

# ARKUSZ KALKULACYJNY W DOSKONALENIU PROCESU UKŁADANIA PLANU ZAJĘĆ W SZKOLE SPECJALNEJ

**Bartosz SZCZĘŚNIAK**

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono koncepcję narzędzia wspomagającego proces tworzenia planu zajęć w szkole specjalnej. W pierwszej kolejności zaprezentowane zostały główne założenia w zakresie funkcjonalności narzędzia a także struktura encji będąca jego podstawą. W dalszej części artykułu przedstawiono koncepcję reprezentacji poszczególnych encji w arkuszu kalkulacyjnym. Zaprezentowane zostały również mechanizmy zapewniające wewnętrzną integralność całego systemu oraz rozwiązania umożliwiające realizację wszystkich założonych funkcjonalności. Omówiono również korzyści osiągnięte w wyniku wdrożenia narzędzia w Zespole Szkół Specjalnych nr 13 w Krakowie.

**Słowa kluczowe:** planowanie zajęć, doskonalenie procesów, arkusze kalkulacyjne w zarządzaniu.

## 1. Wprowadzenie

Proces tworzenie planu zajęć jest procesem występującym w każdej jednostce edukacyjnej. Konieczność ułożenia planu w sposób zapewniający spełnienie ograniczeń wynikających z dostępności zasobów ludzkich i materialnych a jednocześnie spełniający wszystkie wymagania w wielu przypadkach nie jest zadaniem prostym. Proces ten może być realizowany zarówno za pomocą metod tradycyjnych jak również za pomocą zaawansowanych narzędzi informatycznych zawierających algorytmy układające plany w sposób automatyczny. Temat automatycznego planowania zajęć stanowi powszechnie podejmowany problem naukowy. W literaturze poświęconej temu zagadnieniu można znaleźć różne koncepcje proponowanych rozwiązań. Do rozwiązania problemu stosowane są algorytmy genetyczne[1], symulowane wyzarcanie[2] czy przeszukiwanie tabu[4]. W Polsce jednym z bardziej prężnych ośrodków zajmujących się tematyką automatycznego tworzenia planów zajęć jest Instytut Automatyki Wydziału Informatyki, Elektroniki i Automatyki Politechniki Śląskiej. Prace naukowe pracownika instytutu, Wojciecha Legierskiego [11,10,12], poświęcone programowaniu z ograniczeniami w logice, przyczyniły się do powstania zaawansowanego narzędzia do tworzenia planów zajęć – programu ATS. Oprócz ATS obecnie w Polsce można jeszcze wyróżnić takie narzędzia jak „Plan lekcji Optivum” [9], „Plan zajęć VesterSoft” [6], czy portal „Plan lekcji online” [8]. Pomiędzy rozwiązaniami tradycyjnymi a rozwiązaniami zapewniającymi pełną automatyzację procesu planowania można znaleźć miejsce pośrednie dla narzędzi informatycznych, które co prawda nie tworzą rozkładu zajęć samodzielnie, jednakże proces planowania w bardzo dużym stopniu wspomagają. Taki właśnie rodzaj narzędzia zostanie zaprezentowany w dalszej części artykułu.

## 2. Opis problemu

W analizowanej szkole specjalnej plan zajęć układany był w sposób tradycyjny. Dwuosobowy zespół wykorzystując specjalnie przygotowany papierowy arkusz w ciągu kilku lub kilkunastu dni tworzył harmonogram, stanowiący podstawę pracy szkoły na najbliższe półrocze. W pewnym momencie pojawiły się jednak zmiany organizacyjne oraz zmiana w założeniach leżących u podstaw przygotowywanego planu, które znacznie skomplikowały proces jego tworzenia. Zmiana w założeniach dotyczyła przede wszystkim sposobu planowania zajęć świetlicowych. W związku z cechami uczęszczających do szkoły uczniów oraz specyfiką prowadzonych zajęć, nigdy nie istniała tutaj możliwość prowadzenia wspólnych zajęć świetlicowych dla wszystkich uczniów. W okresie obowiązywania starych założeń, zamiast wspólnej świetlicy każda klasa miała przypisanego swojego nauczyciela świetlicowego. Przypisanie jednego nauczyciela do jednej klasy było możliwe, ponieważ założenia te dopuszczały nakładanie się zajęć świetlicowych na pozostałe zajęcia dydaktyczne. Po zmianach organizacyjnych związanych z redukcją etatów pojawiły się nowe założenia, mówiące, że zajęcia świetlicowe na zajęcia dydaktyczne nakładać się nie mogą. Suma przypisanych do danej klasy zajęć dydaktycznych i świetlicowych wynosiła dokładnie 40, czyli tyle ile dana klasa ma zajęć w tygodniu, co ograniczyło znacznie możliwości manipulowania zajęciami podczas układania planu. Dodatkowym utrudnieniem był fakt, że przypisywane do klasy dodatkowo, poza pulą zajęć dydaktycznych i świetlicowych, zajęcia rewalidacji indywidualnej mogą być realizowane jedynie w czasie godzin świetlicowych. W nowych warunkach, po wielu dniach prac nad stworzeniem harmonogramu, osoby zespołu zajmującego się tym zagadnieniem, stwierdziły, że opracowanie planu spełniającego wymagania dotyczące ilości godzin dla poszczególnych klas oraz nauczycieli a równocześnie pozbawionego nadmiernej ilości okienek dla nauczycieli wydaje się być niemożliwe. W oparciu o przeprowadzony wywiad dotyczący procesu układania planu stwierdzono, że dotychczasowy sposób tworzenia planu cechowała konieczność poświęcania bardzo dużej części czasu na sprawdzanie, czy proponowane rozwiązanie spełnia wymagania odnośnie zakładanej ilości godzin. Istotnym problemem był również brak możliwości szybkiej identyfikacji okienek w planach zajęć poszczególnych nauczycieli oraz brak możliwości szybkiego sprawdzenia, czy zajęcia danego nauczyciela nie nakładają się na siebie. W efekcie osoby układające plan zamiast skupiać swój wysiłek na manipulowaniu zajęciami i poszukiwaniu nowego lepszego rozwiązania, skupiały się przede wszystkim na sprawdzaniu, czy zaproponowane właśnie rozwiązanie spełnia ustalone wymagania. Ponadto podczas stosowania dotychczasowego rozwiązania, pomimo olbrzymiego nakładu pracy nie było całkowitej pewności co do prawidłowości ostatecznie utworzonego planu. Zgodnie z założeniami zasady Poka-Yoke żaden człowiek, urządzenie czy system nie mogą pracować bez popełniania błędów [5]. Błąd taki mógł się również pojawić podczas weryfikacji utworzonego planu. Ewentualne nieprawidłowości mogły być ujawnione dopiero po rozpoczęciu zajęć, przez co możliwości korekty błędów i znalezienia nowego, satysfakcjonującego rozwiązania były znacznie ograniczone.

