

## ***Odstranjevanje sige z graverskimi svinčniki na komprimiran zrak***

*Na poslikavi na stenah prezbiterja cerkve Sv. Martina na Šilentaboru nad Zagorjem pri Pivki smo se soočili z izjemno debelim in trdovratnim pojavom zasigane površine poslikave in tudi z izločevanjem soli na površino<sup>1</sup>.*



*Prezbiterij pred začetkom letošnjih del*

*V prvem in drugem letu posega smo sigo in soli odstranjevali mehansko - s starimi klasičnimi električnimi engraverji, dleti in skalpeli – način, ki ga restavratorji še predobro poznamo. Ponekod je šlo, ponekod pa je v zadnji fazi odstranjevanja odpadala barvna plast. V glavnem nismo nikamor prišli – šlo je po polževo – kar restavratorji tudi še predobro poznamo. Ker sem se bal, da bo odstranjevanje dolgotrajno in rezultati nični, sem začel iskati najbolj ustrezno metodo odstranjevanja sige in soli, pri čemer sem še enkrat preizkusil vse možne doslej znane načine.*

*Letos spomladi sem tako v cerkvi preizkusil še nekatere, iz literature znane načine kemičnega mehčanja oz. ekstrakcije sige in soli. Poizkusili smo mešanico AB75<sup>2</sup>, mešanico, ki jo je*

---

<sup>1</sup> O problemih poškodb stene in poslikave zaradi vlage itd. ter posledično o problemu izločevanja soli na steni in njihovih pojavnih oblik glej Mora, Philippot »Conservation of Wall paintings«, ..., str. 165 - 216

*uporabil Rado Zoubek na posegu na freskah na ljubljanski stolnici<sup>3</sup> in celo tovarniške odstranjevalce kamna, kot je Cillit Bang, ki pa smo ga uporabili samo na nekaj večjih poškodbah – tam, kjer ni bilo ohranjene poslikave<sup>4</sup>. Poskusi niso dali zelenih rezultatov, zato sem na spletu začel iskati eventualne nove rešitve. Kaj bistveno novega nisem našel - razen že prej omenjenih novih prijemov, različic starega načina uporabe celuloznih oblog za ekstrakcijo soli iz stene<sup>5</sup>.*



*Vzhodna stena zgoraj med injektiranjem in odstranjevanjem zasiganih ometov in beležev ter soli. Istočasno smo tudi pozidavali večje razpoke in injektirali.*

*Ker si s kemijo nisem mogel kaj dosti pomagati, sem začel iskati ustrežnejši mehanski način odstranjevanja.*

*Že pred leti sem na terenu poskusil sigo odstranjevati z dentističnimi svedri (brusilci) in t. im. »minicrafti«, vendar je barvna plast ali odpadala ali jo je na koncu neenakomerno odbrusilo. Brusilci so rotacijski in je delo zelo težko kontrolirati. Poleg tega so se brusilne glave hitro zamazale. Ta način je torej odpadel.*

*Zato sem začel iskati zamenjavo za klasične električne engraverje, ki so se do sedaj pri odstranjevanju sige še najbolj izkazali. Iskal sem predvsem nekaj z višjim, vendar mehkejšim ritmom udarcev. Pri odstranjevanju sige z električnimi engraverji, dleti in kladivi*

---

<sup>2</sup> (voda, amonijev bikarbonat, sodabikarbonat, Desogen (Geigy), karboksi metil celuloza) - glej Mora, Philippot »Conservation of Wall paintings«, ..., str. 297, 452 - 344

<sup>3</sup> (arbocell 1000 ali arbocell 200, sepiolit, voda, eventualno amonijev karbonat ali amonijev bikarbonat) - glej ZVKDS, Restavratorski center, »Povzetek poteka restavratorskih del na poslikavi oboka glavne ladje v stolni cerkvi Sv. Nikolaja v Ljubljani v obdobju junij 2003/julij 2004«, Ljubljana, 28. julij 2004

<sup>4</sup> Za tovarniške odstranjevalce sicer velja, da so problematični zaradi vnašanja drugih soli. Ravno tako v strokovni literaturi odsvetujejo uporabo kislin, detergentov, kavstične sode, potaše in tovarniških proizvodov za katere ne poznamo točne sestave - glej Mora, Philippot »Conservation of Wall paintings«, ..., str. 297.

