

fot. Andrzej Polak

Widok zaprojektowanej CAD-owej struktury szkieletowej bez modelu

CAD-owe projektowanie struktury protezy szkieletowej w kontekście druku 3D

Autor

mgr tech. dent. Andrzej Polak,
Art-DENT, Kraków
tech. dent. Bartosz Czajka

Hasła indeksowe:

projektowanie CAD-owe struktury protezy szkieletowej, druk 3D, struktury protezy szkieletowej dolnej

Słownik pojęć

■ PRP

Postęp technologiczny sprawia, że do techniki dentystycznej wkraczają nowe technologie, co za tym idzie alternatywne sposoby oraz możliwości wykonywania poszczególnych prac protetycznych. Mają one na celu podniesienie jakości naszych usług poprzez najwyższą precyzję, ułatwienie sposobu ich wykonywania czy też skrócenie czasu produkcji. Bez wątpienia jedną z metod produkcji uzupełnień protetycznych lub różnych szablonów w protetyce jest druk 3D.

Druk 3D daje coraz większy wachlarz możliwości wytwarzania struktur z żywicy, które zamienione na metal stanowią podbudowy protetyczne różnych uzupełnień funkcjonujących w jamie ustnej pacjenta.

Każdy technik dentystyczny zdaje sobie sprawę, iż wykonanie protezy szkieletowej to bez wątpienia proces czasochłonny i długotrwały. Składa się na nie wiele czynności, które należy wykonać z należytą precyzją, aby efekt końcowy był zadowalający zarówno dla nas, ale przede wszystkim dla pacjenta.

W poniższym artykule pragnę Państwu przybliżyć, w jaki sposób można wyko-

rzystać druk 3D w procesie wykonania struktury protezy szkieletowej klasycznej. Zaznaczam, że artykuł ten nie ma odpowiedzieć na pytanie, czy druk 3D skraca czas wykonania „szkieletu” czy wręcz go wydłuża. Ta kwestia zależy od wielu zmiennych i nie będzie tutaj rozstrzygana.

Proces wykonania struktury szkieletowej

Sposób, w jaki będzie wykonana praca protetyczna, którą Państwu zaprezentuję, to nic innego jak połączenie metody tradycyjnej z cyfrową. Owszem, istnieje możliwość większej ingerencji wirtualnej w proces twórczy, jednakże jestem zdania, że tylko poprzez połączenie handmade'u z projektowaniem CAD-owym można uzyskać optymalne rezultaty. W celu jak najlepszego zobrazowania tej nieco hybrydowej metody, cały proces wykonania struktury szkieletowej podzielono na następujące etapy:

- Sporządzenie modelu gipsowego.
- Analiza paralelometryczna modelu.
- Zaprojektowanie protezy szkieletowej na modelu.

- Skanowanie modelu.
- Wirtualne blokowanie podcieni.
- CAD-owe projektowanie struktury protezy szkieletowej i ustawienie konektorów do druku.
- Drukowanie i „obróbka” wydrukowanego szkieletu.
- Kanałowanie do odlania.

Sporządzenie modelu gipsowego

Dokładne wykonanie modelu, na którym będzie wykonana przyszła praca protetyczna, jest niezmiernie ważne i stanowi obowiązkowy element każdej pracy. Nie ulega wątpliwości, że jeśli już na etapie przygotowania modelu pójdzie coś „nie tak”, będzie miało to negatywne przełożenie na każdy kolejny etap wykonywanej przez nas pracy, a zwłaszcza na jej efekt. Jak już wspomniałem, możliwa jest większa ingerencja wirtualna, dzięki której możemy od samego początku pracować na modelu cyfrowym, jednakże pozwolimy sobie pozostać w tym przypadku tradycjonalistami. Natomiast dokładny sposób, w jaki należy sporządzić model gipsowy pod szkielet, jest zapewne Państwu znany (fot. 1).

▼ fot. 1. Właściwie przygotowany model roboczy



fot. 1

Analiza paralelometryczna modelu

Po wykonaniu modelu gipsowego ustawiamy go na stoliku paralelometru i przystępujemy do analizy paralelometrycznej. Bazując na swojej wiedzy i doświadczeniu, zawsze dążymy do tego, aby znaleźć optymalny tor wprowadzenia. Kiedy już go ustalimy, grafitem przymocowanym do prp obrysowujemy model w taki sposób, by widniały na nim zarysowane dwie linie – górna (największa wypukłość zębów) i dolna (dno analizy). Jest to niezmiernie ważne (fot. 2).

Zaprojektowanie protezy szkieletowej na modelu

Projektowanie struktury protezy szkieletowej to moment, w którym pojawia się pole do popisu dla wyobraźni, wiedzy i talentu technika. Powszechnie wiadomo, że na tym samym modelu można zrobić dziesiątki projektów i w zasadzie każdy technik zrobi to inaczej, pamiętając jednakże o pewnych, niezmiennych od lat, zasadach. Bardzo ważne jest, aby projekt narysować tzw. rysunkiem zamkniętym i zrobić to starannie, gdyż skaner będzie wówczas widział teksturę i przełoży się to na łatwość projektowania w systemie CAD (fot. 3a–3c).

