

Rozprawa doktorska

**Materiał jako inspiracja projektowa.
Studium wpływu właściwości materiału
z odzysku na projektowanie formy
mebla miejskiego.**

Piotr Pacałowski

Rozprawa doktorska

**Materiał jako inspiracja projektowa.
Studium wpływu właściwości materiału
z odzysku na projektowanie formy
mebla miejskiego.**

Piotr Pacałowski

Dziedzina: Sztuki piękne i konserwacja dzieł sztuki
Dyscyplina: Sztuki projektowe

Promotor:
dr hab. Piotr Mikołajczak

Promotor pomocniczy:
dr Maciej Dojlitko

Recenzenci:

Podziękowania za wsparcie autor kieruje do:

dr inż. Tomasz Maciąg / Politechnika Śląska Katowice
dr hab. Anna Kmita / Akademia Sztuk Pięknych Katowice
proj. Joanna Pastusińska / Akademia Sztuk Pięknych Katowice / FuseLab Design Studio
proj. Karolina Hołdys / Akademia Sztuk Pięknych Katowice / FuseLab Design Studio

Gdańsk 2023

Spis treści

Wstęp

Część 01. Problem badawczy i teza

- 1.1 Problem badawczy
- 1.2 Poszukiwane cechy materiału
- 1.3 Teza
- 1.4 Cele i zakres poszukiwań
- 1.5 Recyding w produkcji mebli miejskich
- 1.6 Kontekst

Część 02. Czym są meble miejskie?

- 2.1 Czym są meble miejskie?
- 2.2 Czynniki decydujące przy planowaniu stref miejskich

Część 03. Obserwacje stanu istniejących rozwiązań stosowanych w produkcji mebli miejskich

- 3.1 Analiza istniejących materiałów bazujących na odzysku i ich wykorzystania w produkcji mebli miejskich
- 3.2 Określenie wymagań dotyczących materiałów stosowanych w produkcji mebli miejskich

Część 04. Materiał z odzysku

- 4.1 Eksperymenty materiałowe/poszukiwanie połączeń materiałów
- 4.2 Opracowanie próbek do testów
- 4.3 Badania i testy próbek
- 4.4 Zebranie wniosków i ocena wpływu nowo powstałego materiału na formę mebla miejskiego

Część 05. Projekt zestawu mebli miejskich

- 5.1 Założenia projektowe
- 5.2 Szkice wstępne
- 5.3 Projekty koncepcyjne – wizualizacje
- 5.4 Projekt końcowy – weryfikacja ergonomiczna
- 5.5 Projekt końcowy – podsumowanie
- 5.6 Projekt detaliczny – wariant stylistyczny 1
- 5.7 Projekt detaliczny – wariant stylistyczny 2
- 5.8 Wizualizacje w przestrzeni
- 5.9 Uwagi końcowe

Podsumowanie

Bibliografia

Wstęp

Sytuacja ekonomiczna na świecie zmienia się w nieprzewidywalnym tempie. Ceny materiałów produkcyjnych rosną szybciej niż zdążyliśmy się do tego przyzwyczać. Powraca pytanie, dlaczego nie wykorzystywać surowca, który zapewniłby możliwość odzysku bądź ponownego przetworzenia w bezstratny sposób? Piętrzące się dziś na wysypiskach śmieci tworzywa sztuczne to materiały o niejednorodnych parametrach. Powszechnie wiadomo, że produkcja może opierać się na materiałach wytworzonych z recyklatów, jednak w większości przypadków recyklat to dzisiaj tylko część nowego materiału, z którego produkowane jest opakowanie lub sam produkt.

Media szokują obrazami z plaż Nigerii, Dominikany czy Manili, na których dostrzegamy góry zmieszanych śmieci. Producenci prześcigają się w poziomie wskaźnika „eko” w swoich produktach, jedynie dodając symboliczne ilości naturalnych składników. Sprzedawcy próbują eliminować tworzywa sztuczne, zastępując torby foliowe papierowymi, choć ich wytwarzanie budzi wątpliwości z punktu widzenia ekologii. Brakuje propagowania świadomej segregacji śmieci, a tworzywa sztuczne trudno zastąpić innym, podobnym pod względem wytrzymałości czy sterylności materiałem. Wydawałoby się, że jako społeczeństwo znaleźliśmy się w punkcie bez wyjścia, a przed nami perspektywa nieodwracalnego zużycia zasobów Ziemi.

Projektanci już od wielu lat biorą na warsztat materiały z odzysku, ale kończy się to najczęściej pojedynczymi pomysłami prezentowanymi na festiwalach designu. Rzadko widzimy wytwarzany masowo produkt w 100% bazujący na odpadach.

Z tych powodów jednym z zadań projektanta jest uwzględnienie w procesie projektowania zagadnień związanych z recyklingiem i wykorzystanie jego możliwości. Rola projektanta w tworzeniu materiału z odzysku w aspekcie nowego produktu nie jest może kluczowa, ale na pewno jest ważna. Myślenie projektowe, kreatywność w poszukiwaniu nowych możliwości czy chęć eksperymentowania to tylko kilka cech, które mogą w tym pomóc. Eksperymentowanie z materiałami już na wstępnym etapie projektu znacznie zwiększa możliwości generowania rozwiązań i wypracowania optymalnej formy produktu. Jak ważna jest rola projektanta w rozpoznawaniu i wykorzystywaniu materiałów już na samym początku pracy twórczej potwierdza Richard Morris w podręczniku „The Fundamentals of Product Design”¹.

¹R. Morris, *The Fundamentals of Product Design*, polski tytuł *Projektowanie produktu*, wyd. PWN, Warszawa 2009, s. 19

Projektowanie oparte na doświadczeniach z materiałem jako punktem wyjścia w procesie projektowym nie jest zbyt popularne wśród projektantów. Jednak są ośrodki, takie jak holenderska uczelnia Delft University of Technology, gdzie prof. Elvin Karana od kilku lat pracuje ze studentami wykorzystując stworzoną i opisaną przez siebie metodę Material Driven Design (MDD)². W swojej pracy nadaje materiałom aktywną rolę w procesie projektowym i uważa, że projektanci, którzy rozumieją relacje pomiędzy użytkownikiem, produktem i materiałem, mogą bardziej celowo manipulować materiałami w celu uzyskania znaczących doświadczeń. Projektantowi – obok wiedzy, informacji, wyobraźni twórczej i czasu – niezbędny jest określony system wartości, który pozwoli mu na dokonanie oceny koncepcji projektowych i odrzucenie rozwiązań niespełniających wymagań aksjologicznych – pisał Edwin Tytyk, autor wielu publikacji z zakresu projektowania ergonomicznego³. To samo dotyczy moim zdaniem decyzji w doborze materiału.

Jak wybór materiału może wpłynąć na projekt mebla miejskiego? Czym ten mebel będzie się różnił w zależności od zastosowanego materiału: blachy, profili stalowych, szkła, drewna, betonu czy tworzyw sztucznych? Jakie inne rodzaje materiałów, poza standardowymi, ma do dyspozycji dzisiaj projektant? W jakim stopniu projektant ma wpływ na materiał zastosowany w projekcie? Skąd projektant mebla czerpie dzisiaj wiedzę o materiałach stosowanych we współczesnym wzornictwie? Czy lepsza znajomość materiałów zwiększy innowacyjność projektów mebli? Jeżeli z powodu braku wiedzy projektanta, materiał docelowy zostaje wybrany dopiero w procesie wdrażania projektu mebla do produkcji tylko przez technologów, konstruktorów lub właścicieli firm, może w skrajnych przypadkach całkowicie zmienić pierwotny projekt pod względem formy, konstrukcji oraz jakości.

Testowanie różnych materiałów w procesie opracowywania wstępnych modeli może dostarczyć nowych, czasem zaskakujących odkryć, które mogą wpłynąć na końcowy projekt. Znajomość materiałów i możliwości ich wykorzystania powoduje, że można je wykorzystać w oryginalny sposób, zwiększając innowacyjność projektu.

Dlatego ważną częścią moich rozważań jest nie tylko analiza istniejących materiałów i kompozytów bazujących na odzysku w produkcji mebli miejskich, ale przede wszystkim próby i doświadczenia w trakcie eksperymentów warsztatowych.

Proces badawczy skupiał się na poszukiwaniu odpowiedniego zestawu materiałów, będącego efektem niestandardowych połączeń i obróbki, np. opony samochodowej z trocinami, opakowań z tworzyw sztucznych z wiórami z metalu, itp. Pierwszym etapem było opracowanie próbek do badań wytrzymałościowych, analizy właściwości mecha-

nicznych, użytkowych i estetycznych oraz badania już pod kątem użycia w konkretnym projekcie (np. siedziska lub kosza). Kryteria oceny były oparte na wcześniej określonych wymaganiach dotyczących projektowania i produkcji mebli miejskich, takich jak trwałość, odporność na warunki atmosferyczne, masa, koszt produkcji, odporność na wandalizm, estetyka i wpisanie się w otoczenie (np. stare miasto i dzielnice finansowe czy biurowe).

Pożądaną wartością dodaną jest zwłaszcza odporność na zniszczenia mechaniczne i wandalizm. Dlatego poszukiwanymi cechami nadrzędnymi były zwiększona sprężystość materiału oraz odporność na warunki atmosferyczne. W przypadku elementów siedziska komfort użytkowania może podnieść elastyczność oraz temperatura odczuwalna materiału. Ważne także, by technologia produkcji/obróbki materiału pozwoliła na nietypowe kształtowanie formy (wtrysk, prasowanie lub odlewanie).

W efekcie poszukiwań i eksperymentów z materiałem i formą powstała koncepcja zestawu mebli miejskich wykorzystujących w produkcji całkowicie lub częściowo materiały opracowane w wyniku autorskich doświadczeń oraz eksperymentów technologicznych.

Opracowany materiał po wdrożeniu mógłby mieć o wiele szersze zastosowanie w przemyśle i znaczny wpływ na poziom odzysku odpadów w Polsce. Mógłby też korzystnie wpłynąć na wizerunek instytucji czy firm chcących zainwestować w opracowane na jego bazie produkty.

Zaadresowanie projektu do przestrzeni publicznych jest ważnym elementem pracy. Wyekspozowanie w mieście mebli z nowych materiałów z odzysku pozwala na budowanie świadomości społecznej dotyczącej recyklingu i jego możliwości.

²E. Karana, *MDD A Method to Design for Material Experiences*, International Journal of Design Vol. 9, No. 2/2015

³E. Tytyk, *Projektowanie ergonomiczne*, wyd. PWN, Poznań 2001, s. 51

01

Problem badawczy i teza

1.1 Problem badawczy

Wg GUS w 2021 r. na jednego mieszkańca Polski przypadało średnio 358 kg zebranych odpadów komunalnych – o 16 kg więcej niż rok wcześniej. W 2021 r. tylko 26,9% odpadów komunalnych trafiło do recyklingu⁴. W 2016 r. Komisja Europejska przyjęła pakiet dotyczący gospodarki, który zobowiązuje wszystkie państwa członkowskie do zwiększenia recyklingu odpadów komunalnych do poziomu 65% do 2030 r. Polska ma mało czasu, by dostosować się do tych wymogów: już w 2020 r. poziom recyklingu odpadów komunalnych powinien sięgnąć 50%. Obecnie poziom recyklingu głównych surowców – szkła, makulatury, metali i tworzyw sztucznych – nie przekracza u nas kilkunastu procent. W Niemczech już dzisiaj jest to prawie 75%.

Pod względem masy jedną z większych grup odpadów są zużyte opony. W Europie powstaje obecnie około 3,8 mln ton zużytych opon rocznie. Unia Europejska wprowadziła zakaz ich składowania na wysypiskach śmieci i składowiskach odpadów. Wprowadziła też zasadę „poszerzonej odpowiedzialności producentów”, zgodnie z którą to producent bądź importer odpowiada za wymagany poziom odzysku lub recyklingu opon. Aktualnie w UE poziom ten wynosi dla odzysku 75%, a dla recyklingu – 15%. Z Krajowego Planu Gospodarki Odpadami wynika, że w 2016 r. masa zużytych opon w Polsce wyniosła 199,4 tys. ton, w 2017 r. – 211,9 tys. ton, a w 2018 r. – 210,1 tys. ton⁵.

Liczby te będą rosły. Dodatkowo, coraz częściej spotykane samochody elektryczne używają opon szybciej od aut spalinowych. W związku z ciągłym wzrostem liczby eksploatowanych opon i długim czasem ich biodegradacji, wynoszącym nawet do stu lat, stare opony są istotnym zagrożeniem dla środowiska. Stąd zakazane jest ich wyrzucanie nawet na wysypiskach śmieci. Dania to w tej chwili jedyny kraj na świecie, w którym recykling materiałowy zużytych opon wynosi 100%⁶. Mimo to odpowiedzialne projektowanie, uwzględniające odzysk materiałów i świadomy zrównoważony rozwój w produkcji, zwłaszcza w mniejszych firmach, stanowi zdecydowaną mniejszość rynku.

Istnieje kilka najczęściej stosowanych metod recyklingu opon samochodowych. Pierwsza to mechaniczny recykling gumy, który polega na rozdrabnianiu i ponownym użyciu regranulatu jako składnika nowych mieszanek gumowych. Tego typu rozdrabnianie przeprowadza się w temperaturze otoczenia, w niskiej temperaturze oraz na mokro w temperaturze otoczenia. Kolejną metodą jest termiczny recykling gumy, polegający na rozerwaniu wiązań tworzących sieć, jak np. w metodzie olejowo-parowej, gdzie miesza się

⁴Raport GUS Ochrona Środowiska w 2021 r. opublikowany 30.06.2022

⁵Sprawozdanie KPGO za okres 2017-2019, Tab. 5, dane opublikowane w październiku 2021

⁶<https://www.oponeo.pl/artukul/recykling-opon>

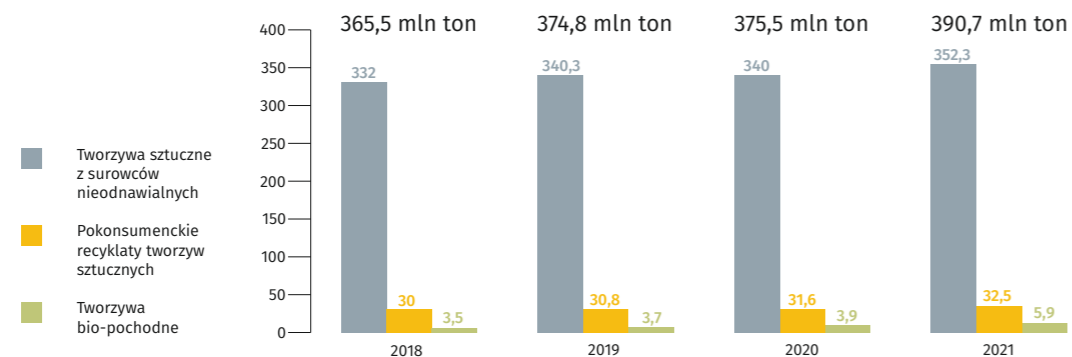


granulat gumowy z olejami, ładuje do autoklawu i poddaje działaniu pary wodnej. Stosuje się również pirolizę opon całych lub pociętych. Piroliza polega na podgrzaniu materiału bez dostępu tlenu, dzięki czemu otrzymuje się frakcję gazową, olejową i stałą. Inną metodą jest fizyczny recykling opon za pomocą mikrofal lub ultradźwięków. Pod ich wpływem rozerwaniu ulegają wiązania węgla i siarki, a uzyskany wulkanizat nadaje się do ponownego przetwarzania⁷.

Obecnie większość tworzyw sztucznych jest nadal wytwarzana z nieodnawialnych surowców kopalnych. Przejście na neutralną dla klimatu gospodarkę obiegu zamkniętego wymaga pilnych inwestycji oraz innowacyjnego podejścia do powtórnego użycia znacznie większych ilości recyklatów tworzyw sztucznych w produkcji nowych wyrobów.

W 2021 r. w Unii Europejskiej wykorzystano 5,5 mln ton recyklatów pokonsumenckich odpadów z tworzyw sztucznych w nowych produktach lub ich częściach. Niestety stanowi to tylko 10% wykorzystania recyklatu w przetwórstwie tworzyw sztucznych, chociaż jest to o 20% więcej niż w 2020 r. Światowa produkcja tworzyw sztucznych w 2021 r. przekroczyła 390,7 mln ton rocznie, z czego pokonsumenckie recyklaty to tylko 32,5 mln ton, czyli zaledwie 8,3% (Rys. 1). Segmentami, które mają największy udział w stosowaniu tworzyw są opakowania (44%) oraz budownictwo (18%). Poziom udziału wyrobów z tworzyw sztucznych i gumy w przetwórstwie przemysłowym w Polsce w 2021 r. wg GUS przedstawia wykres (Rys 2).

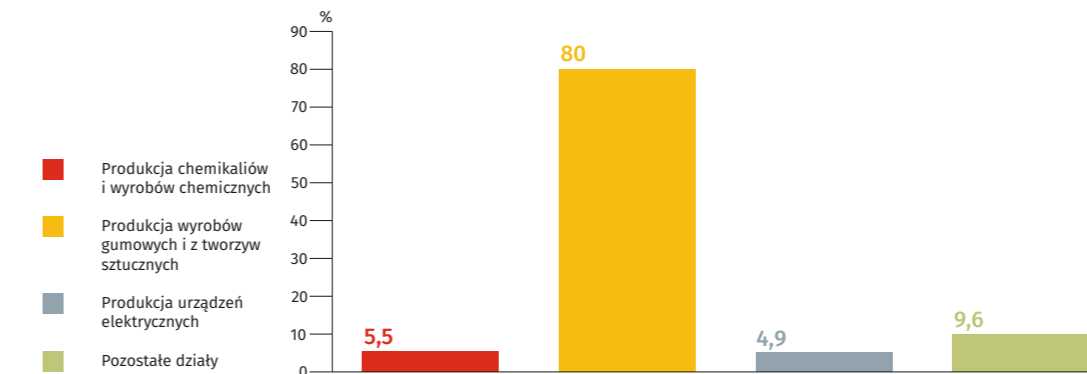
W Polsce w latach 2006–2020 ilość odpadów z tworzyw przekazanych do recyklingu wzrosła o 177%, odzysk energii wzrósł aż 132 razy, ale składowanie zmniejszyło się tylko o 18%. Natomiast na ponad 2,051 tys. ton odpadów z tworzyw sztucznych w 2021 r. 27% trafiło do recyklingu, z 32% odzyskano energię, a 41% trafiło na składowiska.



Rys. 1 Rozwój światowej produkcji tworzyw sztucznych, źródło: Raport Tworzywa-fakty 2022 opracowany przez Plastics Europe

Tylko w czterech krajach Unii europejskiej recykling tworzyw sztucznych przekracza 40%: Holandia, Niemcy, Norwegia i Hiszpania. W całej Unii w 2020 r. do recyklingu przekazano w sumie 35% pokonsumenckich odpadów tworzyw sztucznych⁸.

Po kilkuprocentowych spadkach na początku pandemii, w Unii europejskiej nastąpił znaczny wzrost produkcji z udziałem tworzyw sztucznych i sięgnął 10,5% w 2021 roku⁹. Trudna sytuacja energetyczna, kryzys w gospodarce europejskiej i światowej oraz wojna w Ukrainie powodują, że prognozy są niepewne, ale wskazuje się na lekki spadek produkcji, ok. -4%, a co się z tym wiąże, niższe zapotrzebowanie na tworzywa.



Rys. 2 Struktura zużycia tworzyw sztucznych w przemyśle przetwórczym wg wybranych działów PKD w 2021 r¹⁰

Jedną z metod poradzenia sobie z problemem tzw. trudnych odpadów może być ich wykorzystanie do opracowania nowego, trwałego i estetycznego materiału. Materiał taki, zastosowany w projekcie mebla miejskiego, dodatkowo mógłby szerzyć świadomość ważności odzysku w dzisiejszym świecie i jego wpływu na przyszłość naszej planety. Docelowo mógłby też zachęcać samych użytkowników mebli miejskich do ich współtworzenia poprzez świadomą segregację lub odpowiednią utylizację odpadów. Według Plastic Europe recykling odpadów tworzyw sztucznych zbieranych selektywnie osiąga trzynastokrotnie wyższy poziom niż recykling odpadów ze źródeł zmieszanych¹¹.

Poza rolę edukacyjną wybór mebla miejskiego jako obszaru zainteresowania projektowego swoją skalą (znaczna ilość mebli i wyposażenia miejskiego w miastach) realnie wpływa na walkę z problemem zalegających odpadów. Miasto i jego ulice są dużym generatorem odpadów, więc ta strefa wydaje się naturalnym środowiskiem, które może odmienić swój wizerunek stosując materiały z odzysku. Natomiast opona to jedyny element pojazdu, mający wyłączny kontakt z nawierzchnią ulicy, którą bezpośrednio niszczy.

⁷A. Wojciechowski, R. Michalski, E. Kamińska, *Wybrane metody zagospodarowania zużytych opon*, wyd. Polimery 2012, 57, nr 9

⁸ ⁹ ¹¹ Raport Tworzywa-fakty 2022, opublikowany przez Plastics Europe w październiku 2022 r.

¹⁰ Raport GUS Gospodarka materiałowa w 2021 r. opublikowany w 2022 r.

1.3 Teza

Założeniem rozprawy jest zebranie wniosków z badań i eksperymentów oraz ocena wpływu nowo powstałego materiału na formę mebla miejskiego. Na bazie zebranych wniosków została opracowana seria koncepcji projektowych zestawu mebli miejskich, pokazujących nowatorskie cechy i możliwości materiału z odzysku w porównaniu z tradycyjnymi materiałami.

Przed precyzyjnym zdefiniowaniem problemu projektowego powstał szereg ogólnych pytań, które pozwoliły na postawienie tezy.

- Dlaczego warto (należy) poszerzać warsztat pracy projektanta o wiedzę na temat recyklingu starych i trudnych w odzysku materiałów?
- Czy włączenie projektanta w proces tworzenia materiału od samego początku tworzy nową wartość?
- Pod jakimi względami materiał/kompozyt z odzysku może być lepszy od tradycyjnie stosowanego w produkcji mebli miejskich materiału? Czy może być trwalszy, lżejszy, tańszy, łatwiejszy w obróbce, elastyczniejszy od tradycyjnych materiałów?
- Czy użycie materiału z odzysku w przestrzeni publicznej może zwiększać świadomość potrzeby recyklingu i segregacji odpadów?
- Czy stosowanie tego typu materiałów w produkcji mebli miejskich pozwoli lepiej rozwiązywać problem zalegających odpadów?
- Jakie formy mebli miejskich można uzyskać stosując materiały z recyklatów w stosunku do istniejących, tradycyjnych rozwiązań?

Teza

Udział projektanta wzornictwa w procesie tworzenia materiału ma istotny wpływ na walory konstrukcyjne i estetyczne obiektu wykonanego z tego materiału.

Teza pomocnicza:

Ze względu na swoje cechy materiał pochodzący w 100% z recyklingu może podnosić walory konstrukcyjne, użytkowe i estetyczne mebli miejskich w porównaniu do powszechnie stosowanych rozwiązań materiałowych. Ponadto, ekspozycja w przestrzeni publicznej mebli wytworzonych z tego materiału, poszerza świadomość konieczności powtórnego wykorzystania odpadów i pełni rolę edukacyjną.

1.4 Cele i zakres poszukiwań

Przedmiotem poszukiwań jest technologiczne opracowanie materiału/-ów z odzysku i sprawdzenie, jak jego/ich właściwości mogą wpłynąć na formę i funkcję mebli miejskich.

Cele badań

- wykorzystanie połączeń różnych materiałów trudnych w recyklingu do stworzenia nowego materiału/kompozytu, np. na bazie zużytych opon i wiórów drewnianych
- wskazanie cech nowego materiału, kluczowych dla projektu mebli miejskich
- uzyskanie materiału przydatnego także w innych projektach/dziedzinach niż obszar mebli miejskich
- szerzenie świadomości korzyści z odzysku/segregacji śmieci
- wpływ współczesnego rozwoju miast i samej architektury na meble miejskie i sposób ich użytkowania

1.5 Recykling w produkcji mebli miejskich

Przy projektowaniu i produkcji mebli miejskich należy uwzględnić stan obecny wiedzy oraz zakres stosowania recyklingu, na co składają się następujące czynniki:

- meble miejskie jako obszar zainteresowania projektowego swoją skalą mogą realnie wpływać na walkę z problemem zalegających odpadów
- dzięki obecności w przestrzeni publicznej, meble miejskie mogą zwiększać świadomość recyklingu i jego możliwości oraz zachęcać użytkownika do współtworzenia produktu
- przestrzeń miejska jest dużym generatorem odpadów, więc ta strefa wydaje się naturalnym środowiskiem, które może odmienić swój wizerunek stosując materiały z odzysku

- Ustawa o rozszerzonej odpowiedzialności producenta w sektorze gospodarki odpadami – na mocy dyrektywy Parlamentu Europejskiego 2018/851 z dn. 30 maja 2018. Termin wdrożenia ROP w Polsce to 5 lipca 2020 r.
- Polska ma jeden z najniższych wskaźników recyklingu w Unii Europejskiej przy ciągle rosnącym rozwoju gospodarczym
- niska świadomość roli recyklingu w procesie projektowania i produkcji
- w produkcji mebli miejskich dominuje od wielu lat ta sama paleta materiałów (stal, lite drewno, szkło, beton)
- projektant i producent są odpowiedzialni za stosowane materiały i ich recykling w całym cyklu życia produktu (nie tylko za materiały użyte w samym produkcie, ale także w jego opakowaniu, logistyce, sposobie sprzedaży po utylizację)

1.6 Kontekst

Od kilku lat obserwujemy wzrost zainteresowania projektantów obszarem ponownego użycia i przetwarzania materiałów lub odpadów. Liderem w tym zakresie, zarówno jeśli chodzi o edukację jak i promocję projektowania w duchu zrównoważonego rozwoju, jest Design Academy w Eindhoven, gdzie studenci podejmują tematy bazujące na materiałach z odzysku, a absolwenci osiągają międzynarodowe sukcesy kontynuując prace z odpadami.

Jednym z absolwentów Design Academy w Eindhoven jest Piet Hein Eek, który projektuje i sam produkuje meble oraz akcesoria wyposażenia wnętrz. W swojej pracy najpierw wyszukuje potencjalne materiały (odpady), potem szuka dostępnych technologii/maszyn, przetwarza, po czym sprawdza, czy danym produktem zainteresuje się rynek. Jego najbardziej rozpoznawalnym projektem są stoły z serii „Waste in scrapwood” (fot. 3) wykonane ze starego drewna rozbiórkowego¹².

Kolejnym absolwentem Design Academy, który świetnie się odnalazł w świecie recyklingu, jest Tom van Soest, który jeszcze jako student zaczął projektować z odpadów,

¹²<https://pietheineek.nl/en/product/afvaltafel-in-sloophout-3-m-hoogglans-gelakt>

a obecnie zajmuje się m.in. produkcją cegieł ze śmieci¹³ wykorzystywanych w budownictwie w Holandii i Szwajcarii. Opracował wiele zestawów kolorystycznych, w zależności od rodzaju odpadów budowlanych, np. na bazie cegieł, płytek ceramicznych (fot. 5), mieszanek betonu, itp.

Z kolei Woojai Lee wykorzystuje stare gazety jako składnik pulpy papierowej służącej do wytwarzania cegieł, bloków oraz gotowych produktów – siedzisk, stolików, regałów, a także elementów dekoracyjnych (fot. 6). Prowadzi on własne studio również w Eindhoven, a swoje projekty, które osobiście produkuje w niewielkich nakładach, z powodzeniem prezentuje od wielu lat w Mediolanie¹⁴ podczas Milan Design Week.

Innym wiodącym ośrodkiem jest włoska firma Ecopixel, która została założona przez producenta Claudio Milioto i projektanta Jana Puylaerta. Zajmują się oni projektowaniem i produkcją mebli oraz akcesoriów z tworzyw sztucznych pochodzących w 100% z odzysku. Opracowali dwa rodzaje materiałów, których używają w swoich projektach: Ecopixel – bazujący na tworzywach segregowanych oraz Trashplast – produkowany z tworzyw niesegregowanych¹⁵ (fot. 4).

W Europie, również w Polsce, organizowanych jest również wiele konkursów, które wspierają projektowanie materiałowe. W Mediolanie od kilku lat ma miejsce konkurs RO Plastic Prize¹⁶, którego pomysłodawczynią i kuratorką jest Rossana Orlandi. W minio-nej edycji, razem ze współniczkami – Joanną Pastusińską oraz Karoliną Hołdys, z którymi tworzymy studio projektowe FuseLab¹⁷, zostaliśmy finalistami i mieliśmy okazję zaprezentować na wystawie w mediolańskim Palazzo Bandello nasz projekt odbojnika „Rubber Bumper” z mieszanki recyklatów tworzyw sztucznych oraz gumy odzyskanej z opon samochodowych (fot. 7 i 8).

W ramach tódzkiego festiwalu odbywa się konkurs Make Me, gdzie wyróżnione zostały w ostatnim czasie projekty studentów katowickiej ASP – Lampy Eggy Kamila Kowalczyka z porcelany i skorup kurzych jajek oraz projekt Mateusza Mioduszewskiego – Ashka – płytki ceramiczne z popiołów.

Od kilku lat widać też znaczny wzrost zainteresowania studentów eksperymentowaniem z materiałami, o czym świadczy coraz większa liczba chętnych, zapisujących się na prowadzony przeze mnie przedmiot Modelowanie i eksperymenty materiałowe na Wydziale Projektowym Akademii Sztuk Pięknych w Katowicach, w ramach którego zajmujemy się głównie poszukiwaniami nowych połączeń materiałów bazujących na odzysku, zarówno syntetycznych, jak i organicznych, a sama uczelnia silnie wspiera poszukiwania materiałowe na poziomie dydaktyki.



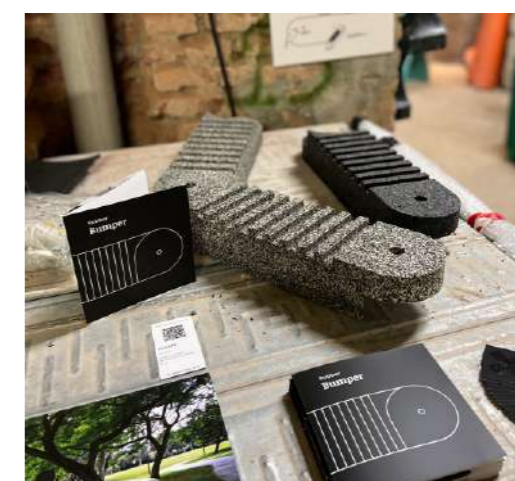
◀ Po lewej (fot. 3) stoliki zaprojektowane i wykonane przez Pieta Hein Eeka fot. Piet Hein Eek

◀ Po prawej (fot. 4) realizacja z materiału Trashplast fot. Ecopixel



◀ Po lewej (fot. 5) cegły Stonecycling projektu Toma van Soesta fot. Stonecycling

◀ Po prawej (fot. 6) przykładowe realizacje z pulpy papierowej, proj. Woojai Lee, fot. Woojai Lee



◀ Na zdjęciach obok (fot. 7 i 8) projekt odbojnika Rubber Bumper i prototypy na stoisku w Mediolanie fot. autora

¹³<https://www.stonecycling.com/wastebasedbricks/>

¹⁴https://woojai.com/PaperBricks_Pallet-1

¹⁵<http://www.ecopixel.eu/trashplast.html>

¹⁶<https://www.guiltlessplastic.com>

¹⁷<https://fuselab.com.pl>

Wiedza na temat materiałów stosowanych w przemyśle to podstawa w kształceniu przyszłych projektantów, a także w późniejszej pracy zawodowej projektanta. Zdobywaniu tej wiedzy pomaga biblioteka materiałów, którą zrealizowałem w ramach badań statutowych. Jest ona zlokalizowana przy pracowni modelowania (fot. 10), gdzie student ma bezpośredni, a często pierwszy w życiu kontakt z technologiami przemysłowymi i materiałoznawstwem. Celem tego projektu było zbudowanie biblioteki materiałów z podziałem na kategorie materiałów powszechnie stosowanych w przemyśle: polimery, metale, szkło, ceramika, naturalne oraz stworzenie dodatkowo działu materiałów eksperymentalnych, które opracowujemy z grupą powyżej wspomnianych studentów wzornictwa III roku w ramach przedmiotu Modelowanie i eksperymenty materiałowe, gdzie najczęściej bierzemy na warsztat materiały z odzysku (fot. 9).

Z ogromnym zainteresowaniem spotkała się również prezentacja stoiska katowickiej ASP "Plastic Fantastic – odpady jako środek artystyczny i projektowy" w październiku 2021. Wspólnie z dr hab. Agatą Chmielarz i mgr. Mikołajem Dymowskim w ramach 5 edycji Śląskiego Festiwalu Nauki zaprezentowaliśmy proces przetwarzania odpadów z tworzyw sztucznych w produkty użytkowe i dekoracyjne. Pokazaliśmy, że również w obszarze sztuki i projektowania znajduje się miejsce na odpowiedzialność za środowisko naturalne.

Inspirujemy środowisko artystyczne i społeczność akademicką do świadomego postępowania z cennym odpadem jakim jest „plastikowy śmieć”, pokazujemy jak łatwo możemy go przetworzyć i wykorzystać do naszych projektowych i artystycznych doświadczeń. Jak powstaje recyklat i co można z niego zrobić. Wszystko by edukować, że plastikowe odpady to nie śmieci, tylko cenny surowiec, a poprzez naszą działalność promujemy odpowiedzialność za środowisko. Jako artyści i projektanci włączamy się w walkę o naszą planetę. Na naszym stoisku zbieraliśmy m.in. zakrętki z HDPE, które można było od razu zmielić i uzyskać recyklat, następnie przetworzyć w nowy produkt: zawieszkę-breloczek. Zainteresowanie zwiedzających w różnym wieku przerosło nasze oczekiwania, przez większą część festiwalowego dnia ustawiały się kolejki chętnych do rozmowy i samodzielnego przetestowania materiału (fot. 13–14).

W tym samym roku wspólnie z Kingą Pawlik prowadziliśmy warsztaty metodą design thinking dla studentów katowickiej ASP również pod tytułem "Plastic Fantastic?". Uczestnicy mieli za zadanie w kreatywny sposób wytyczyć nowe kierunki odzyskania i powtórnego przetworzenia tworzywa sztucznego, za pomocą maszyn i technologii dostępnych na ASP w Katowicach (fot. 11–12). Studenci korzystali z nowych dla siebie narzędzi np. mapa empatii, moodboard, karta kluczowych obserwacji oraz burza mózgów w trakcie generowania pomysłów. Na koniec warsztatów mieli okazję wykonać model swojej koncepcji z recyklatów, przygotowanych z przyniesionych odpadów tworzyw sztucznych.



◀ Po lewej (fot. 9) przykładowe próbki opracowane przez studentów w ramach zajęć z Eksperymentów materiałowych
 ▶ Na zdjęciu po prawej (fot. 10) fragment biblioteki materiałów ASP Katowice, fot. autora



◀ Na zdjęciach obok (fot. 11 i 12) studenci podczas pracy w ramach warsztatów Plastic-Fantastic fot. dr Anna Lorenc



◀ Na zdjęciach obok (fot. 13-14) widoczne stoisko ASP Katowice na Śląskim Festiwalu Nauki fot. autora

02

Czym są meble miejskie?

2.1 Czym są meble miejskie?

Towarzyszą nam od dawna, ale na początku nie były nawet nazywane (małą) architekturą, gdyż wynikały głównie z potrzeby chwilowego odpoczynku w drodze, w podróży. Kamień przy drodze, pień drzewa czy murek, na którym można przycupnąć, pełniły często te role. Mogły ułatwiać podróż – słupki z informacją o odległości czy kierunku, barierka do przywiązania uprzęży konia, studnia... Wraz z rozwojem miast dochodziły coraz nowsze elementy jak latarnie uliczne, słupki odgradzające, ławki, kosze, miejsca odpoczynku, place zabaw, po dzisiejsze multimedialne wyposażenie miasta – biletomaty, infokioski i nośniki reklam. Często powstawały wraz z architekturą budynku w jego otoczeniu, czy w ramach założenia parkowego, wtedy mogły być spójne, tworzyć całość, ale występowały też jako wolno stojące elementy rozmieszczone w większej przestrzeni miasta.

