

Analiza możliwości zapisu procesu sporządzania projektu budowlanego z wykorzystaniem metody wizualizacji danych



mgr inż. arch.
MARTA KRĘSKA-PYRZ
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0002-1044-3118



dr hab. inż. arch.
SZYMON OPANIA, PROF. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0002-9801-6945

W pierwszej części artykułu opisano projekt budowlany jako proces i jego części składowe, bazując na przepisach wyjściowych w zakresie wyłącznie podstawowym. W dalszej części scharakteryzowano metodę wizualizacji danych, jej zalety i możliwości. W końcu na potrzeby artykułu przedstawiono wyniki badań nad możliwościami prezentacji procesu projektowego na wybranych przykładach, stanowiących część szerszego obszaru badawczego.

W artykule prezentowane są wyniki badań dotyczących możliwości zapisu istotnych danych mających wpływ na przebieg procesu sporządzania projektu budowlanego, z wykorzystaniem metod wizualizacji graficznej. Celem tych badań było wskazanie pojawiających się obszarów ryzyka w tym procesie i dobór odpowiedniej metody ich wizualizacji. Artykuł jest efektem posiadanego doświadczenia w zakresie sporządzania projektów budowlanych, nabytego w autorskiej pracowni, poświadczonego stosownymi uprawnieniami budowlanymi bez ograniczeń do projektowania w specjalności architektonicznej, a także przekonania o konieczności jak najbardziej wyrazistego wizualizowania możliwych zagrożeń dla wszystkich uczestników procesu budowlanego, jak również przekonania, iż sam proces sporządzania projektów budowlanych ma cechy procesu badawczego o charakterze naukowym.

Projekt budowlany jako proces

Praca nad projektem budowlanym łączy w sobie aspekty artystyczne i inżynierskie, jak również ma ścisłe powiązania z regulacjami prawnymi.

Podstawą opracowywania dokumentacji projektowej są: Ustawa Prawo Budowlane [1], Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2] oraz Rozporządzenie

Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego [3]. Te trzy wyjściowe akty prawne powiązane są z licznymi rozporządzeniami, normami, uzgodnieniami i aktami prawa miejscowego¹. Razem tworzą kompleksową bazę wytycznych i przepisów koniecznych do uwzględnienia w procesie projektowym.

Aktualnie zakres opracowania projektu budowlanego podzielony jest na trzy podstawowe składowe. Są to: projekt architektoniczno-budowlany, projekt zagospodarowania terenu oraz wszelkie dokumenty, uzgodnienia i opinie wymagane na podstawie przepisów odrębnych, a także projekt techniczny [2], [3]. W poszczególnych częściach przyjęte rozwiązania determinują podstawowe dane wejściowe i kontekst ich użycia. Dlatego tak ważne jest prawidłowe przeprowadzenie wnikliwych analiz zadania projektowego przed jego sporządzeniem. Na tym polega rola i zakres obowiązków architekta. Mimo iż zawód ten przechodzi ciągłą transformację, wynikającą z wielu czynników, takich jak chociażby zmiany legislacyjne, ale również cyfryzacja procesu projektowego, to stałym, nadrzędnym zadaniem architekta jest czuwanie nad prawidłowym przeprowadzeniem procesu sporządzania projektu budowlanego. Rozwój zaawansowanych technologii, w tym sztucznej inteligencji, wywiera ogromny wpływ na sposób przeprowadzania procesu sporządzania projektu budowlanego. Stosowanie przez autorów artykułu

w trakcie procesu projektowego technologii BIM do tworzenia modeli 3D w pełni wyposażonych budynków umożliwia usprawnienie projektowania, a zarazem pozwala wykluczyć kolizje i zagrożenia. Dzięki tak przeprowadzonym procesom szczegółowe parametry budynku są dostępne dla wszystkich uczestników procesu budowlanego. W wielu krajach, w tym w Polsce, realizacja budowy przebiega przy wsparciu dedykowanych aplikacji i technologii BIM. Ułatwia to nie tylko komunikację, przydzielanie zadań, ale przede wszystkim wychwylenie zagrożeń. W trakcie badań nad procesami projektowymi wielokrotnie zaobserwowano, iż stosowanie modelowania 3D nie tylko ułatwiło sam proces, ale też pozwoliło na redukcję czasu danego procesu i poprawiło jego wydajność oraz jakość. Mając świadomość długości życia powstałego obiektu budowlanego, stosowana metoda BIM wykorzystywana jest także w procesach renowacji istniejących już obiektów budowlanych [4].

¹ Miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego, decyzje o warunkach zabudowy.

Zbieżności opracowywania projektu budowlanego z badaniami naukowymi

Wyniki badań autorów wskazują, że proces sporządzania projektów budowlanych ma wyraźne cechy procesu badawczego o charakterze naukowym [5]. Dotyczy to zwłaszcza etapu analizy i opracowania projektu, wśród których należy wymienić aspekty:

1. Badania i analiza danych wejściowych.

Projektanci muszą zbierać i analizować różne dane dotyczące projektowanego obiektu, takie jak informacje geotechniczne w postaci badań gruntów, geograficzne i klimatyczne – odnoszące się do stref klimatycznych, i demograficzne – ustalające wpływ lokalizacji na parametry obiektu budowlanego.

2. Badania literatury specjalistycznej i branżowych norm.

Przy sporządzaniu projektów budowlanych projektanci korzystają z dostępnej literatury naukowej, badań, publikacji i norm technicznych, które opisują najlepsze praktyki, wytyczne i standardy, które pozwalają oprzeć decyzje projektowe na naukowych podstawach. Uzupełniają je o zasady bezpieczeństwa, przepisy prawne, wymogi prawa miejscowego oraz o wytyczne decyzji o warunkach zabudowy.

3. Przyjęta metodyka projektowania.

Często stosuje się systematyczne, wypracowane przez autorów podejście do projektowania, które obejmuje identyfikację problemu, sformułowanie hipotez i celów, analizę możliwości, eksperymentowanie z różnymi rozwiązaniami, ocenę wyników i weryfikację projektu. Przypomina to podejście naukowe, które składa się z badań, eksperymentów i analizy wyników.

4. Innowacyjne rozwiązania i rozwój wiedzy.

W każdym procesie sporządzania projektów pojawiają się nowe wyzwania i problemy, które wymagają innowacyjnych rozwiązań. Projektanci muszą rozwijać swoją wiedzę i szukać nowych technologii, materiałów czy metod budowlanych.