Wymienione powyżej problemy uznano za bardzo istotne dla procesu tworzenia planu zajęć. Dla ich rozwiązania zaproponowano stworzenie w oparciu o arkusz kalkulacyjny MS Excel narzędzia wspomagającego proces planowania zajęć. Główną funkcjonalnością tworzonego narzędzia oprócz zapewnienia odpowiedniej wizualizacji tworzonego planu było zapewnienie pełnej kontroli wymaganej liczby godzin oraz umożliwienie natychmiastowego podglądu planu zajęć poszczególnych nauczycieli w celu identyfikacji

potencjalnych okienek oraz nakładających się na siebie godzin nauczyciela. Wprowadzenie mechanizmów kontrolnych zapewniających wymienione funkcjonalności i przez to umożliwiających natychmiastową identyfikację błędów wpisuje się w doskonalenie procesu zgodne z wspomnianą wcześniej zasadą Poka-Yoke.

### 3. Struktura encji w narzędziu wspomagającym proces planowania

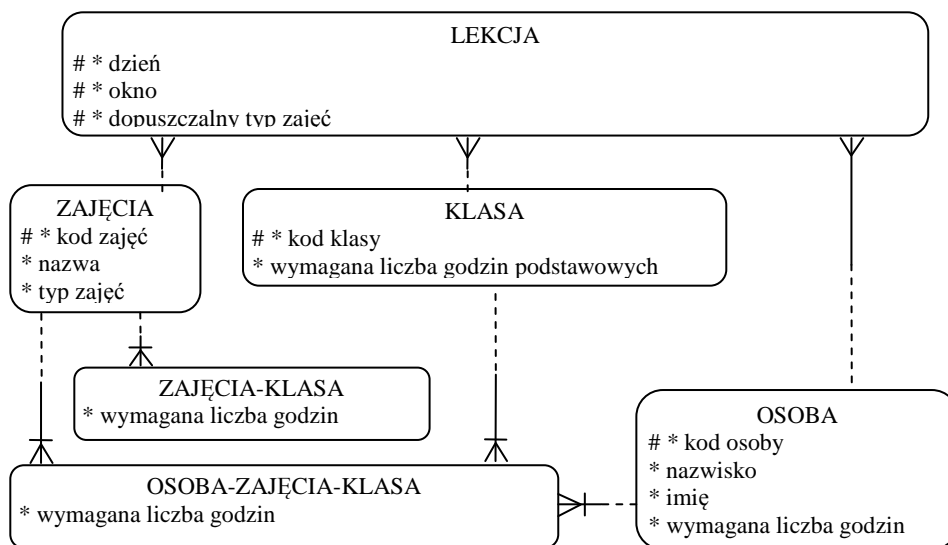
Analiza problemu pozwoliła na określenie założeń leżących u podstaw tworzonego narzędzia. W każdej klasie mogą być prowadzone zajęcia dydaktyczne, zajęcia świetlicowe oraz zajęcia rewalidacji indywidualnej. Dla każdej klasy w szkole liczba poszczególnych godzin dydaktycznych oraz liczba godzin rewalidacji indywidualnej wynika z zarządzenia dyrektora szkoły wydawanego na podstawie obowiązującego ramowego planu nauczania zgodnie z obowiązującym stanem prawnym. Zajęcia te są uzupełniane zajęciami świetlicowymi tak, żeby tygodniowa liczba zajęć była zgodna z ilością założoną dla danej klasy. Na danej godzinie lekcyjnej mogą być prowadzone więcej niż jedno zajęcia. W chwili obecnej takimi zajęciami prowadzonymi dodatkowo mogą być zajęcia rewalidacji indywidualnej. Zajęcia te powinny być prowadzone równoległe z zajęciami świetlicowymi. Każdy pracujący w szkole nauczyciel ma określone pensum. Liczba godzin danego rodzaju zajęć prowadzonych przez nauczyciela w określonej klasie wynika z arkusza organizacyjnego. Zajęcia odbywają się od poniedziałku do piątku w ustalonych godzinach lekcyjnych.

W związku z przedstawionymi założeniami w analizowanym obszarze zaproponowano uwzględnienie encji takich jak „osoba”, „klasa”, „zajęcia”, „zajęcia-klasa”, „osoba-zajęcia-klasa”, „lekcja”. Krótka charakterystyka poszczególnych encji znajduje się w tabeli 1.

Tab. 1. Krótka charakterystyka encji zidentyfikowanych w analizowanym obszarze

Encja	Charakterystyka encji
osoba	Nauczyciel prowadzący zajęcia w szkole.
klasa	Klasa uczniów w szkole.
zajęcia	Zajęcia możliwe do realizacji w klasach.
zajęcia-klasa	Zajęcia danego typu realizowane w danej klasie. Dla tej encji wprowadzana jest wymagana liczba godzin danego typu w danej klasie.
osoba-zajęcia-klasa	Zajęcia danego typu realizowane w danej klasie przez danego nauczyciela. Dla tej encji wprowadzana jest wymagana liczba godzin danego typu, prowadzonych przez danego nauczyciela w danej klasie.
lekcja	Aktywności danej klasy w danym dniu tygodnia oraz oknie dla danego dopuszczalnego typu lekcji.

Zidentyfikowane dla poszczególnych encji atrybuty a także związki pomiędzy encjami zostały zaprezentowane na rysunku 1. Znajdujący się na tym rysunku diagram ERD został stworzony zgodnie z konwencją CASE\*Method [3].



