



Diplomová práce

**Návrh a realizace strunného resofonického nástroje**

BcA. Tomáš Havel

FIŠER / NEZPĚVÁKOVÁ

Prof. Akad. arch. Jan Fišer

Ústav průmyslového designu / FA ČVUT v Praze

letní semestr / 2018



<b>ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE</b>	
<b>FAKULTA ARCHITEKTURY</b>	
<b>AUTOR, DIPLOMANT:</b> BcA. Tomáš Havel AR 2017/2018, LS  <b>NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE:</b> (ČJ) Návrh a realizace strunného resofonického nástroje  (AJ) Design and realization of a string resophonic instrument  <b>JAZYK PRÁCE:</b>	
<b>Vedoucí práce:</b>	Prof. Akad. arch. Jan Fišer <span style="float: right;"><b>Ústav:</b> 151 50</span>
<b>Oponent práce:</b>	Mgr. Marek Bělohávek
<b>Klíčová slova</b> (česká):	design, hudební nástroj, resofonický, kytara, porcelán
<b>Anotace</b> (česká):	Práce se zabývá návrhem a realizací porcelánového resofonického hudebního nástroje. Stručně rozebírá danou problematiku a soustředí se na hledání výrobního procesu, který je doprovázen fotodokumentací.
<b>Anotace</b> (anglická):	The thesis deals with the design and realization of the porcelain resophonic musical instrument. Briefly discusses the issue and focuses on the search for a production process that is accompanied by a photographic documentation.

### Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s „Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne

podpis autora-diplomanta



Děkuji za výrobní zázemí ateliéru Design keramiky UJEP a Českému porcelánu a.s. – všem jeho pracovníkům, kteří mi byli nápomocni při výrobě, zejména pak manželům Zelenkovým.

Děkuji panu Prof. Akad. arch. Janu Fišerovi a M.A. Henrietě Nezpěvákové za důvěru a podporu a panu docentu Pavlu Jarkovskému za obětavou a srdečnou pomoc, bez které by výroba mé diplomové práce nebyla možná.

Děkuji své nejmilovanější budoucí MgA. Hance Havlové, spasiteli ze sádrovny MgA. Josefovi Majrychovi, rodině a dalším, kteří se jakkoliv podíleli na této práci.





*Robert Johnson<sup>1</sup>*

## 1/ Úvod

Pro téma své diplomní práce jsem si vybral návrh a realizaci resofonického strunného nástroje ve snaze experimentovat s použitím porcelánu při jeho výrobě. Inspirovaný hudební scénou roots, blues a především současnými interprety světového indie folku.

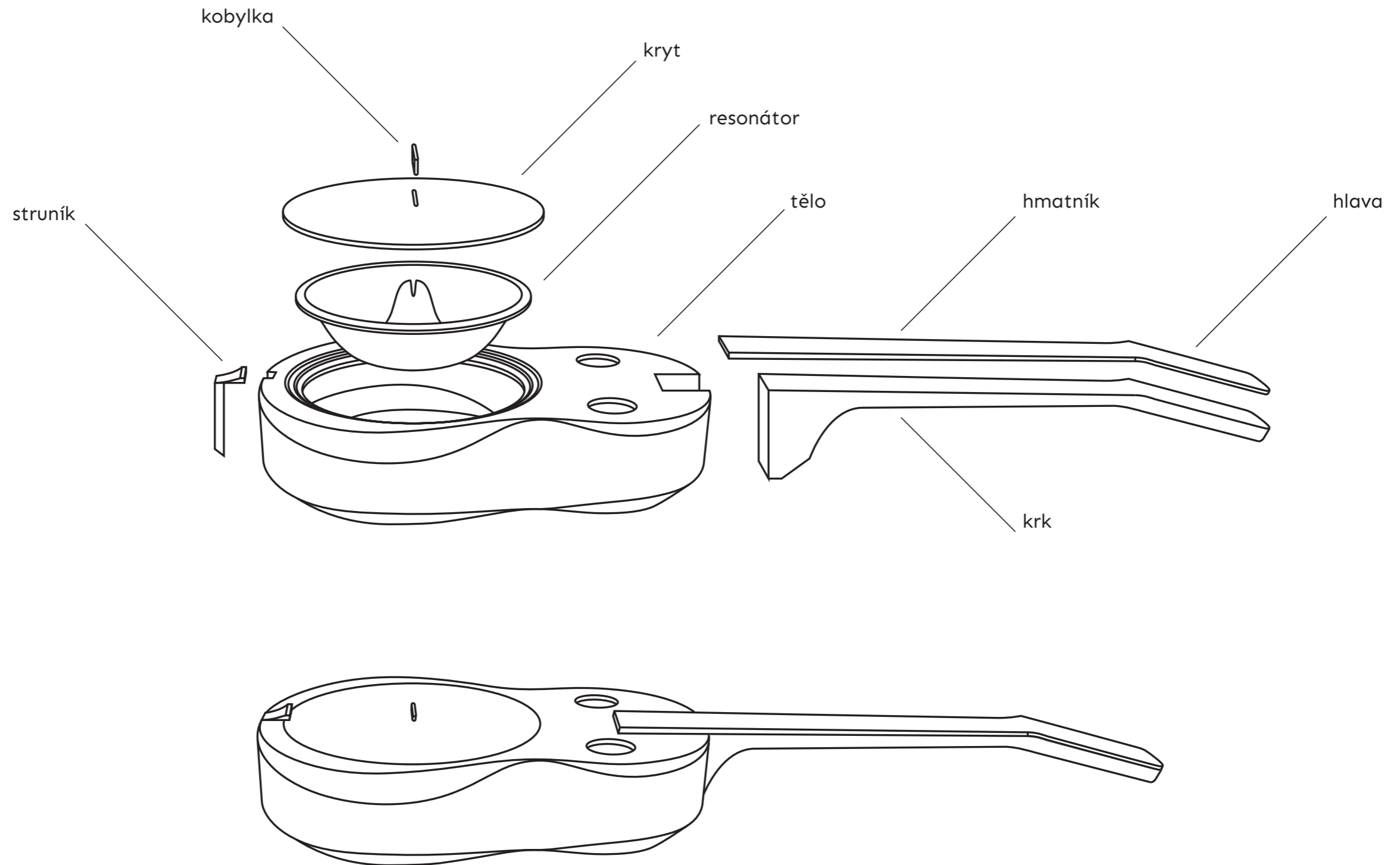
V projektu navazuji na předchozí klauzurní práci zimního semestru 2017, kdy jsem hledal způsob, jestli by vůbec bylo možné vyrobit tělo kytary z porcelánu a případně jak. Předchozí práce se mi nepodařila zdárně dokončit, nenašel jsem úspěšný výrobní postup už při lití porcelánu. Alespoň jsem získal nové poznatky, jak by bylo lepší postupovat, i když stále bez záruky na