▼ fot. 2. Model roboczy po wykonaniu analizy paralelometrycznej



fot. 2

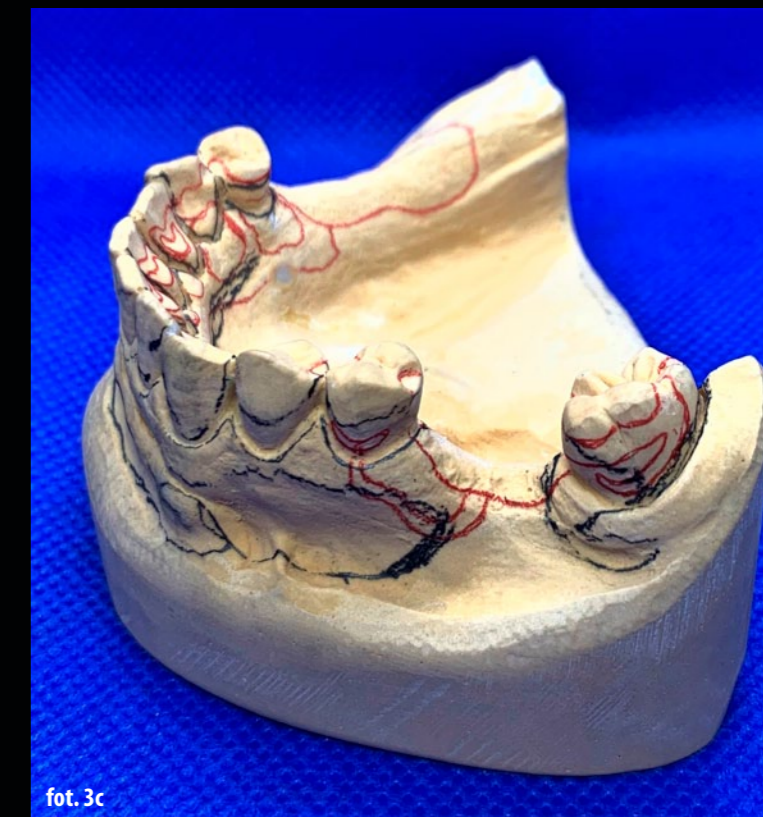
fot. 3a



▲ ▼ fot. 3a–3c. Model roboczy po analizie paralelometrycznej z naniesionym pełnokonturowym rysunkiem projektu



fot. 3b



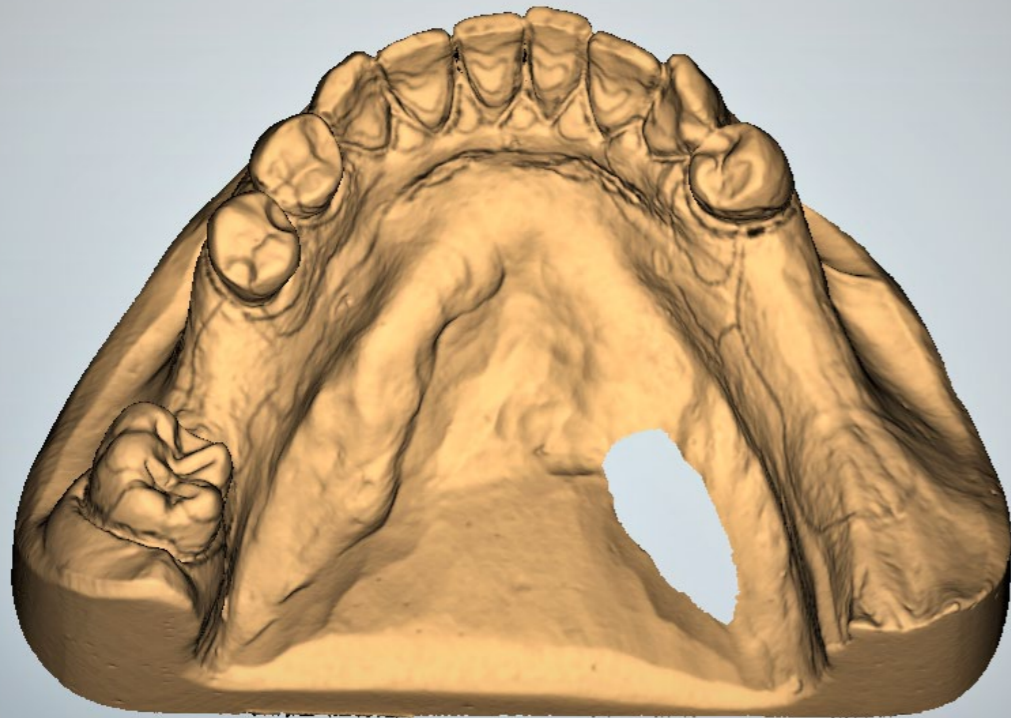
fot. 3c

Skanowanie modelu

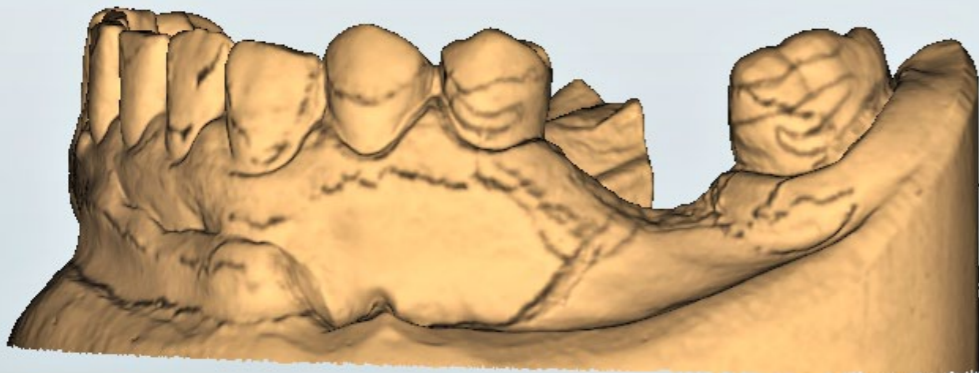
Tak przygotowany model układamy na stoliku skanera i przystępujemy do jego skanowania. Skaner, który został użyty w tym przypadku (Smart Optics Scan Box), ma możliwość „widzenia” tekstury, zatem po zeskanowaniu na modelu cyfrowym widoczny jest narysowany wcześniej projekt, który teraz należy zamienić z 2D na 3D (fot. 4a i 4b).