Patrząc na historię rozwoju miast, widać, że ich projektowanie ma znaczny wpływ na zachowania ludzi, np. miasta średniowieczne o bardzo zwartej zabudowie podporządkowane były dwóm podstawowym funkcjom: handlowi i rzemiosłu, a ciasne uliczki i małe odległości ułatwiały przemieszczanie się. Kanadyjski pisarz, aktywista miejski i specjalista współczesnej urbanistyki Charles Montgomery w publikacji „Miasto szczęśliwe”¹⁸ zauważa, że przez większość dziejów ulice miast były dostępne dla wszystkich. „Droga była targowiskiem, placem zabaw, parkiem, a także arterią komunikacyjną”, ale bez sygnalizacji świetlnej, barierek, słupków czy wyznaczonych pasów.

W dwudziestym wieku ludzki wymiar miasta był w istotnym stopniu pomijany w projektowaniu urbanistycznym na rzecz priorytetowego i rosnącego w drugiej połowie stulecia ruchu samochodowego. Tym samym mieszkańcy, użytkownicy przestrzeni publicznych byli traktowani gorzej niż pojazdy. Potwierdzają to warunki, w jakich muszą żyć: skażenie, hałas, niebezpieczeństwo, marnowanie czasu (przejścia na żądanie) czy bariery architektoniczne (różnice poziomów, krawężniki, barierki, itp.).

Jane Jacobs już w 1961 r. w książce „The Death and Life of Great American Cities”¹⁹ ostrzegła i mocno krytykowała modernistyczne założenia segregacji miast na strefy funkcjonalne (mieszkalne, komercyjne, rekreacyjne, przemysłowe), które dominowały w urbanistyce, a doprowadzają w konsekwencji do śmierci miast. Ten model jest widoczny również u nas, gdzie po prawie 70 latach od tej publikacji doskonale widać wskazane przez Jacobs problemy. Zamknięte, strzeżone osiedla-getta stały się synonimem luksusu,

¹⁸C. Montgomery, *Miasto szczęśliwe*, wyd. Wysoki Zamek, Kraków 2021, s. 103

¹⁹J. Jacobs, *Śmierć i życie wielkich miast Ameryki*, Fundacja Centrum Architektury, Warszawa 2014, s. 161, 206

a galerie handlowe za miastem z rozbudowaną ofertą kulturalną czy sportową sposobem na spędzenie weekendu z rodziną. To wszystko spowodowało, że życie w centrach zaczęło umierać, a ulice i place centrów pustoszeć, pociągając za sobą upadek drobnego handlu i usług.

Znakomity polski reporter i fotograf Filip Springer w książce „Wanna z kolumnadą”²⁰, w której wnikliwie pokazuje obraz polskich miast, pisze, że w centrach dużych polskich miast jest tak pusto, że człowiek się zastanawia czy nie wydarzyło się coś, co każe innym zostać w domach. Dalej pisze „najpierw znikają ludzie. Potem kawiarnie, księgarnie, małe bary, miejsca gdzie można posiedzieć. Powstają banki, salony telefonii komórkowej... Życie w nich zamiera po osiemnastej.” Podobnie stwierdza Krzysztof Olechnicki we wstępie do jednej z cyklicznych publikacji pod redakcją Marka Krajewskiego „Niewidzialne miasto”²¹, gdzie zauważa na przykładzie Torunia, że „we współczesnych polskich miastach rozpycha się sztuczna i symulowana przestrzeń publiczna, a robi to pod pretekstem normalizacji, kosztem przestrzeni żywej, która z kolei coraz bardziej się kurczy.” Liczne zdjęcia w niewielkiej książeczce zdają się potwierdzać słowa realistycznym obrazem.

David Sim, dyrektor kreatywny i partner w biurze Gehl Architects w swojej publikacji „Miasto życzliwe”²² stawia pytania: „jak to możliwe, że Rzym przetrwał upadek imperium i półtora tysiąca lat później stał się stolicą współczesnych Włoch?” Drezno i Hiroshima zostały zrównane z ziemią, a jednak z sukcesem się odrodziły, a wiele nowo zaprojektowanych miast nie funkcjonuje dobrze. Sim pyta dalej: „czy Brasilia kiedykolwiek stanie się drugim Rio, a Canberra drugim Sydney?” Wg autora miasto to sieć relacji, w której musi współgrać wiele, często niepasujących do siebie systemów. Wyżej wymienione przykłady pokazują, że aby było to możliwe, połączenie nie może być sztywne, musi być elastyczne, łatwo i szybko reagować na uczestników. Podsumowuje, że „to, co elastyczne, jest wytrzymałe.”

Wg amerykańskiego antropologa Edwarda T. Halla, który specjalizował się w proksemice, czyli postrzeganiu przez człowieka przestrzeni społecznej i indywidualnej, istnieje pewien twór techniczny, który kompletnie zmienił styl życia i od którego zależy dziś tak bardzo, że większość z nas nie wyobraża sobie życia bez niego. Żaden inny wytwór człowieka niepożera takiej ilości przestrzeni prywatnej i publicznej jak samochód²³. Jan Gehl, autor m.in. publikacji „Miasta dla ludzi”²⁴ oraz architekt, który pracował nad poprawą funkcjonowania takich miast jak Kopenhaga, Sztokholm, Londyn, Sydney, San Francisco czy Nowy Jork udowodnił wielokrotnie, że lepsze przestrzenie miejskie dają więcej życia w mieście. Kopenhaga była jednym z pierwszych miast w Europie, w którym w znaczny sposób zaczęto ograniczać ruch samochodowy oraz możliwości dojazdu i parkowania

w centrum jeszcze w latach 60., tym samym tworząc mieszkańcom nowe, lepsze warunki życia.

Dzięki tym zmianom badania przeprowadzone w latach 1968, 1986 i 1995 przez naukowców z kopenhaskiej Szkoły Architektury potwierdziły, że po poprawie warunków więcej ludzi chodzi po mieście i w nim zostaje. Jego wniosek był kluczowy: „...jeśli się zachęci do przebywania w mieście ludzi, a nie samochody, to odpowiednio zmieni się charakter życia miasta.” A tę zachętę łatwo sprowokować, chociażby wymieniając stare ławki na nowe czy zwiększając ich ilość i to bez względu na zakątek świata, klimat, kulturę czy gospodarkę.

Dzisiaj meble miejskie świadczą w znacznym stopniu o jakości życia w danym mieście, wpływają na bezpieczeństwo, komfort i wygodę przemieszczania się, chęci przebywania w mieście, wychodzenia na zewnątrz. Są miasta, które lubimy bardziej, czujemy się w nich dobrze, nawet kiedy ich nie znamy, jesteśmy przejazdem lub pierwszy raz, a są takie, do których wracać nie lubimy. Życie, puls miasta zależy od tego, co się dzieje na ulicy, czy jest bezpiecznie, czy ludzie chcą się spotykać, czy mają gdzie? Czy mają po co wyjść z domu, z pracy? Umeblowanie miasta jest do tego celu kluczowe, bo służy wszystkim: mieszkańcom, turystom i osobom, które przyjeżdżają w interesach, na chwilę. Mebel miejski jest bliżej człowieka niż otaczające go budynki, do których często nawet nie ma okazji czy potrzeby wejść, mimo, że codziennie je mija w drodze do pracy.

Również spowolnienie ruchu wspomaga życie w mieście. Wg cytowanego wcześniej Jana Gehla „Ludzie, którzy mają potrzebę pozostać dłużej w przestrzeni miejskiej, poczuć się zmęczeni staniem i zechcą się rozglądać za miejscem do siedzenia”²⁵. A jak się można domyślać im dłużej siedzący planuje zostać w mieście, tym lepszego miejsca do siedzenia będzie oczekiwał i takiego szukał. Miejsca z widokiem, dalej od hałasu, ruchu ulicznego będą bardziej oblegane, niż te mniej atrakcyjne. Komfort siedzenia także wpływa na wybór i czas pozostawania w danym miejscu. Dlatego należy zapewnić zróżnicowany wybór miejsc do siedzenia – podstawowe, czyli meble z oparciem, podłokietnikami, wygodne, aby korzystający z nich (najczęściej osoby starsze) mogli pozostawać dłużej, ale też drugorzędne – jako wzbogacenia podstawowych, mniej oczywiste, aby przysiąść, podeprzeć się spontanicznie, na chwilę, kiedy podstawowe są zajęte. Poza tym te drugorzędne mogą pełnić na co dzień inne funkcje, np. stojaka na rowery, donicy, ogranicznika, itp. Na długość i chęć pozostania w mieście wpływa też klimat, pogoda, zieleń, ale jak pokazuje przykład skandynawskich miast, jeżeli zapewni się odpowiednie miejsca do odpoczynku, ludzie będą spędzali czas na zewnątrz nawet podczas surowej zimy – promienniki ciepła w kawiarnianych ogródkach, koce i poduszki dla klientów kawiarni. Dobrze zaprojektowane ścieżki rowerowe i ich utrzymanie przez cały rok (np.

²⁰F. Springer, *Wanna z kolumnadą*, wyd. Czarne, Wołowiec 2013, cyt. s. 13

²¹M. Krajewski (red.), *Niewidzialne miasto*, wyd. Metropolis, 2008, cyt. s. 10

²²D. Sim, *Miasto życzliwe*, wyd. Wysoki Zamek, Kraków 2022, s. 244

²³E. T. Hall, *Ukryty wymiar*, wyd. PIW, Warszawa 1976, s. 246

²⁴J. Gehl, *Miasta dla ludzi*, wyd. RAM, Kraków 2017, s. 16-17

²⁵J. Gehl, *Miasta dla ludzi*, wyd. RAM, Kraków 2017, cyt. s. 140

odśnieżanie ścieżek w pierwszej kolejności) - umożliwią dojazd rowerem do pracy także zimą.

Dzisiejszy obraz polskich miast jest bardzo zróżnicowany ze względu na okres przemian. Centra dużych miast to place budowy, powstają nowe strefy, wymienia się i reorganizuje ruch, usuwając samochody poza ścisłe śródmieście, próbując jednocześnie przywracać życie w centrum. Jest to na pewno dobry kierunek, bo wcześniej, w drugiej połowie lat 90., życie miejskie wyniosło się do galerii handlowych, które przejęły rolę centrum ze względu na funkcjonalności pozahandlowe, takie jak restauracje, sale kinowe, sportowe, baseny, itp. Dochodzi jeszcze problem jakości zagospodarowania przestrzeni i to zarówno tych starych z poprzedniej epoki, jak i współczesnych, które muszą koegzystować. Głęboko porusza ten aspekt publicysta i socjolog Piotr Sarzyński, w wydawnictwie zatytułowanym „Wrzask w przestrzeni. Dlaczego w Polsce jest tak brzydko?”²⁶, w którym opisuje piętnaście najbrzydszych jego zdaniem rzeczy w nowej Polsce, poczynając od stojących przy ulicach worów ze śmieciami, przez bazgroły na murach, po targowiska i bazy.

Przy projektowaniu dla przestrzeni miejskiej najważniejszą kwestią pozostaje jak to, co powstanie, będzie służyło użytkownikom. Łatwiejsze wydaje się urządzenie większego obszaru na raz, przy okazji remontu, przebudowy czy budowy nowych obiektów, gdzie wszystko wymieniane jest na nowe. Nie zawsze lepsze, a świadczy o tym chociażby masowa wycinka starych drzew i nasadzanie w ich miejsce nowych, nawet w większej ilości, ale o przekroju kilku centymetrów. David Sim w książce „Miasto życzliwe”²⁷ pisze, że „większość miast dysponuje olbrzymią ilością danych dotyczących pojazdów, ale nie ma prawie w ogóle informacji o zachowaniach pieszych”. W rezultacie piesi prawie zawsze otrzymują mniej miejsca niż samochody, choć w centrach miast stanowią największą grupę uczestników ruchu.

2.2 Czynniki decydujące przy planowaniu stref miejskich

Przy wyborze mebli czynnikiem decydującym często jest cena, (tego typu zakupy realizuje się głównie na drodze przetargów), a nie jakość czy estetyka, a wtedy trudno o utrzymanie spójności. Zdarza się, że jeden producent dostarcza ławki, inny latarnie, a kolejny kosze na śmieci. W większości miast widzimy więc mieszankę kontrastów, jeśli nawet nie kolorystycznych to materiałowych, do czego dochodzi zestawienie

nowego ze starym, zużytym elementem istniejącego wyposażenia. Poza tym budowa jednego skwerku, ulicy, placu to wciąż kropla w skali całego centrum miasta. Zatem ten okres „przejściowy” może być długotrwały lub nawet stały, bo brakuje spójnych wytycznych co do jakości estetycznej wyposażenia każdego miasta.

Obecnie stosowane materiały, które dominują w obszarze wyposażenia miasta, to głównie stal malowana proszkowo, stal nierdzewna, stal cynkowa – w elementach konstrukcyjnych, rzadziej aluminium, szkło, drewno – w wykończeniach siedzisk oraz wypełnień w przegrodach lub jako elementy ozdobne, beton – w wykończeniach nawierzchni oraz często jako materiał konstrukcyjny. Poza tym tworzywa sztuczne w obiektach typu: place zabaw, kosze na śmieci, siedziska. Jest to dosyć wąski wachlarz materiałów i kolorów, mogący tworzyć spójny i powtarzalny w wielu miastach charakter. Jednak pojawiają się też często odważniejsze elementy rozbudowane, nawet rzeźbiarskie w swojej formie, które mogą szokować czy chwilowo się podobać, ale nie zawsze są funkcjonalne i spełniające swoje podstawowe role, co może powodować, że użytkownik ostatecznie nie będzie z nich korzystał.

Tworzeniu estetycznej spójności miejsca nie pomagają też ilość rodzajów mebli miejskich. Poza wspomnianymi wyżej kosztami, ławkami czy nośnikami informacji to także oświetlenie uliczne, słupy znaków drogowych, stojaki rowerowe, stacje do ładowania samochodów elektrycznych, stanowiska wynajmu rowerów czy hulajnóg, wiaty przystankowe, barierki, rozkłady jazdy, słupy plakatowe, zegary, wyświetlacze, ekrany, biletomaty, bankomaty, donice, szlabany, bramki, toalety publiczne, kioski czy stragany sezonowe. Taka pula różnych elementów wymaga sprawnego planowania strefy, odpowiedniego dopasowania do potrzeb i wiedzy o użytkowniku.

Mebel miejski powinien spełniać funkcje, do których został przeznaczony. Poza ergonomią, która wpływa na komfort użytkowania, musi łatwo dostosowywać się do różnych użytkowników, w różnym wieku, w tym dla osób z niepełnosprawnością, na jego jakość wpływa również trwałość materiałów.

Istotna jest też łatwość recyklingu i o ile metalowe elementy nie są tu problemem, to stosowanie betonu, kompozytów czy drewna powinno dać do myślenia projektantom mebli jak i autorom stref w nie wyposażonych. Często te materiały stosowane są razem, co znacznie utrudnia albo uniemożliwia odzysk lub utylizację.

Meble miejskie, poza swoimi podstawowymi funkcjami, są również wizytówką miasta, świadczą zarówno o jego mieszkańcach, jak i włodarzach, którzy mogą poprzez tę strefę manifestować swoje podejście do środowiska, a także dodatkowo pełnić rolę edukacyjną.

²⁶P. Sarzyński, *Wrzask w przestrzeni. Dlaczego w Polsce jest tak brzydko?*, wyd. Biblioteka Polityki, Warszawa 2012, s. 44–54

²⁷D. Sim, *Miasto życzliwe*, wyd. Wysoki Zamek, Kraków 2022, cyt. s. 146

Meble miejskie są istotnym narzędziem umożliwiającym i sprzyjającym spotkaniom w mieście. Zarówno tym zaplanowanym, z rodziną lub przyjaciółmi, jak i tym spontanicznym, z przypadkowymi użytkownikami.

Prostota form, modułowość i wielofunkcyjność powinna sprawdzić się w każdym mieście. Możliwość dostosowania formy czy kolorystyki do charakteru otoczenia jest ważnym czynnikiem w doborze materiału. Modułowa budowa pozwala nie tylko na łatwą rozbudowę zestawu w przyszłości, pod względem wielkości lub uzupełnienia o nowe funkcje (stojak na rower, kosz, itp.), ale także umożliwi łatwą i szybką wymianę uszkodzonego lub zniszczonego elementu na nowy.

Wielofunkcyjność pozwoli zaoszczędzić miejsce w ciasnych przestrzeniach, łącząc w sobie kilka funkcji, które naprzemiennie można zestawiać, np. ławkę z donicą, koszem lub stojakiem na rower, latarnię z koszem, stojak na rowery z wiatą przystankową lub nośnikiem informacji, itd. Zestawianie różnych funkcji w celu generowania przez nie zwiększonej aktywności jest rekomendowaną metodą planowania przestrzeni publicznych, zwaną triangulacją. Szerzej piszą o tym autorzy publikacji „Jak przetworzyć miejsce”. Wg nich triangulacja tworzy relacje pomiędzy poszczególnymi elementami przestrzeni, które z kolei stymulują związek między użytkownikiem a miejscem²⁸. Ławka, kosz, bankomat umieszczone blisko siebie przy przystanku lub wejściu do parku albo sklepu działają synergicznie i zwiększają znacznie aktywność wokół siebie.

Z tych powodów stawiam powyższe założenia przy swoim projekcie siedziska miejskiego z recyklatów, uzupełnione o realne rozwiązywanie problemów utylizacji tworzyw sztucznych poprzez wykorzystanie ich jako głównego składnika mebla. Poza wspomnianymi wyżej wytycznymi, recyklat daje możliwości stosowania różnorodnej i trwałej kolorystyki bez potrzeby dodatkowego barwienia, co powinno ułatwić dopasowywanie wyposażenia do charakteru aranżacji i miejsca. Wyraźnie odróżniając się od materiałów stosowanych powszechnie, zwróci na siebie uwagę i pomoże docelowo rozwiązywać problem wykorzystania tworzyw sztucznych z odzysku jako materiału do produkcji obiektów na większą skalę.

²⁸T. Jeleński i W. Kosiński (red.), *Jak przetworzyć Miejsce. Podręcznik kreowania udanych przestrzeni publicznych*, wyd. Fundacja Partnerstwo dla Środowiska, s. 71–73

03

Obserwacje stanu istniejących
rozwiązań stosowanych
w produkcji mebli miejskich

3.1 Analiza istniejących materiałów bazujących na odzysku i ich wykorzystania w produkcji mebli miejskich

Ecopixel to włoska firma, której szeszlonyg Alex, został zaprojektowany przez Atelier Mendini²⁹. Materiał w 100% LDPE w tym tylko 55% z recyklatu. Technologia – metoda produkcji rotacyjnej pod ciśnieniem umożliwia uzyskanie ostrej, złożonej formy z wyraźnie zarysowanymi liniami, co daje współczesny wygląd. Różni się od tradycyjnie zaokrąglonych powierzchni, które są produktem ubocznym starszych technik produkcyjnych. Dzięki sporej wielkości ziarna, każdy mebel jest unikalny, numerowany, z certyfikatem producenta. Produkcja jednostkowa (fot. 17).

Stołek Delta tego samego producenta (fot. 18) wykonany z tego samego materiału co powyższy, tylko drobno mielonego. Mebel może być używany nie tylko we wnętrzach, ale również na zewnątrz.

Precious Plastic z holenderskiego Eindhoven to organizacja stworzona przez absolwentów Design Academy, oferująca oprócz samych produktów na bazie tworzyw z odzysku również maszyny lub całe linie do ich obróbki i przetwarzania we własnym zakresie³⁰. Opracowali proste urządzenia, np. rozdrabniacz, wyciskarkę ślimakową, prasę płaską oraz tłokową. Na swoich forach dzielą się dokumentacją tych urządzeń oraz doradzają jak je zbudować. Najczęściej prezentują najprostsze produkty, codziennego użytku, takie jak osłonki na doniczki, tacki, podkładki, itp., które stosunkowo łatwo wykonać nawet niedoświadczonym eksperymentatorom (fot. 19–22). Organizacja stawia przede wszystkim na edukację, zależy im głównie na promowaniu możliwości recyklingu i zachęcaniu do zabawy z odzyskiem we własnym zakresie.

Print Your City z Amsterdamu to z kolei akcja, którą pierwszy raz zorganizowano w 2016 r. w Amsterdamie promująca przetwarzanie odpadów z tworzyw sztucznych w nowe produkty za pomocą technologii druku 3D w dużej skali³¹. Opracowano linię mielącą odpady oraz ramię drukujące obiekty takie jak ławki, doniczki, siedziska. Organizacja skupia się na jak największym wykorzystaniu odpadów, promując się często podawaniem informacji ile śmieci zostało zużytych na wykonanie obiektu oraz poprzez prezentację produktów na wysypiskach lub przy górach odpadów z tworzyw (fot. 27–32).

Studio Segers H-bench. z Belgii to studio projektowe, w którym powstał projekt modułowej ławki bazującej na elementach wykonanych z opakowań z tworzyw sztucznych, głównie opakowaniach spożywczych (np. kubki po jogurtach) oraz foliowych torebek jednorazowych (fot. 25–26). Projekt wdrożony do produkcji przez belgijską firmę Eco-oh³².

²⁹<http://www.ecopixel.eu/about-eco.html>

³⁰<https://community.preciousplastic.com/academy/intro.html>

³¹<https://www.printyourcity>

³²<https://www.studiosegers.be/en/product/d/detail/h-bench-1>

▶ Na zdjęciu po lewej (fot. 17) sześlong Alex projektu Atelier Mendini dla firmy Ecopixel

▶ Po prawej (fot. 18) siedzisko Delta firmy Ecopixel, fot. Ecopixel



▶ Na zdjęciach obok i poniżej (fot. 19–22) przykłady realizacji organizacji Precious Plastic z Eindhoven fot. Precious Plastic



Ławka Circula to projekt Tomka Rygalika, wykonany z materiału Boomplastic, prototyp ławki opracowany został przez nowymodel.org (fot. 23–24). Ławka Circula wykonana jest w 100% z tworzywa z odzysku – polipropylenu (PP). Recyklat transparentny pochodził z przemiału uszkodzonych butelek i kubków produkowanych z polipropylenu, a kolorowe płatki z polipropylenowych opakowań i nakrętek.

W procesie produkcji wykorzystano bezpośrednio zmielony plastik, bez użycia regranulatów, dzięki czemu bilans energetyczny został zoptymalizowany. Kompozycja materiałowa dobierana była wieloetapowo i wyłącznie ręcznie. Formowanie płyt następowało w procesie kompresji termicznej, cięcie z wykorzystaniem obrabiarek numerycznych, natomiast łączenie i wykańczanie ponownie manualnie³³.



▶ Po lewej (fot. 23) ławka Circula i jej autor Tomek Rygalik

▶ Na zdjęciu po prawej (fot. 24) detal ławki Circula fot. Studio Rygalik



▶ Na zdjęciach obok (fot. 25-26) ławka H-bench studia Segers fot. Studio Segers

³³<https://www.studiorygalik.com/products/circula/?lang=pl>

▶ Na zdjęciu po lewej (fot. 27) widoczne ramie drukujące 3D w siedzibie Print Your City

▶ Na pozostałych zdjęciach (fot. 28–32) przykładowe realizacje z akcji Print Your City fot. Print Your City



Podsumowanie

Prezentowane powyżej rozwiązania bazują głównie na tworzywach sztucznych z odzysku, ale pokazują jedynie ideę i możliwości, nie są niestety produkowane masowo. Powstają wyłącznie w małych nakładach jako pojedyncze egzemplarze, prezentowane często z powodzeniem i sukcesami na wystawach i festiwalach lub sprzedawane jako pojedyncze sztuki. Produkcja jednostkowa czy na zamówienie nie rozwiązuje problemu gór tworzyw sztucznych zalegających w wielu zakątkach świata. Pomóc w tym może wyłącznie produkt wytwarzany i stosowany masowo (np. meble miejskie). Krzesło, doniczka czy lampa wykonana z recyklatów nawet w 100% niewiele zmieni, a zainteresuje jedynie wąską grupę odbiorców.

W przedmiotach produkowanych na skalę przemysłową rzadko można znaleźć materiał w 100% z odzysku, przeważnie stosuje się go jako domieszki recyklatów lub biopolimerów do nowego tworzywa w ilości 10–60%. Natomiast marketingowo uznaje się je wtedy jako ekologiczne i tworzy PR-ową otoczkę, jak np. w opakowaniach – butelkach na wodę mineralną. Wynika to głównie z pobudek ekonomicznych.

Częściowe korzystanie z domieszek czasami budzi obawy producentów przed niespełnieniem norm jakościowych lub higienicznych, zwłaszcza jeżeli zakład produkcyjny nie ma wsparcia badawczego nad nowym składem bazującym na recyklatach.

W dalszym ciągu nowe tworzywo jest znacznie tańsze niż recyklat, który łatwo pozyskać i obrabiać, ale proces składa się z wielu etapów (zebranie, segregacja, czyszczenie, rozdrabnianie, mycie, suszenie), niewystępujących w produkcji nowego materiału. Dochodzi tu jeszcze problem lobby największych koncernów paliwowych, które są głównym dostawcą komponentów do produkcji nowych tworzyw sztucznych, a w ich interesie nie leży zachęcanie do wykorzystywania istniejących zasobów w postaci gór zużytych produktów z tworzyw sztucznych.

Jeśli nawet udaje się wykorzystać 100% udziału odpadów w nowym materiale, jak w przypadku ławki Circula projektu Tomka Rygalika, to koszt skomplikowanej manualnej produkcji nie ma żadnego uzasadnienia ekonomicznego i kończy jako ciekawa koncepcja na festiwalach wzornictwa.

3.2 Określenie wymagań dotyczących materiałów stosowanych w produkcji mebli miejskich

Obecnie zdecydowana większość mebli miejskich produkowana jest z profili stalowych lub blachy stalowej malowanej proszkowo, ze stali nierdzewnej z dodatkowymi elementami wykonanymi z drewna naturalnego: iglastego, liściastego lub egzotycznego oraz tworzywa sztucznego, najczęściej polietylenu HDPE lub polipropylenu PP. Materiały te są stosunkowo łatwe w obróbce, ale ulegają korozji (stal) i nie są wystarczająco odporne na warunki atmosferyczne mimo impregnacji (drewno).

Często istniejąca na naszych ulicach zabudowa przestrzeni miejskiej zawiera wszystkie te materiały na raz, w różnej kolorystyce i rodzaju wykończenia, co powoduje chaos wizualny i brak spójności z otoczeniem, często jego zakłócanie.

Niespójność rozwiązań w kolorze, materiale, doborze form w aranżacji całej strefy wynika z kilku przyczyn, przede wszystkim z braku myślenia o przestrzeni publicznej jako całości, problemów z utrzymaniem istniejących przestrzeni – wymiana elementów na nowe bez konsultacji z projektantem, architektem. Do tego dochodzi jeszcze wybór produktów na podstawie przetargów, gdzie głównym kryterium wyboru oferty w dalszym ciągu jest cena.

Z tych powodów na polskich ulicach dominują obiekty wyposażenia miast słabej jakości, zarówno pod względem wzorniczym jak i materiałowym, mimo że w ofertach producentów mebli miejskich znajdujemy większą spójność w kształtach, kolorach i materiałach. Wynika to być może z faktu, że firmie łatwiej jest zatrudnić projektanta, który opracuje całą linię produktów tworząc spójną kompleksową ofertę, mocną wizerunkowo i marketingowo, służącą głównie promowaniu marki, podczas gdy główny obrót generowany jest na meblach tanich, często źle zaprojektowanych, których zakup nie zawsze jest konsultowany z architektem. Dochodzi wtedy często do łączenia w przestrzeni miejskiej niepasujących do siebie, istniejących obiektów z nowymi.

Niestety nie ma też szczegółowych wytycznych dotyczących projektowania i produkcji mebli miejskich w Polskich Normach. Najczęściej stosuje się normy dotyczące placów zabaw tj. PN-EN 1176 „Wyposażenie placów zabaw i nawierzchnie” i małej architektury z betonu PN-EN 13198:2005 „Prefabrykaty z betonu. Elementy małej architektury ulic i ogrodów”.



◀ Na zdjęciu po lewej (fot. 33) ławka Spartan firmy Rekord

◀ Po prawej (fot. 34) ławka Toso Bench firmy Metalco fot. producentów



◀ Po lewej (fot. 35) ławka Alicja polskiej firmy Maja

◀ Na zdjęciu po prawej (fot. 36) widoczna ławka B Cycle firmy LAB23 fot. producentów



◀ Na zdjęciu po lewej (fot. 37) zestaw ławek Ivo firmy Zano

◀ Na zdjęciu po prawej (fot. 38) ławka Rua firmy Larus Design fot. producentów

Wybrane przykłady istniejących rozwiązań w ofertach firm produkujących meble miejskie

Ławka najczęściej występująca na ulicach, skwerkach i placach polskich miast to ławka, która jest produkowana pod różnymi nazwami i przez różnych producentów. Widoczna na zdjęciu (fot. 35) ławka Alicja, produkowana przez polską firmę Maja³⁴ jest dostępna w długościach od 120 do 220 cm. Konstrukcja jest spawana z rur stalowych o średnicy 60 mm i malowana proszkowo. Natomiast siedzisko i oparcie w wersji podstawowej wykonane są z desek świerkowych, a opcjonalnie z drewna olchy lub dębu. Firma Rekord produkuje na takich samych nogach ławkę o nazwie Spartan (fot. 33), która różni się od powyższej mniejszą ilością desek na oparciu³⁵. Deski są również wykonane z drewna świerkowego w dwóch kolorach.

Inna polska firma ZANO z siedzibą w Krakowie ma jedną z szerszych ofert mebli miejskich na naszym rynku. Zaprasza do współpracy wielu polskich projektantów i architektów, a w ofercie można znaleźć dobrze zaprojektowane, nowoczesne ławki, często tworzące spójną całość zestawu czy siedziska modułowe³⁶. Niestety rzadziej możemy je spotkać na naszych ulicach, gdyż są znacznie droższe od typowych, opisanych powyżej. Częściej występują przy prestiżowych budynkach biurowych lub siedzibach dużych firm, gdzie zostały wybrane przez architekta obiektu, który projektował również otoczenie budynku. Jednym z przykładów ich oferty jest zestaw ławek Universe³⁷. To okrągłe ławki wykonane ze stali nierdzewnej i drewna świerkowego (fot. 45). Korpusy mogą opcjonalnie być produkowane ze stali węglowej malowanej proszkowo wg próbnika RAL z wierzchnim wykończeniem z drewna egzotycznego. Poszczególne moduły można stosować jako wolnostojące lub budować większe zestawy. Niższe moduły mogą być używane przez dzieci jako elementy do siedzenia lub zabawy.

Kolejny przykład projektu z firmy ZANO to zestaw Ivo³⁸ o geometrycznych kształtach, produkowany ze stali lakierowanej proszkowo (fot. 37). Ławki zostały zaprojektowane w dwóch rozmiarach o długości 165 i 195 cm. Występują w trzech wariantach: podstawowym – bez oparcia, ławka z oparciem oraz z podłokietnikami. Kształt ławki pozwala na tworzenie różnych układów. Możemy je ustawiać liniowo lub tworzyć zamknięte formy. Dłuższe ławki pozwalają m.in. na trójkątne ułożenie np. wokół drzewa, natomiast do środka trzech krótszych ławek możemy wstawić doniczkę.

Na scenie europejskiej pod kątem ilości projektów i jakości wzorniczej wyróżnia się włoska firma LAB23. W swojej ofercie ma szereg różnorodnych mebli miejskich zaprojektowanych przez uznanych twórców. Jednym z przykładów jest ławka B CYCLE (fot. 36)



◀ Na zdjęciu po lewej (fot. 39) ławka Romeo&Juliet firmy Graux&Baeyens

◀ Po prawej (fot. 40) zestaw Limpido marki mmcite fot. producentów



◀ Po lewej (fot. 41) meble The Big Green Benches marki StreetLife

◀ Na zdjęciu po prawej (fot. 42) widoczna ławka Deacon firmy LAB23 fot. producentów



◀ Na zdjęciu po lewej (fot. 43) ławka S Combo marki LAB23

◀ Na zdjęciu po prawej (fot. 44) ławka Zen 3000 również marki LAB23 fot. producentów

³⁴<http://www.ale-ogrod.pl/p/24/7558/lawka-parkowa-alicja-z-atestem--lawki-stalowe-z-rur-lawki.html>

³⁵<https://www.lawki-parkowe.com/products/solidna-lawka-parkowa-spartan/>

³⁶<https://www.zano.pl/mala-architektura/katalog/lawki/lawka-ivo-02-445#ze-stali-weglowej>

³⁷<https://www.zano.pl/mala-architektura/katalog/lawki/lawka-universe-02-455-5#ze-stali-nerdzewnej>

³⁸<https://www.zano.pl/mala-architektura/katalog/lawki/lawka-ivo-02-045-1>

z funkcją stojaka na rower³⁹. Wykonana jest z jednego arkusza giętej blachy stalowej, galwanizowanej i lakierowanej proszkowo wg próbnika RAL. Siedzisko z drewna egzotycznego, wykończonego olejem odpornym na UV. Wym. 180 × 50 i wys. 47 cm.

Deacon⁴⁰ to kolejny produkt tej włoskiej marki (fot. 42). Zaprojektowana przez studio Gibillero Design minimalistyczna ławka składa się tylko z dwóch elementów konstrukcyjnych wyciętych laserowo i wygiętych z arkusza blachy stali ocynkowanej, na których montowane są cztery belki z drewna akacji o przekroju 10 × 10 cm. Dostępna jest tylko w jednym rozmiarze 182 × 47,5 i wys. 44,5 cm.

Ławka S COMBO⁴¹ z funkcją donicy (fot. 43), produkowana również przez LAB23. Wykonana z materiału nazwanego przez producenta Hypergranite, UHPC (Ultra-High Performance fiber reinforced Concrete), czyli betonu zbrojonego włóknami maty szklanej oraz mineralnymi wypełniaczami. Charakteryzuje się bardzo wysoką odpornością mechaniczną oraz gładką powierzchnią, można go barwić w masie. Natomiast donica lub kosz w zależności od potrzeby, wykonana jest ze stali lakierowanej proszkowo. Ławka występuje tylko w jednym rozmiarze 180 × 45 i wys. 45 cm.

Ten sam producent ma w ofercie zestaw ławek o nazwie ZEN 3000⁴². Konstrukcja oparta na trzech stalowych nogach, ocynkowanych i lakierowanych wg próbnika RAL (fot. 44). Siedzisko wykonane jest z desek drewna egzotycznego Iroko lub Okume, pokrytego olejem odpornym na UV. Dostępna tylko w długości 300 cm, ale za to w trzech wersjach: prostej, bez oparcia, z jednym oparciem (na połowie ławki) oraz z oparciem na całej długości ławki.

Inna włoska firma Metalco⁴³ ma w swojej ofercie ławkę o nazwie Toso Bench, która zbudowana jest z trzech profili ze stali nierdzewnej w formie odwróconego „U”, oddzielonych od siebie dwoma elementami prostymi „I” z tego samego materiału (fot. 34). Przestrzeń utworzone między profilami można wykorzystać jako stojaki na cztery rowery.