Rys. 1. Diagram ERD dla analizowanego problemu planowania zajęć

#### 4. Narzędzie w arkuszu kalkulacyjnym

W dalszej części artykułu przedstawione zostanie przykładowe narzędzie stworzone w arkuszu kalkulacyjnym MS Excel w oparciu o ustalone założenia oraz zaproponowaną strukturę encji. W celu bardziej przejrzystego zaprezentowania poszczególnych elementów narzędzia przyjęto szereg uproszczeń. Założono, że w prezentowanym rozwiązaniu zostaną uwzględnieni czterej nauczyciele, dwie klasy oraz cztery rodzaje zajęć w tym zajęcia świetlicowe i zajęcia rewalidacji indywidualnej. Przyjęto, że plan będzie układany na dwa dni a w każdym dniu będą cztery okna w których mogą odbywać się zajęcia. W związku z zastosowanymi uproszczeniami przyjęto również, że liczba godzin podstawowych dla każdej z klas wynosi 8. Prezentując poszczególne mechanizmy narzędzia, omawiając formuły wypełniające poszczególne obszary przedstawiono postać formuły dla lewej górnej komórki obszaru. Postać formuł w pozostałych komórkach obszaru powstaje w wyniku kopiowania danej komórki na cały obszar i wynika z ogólnych zasad adresowania stosowanych w arkuszu Excel. Dla większej przejrzystości formuł całe uproszczone narzędzie zawarto w jednym arkuszu.

##### 4.1. Reprezentacja encji w arkuszu kalkulacyjnym

Encje takie jak: zajęcia, klasa, osoba zostały przedstawiane za pomocą tabel o układzie podobnym do układu tabel w relacyjnych bazach danych, gdzie kolejne kolumny odpowiadają atrybutom encji a kolejne wiersze zawierają ich instancje. Tabele te zostały przedstawione na rysunku 2. Dla zapewnienia przejrzystości zamiast nazw niektórych atrybutów wprowadzono nazwy skrócone: kod osoby – K\_O, wymagana liczba godzin – WLGP, kod klasa - K\_K, wymagana liczba godzin podstawowych – WLGP, kod zajęć K\_Z, typ zajęć - TypZ.

	A	C	D	E	F	G	I	J	K	L	M	N
1	Osoba					Klasa			Zajęcia			
2	K O	Nazwisko	Imie	WLG		K K	WLG			K Z	Nazwa	TypZ
3	No	Nowak	Jan	5		IVa	8			Fu	Funkcjonowanie	P
4	Ko	Kowalski	Jan	5		Va	8			Mu	Muzyka	P
5	Cz	Czuka	Lew	8						Ri	Rewalidacja indywidualna	U
6	Nw	Nowak	Anna	4						Sw	Świetlica	P

Rys. 2. Tabele w arkuszu kalkulacyjnym przedstawiające encje osoba, klasa oraz zajęcia

Encje takie jak: „zajęcia-klasa” oraz „osoba-zajęcia-klasa” w arkuszu kalkulacyjnym zostały natomiast przedstawione za pomocą tabel w których wiersze zawierają kolejne instancje encji a kolumny odpowiadają ich atrybutom oraz kluczom obcym. Tabele te przedstawione zostały na rysunku 3.

Odmienne podejście zostało zaproponowane dla przedstawienia encji „lekcja”. Jest to podstawowy element tworzonego planu i w rzeczywistości modyfikowanie jego instancji odpowiada

	A	U	V	W	X	AH	AI	AJ	AK
1	ZajęciaKlasa				OsobaZajęciaKlasa				
2	K Z	K K	WLG		K O	K Z	K K	WLG	
3	Fu	IVa	4		No	Fu	IVa	4	
4	Mu	IVa	1		No	Mu	IVa	1	
5	Sw	IVa	3		Ko	Fu	Va	3	
6	Ri	IVa	2		Cz	Sw	IVa	3	
7	Fu	Va	3		Cz	Sw	Va	3	
8	Sw	Va	3		Ko	Mu	Va	2	
9	Mu	Va	2		Nw	Ri	IVa	2	
10	Ri	Va	2		Nw	Ri	Va	2	

Rys. 3. Tabele w arkuszu kalkulacyjnym przedstawiające encje „zajęcia-klasa” oraz „osoba-zajęcia-klasa”

głównemu procesowi tworzenia harmonogramu. W przypadku zastosowania podejścia opartego na tabelach podobnych do tabel w relacyjnych bazach danych tak, jak miało to miejsce odnośnie wcześniejszych encji, proces ten, ze względu na brak natychmiastowej, przyjaznej dla osoby układającej, wizualizacji tworzonego planu, byłby znacznie utrudniony. W związku tym zdecydowano się na reprezentację tej encji przy pomocy tabeli arkusza kalkulacyjnego przedstawionej na rysunku 4.

	A	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW
1			Plan										
2			klasa	IVa	IVa	IVa	IVa	Va	Va	Va	Va		dopuszczalny typ zajęć
3	dzień			P	U	P	U	P	U	P	U		
4				Z	Z	O	O	Z	Z	O	O		nazwy kluczy obcych nie będących elementami klucza podstawowego encji
5			Pn	1	Fu	No		Sw		Cz			
6			Pn	2	Mu	No		Sw	Ri	Fu	Nw		
7			Pn	3	Fu	No		Mu		Ko			
8			Pn	4	Sw	Cz		Fu		Ko			
9			Wt	1	Sw	Ri	Cz	Nw	Fu	Ko			
10			Wt	2	Sw	Ri	Cz	Nw	Mu	Ko			
11			Wt	3	Fu	No		Fu		Ko			
12	okno		Wt	4	Fu	No		Sw	Ri	Cz	Nw		wartości kluczy obcych nie będących elementami klucza podstawowego dla danego wystąpienia encji

Rys. 4. Tabela w arkuszu kalkulacyjnym przedstawiająca encję „lekcja”

W tabeli tej elementy klucza podstawowego, czyli dzień, okno, klasa oraz dopuszczalny typ zajęć, jednoznacznie identyfikujące dane wystąpienie encji zostały umieszczone odpowiednio w kolumnach „AM” i „AN” a także w wierszach „2” i „3”. W wierszu „4” umieszczone zostały skrócone nazwy przypisanych do encji „lekcja” kluczy obcych nie będących elementami klucza podstawowego encji. Dla klucza obcego identyfikującego przyporządkowane zajęcia zastosowano skrót „Z” a dla klucza obcego

identyfikującego przyporządkowaną osobę zastosowano skrót „O”. W efekcie zastosowania takiego układu w komórkach znajdujących się na przecięciu odpowiednich wierszy oraz kolumn znajduje się miejsce na wartości kluczy obcych identyfikujących osobę oraz zajęcia przypisane do jednoznacznie identyfikowanego konkretnego wystąpienia encji „lekcja”. Przykładowo: w komórkach „AS11” oraz „AU11” znajdują się wartości mówiące, że zajęcia o kodzie „Fu” oraz osoba prowadząca zajęcia o kodzie „Ko” są przypisane do lekcji odbywającej się w dniu o kodzie „Wt”, w oknie o kodzie „3”, w klasie o kodzie „Va” z dopuszczalnym typem zajęć o kodzie „P”.