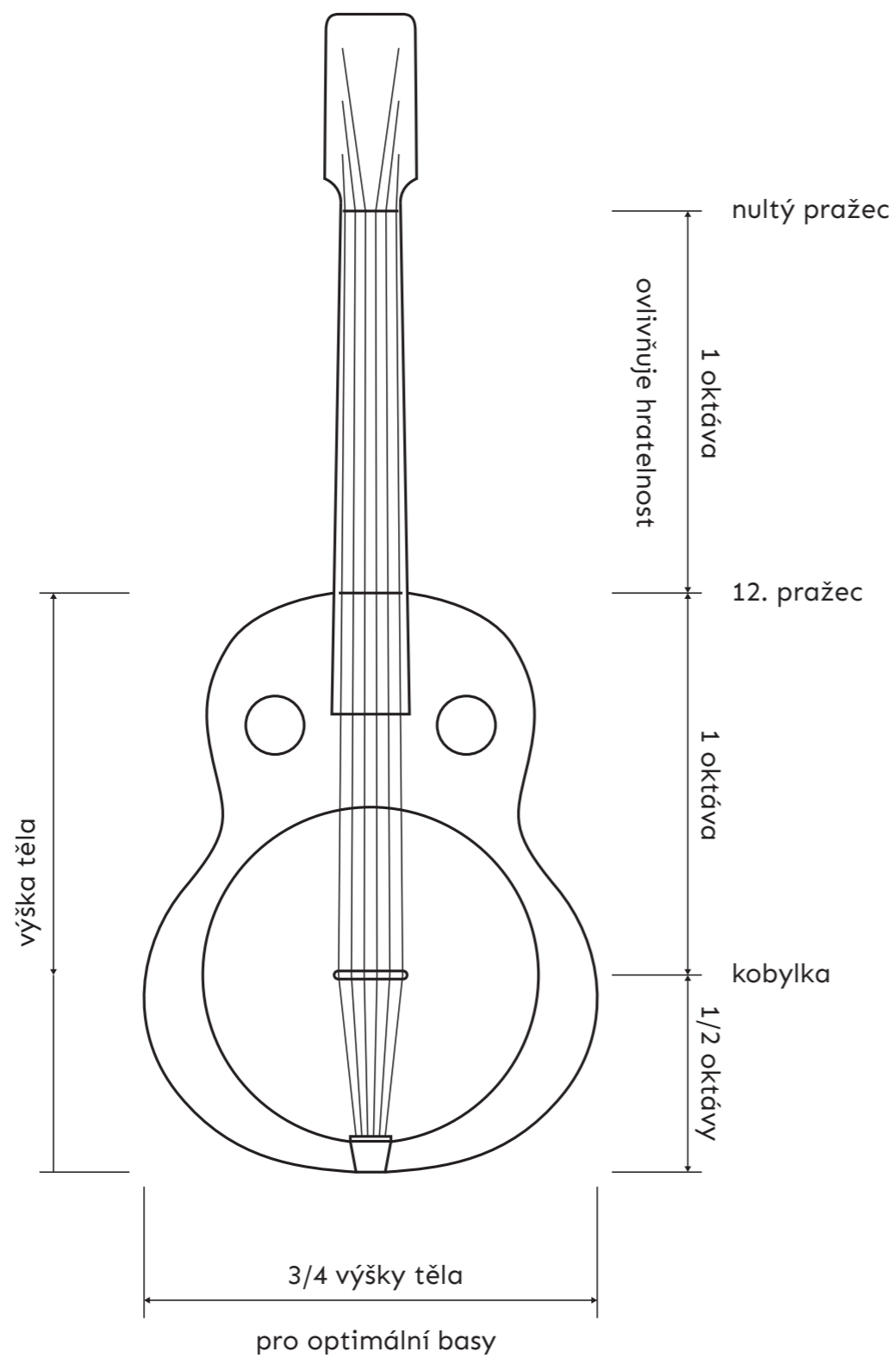
výsledek. Seznámil jsem se také s procesem výroby sanitární keramiky a i ten jsem zohlednil při výrobě své diplomní práce.

Zvolené téma nabízí množství otázek a okruhů práce. Bylo by dobré v návrhu vytvořit řadu řešení, postupů a z nich vybrat ty nejlepší, bylo by zajímavé analyzovat šíření zvuku v porcelánové desce, zkoumat vztahy proporcí ke zvuku i k uživateli. Vzhledem k časové náročnosti zamýšlené technologie, bych však jako prioritní stanovil hledání úspěšného výrobního postupu a až později se případně zaměřil na další otázky.

Tím že jde o experiment, si práce žádá vlastní řemeslné zpracování. Věřím, že mi projekt pomůže osvojit si možnosti a hranice zpracování materiálu a že práce bude v tomto směru obecně přínosná, vzhledem k tomu, že jde o raritní předmět.

2/ rešerše \_ uspořádání nástroje





Stanovení rozměrů a výsledného tvaru vychází z několika zákonitostí. Základním měřítkem pro výšku je jedna oktáva, která se nachází v polovině strunné délky (od nultého pražce ke kobyлке). Délku jedné oktávy pak ovlivňuje hratelnost tzn. je třeba hledat dostatečnou vzdálenost jednotlivých poloh pro pohodlné skládání prstů na hmatníku.

Dle principu Helmholtzova rezonátoru šířka korpusu v určitém místě zesiluje vždy určitou frekvenci (výšku) tónu. Oblé a tvarované luby (boky) zesilují širší spektrum frekvencí a pomáhají tak vytvořit bohatší zvuk. Výchozím rozměrem pro stanovení šířky by se tedy měla stát největší šířka korpusu pro optimální zesílení basů při tradičním ladění.

Zúžené místo asi ve třetině výšky korpusu odpovídá tradičnímu způsobu hry na kytaru a slouží k opření nástroje o nohu hráče. Souměrnost zajišťuje univerzálnost tvaru pro pravoruké i levoruké hráče.



## \_ historický kontext a základní analýza trhu



1\_ tricone - National<sup>2</sup>  
2\_ spider bridge single cone - Gretsch<sup>3</sup>  
3\_ biscuit bridge single cone - National<sup>4</sup>

John Dopyera se snažil na požadavek hudebníka George Beauchampa zesílit zvuk kytary tak, aby mohla být rovnocenným komorním nástrojem k žesťovým a jiným dechovým nástrojům. Experimentoval s implantovanými kuželovými zesilovači - rezonátory, s jejich uložením, použitými materiály i s jejich násobnou aplikací.

V roce 1927 Dopyera s Beauchampem zakládají obchodní značku National. Pod touto značkou vyrábějí neotřelý nástroj se třemi kuželovými rezonátory, celokovovým tělem a typickou kobylkou ve tvaru písmene „T“. Tento nástroj značka National nadále vyrábí v různých variacích jako model typu tricone. Oproti modelům s jedním kuželovým rezonátorem nabízí plnější a vyváženější zvuk.

Cena dnešních tricone modelů závisí především na použitém materiálu (dřevo/ocel/mosaz) a pohybuje se od 72 000,- do 204 000,-. U konkurenčních značek se cena pohybuje kolem 20 000,-.

V roce 1928 Dopyera opustil National, aby založil Dobro Manufacturing Company se svými čtyřmi bratry. Společně pod značkou Dobro vytvořili nástroj s jediným velkým rezonátorem (single cone) tvarovaným dovnitř s konkávním středem, ke kterému doléhá kobylka. Kobylku podpírá paprskovitá vzpěra, která je krytá perforovaným klenutým krytem. Pro tento typ resofonické kytary se, díky podpoře připomínající osminohého pavouka nebo pavučinu, ujal název single cone spider bridge. Tato inovace resonátoru umožnila výrobu nástroje zlevnit a zesilovala zvuk účinněji, než původní typ tricone. Barva zvuku je ostřejší a silnější ve středních výškách.

Originální nástroje značky Dobro se již dnes nevyrábí, cena původních nástrojů se pohybuje kolem 40 000,-, ale nástroje tohoto typu se nadále těší velké oblibě hráčů. Patří také mezi nejdostupnější - prodávají se již od 9 000,-.