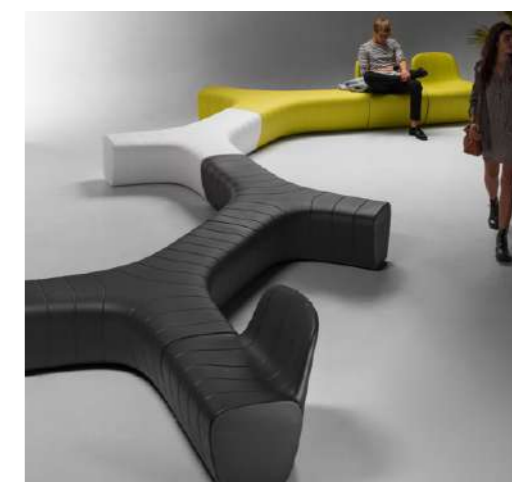
Z podobnego materiału została wykonana ławka Rua zaprojektowana przez J.M. Carvalho Araujo dla portugalskiej firmy Larus Design⁴⁴. Wykonana w całości z dwóch arkuszy giętej stali cynkowej (fot. 38). Siedzisko może być gładkie lub perforowane, proste lub wklęsłe. Jako przedłużenie formy ławki można zastosować opcjonalnie moduł stojaka na rowery.

Ławka Romeo & Juliet zaprojektowana przez firmę Graux & Baeyens została wyróżniona nagrodą Red Dot, a produkowana jest przez belgijską firmę Extremis⁴⁵. Założeniem projektu było wymuszenie dodania zieleni w miejscu użycia ławki, ze względu na elementy podparcia, którymi są dwie donice (fot. 39). Każda ławka to dwa dodatkowe drzewka. Zestawienie ławek w ciągu pomaga również utrzymać zieleni w równej linii i w takich samych



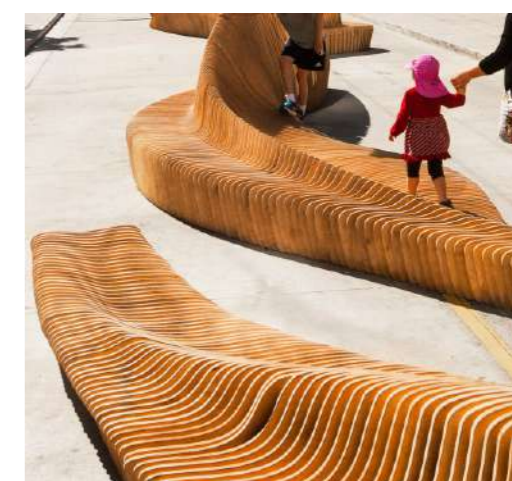
◀ Na zdjęciu po lewej (fot. 45) zestaw mebli Universe marki ZANO

◀ Po prawej (fot. 46) meble Multiplicity Collection marki Bailey Streetscene fot. producentów



◀ Na zdjęciu po lewej (fot. 47) kosz Fontana firmy Urbidermis

◀ Na zdjęciu po prawej (fot. 48) ławki Jetlag firmy Plus fot. producentów



◀ Na zdjęciu po lewej (fot. 49) widoczny zestaw ławek na Brave Festival firmy Morgan&Möller

◀ Na zdjęciu po prawej (fot. 50) ławka parametryczna firmy Starmax fot. producentów

³⁹<https://www.lab23.it/en/product/street-furniture-bike-racks-b-cycle/>

⁴⁰<https://www.lab23.it/en/product/street-furniture-benches-deacon/>

⁴¹<https://www.lab23.it/product/panchine-s-combo/>

⁴²<https://www.lab23.it/product/arredo-urbano-panchine-zen-3000/>

⁴³<https://www.metalco.it/prodotto/toso-bench-bike-racks/?lang=en>

⁴⁴<https://www.larus.pt/en/urban-furniture/benches/rua>

⁴⁵<https://www.extremis.com/en/collections/romeo-juliet>

odstępach. Element siedziska to lite drewno Jatoba, a donice wykonane z żywicy poliestrowej.

O zieleni w mieście pomyśleli również autorzy systemu ławek o nazwie The Big Green Benches holenderskiego producenta Street-Life⁴⁶. To zestawy wykonane ze stali o podwyższonej odporności na korozję, zwanej CorTen. Pod wpływem warunków atmosferycznych na powierzchni tej blachy pojawia się charakterystyczny nalot, który wygląda jak rdza. Opcjonalnie można zamówić korpusy ze stali malowanej proszkowo. Elementy siedziska i oparcia produkuje się z litego drewna w systemie łatwego i szybkiego montażu oraz wymiany. Ławki są dostarczane z zielenią – krzewami, bambusami lub innymi roślinami (fot. 41).

Z kolei ławka Limpido⁴⁷ to bardzo delikatna i lekka konstrukcja wykonana ze stalowych prętów, ocynkowanych i zespawanych z płaską ramą, całość lakierowana proszkowo. W zestawie mamy do dyspozycji ławkę z oparciem oraz bez oparcia, obie w wariantach długim, a także jako pojedyncze siedzisko (fot. 40). Transparentna konstrukcja powoduje, że meble nie zakłócają np. zabytkowej architektury. Producent to mmcité z Czech.

Multiplicity Collection⁴⁸ to zestaw mebli miejskich składający się z ławki prostej, ławki z oparciem, stojaka na rower, kosza na śmieci, słupka z oświetleniem, opcjonalnych podłokietników oraz piknikowego stołu z krzesłami (fot. 46). Elementy konstrukcyjne są wykonywane z polerowanego aluminium lub malowane proszkowo, siedziska z drewna iglastego lub opcjonalnie z egzotycznego. Producentem jest firma Bailey Streetscene z Wielkiej Brytanii.

Kosz Fontana hiszpańskiej marki Urbidermis⁴⁹ to przykład prostego, minimalistycznego kosza na śmieci oszczędzającego przestrzeń miejską, występuje w wersji z daszkiem i bez (fot. 47). Konstrukcja nośna kosza wykonana ze stali nierdzewnej, poszycie zewnętrzne z aluminium zabezpieczonego antykorozyjnie, wewnętrzny pojemnik o poj. 42 l wykonany z czarnego polipropylenu.

Istnieje też wielu producentów proponujących modułowe bryły, z których można budować większe kompozycje. Przykładem jest siedzisko modułowe Jetlag produkowane we Włoszech przez markę Plust⁵⁰ za pomocą technologii formowania rotacyjnego z polietylenu (fot. 48). Wg projektanta Cedrica Ragota jest ono niezwykle wszechstronne dzięki swojej modułowości, łącząc ze sobą kilka elementów można uzyskać siedziska o pożądanej długości. Pojedynczy moduł ma długość 70 cm, występuje w wersji z oparciem i bez oparcia. Dostępny w czterech kolorach.

Podobny pomysł, ale w innej technologii to zestaw ławek, który powstał specjalnie na

potrzeby wrocławskiego Brave Festiwal w 2015 r.⁵¹ Poszczególne moduły to donice-siedziska odlane z betonu architektonicznego przez firmę Morgan&Möller (fot. 49). Zależnie od ustawienia, zbudowana bryła może pełnić funkcję prostego siedziska, ławki z oparciem lub donicy na zieleni. Poprzez dodawanie kolejnych modułów można tworzyć unikalne zestawienia i formy przestrzenne.

Inna ławka modułowa, wytwarzana przy pomocy projektowania parametrycznego, to produkt polskiej firmy Starmax (fot. 50). Jej falisty, dekoracyjny kształt powstaje na indywidualne zamówienie w oprogramowaniu 3D, następnie poszczególne elementy ze sklejki liściastej są wycinane ploterem w technologii CNC⁵². Całość zabezpieczana jest twardym, odpornym na promieniowanie UV lakierem i dostarczana na miejsce montażu. Ciekawostką jest możliwość wykonania również ławki według własnego projektu.

⁴⁶<https://www.streetlife.com/en/green-benches-tree-isles-podiums>
⁴⁷<https://www.mmcite.com/pl/limpido>
⁴⁸<https://www.baileystreetscene.co.uk/browse-by-collection/multiplicity-collection>
⁴⁹<https://www.urbidermis.com/urban-furniture/fontana/>
⁵⁰<https://www.plust.it/en/products/jetlag/>
⁵¹<https://www.morgan-moller.com/realizacje/brave-festival-2015-wroclaw/>

⁵²<http://www.frezowanieploterem.pl/2020/06/lawki-parkowe-miejskie-nowoczesne-producent-3d-ze-sklejki.html.html>

Podsumowanie

Na podstawie powyższych obserwacji można stwierdzić, że brakuje alternatywnych materiałów dla tych aktualnie dominujących w projektowaniu i produkcji mebli miejskich. Materiał bazujący na odzysku w tej branży praktycznie nie istnieje.

Poszukiwanymi cechami nowego materiału w projekcie mebli miejskich są przede wszystkim:

- materiał w 100% bazujący na odzysku (w tej chwili brak stosowania w tej branży)
- lepsza odporność na warunki atmosferyczne (bez konieczności zabezpieczania czy impregnacji powłoki)
- odporność na zniszczenia mechaniczne i wandalizm
- swoboda kształtowania formy
- możliwość łatwego dostosowania estetyki produktu do różnego otoczenia
- łatwość obróbki (różne techniki formowania)
- możliwość barwienia w masie (trwałość koloru)
- mniejsza masa od powszechnie stosowanych materiałów
- niższy koszt produkcji
- zgodność z normami polskimi, europejskimi
- łatwy recykling, ponowne przetwarzanie i możliwość utylizacji

Nowo projektowany materiał na bazie odzysku może spełniać powyższe założenia. Ze względu na charakteryzującą go elastyczność, może zwiększyć odporność na zniszczenia. Różnorodność technik formowania pozwoli dowolnie kształtować formę i dobrać efektywną oraz uzasadnioną ekonomicznie technologię produkcji, a ze względu na dobór mieszanek materiał będzie lżejszy od powszechnie stosowanych.

04

Materiał z odzysku

4.1 Eksperymenty materiałowe / poszukiwanie połączeń materiałów

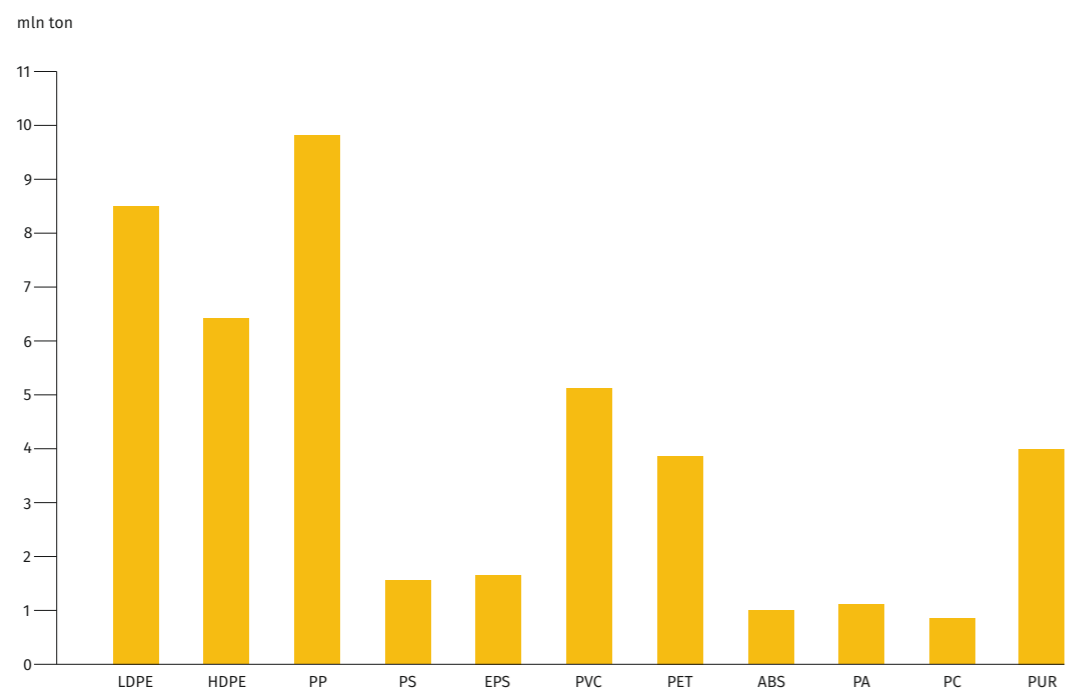
Poszukując odpowiedzi na pytania pod jakimi względami kompozyt z odzysku może być lepszy od tradycyjnie stosowanego w produkcji mebli miejskich materiału, na podstawie przeprowadzonych doświadczeń i wiedzy na temat materiałów, opracowałem zestaw próbek materiałowych, które mogłyby być potencjalnie trwalsze, tańsze, łatwiejsze w obróbce, elastyczniejsze od tradycyjnych materiałów. Następnie wykonałem szereg testów potwierdzających lub wykluczających przydatność proponowanych receptur składników w dalszej pracy projektowej. Problem badawczy skupiał się na poszukiwaniu odpowiedniego zestawu materiałów, będącego efektem niestandardowych połączeń i obróbki. Po analizie większości materiałów stosowanych w przemyśle, które najczęściej trafiają do kosza, do dalszych eksperymentów zostały ostatecznie wybrane następujące materiały z odzysku:

- tworzywa sztuczne stosowane w opakowaniach HDPE, PE, PS, PP, PET⁵³
- tworzywa sztuczne stosowane w produkcji zabawek PP
- guma z zużytych opon samochodowych
- wióry/trociny drewniane
- wióry aluminiowe

Największą bazą surowców okazały się głównie opakowania spożywcze, kosmetyczne, nakrętki butelek, zużyte zabawki. Zostały one wstępnie posegregowane ze względu na rodzaj i kolor, umyte, potem zmielone w rozdrabniaczu do tworzyw sztucznych KANITECH TRIA JM 4220. Tak przygotowany granulát był mieszany z drugim składnikiem w trzech różnych proporcjach (1:1, 2:1 i 3:1), aby umożliwić określenie różnic (wióry lub granulát z opon) i umieszczony w formie stalowej o wym. 200 × 200 mm.

Wióry były pozyskiwane z worów systemu odciągowego maszyn stolarskich modelarni ASP. Granulát z opon został zakupiony w firmie specjalizującej się w rozdrabnianiu i przygotowywaniu takiego recyklatu. Są dwie najczęściej stosowane metody rozdrabniania opon – w temperaturze otoczenia, za pomocą młynów, granulatorów i walcarek oraz druga, kriogeniczna z użyciem ciekłego azotu i młynów młotkowych.

⁵³Wg raportu Tworzywa-Fakty 2022 opracowanego przez Plastics Europe ponad połowę zapotrzebowania przetwórców tworzyw w Europie w 2021 r. stanowił PP i PE, odpowiednio PP 19,8%, LDPE 16,8% i HDPE 12,6%.



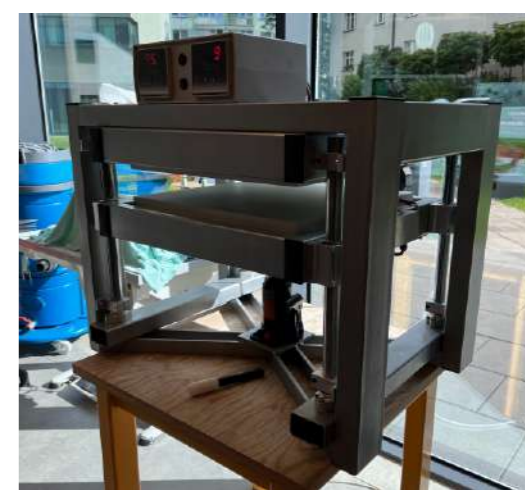
Rys. 3 Zużycie tworzyw wg rodzajów polimerów, źródło Raport Tworzywa-fakty 2020 opracowany przez Plastics Europe

Gotowe mieszanki zostały podgrzane w temperaturze 250–270°C i prasowane w specjalnie przygotowanej do tego procesu prasie. Czas podgrzewania był różny, wyznaczany na podstawie obserwacji zachowywania się materiału w formie. W zależności od grubości warstwy (od 5 do 20 mm) najczęściej wystarczyło 15 minut, żeby materiał się uplastycznił i poddał prasowaniu. Najbardziej rokującymi zestawieniami okazały się połączenia HDPE z wiórami drewnianymi oraz HDPE z gumą zużytych opon samochodowych i te próbki zostały wybrane do dalszych eksperymentów. Mieszanki wykazywały najbardziej zwarte struktury, w miarę gładkie powierzchnie zewnętrzne i nie odkształcały się po wyjęciu z form.

Recyklat pozyskany z butelek PET, został odrzucony ze względu na to, że w stosowanych metodach obróbki w ogóle nie poddawał się uplastycznieniu czy formowaniu, a przy wydłużeniu czasu podgrzewania palił się. Podobnie zachowywał się granulát na bazie polistyrenu PS, który znacznie się kurczył podczas podgrzewania, nawet do 50% objętości, przy większych temperaturach (pow. 270°C) i dłuższym czasie nagrzewania (pow. 20 min). Dodatkowo wydzieliał uciążliwe opary. Natomiast podobnie jak HDPE zachowywał się recyklat z polipropylenu PP, jedynie przy większych objętościach pojawiały się



Na zdjęciach po lewej (fot. 52) rozdrabniacz do tworzyw, po prawej (fot. 53) pierwsza prasa z zaadaptowanego do tego celu piekarnika fot. autora



Na zdjęciu po lewej (fot. 54) widoczny gotowy recyklat ze zmieszanych odpadów z HDPE
Na zdjęciu po prawej (fot. 55) widoczna prasa płytka z dwoma stołami grzewczymi fot. autora



Na zdjęciu po lewej (fot. 56) próbka materiału ze sprasowanej mieszanki PET, HDPE i granulatu z opon
Na zdjęciu po prawej (fot. 57) widoczne przykładowe płytki z różnych mieszank tworzyw fot. autora

rozwarstwienia na próbkach przygotowywanych w opisanej powyżej metodzie.

Okazało się, że do tak przygotowanych mieszanek nie ma na rynku urządzeń, które łatwo wykonałyby oczekiwaną próbkę, dodatkowo czas pandemii, w którym przeprowadzane były analizy, ograniczył mocno kontakt z instytucjami i firmami.

Najbardziej rozpowszechniony na rynku wtrysk tworzyw nie nadawał się do obróbki mieszanek z recyklatów o różnej temperaturze topnienia, nie mówiąc o stosowaniu wiórów drewnianych czy metalowych. Tego typu urządzenia mają precyzyjnie określone parametry pracy w stosunku do temperatury, ale przede wszystkim do rodzaju i wielkości granulatu. Również skala produkcji ma znaczenie, ze względu na koszt form.

W związku z powyższym na tym etapie została wybrana technika prasowania jako łatwiejsza ze względu na kombinatorykę składników poddawanych obróbce i bardziej ekonomiczna. W tej technologii można sobie pozwolić na różną gramaturę, skład i proporcje komponentów oraz mniejsze nakłady produkcji niż w standardowym wtrysku.

Do wykonywania płaskich próbek o formacie 200 × 200 mm zaprojektowałem i wykonałem specjalnie do tego celu prasę, do której wykorzystałem komorę piekarnika Siemens z grzałkami góra-dół rozgrzewającymi komorę prasy do 300°C. Wewnątrz komory zostały umieszczone dwie stalowe płyty o gr. 6 mm każda, dolna płyta została przyspawana do ruchomego trzpienia, który dociskał formę do górnej płyty za pomocą lewarka trapezowego o sile do 3 ton stosowanego w samochodach dostawczych. Górna płyta została zamocowana na sztywno do konstrukcji prasy. Całość została zmontowana na mobilnej klatce wykonanej z profili stalowych o przekroju 50 × 50 mm i odpowiednio zaizolowana wełną mineralną.

Próbki w kształcie walca były wytłaczane w formach wykonanych z rury aluminiowej o średnicy 70 mm, wcześniej podgrzanych oraz ściskanych za pomocą prasy hydraulicznej z naciskiem do 12 ton.

Oprócz prasy zaprojektowałem i wykonałem ręczną wtryskarkę tłokową do mieszanek, która umożliwiała wciskanie materiału do niewielkich form, dając możliwość precyzyjnej regulacji temperatury i podgrzewania materiału do temperatury powyżej 300°C. Średnica tłoka umożliwiła wsypywanie różnych mieszanek granulatów z dodatkami. Uzyskana masa miała bardziej jednorodną strukturę niż próbka materiału prasowanego.

W trakcie przygotowywania próbek na bazie HDPE w różnych kolorach okazało się, że pigmenty stosowane do barwienia tego tworzywa wpływają znacznie na zachowanie materiału w trakcie obróbki cieplnej. Najlepiej zachowywał się recyklat biały (bez



◀ Na zdjęciach u góry (fot. 58-59) widoczne uchwyty meblowe wykonane z mieszanki recyklatu HDPE z trocinami drewnianymi fot. autora



◀ Na zdjęciu po lewej (fot. 60) widoczna forma uchwyty zasypiana mieszanką HDPE z trocinami

◀ Na zdjęciu po prawej (fot. 61) wytłaczarka manualna do tworzyw, użyta w eksperymentach fot. autora

pigmentów) i żółty, który był przewidywalny oraz bezproblemowy w obróbce.

Zauważalne były natomiast znaczne różnice w ciemniejszych recyklatach, mianowicie im ciemniejszy, tym więcej pojawiało się niedoskonałości w próbkach, np. rozwarstwienia lub zagłębienia, zwłaszcza w kolorze czarnym, czerwonym i zielonym. Niebieski zachowywał się neutralnie.

Podczas opracowywania próbek badawczych powstał również materiał z mieszanki recyklatu HDPE z trocinami drewnianymi łączonych w proporcji 1:1, który został odrzucony ze względu na charakter projektu głównego (użytek zewnętrzny), ale świetnie się nadaje do produkcji galanterii meblowej – uchwytów, gatek, nóżek. Taki projekt pozwala szerzyć

świadomość ponownego użycia odpadów wśród producentów mebli i pomóc im redukować znaczne ilości poprodukcyjnych odpadów – trocin pozostających po obróbce drewna i materiałów drewnopochodnych oraz tworzyw z opakowań po komponentach meblowych.

Przygotowane zostały formy do tłoczenia masy recyklatu o bardziej złożonym kształcie, dzięki czemu powstała koncepcja linii uchwytów meblowych z mieszanki tworzyw z opakowań oraz wiórów drewnianych. Do wstępnych prototypów oraz małych nakładów przedprodukcyjnych została wykorzystana wcześniej wspomniana ręczna wtryskarka tłokowa z możliwością rozgrzewania materiału do temperatury 350°C. W tej chwili projekt jest w trakcie opracowywania możliwości produkcyjnych i wdrożenia.

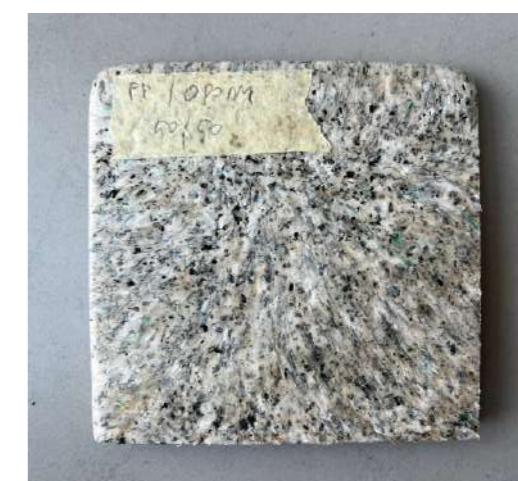
Jak duże znaczenie dla eksperymentów i nowych odkryć ma doświadczenie z materiałami pisali już autorzy intuicyjnych metod do poszukiwania twórczych rozwiązań w książce pt. „Inwentyka”⁵⁴. Wg nich badacz musi umieć się bawić czyli odrzucać konwencjonalny świat, tworzyć nowy wg swoich upodobań, aby móc wysuwać nowe hipotezy, różniące się od tych, które wysunęli już inni. Zaprzeczyli tradycyjnemu podejściu, że wszystko co nie jest nużące i przykre, nie ma żadnej wartości. Badacz stanowi tym samym antytezę człowieka poważnego, gotów jest we wszystko wątpić i wszystko przedstawiać na swój sposób.



◀ Naturalne, najczęściej występujące kolory HDPE, na zdjęciu recyklaty (fot. 64) fot. autora



◀ Na zdjęciu obok (fot. 65) porównanie próbek PS (biała), PP (żółta) i HDPE (zielona). Widoczne znaczne skurczenie próbki PS fot. autora



◀ Na zdjęciu po lewej (fot. 66) nieudane próbki z PET, widoczny brak zespolenia, kruchość, przypalenie fot. autora

◀ Na zdjęciu po prawej (fot. 67) próbka materiału z mieszanki PP i granulatu z opon w proporcji 1:1 fot. autora



▶ Na zdjęciach obok (fot. 62–63) widoczna obróbka skrawaniem CNC projektu Rubber Bumper wykonanego z mieszanki HDPE z recyklatem opon samochodowych w proporcji 1:1 fot. autora

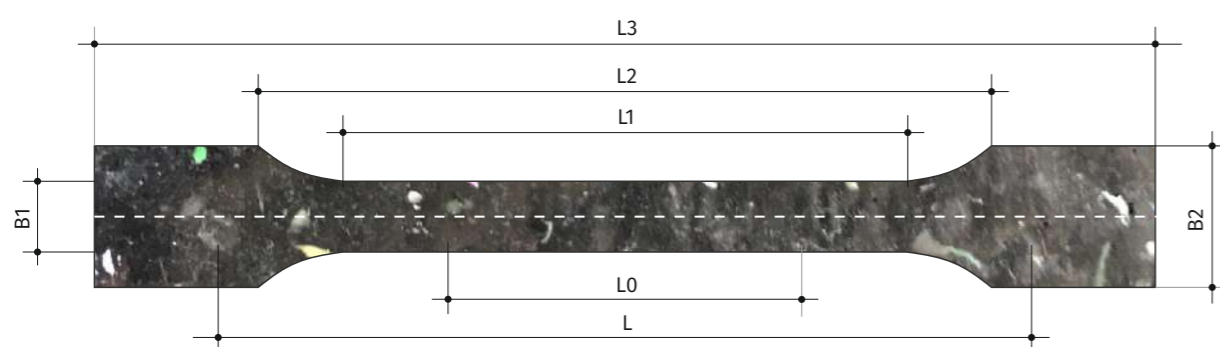
⁵⁴A. Kaufmann, M. Fustier i A. Drevet, *Inwentyka – metody poszukiwania twórczych rozwiązań*, wyd. WNT, 1975 r., s. 28–29

4.2 Opracowanie próbek do testów

Specyfikację próbek do badań określają precyzyjnie Polskie Normy. Próbki do rozciągania zostały przygotowane zgodnie z PN wg rysunku (Rys. 4) i wymiarów zawartych w poniższej tabeli (Tabela nr 1). Do ściskania miały kształt prostopadłościanu o wymiarach $10 \times 10 \times 5$ mm, a do zginania i udarności kształt sztabki o wymiarach $80 \times 10 \times 4$ mm. Do każdego z badań opisanych w następnym rozdziale został przygotowany pakiet próbek różniących się składem i kolorem, aby móc je łatwo identyfikować.

Próbki zostały wycięte z wcześniej uformowanych płytek za pomocą plotera frezującego CNC Kimla BlackBird na podstawie rysunku wektorowego kształtki.

Tak przygotowane próbki zostały poddane badaniom w laboratorium technologii materiałowych na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej w Katowicach.



Rys. 4 Uniwersalna kształtka do badań wytrzymałościowych typu A1 i B1

Wymiary kształtek	Typ A1 - formowana bezpośrednio	Typ B1 - obrabiana mechanicznie
L3 - długość całkowita	≥ 150 mm	≥ 150 mm
L1 - długość części ograniczonej liniami równoległymi	80 ± 2 mm	$60 \pm 0,5$ mm
R - promień (20-25 mm)	20-25 mm	≥ 60 mm
L2 - odległość między szerokimi równoległymi usytuowanymi częściami	104-113 mm	106-120 mm
B2 - szerokość na końcach	$20,0 \pm 0,2$ mm	$20,0 \pm 0,2$ mm
B1 - szerokość wąskiej części	$10,0 \pm 0,2$ mm	$10,0 \pm 0,2$ mm
H - zalecana grubość	$4,0 \pm 0,2$ mm	$4,0 \pm 0,2$ mm
L0 - długość pomiarowa	$50,0 \pm 0,5$ mm	$50,0 \pm 0,5$ mm
L - początkowa odległość między uchwytami	115 ± 1 mm	115 ± 1 mm

Tabela nr 1 Wymiary kształtki do badań wytrzymałościowych typu A1 i B1 wg PN



Na zdjęciu obok (fot. 68) kolorystyka uzyskanych recyklatów z najczęściej występujących tworzyw na rynku fot. autora

4.3 Badania i testy próbek

Po wstępnych analizach próbek materiałów zdecydowałem jakie badania w kontekście użycia przy projektowaniu mebli miejskich będą najbardziej przydatne. Wybrane zostały cztery najbardziej istotne: próby rozciągania, ściskania, zginania oraz udarności. Z powyższych uzyskanych recyklatów HDPE i ich mieszanek, widocznych na zdjęciu powyżej przygotowałem cztery rodzaje próbek do badań. Próbki zostały rozróżnione kolorem recyklatu wg poniższej specyfikacji określającej skład każdej z nich.

Oznaczenia próbek:

- Y – tworzywo raz przetworzone – czysty recyklat HDPE
- B – tworzywo dwukrotnie przetworzone – czysty recyklat HDPE
- G – tworzywo raz przetworzone – mieszanka HDPE z 50% zawartością gumy odzyskanej z opon samochodowych
- R – tworzywo raz przetworzone – mieszanka HDPE z 50% zawartością trocin

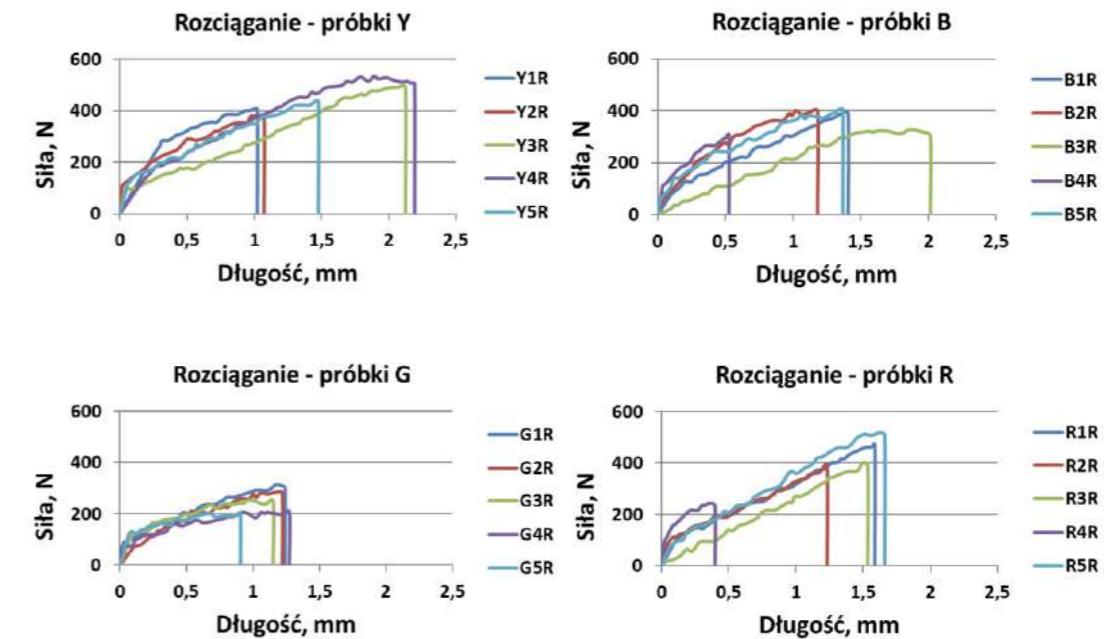
4.4 Zebranie wniosków i ocena wpływu nowo powstałego materiału na formę mebla miejskiego

Wyniki próby rozciągania

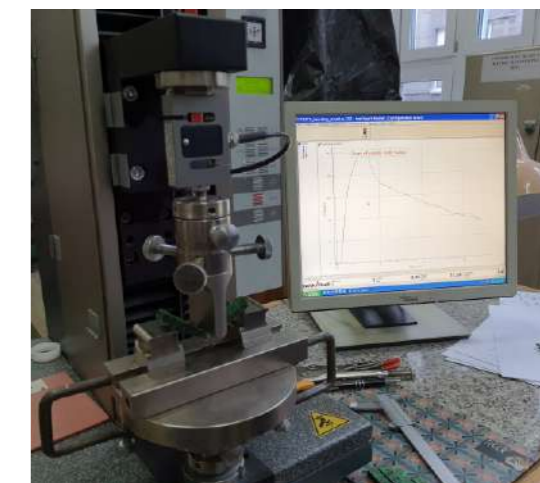
Wymiary próbek laboratoryjnych i parametry badań wg normy PN-EN ISO 527-1:2020-01⁵⁵
Maszyna wytrzymałościowa do próby rozciągania i ściskania - MTS 810

Testom zostało poddanych w sumie 80 próbek – po pięć próbek z każdej mieszanki (Y, B, G i R) dla wszystkich czterech badań.

Rys. 5 przedstawia wyniki zarejestrowane podczas rozciągania próbek na maszynie wytrzymałościowej. W każdej z badanych grup widoczny jest znaczny rozrzut w wartościach siły potrzebnej do zerwania próbki, jak również odległości na jakiej do zerwania doszło. Świadczy to o występowaniu niejednorodnej struktury wewnętrznej w próbce, czego efektem jest przebieg krzywej rozciągania zbliżony charakterem do obserwowanego przy badaniu materiałów kruchych. Potwierdza to rozwarstwienie widoczne na przetomie próbki po zerwaniu. Warto zauważyć, że próbki oznaczone jako B, czyli wykonane z recyklatu HDPE przetworzonego dwukrotnie ustępują odpornością na rozciąganie próbkom Y przetworzonym jednokrotnie. Dodatkowo można zaobserwować, że próbki oznaczone G, które były wykonane z przetworzonego HDPE z zawartością 50% gumy cechują najniższe siły potrzebne do zerwania spośród wszystkich badanych materiałów (<300 N). Można to wytłumaczyć obecnością cząstek gumy, które dodatkowo osłabiają strukturę materiału podczas rozciągania. Najwyższą wartość siły zrywającej stwierdzono dla próbek Y3R, Y4R oraz R5R, gdzie pierwsza litera – Y oznacza rodzaj mieszanki omówiony wcześniej, cyfra 3, 4 i 5 oznacza kolejny numer próbki, a ostatnia litera – R to skrót od rodzaju testu – rozciągania w tym przypadku. Wyniosła ona odpowiednio ok. 500 N. Jest to wartość bardzo zbliżona do wyniku jaki możemy znaleźć w literaturze dla polimeru HDPE w stanie pierwotnym⁵⁶.



Rys. 5 Krzywe zarejestrowane podczas rozciągania próbek.



◀ Na zdjęciu po lewej (fot. 69) widoczna próba ściskania i rozciągania próbki oznaczonej Y.