5. Proces iteracyjny.

Podobnie jak w badaniach naukowych, proces sporządzania projektów budowlanych jest iteracyjny. Polega on na powtarzających się kolejno etapach: opracowanie wstępnej koncepcji, przeprowadzenie analizy, ocena wyników, wprowadzenie zmian, które doskonały projekt, na podstawie zgromadzonej wiedzy i informacji. Ta iteracyjna natura projektowania przypomina proces badawczy, w którym wyniki eksperymentów prowadzą do nowych wniosków i zmian w podejściu.

W trakcie badań i analiz przeprowadzanych w procesie sporządzania projektu budowlanego zaczęto zbierać dane przedstawiające w formie graficznych wizualizacji danych.

Badania nad wpływem wizualizacji danych w procesie projektowym w dziedzinie, jaką jest budownictwo, dostarczają wiele cennych wniosków. Dzięki wizualizacji zauważono poprawę komunikacji i zrozumienia zadania przez wszystkich uczestników procesu. Badania pokazują, że korzystanie z wizualizacji może prowadzić do większej klarowności i precyzji przekazywanych informacji, zmniejszenia ryzyka błędów interpretacyjnych oraz do większego zaangażowania uczestników projektu.

Wizualizacja danych umożliwia łatwiejsze porównywanie i analizowanie różnych opcji projektowych. Badania wykazują, że korzystanie z wizualizacji może pomóc w lepszym zrozumieniu implikacji decyzji projektowych, identyfikacji potencjalnych problemów i ocenie skutków różnych scenariuszy. To z kolei przyczynia się do bardziej świadomych i trafnych decyzji.

Kolejnym efektem jest optymalizacja projektu. Wizualizacja przyczynia się do lepszego rozumienia przestrzeni, relacji pomiędzy obiektami, problemów związanych z konstrukcją, układem funkcjonalnym i efektywnością projektu. To umożliwia lepsze optymalizowanie projektu i wprowadzanie zmian nie tylko projektowych, ale i finansowych.

Ponadto wizualizacja danych pomaga we wczesnym wykrywaniu potencjalnych problemów w projekcie. Badania jednoznacznie ukazują, że korzystanie z wizualizacji pozwala łatwiej zidentyfikować kolizje, niespójności czy niedociągnięcia w projekcie, co umożliwia szybsze podjęcie działań naprawczych i minimalizację kosztów oraz opóźnień.

Wizualizacja procesu projektowego

Duża ilość danych wyjściowych trudnych do usystematyzowania wymaga zastosowania odpowiedniej metody zobrazowania procesu projektowego. Stąd osobnym zagadnieniem jest dobór właściwej metody wizualizacji danych. Problemy z tym związane mogą mieć różne przyczyny i zależeć od kontekstu, w którym się pojawiają. Do najważniejszych należą:

1. Niejasność lub brak jasności.

Często problemem jest brak czytelności i jasności wizualizacji danych. Może to wynikać z nieodpowiedniego wyboru typu wykresu lub niewłaściwego układu osi. Nieczytelne etykiety, zbyt małe czcionki, nieodpowiednie kolory czy zbyt duża liczba informacji na jednym wykresie mogą również wpływać na zrozumienie danych.

2. Zniekształcenie informacji.

Wizualizacje danych mogą czasami zniekształcać rzeczywiste informacje, prowadząc do mylnych wniosków. Przykładem może być manipulowanie skalą osi na wykresie w celu przedstawienia danych w sposób bardziej korzystny dla prezentowanego punktu

Stałym, nadrzędnym zadaniem architekta jest czuwanie nad prawidłowym przeprowadzeniem procesu sporządzania projektu budowlanego.

widzenia. Takie działania mogą prowadzić do wprowadzenia błędnych interpretacji.

3. Brak odpowiedniego kontekstu.

Wizualizacje danych mogą być trudne do zrozumienia, jeśli brakuje im odpowiedniego kontekstu. Bez wyjaśnienia, co przedstawiają dane, jak zostały zebrane i jakie są ograniczenia analizy, odbiorca może mieć trudności w zrozumieniu przekazu wizualizacji.

4. Nadmiar informacji.

Próba umieszczenia zbyt wielu danych na jednym wykresie może prowadzić do zatłoczenia i utraty czytelności. Zbyt duża liczba punktów, linii czy etykiet może sprawić, że wizualizacja staje się chaotyczna i trudna do interpretacji.

5. Błędny wybór typu wizualizacji.

Istnieje wiele różnych typów wykresów i grafik, które mogą być stosowane w zależności od rodzaju danych i celu prezentacji. Niewłaściwy wybór rodzaju wykresu może prowadzić do nieprawidłowego przedstawienia danych lub utrudnić ich zrozumienie.

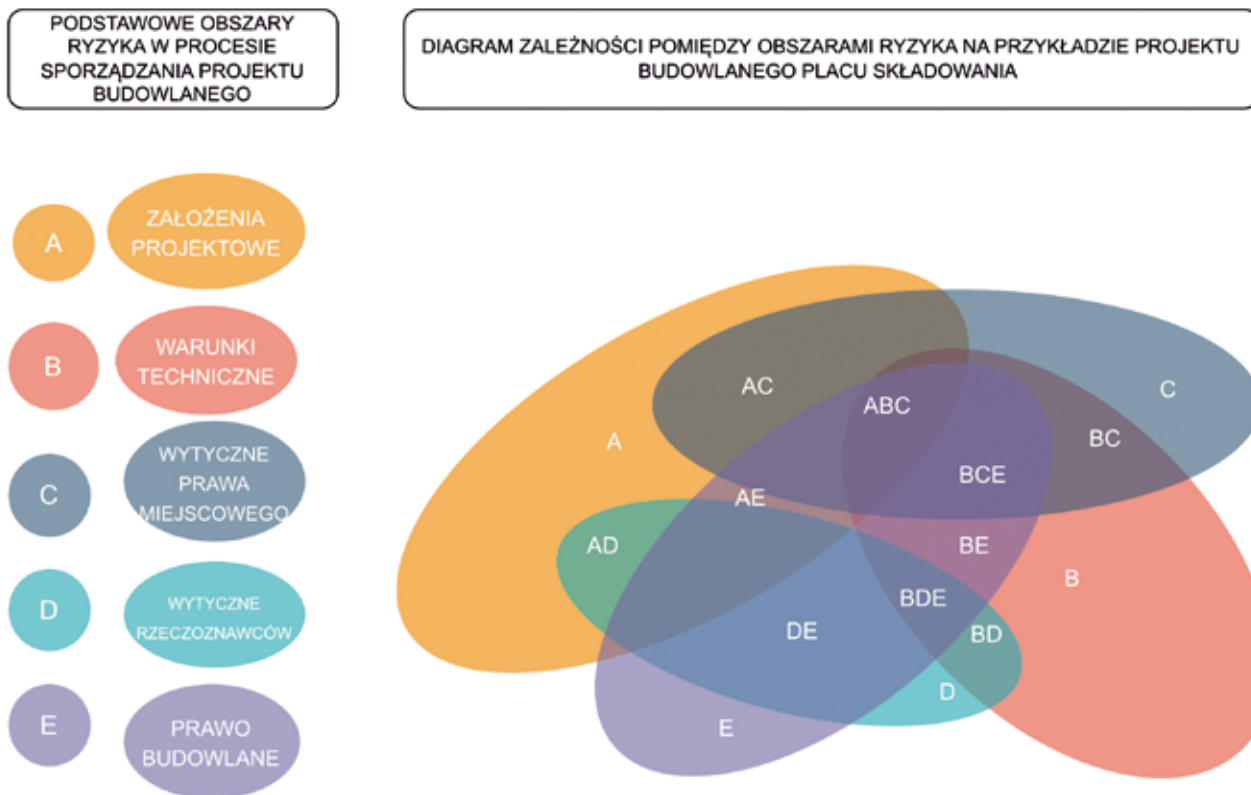
6. Nieodpowiednie prezentowanie relacji.