<sup>5</sup> Način z dodatkom amonijevega bikarbonata ali amonijevega karbonata bom sicer v nadaljevanju posega uporabil zaradi preostalih soli v steni, vendar šele po končanem mehanskem odstranjevanju sige in soli.

*ali s skalpeli je potrebno uporabiti precej močne udarce ali pritisk. Moč udarca oz. pritisk se prenaša na steno, ki pa je manj trdna od zasigane skorje, zato se pod skorjo omet drobi in lomi. Ko se sigo odstrani ali zelo stanjša, se v zadnji fazi dela, skupaj s sigo zlomi ali zdrobi tudi barvna plast ali še bolj pogosto, omet skupaj z barvno plastjo.*



*Vzhodna stena zgoraj med odstranjevanjem zasiganih ometov in beležev ter soli – vendar nekaj dni pozneje. Z injektiranjem smo še nadaljevali.*

*Poskusil sem tudi s električnim dletom za rezbarjenje, ki ga imam doma. Posamezni udarci so bili premočni in kontrola je bila težka - približno tako kot pri klasičnih električnih engraverjih<sup>6</sup>.*

*Z kamnoseškim oddelkom na RC-ju sem se dogovarjal, da bi na Šilentaboru poizkusil tudi njihov laser, vendar tega nisem mogel izpeljati, ker na cerkvi ni napeljane elektrike in bi skoki napetosti pri uporabi agregata laserju lahko škodovali. Hotel sem ga uporabiti le za tanjšanje plasti sige in odstranjevanje debelejših ometov ter soli na površini poslikave in v poškodbah, kjer ni poslikave, za kar bi bilo po moje možno določiti parametre<sup>7</sup>. Tehnologija napreduje in napovedujejo se tudi namenski laserji za odstranjevanje sige in soli na površini. Osebnostno se mi zdi najbolj obetaven razvoj laserja za graverje, vendar ta zaenkrat ni prenosen<sup>8</sup>. V razvoju so*

<sup>6</sup> Tako klasični električni engraverji, ki smo jih doslej uporabljali, kot električna dleta, delujejo na prekinjanje električnega toka. Engraverji na komprimiran zrak uporabljajo rotacijsko ploščico z odprtinami, ki jo vrti zrak pod pritiskom. Število in velikost odprtín narekujeta moč in število udarcev, več manjših odprtín - bolj nežno in več udarcev; manj večjih odprtín - močnejše in manj udarcev. Ta tehnologija omogoča neverjetne številke, do 60.000 udarcev na minuto.

<sup>7</sup> Pri uporabi laserja na freski so problemi predvsem v tem, da je izjemno težko določiti parametre, koliko globoko naj odstranjuje material oz. do katere barve naj gre. Če je površina pod beležem oz. sigo v več barvah ali, kar je še huje, če so barvni prehodi, je težko postaviti parametre. Ravno tako je težko določiti parametre, če je barva še skrita pod ometom oz. beležem. Pri monokromnih površinah kot je kamen ali umazanija na beli podlagi (recimo grafiti) mu parametre lahko določimo.

<sup>8</sup> Uporablja se v tiskarstvu, glej internet strani [.....](#)

tudi laserji, ki se jih lahko upravlja ročno, ne z nastavitvijo parametrov. Pot pa je še dolga in tudi cene laserjev so zaenkrat izjemno visoke.

Nato se mi je nekako najbolj obetavno zdelo preizkusiti ultrazvočna dentistična kladičca<sup>9</sup>, ki pa so se izkazala za prenežna. Poleg tega so zelo draga. Poleg ultrazvočnih kladičc za dentiste obstajajo tudi še ultrazvočna kladičca, ki jih uporabljajo v veterini – so močnejša, robustnejša in cenejša od dentističnih – vendar še vedno zelo draga<sup>10</sup>.