National reagoval na Dobro vlastním single cone nástrojem, který Dopyera navrhl ještě předtím, než společnost opustil. Liší se ve tvaru resonátoru a v uložení kobylky. U National single cone modelu je resonátor ve tvaru komolého kužele, ke kterému je připevněna dřevěná vložka do které se vsouvá kobylka. Tento typ je známý pod názvem single cone biscuit bridge.

Cena single cone modelů značky National se v současné době pohybuje v rozmezí 63 000,- – 94 000,-.

Nástroje se vyrábějí v různých kombinacích materiálů - s dřevěným, ocelovým nebo mosazným tělem. Liší se kvalitou dřeva krku, hmatníku, kvalitou zpracování, tvarováním, dekorem. Mezi výrobce patří National, Regal, Gretsch, Dean, Johnson, Fender a Gibson.



V roce 2013 španělský kytarista Luis Martin z kapely Lobos Negros ve spolupráci s keramikem Manuelem Carillem a kytarářem Carlosem Sabrafenem začal vyrábět keramické elektrické kytary. Kytara byla vyrobena v keramičce v Talavera de la Reyna. Dle slov Luise Martina někteří hudebníci v 50. letech 20. století nahrávali v koupelně, protože byli zaujatí vzniklým efektem, který obklady v koupelně vytvářely. Charakter zvuku pak podle něj měl být něco, co by lákalo lidi ke koupi takovéto kytary. Věřil, že tím může podpořit upadající zájem o keramiku a podpořit výrobce ze svého domovního města. Našel zájemce z Finska a Japonska a snažil se nalézt sponzora pro vytvoření značky. Zatím k tomu však nedošlo. Kytara váží 3,5 kg a prodejní cena by se měla pohybovat kolem 64 000,-. Každá vyrobená kytara má jedinečný barevný dekor.

Tento projekt je patrně jediný svého druhu a Manuel Carillo dokázal najít spolehlivý způsob výroby tenkostěnného korpusu kytary. Nicméně kytara by mohla více pracovat s vlastnostmi užitého materiálu. S tvarem, stejně jako s dekorem, pracuje velmi konzervativně.

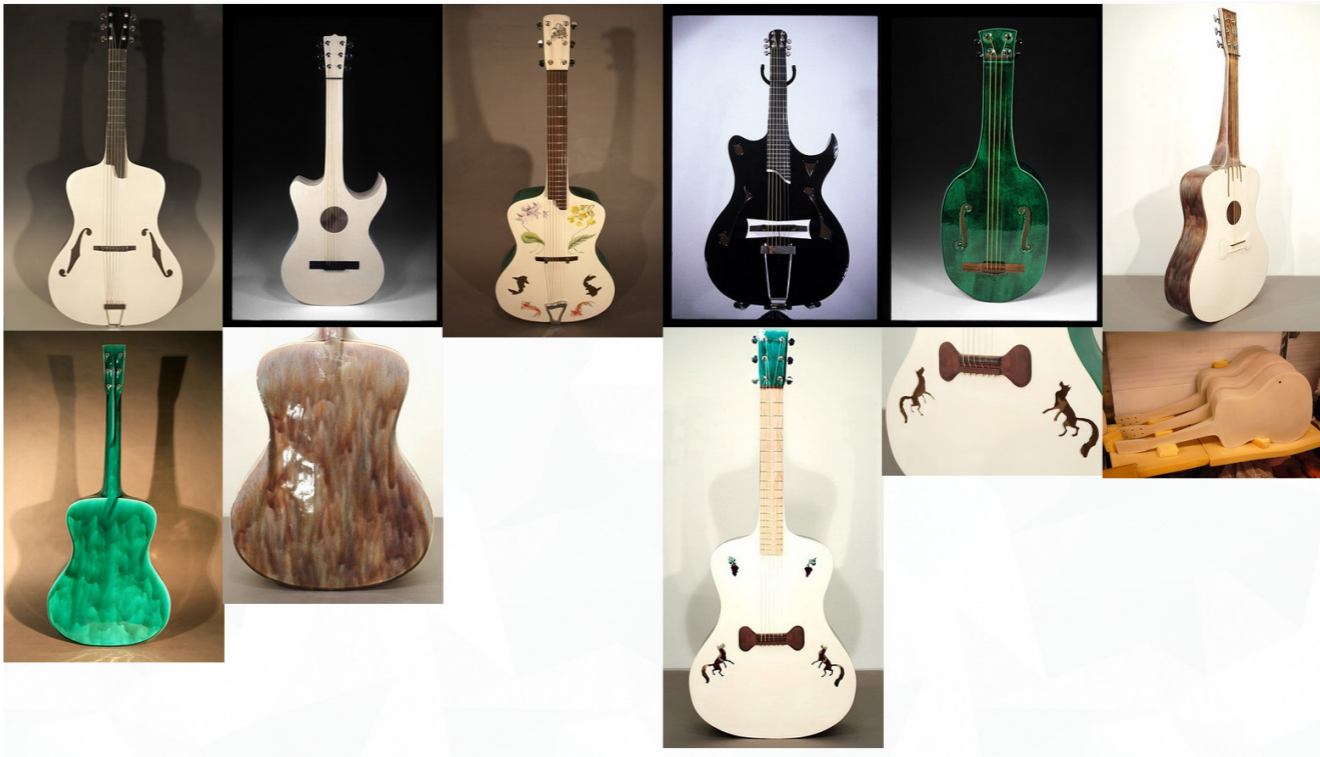
Ačkoli je výroba keramické kytary raritou, pro jiné nástroje tomu tak není. Keramika se nezdá příliš často užívat v lidové tvorbě a ve starších kulturách pro výrobu dechových či bubnových nástrojů. Často jsou bohatě a pestře glazované a materiál zde plní především estetickou funkci.

Použití jiných materiálů než dřeva se u kytary rozšířilo především s vynálezem elektrické kytary, kdy se hledá zajímavý charakter tónu, který je zesílen snímačem. Snímač poskytuje jak svobodu výběru materiálu, tak větší svobodu tvarování. I přes tyto možnosti vznikají nástroje sobě podobné s ohledem na hráčské návyky hudebníků. Často jsou to právě hudebníci, kteří vymýšlejí nové návrhy nástrojů pro lepší ztotožnění se s vlastní tvorbou nebo pro lepší vymezení se vůči rozsáhlé konkurenci.

Z akustických strunných nástrojů patrně nejzajímavěji supluje dřevo žula, ať už ve vrchní desce nebo v celém korpusu nástroje.



1\_ keramik Manuel Carillo, forma, výrobek<sup>5</sup>  
2\_ Luis Martin se svojí keramickou kytarou<sup>6</sup>  
3\_ detail odlitku a formy<sup>7</sup>



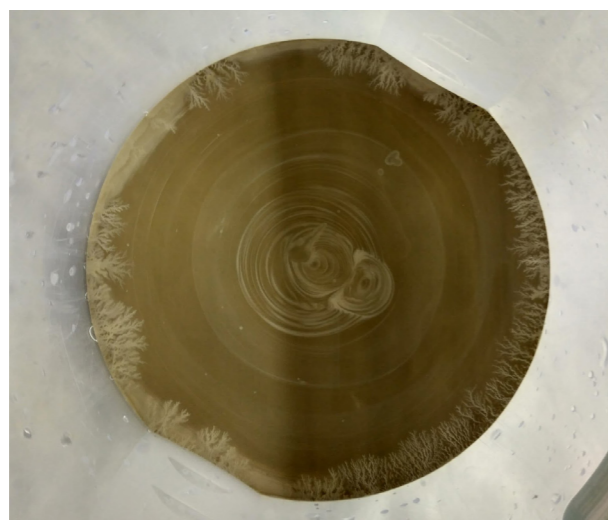




- 1\_ keramické mandolíny<sup>8</sup>
- 2\_ keramické kytary z dílny Maxe Gotheirda<sup>9</sup>
- 3\_ Pagelli guitars, Stone top<sup>10</sup>
- 4\_ Štěpán Rak s mramorovou kytarou<sup>11</sup>
- 5\_ Silent guitar, Yamaha<sup>12</sup>
- 6\_ Pagelli guitars, Convertible<sup>13</sup>