Wizualizacje danych powinny odzwierciedlać rzeczywiste relacje i wzorce w danych. Jeśli wizualizacja nie oddaje tych relacji w sposób dokładny lub wprowadza dezinformację, może prowadzić do nieprawidłowych wniosków.

Rozwiązaniem tych problemów może być staranne planowanie wizualizacji danych, dobór odpowiednich narzędzi i technik wizualizacyjnych oraz dbałość o czytelność, jasność i dokładność przekazu informacji. Ważne jest również uwzględnienie kontekstu, dostarczenie odpowiednich wyjaśnień i ograniczeń oraz zapewnienie optymalnej liczby danych. Dzięki temu będzie można zauważyć trendy i zaobserwować powtarzalne wzorce, które nie byłyby widoczne podczas analizowania pojedynczych informacji. Z wykorzystaniem takich działań mamy do czynienia w dziedzinach o dużej ilości danych, a do opracowania których służą różne metody i często przypisane do nich aplikacje (rys. 1.).

Po przeanalizowaniu wielu dostępnych metod wizualizacji danych za pomocą schematów i diagramów dedykowanych dla procesu sporządzania projektu budowlanego wybrano kilka odpowiadających złożoności procesu.

1. Schematy architektoniczne, w tym diagramy architektoniczne pozwalające



Rys. 1. Przykład wizualizacji zależności pomiędzy zbiorami danych z zastosowaniem diagramu Venn; źródło: opracowanie własne, na podstawie posiadanej licencji originLab

przedstawić układ przestrzenny projektowanego budynku lub kompleksu budynków. Diagramy często obejmują plany pięter, rozkład pomieszczeń, układ instalacji, a także informacje o wymiarach i proporcjach. Schematy architektoniczne są niezbędne do zrozumienia projektu i komunikacji między architektami, inżynierami a innymi zainteresowanymi stronami.

2. Diagramy przepływu są stosowane w przypadku bardziej skomplikowanych systemów budowlanych, takich jak układy HVAC (ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja) czy układy elektryczne. Przedstawiają one kierunek przepływu substancji lub energii, wykorzystywane urządzenia i połączenia między nimi. Diagramy przepływu mogą pomóc w identyfikacji potencjalnych problemów, optymalizacji efektywności i planowaniu układów technicznych.

3. Wykresy Gantta są przydatne do planowania harmonogramu prac budowlanych. Przedstawiają one chronologiczny przebieg poszczególnych zadań, ich czas trwania oraz zależności między nimi. Wykresy Gantta pomagają zrozumieć sekwencję prac, identyfikować krytyczne ścieżki i przewidywać terminy ukończenia poszczególnych etapów projektu.

4. Graficzne struktury zależności i relacji obszarów, w tym: diagramy sieciowe, takie jak diagramy PERT (Program Evaluation and Review Technique) lub diagramy CPM (Critical Path Method), Sankey, Chord, są używane

do planowania i zarządzania złożonymi projektami budowlanymi. Przedstawiają one zależności między zadaniami, umożliwiając identyfikację kluczowych ścieżek krytycznych i optymalizację harmonogramu projektu. Wykresy słupkowe i wykresy kołowe są często używane do prezentacji danych numerycznych lub udziałów procentowych. Mogą być wykorzystane do przedstawienia informacji dotyczących budżetu projektu, liczby pomieszczeń, wielkości obszarów itp. Wykresy radarowe są używane do porównywania wielu zmiennych na podstawie wielobocznej siatki, a także do analizy różnych aspektów projektu budowlanego, takich jak parametry techniczne, zrównoważony rozwój czy ocena jakości.

5. Diagramy strukturalne pozwalają przedstawić budowę i relacje między różnymi elementami budowlanymi, takimi jak konstrukcje nośne, elementy żelbetowe, instalacje sanitarno-techniczne itp. Przykłady takich diagramów to diagramy siłowe, diagramy statyczne, diagramy przekrojów i inne.

6. Mapy cieplne są skutecznym narzędziem wizualizacji danych geoprzestrzennych. Mogą być wykorzystywane do analizy zagęszczenia, dystrybucji lub innych wzorców przestrzennych, które mogą mieć znaczenie w kontekście projektu budowlanego jako energooszczędności i zrównoważonego rozwoju.

7. Wizualizacje wirtualnej rzeczywistości (VR) i rozszerzonej rzeczywistości (AR): VR

i AR oferują interaktywną i immersyjną wizualizację projektów budowlanych. Pozwalają na eksplorację wirtualnego modelu budynku, umożliwiając zobaczenie projektu w skali rzeczywistej lub dostarczając dodatkowych informacji i interakcji.

Wskazane rodzaje diagramów znacząco ułatwiają zrozumienie i interpretację danych związanych z projektem budowlanym. Wizualizacja graficzna danych za pomocą diagramów ułatwia ponadto komunikację między różnymi członkami zespołu projektowego oraz klientem, umożliwiając szybsze podejmowanie decyzji i lepsze planowanie działań. Spośród siedmiu kategorii diagramów dla analizy zagrożeń w trakcie procesu sporządzania projektu budowlanego kategoria czwarta jest przestrzenią do podjęcia analiz wyjściowych.

W tym module wizualizacja danych ma przełożenie na poprawę przebiegu procesu.