◀ Na zdjęciu po prawej (fot. 70) widoczny test zginania próbki oznaczonej G i rejestracja wyniku badania w formie wykresu. fot. dr inż. Tomasz Maciąg

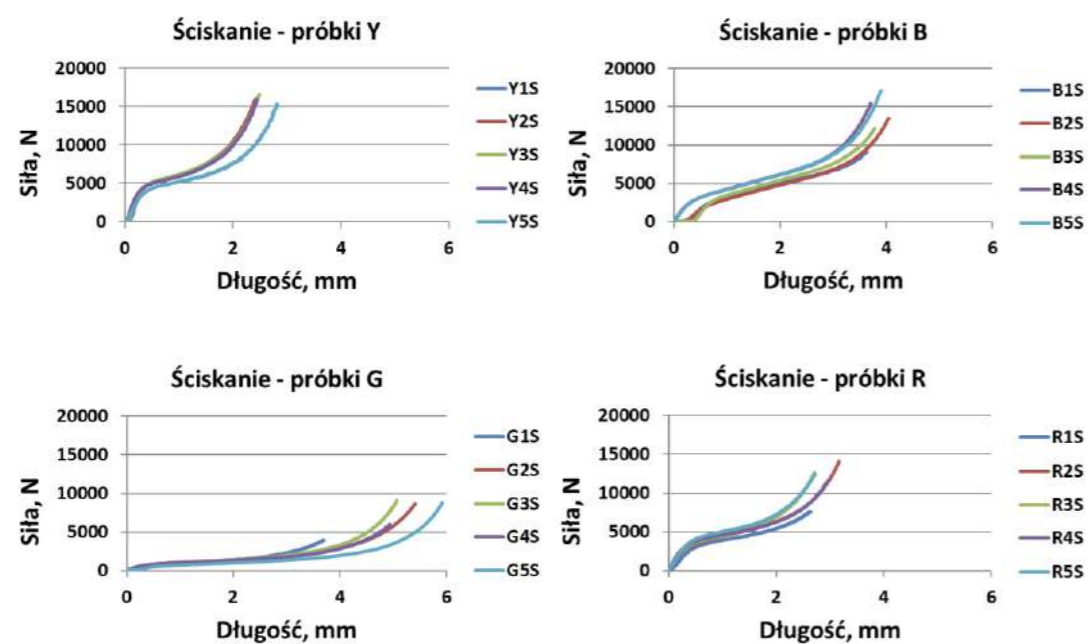
⁵⁵<https://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-527-1-2020-01e.html>

⁵⁶Shaofeng Li, Kang Qi, *The Mechanical and Fracture Property of HDPE-Experiment Result Combined with Simulation*, Master's Degree Thesis, Karlskrona, Sweden, 2014

Wyniki próby ściskania

Wymiary próbek laboratoryjnych i parametry badań wg normy PN-EN ISO 604:2006⁵⁷
Maszyna wytrzymałościowa do próby rozciągania i ściskania – MTS 810

Rys. 6 przedstawia wyniki zarejestrowane podczas ściskania próbek na maszynie wytrzymałościowej. Wszystkie badane próbki cechuje wysoka odporność na ściskanie. Zrealizowane pomiary wykonano w całym zakresie nacisku maszyny. Największe odkształcenie stwierdzono dla próbek G. Jednocześnie zarejestrowano dla nich najmniejsze siły ściskania spośród badanych materiałów. Wynika to z zastosowanego wypełnienia w postaci 50% gumy, czyniącego próbki G bardziej elastycznymi. W przypadku pozostałych rezultatów próbki Y i R zachowały się podobnie. Próbki B wykazały większą plastyczność w stosunku do Y i R.

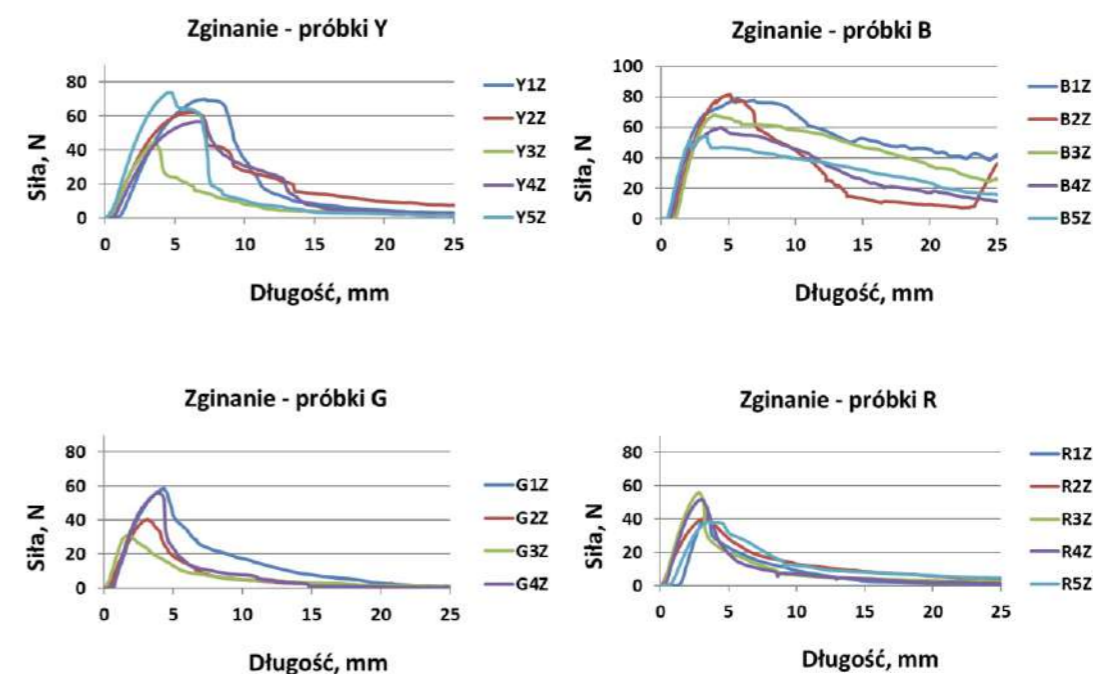


Rys. 6 Krzywe zarejestrowane podczas ściskania próbek.

Wyniki próby zginania

Wymiary próbek laboratoryjnych i parametry badań wg normy PN-EN ISO 178:2019-06⁵⁸
Maszyna wytrzymałościowa do próby zginania – ZWICK Z 2.5

Rys. 7 przedstawia wyniki zarejestrowane podczas zginania próbek na maszynie wytrzymałościowej. Wszystkie badane próbki uległy zniszczeniu, ujawniając niejednorodność struktury wewnętrznej podobnie jak to miało miejsce podczas próby rozciągania. Największe siły potrzebne do zniszczenia próbki stwierdzono dla próbek B. Nieco niższe wyniki uzyskano dla próbek Y, a wyniki najniższe otrzymano dla próbek G i R. Wskazuje to na wyraźny wpływ dodatków, które w tym przypadku zmniejszają wytrzymałość na zginanie badanych materiałów.



Rys. 7 Krzywe zarejestrowane podczas zginania próbek.

⁵⁷<https://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-604-2006p.html>

⁵⁸<https://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-178-2019-06e.html>

Wyniki prób udarnościowych

Wymiary próbek laboratoryjnych i parametry badań wg normy PN-EN ISO 179⁵⁹
Maszyna wytrzymałościowa do próby na udarność – młot Charpy'ego 60kg/cm

Tabela 2 zawiera wyniki udarności badanych materiałów. Najniższą wartość udarności czyli odporności na dynamiczne niszczenie wykazują próbki R. W ich przypadku określono udarność dwukrotnie niższą niż w przypadku próbek Y i B. Najwyższą wartość udarności stwierdzono w przypadku próbek G. Jest ona o ok. 50% wyższa niż w przypadku próbek Y i B oraz trzykrotnie wyższa niż próbek R. Wynika to z zastosowania wypełnienia w postaci gumy, która działa w tym przypadku jak „amortyzator”.

Próbka	Udarność J/cm ²	Próbka	Udarność J/cm ²	Próbka	Udarność J/cm ²	Próbka	Udarność J/cm ²
Y1U	0,58	B1U	0,31	G1U	0,65	R1U	0,25
Y2U	0,55	B2U	0,69	G2U	0,92	R2U	0,32
Y3U	0,50	B3U	0,44	G3U	0,68	R3U	0,22
Y4U	0,55	B4U	0,38	G4U	0,88	R4U	0,25
Y5U	0,63	B5U	0,53	G5U	0,62	R5U	0,23
Średnia	0,56 ± 0,05		0,47 ± 0,15		0,75 ± 0,14		0,25 ± 0,04

Tabela 2. Wyniki udarności próbek.



► Na zdjęciu po lewej (fot. 71) widoczna próbka w trakcie próby udarnościowej

► Na zdjęciu po prawej (fot. 72) próbki przygotowane do badania udarnościowego i próby zginania
fot. dr inż. Tomasz Maciąg



Podsumowanie

Badania wytrzymałościowe próbek wykonanych z recyklatu HDPE lub połączenia recyklatu z innymi materiałami wykazały, że materiały te wykazują się właściwościami mechanicznymi zbliżonymi do tworzywa HDPE w postaci pierwotnej jeśli chodzi o siły potrzebne do ich zniszczenia. Podczas rozciągania próbek zaobserwowano charakter niszczenia zbliżony do tego jaki prezentują materiały kruche tj. gwałtownego zerwania po osiągnięciu siły maksymalnej. Brak plastyczności należy w tym przypadku powiązać ze strukturą wewnętrzną próbek. W przypadku próbek z serii G, w których znajdowały się cząstki gumy, wpływały one dodatkowo na obniżenie sił potrzebnych na zerwanie podczas rozciągania.

Próby zginania wykazały podobne zachowanie badanych materiałów, które wynika z ich budowy wewnętrznej. Zupełnie odmienny charakter krzywych zarejestrowano jednak w czasie prób ściskania. Badane materiały wykazały się bardzo dobrą plastycznością. Najwyższą elastycznością cechowało się tworzywo G, które dzięki obecności w swoim składzie gumy wykazało również najwyższe wyniki w badaniach udarności.

Podsumowując wyniki wszystkich prób wytrzymałościowych należy stwierdzić, że elementy wykonane z badanych materiałów, jeśli mają pracować w warunkach narażających je na działanie sił rozciągających i zginających, powinny mieć odpowiednio przygotowaną geometrię, polegającą na pogrubieniu narażonych elementów. Nie bez znaczenia jest również technologia przetwórstwa recyklatu, która po modyfikacji w postaci wcześniejszego uplastycznienia powinna pozwolić na istotny wzrost plastyczności próbek z grupy Y i B, eliminując ich rozwarstwienie i niejednorodność. Wadą takiego postępowania w przypadku wytwarzania próbek G i R będzie utrudnienie procesu mieszania z innymi cząstkami. Oznacza to, że recyklat HDPE, nawet podwójnie przetworzony jak w przypadku próbek B, może zastąpić w wybranych zastosowaniach tworzywo pierwotne, natomiast spośród badanych materiałów największe możliwości aplikacyjne prezentuje tworzywo G tj. przetworzony recyklat HDPE zawierający 50% gumy. Materiał ten wykazał się najwyższą wartością udarności oraz elastycznością podczas prób ściskania. Oznacza to, że może znaleźć zastosowanie na elementy, od których wymagana jest odporność na ściskanie i uderzenia.

Materiał R czyli tworzywo raz przetworzone i zawierające 50% wypełnienia w postaci trocin wykazało pośrednie właściwości pomiędzy materiałami Y oraz B, a materiałem G. Taka kombinacja cech powoduje, że zastosowań aplikacyjnych materiału R należy szukać bardziej pod kątem estetyki wyrobu niż właściwości mechanicznych.

Powyższe badania zostały przeprowadzone w celu sprawdzenia czy opracowany

⁵⁹<https://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-179-1-2004-a1-2006p.html>

materiał będzie miał cechy powtarzalne, czy charakterystyka recyklatów jest inna od nowych tworzyw, czy da się stworzyć materiał w 100% bazujący na odzysku, a także czy spełni określone właściwości i wymagania w kontekście projektu mebli miejskich.

Powstały materiał nie zawiera żadnych domieszek nowego materiału, dodatkowego spoiwa czy pigmentów. Mieszanka przygotowana w odpowiedniej proporcji tworzywa do gumy poddana jest prasowaniu w formie, dzięki czemu wdrożenie do produkcji przemysłowej jest bardzo proste. Próbkę materiału zostały poddane próbom rozciągania, zgniatania, wyginania przez laboratorium technologii materiałowych na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej w Katowicach, specjalizującym się w badaniu właściwości materiałów. Pozytywne wyniki próbek stały się motorem napędowym do zastanowienia się, w jaki sposób realnie i przemysłowo wykorzystać nowy materiał.

W mojej ocenie dwie mieszanki ze wszystkich badanych nadają się do wykorzystania w projekcie mebli miejskich. Jest to materiał z recyklatu HDPE oraz jego mieszanki z regnulatem gumowym z zużytych opon samochodowych. Pierwszy spełnia pożądane właściwości co do materiału do tego typu zastosowań, da się łatwo formować, a drugi dodatkowo może posiadać regulowaną sprężystość w zależności od domieszki gumy (od 10–70%), dzięki czemu poszerza znacznie wachlarz zastosowań – od elementów konstrukcyjnych po elastyczne odbojniki, podkładki, elementy siedzisk, itd.

Mieszanka tworzyw HDPE z trocinami lub wiórami drewnianymi również znajduje zastosowanie, ale między innymi w branży meblarskiej, jak np. wspomniane wcześniej projekty uchwytów meblowych, gałek, wieszaków lub innych produktów do stosowania wewnątrz pomieszczeń. W formie płyt mogą znaleźć zastosowanie jako blaty lub fronty meblowe o podwyższonej odporności na wilgoć.

05

Projekt zestawu mebli miejskich

5.1 Założenia projektowe

Sformułowanie precyzyjnych założeń projektowych to kluczowy etap pracy. Zostały one opracowane na podstawie wcześniejszych, wnikliwych obserwacji istniejących rozwiązań i realizacji, ofert handlowych w tym zakresie, koncepcji projektowych, a także analiz na bazie przemysłów specjalistów, ekspertów i architektów zajmujących się badaniami rozwoju miast od wielu lat oraz na wnioskach z etapu eksperymentowania z materiałami, a także na wytycznych z zakresu ergonomii i antropometrii. Założenia technologiczne zostały opracowane na podstawie przeprowadzonych eksperymentów z materiałami, omówionymi w poprzednim rozdziale.

Wg autorów Inwentyki – metod poszukiwania twórczych rozwiązań przy definicji obiektu nie można pominąć żadnej z trzech przestrzeni: afektywnej i otoczenia społecznego, funkcjonalnej oraz technologicznej⁶⁰. Natomiast proces odkrywczy dzielią na trzy fazy:

- Faza I – logiczna, na którą składa się sformułowanie problemu, zebranie danych i poszukiwanie rozwiązań
- Faza II – najważniejsza – intuicyjna, w której nabieramy dystansu, następuje dojrzewanie i klarowanie, na końcu olśnienie
- Faza III – krytyczna, w której sprawdzamy, weryfikujemy i ostatecznie wykańczamy

W moim opracowaniu założenia projektowe podzieliłem na sześć głównych kategorii, które szczegółowo opisuję poniżej.

Użytkowe:

- Dzięki możliwości konfigurowania elementów w różne układy zestaw mebli może być łatwo dostosowywany do potrzeb większości użytkowników przestrzeni miejskich
- Możliwość wykorzystywania mebla przez mieszkańców, turystów, osób będących przejazdem oraz dzieci, seniorów, rowerzystów
- Powinien ułatwiać odpoczynek, relaks, zapewnić spokój i bezpieczeństwo użytkownikom - do dłuższego lub chwilowego odpoczynku w zależności od typu siedziska

⁶⁰A. Kaufmann, M. Fustier i A. Drevet, *Inwentyka - metody poszukiwania twórczych rozwiązań*, wyd. WNT, 1975 r., s. 22–23, 94–95

- Powinien spełniać wytyczne z Polskich Norm – normy dotyczące wyposażenia placów zabaw oraz elementów małej architektury ulic i ogrodów (brak norm szczególnych, dedykowanych meblom miejskim)⁶¹
- Poprzez wykorzystanie materiału z odzysku oraz miejsce zastosowania (przestrzenie publiczne) produkt powinien pełnić rolę edukacyjną – promować segregację i możliwości powtórnego wykorzystywania odpadów
- Produkt w znacznym stopniu powinien przyczynić się do redukcji odpadów z HDPE i pochodnych oraz zużytych opon samochodowych

Wizerunkowe:

- Budzący poczucie bezpieczeństwa i wygody zestaw mebli oraz elementów dodatkowych
- Formy oparte na podstawowych bryłach geometrycznych, niezakłócające otoczenia, zaokrąglone krawędzie, powtarzalność kształtów
- Naturalna kolorystyka recyklatów (zależna od rodzajów odpadów)
- Projekt powinien uwzględniać kontekst estetyczny otoczenia (nowoczesne dzielnice, stare miasto, osiedle, przedmieścia, itd.)
- Rola edukacyjna poprzez szerzenie możliwości zastosowań recyklingu

Technologiczne:

- Materiał w 100% z odzysku (recyklat HDPE oraz domieszki z regranulatu gumy)
- Technologia prasowania tworzywa w formie
- Opcjonalnie frezowanie CNC elementów z bloku sprasowanego wcześniej recyklatu
- Modułowość, powtarzalność elementów
- Montaż wstępny poszczególnych elementów za pomocą łącznika dystansowego
- Łatwy montaż końcowy zestawu za pomocą wspornika i ogólnodostępnych łączników (kotwy, śruby, nakrętki)

Funkcjonalne:

- Wiele możliwości zestawiania modułów w zależności od miejsca i potrzeb
- Możliwość uzupełniania o funkcje dodatkowe, np. stojak na rower, słupki, donice
- Małe gabaryty podstawowych elementów
- Łatwość montażu i demontażu
- Łatwość wymiany uszkodzonych elementów
- Łatwość utrzymania czystości mebla i otoczenia - minimalizacja przestrzeni trudno-dostępnych do wyczyszczenia

Ergonomiczne:

- Dostosowanie wymiarów do aktualnych wytycznych ergonomicznych dotyczących siedzisk. Właściwa wysokość siedziska od podłoża oraz kształt i kąt nachylenia oparcia⁶² jako najważniejsze elementy siedziska z punktu widzenia antropotechniki
- Parametry mebli muszą bazować na danych antropometrycznych dla określonych grup populacji użytkowników – podstawowe normy antropometryczne określone normą PN-90/N-08000 oraz wg atlasu antropometrycznego populacji polskiej, uwzględniające 5 i 95 centyl obu płci⁶³

Ekonomiczne:

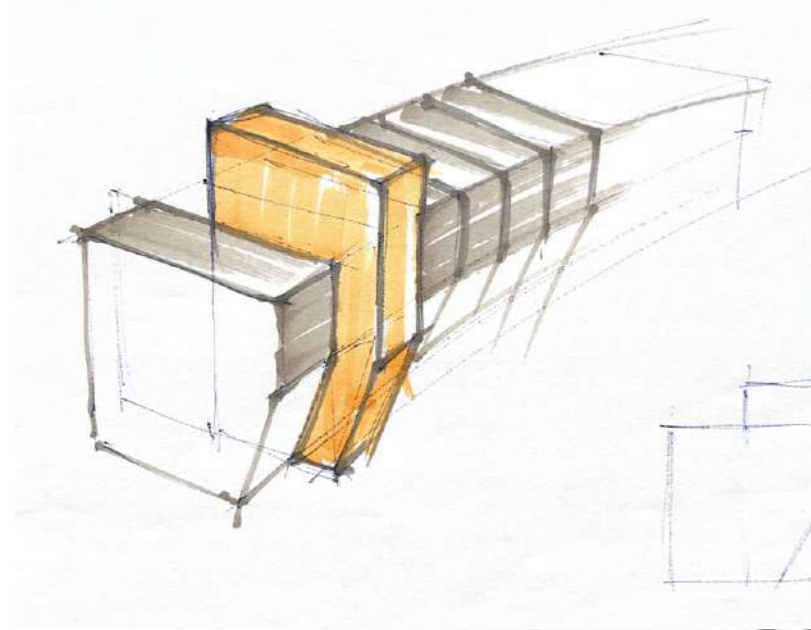
- Samonośna konstrukcja powinna pozwolić na minimalizację kosztów produkcji (brak dodatkowych elementów konstrukcyjnych z innych materiałów)
- Małe gabaryty elementów – tańsza logistyka oraz szybkość i łatwość montażu i demontażu
- Powtarzalność i modułowość powinna ułatwiać wprowadzanie zmian w trakcie użytkowania produktu – w każdej chwili można przebudować zestaw, zredukować lub rozbudować w zależności od potrzeb
- Łatwość wytwarzania powtarzalnych elementów poprzez prasowanie (niewielka ilość modułów obniży koszty inwestycji w wiele skomplikowanych form)
- Kolorystyka naturalna stosowanych mieszanek (recyklat z tworzyw barwionych pierwotnie w masie)

⁶¹PN-EN 1176-1:2017 – Wyposażenie placów zabaw i nawierzchnie – Część 1 Ogólne wymagania bezpieczeństwa i metody badań oraz PN-EN 13198:2005 – Prefabrykaty z betonu – Elementy małej architektury ulic i ogrodów

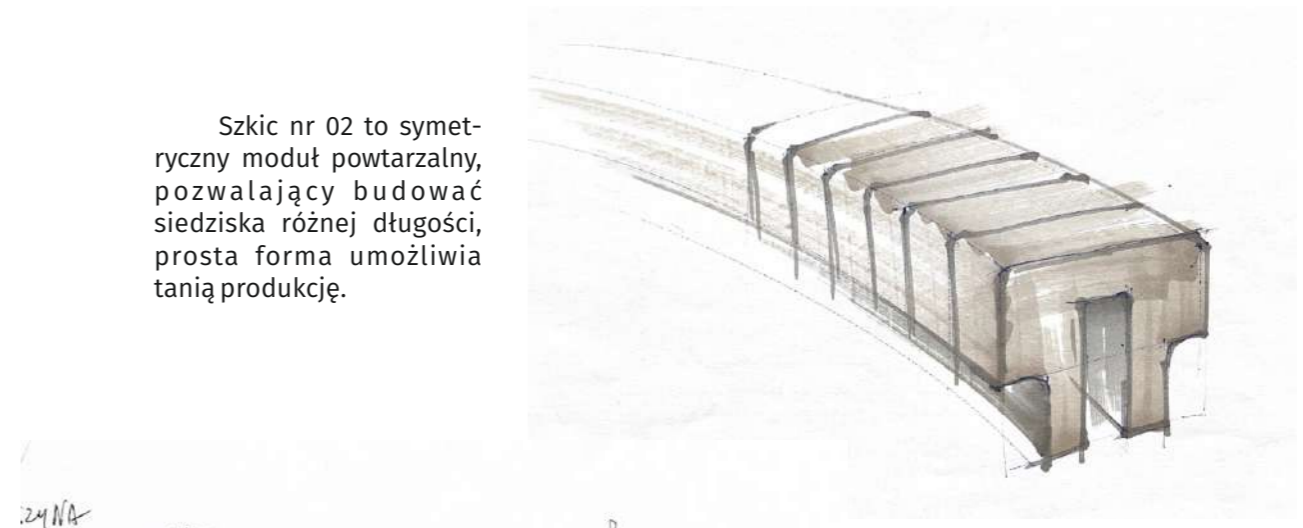
⁶²N. Wolański, *Antropometria inżynierska*, wyd. Książka i Wiedza, 1979, s. 137

⁶³E. Nowak, *Atlas antropometryczny populacji polskiej – dane do projektowania*, wyd. Instytut Wzornictwa Przemysłowego, 2000

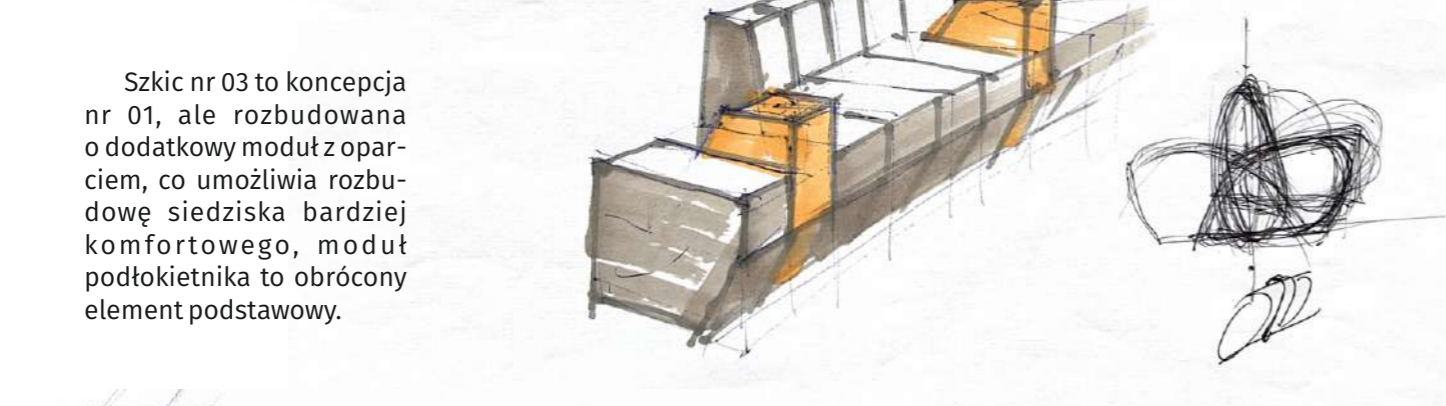
5.2 Wybrane szkice wstępne



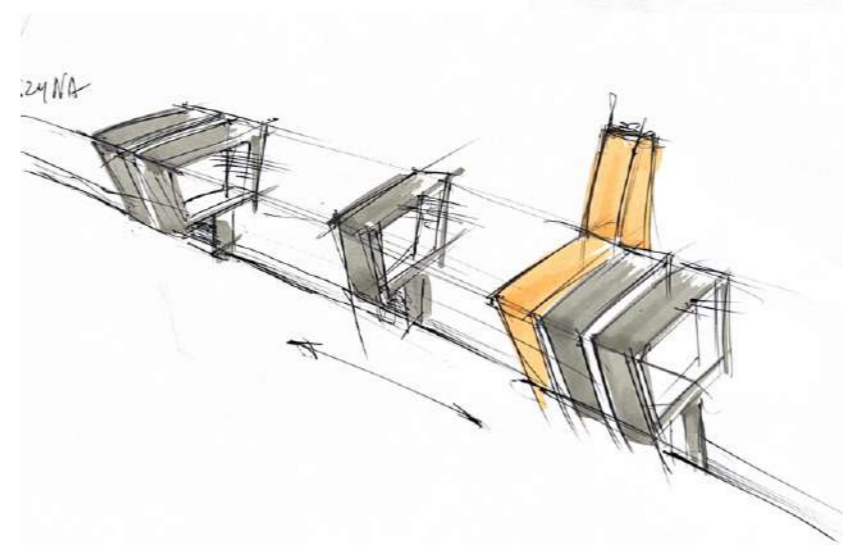
Szkic nr 01 przedstawia pomysł budowy siedziska tylko z jednego modułu, który po obróceniu o 90° tworzy podłokietnik, który jest również rozdzielaczem.



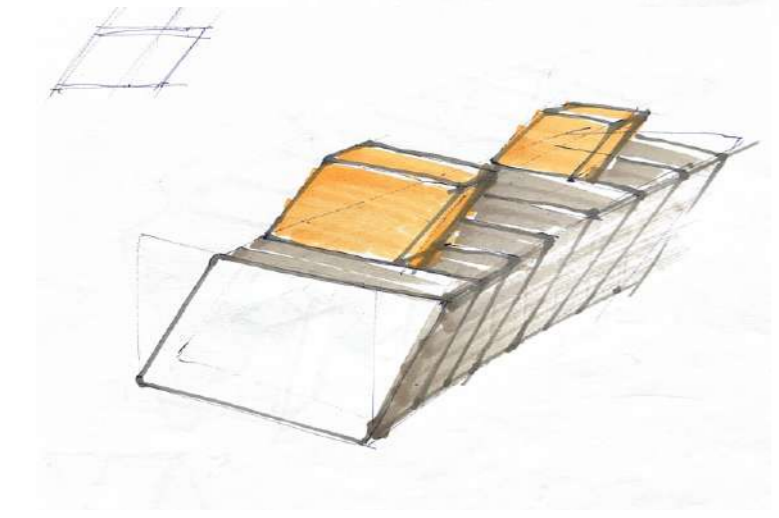
Szkic nr 02 to symetryczny moduł powtarzalny, pozwalający budować siedziska różnej długości, prosta forma umożliwia tanią produkcję.



Szkic nr 03 to koncepcja nr 01, ale rozbudowana o dodatkowy moduł z oparciem, co umożliwia rozbudowę siedziska bardziej komfortowego, moduł podłokietnika to obrócony element podstawowy.



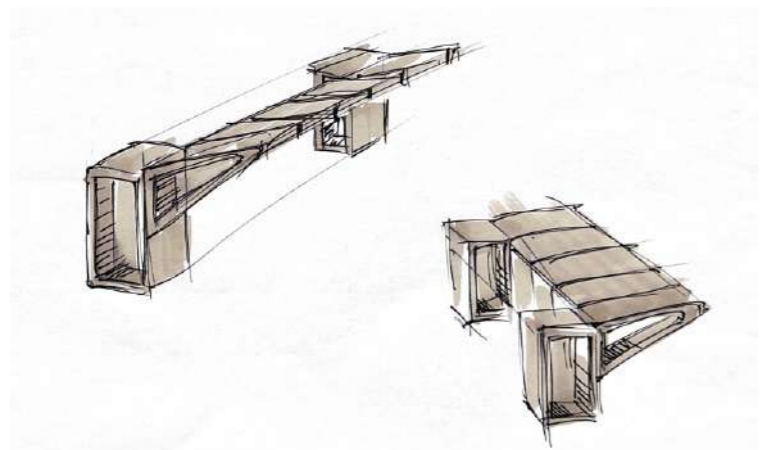
Szkic nr 04 to koncepcja elementów mocowanych na szynie wpuszczanej w posadzkę, aby umożliwić dowolną konfigurację, w zależności od potrzeb – ławka dłuższa, pojedyncza, z oparciem lub bez.



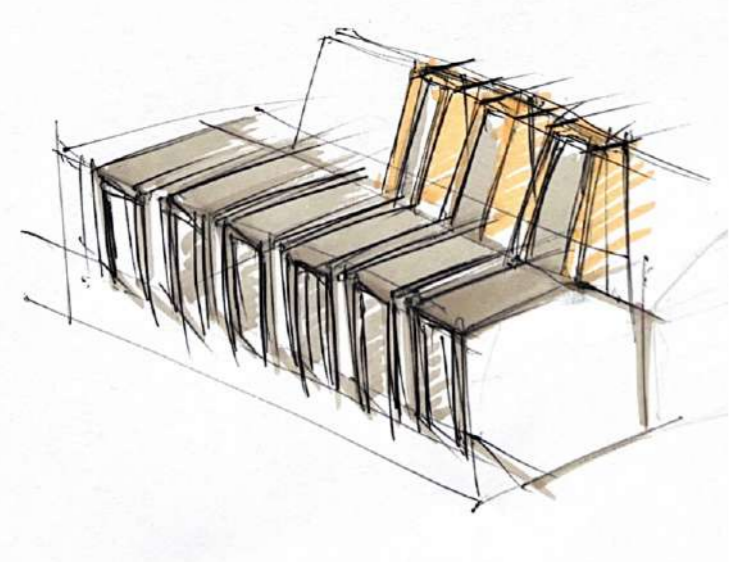
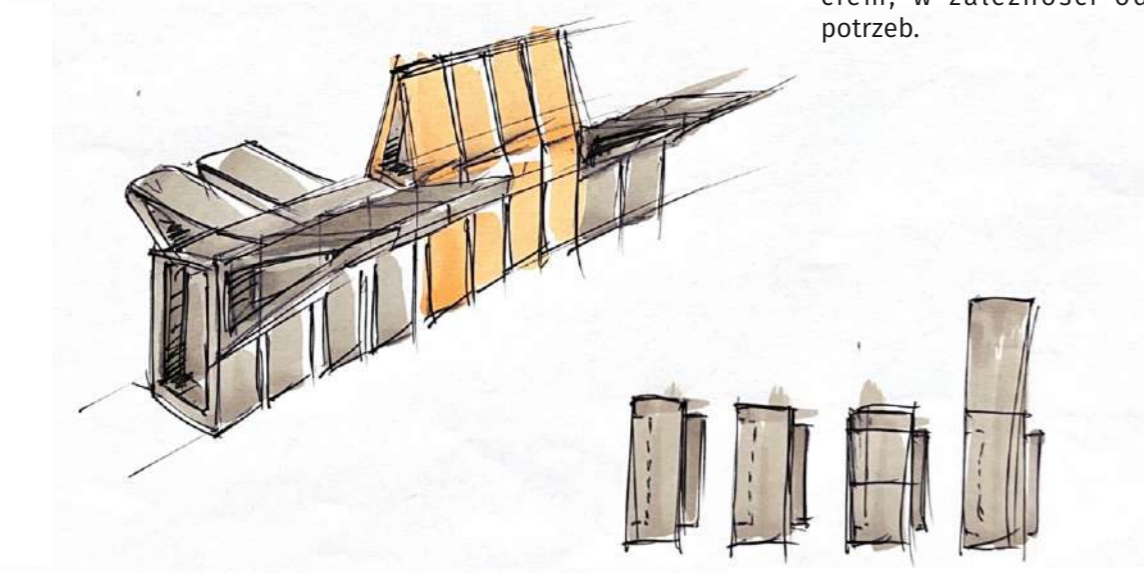
Szkic nr 05 to również pomysł na zastosowanie jednego modułu, który po obróceniu tworzy podłokietnik lub wyższe siedzisko. Plusem jest jeden, prosty moduł, minusem brak wykorzystania możliwości materiału (płaska, gruba płyta).



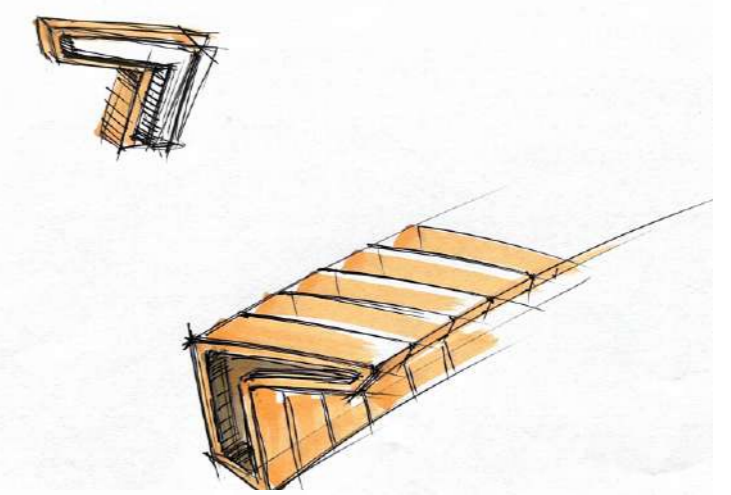
Szkic nr 06 to koncepcja budowy mebla miejskiego tylko z jednego, niesymetrycznego modułu, który po obróceniu odsuwa część zabudowy tworząc zestawy siedziska różnej długości.



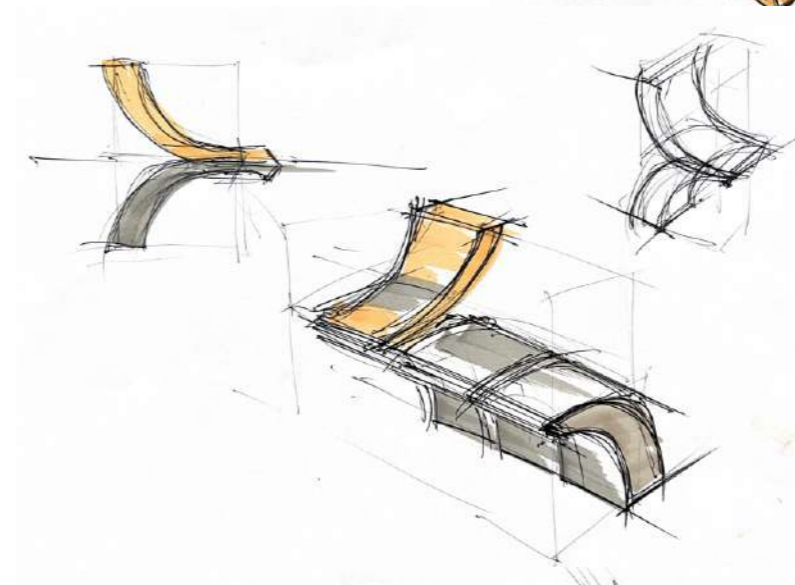
Szkice nr 07 to zestaw składający się z pięciu modułów, łączonych ze sobą na zatrzask. Dwa moduły są elementem konstrukcyjnym, jednostronnym lub dwustronnym, do których wpinamy wypełnienia siedziska lub siedziska z oparciem, w zależności od potrzeb.