#### 4.2. Integralność układu tabel

Prawidłowe i niezawodne funkcjonowanie opisywanego narzędzia jest możliwe jedynie wtedy, gdy przedstawione powyżej tabele zawierają ściśle ze sobą powiązane dane. Konieczne jest zatem zastosowanie mechanizmu, który zapewni wewnętrzną integralność całego układu. Założony efekt można uzyskać przy pomocy wbudowanej w arkuszu funkcji sprawdzania poprawności danych. Został on zastosowany w tabelach takich jak „ZajęciaKlasa”, „OsobaZajęciaKlasa” oraz „Plan”. Parametry dla poszczególnych przypadków opisywanego przykładowego narzędzia zostały przedstawione w tabeli 2.

Tab. 2. Parametry zastosowanego w opisywanym przykładowym narzędziu mechanizmu sprawdzania poprawności danych

Tabela excel'a, w której zastosowano mechanizm sprawdzania poprawności danych		Tabela źródłowa dla mechanizmu sprawdzania poprawności danych	
Nazwa	Obszar	Nazwa	Obszar
ZajęciaKlasa	U3:U10	Zajęcia	L3:L6
ZajęciaKlasa	V3:V10	Klasa	I3:I4
OsobaZajęciaKlasa	AH3:AH10	Osoba	C3:C6
OsobaZajęciaKlasa	AI3:AI10	Zajęcia	L3:L6
OsobaZajęciaKlasa	AJ3:AJ10	Klasa	I3:I4
Plan	AO5:AP12 AS5:AT12	Zajęcia	L3:L6
Plan	AQ5:AR12 AU5:AV12	Osoba	C3:C6

Jako uzupełnienie powyższego rozwiązania konieczne jest wprowadzenie mechanizmu, który zweryfikuje czy zajęcia podstawowe znajdują się w miejscu przeznaczonym dla zajęć podstawowych czy w miejscu przeznaczonym dla zajęć uzupełniających. Funkcjonalność tą można uzyskać wykorzystując mechanizm formatowania warunkowego. Co prawda rozwiązanie takie nie będzie bezwzględnie blokować możliwości wprowadzenia określonej wartości do wybranej komórki, jednak poprzez zaznaczenie jej za pomocą wybranego sposobu formatowania będzie jednoznacznie wskazywać obszar zawierający błąd, który musi zostać poprawiony. Dla zapewnienia większej przejrzystości formatowania warunkowego wprowadzona została dodatkowa tabela zawierająca formuły sprawdzające, czy odpowiednie komórki tabeli „Plan” powinny zostać sformatowane czy nie. Przykładowa, zawierająca nieprawidłowo wprowadzone zajęcia tabela „Plan” oraz tabela pomocnicza, służąca do identyfikacji nieprawidłowo wprowadzonych wartości, zostały przedstawione na rysunku 5. Formatowanie warunkowe zostało użyte w obszarze „AO5:AT12”. Założony format poszczególnych komórek jest stosowany w sytuacji, gdy

odpowiadające im komórki z tabeli pomocniczej zawierają wartość „1”, która świadczy o błędnym wprowadzeniu nazwy zajęć w tabeli „Plan”. W całej tabeli pomocniczej znajdują się formuły, których postać dla jej lewej, górnej komórki została przedstawiona na rysunku jako formuła „FA”. Postać formuł w pozostałych komórkach obszaru powstaje w wyniku kopiowania danej komórki na cały obszar i wynika z ogólnych zasad adresowania stosowanych w arkuszu Excel.

	A	AA	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				

Rys. 5. Mechanizm weryfikacji poprawności wprowadzonych zajęć

### 4.3. Zapewnienie wymaganej liczby godzin zajęć

Istotnym elementem narzędzia, pozwalającym na zapewnienie założonej funkcjonalności są mechanizmy zapewniające zgodność ilości wprowadzanych zajęć z wprowadzonymi wcześniej wartościami wymaganymi. Mechanizmy te muszą zapewnić spełnienie następujących zasad:

1. Wprowadzana w tabeli „ZajęciaKlasa” suma wymaganej liczba godzin dla zajęć podstawowych w danej klasie musi być zgodna z wprowadzoną dla tej klasy w tabeli „Klasa” wymaganą liczbą godzin podstawowych.
2. Suma wprowadzonych w tabeli „OsobaZajęciaKlasa” wymaganych liczb godzin dla danej osoby musi być zgodna z wymaganą liczbą godzin dla tej osoby wprowadzoną w tabeli „Osoba”.
3. Suma wprowadzonych w tabeli „OsobaZajęciaKlasa” wymaganych liczb godzin dla danych zajęć w danej klasie musi być zgodna z wymaganą liczbą godzin dla tego rodzaju zajęć w tej klasie wprowadzoną w tabeli „ZajęciaKlasa”.
4. Suma wprowadzonych w tabeli „Plan” zajęć danego rodzaju prowadzonych przez daną osobę w danej klasie musi być zgodna z wymaganą liczbą godzin wprowadzoną w tabeli „OsobaZajęciaKlasa”