▼ fot. 4a i 4b. Zeskanowany model roboczy z widoczną teksturą

fot. 4a



fot. 4b

**Wirtualne blokowanie podcieni**

Od tego momentu działamy w programie do wirtualnego projektowania szkieletów – SilaPart firmy Siladent. Po zaimportowaniu skanu modelu, otwieramy go i przechodzimy do blokowania podcieni. Oprogramowanie w zasadzie samo ustala optymalny tor wprowadzenia, który w znacznej ilości przypadków pokrywa się z tym, co wcześniej zrobiliśmy manualnie. Można powiedzieć, że to element kontroli, czy wszystko do tej pory zostało zrobione poprawnie.

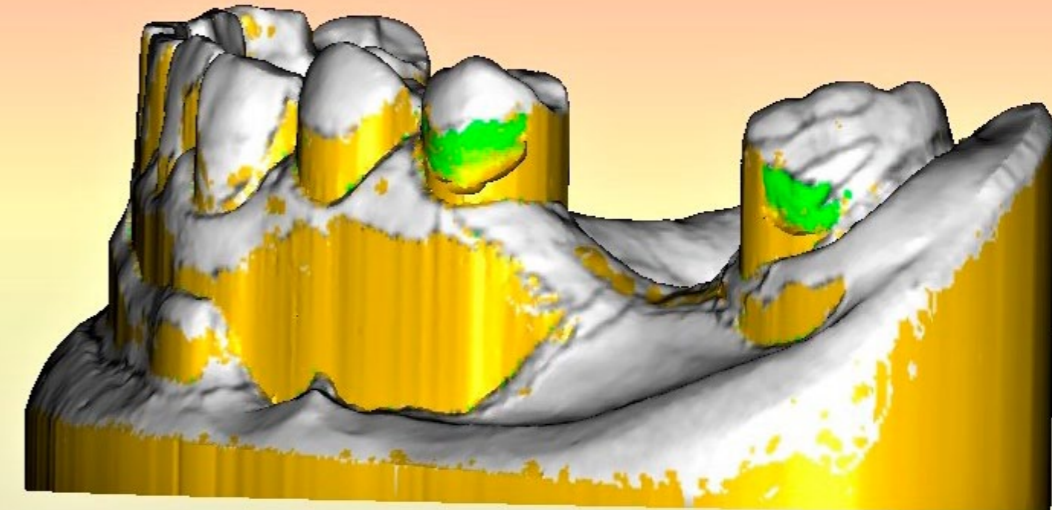
Po ustaleniu toru wprowadzenia, za naciśnięciem jednego przycisku klawiatury system blokuje wszystkie podcienie, zatem rola technika dentystycznego ogranicza się tu do odsłonięcia miejsc

pod części właściwe klamer retencyjnych oraz ewentualnie dodanie „wosku” w miejsca, które uznamy, że wymagają korekty.

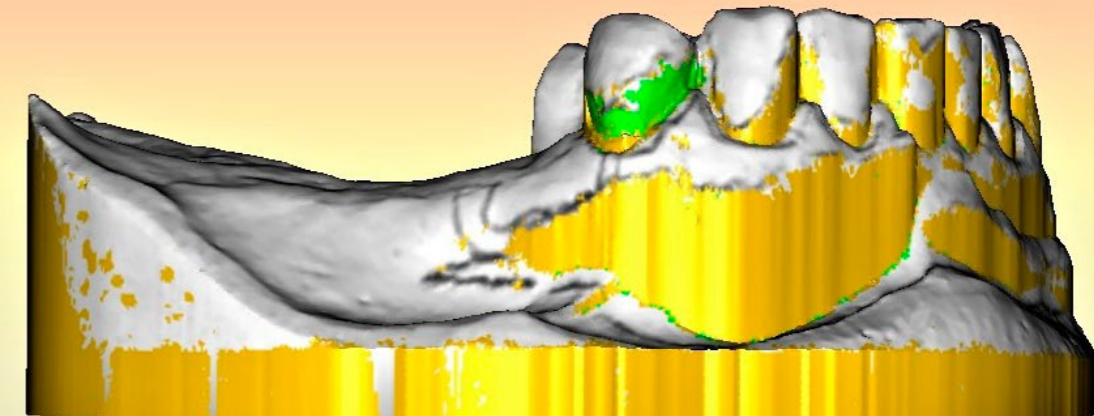
Blokowanie podcieni, czy to w metodzie konwencjonalnej, czy wirtualnej, to jeden z kluczowych etapów wykonania protezy szkieletowej, który w zasadzie w największej mierze przekłada się na pasowność przyszłej protezy. Możemy mieć najpiękniej zaprojektowaną i wymodelowaną protezę, ale jeśli nie wykonaliśmy starannie blokowania podcieni, zapewne okaże się, że struktura nie pasuje na model gipsowy – co bezpośrednio przełoży się na brak wzorowej pasowności w jamie ustnej pacjenta (fot. 5a i 5b).