## \_ materiály a technologie



Porcelán je materiál s dlouholetou řemeslnou tradicí dodnes velmi rozšířený. Je používán pro svoji dobrou chemickou a tepelnou odolnost, hygieničnost, tvrdost, schopnost držet teplo a elektrickou nevodivost. Vyrábí se ze směsi kaolinu, živce a křemene. Křemen dodává porcelánu tvrdost, živec přináší transparentci až průsvitnost a kaolin (u tvrdého evropského porcelánu tvoří 50% směsi) dodává bělost. Je možné jej lisovat, či zředěný odlévat do sádrových forem, které z porcelánového šlikru odsávají vodu a tím vzniká požadovaný porcelánový střepek. Odlitek se nechává sušit a poté vypálit na 900°C, kdy se přeskupí a vytvoří nové vazby křemíku, kyslíku a hliníku. Polotovar tím získá pevnost v tlaku, ale je velmi křehký. Následně je možné ho kovovými oxidy barvit a glazovat průsvitnou glazurou (v podstatě studené živcové sklo). Nakonec se glazovaný přezahnutý polotovar nechá vypálit v peci na tzv. ostrý výpal (1400°C). Glazura se výpalem vyčeří - zprůhlední a aby nepopršala, je třeba výrobek nechat pomalu vychladnout. Výpaly probíhají v redukčním prostředí, aby se neprojevil nežádoucí stopy železa a výrobek zůstal čistě bílý.

Výroba je pro proces sušení a vypalování energeticky náročná, nicméně cena přezahu a výpalu v Českém porcelánu a.s. je asi 30,- za půdorysnou plochu 12cm<sup>2</sup> a konečná výroba produktu je spíše levná, předchází ji však někdy zdoluhavý kvalifikovaný proces navrhování a přezkušování, než se nalezne spolehlivý výrobní postup.

Porcelán je podobný hrnčířské hmotě, kamenině či pórovině, ale na rozdíl od nich vydává při jemném úderu zvonivý zvuk.

Hustota porcelánu je 2400 – 2600 kg/m<sup>3</sup> v závislosti na použité hmotě.



Nejtradičnějším materiálem pro tvorbu strunných nástrojů je dřevo. Široká paleta druhů dřev, jejich kombinace a způsob zpracování umožňují řemeslníkům vytvářet nástroje rozličných estetických a zvukových kvalit - různé hlasitosti, barvy, vyváženosti atd. V dnešní době se u výrobců kytar kromě masivních dřevěných desek používají překližky a vysokotlaké lamináty pro pevnost a stálost. Buď se používají samotné pro celé nástroje (levnější) nebo v kombinaci s ozvučnou deskou z masivu pro lepší kvalitu zvuku. Níže je uvedený výčet dostupných užívaných dřevin a jejich vlastnosti.

#### Mahagon

Často používanými odrůdami jsou Africký (Khaya Ivorensis) a Honduraský (Swietenia Macrophylla) mahagon. Africký druh je využíván jak u zadních korpusových desek, tak i u lubů a krků, zatímco Honduraská odrůda (pravý mahagon) je dobrou volbou také pro výrobu přední ozvučnice. Tyto materiály s hustou strukturou poskytují příjemný zvuk s kulatějšími výškami, pevnými basy a silnějšími středy.

#### Smrk

Smrková odrůda Sitka (Picea Sitchensis), rostoucí především v Severní Americe a Kanadě, je jedním z nejčastěji používaných dřev pro výrobu přední ozvučnice. Sitka s pravidelnými léty disponuje dostatečnou tuhostí a nabízí optimální kombinaci průraznosti, čistoty tónu a jeho dynamického rozsahu. Tomuto druhu konkurují především v Evropě Alpský smrk (Picea Abies) a odrůda Engelmann. U luxusních nástrojů se pro stavbu horních ozvučnic používá odrůda zvaná Červený smrk - Smrk Adirondack (Picea Rubens), který se vyznačuje vyváženou frekvenční odezvou s muzikálními basy a skvělými dynamickými vlastnostmi

#### Javor (Acer)

Tradiční materiál s rozsáhlou řadou různých odrůd, který se vyznačuje mechanickou odolností a pevným, jasným tónem s detailně prokreslenými výškami, výše posazenými středy a průraznými basy. U akustických kytar nachází své uplatnění především u lubů a zadních desek korpusu, případně i pro stavbu krku. Výběrové kusy mají výraznou plamínkovou nebo obláčkovou kresbu.

#### Červený cedr (Thuja Plicata)

Tento druh rostoucí v Kanadě má oproti jiným odrůdám tmavší barvu a je většinou měkčí než klasický smrk, což obvykle přináší vyšší dynamickou citlivost, kterou ocení hráči s decentnější prstovou technikou. Částečným kompromisem k této důležité vlastnosti je větší míra komprese při silnějším úhozu pravé ruky. Pravidelná, hustě rostlá léta jej předurčují k výrobě horních rezonančních desek.

#### Palisandr

Vzhledem k tomu, že Brazílský palisandr podléhá ochraně (smlouva CITES) týkající se ohrožených druhů, přebírá jeho místo indická odrůda (Dalbergia Latifolia) s výraznou kontrastní kresbou a vyváženým zvukem, jenž je používána na hmatníky, zadní desky, luby, základny kobylek a další konstrukční součásti.

Madagaskarský palisandr (Dalbergia Baronii) je exkluzivnější a mechanicky tvrdší variantou, jejíž struktura dodává oproti Indickému palisandru zvuku více vyšších pásem. Do rodiny palisandrů náleží také jihoamerický Cocobolo (Dalbergia Retusa), který má z popisovaných odrůd nejvýraznější středy. Ve srovnání s mahagonem disponuje palisandr hřejivějšími středovými frekvencemi a lehce ostřejšími výškami.

#### Africký eben (Diospyros mespiliformis)

Eben má oproti palisandru tmavší barvu a perkusivnější podání výšek, je mechanicky stabilní a poměrně tvrdý, takže jeho opracování vyžaduje určitou zkušenost. Ebenové dřevo je vhodné pro výrobu hmatníků, kobylek, kotvících kolíků strun a různých menších komponent kytary.

#### Havajská koa (Acacia Koa)

Exotické dřevo s luxusním vzhledem se používá především u dražších nástrojů, kde jeho kresbu podpoří také vhodný lak. Koa se zvukově pohybuje mezi mahagonem a javorem a v případě akustických kytar je využívána hlavně pro stavbu zadní desky a lubů.

## **\_ závěr rešerše**

Na základě provedené rešerše bych rád vytvořil sólový hudební nástroj, který bude experimentovat s akustickými vlastnostmi porcelánu a jeho tvarovatelností a pomůže mi sledovat jeho výrobní možnosti. Rád bych využíval jeho odraznosti zvuku pro zesílení pomocí resonátoru a nedostatky porcelánu bych chtěl kompenzovat dřevěnými komponenty. Při návrhování nástroje bych chtěl brát ohled jak na osvědčené hráčské styly, tak na ověřené poznatky, především co se týče základních rozměrových požadavků nástroje.

datum zpracování rešerše 15. 2. 2018



## 2/ Formulace vize

Základní myšlenkou práce je navrhnout a vytvořit sólový hudební nástroj, který bude objevovat a zkoušet akustické vlastnosti porcelánu. Koncept je stavěn na tradici resofonických nástrojů, ale snahou je tento základ rozvíjet s ohledem na současné hudební tendence a směry, ale také s ohledem k vnímání stěžejního materiálu – porcelánu.