Początkowo tworzona jest sekwencja wizualizacji, która przedstawia kolejne etapy procesu sporządzania projektu budowlanego. Począwszy od analizy potrzeb klienta i tworzenia koncepcji, aż do opracowania finalnego projektu, można wizualnie przedstawić każdy krok i związaną z nim dokumentację, taką jak plany, schematy, analizy. To pozwala zobaczyć cały proces projektowy jako spójną narrację.

Kolejną możliwą jest integracja różnych rodzajów informacji związanych z projektem budowlanym. Można połączyć dane

architektoniczne, inżynierskie, kosztowe, harmonogramowe itp. i przedstawić je w jednym miejscu w sposób zrozumiały i przystępny. Co więcej, możliwe jest również wykorzystanie interaktywnych elementów, takich jak klikalne oznaczenia na wizualizacjach, które pozwolą na bardziej szczegółową eksplorację danych.

Kolejno wizualizacja danych pomaga w analizie zmian, które zachodzą w trakcie procesu sporządzania projektu budowlanego. Przez porównanie różnych wersji wizualizacji można łatwo zidentyfikować i zrozumieć zmiany, które zostały wprowadzone w projekcie. To umożliwia lepsze zarządzanie zmianami i kontrolę jakości w trakcie procesu projektowania. Finalnie dzięki systematycznemu tworzeniu wizualizacji danych można monitorować postęp prac w trakcie sporządzania projektu budowlanego.

W kontekście złożoności procesu budowlanego, jego zależności od zmiennych danych wejściowych, tworzone są obszary ryzyka związane z procesem projektowym. W celu uargumentowania potrzeby wizualizacji danych dla procesu sporządzania projektu budowlanego określono trzy najważniejsze punkty.

Podstawowym jest identyfikacja obszarów ryzyka poprzez określenie grup danych, rozpoznanie i rozpisanie czynników mających wpływ na dane zadanie projektowe. Jest to kluczowe dla przyjętej strategii badawczej, by objąć cały proces projektowy. Utworzenie logicznej struktury powiązań ma usprawnić proces analizy danych oraz ułatwić dostęp do dokumentacji projektowej wszystkim uczestnikom procesu budowlanego.

Kolejny to możliwość monitorowania zawartości dokumentacji poprzez identyfikację ryzyka i zapobieganie ich negatywnym skutkom. Identyfikacja danych wyjściowych ma na celu przygotowanie uczestników procesu inwestycyjnego do realizacji zamierzenia budowlanego zgodnie z wymaganiami norm prawa i interesem osób zaangażowanych w cały proces. Finalnie z uwagi na ogromną ilość powiązań między danymi wejściowymi dla każdego projektu możliwa jest koordynacja międzybranżowa i stworzenie nowego kanału komunikacji, który ją ułatwi i usprawni.

Opis metody i zakresu badań oraz przyjętej metody

Obszarem badawczym są wybrane 22 przykłady własnych procesów projektowych przeprowadzonych w latach: 1998–2023, a obejmujących obiekty o funkcjach: magazynowych, produkcyjnych i mieszkaniowych o powierzchniach użytkowej od 220 m² do 2311 m². W danych wyjściowych uwzględniono: nazwę i kategorię obiektu, lokalizację, kategorię pierwotną obiektu², kategorię projektowaną obiektu, informację na temat zmiany kategorii, zasadność sporządzania

Stosowanie modelowania 3D nie tylko ułatwiło sam proces, ale też pozwoliło na redukcję czasu danego procesu i poprawiło jego wydajność oraz jakość.

ekspertyzy budowlanej, powierzchnię zabudowy pierwotną, powierzchnię zabudowy projektowaną, kubaturę użytkową pierwotną, kubaturę użytkową projektowaną, kategorię geotechniczną, dane dotyczące obszaru oddziaływania. Kolejnym modułem informacji są dane z obszaru planu miejscowego bądź w przypadku jego braku zapisy w decyzji o warunkach zabudowy. Są to dane wyjściowe charakteryzujące proces, mające podstawowe znaczenie dla określenia charakteru i zakresu projektu. Te dane zostały zestawione w tabeli jako dane podstawowe. Tabela dla danych wyjściowych zawiera również informacje i dane o zgromadzonych wymaganiach dokumentach, uzgodnieniach i opiniach.

Zakres badań procesu projektowego wykracza daleko poza jego ramy. To nie tylko obiekt i czynniki ryzyka wynikające wprost z zadania projektowego. To również miejsce, gdzie dany proces jest przeprowadzany. Proces projektowy ma swoją kontynuację poza biurem na budowie. Tam często zachodzą zmiany mające wpływ na zwiększenie bądź zmniejszenie obszarów ryzyka w projekcie. W aspekcie potencjalnego ryzyka należy to wziąć pod uwagę, dlatego sporządzane listy kontrolne czynników ryzyka z poszczególnych obszarów docierają na teren budowy i tam są sprawdzane. Zagadnienia dotyczące *stricte* budowy pokazują, jak wiele obszarów zagrożeń koreluje z fazą projektową. Dlatego w celu gromadzenia i sprawdzania informacji, mając opracowane dane wyjściowe, bazujemy na technice delfickiej, w której do podejmowania decyzji wykorzystuje się wiedzę, doświadczenie i opinie ekspertów z różnych dziedzin oraz burzę mózgów w trakcie podejmowania kluczowych decyzji. Dobrane metody odzwierciedlają pracę architektów i wielość wykonywanych przez nich analiz w trakcie sporządzania projektu budowlanego [5].

Przykład efektów wizualizacji procesów projektowych

Na potrzeby artykułu zaprezentowano wyniki prób wizualizacji danych dla procesu projektowego:

- 1 – projektu architektoniczno-budowlanego dla placu składowania kontenerów wraz z niezbędną infrastrukturą (rys. 2.) oraz
- 2 – projektu architektoniczno-budowlanego budowy hali produkcyjnej z budynkiem biurowym (rys. 3.).

W pierwszym projekcie zasadniczym elementem zamierzenia budowlanego był projekt zagospodarowania terenu placu tymczasowego składowania kontenerów. Mieszcząc się w kategorii XXII obiektu budowlanego, a także z uwagi na zmiany w zagospodarowaniu terenu, niezbędne było uzyskanie pozwolenia na budowę. Po sprawdzeniu zgodności z obowiązującym planem miejscowym dostosowano projekt do wytycznych inwestora.