▼ fot. 5a i 5b. Model po blokowaniu podcieni i usunięciu wosku

fot. 5a



fot. 5b

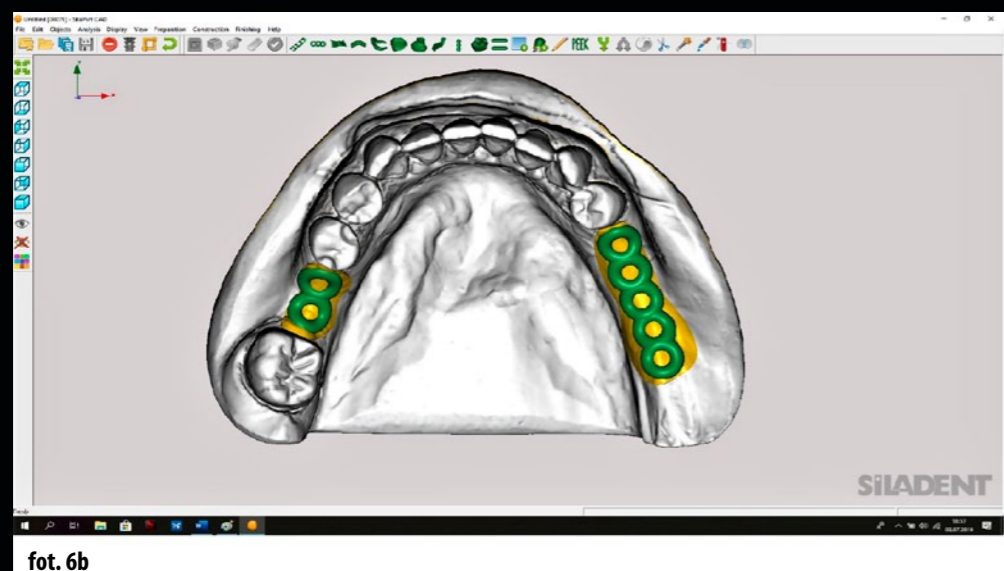
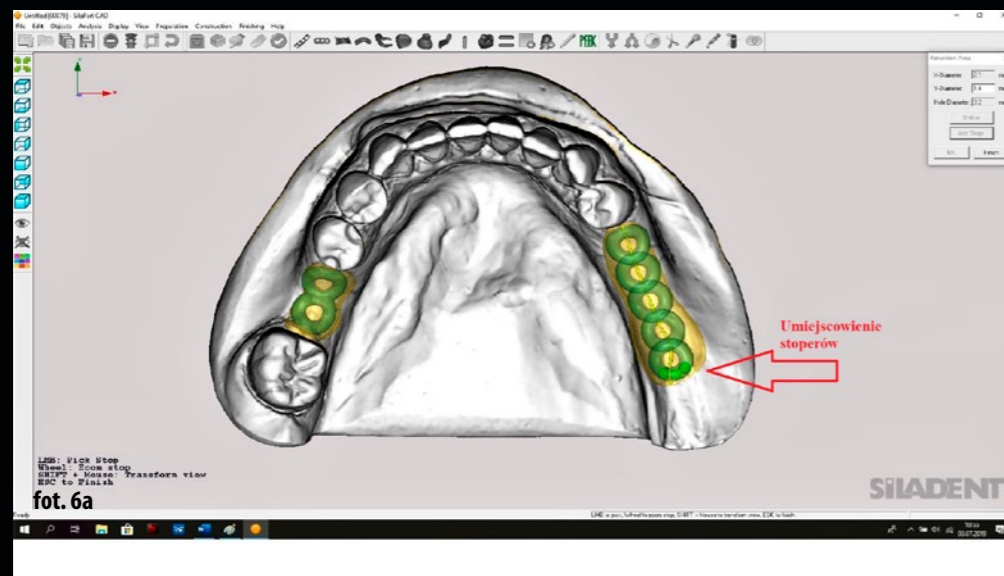


CAD-owe projektowanie struktury protezy szkieletowej i ustawienie konektorów do druku

Można powiedzieć, że CAD-owe projektowanie protezy szkieletowej to nic innego jak wirtualna modelacja. Stąd zasadne/wskazane jest, aby osoba, która się tym zajmuje, posiadała odpowiednią wiedzę i doświadczenie w zakresie tradycyjnej modelacji oraz projektowania protez szkieletowych. Śmiało można powiedzieć, że jest wręcz niemożliwe, aby ktoś, kto nie modelował nigdy szkieletu w wosku, potrafił poprawnie zaprojektować strukturę w oprogramowaniu CAD. Niemniej jednak warto podkreślić, iż oprogramowanie SilaPart jest w pewnej mierze intuicyjne, co pozwala na „łatwiejszą” pracę. Pod pojęciem „intuicyjne” należy rozumieć, że menu klawiszy odpowiedzialnych za poszczególne elementy jest

ułożone w taki sposób, jakby system nam sugerował, krok po kroku, co należy zrobić, aby zaprojektować daną strukturę. I tak pierwszym krokiem wirtualnej modelacji jest naniesienie podkładu na siodła pod siatkę retencyjną protezy. Podkłady podzielone są na górne i dolne, które można modyfikować w każdy możliwy sposób zarówno pod względem wielkości, grubości, jak i układu przestrzennego. Oczywiście możliwe jest wykonanie stoperów, które jest obligatoryjne w przypadku braków skrzydłowych szkieletów dolnych (fot. 6a i 6b). Na dalszym etapie „modelujemy” płytę protezy lub – jak w tym przypadku – łuk podjęzykowy. Warto zwrócić uwagę, że podczas blokowania podcieni nie zrobiono dystansu w miejscu prowadzenia łuku podjęzykowego. Było to bowiem niepotrzebne, gdyż podczas modelacji wirtu-

