjer so kmalu začeli preizkušati nove postopke. Med drugim so izumili t. i. vodni žig, to je podpis izdelovalca papirja, ki se v obliki znaka, npr. grba, pripne na kovinsko sito, s katerim se zajema papirna kaša, in ta ostane v njegovi strukturi kot prepoznaven znak. »Evropski papir lahko zelo enostavno datiramo na podlagi vodnih žigov, saj so jih proizvajalci redno menjali,« razloži Strlič.

Poleg tega so toskanski izdelovalci namesto škroba začeli uporabljati želatino oz. živalski klej, s katerim so impregnirali papir. Škroba niso več dodajali v papirno maso, temveč so že posušen papir pomočili v raztopino želatine, da se je dalo nanj pisati. Vse od 13. stoletja so praktično ves evropski papir izdelovali prav na ta način. Surovino za papir so še naprej pridobivali iz starih krp iz konoplje in lanu, po odkritju Amerike pa tudi iz odpadnih bombažnih oblačil. »To je še eden od pokazateljev, kdaj je bil papir narejen,« doda Strlič.

V 17. stoletju so namesto ročnega mletja oziroma mehčanja vlaken prešli na mletje surovine v kovinskih mlinih, t. i. holenderjih, to ime so dobili po Holandiji, od koder so izvirali. »Naprava je v papirju puščala ostanke kovinskih ostružkov, ki jih prepoznamo kot madeže, ki so nastali zaradi oksidacije; v angleškem jeziku jim rečemo foxing oziroma po domače lisičji madeži,« pojasni sogovornik.

Starih krp ni več dovolj

Po izumu tiska je pritisk na proizvodnjo papirja močno narasel. V poznem 18. stoletju so papir že izdelovali iz zelo raznolikih surovin, 19. stoletje pa je prineslo industrijsko pridelavo. Izumili so način, kako papirne liste oblikovati na mehanski način namesto ročno; rešitev je prineslo vrtljivo kontinuirno sito, ki se v proizvodnji papirja uporablja še danes. Vlakna v takšnem papirju niso več naključno porazdeljena kot pri ročnem zajemanju vlaken, temveč sledijo smeri, v katero se je vrtelo sito. »Z industrijsko pridelavo papirja in tiskom je povpraševanje po starih cunjah, iz katerih so dotlej izdelovali papir, začelo močno preseirati njihovo ponudbo. Papir so poskusili izdelati tudi iz vlaken šote, slame in obvez, v katere so bile zavite egipčanske mumije in so jih takrat množično uvažali v Evropo.«

Okrog leta 1830 so v Nemčiji patentirali revolucionarno proizvodnjo papirnih vlaken iz lesa, iz katerega papir izdelujemo še danes. Lesna vlakna je bilo treba najprej primerno pripraviti, kajti v lesu je poleg celuloze, ki je za izdelavo papirja nujna, tudi približno polovica lignina, ki pa je za obstojnost papirja škodljiv. Papir z veliko vsebnostjo lignina hitro porumeni, papirna vlakna pa se ne zlepilajo dovolj učinkovito. Lignin je tako treba iz papirne kaše izločiti,

V vojnah, ki so potekale med srednjeazijskimi kraljestvi in Kitajsko, je bilo za enega od strateških ciljev določeno prav zajetje kitajskih rokodelcev, ki znajo izdelovati papir.



Rokopisi na pergamentu iz zbirke Nizozemskega narodnega arhiva

kar so najprej počeli v postopkih na podlagi klora ali sulfita. Papirna industrija je bila zaradi te prakse vse do osemdesetih let 20. stoletja velik porabnik vode, proces čiščenja s klorom pa močno škodljiv za okolje.

Z varčevanjem do neverjetno obstojnega papirja

Ker se je izkazalo, da je bilo veliko spojin, ki so nastale med postopkom beljenja s klorom, kancerogenih, so uporabo klora prepovedali, danes pa se za beljenje uporabljajo oksidativni postopki na podlagi ozona, kisika ali vodikovega peroksida. Omenjeno obdobje od konca 19. pa vse do prve polovice 20. stoletja nam je zaradi čezmerno kemično poškodovanih vlaken prineslo najslabši papir v

zgodovini človeštva, pove Strlič. Za piko na i pa so morali klejenje na podlagi želatine nadomestiti s klejenjem v masi na podlagi lesne smole. Da se je ta oborila na papirnih vlaknih, so papirni kaši dodajali galun, tj. kalijev aluminijev sulfat, ki v vodnih raztopinah reagira izrazito kislo. Nastal je kemično izjemno neobstojeen papir, kakršna je bila velika večina, izdelana v letih od 1850 do 1970.

Po letu 1970 zaradi strožje okoljske zakonodaje postopoma preidemo na sodobne načine pridelave papirja, ki so posredno zagotovili tako njegovo obstojnost kot tudi visoko kakovost, nadaljuje Strlič. Sodoben papir je narejen iz lesnih vlaken, ki so bila najprej obeljena s kisikom ali peroksidom, zaradi visoke cene vlaknin pa so začeli v papirno maso dodajati anorganske primesi, predvsem fino mleto kredo oziroma kalcijev karbonat. Ta poveča belino papirja, na srečo pa tudi njegovo obstojnost. »Sodoben papir vsebuje kar 20 odstotkov krede. Z varčevanjem pri celulozi smo nazadnje dobili papir, za katerega z modeli napovedujemo, da bo pri sobni temperaturi brez težav preživel naslednjih 10 do 20.000 let!«