Resofonické kytary jsou úzce spojeny s blues (dále s country, bluegrass aj.) a vážou se k jeho počátkům ve 20. století v Americe – Blues společně s jazzem výrazně formoval další vývoj hudební scény 20. století a ovlivňuje hudbu dodnes. Vznikal původně jako pěvecký žánr, který vyjadřoval především stavy melancholie a smutku (z kterých si také vysloužil svůj název). Expresivně využíval synkopy, zpěv falzetem. Co se instrumentálního doprovodu týče, ten zůstával často velmi skromný, harmonicky prostý, omezoval se na prosté doprovody, opakující se téma a pentatonické postupy vyplňující pauzy mezi jednotlivými verši textu. Oblíbeným doprovodným nástrojem k takto výraznému pěveckému projevu se stala kytara, na kterou se hrálo s pomocí tzv. bottlenecku – válečku z kovu nebo skla. Způsob hry s válečkem umožňoval dobře dokreslovat vokální výraz bluesových skladeb. Původní nahrávky nejvýznamnějších bluesových představitelů (milníkem se stala např. Delta Blues od Roberta Johnsona, 1936) se dodnes těší velké popularitě. Ojedinělé charismatické vzezření skladeb působí na posluchače bezprostředně

a je stálým zdrojem inspirace pro mnoho muzikantů. Inspirativní tak může být koneckonců i legendárními hráči využívaný nástroj.

Originální vzhled těchto ikonických nástrojů evokuje řadu asociací, na které chci navazovat a které bych rád posílil i netradičním použitím jinak velmi tradičního materiálu. Nerad bych pouze kopíroval existující modely a rád bych našel invenční prvek, který ovšem nepřehlší určitou sounáležitost s existujícími resofonickými kytarami.

Porcelánový nástroj považuji za jistou exkluzivitu, neotřelost a alternativu podněcující nové přístupy k hraní a zároveň jej vnímám ve svém materiálovém zpracování jako člověku dobře známý, až lidový a trvanlivý.



*návrhy vzoru na kryt, 3d vizualizace*

## 5/ Prověřování variant

V jednotlivých fázích navrhování projektu jsem používal různé nástroje (skicování, modelování 3D, výkresy v měřítku 1:1, sádrové modely, ...) a každý z těchto nástrojů mi nastavoval různá omezení i různé možnosti. Procesy navrhování a výroby se prolínaly navzájem a jedno ovlivňovalo druhé. Prověřování variant je předvedeno v přiložených obrázcích.



## 6/ Syntéza

Přes počáteční úvahy a návrhy zůstává tvar těla konzervativní a podobný tradičnímu řešení kytarových nástrojů. Jde o kompromis, ve kterém se tvar podřizuje použité technologii, zákonitostem zvuku i uživatelskému komfortu.

Ačkoliv technologie odlévání do sádrové formy umožňuje značnou tvůrčí svobodu, další postupy práce s porcelánem nastavily významná omezení. V první řadě se návrh od ostatních dnes vyráběných nástrojů liší svými menšími rozměry. S rostoucí velikostí porcelánového výrobku se zvětšuje i náročnost výroby formy a úspěšnost odlévání a výpalu. Jistě je možné většinu problémů po odzkoušení odstranit úpravami modelu a formy, ale celý proces se významně prodlužuje a je časově náročnější. Nabízela se varianta vzdálit se od tradičního kytarového tvarování, které je také určeno technologií zpracování dřeva, produkt modelovat oblé, organického tvaru a více experimentovat v estetické rovině. Takový návrh by byl možná přívětivější ve fázi odlévání, snad by lépe držel tvar ve své měkké fázi při schnutí, borcení vzniklé při výpalu by nemuselo být tak snadno rozpoznatelné, tak jako je v rovných pravidelných plochách. Nicméně pro výpal a uložení dalších součástí (resonátor, kryt, dřevěný krk, struník, ...) bylo dobré zachovat alespoň vrchní desku rovnou. Na té by se výrobek páčil a snižovalo by se riziko její deformace. Připravil bych se ale tak o možnost výrobek glazovat na přední stěně. Při návrhu jsem postrádal jistotu, jak se bude výrobek v peci chovat a jak bude nejlepší ho orientovat na pálicí podložce (konzultoval jsem rovněž variantu pálit korpus na boku). Dělení korpusu do ploch se tedy nakonec ukázalo jako vhodné. Další roli sehrála již zmiňovaná uživatelská přívětivost, kompatibilita, principy resonátoru popsané níže a v neposlední řadě i časová náročnost výroby modelu. Proti prvnímu neúspěšnému návrhu je nová forma,

a tedy i odlitek opatřen sedmi vzpěrami a ozvučný otvor byl opatřen vnitřní stěnou, která rovněž pomáhá udržet porcelánovou hmotu vrchní desky bezprostředně po odlití i v peci při výpalu. Počet umístěných vzpěr je variabilní a je možné je úplně vynechat, pokud by se ukázalo, že při výpalu nejsou potřeba. Pro lepší zvuk je totiž dobré dutý prostor korpusu udržet co možná nejprázdnější.

Z hlediska zesilování zvuku funguje kytara mimo jiné na principu Helmholtzova resonátoru. Rozměry dutého kytarového korpusu – zejména pak šířka v daném bodě, značně zesilují určitou zvukovou frekvenci. Plynulé ohýbání lubů zajišťuje tedy zesílení celého spektra tónů. Užší rozměry podporují vyšší frekvence, tedy i vyšší tóny, zatímco v nejširších místech se nejvíce zesilují basy. V návrhu je nástroj řešený v malých rozměrech, ale s optimální šířkou, pro dostatečné zesílení basů při tradičním kytarovém ladění E, A, D, G, H, E. Rozměrově je návrh podobný historickým nástrojům, dnešní nástroje se dělají širší až o 100 mm a delší až o 50 mm.

Navržený nástroj je symetrický, a tedy vhodný pro pravoruké i levoruké držení kytary (stačí jen v opačném pořadí navinout struny). Zkosení hran není jen okrasným prvkem, ale při pevnějším držení nástroje se hrana korpusu nezařezává do předloktí.