Kljub visoki ceni sem bil že na tem, da kupim vsaj eno ultrazvočno kladičco, vendar sem še naprej iskal zamenjavo zanje (po spletu na straneh za zobozdravstvo, v trgovinah za modelarstvo in hobi programe, ...) in končno našel v Ljubljani pri specializirani trgovini za delo s kompresijo Omega Air<sup>11</sup> podobne, vendar veliko cenejše svinčnike za graviranje<sup>12</sup> na komprimiran zrak, nemškega proizvajalca Pneutec<sup>13</sup>. Te smo kupili in izkazali so se za dobro, celo najboljše rešitev.



Orodje, ki se mi je zdelo najbolj uporabno za odstranjevanje sige, sem torej našel in začeli smo s posegom. Vendar ni vse teklo tako kot sem si zamislil. Na Šilentaboru v cerkvi Sv. Martina ni električne napeljave<sup>14</sup>. Za razsvetljavo in pogon kompresorja uporabljamo agregat, kar pa je s seboj prineslo nove težave<sup>15</sup>. Probleme smo končno rešili in šele nato sem lahko do

<sup>9</sup> Izdelava in popravila stomatoloških instrumentov in naprav (za ultrazvočna kladičca in ostali dentistični pribor): DETEL, Boštjan Podlipec s.p., Bevke 137, 1360 Vrhnika, Slovenija, tel.:+386-1-365-70-60, Fax.: +386-1-365-70-65, GSM: 041/787 199, e-mail: detel@siol.net

<sup>10</sup> Predračun za ultrazvočno kladičco za veterinarske namene, spojko in razdelilno postajo je znašal 250.000,00 SIT – za to vrednost sem kasneje kupil 4 graverje na komprimiran zrak, vso razpeljavo, spojke, razdelilno postajo in tudi kompresor.

<sup>11</sup> Prodajalec pnevmatičnih engraverjev (svinčnikov), cevi, sponk, kompresorjev...: OMEGA AIR, d.o.o., Cesta Dolomitskega odreda 10, 1000 Ljubljana, tel: 01 200 68 73, Fax: 01 200 68 50, e-mail: info@omega-air.si Pri Omega Air-u sem imel veliko pomoč pri Marku Dolencu, s katerim sva predelala vse detalje in nam je tudi servisiral nastavitve Y sponk in vse ostalo.

<sup>12</sup> Tip orodja UT 808A, delovni tlak 6,3 bara, zračni priključek ¼", 20.000 udarcev na minuto

<sup>13</sup> Proizvajalec pnevmatičnih engraverjev (svinčnikov): PNEUTEC, DRUCKLUFTWERKZEUGE, Georg-ohm-Strasse 7, 65232 Tannusstein-Neuhof, <http://www.pneutec.de>, e-mail: info@pneutec.de, tel.:+49 (6128) 4898-100, telefax:+49 (6128) 4898-150

<sup>14</sup> Na Šilentaboru že dve leti delam z agregatom. Letos sem se poskusil dogovoriti z občino Pivka in Elektro Primorska za začasno napeljavo elektrike. Ker je cerkev na samem in na grebenu, obstaja velika požarna ogroženost zaradi udarca strele, zato je možno potegniti električno napeljavo le po kablu pod zemljo, kar predstavlja zanje prevelik finančni strošek (več kot 2.000.000,00 SIT).