Celem opracowania było efektywne wykorzystanie przestrzeni i organizacji składowania. Spośród kluczowych elementów, które były uwzględnione w projekcie, wymienić można:

Projekt zagospodarowania terenu dla ok. 2000 m² (w tym 800 m² samego placu) sporządzony na mapie do celów projektowych, obejmujący szczegółowy plan układu placu, uwzględniający optymalne rozmieszczenie kontenerów w zależności od ich typu i rozmiaru. Uwzględniono zarówno przestrzeń do składowania, jak i do manewrowania pojazdami.

Kolejnym elementem była infrastruktura drogowa dostosowana do przyjęcia ruchu pojazdów, takich jak ciężarówki i wózki widłowe. Projekt obejmował wytyczenie dróg wewnętrznych, zapewnienie odpowiedniej szerokości i nośności, a także wyznaczenie miejsc parkingowych dla pojazdów.

Następnie wyznaczono strefy składowania określające podział placu na strefy ułatwiające łatwiejsze zarządzanie, kontrolowanie i wyszukiwanie kontenerów.

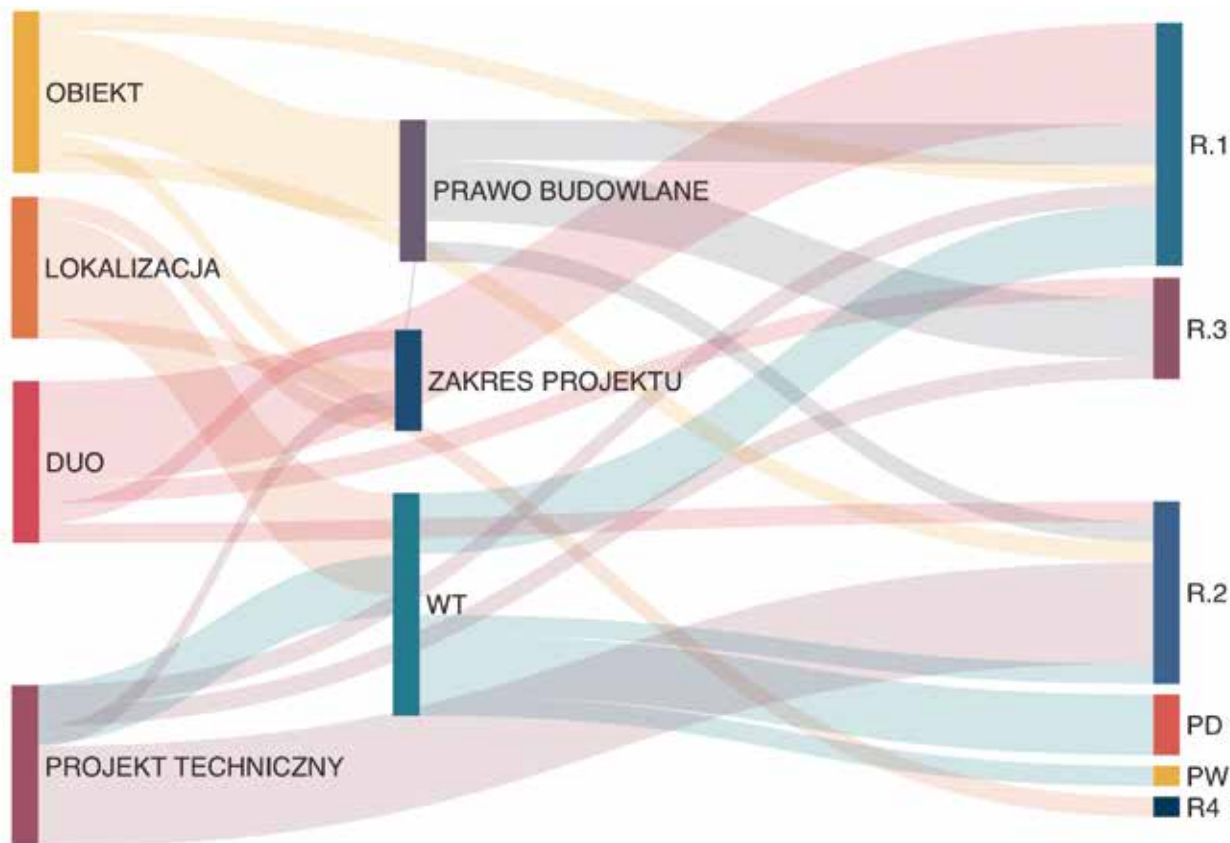
W dalszej części uwzględniono odpowiednie środki zabezpieczeń, takie jak ogrodzenia, systemy monitoringu, oświetlenie i kontrola dostępu. Bezpieczeństwo i ochrona składowanych towarów są kluczowe, zwłaszcza w przypadku placu tymczasowego. Na placu wytyczono obszar obstugi, który zawierał punkt kontroli.

Szczególne uwagę zwrócono na zrównoważone rozwiązania, takie jak energooszczędne oświetlenie, systemy odzyskiwania wody opadowej oraz instalacje fotowoltaiczne. To przyczyniło się do zmniejszenia negatywnego wpływu na środowisko.

Projekt zagospodarowania terenu placu tymczasowego składowania kontenerów był kompleksowy, uzgodniony z rzeczoznawcami z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy czy przeciwpożarowymi, i zgodny z przepisami szczegółowymi w zakresie substancji

² Kategoria obiektu budowlanego pojawia się już na etapie projektu budowlanego i pozwolenia na budowę. Załącznik do Prawa budowlanego wymienia ich 30, towarzyszą im dodatkowe ważne współczynniki. Z kategoriami obiektu budowlanego inwestor powinien zapoznać się, zanim wystąpi o pozwolenie na budowę. Kategorię obiektu budowlanego trzeba wpisać we wniosku o wydanie pozwolenia na budowę. Organ administracji architektoniczno-budowlanej, zanim wyda decyzję o pozwoleniu, sprawdzi, czy wpisana kategoria obiektu jest zgodna z klasyfikacją w Prawie budowlanym. Kategoria obiektu budowlanego nabiera szczególnego znaczenia na etapie oddawania obiektu do użytkowania, określa bowiem sposób (czy będzie potrzebne pozwolenie na użytkowanie) i zakres wymaganej dokumentacji.





Rys. 2. Sankey diagram – hierarchiczne powiązanie obszarów – wizualizacja systemu powiązań dla procesu sporządzania projektu architektoniczno-budowlanego dla placu składowania kontenerów wraz z niezbędną infrastrukturą; źródło: opracowanie własne

składowanych na projektowanym obszarze. Poddając analizie projekt w aspekcie trzech filarów: kluczowych parametrów obiektu budowlanego, podstawowych aktów prawnych i rozporządzeń szczególnych z trzecim filarem, dla zamierzenia budowlanego stworzony został po syntezie uproszczony schemat zależności w postaci Sankey diagram (rys. 2.).