Szkic nr 09 to koncepcja, która zakłada łączenie elementu bazowego modułem oparcia, który spina dwa elementy siedziska, można budować długie ciągi, ale ograniczona jest rozbudowa w inne kombinacje.



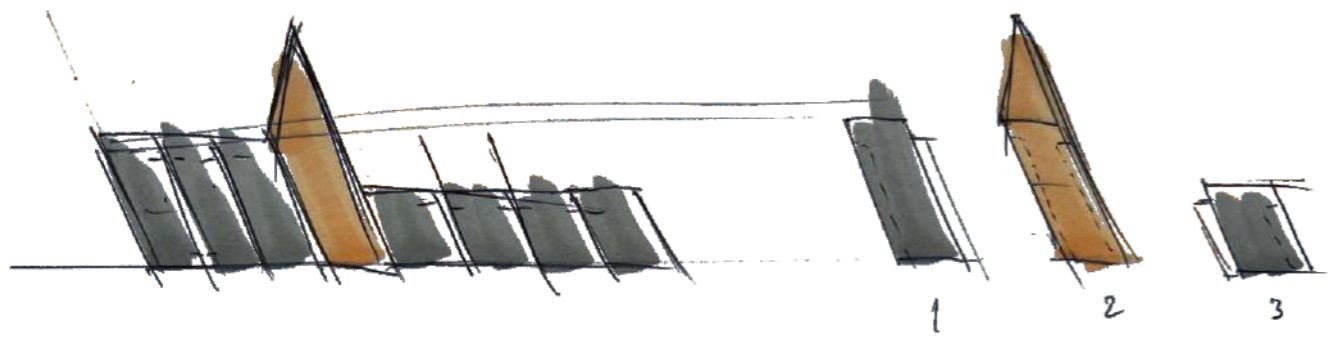
Szkic nr 08 to koncepcja pojedynczego modułu, który poprzez spinanie ze sobą pozwala budować siedziska, bez przednich nóg, ułatwiając komfort użytkowania, ale wymaga wzmocnionego montażu.



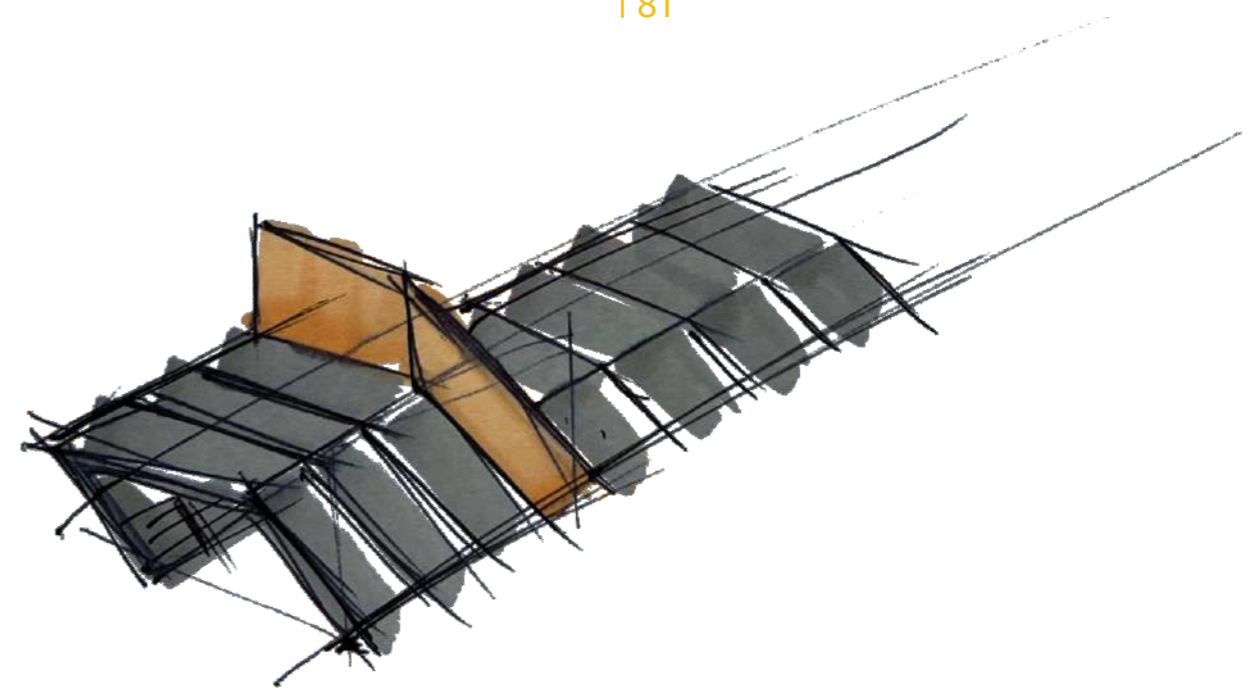
Szkic nr 10 to rozbudowany pomysł ze szkicu nr 08, moduł bazowy jest uzupełniany o podobny element, ale obrócony, tworząc oparcie. Możliwość budowania zestawów z oparciem i bez. Wymaga specjalnego kotwienia.

Szkic nr 11 to koncepcja siedziska bazująca na jednym module, o przeciwstawnych sobie częściach siedziska i oparcia, forma nawiązuje do motywu roślinnego, ale formowanie płyt z takiej masy recyklatów wydaje się nieuzasadnione ekonomicznie.

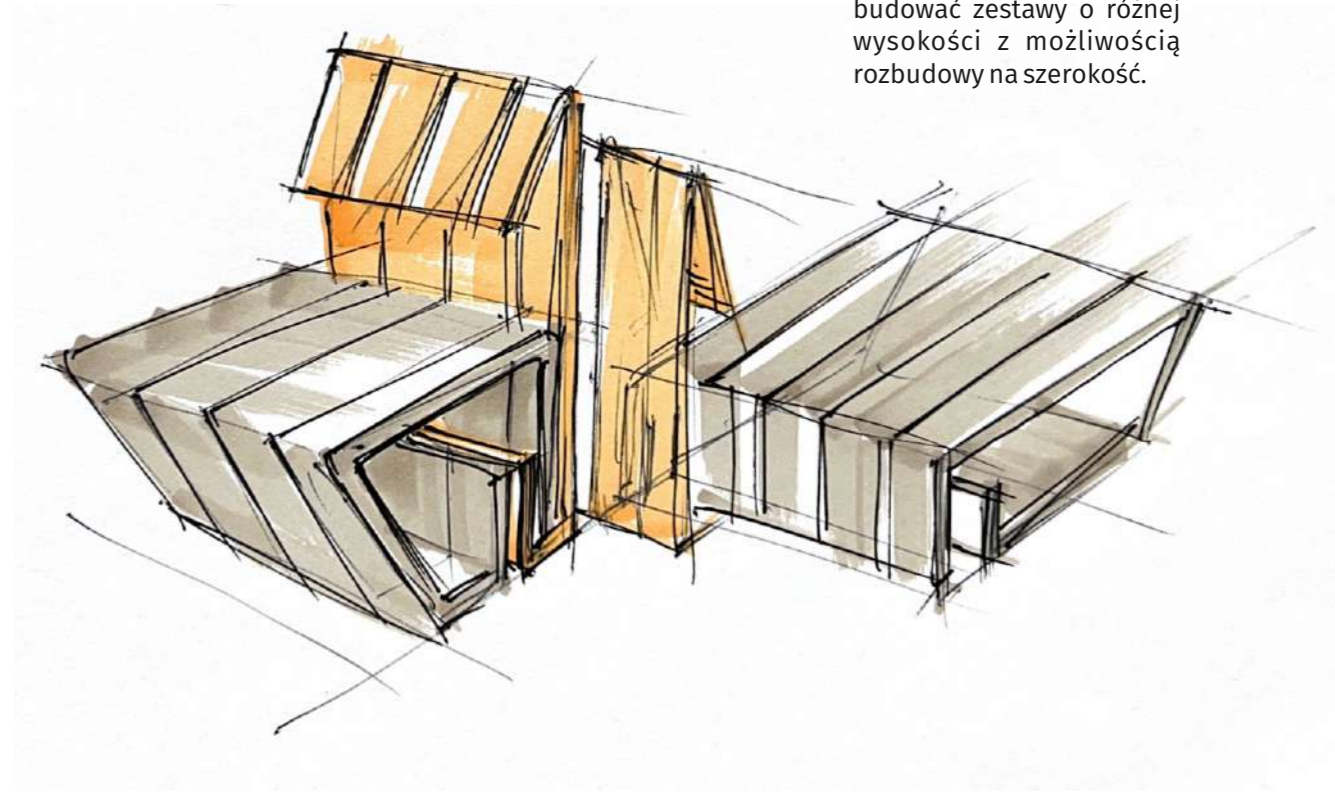
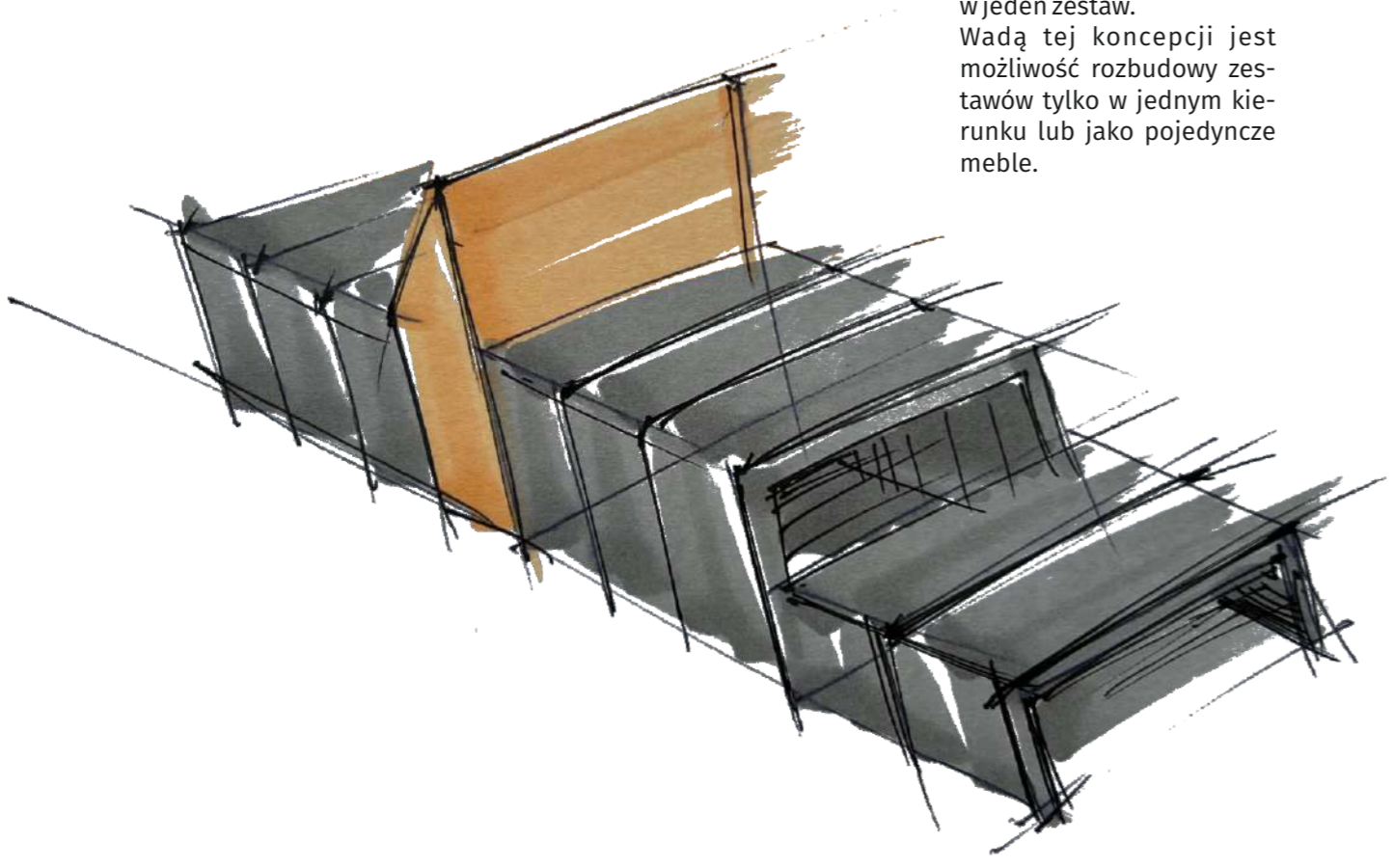


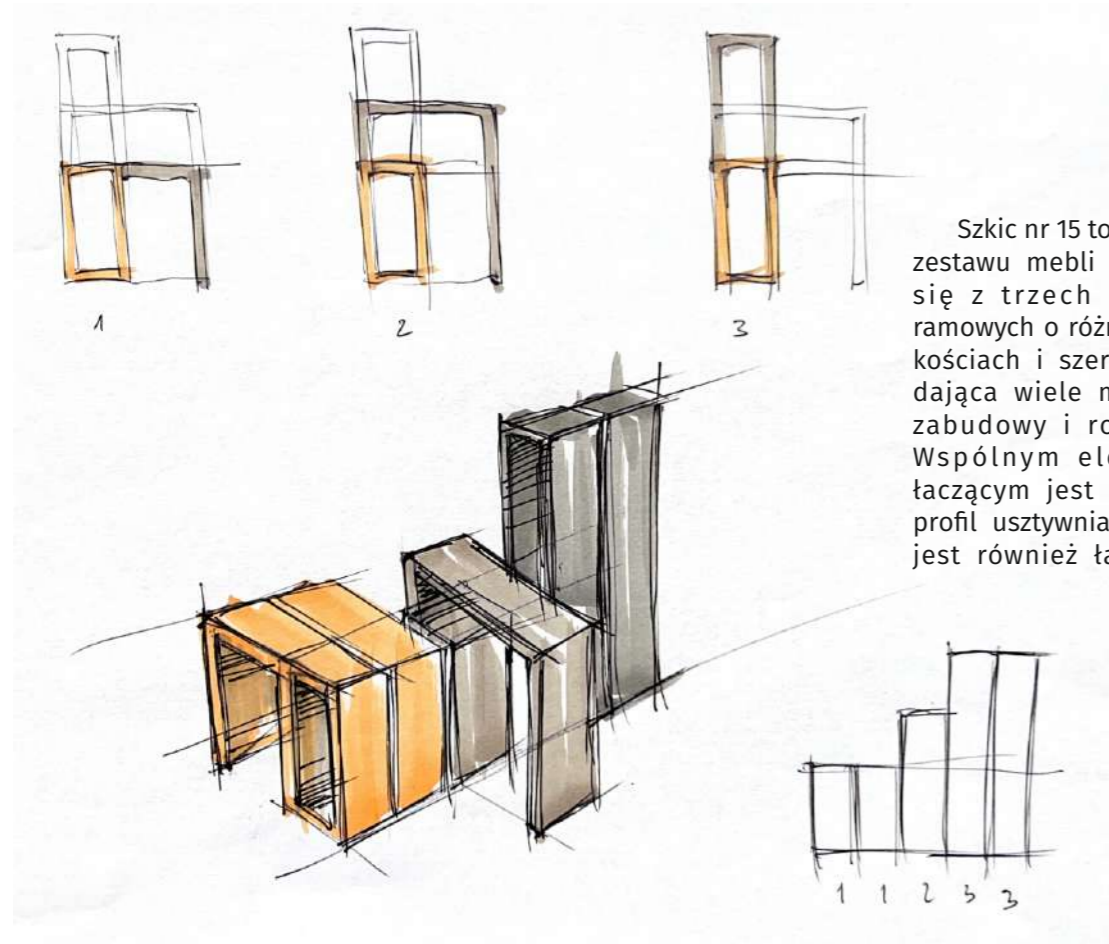


Szkice nr 12 to koncepcja zestawu składającego się z trzech modułów – niskiego, wysokiego i oparcia. Pochylenie elementów pozwala stosować moduł oparcia dwustronnie, łącząc część wysoką z niską w jeden zestaw. Wadą tej koncepcji jest możliwość rozbudowy zestawów tylko w jednym kierunku lub jako pojedyncze meble.



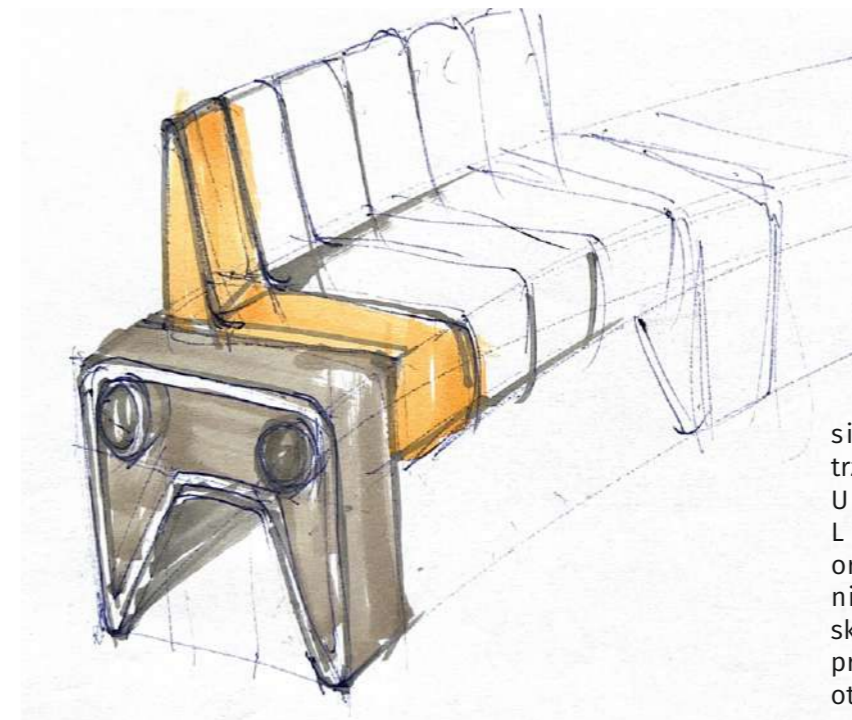
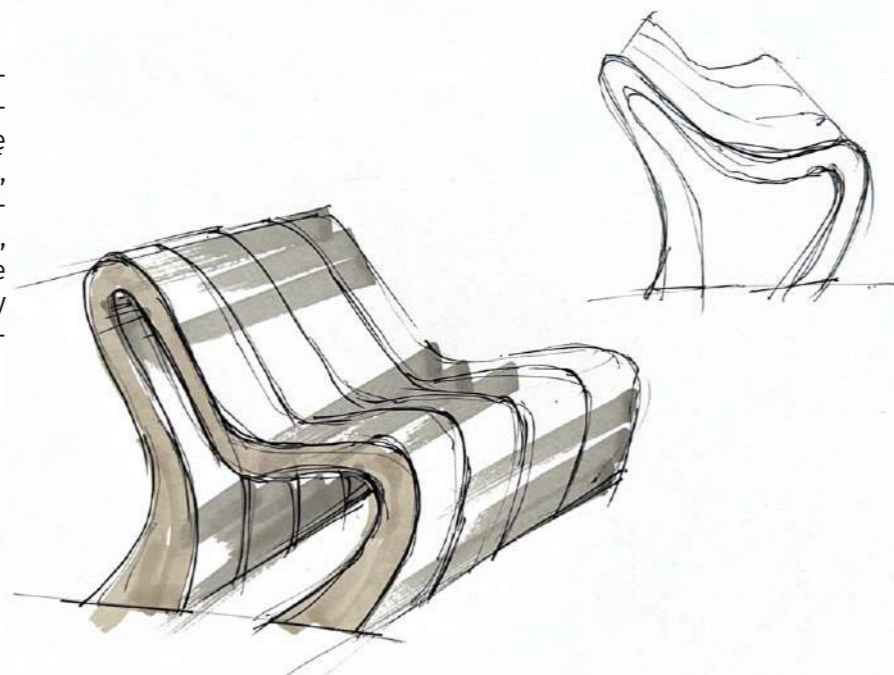
Szkic nr 13 to wariant projektu ze szkiców nr 12, pomyślany tak, aby dało się budować zestawy o różnej wysokości z możliwością rozbudowy na szerokość.





Szkic nr 15 to koncepcja zestawu mebli składająca się z trzech modułów ramowych o różnych wysokościach i szerokościach, dająca wiele możliwości zabudowy i rozbudowy. Wspólnym elementem łączącym jest zamknięty profil usztywniający, który jest również łącznikiem.

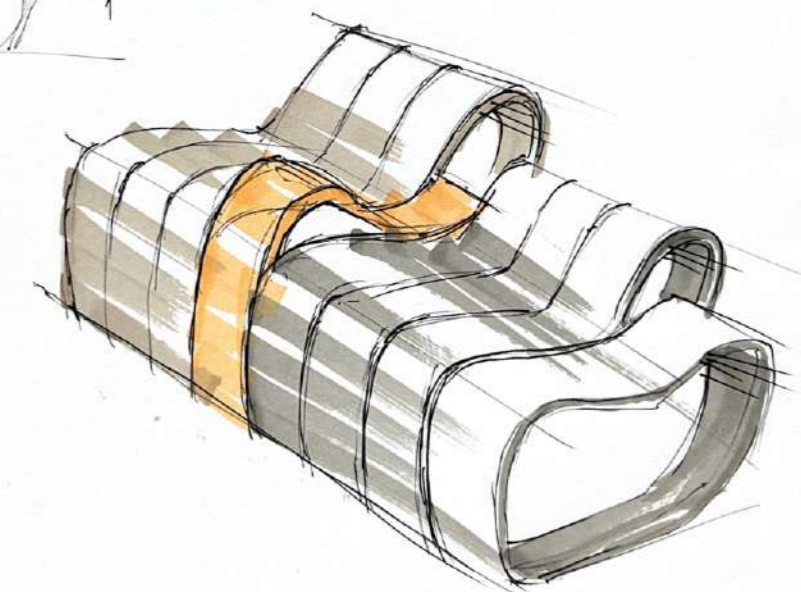
Szkic nr 14 to jedno-modułowe siedzisko, pozwalające na rozbudowę tylko w jednym kierunku, można też moduły zaprojektować parametrycznie, aby tworzyć różnorodne formy, ale wtedy każdy element potrzebuje osobnej formy.

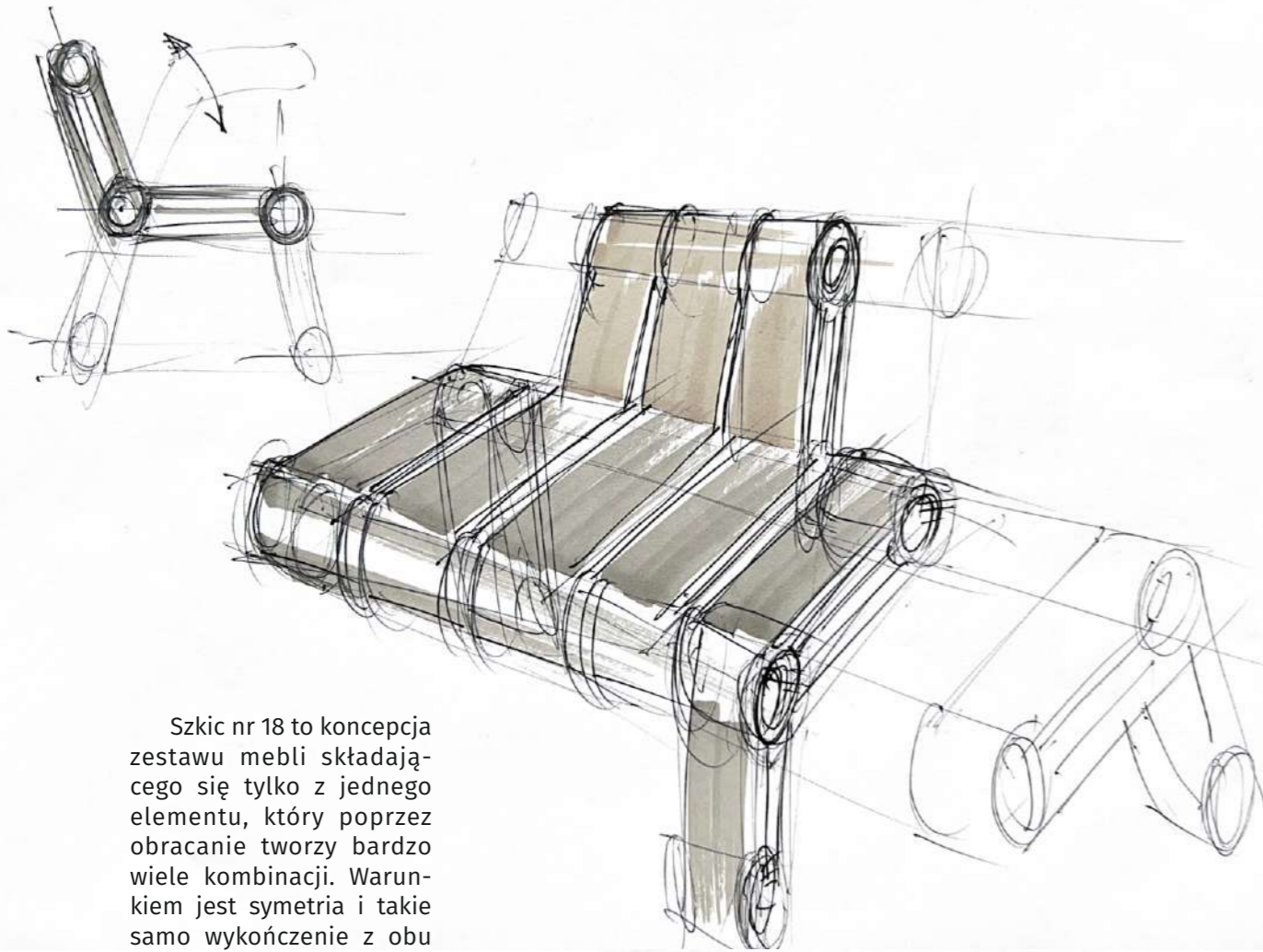


Szkic nr 16 to koncepcja siedziska zbudowanej z trzech modułów – element U – konstrukcyjny, element L – siedzisko z oparciem oraz element I – wypełnienie siedziska, całość skręcana poprzez pręt lub profil poprowadzony przez otwory w profilach.

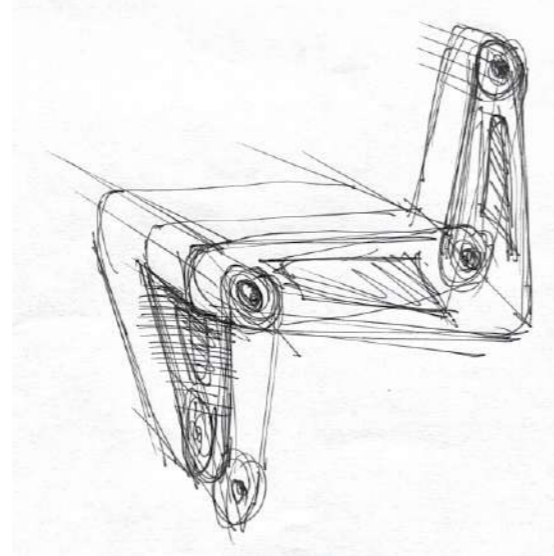


Szkic nr 17 to koncepcja siedziska zaprojektowana jako dwa różne, obłe profile, każdy profil ma inny charakter – większy to siedzisko z wysokim oparciem, mniejszy z niższym oparciem, którego odwrócenie tworzy podłokietnik.



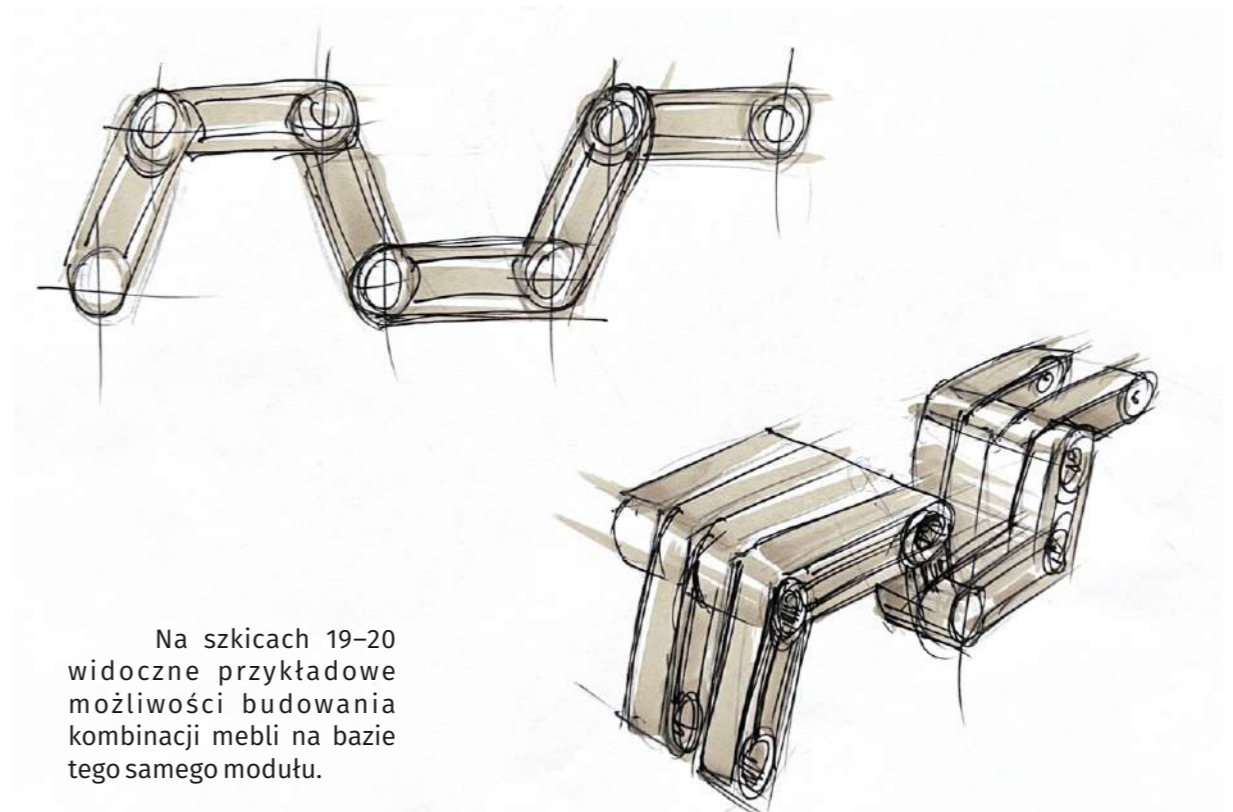
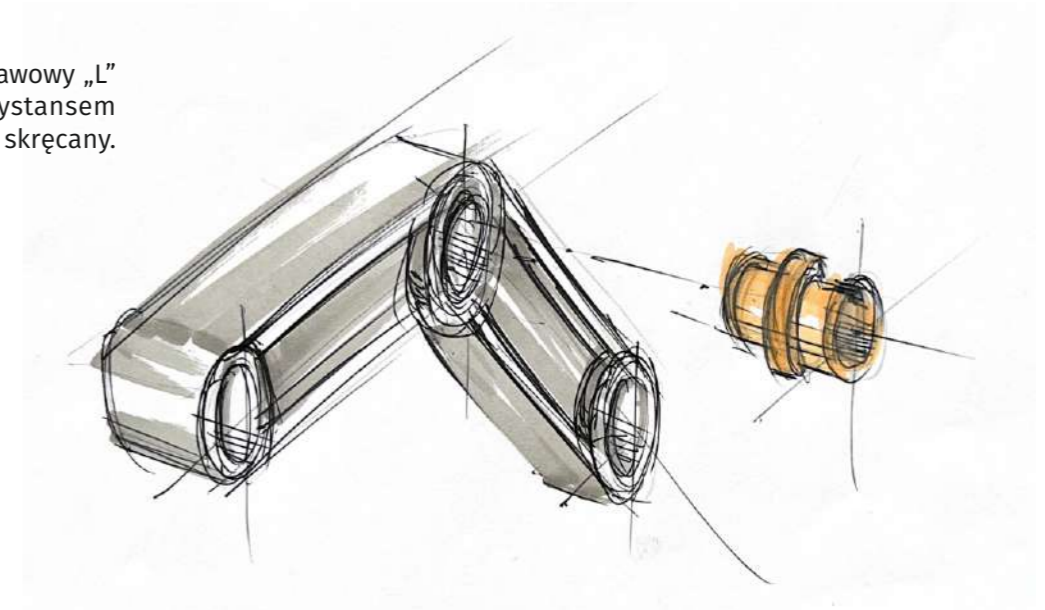


Szkic nr 18 to koncepcja zestawu mebli składającego się tylko z jednego elementu, który poprzez obracanie tworzy bardzo wiele kombinacji. Warunkiem jest symetria i takie samo wykończenie z obu stron.