<sup>15</sup> Uporabil sem agregat z močjo 6 KW in kompresor, ki ga sicer uporabljajo na oddelku za kamen v našem zavodu. Sedaj vem, da je močan okoli 10 KW. Nisem računal, da je kompresor premočan in zato prevelik porabnik, prav tako sem bil prepričan, da je naveza agregat – kompresor na oddelku za kamen v našem zavodu preizkušena - vendar očitno ni bila, saj kompresorja agregatu ni uspelo niti pognati. V Pivki sem kupil kompresor z močjo 3KW. Preračunal sem porabo, ki naj bi se tehnično izšla – 7 reflektorjev (nekaj po 250W in nekaj po 500 W) naj bi porabilo do 2KW, kompresor 3,5 KW, pa še za radio in ventilatorje bi ostalo. Delovalo je - vendar z zapleti. Moč se je izgubljala na vtičnicah, nekaj moči se je dodatno izgubilo na razdelilni omarici. Poleg tega obstaja še, kot so mi razložili električarji Elektro Primorske (s katerimi smo sicer postali kaj dobri prijatelji, saj smo se spočetka terena videli tudi po dvakrat na teden), tudi induktivna napetost, ki tudi porabi svoje. Kadar sem zagnal kompresor je napetost zanihala in sem imel »light show«. Zaradi nihanja napetosti je pregorelo še nekaj žarnic na reflektorjih, zaradi obremenjenosti je šlo še stikalo za vklop agregata in ker se pač

konca preštudiral način dela - kompresor, razdelilno postajo, sponke, nastavitve olja, spuščanje kondenza iz kompresorja, spihovanje cevi zaradi olja in kondenza in same graverske svinčnike<sup>16</sup>. Sedaj (upam) vem vse.

**Kako sistem deluje:** Kompresor se priključi na agregat ali električno napeljavo in moč se nastavi na 6 barov. Nato se na kompresor priključi razdelilno postajo, kjer pa se zapre dodajanje olja<sup>17</sup>, tako da deluje samo lovilec kondenza. Tudi na razdelilni postaji se izhodno moč nastavi na 6 barov. Na razdelilno postajo se priključi sponka (»bajonet« sistem) za kompresijo, nanjo debelejša cev, na koncu te cevi priključimo razdelilno Y sponko (»bajonet« sistem), nanjo se pripneta dve ožji zaviti in krajši cevi<sup>18</sup>, na katere se pripneta dve razdelilni Y sponki (»bajonet« sistem), na te pa graverski svinčniki (štirje).

Hkrati smo torej lahko delali s štirimi svinčniki. Odvisno od moči kompresorja in agregata in razpeljave je možno seveda priključiti še več svinčnikov. Od moči kompresorja in števila svinčnikov so seveda odvisne tudi nastavitve izhodne moči – pritiska.

To je vse. Z graverskimi svinčniki je delo zelo olajšano, saj so nekajkrat lažji od električnih engraverjev, ki smo jih uporabljali doslej. Pri uporabi starih električnih engraverjev, ki so težji in nekateri tudi slabo zbalansirani, že po pol ure dela začnejo boleti zapestja zaradi teže in prenosa tresljajev aparata na roke. Zapestja bolijo tudi zaradi stalne uporabe moči in pritiska, ki je potreben pri uporabi skalpelov, kladiv in dlet.

Najbolj pomembna prednost tega načina dela je izjemna natančnost in kontrola odstranjevanja. Pri starih električnih engraverjih so udarci veliko močnejši in se steno, skupaj z barvno plastjo, hitro razbije. Pri graverskih svinčnikih so udarci veliko, veliko nežnejši in jih je veliko več. Seveda še vedno pride do tega, da se na zdrobljeni ali prhki površini freske barvna plast poškoduje, vendar lahko z uporabo graverskih svinčnikov delo veliko bolje opravimo in ohranimo več nepoškodovane poslikave.

Pri starem načinu dela (s skalpeli, dleti, električni engraverji) je bilo potrebno močno pritisniti ali udariti po dletu. Zaradi težke kontrole pritiska ali moči udarca je prihajalo do zarezovanja skozi sigo v barvno plast. Pri delu z svinčniki ni več zarezovanja. Ker uporabljamo svinčnike ni potrebno vsak dan brusiti skalpelov in dlet.

Dela se tudi dva do tri krat hitreje kot prej.

---

zgori zmeraj še kaj, ker ima hudič mlade, so mi dvakrat pregorele še žice v vezju. Cirkus. Za potrebe nemotenega dela sem zato pripeljal še en agregat z močjo 9 KW.