W drugim zamierzeniu zakres projektu architektoniczno-budowlanego obejmował budowę hali produkcyjnej z budynkiem biurowym wraz z zagospodarowaniem terenu i niezbędną infrastrukturą. Sporządzenie projektu poprzedziły analizy i badanie terenu z uwagi na lokalizację na terenie górniczym. Przeprowadzenie wstępnej analizy terenu, takiej jak pomiary geodezyjne, badanie warunków gruntowych i hydrologicznych, zostało uwzględnione w projekcie.

Na etapie koncepcji architektonicznej obejmującej zarówno halę produkcyjną, jak i budynek biurowy uwzględniono funkcjonalność, ergonomię, estetykę i wymagania klienta.

W celu określenia optymalnego rozmieszczenia hali produkcyjnej i pomieszczeń biurowych na działce uwzględniono dostęp do dróg, miejsc parkingowych, terenów zielonych i innych czynników związanych z infrastrukturą. W części projektu konstrukcyjnego, w tym w kwestii doboru systemu nośnego, fundamentów, ścian, dachu zawarto kluczowe dane z obszaru gruntu i lokalizacji.

W zakres projektu wchodziły również wszelkie projekty instalacji dla hali produkcyjnej i budynku biurowego, takich jak instalacje elektryczne, oświetlenie, HVAC (ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja), wodno-kanalizacyjne i inne systemy potrzebne do prawidłowego funkcjonowania obiektu.

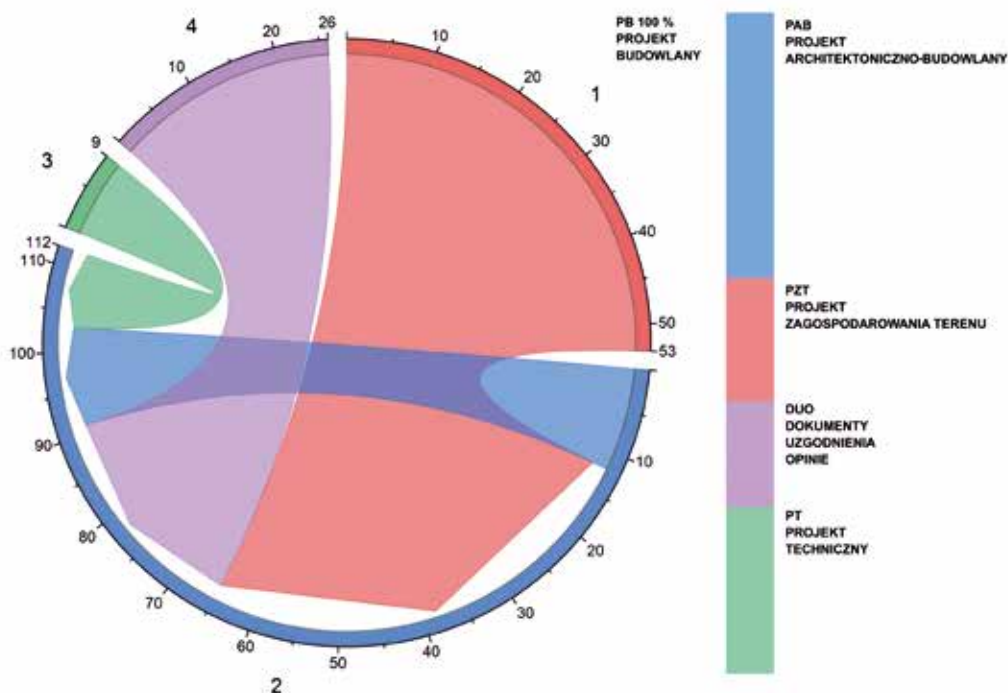
Z uwagi na bezpieczeństwo i przepisy budowlane: uwzględniono wytyczne z przepisów budowlanych i przepisów dotyczących bezpieczeństwa, takich jak systemy przeciwpożarowe, drogi ewakuacyjne, oznakowanie, dostęp dla osób z niepełnosprawnościami i inne wymagania regulacyjne.

W kolejnej fazie przygotowania kosztorysu dla projektu, w tym kosztów materiałów, robót budowlanych, instalacji, wykończenia i innych elementów niezbędnych do zrealizowania projektu dostosowano optymalizację kosztów przy jednoczesnej kontroli parametrów jakościowych i wytrzymałościowych. W projekcie zawarto wytyczne dla elementów zrównoważonego budownictwa, takich jak efektywne wykorzystanie energii, odnawialne źródła energii, technologie wodne, zarządzanie odpadami, efektywne korzystanie ze źródła centralnego ogrzewania.

Dla każdego wskazanego tematu przeprowadzono próbę wizualizacji danych z wykorzystaniem innej metody. W celu doboru prawidłowej metody w oparciu o dostępne diagramy i narzędzia [6] dokonano klasyfikacji

grup danych wejściowych. Założono formę drzewa decyzyjnego prowadzącego do zestawu potencjalnie odpowiednich grup do reprezentowania zbioru danych. Model utworzonej wizualizacji pozwala na stworzenie i wdrożenie listy kontrolnej – narzędzia przystępnego dla odbiorcy i projektanta, mającego istotne znaczenie przy opracowywaniu dokumentacji projektów budowlanych dla wszelkich obiektów architektonicznych. Lista kontrolna nawiązuje do łańcucha krytycznego (ang. *critical chain*) [7], który ukazuje zbiór wymaganych do wykonania czynności w modelu sieciowym, przy uwzględnieniu zależności między nimi. Wypracowanie zależności powiązań przy sporządzaniu projektu w podobny sposób pozwoli na identyfikację ścieżki krytycznej projektu. Podobnie jak w założeniach łańcucha krytycznego jego identyfikacja ma na celu ochronę opracowywanego harmonogramu dla projektu, tak objęta badaniami i wdrożeniem checklista ma na celu ochronę procesu sporządzania projektu budowlanego dzięki wykryciu zagrożeń. Ostateczne utworzenie listy kontrolnej wsparte będzie diagramami przyczynowo-skutkowymi mającymi zobrazować złożoność każdego projektu³.

³ Pierwsze próby diagramów wizualizujących dane można wykonać, korzystając z darmowych aplikacji dostępnych online, np.: <https://www.data-to-viz.com/#explore> lub też: <https://online.visual-paradigm.com>.