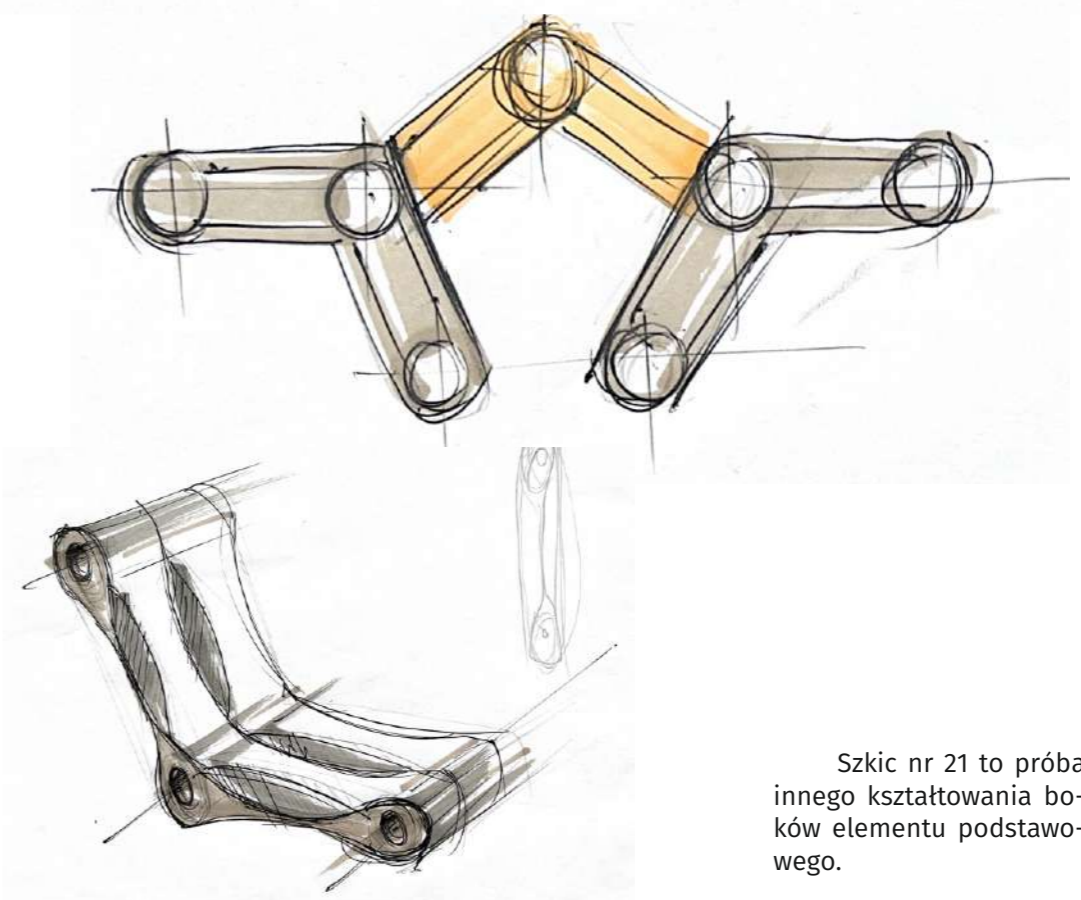
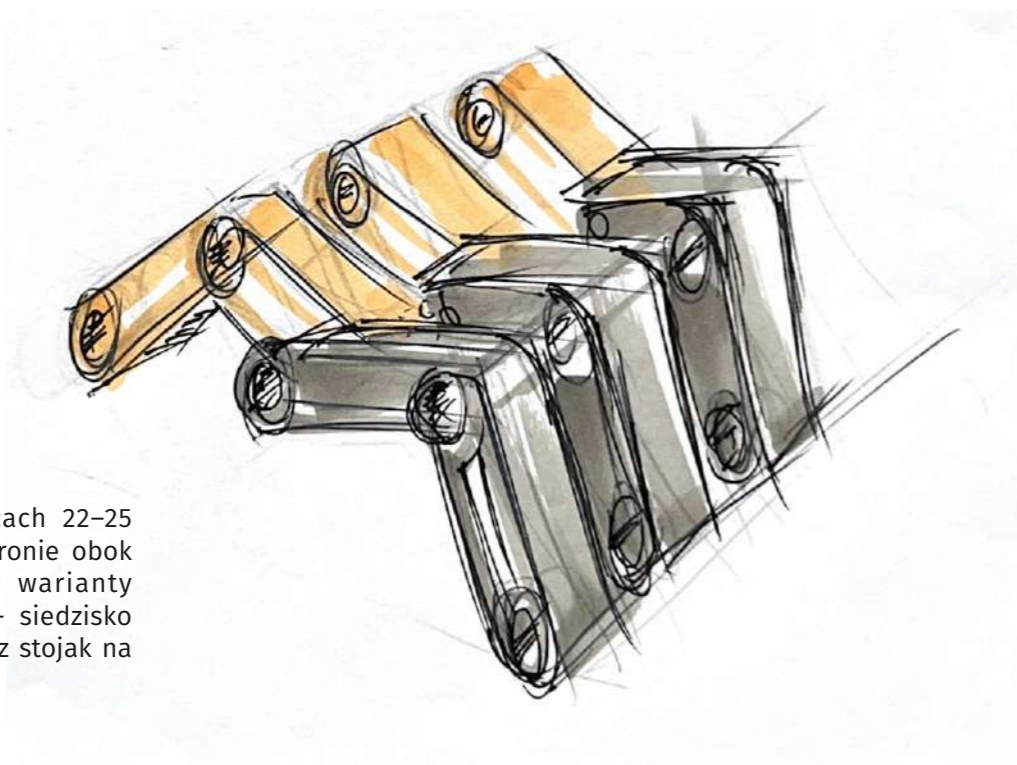
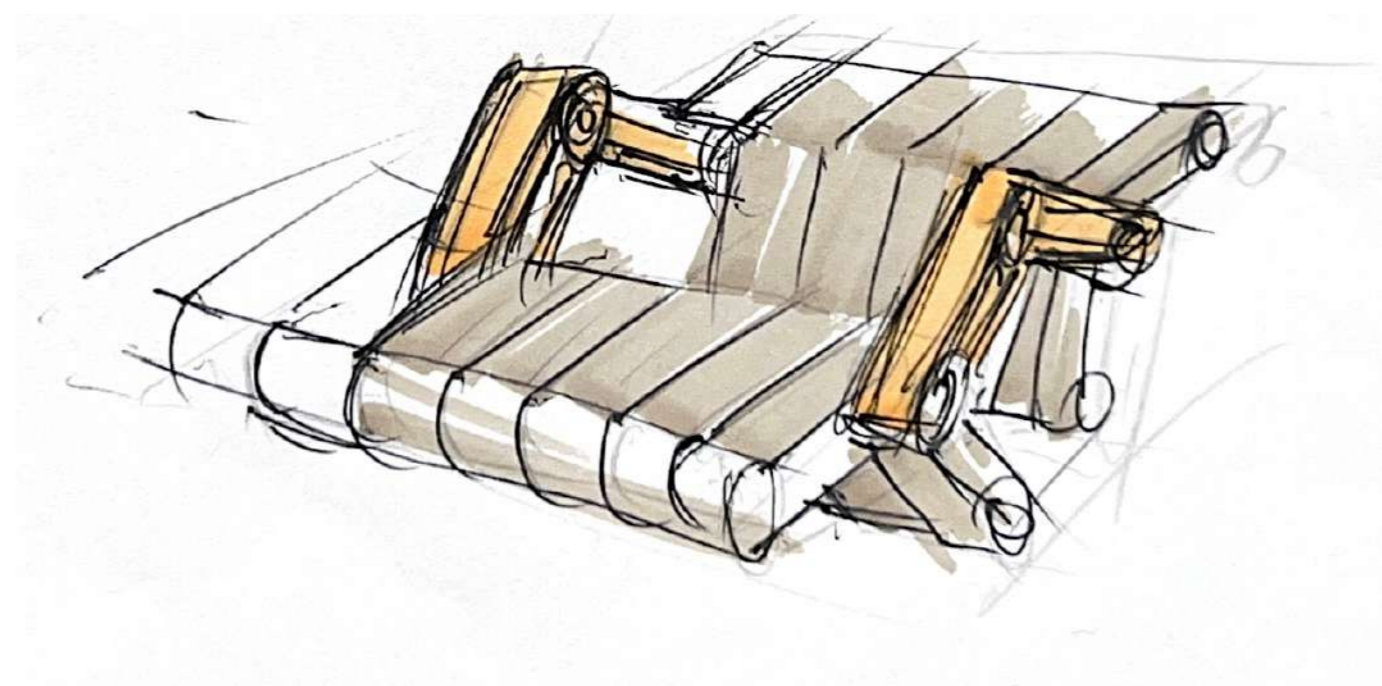
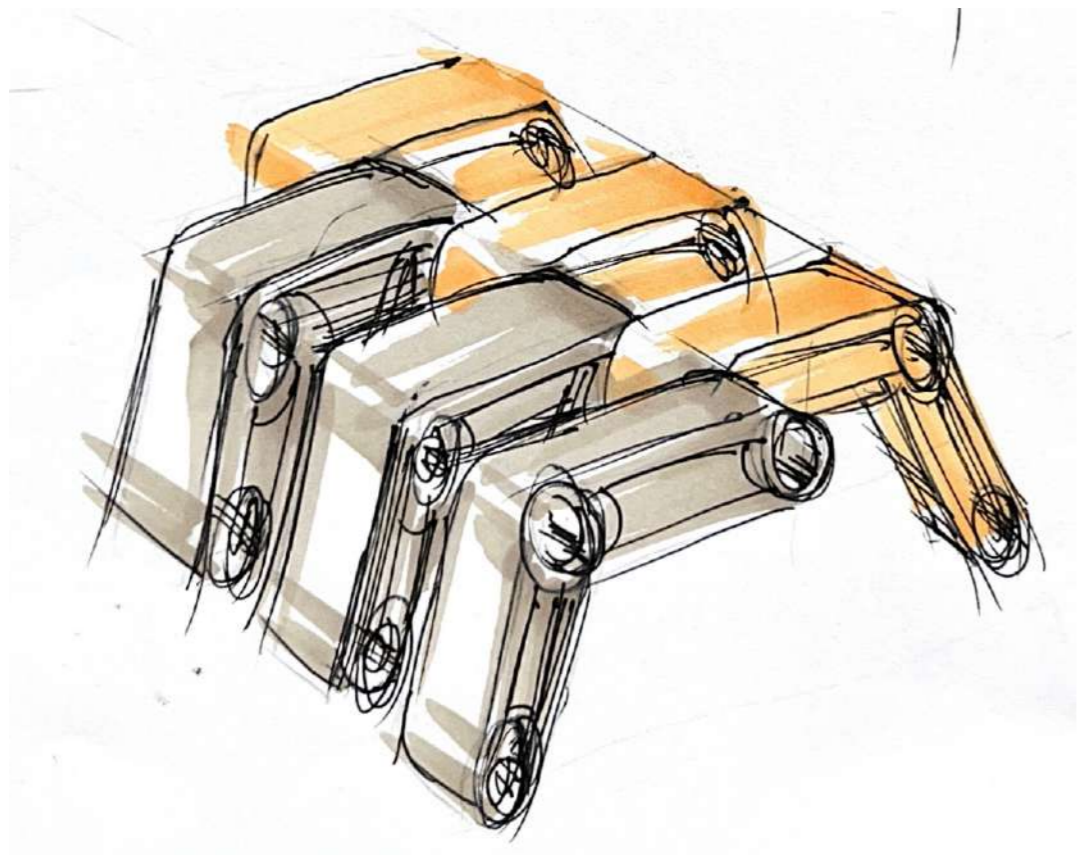


Kąt rozwarcia boków elementu to 103° , co wynika z ergonomii wygodnego siedziska. Z tego samego elementu tworzy się podparcie siedziska.

Moduł podstawowy „L” byłby łączony dystansem oraz dodatkowo skręcany.



Na szkicach 19–20 widoczne przykładowe możliwości budowania kombinacji mebli na bazie tego samego modułu.

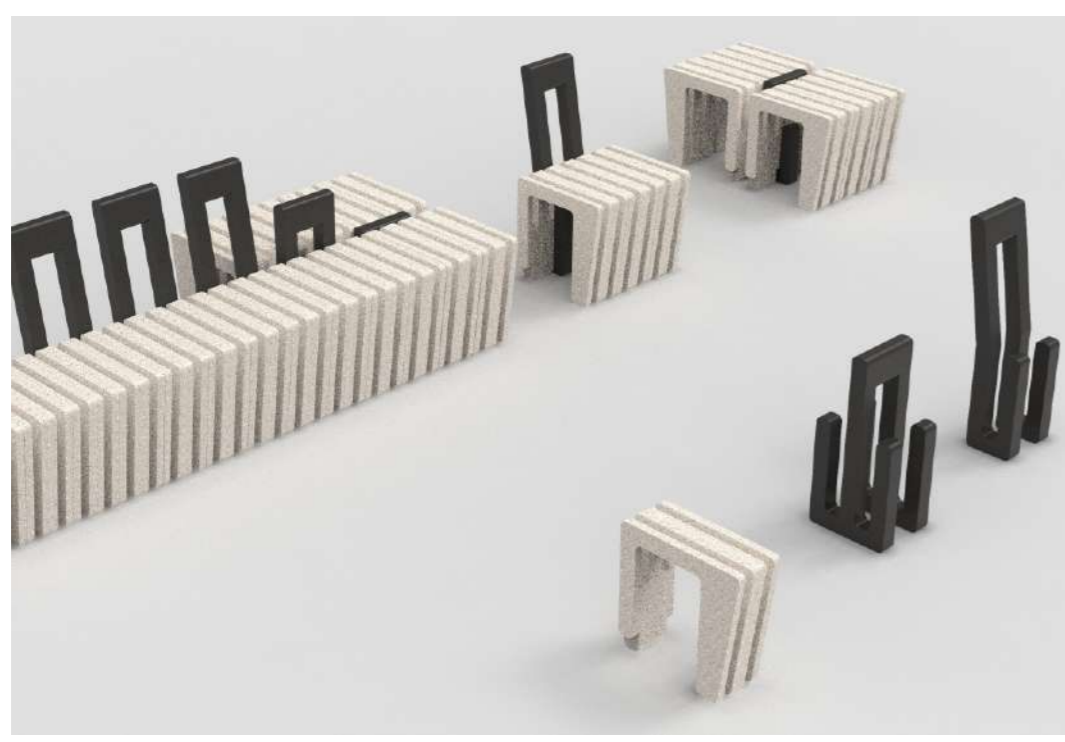


Na szkicach 22-25 powyżej i na stronie obok widoczne inne warianty konstrukcyjne – siedzisko dwustronne oraz stojak na rowery.

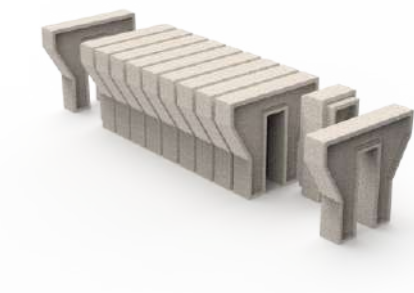
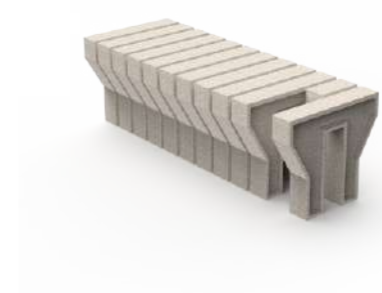
Szkic nr 21 to próba innego kształtowania boków elementu podstawowego.

5.3 Wizualizacje wybranych modeli 3D

► Wizualizacja nr 01 to projekt w którym elementem bazowym są ramy skrzyniowe, z których budujemy pożądaną poziom mebla i wykańczamy elementem siedziska, prostym lub z oparciem. Moduły pozwalają na łatwą rozbudowę lub przebudowę zestawu w zależności od potrzeb.



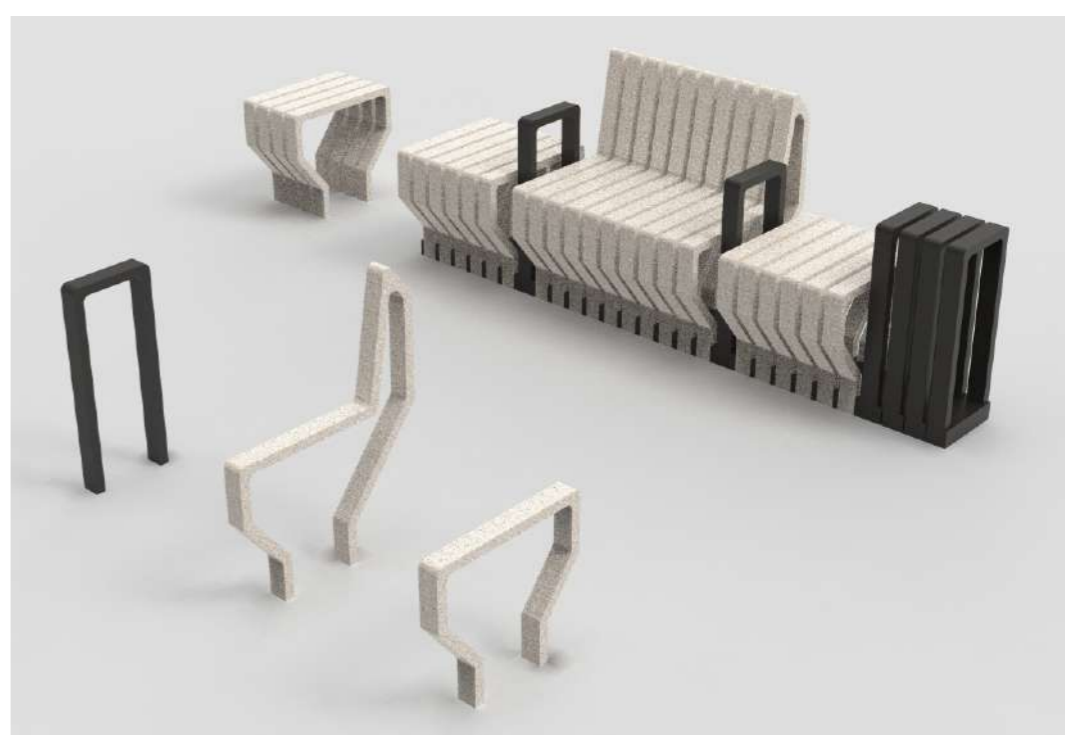
► Wizualizacja nr 02 to model wykonany na bazie szkicu 02, rozbudowany o element oparcia, które zarazem jest łącznikiem. Występuje w wersji jedno i dwustronnej.



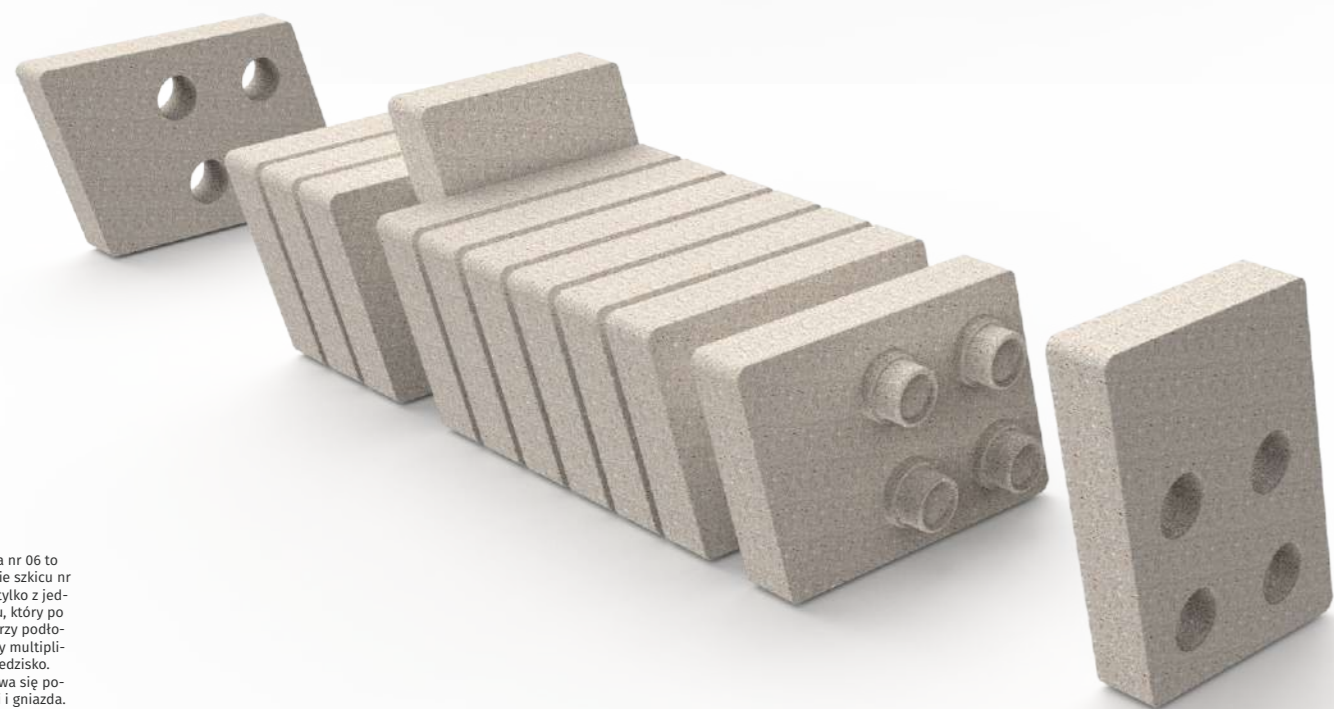
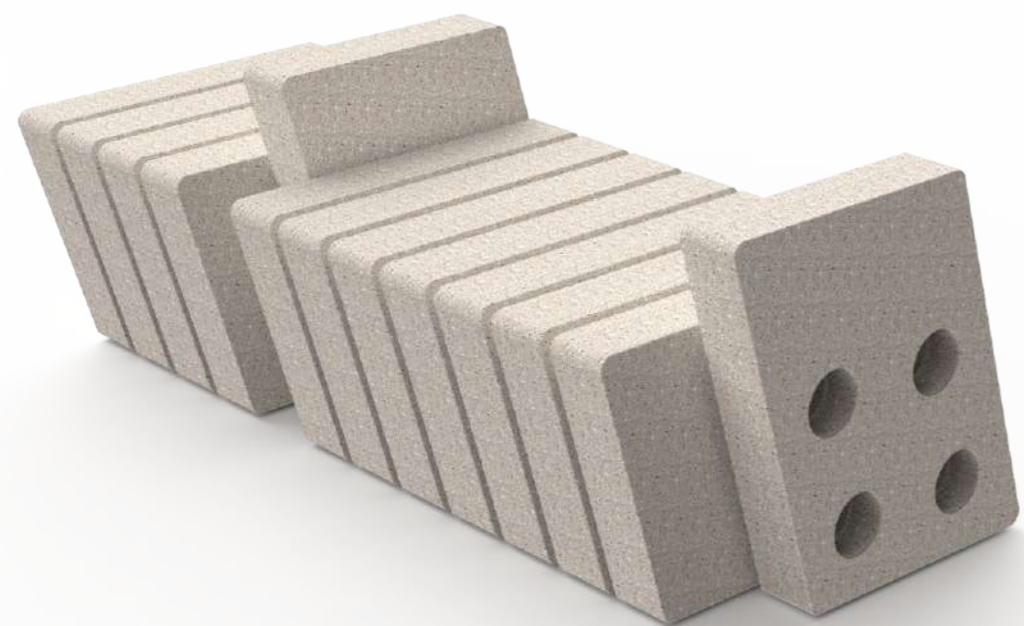
◄ Wizualizacja nr 03 to projekt na bazie szkicu nr 02, zawiera również element prosty, który łączy moduły podstawowe tworząc stojak na rower.



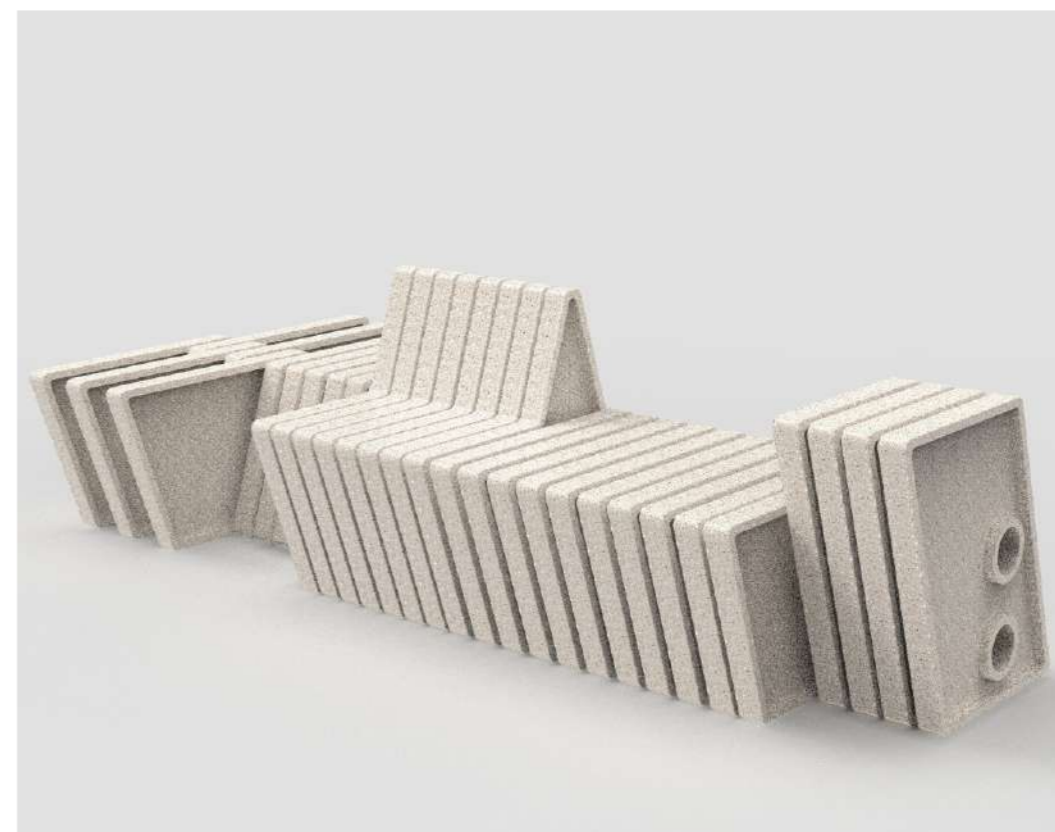
◄ Wizualizacja nr 04 to projekt na bazie szkicu nr 03, składa się z trzech modułów (siedzisko z oparciem, siedzisko i podłokietnik) oraz z elementu łączącego.



◄ Wizualizacja nr 05 to projekt na bazie szkicu nr 02, składa się z trzech modułów (siedzisko z oparciem, siedzisko i podłokietnik). Różni się od wizualizacji 03 cięszym profilem.



► Wizualizacja nr 06 to projekt na bazie szkicu nr 05, składa się tylko z jednego elementu, który po obróceniu tworzy podłokietnik lub przy multiplikacji wyższe siedzisko. Łączenie odbywa się poprzez wypustki i gniazda.



◄ Wizualizacje nr 07 to rozbudowany projekt ze szkicu 05, różni się od powyższej ilością modułów oraz innym rozkładem gniazd łączących.



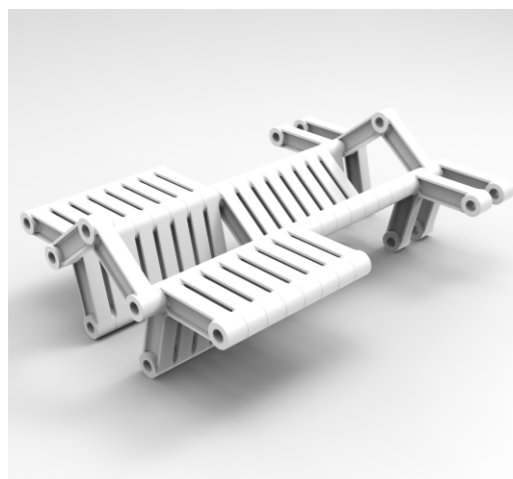
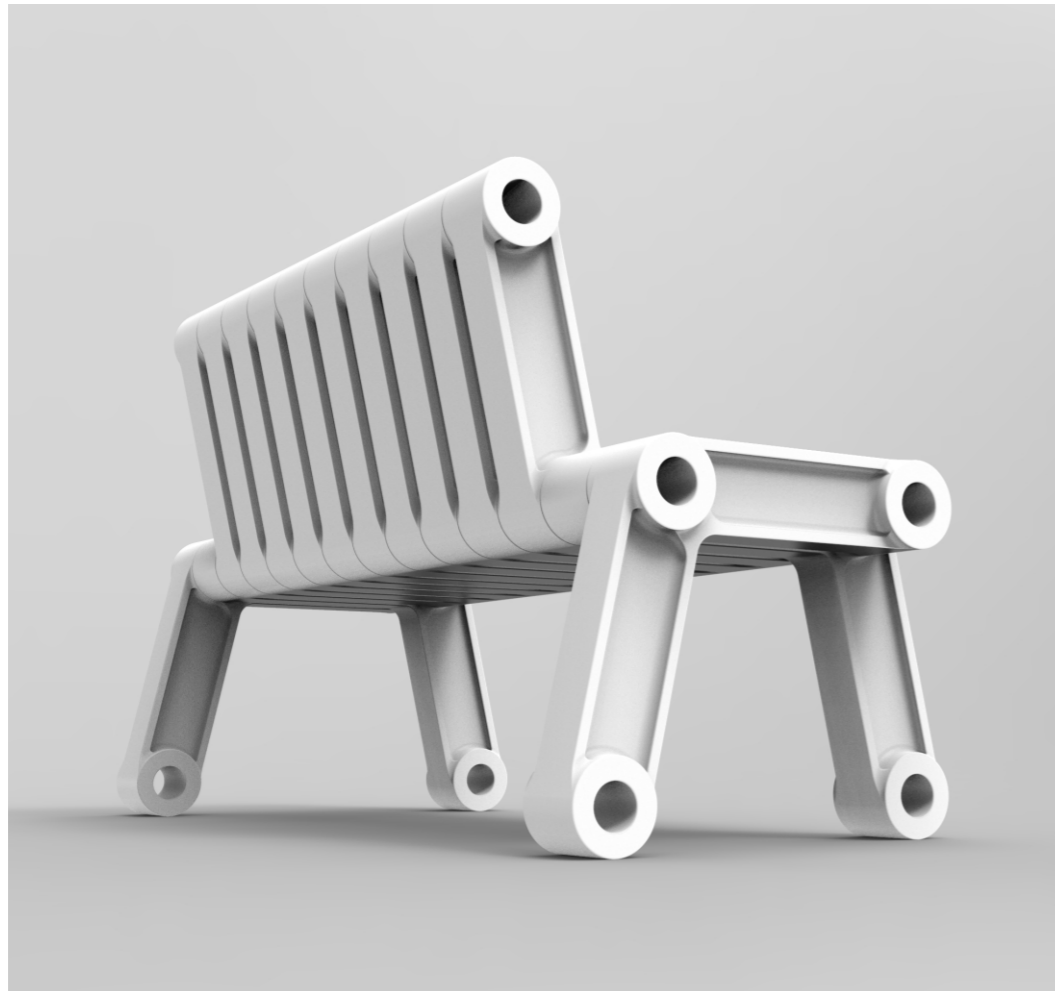
► Wizualizacja nr 08 to projekt oparty na konstrukcji nośnej w formie cylindrów, na których oparte są blaty elementów poziomych – siedzisk, stolików, które jednocześnie są łącznikami poszczególnych modułów.



◄ Cylindry konstrukcyjne pełnią również dodatkowe funkcje np. donicy na zieleni lub kosza na śmieci.



◄ Modułowa budowa cylindrów pozwala na zabudowę mebla o różnych poziomach w ramach jednej aranżacji.



Podsumowanie

Po etapie szkiców i wstępnego modelowania, do dalszego etapu projektowania wybrałem wariant ostatni – system bazujący na profilu typu „L”, który moim zdaniem daje największe możliwości budowania kombinacji przy minimalnej ilości modułów. Ten projekt został wydrukowany na drukarce 3D, w skali 1:10, a następnie 1:5, aby potwierdzić słuszność założeń. Manipulowanie jednym modułem pokazało, że jest wiele opcji zestawiania elementów, a po dodaniu modułu prostego typu „l” można uzyskać dodatkowe możliwości funkcjonalne. Kilka wybranych przykładów aranżacji mebli na modelach 3D prezentuję na wizualizacjach i fotografiach zamieszczonych na następnych stronach.

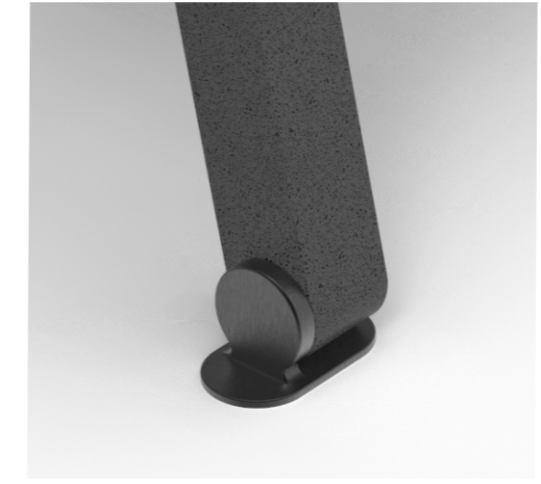
Po analizach przeprowadzonych na makietach wróciłem do modelowania detalicznego, poszukując innych wariantów stylistycznych, znalezienia właściwych proporcji i wielkości elementów oraz gotowych mebli. Jednocześnie poszukiwałem optymalnego sposobu łączenia modułów, które konsultowałem ze specjalistami z branży meblowej oraz inżynierami z Politechniki Śląskiej.

Zależało mi, aby montaż mebla w przestrzeni mogła przeprowadzać jedna osoba, bez specjalistycznych narzędzi. Łatwy i szybki montaż obniża też koszty projektu, co jest kluczowe przy dużych realizacjach, jakimi są zabudowy placów czy ulic. Natomiast powtarzalność modułów pozwala na łatwą wymianę uszkodzonych elementów lub rozbudowę albo przebudowę zestawu w przyszłości.

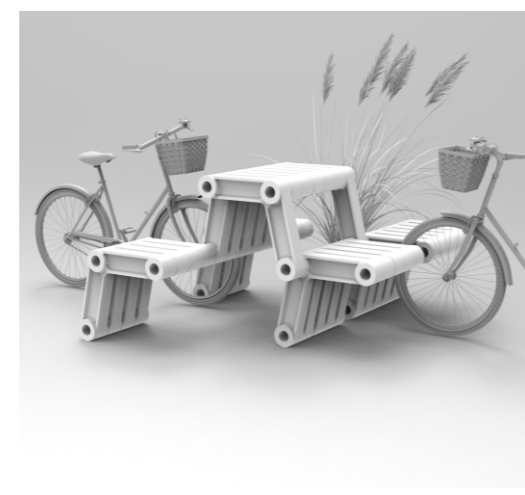
Montaż gotowego zestawu do podłoża również powinien być łatwy i prosty, dlatego zdecydowałem się na zaprojektowanie uniwersalnego wspornika, pasującego do wszystkich modułów, a sam montaż następuje przy użyciu standardowych kotew, powszechnie stosowanych w tego typu zabudowach.

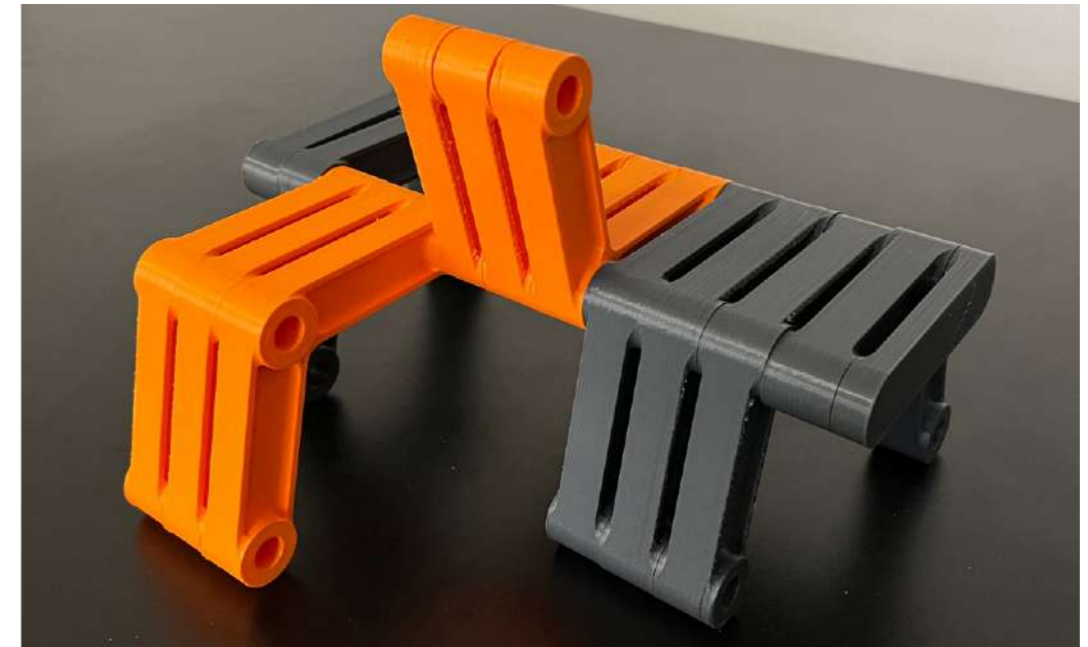


◀ Jedna z pierwszych koncepcji łączenia modułów. Odrzucona ze względu na wielkość stalowej tulei.



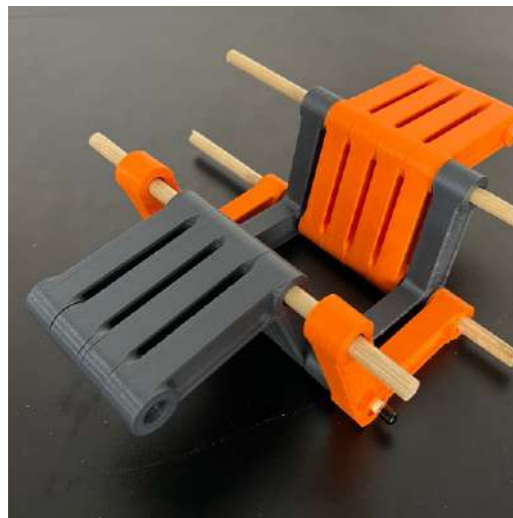
◀ Ostateczny projekt łącznika modułów. Łącznik jest równocześnie dystansem. Wykonany z tego samego materiału, co moduł.