<sup>16</sup> Vsak dan je po koncu dela na dnu kompresorja in na razdelilni postaji potrebno spustiti kondenz. Na kompresorju je potrebno po prvih 150. urah menjati olje, pozneje se to lahko naredi bolj poredko. Na svinčnikih je potrebno vsaka dva tedna dodati kanček olja v cev – na priključno sponko. Imam tudi poseben nastavek za spihovanje vseh delov, s katerim enkrat na teden spiham vse dele, da odstranim ostanke olja in kondenza, ki se naberejo v razpeljavi. Z gumijasto cevjo na svinčniku (preko nje je svinčnik povezan na kompresijo) je potrebno biti pazljiv, saj je zelo občutljiva na vročino. Na eni sem slučajno (na agregatu) prežgal gumijasto cev na svinčniku in sem moral zato vstaviti premostitveno sponko.

<sup>17</sup> Po navodilu proizvajalca sem v razdelilno postajo dodajal olje, kar pa se je izkazalo za napačno, olje oz. kondenz z malo olja je zato prišlo v cevi in do svinčnikov in tako tudi na steno. Zato sem na Omega Air v Ljubljani vse cevi, navadne sponke, Y sponke in svinčnike temeljito spihal. Kupil sem tudi poseben nastavek za spihovanje, da lahko dele sam spiham, ko/če je potrebno.

<sup>18</sup> Zavite cevi, ki so sicer zelo uporabne, ker jih je možno raztegniti in različno napeljevati po prostoru, imajo manjši prerez in posledično (ker je pretok manjši) manj pritiska. Zato sem pozneje priključeval na Y sponko dve krajši debelejši cevi in nanje direktno svinčnike.

*Z uporabo graverskih svinčnikov smo očistili in ohranili dve tretjini več poslikave kot bi jo sicer na star način.*



*Vzhodna stena po koncu letošnjega posega. Končan je poseg na zgornjih nivojih vseh sten prezbiterja in slavoločne te na stropu prezbiterja. Naslednje leto ne bo več potrebno odrov in se bo delalo s talnega nivoja.*

*Koliko časa bodo svinčniki delali? Graviranje napisov na kovinske ploščice je delo, ki je zelo drugačno od odstranjevanja sige, predvsem ni prahu in smeti. Na cerkvi Sv. Martina sem delal z njimi dva meseca in so še vsi brezhibni<sup>19</sup>.*

*Prednosti dela z graverskimi svinčniki v primerjavi s starim načinom (električni engraverji, dleta in kladiva ter skalpeli) so torej naslednje:*

- *so veliko lažji od starih električnih engraverjev in zato se lažje dela (ne bolijo zapestja),*
- *ker ni potrebno uporabljati moči in stalnega pritiska kot pri dletih in skalpelih se lažje dela (ne bolijo zapestja),*
- *delo je izjemno natančno,*
- *delo je vseskozi kontrolirano (ne prihaja do lomljenja stene s barvno plastjo v zadnji fazi dela in ne prihaja do zarezovanja v poslikavo),*
- *dela se dva do tri krat hitreje kot prej,*
- *očisti in ohrani se za dve tretjini več poslikave.*

<sup>19</sup> Po zagotovilih Omega Air še niso prejeli reklamacije ali graverskega svinčnika v servisiranje.

Pozneje, ko sem sistem že uporabljal in sem bolj natančno vedel kaj naj iščem po Internetu, sem na spletnih straneh o paleontologiji zasledil, da paleontologi podobne svinčnike kot so graverski, že nekaj časa uporabljajo pri čiščenju kosti. Našel sem tudi več strani z opisom in ceniki zanje<sup>20</sup>. Glede na opis domnevam, da so svinčniki, ki jih uporabljajo paleontologi, še bolj primerni za delo na freski, saj imajo veliko višji ritem udarcev (tudi do 60.000 udarcev na minuto) kot Pneutecovi, ki jih uporabljam jaz (20.000 udarcev na minuto). Imajo tudi večji izbor različnih nastavkov, konic za delo. Verjetno jih bo nujno potrebno preiskusiti, ker, kot sem že rekel, višji ritem udarcev z manjšo močjo manj poškoduje steno in samo poslikavo. Potrebno bo preiskusiti tudi ultrazvočna kladivca, saj bi se verjetno dalo z njimi uspešno odstranjevati tanke nanose recentnih beležev s fresko poslikav<sup>21</sup>.