▲ fot. 6a–6b. Zaprojektowane siodła struktury szkieletowej z widocznymi stoperami w braku skrzydłowym

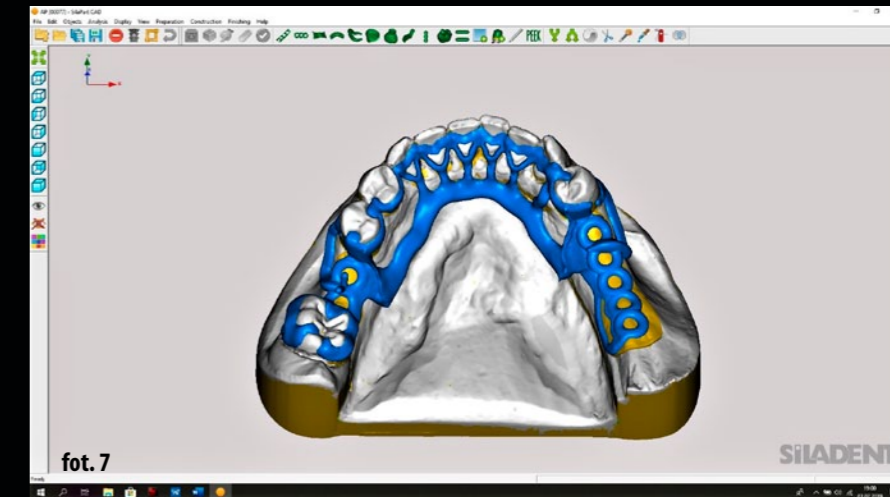


alnej łuku istnieje możliwość jego odciążenia o dowolną wartość, np. 0,2 mm. Wspomniano również, że wcześniejsze narysowanie projektu na model gipsowy wpływa na jakość i szybkość projektowania CAD-owego. Dzieje się tak za sprawą jednej z opcji oprogramowania, dzięki której, by nie klikać wiele razy w celu „wymodelowania” danego elementu, kursor dopasowuje się do kształtu zarysowanego wcześniej projektu. Kolejno projektujemy resztę elementów, z jakich składa się proteza szkieletowa. Biorąc pod uwagę intuicyjność oprogramowania oraz łatwość nanoszenia poszczególnych „kształtek”, wydawać by się mogło, że projektowanie CAD-owe to prosta sprawa. Nic bardziej mylnego. Po pierwsze, oprogramowanie nie przewiduje niektórych rozwiązań, które z łatwością są stosowane w modelacji tradycyjnej. W związku z tym technik musi się sporo nagłówekować, jak uzyskać pożądaną efekt.

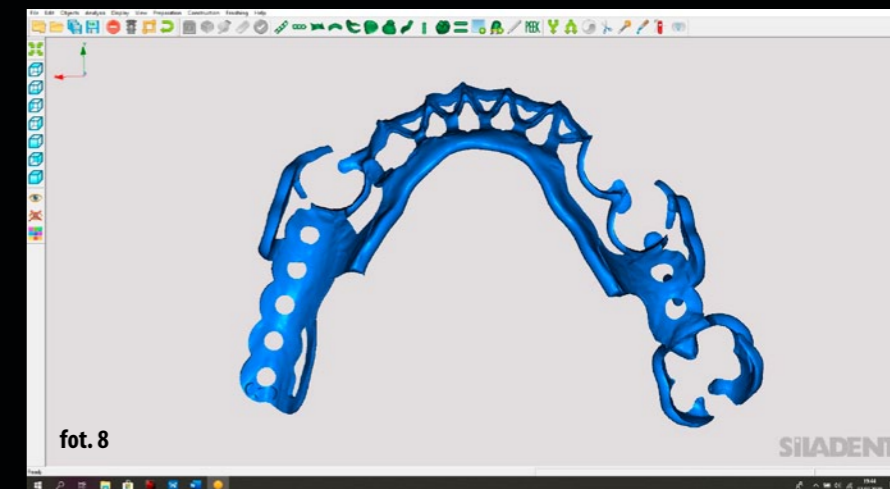
Po drugie, znacząca jest tu wiedza z zakresu grubości poszczególnych elementów protezy (klamer, prowadzeń, podparć, łuku, płyty) – w przeciwnym razie przyszła proteza nie będzie się nadawała do druku.

Każdy komponent protezy, który projektujemy/modelujemy, można w każdej chwili edytować w celu naniesienia ewentualnej korekty. W momencie, gdy mamy zaprojektowany cały szkielet, projektujemy belki usztywniające konstrukcję, których zadaniem będzie utrzymać sztywność konstrukcji podczas drukowania. Belki można również zaprojektować w taki sposób, aby odegrały rolę kanałów odlewowych. Szkoda, że oprogramowanie SilaPart jeszcze nie posiada modułu kanałowego. W firmie Siladent trwają prace w tym zakresie, więc być może jest kwestią czasu, kiedy to rozwiązanie zostanie wdrożone. Niewątpliwie, możliwość wklejenia kanałów odlewowych przed samym drukowaniem konstrukcji byłaby sporym udogodnieniem.