Dla zapewnienia realizacji pierwszej z wymienionych zasad do tabel „Klasa” oraz „ZajęciaKlasa” dodane zostały kolumny pomocnicze. Mechanizm został zastosowany w obu tabelach tak, żeby w przypadku braku zgodności danych istniała możliwość prostego i szybkiego zidentyfikowania błędnych elementów. Układ tabel wraz z dodanymi kolumnami oraz zawartymi w nich formułami przedstawiony został na rysunku 6. Wprowadzona w kolumnie „KTypZ” formuła „FB” tworzy kod jednoznacznie identyfikujący klasę oraz rodzaj zajęć, dla których w danym wierszu tabeli „ZajęciaKlasa” wprowadzona jest wymagana liczba godzin. Kod ten służy jako kryterium sumowania dla znajdującej się w kolumnie „T\_KTZ1” formuły „FC”. W wyniku działania formuły

sumującej w każdym wierszu zawierającym zajęcia podstawowe uzyskiwana jest informacja o ilości wszystkich wprowadzonych w tabeli „ZajęciaKlasa” wymaganych liczb godzin zajęć podstawowych dla danej klasy. W wyniku działania formuły „FD” w każdym wierszu zawierającym zajęcia podstawowe w kolumnie „T\_KTZ2” uzyskiwana jest informacja o wymaganej dla danej klasy sumie zajęć podstawowych. Zarówno formuła „FC” jak i formuła „FD” pomijają wiersze, w których wprowadzane są dane dla zajęć uzupełniających. W związku z tym proste porównanie wartości z kolumn „T\_KTZ1” oraz „T\_KTZ2” pozwala na zidentyfikowanie wierszy, dla których nie jest spełniona pierwsza z wymienionych zasad. Wiersze te mogą być wskazywane dzięki formatowaniu warunkowemu, które w tym przypadku zostało zastosowane do obszaru „U3:W10” i opiera się na porównaniu wartości z dwóch wymienionych kolumn.

	A	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	U	V	W	
1	FE	Klasa					Zajecia			FB	FC	FD	ZajeciaKlasa			
2	GP	K	K	WL	GP	K	Z	Nazwa	TypZ	KTypZ	T_KTZ1	T_KTZ2	K	Z	K	WL
3	8	IVa	8			Fu	Funkcjonowanie		P	IVa-P	8	8	Fu	IVa	4	
4	8	Va	8			Mu	Muzyka		P	IVa-P	8	8	Mu	IVa	1	
5						Ri	Rewalidacja indywidualna		U	IVa-P	8	8	Sw	IVa	3	
6						Sw	Swietlica		P	IVa-U	0	0	Ri	IVa	2	
7										Va-P	8	8	Fu	Va	3	
8										Va-P	8	8	Sw	Va	3	
9										Va-P	8	8	Mu	Va	2	
10										Va-U	0	0	Ri	Va	2	
11	FB = JEŻELI(U3<>"",ZŁĄCZ.TEKSTY(V3;"-";WYSZUKAJ.PIONOWO(U3;SLS3:SN56;3;FAŁSZ));"-")															
12	FC = JEŻELI(U3<>"",JEŻELI(WYSZUKAJ.PIONOWO(U3;SLS3:SN56;3;FAŁSZ)="P";SUMA.JEŻELI(SP53:SP510;P3;SW53:SW510);0);0)															
13	FD = JEŻELI(U3<>"",JEŻELI(WYSZUKAJ.PIONOWO(U3;SLS3:SN56;3;FAŁSZ)="P";JEŻELI(V3<>"",WYSZUKAJ.PIONOWO(V3;SLS3:SJS4;2;FAŁSZ);"0");0);0)															
14	FE = SUMA.JEŻELI(SP53:SP510;ZŁĄCZ.TEKSTY(I3;"-";"P");SW53:SW510)															

Rys. 6. Kolumny pomocnicze oraz zestaw formuł mechanizmu zapewniającego spełnienie pierwszej z wymienionych zasad

	A	B	C	D	E	F	G	AD	AE	AH	AI	AJ	AK			
1	FH	Osoba					FF	FG	OsobaZajeciaKlasa							
2	Test	K	O	Nazwisko	Imie	WLG	T	O1	T	O2	K	O	K	Z	K	WL
3	5	No	Nowak	Jan	5		5	5	No	Fu	IVa	4				
4	5	Ko	Kowalski	Jan	5		5	5	No	Mu	IVa	1				
5	6	Cz	Czuka	Lew	6		5	5	Ko	Fu	Va	3				
6	4	Nw	Nowak	Anna	4		6	6	Cz	Sw	IVa	3				
7							6	6	Cz	Sw	Va	3				
8							5	5	Ko	Mu	Va	2				
9							4	4	Nw	Ri	IVa	2				
10							4	4	Nw	Ri	Va	2				
11	FF = SUMA.JEŻELI(SAH53:SAH510;AH3;SAK53:SAK510)															
12	FG = SUMA.JEŻELI(SCS3:SCS6;AH3;SF53:SF56)															
13	FH = SUMA.JEŻELI(SAH53:SAH510;C3;SAK53:SAK510)															

Rys. 7. Kolumny pomocnicze oraz zestaw formuł mechanizmu zapewniającego spełnienie drugiej z wymienionych zasad



	A	S	T	U	V	W	X	AA	AB	AC	AH	AI	AJ	AK					
1	FJ	FM	ZajęciaKlasa					FI	FK	FL	OsobaZajęciaKlasa								
2	ZK	Test	K	Z	K	K	WLG	ZK	T	ZK1	T	ZK2	K	O	K	Z	K	K	WLG
3	Fu-IVa	4	Fu	IVa	4			Fu-IVa	4	4	No	Fu	IVa	4					
4	Mu-IVa	1	Mu	IVa	1			Mu-IVa	1	1	No	Mu	IVa	1					
5	Sw-IVa	3	Sw	IVa	3			Fu-Va	3	3	Ko	Fu	Va	3					
6	Ri-IVa	2	Ri	IVa	2			Sw-IVa	3	3	Cz	Sw	IVa	3					
7	Fu-Va	3	Fu	Va	3			Sw-Va	3	3	Cz	Sw	Va	3					
8	Sw-Va	3	Sw	Va	3			Mu-Va	2	2	Ko	Mu	Va	2					
9	Mu-Va	2	Mu	Va	2			Ri-IVa	2	2	Nw	Ri	IVa	2					
10	Ri-Va	2	Ri	Va	2			Ri-Va	2	2	Nw	Ri	Va	2					
11	FI = ZŁĄCZ.TEKSTY(AI3;"-";AJ3)																		
12	FJ = ZŁĄCZ.TEKSTY(U3;"-";V3)																		
13	FK = SUMA.JEŻELI(SAAS3:SAAS10;AA3;SAKS3:SAKS10)																		
14	FL = SUMA.JEŻELI(SSS3:\$SS10;AA3;\$WS3:\$WS10)																		
15	FM = SUMA.JEŻELI(SAAS3:SAAS10;\$S3;SAKS3:SAKS10)																		
16																			