Stěžejním prvkem pro tvorbu zvuku je u akustických kytar vrchní ozvučná deska. Její kmitání přenesené ze strun přes kobytku nejvíce ovlivňuje barvu a sílu tónu. Resonance nástroje však vrchní desku významně narušují velkým ozvučným otvorem a její funkci z velké části nahrazuje v ní uložený resonátor. Ten pro zesilování využívá i odraznosti zvuku, proto tvar resonátoru vychází z paraboly, která zvuk odráží nejefektivněji. Pro resonátor by bylo dobré vytvořit odlitek při co možná nejmenší síle střepe. Protože je v něm však uchycená

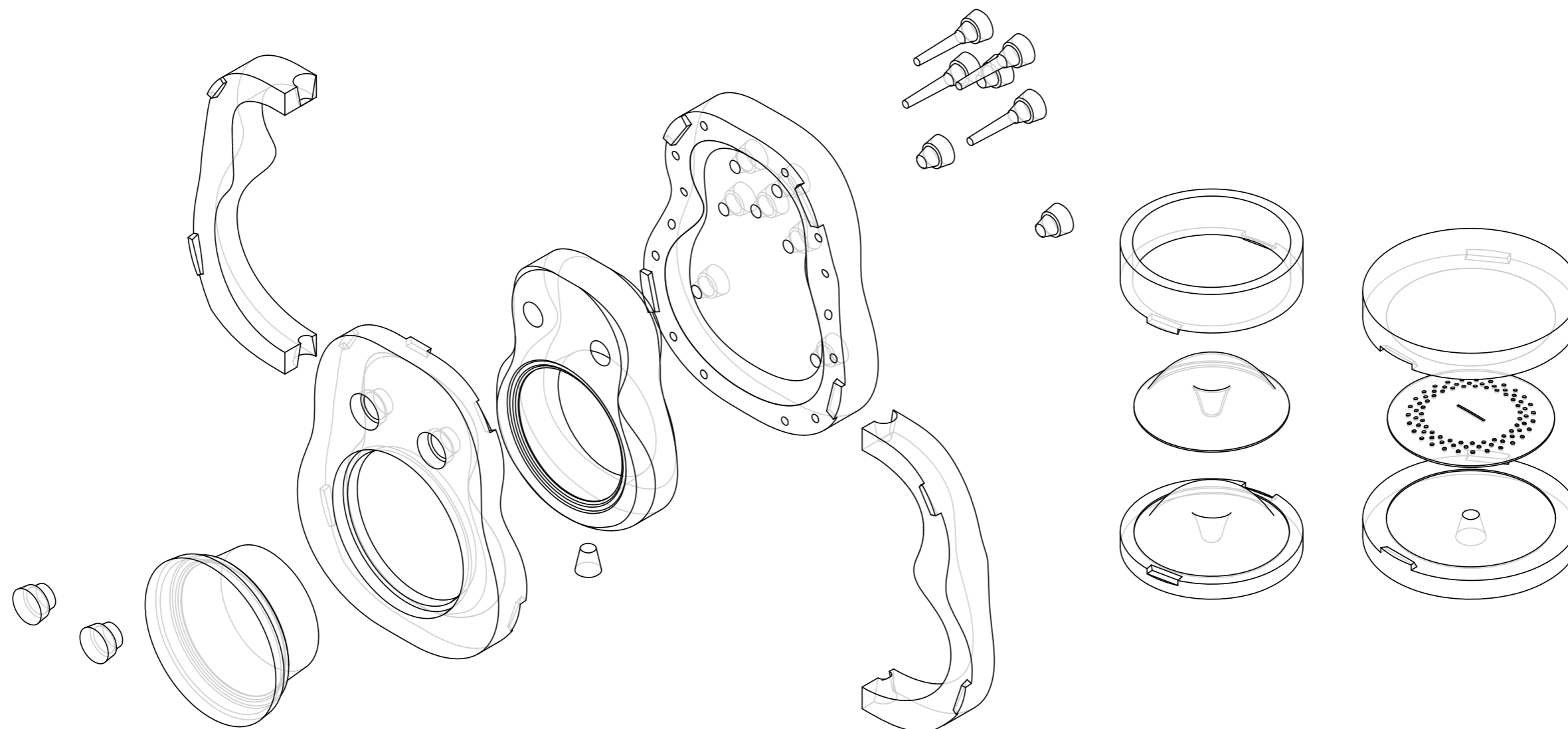
i kobyčka, na kterou působí struny značným tlakem, byla tloušťka po odzkoušení stanovena asi na 3mm.

Přes resonátor je umístěný kryt, na který se rovněž přenáší vibrace skrz kobytku. Je opatřen množstvím malých ozvučných otvorů ve třech řadách po celém obvodu. Možnosti upevnění jsou popsány níže v kapitole technologie.

Tělo kytary spojuje a drží všechny prvky pohromadě. Síla materiálu tedy byla stanovena až na 7 mm, o to tenčí je ale síla krytu a resonátoru, ty mají tloušťku stěny asi 3 mm.

Krk a struník je přidělaný k mahagonovým špalíkům, které jsou lepené zevnitř ke stěně těla. Krk je přišroubovaný a pomocí imbusového klíče je možné upravovat jeho přitažení k tělu a zkracovat/natahovat skrytou aktivní ocelovou výztuhu a tím ovlivňovat propnutí krku. Krk je tvarovaný pro běžné držení kytary a široký 19 – 22 mm pro pohodlný úchop. Plocha patky krku zajišťuje pevnější spoj krku s kytarou. Je tvarovaná standardně a to tak, aby co možná nejméně překážela při hraní ve vyšších polohách. Hlava kytary je rozměrově přizpůsobená přišroubované mechanice a pro jednotný vzhled je pokladena ebenovým dřevem stejně jako hmatník krku. Količky mechaniky jsou v modelu z perleti, ale v návrhu je počítáno s porcelánovými.





## 7/ Materiál a technologie

K výrobu sádrové formy těla nástroje bylo nutné nejprve vytvořit model. Ten jsem vyrobil ze sádry dle připraveného návrhu, zvětšený o 15 % (hodnota o kterou se smrští porcelán v procesu sušení a výpalu). Pro spolehlivé vyndání sádrového modelu z formy jsou boční stěny mírně pod úkosem vzhledem k vrchní desce. Před odléváním jsem si odměřil a tužkou vyznačil umístění dalších součástí formy a sádrový model následně pokryl separační vrstvou. Tvrdé prací mýdlo (Jelen) jsem mírně ředil vodou a vyšlehal si pěnu, kterou jsem nanášel štětcem postupně asi ve třech vrstvách. Sádra zředěné mýdlo na povrchu nasaje a vytvoří tenký povlak, který model oddělí od formy.

Pro snazší a přehlednější manipulaci s formou i odlitkem byla forma rozdělena na pět hlavních částí – dvě bočnice, vrchní a spodní desku a vsouvací část pro vytvoření vnitřní stěny.

První se odlévaly bočnice. K ležícímu modelu se přistavěla ohrádka, do které se vliła sádra. Dokud byla sádra měkká, ale již držela tvar, jsem ohrádku rozebral a cidlinou odstranil přebytečnou hmotu tak, aby bočnice byla tlustá 5 cm a kopírovala stěnu modelu. Po vytvrzení sádry a vyjmutí modelu jsem bočnici seškrabal pilou a cidlinou až k dělicí rovině a vyškrabal zámky –pro vrchní desku a bočnici). Přiložil jsem tuto

část formy znovu k modelu, vystavěl ohrádku na druhé straně a proces zrcadlově opakoval pro formování druhého boku.

Jakmile byly obě bočnice patřičně upravené, naléval jsem shora spodní desku formy. V té již bylo nutné zakomponovat i otvory pro vsazení sedmi vzpěr. Kolík pro vzpěru jsem vytočil na kruhu a zaformoval, následně znovu přidělal na kruh a snížil tak, aby byl vysoký pouze na tloušťku stěny formy a znovu zaformoval. Mohl jsem tak vytvořit potřebné množství identických vzpěr. Snížené kolíky jsem separoval a rozprostřel podle značek na plochu modelu. Po zalití modelu sádrou



jsem ji ještě za čerstva stáhl plechem a po vytvrzení vyjmul kolíky. Díky nim mi v desce zůstaly otvory, do kterých jsem mohl vsunout jak kolíky na vzpěry, tak snížené kolíky, pokud by se ukázalo, že vzpěry nejsou ve formě potřeba.