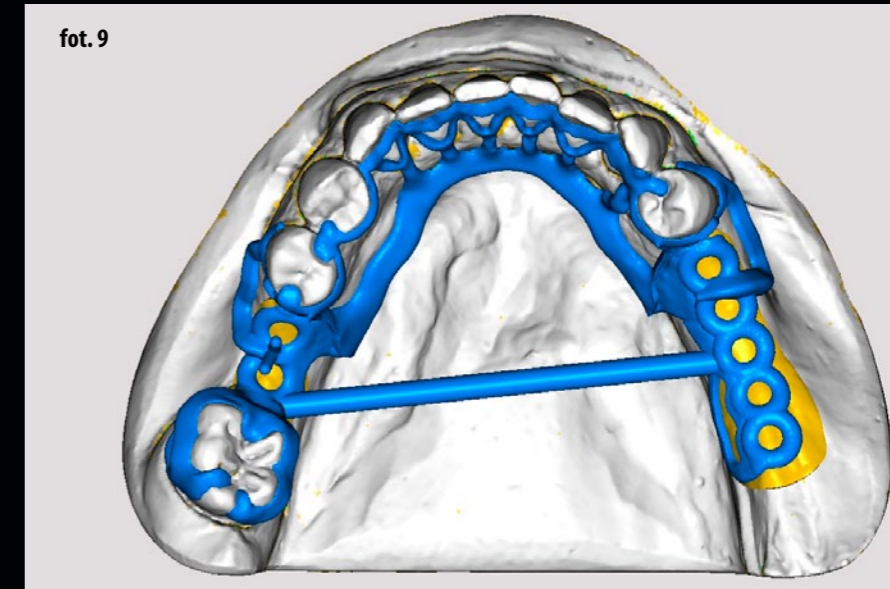
Przed wprowadzeniem belek, scalamy i wygładzamy wszystkie elementy w jedną estetyczną całość, zachowując zasadę z handmade’u: żadnych ostrych kątów. W momencie, gdy nasza wirtualna struktura jest kompletna, zapisujemy ją w pliku STL i kończymy pracę w oprogramowaniu SilaPart (fot. 7–9).



▲ fot. 7a–7c. Zaprojektowana proteza szkieletowa już po scaleniu wszystkich elementów i wygładzeniu



▲ fot. 8. Widok struktury szkieletowej od strony słuszkowej



▲ fot. 9. Gotowa do druku struktura wraz z belką zapisana w pliku STL

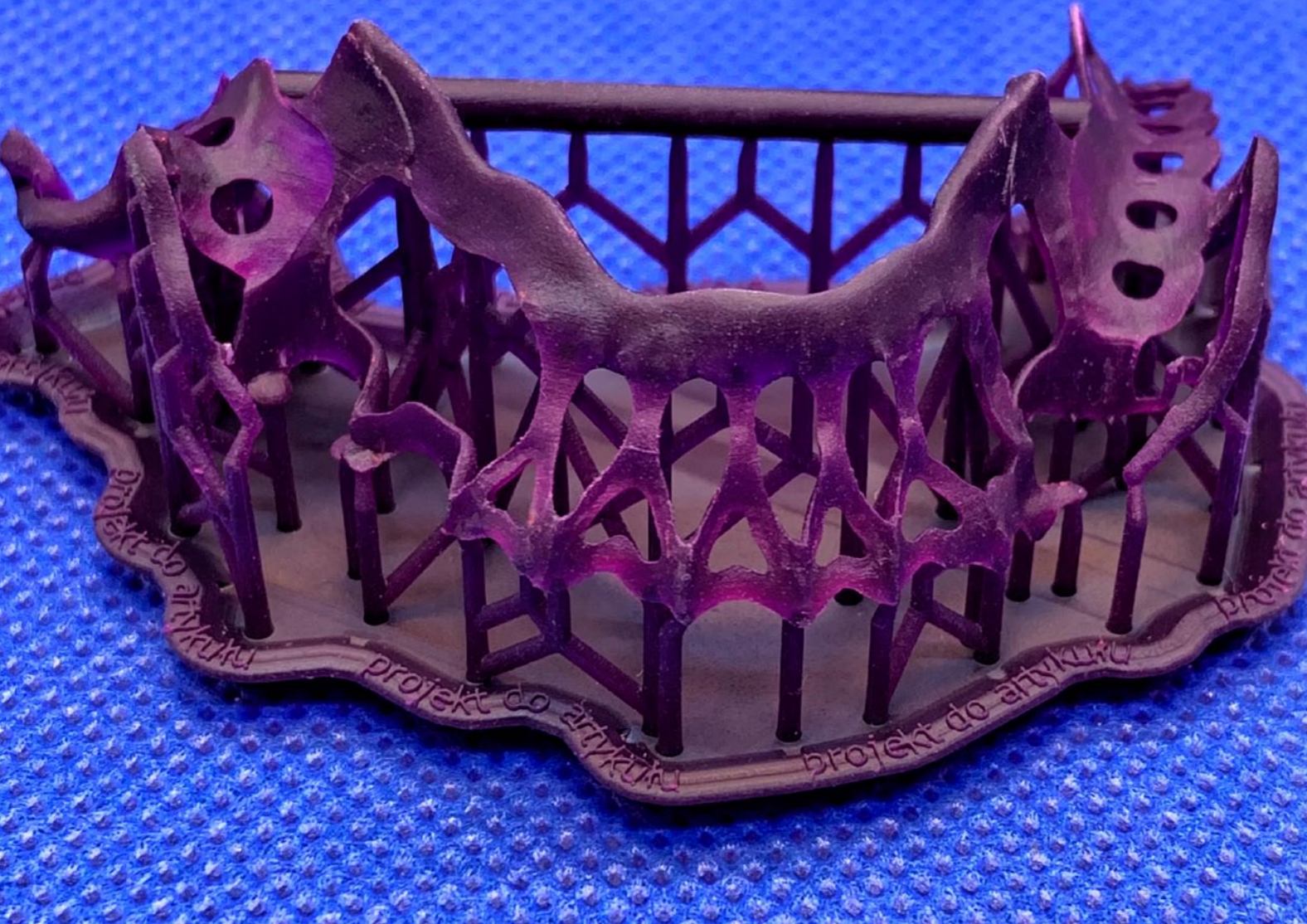
**Drukowanie i „obróbka”
wydrukowanego szkieletu**