Rys. 3. Diagram Chord – opracowany dla projektu architektoniczno-budowlanego budowy hali produkcyjnej z budynkiem biurowym, ukazujący procentowy schemat zawartości projektu budowlanego; źródło: opracowanie własne

Schemat prawidłowy dla wizualizacji danych podstawowych, jednocześnie zmniejszający chaos, a pokazujący syntezę relacji powiązań obszarów wchodzących w zakres projektu budowlanego, to tzw. Sankey diagram [8]. Jest to metoda będąca techniką wizualizacji, która pozwala na wyświetlanie przepływów – relacji. Kilka obszarów, m.in. aktów normatywnych (w powiązaniu), jest reprezentowanych przez prostokąty lub tekst. Ich powiązania są zobrazowane za pomocą łuków, które mają szerokość proporcjonalną do znaczenia powiązania. Wraz z etapem opracowywanej dokumentacji projektu budowlanego obszary zagrożeń zebrane są w kilku grupach, które reprezentują etapy. Połączenia pokazują ewolucję między kolejnymi fazami. Każdy węzeł jest równie ważny dla prawidłowego przeprowadzenia procesu sporządzania projektu budowlanego.

Taka wizualizacja danych jest przydatna dla zrozumienia procesu, ale również jest wyzwaniem polegającym na czytelnym przekazie, stojącym przed jego autorem [9]. Mimo iż dziedzina wizualizacji danych w ostatnich latach dynamicznie się rozwija dzięki sztucznej inteligencji, od dziesiątek lat wiemy, jak istotna jest sztuka i grafika w sferze funkcjonalnej i użytkowej [10].

W celu skomasowania danych w jeszcze bardziej przystępny sposób zastosowano model diagramu Chord [11]. Ukazuje on centralnie wzajemne relacje, a możliwość publikacji w formie aktywnej pozwala podświetlić potrzebny do analizy obszar. Zamiast używać linii prostej, która mogłaby mylnie

Ważne jest uwzględnienie kontekstu, dostarczenie odpowiednich wyjaśnień i ograniczeń oraz zapewnienie optymalnej liczby danych.

wskazywać na połączenie z innym obszarem, każde połączenie jest zakrzywione i podąża za ścieżką pomiędzy węzłami danych. Technika ta minimalizuje bałagan i pozwala na bardziej efektywne wykrywanie rozwiązań i zależności przy jednoczesnym pozytywnym graficznie odbiorze [12].

Wnioski z analizy przypadków

Spośród kilkudziesięciu diagramów wybrano dwa obrazujące w najlepszy sposób proces projektowy. Przykłady pokazują, jak skomplikowane jest sporządzanie dokumentacji projektu budowlanego. Jak wiele zagadnień zawiera się w typowych obszarach, a ile rozchodzi się w indywidualne zależności skorelowane ściśle z zadaniem projektowym [13]. Ogromna ilość danych i ich współczynnik jednoczesności jest obciążony dużym ryzykiem przypisaniu odpowiedniej wagi dla danego ryzyka [14], [15]. Po zidentyfikowaniu obszarów i zagrożeń schemat danych ma za zadanie poprowadzić architekta w kierunku podjęcia prawidłowej decyzji. Opracowywana skorelowana z diagramami checklista dostarcza pakietu kluczowych problemów, których należy unikać bądź zwrócić szczególną uwagę w powiązaniu z kolejnym prawidłowym krokiem. W przyjętych metodach wizualizacji

postrzeganie informacji jako kluczowej jest poparte jej wagą dla całego zadania. Aby prawidłowo przeprowadzić proces projektowy, nie można pozwolić na manipulowanie danymi. Jest to kluczowe i zapewnia odpowiednie przeprowadzenie procesu. Z uwagi na ciągłe zmiany ustawodawstwa i przepisów schemat charakteryzuje się nieskończonymi możliwościami i z założenia nie jest skończony. W trakcie opracowywania ulega on ciągłym modyfikacjom i udoskonaleniom, tak by wykluczyć jak największą ilość zagrożeń. Wskazane przykłady pokazują ocenę ryzyka ze względu na prawdopodobieństwo ich wystąpienia oraz ewentualny wpływ na przebieg realizacji zamierzenia budowlanego.

Analiza zagrożeń w trakcie zarządzania projektem poprzez syntezę ważnych obszarów pozwala na zrozumienie schematu działania całego opracowania z jednoczesnym kontrolowaniem procesu.

Szczególnie w ostatnich latach w obliczu realnego zagrożenia, jakim jest szybkość zachodzących zmian, koniecznością jest opracowanie metodyki, która będzie sprzyjać minimalizacji obszarów ryzyka i z powodzeniem skomasuje dane. Zaproponowane w artykule przykłady diagramów skorelowane z listami kontrolnymi będą przydatne w obrazowaniu wielu zadań i z powodzeniem mogą być dostosowane do zróżnicowanej tematyki zadań projektowych.

Tworzenie w trakcie procesu sporządzania projektu budowlanego wizualizacji danych przynosi wiele korzyści. Kluczowe jest lepsze zrozumienie projektu. Wizualizacje danych pozwalają na przedstawienie informacji

Finalnie dzięki systematycznemu tworzeniu wizualizacji danych można monitorować postęp prac w trakcie sporządzania projektu budowlanego.

w sposób graficzny i czytelny. Dzięki nim można łatwiej zrozumieć złożone dane dotyczące projektu budowlanego, takie jak plany architektoniczne, rysunki konstrukcyjne, układy instalacji itp. Wizualizacje ułatwiają interpretację i analizę informacji, umożliwiając lepsze zrozumienie całego projektu.

Diagramy znacznie ułatwiają komunikację z interesariuszami. Można je wykorzystać do przedstawiania pomysłów i koncepcji projektowych klientowi, inwestorom, zespołowi projektowemu, a także innym zaangażowanym stronom.

Kluczową korzyścią jest wykrywanie błędów i optymalizacja projektu na wczesnym etapie projektowym. Wizualizacje danych pozwalają na szybkie wprowadzenie poprawki i optymalizowanie projektu jeszcze przed rozpoczęciem realizacji.

Wizualizacje danych są niezwykle wartościowym narzędziem w procesie sporządzania projektu budowlanego, umożliwiającym lepsze zrozumienie, komunikację, optymalizację i monitorowanie projektu. Przyczyniają się one do poprawy efektywności, jakości i wyników całego wielomiesięcznego procesu.