Rys. 8. Kolumny pomocnicze oraz zestaw formuł mechanizmu zapewniającego spełnienie trzeciej z wymienionych zasad

Przedstawiony mechanizm pozwala na szybką identyfikację nieprawidłowości po stronie tabeli „ZajęciaKlasa”. Aby możliwe było szybko zorientowanie się, które wymagania nie są spełnione, wskazane jest również zapewnienie podobnej funkcjonalności po stronie tabeli „Klasa”. W tym przypadku wystarcza jedna kolumna pomocnicza z formułą FE, która w każdym wierszu dla danej klasy zlicza liczbę godzin podstawowych wprowadzonych w tabeli „ZajęciaKlasa”. Porównanie wartości zwracanych przez tą formułę z założoną wcześniej i wpisana w kolumnie „WLG” wymaganą liczbą godzin podstawowych pozwala na stwierdzenie, w przypadku których klas założenia nie zostały spełnione. W oparciu o podobne zasady stworzone zostały mechanizmy zapewniające spełnienie drugiej oraz trzeciej z wymienionych zasad. Rozwiązania te zostały przedstawione na rysunkach 7 i 8.

Spełnienie czwartej zasady wymaga mechanizmu, dla którego układ kolumn oraz tabel pomocniczych a także zestawienie zastosowanych formuł zostały przedstawione na rysunku **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** oraz na rysunku 9. Przedstawiony mechanizm opiera się na zliczaniu w tabeli „Plan” ilości wystąpień danego rodzaju zajęć prowadzonych przez danego nauczyciela w danej klasie oraz na identyfikowaniu w tej tabeli takich wystąpień, które nie zostały zdefiniowane w tabeli „OsobaZajęciaKlasa”. Aby było to możliwe, po stronie obu tabel musiał zostać utworzony kod jednoznacznie identyfikujący zajęcia, klasę oraz nauczyciela.

	A	AF	AG	AH	AI	AJ	AK		
1	FN	FO	OsobaZajęciaKlasa						
2	ZKO	T	ZKO	K	O	K	Z	K	WLG
3	Fu-IVa-No	4	No	Fu	IVa	4			
4	Mu-IVa-No	1	No	Mu	IVa	1			
5	Fu-Va-Ko	3	Ko	Fu	Va	3			
6	Sw-IVa-Cz	3	Cz	Sw	IVa	3			
7	Sw-Va-Cz	3	Cz	Sw	Va	3			
8	Mu-Va-Ko	2	Ko	Mu	Va	2			
9	Ri-IVa-Nw	2	Nw	Ri	IVa	2			
10	Ri-Va-Nw	2	Nw	Ri	Va	2			
11	FN = ZŁĄCZ.TEKSTY(AI3;"-";AJ3;"-";AH3)								
12	FO = LICZ.JEŻELI(\$B\$5:\$B\$12;AF3)								
13									

Rys. 9. Kolumny pomocnicze oraz zestaw formuł mechanizmu zapewniającego spełnienie czwartej z wymienionych zasad po stronie tabeli „OsobaZajęciaKlasa”

	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BL	BM	BN	BC	BF	BC		
1	Plan																							
2		IVa	IVa	IVa	IVa	Va	Va	Va	Va	FP												FQ		
3		P	U	P	U	P	U	P	U															
4		Z	Z	N	N	Z	Z	N	N	TestZKO1												TestZKO2		
5	Pn	1	Fu	No		Sw		Cz		Fu-IVa-No	-IVa	No-IVa-Sw	-IVa	Sw-Va-Cz	-Va-	0	0	0	0	0	0	0		
6	Pn	2	Mu	No		Sw	Ri	Cz	Nw	Mu-IVa-No	-IVa	No-IVa-Sw	-IVa	Sw-Va-Cz	Ri-	0	0	0	0	0	0	0		
7	Pn	3	Fu	No		Mu		Ko		Fu-IVa-No	-IVa	No-IVa-Mu	-IVa	Mu-Va-Ko	-Va-	0	0	0	0	0	0	0		
8	Pn	4	Sw	Cz		Fu		Ko		Sw-IVa-Cz	-IVa	Cz-IVa-Fu	-IVa	Fu-Va-Ko	-Va-	0	0	0	0	0	0	0		
9	Wt	1	Sw	Ri	Cz	Nw	Fu		Ko	Sw-IVa-Cz	Ri-	Cz-IVa-Fu	Nw-	Fu-Va-Ko	-Va-	0	0	0	0	0	0	0		
10	Wt	2	Sw	Ri	Cz	Nw	Mu		Ko	Sw-IVa-Cz	Ri-	Cz-IVa-Mu	Nw-	Mu-Va-Ko	-Va-	0	0	0	0	0	0	0		
11	Wt	3	Fu	No		Fu		Ko		Fu-IVa-No	-IVa	No-IVa-Fu	-IVa	Fu-Va-Ko	-Va-	0	0	0	0	0	0	0		
12	Wt	4	Fu	No		Sw	Ri	Cz	Nw	Fu-IVa-No	-IVa	No-IVa-Sw	-IVa	Sw-Va-Cz	Ri-	0	0	0	0	0	0	0		
13	FP = ZŁĄCZ.TEKSTY(AO5;"-";AO52;"-";AQ5)																							
14	FQ = JEZELI(ORAZ(AO54="Z";LUB(AO5<>"";AQ5<>""));																							
15	LICZ.JEZELI(\$B\$5:\$B\$12;BE5)>SUMA.JEZELI(\$AF\$3:\$AF\$10;BE5;SAK\$3:\$AK\$10));1;0)																							
16																								

Rys. 9. Tabele pomocnicze oraz zestaw formuł mechanizmu zapewniającego spełnienie czwartej z wymienionych zasad po stronie tabeli „Plan”