Postup pro formování přední desky byl obdobný. Znovu bylo potřeba snížit bočnice až k dělicí rovině i z druhé strany a vytvořit zámky (pouze klínové). Do vrchní desky bylo třeba zaformovat ještě dvě zátky, které jakmile se vyjmou, lze podél jejich stěny vyříznout nožem v porcelánu ozvučné otvory. Také bylo potřeba vytvořit třetí velkou zátku a zaformovat otvor pro uložení poslední hlavní části formy, části k vytvoření vnitřní stěny. Po odlití vrchní desky jsem tuto největší zátku přidělal ke kruhu a vystavěl na ni schodovité stoupání a vysoký válec, který měl vytvořit vnitřní stěnu nástroje. Všechny rotační vsouvací části formy (kolíky, zátky) byly opatřeny odskokem pro správné zaklesnutí.

Forma se měla rozdělovat v tomto pořadí:

1. Vyjmutí kolíků, zátek a vyjmutí části pro tvorbu vnitřní stěny
2. Položení formy dnem vzhůru.
3. Sejmutí spodní desky
4. Vysunutí boků do stran
5. Po uschnutí sundání odlitku z vrchní desky

Dle původního návrhu měla při nalévání být forma ve svislé poloze a po vylití se měla otočit vrchní deskou dolů. V případě lehkého borcení měkké hmoty by tak zůstala vrchní deska rovná, protože by lehla na formu. Nicméně se ukázalo, že odlitek dostatečně drží rovné plochy ve svislé poloze a že je naopak lepší formu otočit zadní deskou dolů, aby se jeho vnitřní stěna dobře odlepila od vsunuté části formy. Bylo by tedy lepší utvořit zámky formy tak, aby bylo možné rozebírat formu v jiném pořadí. Rovněž by bylo lepší vytvořit silnější a kratší zámky pro zaklesnutí bočnic do sebe, protože se už při formování vrchní desky utrhly. Dále se ukázalo, že 5 cm tloušťka sádry je vyhovující pro odsávání porcelánu i pro relativně snadnou manipulaci, ale pro delší trvanlivost formy by bylo lepší udělat stěny silnější. Musela odolávat vysokému tlaku porcelánu zevnitř a jednotlivé díly bylo třeba pevně stáhnout. Právě stahování pak zapříčinilo popraskání formy v několika místech.

Formu na resonátor jsem vytočil na keramickém kruhu. Pro složitější tvar jsem se rozhodl udělat jednodušší otevřenou dvoudílnou formu. Tvarovanou část formy bylo nutné vystavět postupně ve dvou nalitích.



*proces odlévání formy na tělo nástroje*

Na kryt jsem vytvořil formu uzavřenou. První díl jsem si vytočil na kruhu, na něj jsem vytočil model a ten zalil znovu sádrou. Po rozdělení formy a vyjmutí modelu jsem provrtal jeden z dílů a vytvořil tak nalévací otvor.

Identicky jako u krytu jsem postupoval i u výroby forem pro pálicí podložky. Ty bylo nutné vytvořit pro úspěšné vypálení odlitku resonátoru a krytu. Podložky jsem však vytvořil příliš tenké, takže se je nepodařilo ani při třech nalévacích otvorech úspěšně odlít a byl jsem nucen je nakonec odlévat pouze do jednoho z dílů formy.







Odlévání porcelánu do formy na korpus se při prvních šesti litích nedařilo a bylo potřeba proces i formu upravit. Prvním problémem se stalo vyndávání vnitřní části formy – při prvních čtyřech odlitích zůstal odlitek k sádře přilepený a roztrhal se i při čekání několika hodin před rozebráním. Zvětšil jsem tedy rádius zaoblení hran a pro jistotu jsem formu dal ještě do tepla vysušit. Později jsem se potýkal s problémem, kdy se v nejvyšších místech odlitku stěny významně propadaly. Problémům s propadáním a udržení odlitku jsem se snažil předcházet použitím sádry Supraduro pro výrobu formy. Tvrdší sádra odsává vodu ze šliky pomaleji, díky tomu odlitek drží na formě déle, než odskočí a získá tak větší pevnost. Příčina tedy byla pravděpodobně jiná, než že odlitek se propadá pod vlastní vahou. Ukázalo se, že ve formě při vypouštění přebytečné hmoty vzniká podtlak, protože nalévacím otvorem neprocházel dostatečné množství vzduchu, a proto se vrchní stěna bortila dovnitř.

Postup byl tedy stanoven následující.

1. Naprášení kolíků a zátek suchým porcelánovým práškem pro lepší vyndávání.
2. Sestavení bočnic na spodní desku formy a ucpání výpustě gumovou zátkou.
3. Jemné potření rizikových míst velmi řídkou porcelánovou šlikou pro lepší přilnavost porcelánu k formě a předejití tak hroucení stěny odlitku.
4. Sestavení ostatních dílů formy, stažení bočnic popruhem a semknutí formy pomocí dvou dřevotřískových desek a svorek. Přidělení nalévacího komínu.
5. Lití porcelánové šliky (asi 3min) a průběžné dolévání ubylé hmoty.
6. Po 28 – 34 min (přibližně 5 – 7 mm střepe, je dobré kontrolovat v průběhu) sejmutí komínu, uvolnění nalévacího otvoru, vyjmutí gumové zátky, proříznutí výpusti a vypouštění s pomalým startem.
7. Sejmutí desek, vyjmutí zátek a oříznutí ozvučných

otvorů, vyjmutí vzpěrových kolíků (je-li odlitek už dostatečně pevný - velmi opatrně zkusíme kolík protočit) a položení formy na zadní plochu.

8. Po 2 hodinách od vypouštění můžeme zkusit opatrně nadzvednout desku (asi o 4 mm) a nechat tím odlitek viset. Postupně můžeme jemně nadzvednout i část formy pro výrobu vnitřní stěny a do spáry foukat vzduch kompresorem, dokud se odlitek neodlepí a nedopadne na dno formy.

9. Kompletní rozebrání formy

10. Vyměření a vyříznutí všech potřebných děr pro ozvučení, uchycení krku a struníku.

11. Sušení odlitku na spodní desce (na špalcích) do druhého dne.

Nejsnazší bylo patrně lití resonátoru, forma se zalila hmotou a průměrně po šesti minutách, kdy se vytvořil 3 mm střepe se forma opatrně otočila asi o 100°. Při vytékání hmoty bylo nutné zbytky hmoty rozmývat mokrou houbou. Po vyjmutí resonátoru z formy (asi 4 hodiny pro dostatečnou pevnost) se brousila drážka na kobylku. Při lití poklice bylo nutné zalit staženou formu a počkat alespoň 20 min do rozebrání. Poté sejmut vrchní díl a vyvrtat do měkké hmoty všechny dírky podle značek obtisknutých z formy.

Retušování probíhalo u všech odlitků za sucha broušením cidlinou, smírkovým papírem (500) a především rozmýváním houbou.

Dostatečně proschlé odlitky (korpus kytary min 6 dní, ostatní 3 dny) byly přeneseny do pece na přežah tzn. první výpal na 900°C. Při něm již získává porcelán lepší tvrdost, pevnost a projeví se případné nedokonalosti (praskliny). Aby se předešlo poškrábání o podložku, tělo kytary se páli na sibralu (žárovzdorná izolace). Po přežahu bylo možné lépe zkontrolovat sestavení jednotlivých částí a případně brousit a retušovat nedokonalosti (smírek 1000).