Jak ważne stało się opracowanie listy kontrolnej dla sporządzania projektu budowlanego, obrazuje podjęcie się przez Małopolską Izbę Architektów sporządzenia listy kontrolnej dla procesu inwestycyjnego [16]. Jest to fragment obszaru wybranego do badań, ukazujący pakiet zagadnień zawierający składowe wniosku o pozwolenie na budowę lub projektu budowlanego. Zaprezentowana na konferencji organizowanej przez Małopolską Okręgową Izbę Architektów RP, która odbyła się 10–11 marca 2022 r. w Krakowie, została przyjęta pozytywnie przez środowisko architektów i przez pracowników administracji architektoniczno-budowlanej i nadzoru budowlanego.

Podjęta w artykule tematyka badań skupiona nad wychwyceniem zagrożeń na etapie sporządzania projektu jako dokumentacji mającej realne urzeczywistnienie w środowisku zbudowanym zapewni uczestnikom procesu projektowego prawidłowe zarządzanie danymi i ich wzajemnych interakcji.

Bibliografia

- [1] Ustawa Prawo budowlane (Dz.U. z 2021 r. poz. 2351 oraz z 2022 r. poz. 88 i 1557).
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury 1 z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 1, 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r.
- [3] Rozporządzenie Ministra Rozwoju 1 z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego 2. Na podstawie art. 34 ust. 6 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r.
- [4] Pavan A., Daniotti B., Bolognesi C.M., Spagnolo S.L., 2022, Innovative Tools and Methods Using BIM for an Efficient Renovation in Buildings, Springer International Publishing.
- [5] Niezabitowska E., 2014, Metody i techniki badawcze w architekturze, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [6] Visualisation. Computing the visualisation of big complex data. University of Sydney, <https://www.sydney.edu.au/engineering/our-research/data-science-and-computer-engineering/visualisation.html> [dostęp: 10.02.2023].
- [7] Goldratt E.M., 1997, Critical Chain, North River Press, Great Barrington, s. 34.
- [8] Schwabish J., 2021, Better Data Visualizations: A Guide for Scholars, Researchers, and Wonks, Columbia University Press, s.126.
- [9] Sroślak G. (red.), 2016, Contemporary science: the theory and the practice, AMR Będzin, s. 99.
- [10] Cairo A., 2012, The Functional Art: An introduction to information graphics and visualization, New Riders.
- [11] Leber J., 2022, Visualizing Which Countries People Are Trying To Get Away From, And Where They're Going, <https://www.fastcompany.com/3028211/visualizing-which-countries-people-are-trying-to-get-away-from-and-where-theyre-g> [dostęp: 17.01.2023].
- [12] Kręska-Pyrz M., 2022, Architecture as a set of instruments for shaping a friendly and safe living environment, Technical Transactions, n: 2022/003, Kraków.
- [13] Dallas M.F., 2006, Value & Risk Management: A Guide to Best Practice. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- [14] Teixeira J.C., Kulejewski J., Krzemiński M., Zawistowski J., 2011, Zarządzanie ryzykiem w budownictwie, Biblioteka Menedżerów Budownictwa, Guimaraes, Warszawa.
- [15] Leach L.P., 2005, Critical Chain Project Management, Artech House.
- [16] Małopolska Okręgowa Izba Architektów RP, Lista Kontrolna Procesu Inwestycyjnego, Kraków 2022, <https://www.mpoia.pl/index.php/wsparcie/informacje/1982-lista-kontrolna-procesu-inwestycyjnego> [dostęp: 10.12.2022].

DOI: 10.5604/01.3001.0053.8701

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Kręska-Pyrz Marta, Opania Szymon, 2023, Analiza możliwości zapisu procesu sporządzania projektu budowlanego z wykorzystaniem metody wizualizacji danych, „Builder” 11 (316). DOI: 10.5604/01.3001.0053.8701

Streszczenie: Czym jest projekt budowlany?

Czy jest to stworzone wyłącznie na podstawie wielu przepisów opracowanie będące podstawą realizacji obiektów budowlanych? W istocie dla inwestorów tak jest, jednak proces sporządzania projektu budowlanego jest, w przekonaniu autorów, skomplikowaną siatką powiązań wielu zależności i relacji między różnymi obszarami wiedzy, umiejętności i uwarunkowań. Zaniechania w którymś z wymienionych obszarów prowadzą często do powstawania elementów ryzyka w realizacji inwestycji. Ryzyko to dotyczyć może wszystkich uczestników procesu budowlanego: inwestora, inspektora nadzoru inwestorskiego, projektanta oraz kierownika budowy lub kierownika robót [1]. Stąd badania zostały skoncentrowane na pró-

bie zebrania i przeanalizowania istotnych danych, a następnie ukazaniu ich wzajemnych relacji i powiązań. Dzięki współczesnej technologii i dziedzinie, jaką jest wizualizacja danych, można w obrazowy sposób ukazać wzajemne powiązanie danych przy jednoczesnym uporządkowaniu pozornego chaosu. W pierwszej części artykułu opisano projekt budowlany jako proces i jego części składowe, bazując na przepisach wyścisłych w zakresie wyjątkowo podstawowym. W dalszej części scharakteryzowano metodę wizualizacji danych, jej zalety i możliwości. W końcu na potrzeby artykułu przedstawiono wyniki badań nad możliwościami prezentacji procesu projektowego na wybranych przykładach, stanowiących część szerszego obszaru badawczego. Wnioski z zaprezentowanych przykładów i dotychczasowych badań stanowią podsumowanie artykułu.

Słowa kluczowe: projekt budowlany, proces, wizualizacja danych

Abstract: ANALYSIS THE POSSIBILITY OF RECORDING THE CONSTRUCTION DESIGN PROCESS USING A DATA VISUALISATION METHOD.

What is a construction project? Is it only a development based on many regulations that is the basis for the construction works? In fact, this is the case for Investors, but the process of drawing up a construction project is, in the opinion of the authors, a complex network of connections of many dependencies and correlations between different areas of knowledge, skills and conditions. Omissions in any of these areas often lead to risk areas in the implementation of investments. This risk may affect all participants in the construction process: the investor, the investor supervision supervisor, the designer and the site manager or works manager. Therefore, the research focused on trying to collect and analyze relevant data and then show their interrelationships and connections. Thanks to modern technology and the field of data visualization, it is possible to visualize the interconnection of data while at the same time ordering the apparent chaos. The first part of the article describes the construction design as a process and its components based on the basic rules only. Further, the data visualization method, its advantages and capabilities are characterized. Finally, for the purpose of the article, the results of studies on the possibilities of presenting the design process on selected examples, which are part of a wider research area, are presented. Conclusions from the presented examples and previous studies are a summary of the article.

Keywords: construction project, process, data visualisation