Technologia druku 3D jest Państwu z pewnością znana, pominię zatem szczegółowy opis „jak to działa”. Sama obsługa drukarki 3D nie jest skomplikowana i wbrew pozorom jest to proste urządzenie. Do wydrukowania zaprojektowanej konstrukcji została użyta drukarka Formlabs 2. Jest to dość popularny na naszym rynku sprzęt, który dzięki dokładności druku rzędu 25 mikronów zdecydowanie nadaje się do druku „szkieletów” oraz innych niedużych form, np. koron, szyn itp.

Procedura: sporządzony projekt struktury szkieletowej, zapisany w formacie STL, otwieramy w oprogramowaniu drukarki – PreForm. W nim ustalamy

poziwość, w jakiej zostanie wydrukowana proteza oraz w które miejsca podczepić konektory, aby wydruk się udał. Co prawda oprogramowanie ma swój algorytm rozmieszczania konektorów, jednak nie rozpoznaje ono miejsc, w których ich podłączenie jest absolutnie niewskazane (np. wewnętrzne części klamer, płyta od strony dośluzówkowej). Po przyłączeniu konektorów należy wybrać żywicę, z jakiej drukarka będzie drukować oraz w jakiej dokładności. Do tego druku została użyta żywica o nazwie CastableWax. Zawiera ona w swoim składzie воск, co jest jej sporym plusem przy wypalaniu w piecu. Jakość druku natomiast została ustawiona na najwyższą, czyli 25 mikronów.

fot. 10a

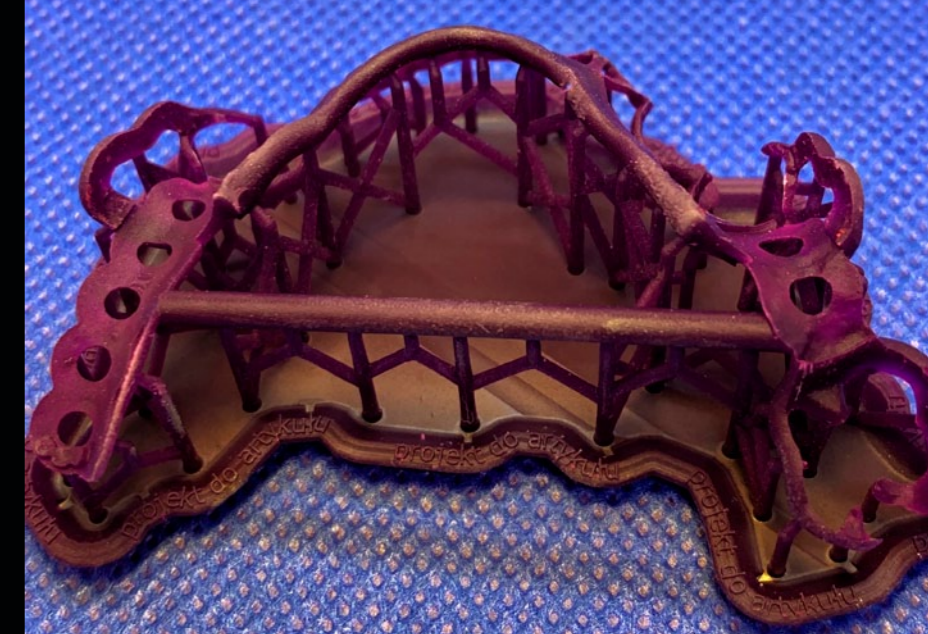


Tak przygotowany plik zapisujemy i przesyłamy do drukarki. Można to zrobić na dwa sposoby: bezprzewodowo przy użyciu Wi-Fi albo analogowo po kablu USB 3.0. W momencie, gdy drukarka odbierze plik, na jej panelu zatwierdzamy rozpoczęcie pracy i zaczynamy drukowanie. Można dodać jako ciekawostkę, że odpowiednio skonfigurowana drukarka wysyła do nas raport z informacją, kiedy rozpoczęło się drukowanie oraz ile czasu potrwa. Natomiast sam proces druku można śledzić przez internet. Ponadto raz w miesiącu wysyłany jest szczegółowy raport z informacją o liczbie druków, ilości zużytej żywicy oraz z innymi informacjami, które są przydatne podczas eksploatacji drukarki.