Przy tabeli „OsobaZajęciaKlasa” kod ten jest generowany w kolumnie pomocniczej za pomocą formuły „FN”. Po stronie tabeli „Plan” konieczne było utworzenie tabeli pomocniczej „TestZKO1”, w której kod tworzony jest przez formułę „FP”. Wykorzystując jako kryterium utworzony w kolumnie pomocniczej „ZKO” kod, formuła FO przeszukuje tabelę pomocniczą „TestZKO1” ustalając liczbę wystąpień danego rodzaju zajęć w danej klasie powadżonych przez danego nauczyciela. Gdy plan jest kompletny i prawidłowy, zwrócona przez formułę „FO” liczba wystąpień powinna zgadzać się z wprowadzoną w tabeli „OsobaZajęciaKlasa” w kolumnie „WLG” wymaganą liczbą godzin. Rozbieżności pomiędzy tymi wartościami identyfikują obszary, które w dalszym ciągu wymagają uwagi. Część mechanizmu oparta na formule „FO” pozwala jednak jedynie na wskazanie nieprawidłowości dla tych zajęć, które zostały wcześniej zdefiniowane w tabeli „OsobaZajęciaKlasa”. W celu umożliwienia identyfikacji wprowadzenia do tabeli „Plan” kombinacji zajęć, klasy oraz nauczyciela nie zdefiniowanej wcześniej w tabeli „OsobaZajęciaKlasa” konieczne jest wprowadzenie kolejnej tabeli pomocniczej „TestZKO2” zawierającej formułę „FQ”. Pojawienie się w tabeli pomocniczej wartości „1” jest informacją, że znajdujące się na odpowiadającej pozycji w tabeli „Plan” zajęcia są wprowadzone błędnie. Podobnie, jak miało to miejsce w mechanizmach omawianych wcześniej, również w tym przypadku natychmiastowa identyfikacja nieprawidłowości jest możliwa dzięki zastosowaniu formatowania warunkowego.

#### 4.4. Struktura planu zajęć dla nauczycieli

Kolejną funkcjonalnością która musi zostać zapewniona jest zapewnienie weryfikacji planu pod kątem układu zajęć poszczególnych nauczycieli. Osoba układająca plan musi mieć możliwość natychmiastowego zauważenia nakładających się na siebie zajęć danego nauczyciela. Powinna mieć także możliwość identyfikacji pojawiających się w planach poszczególnych osób okienek tak, aby móc dążyć do ich minimalizacji.

Mechanizm służący do identyfikacji problemu związanego z występowaniem w tym samym czasie różnych zajęć danego nauczyciela może, podobnie jak wiele z opisywanych wcześniej mechanizmów, bazować na funkcji formatowania warunkowego. Podstawą dla zastosowania w poszczególnych komórkach tabeli „Plan” formatów wskazujących na zaistnienie konfliktów mogą być wartości tabeli pomocniczej, która wraz z zastosowaną w

niej formułą została przedstawiona na rysunku 10. Formuła „FR” sprawdza cały zakres planu dla danego okna czasowego zliczając ilość wystąpień dla każdego z wprowadzonych w tym oknie nauczycieli. W przypadku wystąpienia nakładających się zajęć w tabeli pomocniczej pojawia się wartość większa od wartości „1” co stanowi podstawę do zasygnalizowania problemu poprzez zastosowanie założonego formatu dla odpowiednich komórek tabeli „Plan”.

	A	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ	CK		
1		Plan																								
2		IVa	IVa	IVa	IVa		Va	Va	Va	Va																
3		P	U	P	U		P	U	P	U																
4		Z	Z	N	N		Z	Z	N	N																
5		Pn 1	Fu		No		Sw		Cz																	
6		Pn 2	Mu		No		Sw	Ri	Cz	Nw																
7		Pn 3	Fu		No		Mu		Ko																	
8		Pn 4	Sw		Cz		Fu		Ko																	
9		Wt 1	Sw	Ri	Cz	Nw	Fu		Ko																	
10		Wt 2	Sw	Ri	Cz	Nw	Mu		Ko																	
11		Wt 3	Fu		No		Fu		Ko																	
12		Wt 4	Fu		No		Sw	Ri	Cz	Nw																
13		FS = JEŻELI(LICZ.JEŻELI(SAOS:SAV5;CB54)=1;NDEKS(SAOS2:SAV52;1;PODAJ.POZYCJĘ(CB54;SAO5:SAV5,0));"-") FT = JEŻELI(ORAZ(SCA5<>1;SCA5<>4;CB5="-")); JEŻELI(ORAZ(LICZ.JEŻELI(PRZESUNIĘCIE(CB54;PODAJ.POZYCJĘ(\$BZ5;\$BZ55:\$BZ512,0);0;SCA5-1,1);">>)->0; LICZ.JEŻELI(PRZESUNIĘCIE(CB54;PODAJ.POZYCJĘ(\$BZ5;\$BZ55:\$BZ512,0)+SCA5,0;4-SCA5,1);">>");1,0);"-")																								

Rys. 10. Tabela pomocnicza oraz formuła umożliwiającą identyfikację nakładających się zajęć nauczycieli

Ostatnią założoną funkcjonalnością omawianego narzędzia jest możliwość szybkiej identyfikacji okienek, które mogą pojawić się w planach poszczególnych osób. Funkcjonalność ta została zapewniona poprzez dodanie do narzędzia dwóch dodatkowych tabel przedstawionych na rysunku 11.

	A	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	DQ						
1		Plan																								
2		IVa	IVa	IVa	IVa		Va	Va	Va	Va																
3		P	U	P	U		P	U	P	U																
4		Z	Z	N	N		Z	Z	N	N																
5		Pn 1	Sw		Cz		Sw		Cz																	
6		Pn 2	Mu		No		Sw	Ri	Sw	Nw																
7		Pn 3	Fu		No		Mu		Ko																	
8		Pn 4	Fu		No		Fu		Ko																	
9		Wt 1	Fu		No		Fu		Ko																	
10		Wt 2	Fu		No		Mu		Ko																	
11		Wt 3	Sw	Ri	Cz	Nw	Fu		Ko																	
12		Wt 4	Sw	Ri	Cz	Nw	Sw	Ri	Cz	Nw																
13		FR = JEŻELI(AQ54="N";LICZ.JEŻELI(SAQ5:SAV5;AQ5),0)																								