► Przykładowe kombinacje rozwiązań, budowane z modułów w skali 1:5.

◄ Modele wydrukowane z PLA na drukarce 3D FDM w skali 1:5.

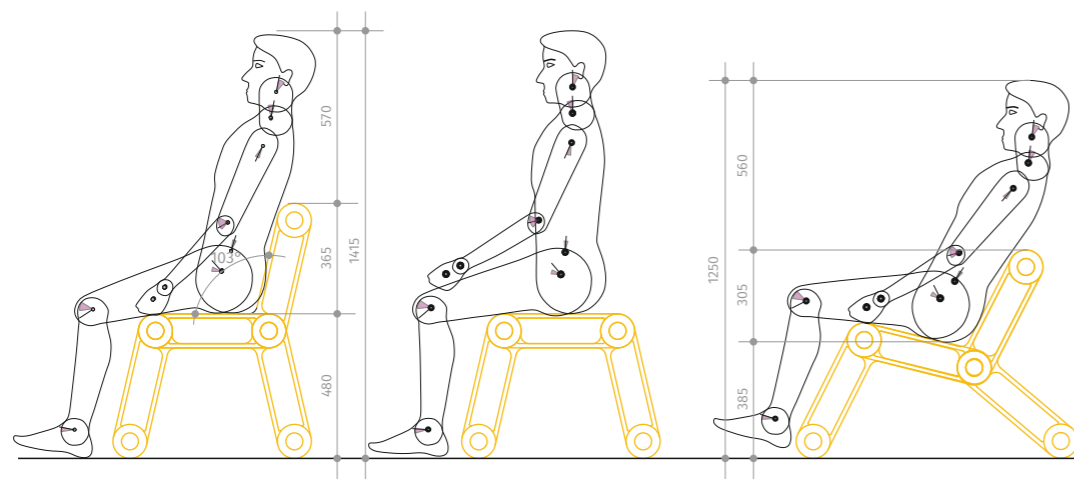


5.4 Projekt końcowy – weryfikacja ergonomiczna

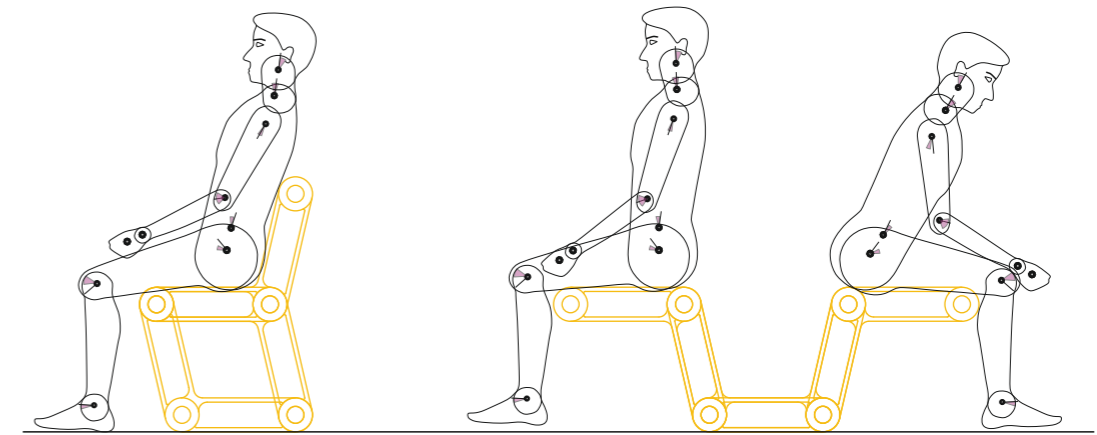
W następnym etapie projekt został poddany analizie siedziska pod kątem ergonomii (Rys. 8–11). Przeprowadziłem pomiary, proporcje oraz kąt pochylenia oparcia względem siedziska dla skrajnych rozmiarów obu płci, tzn. kobiety 5 i 95 centyli oraz mężczyzny 5 i 95 centyli. Okazało się, że dla 5 centyla żeńskiego siedzisko o wys. 50 cm – czyli takiej wysokości, jak zdecydowana większość siedzisk miejskich na rynku – jest za wysoka i należy to uwzględnić przy projekcie końcowym. Natomiast kąt pochylenia oparcia o wartości 103° wydaje się optymalny i najczęściej stosowany.

Po tych analizach zdecydowałem o zmniejszeniu wysokości samego profilu pojedynczego modułu oraz skróceniu długości jego ramion (Rys. 12–13). Siedzisko w formie ławki ma teraz wysokość maksymalną wynoszącą 45 cm, natomiast fotel odpowiednio 35 cm, mierząc w środku siedziska.

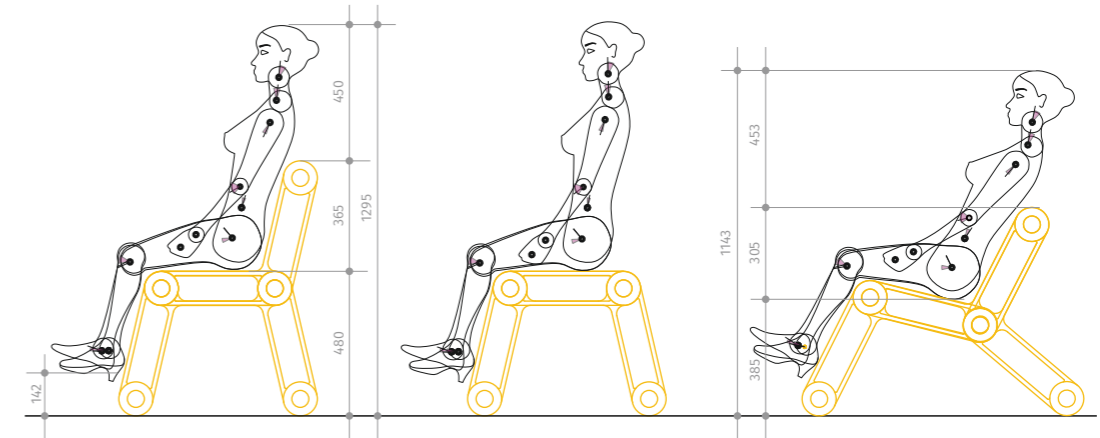
Po korekcie ergonomicznej zostały wydrukowane nowe modele 3D w skali 1:5, prezentowane na str. 105–107. Widać znaczną różnicę w wysokości profilu, a kombinacje są fizycznie i optycznie lżejsze.



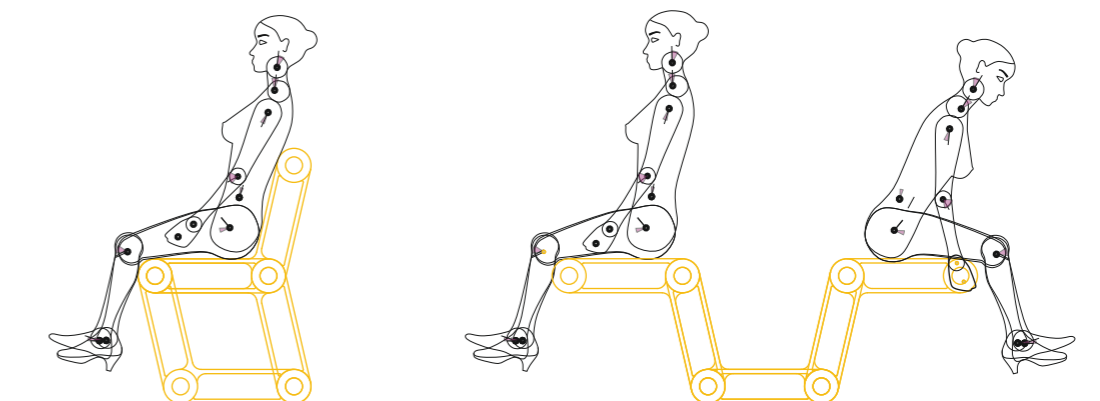
Rys. 8 Mężczyzna 95c, skala 1:25



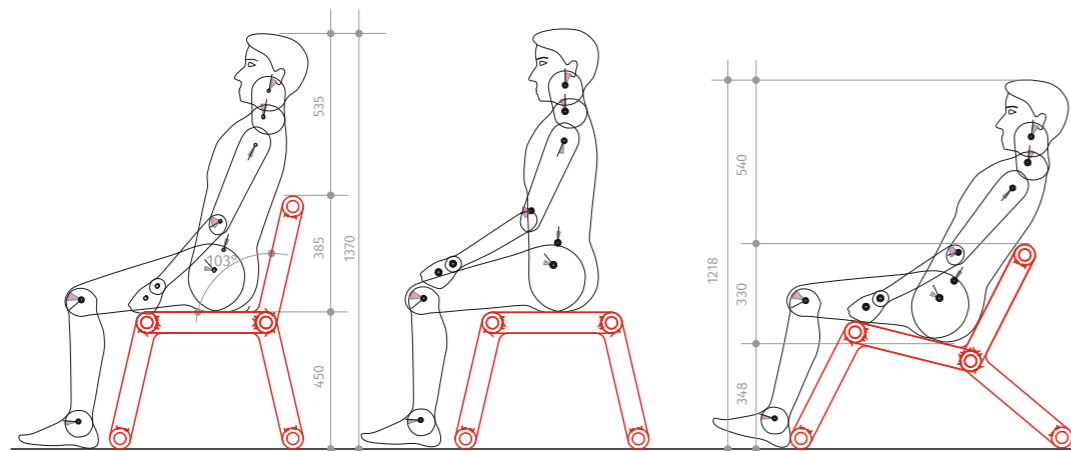
Rys. 9 Mężczyzna 95c, skala 1:25



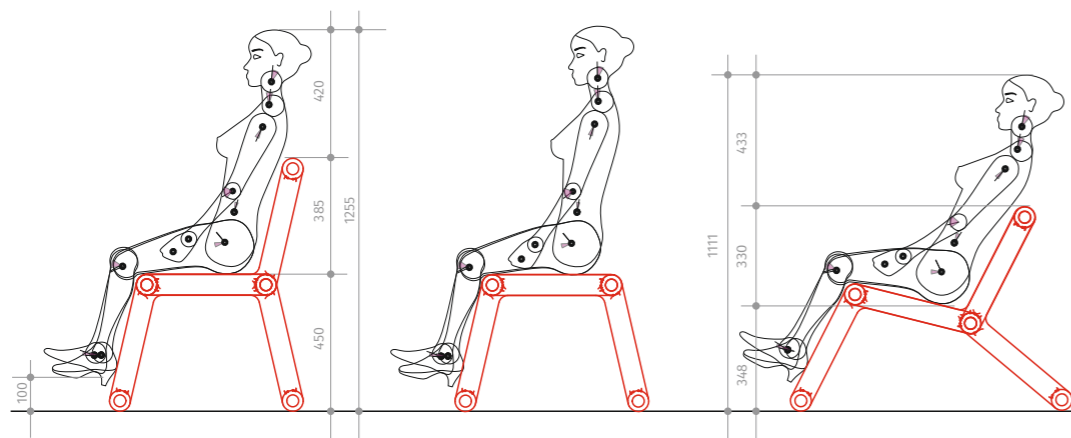
Rys. 10 Kobieta 5c, skala 1:25



Rys. 11 Kobieta 5c, skala 1:25



Rys. 12 Moduł po weryfikacji ergonomicznej i korekcie, Mężczyzna 95c, skala 1:25



Rys. 13 Moduł po weryfikacji ergonomicznej i korekcie, Kobieta 5c, skala 1:25





▶ Na stronach obok widoczne modele składowane z modułów projektu po korekcie ergonomicznej, drukowanych w technologii FDM w skali 1:5.



◀ Obok i poniżej różne warianty budowania krzesła.



▶ Różne warianty zakończenia ławki – stojakiem na rower pojedynczym lub podwójnym.



◀ Ławka w wersji z oparciem oraz z zintegrowanym stojakiem na rower.

5.5 Projekt końcowy – podsumowanie

Ostatecznie powstał projekt modułowego siedziska dedykowanego przestrzeniom miejskim, zarówno do nowoczesnych centrów dużych miast, placów czy ulic na osiedlach, jak i dającego się przystosowywać i wpisywać w charakter starego miasta.

Jako element wyposażenia będzie służyło do wypoczynku, spotkania ze znajomymi czy umilenia czasu oczekiwania dla większości mieszkańców czy przyjezdnych, wygodne dla seniorów, atrakcyjne dla dzieci i młodzieży, komfortowe dla rowerzystów.

W przyszłości projekt może być poszerzony o miejski kosz – urządzenie, które będzie segregowało tworzywa sztuczne i od razu miało, dostarczając gotowy do przetworzenia regranulat, jednocześnie zmniejszając objętość odpadów. Tym samym rola edukacyjna będzie czytelna dla użytkownika, a recyklat będzie trafiał prosto do odbiorcy jako materiał gotowy do dalszego przetwórstwa przemysłowego.

Zestaw składa się z dwóch elementów bazowych („L” oraz „I”), łączników oraz zaślepek jedno-, dwu-, i trójpunktowych, które pełnią również funkcje estetyczne, nadając aranżacji charakter stylistyczny w zależności od otoczenia.





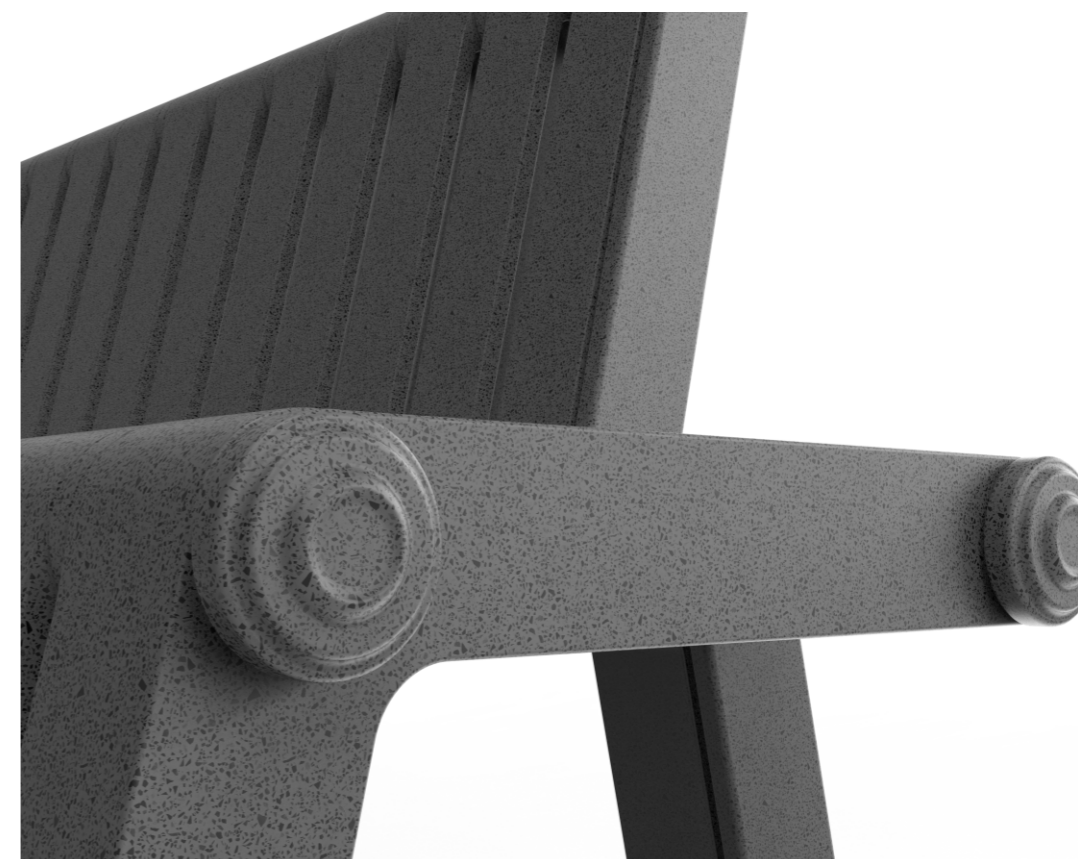
Przykłady odrzuconych wariantów profilowania elementu bazowego

Po znalezieniu optymalnych proporcji oraz wielkości modułu bazowego postanowiłem poszukać równolegle innych wariantów stylistycznych poza podstawowym, prostym. W grę wchodziło także poprowadzenie linii cięcia profilu, aby moduły były przystawalne do siebie po obróceniu w każdej płaszczyźnie. Powstało wiele wersji, z których większość została odrzucona ze względu na zbyt agresywne formy. Nawet profil zadowalający na pojedynczym module przy multiplikacji lub obróceniu tworzył zbyt dekoracyjne, niepożądane cechy wizualne.

Dlatego ostatecznie wybrałem dwa warianty stylistyczne projektu – prosty, nowoczesny, wpasowujący się w nowe przestrzenie miejskie oraz drugi z lekkimi zaokrągleniami, bardziej tradycyjny, który w połączeniu z elementami wykańczającymi – profilowanymi zaślepkami i dystansami, które posiadają dodatkowe żłobienia, mógłby być dedykowany przestrzeniom starego miasta czy dzielnicom historycznym lub parkom.

Opcjonalne zakończenia w formie zaślepek występują w trzech wzorach: płaskim, wklęsłym i wypukłym, aby móc łatwo dostosowywać stylistykę mebla do charakteru przestrzeni, od nowoczesnej po tradycyjną, „retro”. Oprócz funkcji estetycznych, zabezpieczają i maskują otwory w miejscach łączenia modułów w skrajnych elementach zabudowy.





Moduły łączy się wstępnie ze sobą za pomocą wciskanej złączki, wykonanej z tej samej mieszanki recyklatu. Dzięki zastosowaniu pierścienia łącznik pozwala również na zachowanie stałego dystansu pomiędzy poszczególnymi elementami mebla. Po ustawieniu docelowej kombinacji całość zostaje dodatkowo usztywniona prętem gwintowanym M12 wraz z podkładkami i nakrętkami z obu stron.

Montaż do posadzki odbywa się za pomocą specjalnego uchwytu wykonanego ze stali malowanej proszkowo, który wstępnie kotwi się do podłoża, potem przykręca do niego końcowe elementy mebla. Otwory montażowe można przykryć wyżej opisanymi zaślepkami. Ten sam uchwyt można zastosować do montażu samego siedziska do np. murku, schodów i podmurówek np. na skarpach.





► Sposób łączenia poszczególnych elementów ze sobą oraz mocowania całości do podłoża

◀ Rysunki techniczne wsporników w skali 1:5

◀ Sposób mocowania mebla i kotwienia wspornika do podłoża – standardowa kotwa ze śrubą oraz uniwersalny wspornik

5.6 Projekt detaliczny wybranej koncepcji – wariant stylistyczny nr 1

Wariant pierwszy to projekt oparty na prostym module, pasujący do większości przestrzeni miejskich współczesnych miast. Wykończenie może się różnić ze względu na zastosowane wykończenie w postaci detali zaślepek, które występują w trzech wielkościach i trzech stylizacjach, dając szeroki wachlarz możliwości aranżacyjnych.

Lekkie zaokrąglenia krawędzi oraz powstający ażur gotowego mebla nadają całości wizualnej lekkości oraz poprawiają cechy użytkowe, ułatwiając odprowadzenie wody deszczowej, dzięki czemu, ławka szybciej staje się sucha po opadach deszczu.





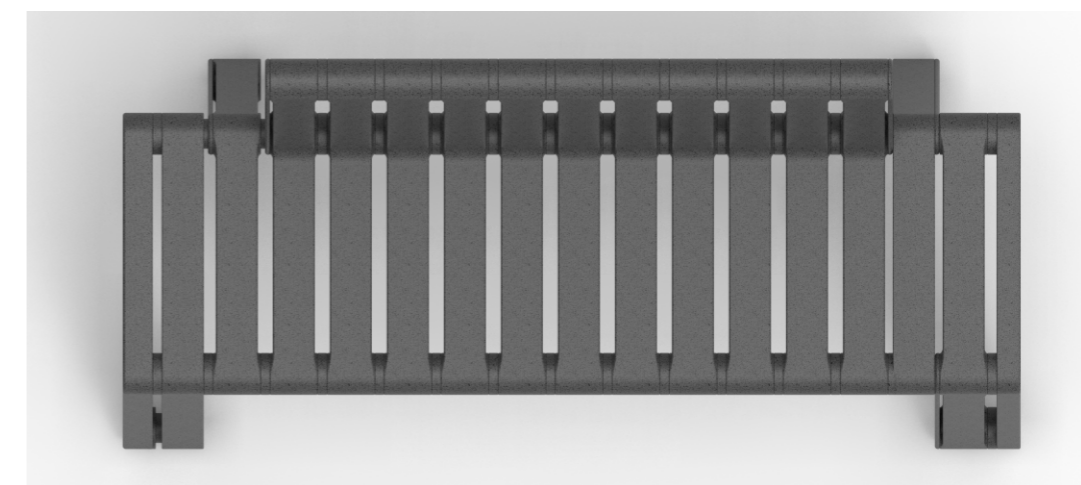
▶ Ławka prosta, bez oparcia



◀ Ławka na wąskie wyspy (perony, przystanki, itp.) z oparciami na dwie strony



▶ Detal łącznika w połączeniu z zaślepką boczną





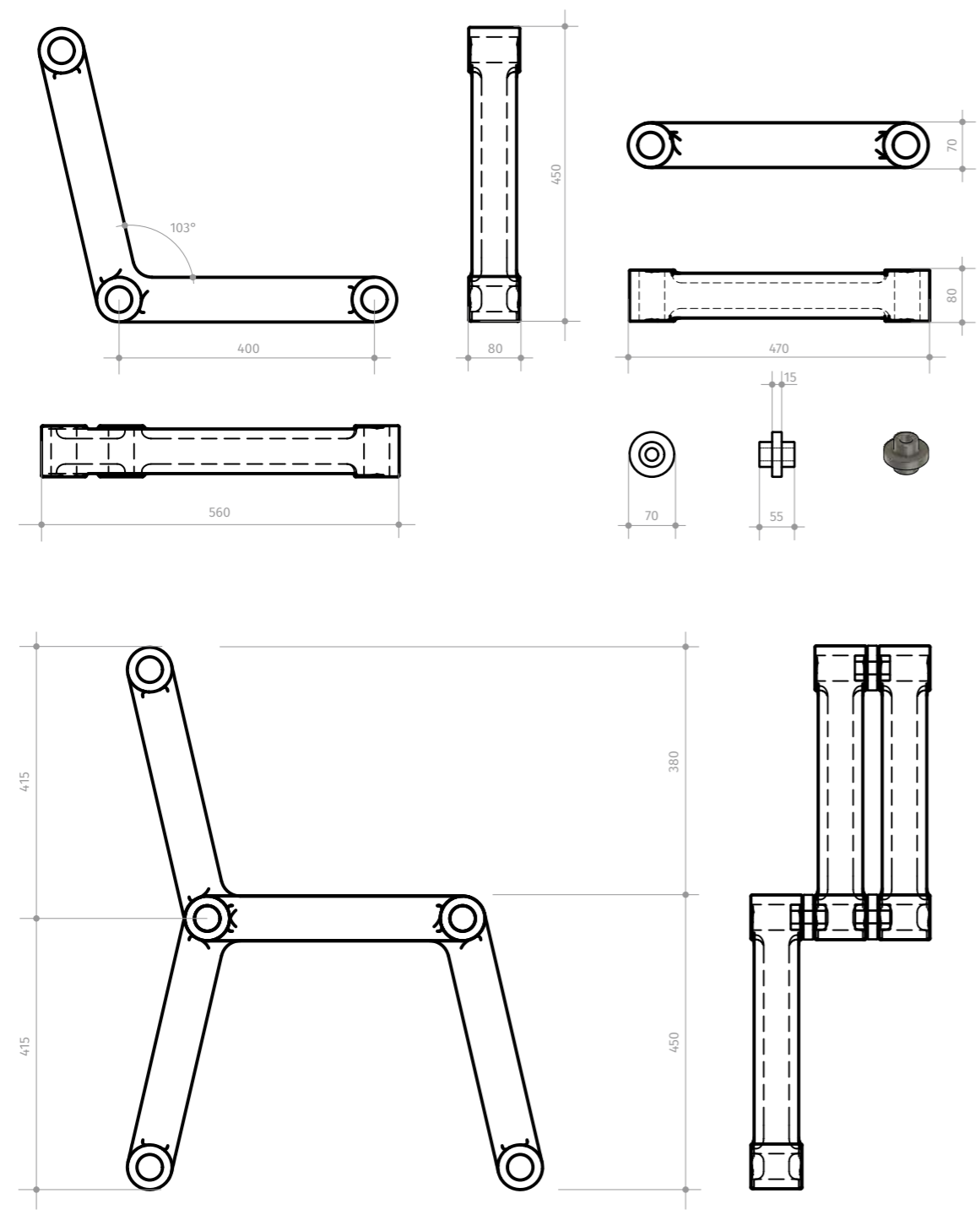
► Różne warianty aranżacji złożonych z modułów zestawianych na kilku poziomach



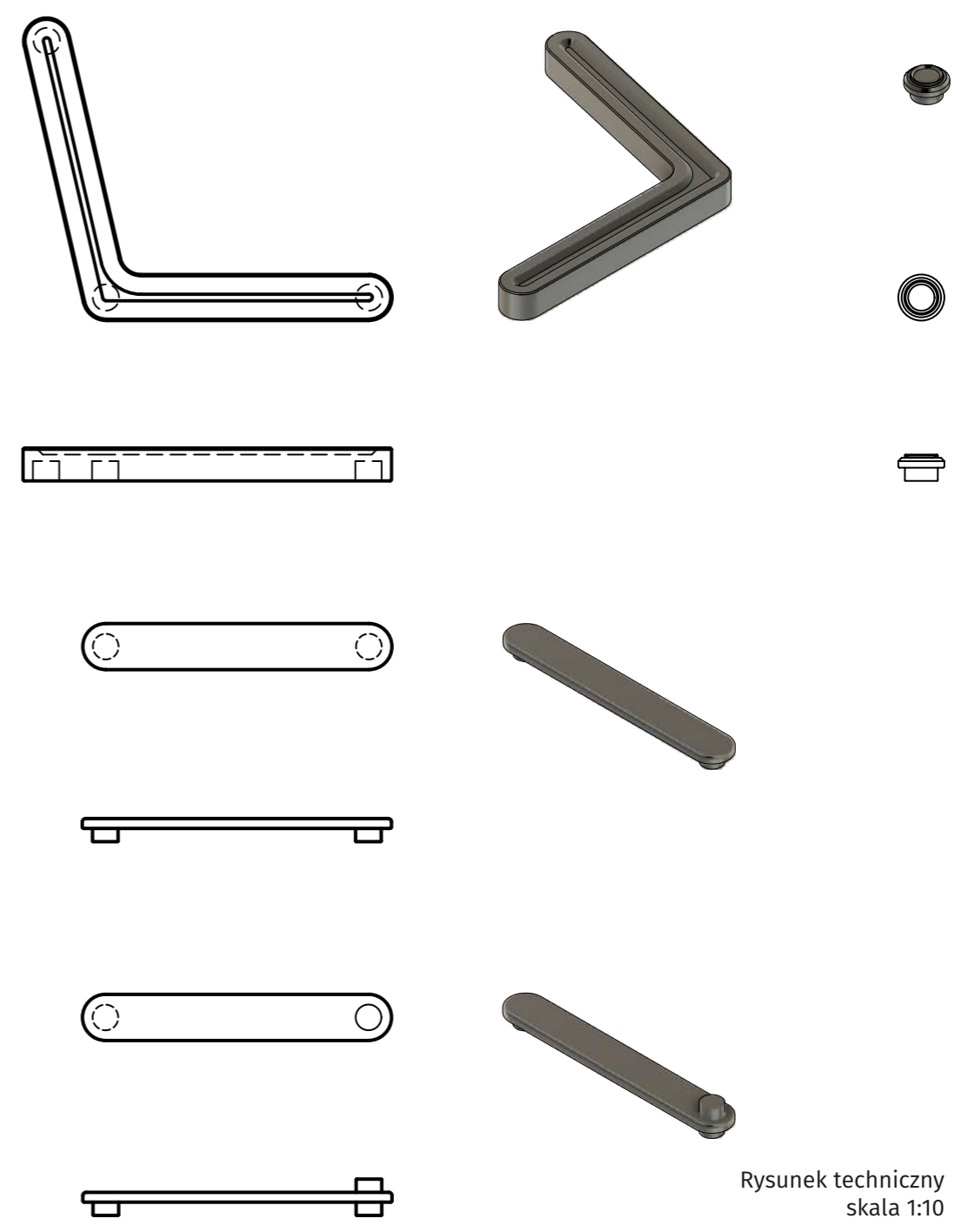


◀ Ten sam mebel
w różnych zestawieniach
kolorystycznych na bazie
dwóch odcieni

Elementy podstawowe



Elementy uzupełniające



Rysunek techniczny
skala 1:10

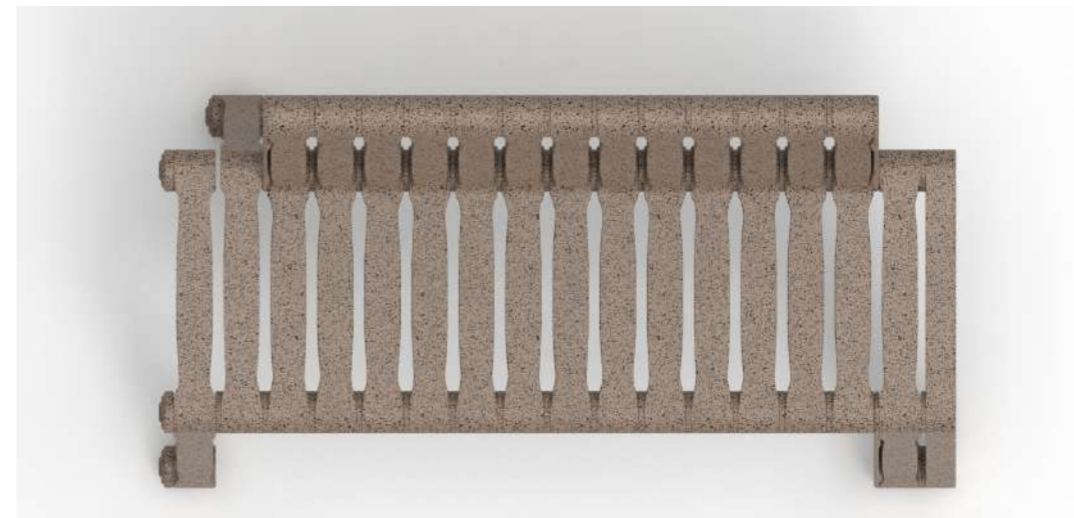
5.7 Projekt detaliczny wybranej koncepcji – wariant stylistyczny nr 2

Wariant drugi to projekt oparty na module, którego profil jest przycięty linią falistą. Nie traci on możliwości wariantu pierwszego, bo jest nadal symetryczny, ale ukształtowany w tradycyjnej stylistyce. Dzięki tej decyzji wpasuje się do przestrzeni miejskich starego miasta lub dzielnic historycznych.

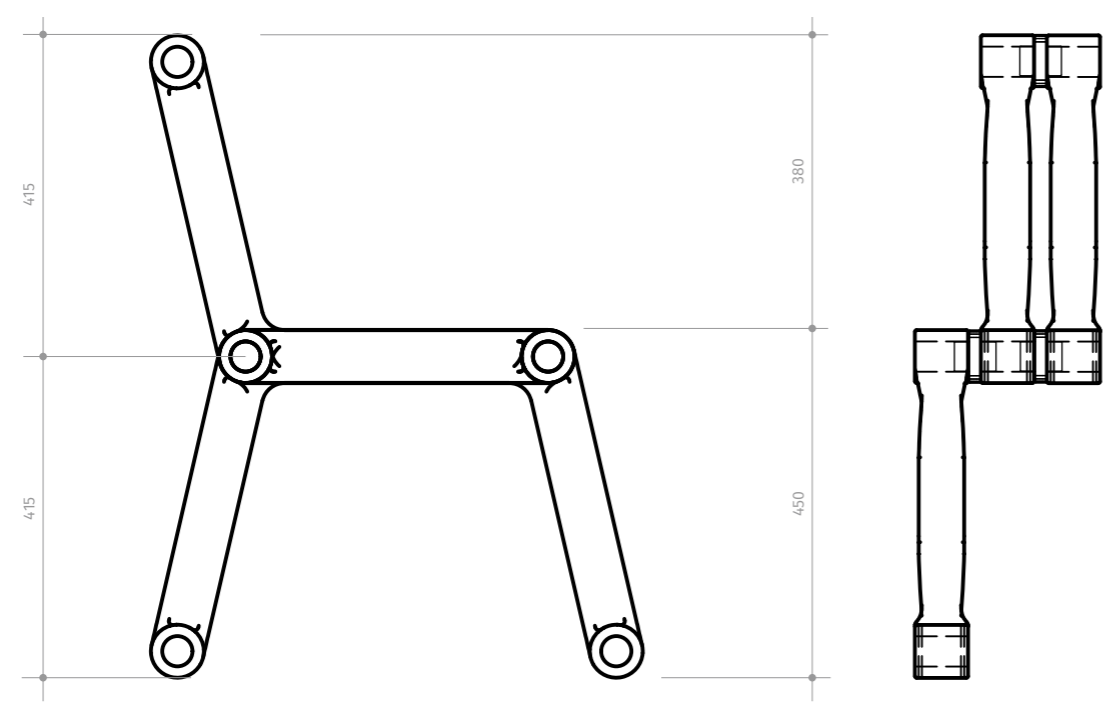
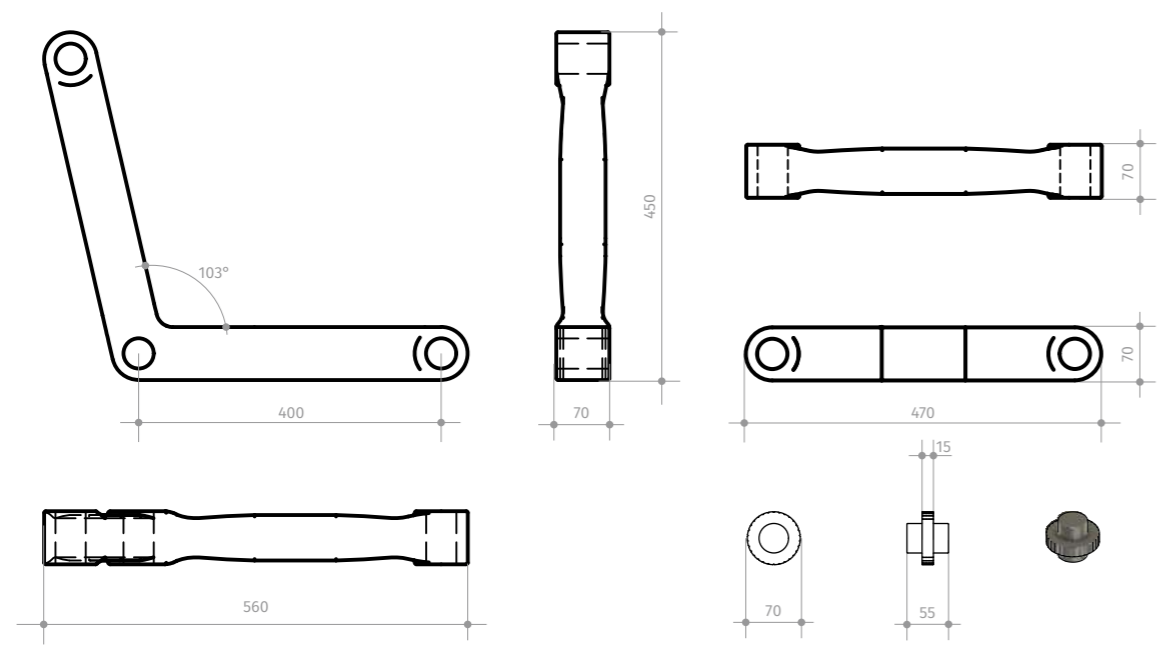
Wykończenie, podobnie jak w wariacie pierwszym, może się różnić ze względu na zastosowane wykończenie w postaci detali zaślepek, które występują w trzech wielkościach i trzech stylizacjach, dając szeroki wachlarz możliwości aranżacyjnych.