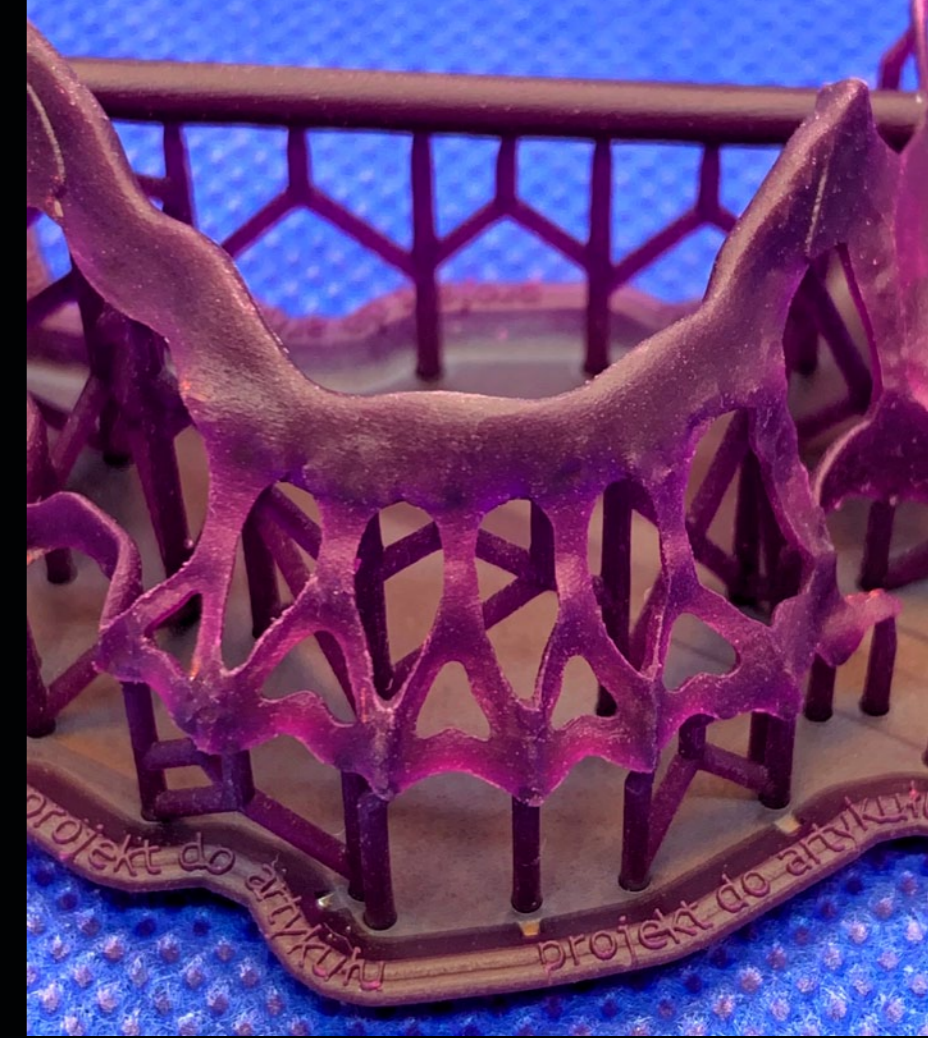
Na dalszym etapie pracy, po skończeniu drukowania, wydruk należy wyjąć z drukarki, przełożyć do myjki ultradźwiękowej z alkoholem izopropylowym i poddać 10-minutowej kąpeli. Zabieg ten ma na celu usunięcie pozostałości nieutwardzonej żywicy. Niektóre żywice należy dodatkowo utwardzić w lampie UV (fot. 10a–11).

◀▶ fot. 10a–10c. Wydrukowana z żywicy konstrukcja wraz z konektorami i belką

fot. 10b



fot. 10c



▼ fot. 11. Konstrukcja wraz z konektorami i belką założona na model

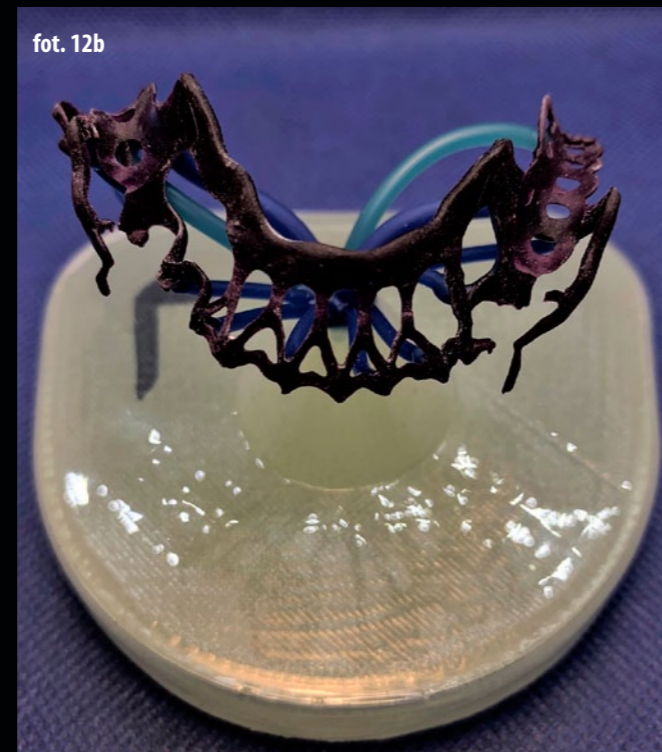


fot. 11

▼ fot. 12a i 12b. Struktura z wklejonymi kanałami odlewowymi przyklejona do podstawki



fot. 12a



fot. 12b

fot. 13



▲ fot. 13. Konstrukcja przygotowana do zalania masą osłaniającą (Pol-And Model Cast System)

Kolejno wydruk należy „obrobić”, a ściślej rzecz biorąc, usunąć konektory i zagaładzić miejsca po nich. Tak przygotowaną konstrukcję możemy założyć na model i przejść do wklejenia kanałów odlewowych. Jednakowoż dalsze procedury związane z procesem zamiany żywicy na metal zostaną omówione w drugiej części artykułu, do której lektury już teraz serdecznie Państwa zapraszamy (fot. 12a–13). ■

Korespondencja:



mgr tech. dent.
Andrzej Polak,
Art-DENT, Kraków
e-mail: andrzejpolak@interia.pl