Následně je možné porcelán glazovat (krátkým namočením do lázně glazury) s tím, že glazuru je nutné vždy setřít v místě dotyku porcelánu s pálicí podložkou, předchází se tak vzájemnému spečení. Glazované přežahy se poté znovu přesunou do pece, tentokrát na tzv. ostrý výpal při teplotě 1400 °C, kdy vzniká finální produkt. Při ostrém výpalu získá porcelán všechny své konečné vlastnosti, ale průběh výpalu je patrně nejproblematictější částí procesu výroby. Materiál totiž v takto vysokých teplotách výrazně měkne a v mnoha případech se fatálně hroučí, také se projevují deformace způsobené špatnou manipulací s odlitkem (porcelán má velmi dobrou tvarovou paměť) a výrobek praská.





*fotodokumentace výroby*

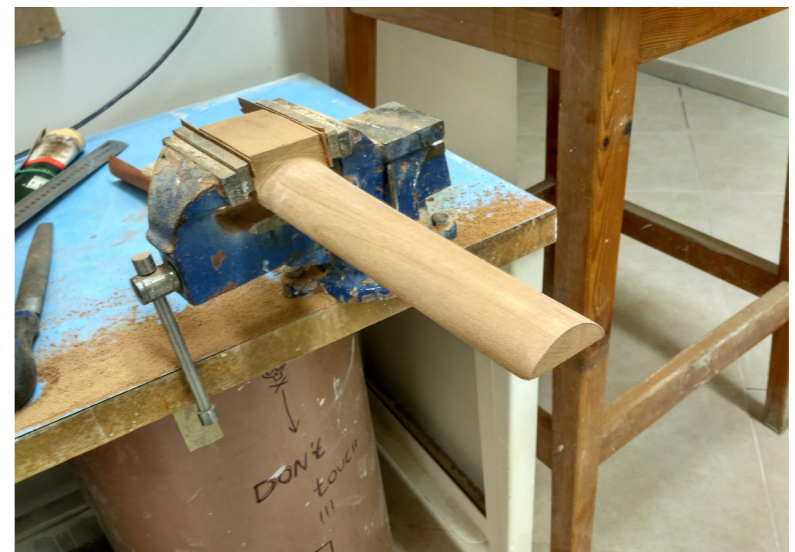
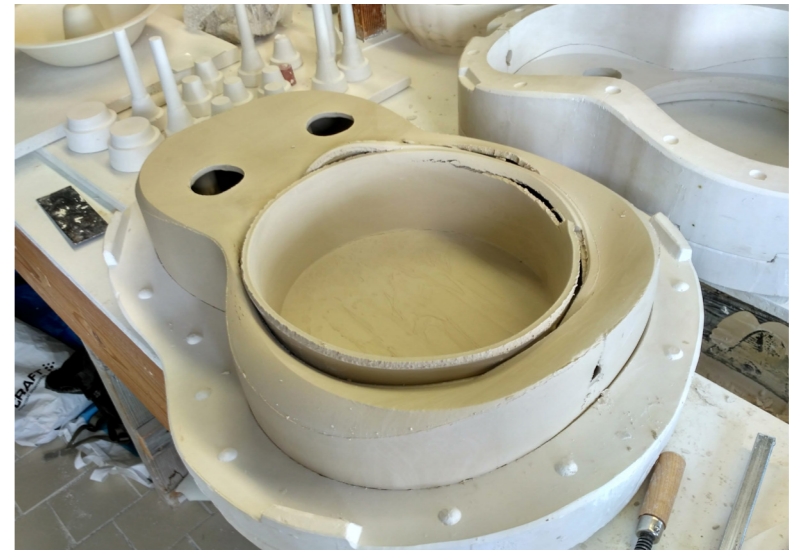
Ostatní části nástroje, kromě kovové mechaniky, byly vybroušeny ze dřeva. Krk s patkou a hlavou je slepený ze třech kusů mahagonu. Patka s krkem byly broušeny současně. Tvarování krku a patky bylo průběžně kontrolováno pomocí plastových šablon. Hrubý tvar blížící se požadovaným rozměrům byl vyříznutý pilou, dále ručně broušen rašplí a smirkovým papírem. Po slepení mahagonových částí bylo nutné zapustit vzpěru do vyfrézované drážky předtím, než se k mahagonu přilepil vybroušený ebenový hmatník a plato na hlavici. Mechanika je k hlavici šroubovaná.

Pro uchycení krku, struníku a kobylky jsem chtěl

vyzkoušet několik variant, proto jsem porcelánové odlitky upravoval různě. V čase odevzdání portfolia ještě nebyly všechny odlitky vypálené, proto není konkretizované konečné řešení, ale je prezentováno v modelu. Níže je popsáno několik možností postupu. V odlitku korpusu byly proříznuty dva větší otvory, aby bylo možné vlepit dva dřevěné špalíky dovnitř kytary – jeden pro přišroubování krku a druhý pro přišroubování struníku. Špalíky pomáhají rozložit působící síly při upnutí strun do větší plochy porcelánového materiálu. Pokud by bylo použito běžného způsobu sestavení pro kytary, hmatník by se šrouboval stejně jako kryt přímo k porcelánové desce. Pro uchycení krytu se však nabízí

několik variant, které bylo v plánu vyzkoušet a vybrat tu nejpříhodnější. První z možností je použití zámečku podobně jako u porcelánových konviček s víčkem. Zámeček by bránil vypadnutí krytu na jedné straně, na druhé straně by byl kryt připevněný přišroubovaným struníkem. Je možné uvažovat i upevnění pomocí neodymových magnetů pro skryté spojení, pokud by se odzkoušelo jako zvuku vyhovující a pevné. Další variantou je použít dřevěné kolíčky namísto kovových šroubů pro citlivější kontakt materiálu s porcelánem. Bylo by dobré udržet porcelánové části rozebíratelné pro snadnou údržbu a eventuální opravy některých částí nástroje.







## 8/ Závěr

Práce se do velké míry omezila jen na náročné hledání úspěšné výroby produktu. Jsem rád, že se ukázalo, že podobný produkt je možné vyrobit za určitých podmínek. Problémy se dařilo v průběhu práce odstraňovat a při další práci na projektu by bylo možné rizika nadále omezovat vylepšováním pracovního postupu (např. lití pod větším tlakem, řidší hmotou, zdokonalování systému vzpěr – žebrování apod.). Materiál ukázal potenciál i co se týče akustických vlastností, ale bylo by třeba ještě hledat lepší podpůrnou stavbu a nalévat co možná nejtenčí střepe. V porovnání s licí keramickou hmotou diturvit (z které byl jeden odlitek také vyroben), se porcelán po úhozu

rozezvoní a dobře to dokazují díly resonátor a kryt. Osobně jsem největší chvění a vibrace v materiálu cítil ve výrobě u přežahnutého výrobku, ten je ale ještě příliš křehký a pro výrobu nemyslitelný. Ostré pálení na nižší teplotu (jako u figurálního porcelánu) by ale mohlo také přispět k zajišťování rizik výpalu.

Tím, že šlo o velmi specifický produkt jsem sbíral rady a podněty z různých zdrojů a od různých lidí a nad prací často docházelo nepřímo k jejich vzájemné konfrontaci. Jsem proto rád, že projekt nebyl obohacující o nové zkušenosti jen pro mě, ale i pro všechny, kteří se na práci podíleli. Získal jsem spousty zkušeností z modelářské

práce se sádrou, s odléváním obecně, odléváním porcelánu i z práce se dřevem. Rád bych důsledněji pracoval s konceptem projektu a rád bych v projektu i hlouběji zpracovával kytarářské postupy, nicméně na ně byl příliš krátký časový prostor.

Velmi oceňuji možnost vybrat si právě takové téma, diplomová práce se pro mě stala intenzivní zkušeností a silným tvůrčím zážitkem.