Rys. 11. Tabele mechanizmu identyfikacji okienek wraz z zastosowanymi formułami

O ile tabela „TestOkienka” jest tabelą typowo pomocniczą, służącą jedynie do identyfikacji występujących w planie przerw w zajęciach, to tabela „PlanNauczycieli” oprócz wskazywania okienek może być wykorzystana do ostatecznej prezentacji stworzonego planu z punktu widzenia każdego z nauczycieli. Zawarta w tej tabeli formuła „FS” zwraca dla każdej z osób kod klasy, w której dana osoba ma w danym oknie czasowym zajęcia. W

przypadku braku zwracana jest wartość „-”. Każda kolejna kolumna tabeli zawiera utworzony w ten sposób plan zajęć dla wybranego nauczyciela. Przedstawiony w ten sposób plan zajęć stanowi podstawę dla tabeli „TestOkienka”, w której formuła „FT” znajduje przerwy w godzinach pracy nauczycieli. W wyniku działania powyższej formuły w tabeli pomocniczej „TestOkienka” wszystkie komórki znajdujące się na pozycjach odpowiadających w tabeli „PlanNauczycieli” miejscom będącym okienkami otrzymują wartość „1”. Zastosowanie w tabeli „PlanNauczycieli” formatowania warunkowego opartego na wartościach pochodzących z tabeli pomocniczej „TestOkienka” pozwala na natychmiastową identyfikację niepożądanych przerw w planie każdego z nauczycieli.

## 5. Podsumowanie

Zaprezentowana w artykule autorska koncepcja narzędzia pokazuje, w jaki sposób arkusz kalkulacyjny może zostać wykorzystany do wspomaganie i jednocześnie doskonalenia procesu planowania zajęć w szkole. Omawiane narzędzie jest narzędziem charakterystycznym dla procesu tworzenia harmonogramu w badanej szkole specjalnej, jednak po niewielkich modyfikacjach może również posłużyć jako wzór narzędzia dla szkoły o innej specyfice działania. Zaprezentowane rozwiązania pokazują, że wykorzystując arkusz kalkulacyjny można stworzyć narzędzie zapewniające wszystkie założone funkcjonalności takie jak: zapewnienie kontroli wymaganych liczb godzin dla nauczycieli, zajęć i klas, kontrola nakładania się na siebie zajęć danego nauczyciela, szybka identyfikacja pojawiających się w planie zajęć okienek. Omawiana koncepcja narzędzia sprawdziła się w praktyce. Opracowane dla Zespołu Szkół Specjalnych nr 13 w Krakowie, a następnie wdrożone, narzędzie pozwoliło na osiągnięcie wielu wyraźnych korzyści. Uwolnienie osoby układającej plan od konieczności ciągłego weryfikowania jego poprawności pozwoliło na zdecydowane ograniczenie czasu pracy poświęcanego procesowi tworzenia harmonogramu. O ile wcześniej układaniem planu zajmował się dwuosobowy zespół a czas potrzebny na tę czynność wynosił od kilku do kilkunastu dni, o tyle od wdrożenia stworzonego narzędzia planowaniem zajmuje się jedna osoba, zaś proces tworzenia planu zajmuje maksymalnie dwa dni. Dodatkowo, w ciągu wspomnianych dwóch dni powstaje plan, w którym uwzględniane są zebrane wcześniej informacje na temat preferencji dotyczących czasu pracy w określonych dniach tygodnia wszystkich zainteresowanych pracowników. Niezaprzeczną korzyścią jest również fakt, że po ułożeniu planu osoba odpowiedzialna ma pewność, że efekt końcowy jest zgodny z wszystkimi założonymi wymaganiami. Stosowanie powyższego narzędzia zwiększyło także w dużym stopniu elastyczność pracy szkoły. Wcześniej raz ułożony plan traktowany był jak niezmiennik, do którego należało się dopasować. Obecnie modyfikacje nie stanowią większego problemu i w zależności od zaistniałej sytuacji są wprowadzane kilka razy w roku. Tworzenie harmonogramu przy pomocy komputera wpłynęło również w naturalny sposób na zwiększenie możliwości w zakresie jego publikacji. Wydrukowanie nowej, zmienionej wersji planu w kilku egzemplarzach lub publikacja na internetowej stronie szkoły nie stanowią żadnego problemu.

## Literatura

1. Adamidis, P.: Arapakis, P: Evolutionary algorithms in lecture timetabling, Evolutionary Computation, 1999. CEC 99. Proceedings of the 1999 Congress on, Volume 2, 6-9 July 1999 Page(s): 1145-1151, Digital Object Identifier

- 10.1109/CEC.1999.782552.
2. Aycan, E.; Ayav, T.; Solving the Course Scheduling Problem Using Simulated Annealing, Advance Computing Conference, 2009. IACC 2009. IEEE International, 6-7 March 2009 Page(s):462 - 466 Digital Object Identifier 10.1109/IADCC.2009.4809055
  3. Berker R.: CASE Method, Modelowanie związków encji, Wydawnictwa Naukowo Techniczne. Warszawa 1996.
  4. Chu, S.C.; Fang, H.L.; Genetic algorithms vs. Tabu search in timetable scheduling, Knowledge-Based Intelligent Information Engineering Systems, 1999. Third International Conference, 31 Aug.-1 Sept. 1999 Page(s):492 – 495, Digital Object Identifier 10.1109/KES.1999.820230.
  5. Hamrol A., Mantura W.: Zarządzanie jakością – teoria i praktyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Poznań 1998.
  6. Internet: <http://vestersoft.pl/plan.php> - 09-06-09.
  7. Internet: <http://www.ats4.com/> - 09-06-09.
  8. Internet: <http://www.planzajec.pl/> - 09-06-09.
  9. Internet: <http://www.vulcan.edu.pl/optivum/plan.html> - 09-06-09.
  10. Legierski W.: Rozprawa doktorska: Automated timetabling via constraint programming. Promotor: prof. zw. dr hab. inż. Antoni Niederliński, Politechnika Śląska. Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki. Gliwice 2005.
  11. Legierski W.: Search Strategy for Constraint-Based Class–Teacher Timetabling, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2740, s. 247-261, Springer, Berlin-Heidelberg 2003.
  12. Legierski, W.; Widawski, R.; System of automated timetabling, Information Technology Interfaces, 2003. ITI 2003. Proceedings of the 25th International Conference on, 16-19 June 2003 Page(s):495 – 500.

Dr inż. Bartosz SZCZEŚNIAK  
Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Inżynierii Produkcji  
Zakład Zarządzania Jakością Procesów i Produktów  
41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 42  
email: bartosz.szczesniak@polsl.pl