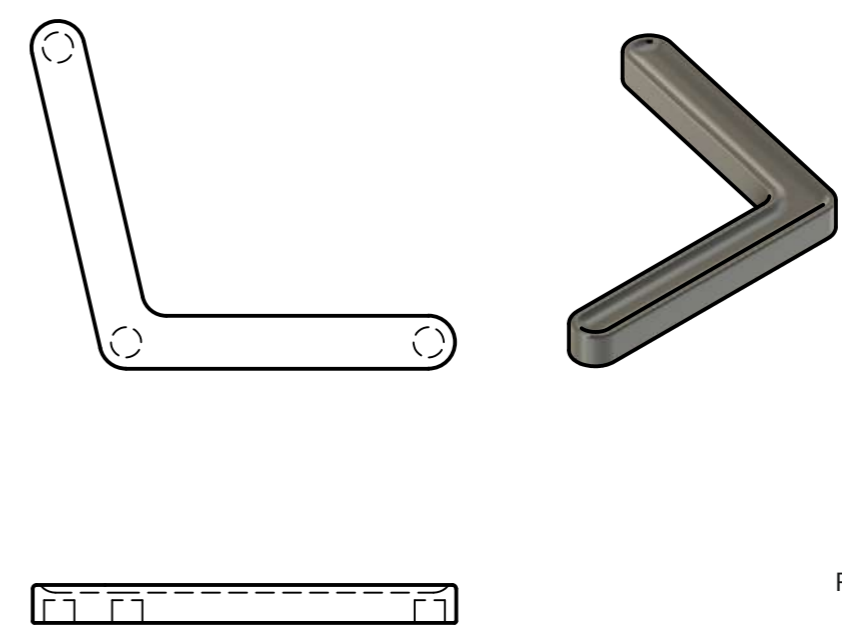
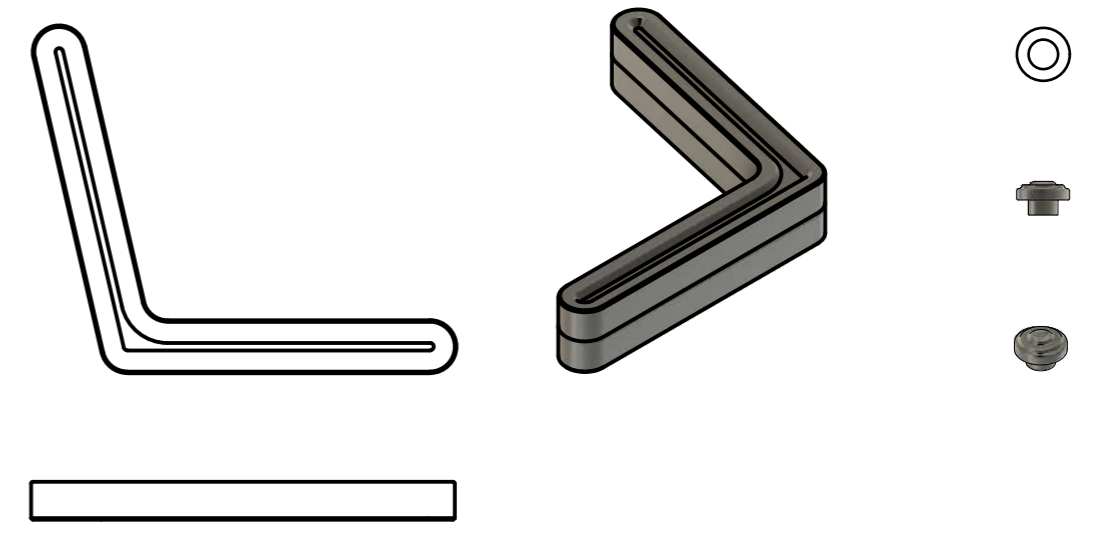
◀ Detal elementu łączącego – stylistyka pierścienia dopasowana do całości



Elementy podstawowe



Elementy uzupełniające

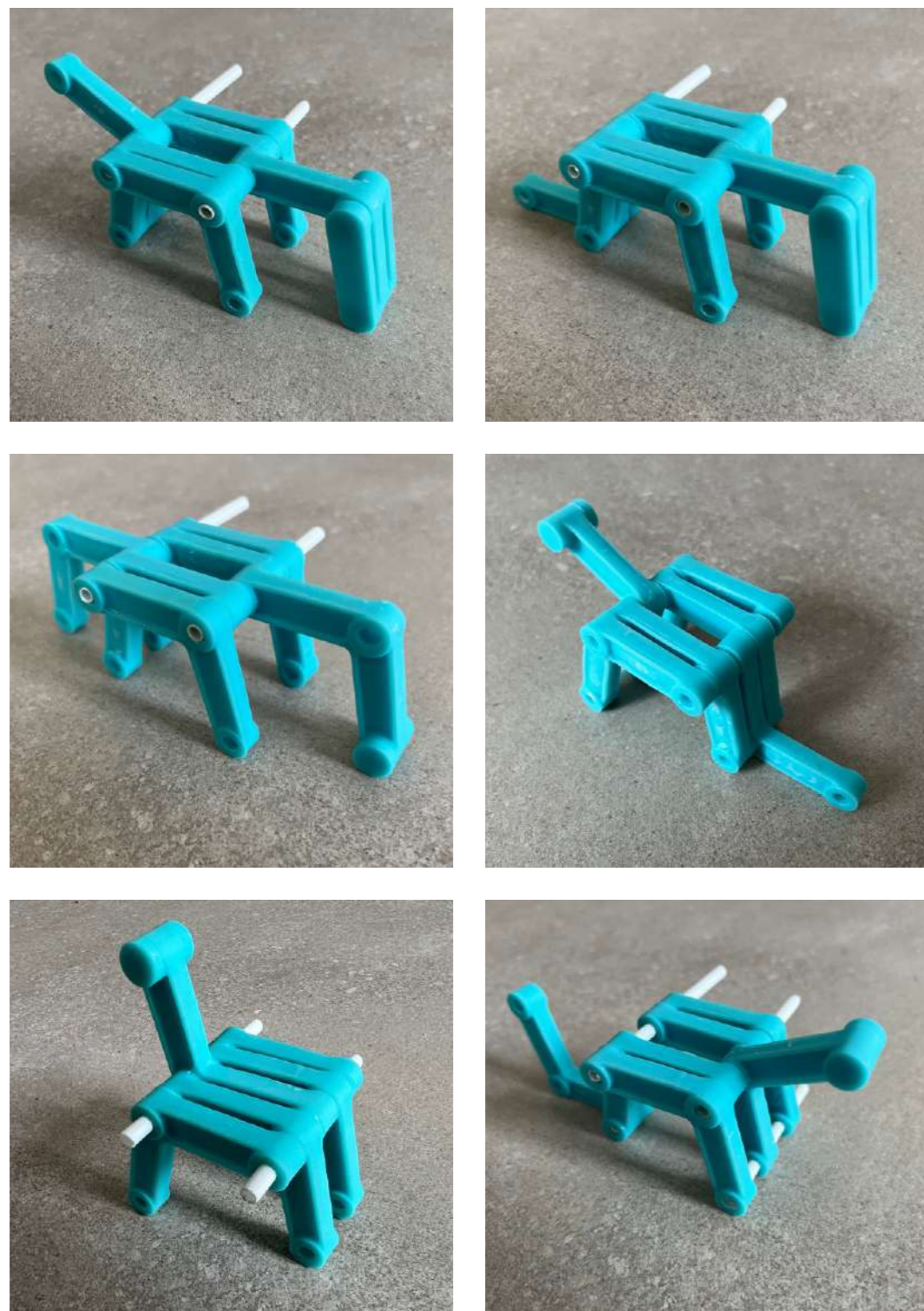


Rysunek techniczny
skala 1:10

► Możliwość zastosowania łączników dystansowych w kontrastowym kolorze dla podkreślenia podziału modułów



◄ Porównanie wariantu pierwszego (szary) oraz drugiego (brązowy)

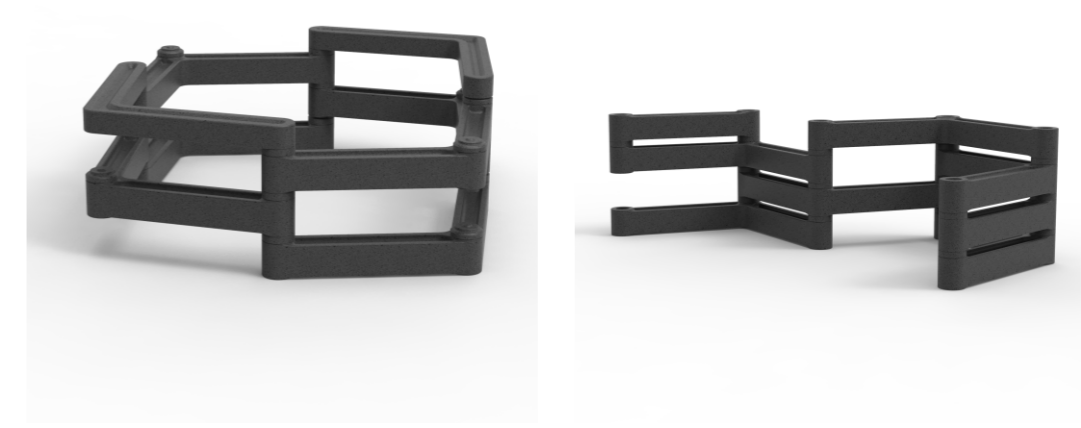


► Kombinacje wykorzystania modułu do budowy siedzisk-zabawek na placu zabaw. Moduły drukowane w technologii SLA w skali 1:10.

Rozszerzenie

W trakcie poszukiwań możliwości kombinatorycznych różnych zestawów pojawiły się formy przypominające uproszczone zwierzaki. Daje to dodatkowe możliwości zastosowania projektu w przestrzeni placów zabaw lub do użytku przydomowego dla dzieci. Co więcej posiadając sześć modułów możemy zbudować większość zoomorficznych form pokazanych na zdjęciach makiet na stronie obok.

Natomiast obracając ten sam moduł na płasko, zyskujemy nowe możliwości aranżacyjne. Możemy uzupełnić wcześniejsze obiekty o ogrodzenie lub barierkę, aby stworzyć kompletną i spójną zabudowę.



◄ Możliwości kombinacji na bazie modułu obróconego na płasko

5.8 Projekt detaliczny wybranej koncepcji – wizualizacje w przestrzeni





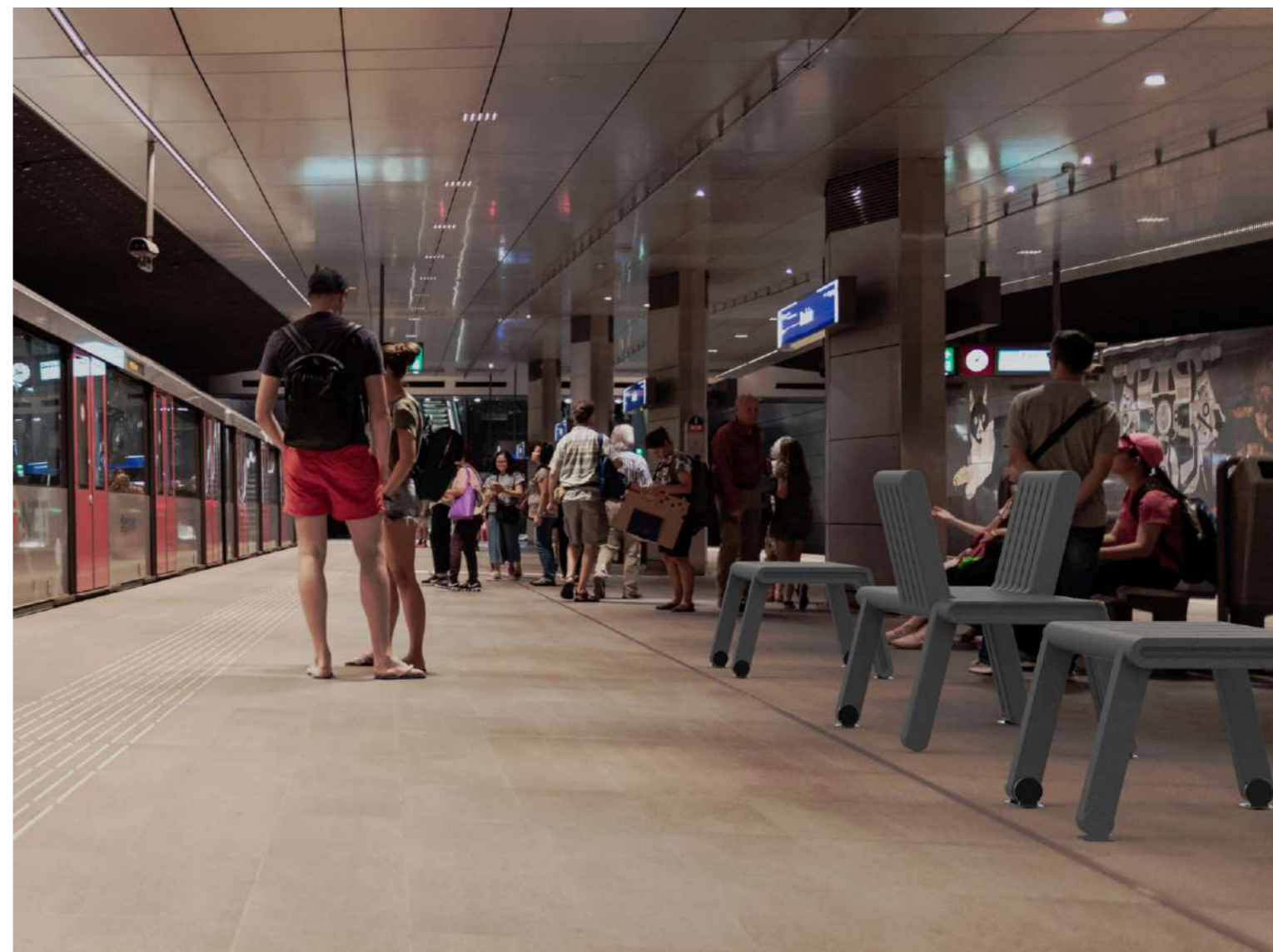
Wizualizacja projektu w wariacie stylistycznym - klasycznym
w kontekście rynku starego miasta



Wizualizacja projektu w wariacie stylistycznym - nowoczesnym
w kontekście architektury współczesnego centrum miasta



Wizualizacja projektu w wariacie stylistycznym - nowoczesnym
w przestrzeni dworca kolejowego



Wizualizacja projektu w wariacie stylistycznym - nowoczesnym
w przestrzeni peronu stacji metra

↑  **Transfer Service**
转机服务 | 乗り継ぎカウンター | 관습 서비스 | Транзит

↑   **Arrivals**
Saapuvat | Ankomst

↑  **1-50**

←  **52**

↑  

12:54 Departures

Destination	Time	Gate
London	13:00	10
Paris	13:15	15
Amsterdam	13:30	20
Stockholm	13:45	25
Oslo	14:00	30
Geneva	14:15	35
Brussels	14:30	40
Frankfurt	14:45	45
Munich	15:00	50
Barcelona	15:15	55
Madrid	15:30	60
Rome	15:45	65
Naples	16:00	70
Palermo	16:15	75
Catania	16:30	80
Syracuse	16:45	85
Palma de Maiorca	17:00	90
Malaga	17:15	95
Sevilla	17:30	100
Valencia	17:45	105
Bilbao	18:00	110
Basel	18:15	115
Zurich	18:30	120
Geneva	18:45	125
Brussels	19:00	130
Frankfurt	19:15	135
Munich	19:30	140
Paris	19:45	145
London	20:00	150

12:54 Departures

Destination	Time	Gate
London	13:00	10
Paris	13:15	15
Amsterdam	13:30	20
Stockholm	13:45	25
Oslo	14:00	30
Geneva	14:15	35
Brussels	14:30	40
Frankfurt	14:45	45
Munich	15:00	50
Barcelona	15:15	55
Madrid	15:30	60
Rome	15:45	65
Naples	16:00	70
Palermo	16:15	75
Catania	16:30	80
Syracuse	16:45	85
Palma de Maiorca	17:00	90
Malaga	17:15	95
Sevilla	17:30	100
Valencia	17:45	105
Bilbao	18:00	110
Basel	18:15	115
Zurich	18:30	120
Geneva	18:45	125
Brussels	19:00	130
Frankfurt	19:15	135
Munich	19:30	140
Paris	19:45	145
London	20:00	150



ENJOY MORE
LEGROOM IN
ECONOMY COMFORT

FINNAIR



5.9 Uwagi końcowe

Na tym etapie projektu rozwiązanie wymaga jeszcze sprawdzenia prototypu w skali 1:1 w rzeczywistych warunkach. Zostało sprototypowanych kilka sztuk podstawowych elementów, tj. moduł podstawowy typu „L”, moduł prosty „I” oraz łącznik dystansowy. Po takiej próbie możliwe, że projekt ulegnie jeszcze korektom w zakresie użyteczności, odporności na warunki atmosferyczne lub technologii.

Prototyp jest wykonany w procesie prasowania recyklatu HDPE w specjalnie do tego celu przygotowanych formach, osobno do każdego z trzech wyżej wspomnianych elementów zestawu. Na moduł podstawowy „L” zużyte zostało 3,1 kg gotowego recyklatu. Moduł prosty „I” waży 1,6 kg, natomiast łącznik dystansowy ma masę 84 g. Jeden kilogram recyklatu HDPE to, dla przykładu, 580 szt. nakrętek (masa jednej nakrętki od butelki 1,5 l wynosi ok. 1,7 g). Ławka z oparciem złożona z 15 elementów typu „L” oraz 42 szt. łączników o łącznej masie 3,5 kg i długości zestawu 140 cm będzie miała w sumie masę 50 kg, czyli do jej produkcji będzie potrzebne ok. 29.500 szt. nakrętek od butelek z HDPE (przykładowo, bo nie tylko nakrętki są źródłem produkcji recyklatu, ale również całe opakowania).

Podobnej wielkości popularna ławka typu Alicja lub Spartan, wykonana z profili stalowych i desek iglastych – omawianych w rozdziale 03 niniejszej rozprawy – posiada masę 35–45 kg. Natomiast tej samej wielkości ławka, ale wsparta na betonowych podporach, może osiągać masę nawet 350 kg lub więcej.

Szacunkowy koszt produkcji przykładowej ławki dwuosobowej wynosi w zależności od źródeł pochodzenia recyklatu i technologii ok. 230 zł za materiał + 60 zł za 1h pracy prasy. Do tego dochodzi jeszcze koszt amortyzacji formy, który będzie zależny od nakładu produkcji. Jeżeli założymy, że forma będzie kosztowała 10.000 zł, a nakład produkcyjny wyniesie 100 szt. ławek miesięcznie, to amortyzacja formy będzie stanowiła koszt 8,30 zł dla jednej szt. Podsumowując, ławka przy takich założeniach będzie kosztowała ok. 300 zł nie licząc kosztów pracownika i marży producenta. Dla porównania najtańsze ławki na rynku (wspomniana Alicja i Spartan) to ceny rzędu 650–1300 zł za 1 szt.

Recyklat może być zakupiony jako gotowy do produkcji – aktualny koszt wynosi wtedy 4,20–4,70 zł netto za 1 kg⁶⁴ lub może być przygotowany od podstaw, tzn. pozyskujemy odpad, sortujemy, wstępnie czyszcimy, suszymy, segregujemy kolorystycznie, a następnie rozdrabniamy. Koszt recyklingu wynosi wtedy ok. 3000–3500 zł za 1 tonę⁶⁵. Dla porównania, nowe tworzywo HDPE stosowane do wtrysku to obecnie koszt 6,50 zł za 1 kg⁶⁶.

Jeśli chodzi o temperatury stosowania HDPE to zakres temperatur sięga od -50°C do +80°C, a krótkotrwała odporność może sięgnąć nawet +120°C. Są to wartości zbliżone lub często przewyższające swoją odpornością tworzywa stosowane powszechnie w produkcji wyposażenia używanego na zewnątrz. Dla najbardziej popularnego PVC wynosi odpowiednio od -20°C do +80°C, dla PP od -10°C do +120°C czy ABS -40°C do +85°C⁶⁷.

Aktualnie polietylen (HDPE i LDPE razem) stanowi prawie 30% całej światowej produkcji tworzyw sztucznych. Tworzywo to dostępne jest w wielu różnych odmianach, a każda z nich wykorzystywana jest do innych celów. Najpopularniejszy jest zdecydowanie polietylen o wysokiej gęstości (HDPE), którego gęstość wynosi od 0,941 do 0,965 g/cm³, a temperatura topnienia ok. 130°C. Warto także nadmienić, że posiada on wysoki stopień krystaliczności, który wynosi 60–80%, dzięki czemu jest twardy, wytrzymały i ma wysoką odporność cieplną⁶⁸.

Oczywiście istnieją metody pozwalające znacznie zwiększać odporność na promieniowanie UV. Osiąga się to z reguły poprzez zastosowanie dodatków modyfikujących, takich jak stabilizatory UV, barwienie na czarno (często przy pomocy sadzy, która stanowi niedrogi i zwykle bardzo skuteczny sposób tworzenia materiałów odpornych na promieniowanie ultrafioletowe) lub nanoszenie powłoki ochronnej (np. farba lub powłoka metaliczna). Poza tym jest na rynku grupa tworzyw sztucznych należących do polimerów fluorowych, np. PTFE i PVDF, która wykazuje szczególnie dużą odporność na promieniowanie ultrafioletowe w swoim naturalnym stanie⁶⁹.

Polietylen HDPE jest lżejszy od wody, a woda nie wpływa na jego właściwości, podobnie benzyna, alkohol i niektóre kwasy. Dodatkowo jest obojętny fizjologicznie, nie posiada smaku i zapachu. Po wytworzeniu HDPE jest koloru białego, ale może być barwiony na dowolny kolor, co jest często wykorzystywane w przemyśle. Ze względu na wysoką odporność na działania benzyny jest wykorzystywany do produkcji kanistrów, pojemników na olej opałowy czy zbiorników na paliwa. Jego niewrażliwość na wodę i kwasy pozwala wykorzystać go w produkcji rur i armatury przystosowanej do wody pitnej, beczek czy różnych aparatów wykorzystywanych w branży chemicznej⁷⁰.

Właściwości te sprawiają, że utrzymanie w czystości mebla miejskiego wykonanego z tego materiału nie stanowi problemu, można używać do tego celu ogólnodostępnej chemii i czyszczyć np. za pomocą myjek ciśnieniowych.

⁶⁴Dane pochodzą z cennika zamieszczonego na stronie <https://regranulaty24.pl/pl/regranulaty>

⁶⁵Dane pochodzą z portalu <https://portalkomunalny.pl/raport-pwc-konieczny-radykalny-wzrost-stawek-dla-wprowadzajacych-opakowania-522875/>

⁶⁶Dane pochodzą ze strony <https://www.plastech.pl/ceny-tworzyw>

⁶⁷Dane wg tabeli odporności termicznej tworzyw sztucznych opracowanych przez firmę Chemargo, <http://chemargo.com.pl/pozostate/160-tabela-odporności-chemicznej-i-termicznej-tworzyw-sztucznych.html>

⁶⁸Dane pochodzą z opracowania firmy Plastem, <https://www.plastem.pl/oferta/tworzywa-sztuczne/polietylen-pe/>

⁶⁹Dane pochodzą z opracowania firmy Ensinger, <https://www.ensingerplastics.com/pl-pl/polwyroby/selekcja-tworzyw/uv-odporne>

⁷⁰<https://www.opakowanianawynos.pl/blog/czysty-profesjonalizm/kompendium-tworzyw-hdpe-i-l-dpe-czym-sie-roznia>

Podsumowanie

W ramach niniejszej rozprawy opracowano zestaw materiałów bazujących na odzysku, które można wykorzystać jako alternatywę dla dominujących materiałów w tej branży. Wybrane materiały przeszły cykl testów laboratoryjnych, w celu sprawdzenia czy taki materiał ma szansę zaistnieć w projekcie mebla miejskiego. Sprawdzono również różne technologie obróbki materiału, aby wybrać najbardziej optymalną pod kątem jakości i uzasadnioną ekonomicznie. Następnie zaprojektowano zestaw mebli miejskich, bazujących na elementach modułowych, powtarzalnych, wykorzystujących opracowany materiał.

Powstały projekt końcowy mebli miejskich odpowiada na postawione założenia projektowe. Wykorzystanie materiałów z odzysku w projekcie dedykowanym strefom publicznym będzie pomagało edukować użytkowników w zakresie segregacji odpadów i możliwości z niej płynących. Zastosowana technologia formowania elementów mebli pozwoli na opłacalną produkcję zarówno jednostkową jak i na większą skalę, która może realnie wpłynąć na redukcję odpadów z tworzyw sztucznych.

Eksperymenty z materiałami takimi jak np. mieszanki tworzyw sztucznych czy gumy z opon udowodniły, że materiał ten jest ciekawą alternatywą dla projektów mebli miejskich. Różnorodność technik ich formowania dodaje kolejne możliwości w kształtowaniu formy, nie ogranicza się do gotowych profili czy płyt.

Aby zagwarantować konkurencyjność i zapewnić sukces rynkowy tego typu produktu, projekt adresowany jest głównie do instytucji publicznych i prywatnych odpowiedzialnych za urządzenie stref miejskich lub decydujących o ich wyborze. Dla takich instytucji projekt może mieć również ogromne znaczenie promocyjne, szerzące świadomość ekologiczną. Problemem może tu być jednak fakt, że zakupy tego typu wyposażenia realizuje się głównie w formie przetargów, gdzie najczęściej jedynym kryterium wyboru pozostaje cena. Dlatego tak ważne jest podkreślanie czynnika edukacyjnego projektu i korzyści z tego płynących.

Dodatkową, nie mniej ważną wartością powyższego projektu, jest jego modułowość, która w przeciwieństwie do dominujących na rynku rozwiązań pozwala na łatwy i szybki montaż oraz dowolną konfigurację mebla nie tylko na początku planowania strefy, ale i w trakcie jej użytkowania. W zależności od potrzeb mebel można konfigurować, dedykując go konkretnym strefom i ich użytkownikom. Można go również dopasować

stylistycznie do różnych przestrzeni: nowoczesnej dzielnicy, starego miasta czy parku.

Zastosowanie dwóch elementów bazowych, z których możemy budować również obiekty o funkcjach pomocniczych jak np. stojaki na rowery, barierki, stoliki, osłony na donice lub kosze, itd. znacznie poszerza możliwości użytkowe i pozwala na jednorodne, spójne stylistycznie wyposażenie stref miejskich, czego dzisiaj brakuje w istniejących rozwiązaniach na rynku.

Prostota elementów, niewielkie gabaryty modułów oraz łatwość montażu sprawia również, że koszty utrzymania obiektów będą na niskim poziomie, ze względu na brak konieczności demontażu całego mebla w celu naprawy. Jest to ważny czynnik dla instytucji, które zarządzają i utrzymują standard wyposażenia miast na co dzień.

Projekt jest tylko początkiem myślenia o tworzywach z odzysku, jako podstawowym materiale do wykorzystania w miejscach publicznych, gdzie poprzez skalę zastosowania możemy redukować problem odpadów, a przy tym szerzyć świadomość użytkowników na temat sensu segregowania i możliwościach zastosowania materiału z odzysku w 100%, a nie tylko w domieszkach do nowego materiału.

Postawiona na początku pracy teza – *„Udział projektanta wzornictwa w procesie tworzenia materiału ma istotny wpływ na walory konstrukcyjne i estetyczne obiektu wykonanego z tego materiału”* – została udowodniona poprzez powyższe doświadczenia, dzięki którym opracowałem zestawy materiałów o szerokim wachlarzu zastosowań, wytworzonych w 100% z odpadów. Ze względu na swoje cechy opracowane materiały podnoszą walory użytkowe mebla miejskiego w porównaniu do dominujących materiałów stosowanych w takich rozwiązaniach poprzez: większą dowolność i łatwość kształtowania formy, dobór kolorystyki, lekkość fizyczną i wizualną, odporność na zmienne warunki atmosferyczne. Co najważniejsze, dzięki wykorzystaniu materiału z odzysku w przestrzeni publicznej pełni rolę edukacyjną, zwracając uwagę na problem śmieci. Poza tym znacznie przyczynia się do redukcji odpadów poprzez efektywny recycling.

Bibliografia

Źródła drukowane:

- Morris R., *The Fundamentals of Product Design*, polski tytuł *Projektowanie produktu*, wyd. PWN, Warszawa 2009
- Karana E., *MDD A Method to Design for Material Experiences*, *International Journal of Design* Vol. 9, No. 2/2015
- Tytek E., *Projektowanie ergonomiczne*, wyd. PWN, Poznań 2001
- Wojciechowski A., Michalski R., Kamińska E., *Wybrane metody zagospodarowania zużytych opon*, wyd. *Polimery* 2012, 57, nr 9
- Montgomery C., *Miasto szczęśliwe*, wyd. Wysoki Zamek, Kraków 2021
- Jacobs J., *Śmierć i życie wielkich miast Ameryki*, Fundacja Centrum Architektury, Warszawa 2014
- Springer F., *Wanna z kolumnadą*, wyd. Czarne, Wołowiec 2013
- Krajewski M. (red.), *Niewidzialne miasto*, wyd. Metropolis, 2008
- Sim D., *Miasto życzliwe*, wyd. Wysoki Zamek, Kraków 2022
- Hall E.T., *Ukryty wymiar*, wyd. PIW, Warszawa 1976
- Gehl J., *Miasta dla ludzi*, wyd. RAM, Kraków 2017
- Sarzyński P., *Wrzask w przestrzeni. Dlaczego w Polsce jest tak brzydko?*, wyd. Biblioteka Polityki, Warszawa 2012
- Jeleński T., Kosiński W. (red.), *Jak przetworzyć Miejsce. Podręcznik kreowania udanych przestrzeni publicznych*, wyd. Fundacja Partnerstwo dla Środowiska
- Kaufmann A., Fustier M., Drevet A., *Inwentyka - metody poszukiwania twórczych rozwiązań*, wyd. WNT, Warszawa 1975
- Shaofeng Li, Kang Qi, *The Mechanical and Fracture Property of HDPE-Experiment Result Combined with Simulation*, *Master's Degree Thesis*, Karlskrona, Sweden, 2014
- Wolański N., *Antropometria inżynierska*, wyd. Książka i Wiedza, Warszawa 1975

Nowak E., *Atlas antropometryczny populacji polskiej – dane do projektowania*, wyd. Instytut Wzornictwa Przemysłowego, 2000

Gehl J. i Svarre B., *Jak studiować życie w przestrzeni publicznej*, wyd. Narodowy Instytut Architektury i Urbanistyki, Warszawa 2021

Źródła internetowe:

Raport GUS Ochrona środowiska w 2021 r. opublikowany 30.06.2022 r.,
<https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/srodowisko/ochrona-srodowiska-2022,1,23.html>

Sprawozdanie KPGO za okres 2017–2019, Tab. 5, dane opublikowane w październiku 2021 r.
<https://bip.mos.gov.pl/strategie-plany-programy/krajowy-plan-gospodarki-odpadami/sprawozdania-z-realizacji-krajowego-planu-gospodarki-odpadami/>

<https://www.oponeo.pl/arttykul/recykling-opon>

Raport Tworzywa-fakty 2022, opublikowany przez Plastics Europe w październiku 2022 r.
<https://plasticseurope.org/pl/knowledge-hub/tworzywa-fakty-2022/>

Raport GUS Gospodarka materiałowa w 2021 r. opublikowany w 2022 r.
https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5477/6/17/1/gospodarka_materialowa_w_2021.pdf

<https://pietheineek.nl/en/product/afvaltafel-in-sloophout-3-m-hoogglans-gelakt>

<https://www.stonecycling.com/wastebasedbricks/>

https://woojai.com/PaperBricks_Pallet-1

<http://www.ecopixel.eu/trashplast.html>

<https://www.guiltlessplastic.com>

<https://fuselab.com.pl>

<http://www.ecopixel.eu/about-eco.html>

<https://community.preciousplastic.com/academy/intro.html>

<https://www.printyour.city>

<https://www.studiosegers.be/en/product/d/detail/h-bench-1>

<https://www.studiorygalik.com/products/circula/?lang=pl>

<http://www.ale-ogrod.pl/p/24/7558/lawka-parkowa-alicja-z-atestem--lawki-stalowe-z-rur-lawki.html>

<https://www.lawki-parkowe.com/products/solidna-lawka-parkowa-spartan/>

<https://www.zano.pl/mala-architektura/katalog/lawki/lawka-ivo-02-445#ze-stali-weglowej>

<https://www.zano.pl/mala-architektura/katalog/lawki/lawka-universe-02-455-5#ze-stalinierdzewnej>

<https://www.lab23.it/en/product/street-furniture-bike-racks-b-cycle/>

<https://www.lab23.it/product/panchine-s-combo/>

<https://www.lab23.it/en/product/street-furniture-benches-deacon/>

<https://www.lab23.it/product/arredo-urbano-panchine-zen-3000/>

<https://www.metalco.it/prodotto/toso-bench-bike-racks/?lang=en>

<https://www.larus.pt/en/urban-furniture/benches/rua>

<https://www.extremis.com/en/collections/romeo-juliet>

<https://www.streetlife.com/en/green-benches-tree-isles-podiums>

<https://www.mmcite.com/pl/limpido>

<https://www.urbidermis.com/urban-furniture/fontana/>

<https://www.baileystreetscene.co.uk/browse-by-collection/multiplicity-collection>

<https://www.plust.it/en/products/jetlag/>

<https://www.morgan-moller.com/realizacje/brave-festival-2015-wroclaw/>

<http://www.frezowanieploterem.pl/2020/06/lawki-parkowe-miejskie-nowoczesne-producent-3d-ze-sklejki.html.html>

<https://sklep.pkn.pl>

<https://regranulaty24.pl/pl/regranulaty>

<https://portalkomunalny.pl/raport-pwc-konieczny-radykalny-wzrost-stawek-dla-wprowadzajacych-opakowania-522875/>

<https://www.plastech.pl/ceny-tworzyw>

<http://chemargo.com.pl/pozostale/160-tabela-odporności-chemicznej-i-termicznej-tworzyw-sztucznych.html>

<https://www.plastem.pl/oferta/tworzywa-sztuczne/polietylen-pe/>

<https://www.ensingerplastics.com/pl-pl/polwyroby/selekcja-tworzyw/uv-odporne>

<https://www.opakowanianawynos.pl/blog/czysty-profesjonalizm/kompendium-tworzyw-hdpe-i-ldpe-czym-sie-roznia>

Polskie Normy:

PN-EN ISO 527-1:2020-01 – Tworzywa sztuczne – Oznaczanie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu – Część 1: Zasady ogólne

PN-EN ISO 604:2006 – Tworzywa sztuczne – Oznaczanie właściwości przy ściskaniu

PN-EN ISO 178:2019-06 – Tworzywa sztuczne – Oznaczanie właściwości przy zginaniu

PN-EN ISO 179-1:2004/A1:2006 – Tworzywa sztuczne – Oznaczanie udarności metodą Charpy’ego - Część 1: Nieinstrumentalne badanie udarności

PN-EN 1176-1:2017 – Wyposażenie placów zabaw i nawierzchnie – Część 1 Ogólne wymagania bezpieczeństwa i metody badań

PN-EN 13198:2005 – Prefabrykaty z betonu – Elementy małej architektury ulic i ogrodów