Pogled na prezbiterij in slavoločno steno po končanem posegu.

Celoten sistem - kompresor, cevi, spojke, male zavite cevi in sami svinčniki, je stal 230.000,00 SIT. Vse dele komponent bomo lahko še uporabili. Prednost je tudi v tem, da je celoten sistem že izdelan – vsi deli se proizvajajo tovarniško in so zlahka dosegljivi na trgu, potrebno ga je samo sestaviti. Vse komponente razen kompresorja Fiac<sup>22</sup>, ki sem ga kupil pri Trgovatu v Pivki, smo nabavili pri Omega Air.

<sup>20</sup> So skoraj popolnoma enaki tem, ki jih sem uporabil sam (Pneutec) vendar so kar nekajkrat dražji (podobno kot ultrazvočna kladivca). Nekaj strani za orodja za paleontologijo:

- <http://www.paleotools.com/mighty-jack.html>
- <http://www.kenmannion.btinternet.co.uk/fossilpreparationtools.htm>
- [http://www.paleotools.com/which\\_airscribe.html#Mighty-Jack](http://www.paleotools.com/which_airscribe.html#Mighty-Jack)
- <http://www.paleotools.com/paleo-aro.html>

<sup>21</sup> Verjetno bi se jih uspešno dalo uporabiti tudi za odstranjevanje preslikav (na slikah na platno ali les in polihromirani leseni plastiki) ali za odstranjevanje trdih premazov na hrbtu slik na platno.

<sup>22</sup> Proizvajalec kompresorja: F.I.A.C. S.p.A., 40044 Pontecchio Marconi, Bologna – Italia, Via Vizzano 23, tel.:+93 0512 678 68 11, fax:+39 051 84 52 61, e - mail: [fiac@fiac.it](mailto:fiac@fiac.it), [www.fiac.it](http://www.fiac.it)

*Dokler se ne bo razvila laserska tehnologija, je ta način dela z graverskimi svinčniki na komprimiran zrak<sup>23</sup> trenutno zagotovo najboljši način odstranjevanja sige<sup>24</sup>.*

*Sistem je seveda možno preurejati - glede na zahteve posega, na število sodelujočih na posegu, na število graverskih svinčnikov, moč kompresorja, ... – in tudi izboljšati, mogoče ravno z uporabo specializiranih svinčnikov, ki jih uporabljajo paleontologi ali mogoče s modifikacijo konice graverskega svinčnika.*

*In seveda sem prepričan o možnosti uporabe te tehnologije na ostalih restavratorskih področjih.*

*Marko Butina,*

---

<sup>23</sup> *Trenutno me zanima tudi uporaba minikompresorjev (kompresorji s pretvornikom za električno napetost 220 V za turiste za napihovanje čolnov, blazin.... , ki se uporabljajo v turizmu in se jih lahko priključi na avtomobilski akumulator). Enega sem že kupil in bova skupaj z Markom Dolencem (Omega Air) poskusila sestaviti delavno komponento za en graverski svinčnik, ki bo mobilna, zlahka prenosljiva in neodvisna od stalnega vira elektrike ali agregata. Uporabil bi jih za sondiranje ali mogoče celo na posegih. Zaenkrat še ne vem, če bo delovalo. Mogoče bo pa šlo.*

<sup>24</sup> *Na cerkvi Sv. Martina na Šilentaboru nad Zagorjem pri Pivki sem 17. avgusta 2005 skupaj s svojo ekipo izvedel demonstracijo svojega novega načina odstranjevanja sige z graverskimi svinčniki za restavratorje Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije. Restavratorji so način tudi sami preizkusili in bili presenečeni tako nad preprostostjo in lahkotnostjo načina dela kot tudi nad rezultati. Razdeljeno jim je bilo tudi gradivo o posegu na objektu in opis sistema in načina dela z graverskimi svinčniki na komprimiran zrak. Demonstracija je bila tudi dokumentirana.*