9. JEDNOCZYNNIKOWA ANALIZA WARIANCJI

Analizę wariancji można przeprowadzić w programie z poziomu okna **Statystyki w grupach** (punkt 9.1) oraz z poziomu okna **ANOVA** (punkt 9.2.). Sposób przeprowadzania analizy zostanie omówiony w oparciu o przykład 1. z części teoretycznej.

Przykład 1.

Należy zbadać wpływ mocy reaktora plazmowego na szybkość trawienia płytek krzemowych. Planując eksperyment zdecydowano o wyborze 4 poziomów mocy: 160, 180, 200 i 220W i 5 doświadczeń dla każdego z ustalonych poziomów mocy. Wyniki przeprowadzonych doświadczeń zostały zebrane w arkuszu *dane*.

🖥 wykla	d_03.stv	v - dai	ne 💶 🗖	×
>				Ŧ
	1	2	3	
	moc	nr	tempo	
	200	1	600	
	220	1	725	
	220	2	700	
	160	1	575	
	160	2	542	
	180	1	565	
	200	2	651	
	160	3	530	
	180	2	593	
	200	3	610	
	220	3	715	
	220	4	685	
	160	4	539	
	160	5	570	
	220	5	710	
	180	3	590	
	180	4	579	
	180	5	610	
	200	4	637	
	200	5	629	Ţ
			Þ	
🔲 dar	ne			

9.1. Okno Statystyki w grupach



Okno **Statystyki w grupach** dostępne jest z menu **Statystyka/Statystyki podstawowe** po wskazaniu opcji **Przekroje, prosta ANOVA.** W oknie tym przede wszystkim należy wskazać zmienne dla których przeprowadzona zostanie analiza.

🔀 Statystyki w grupach (przekroje): dane w wyklad_03.stw	?_X
Pojedyncze tabele Listy tabel Zależna: tempo Grupująca: moc EXE Kody zmiennych grupujących: brak	Anuluj Anuluj Opcje SELECT
	Momenty ważone DF =

Wyniki analizy wyświetlane są po naciśnięciu przycisku **Analiza wariancji** na zakładce **Podstawowe** lub **Testy ANOVA**.

💹 Statystyki w grupach - wyniki: dane w wyklad_03.stw	?_X
ZALEŻNA:1 zmienna: tempo	E = =
Podstawowe Statystyki opisowe Testy ANOVA Post-hoc	Podsumowanie
Podsum.: tabela statystyk Wykresy interakcji	Anuluj
Dokładne tabele dwudzielcze	🔉 Opcje 🔻
Analiza wariancji	Grupami

W wynikowym arkuszu wyświetlane są: zmienność wyjaśniona przyjętym modelem SS_{τ} (SS Efekt), liczba stopni swobody zmienności SS_{τ} (df Efekt), uśredniony kwadrat odchyleń MS_{τ} (MS Efekt), zmienność niewyjaśniona modelem SS_e (SS Błąd), liczba stopni swobody zmienności SS_e (df Błąd), uśredniony kwadrat odchyleń MS_e (MS Błąd), wartość statystyki testowej F oraz obliczony graniczny poziom istotności p-value (p).

🔟 Dane: Analiza wariancji (dane w wyklad_03.stw)									
	Analiza wariancji (dane w wyklad_03.stw) Zaznaczone efekty są istotne z p < ,05000								4
	SS df MS SS df MS F p								
Zmienna	Efekt	Efekt	Efekt	Błąd	Błąd	Błąd			
tempo	66870,55	3	22290,18	5339,200	16	333,7000	66,79707	0,000000	

Przyjęty *poziom istotności* ($\alpha = 0,05$) jest większy od *granicznego* ($\alpha > p-value$) – hipoteza zerowa o braku wpływu mocy generatora na szybkość trawienia płytek musi zostać odrzucona na rzecz hipotezy alternatywnej – moc generatora w istotny sposób wpływa na szybkość trawienia płytek.

Wynik analizy można zilustrować wykresem ramka-wąsy (dostępny pod przyciskiem Skategoryzow. wykresy ramka-wąsy):



Z analizy wykresu wynika, że moc reaktora faktycznie wpływa na szybkość trawienia, im wyższa moc tym większe tempo trawienia płytek.

Zakładka **Testy ANOVA** umożliwia sprawdzanie założeń analizy wariancji. Sprawdzanie jednorodności wariancji umożliwiają testy:

- Levene'a i
- Browna–Forsytha.

📝 Statystyki w grupach - wyniki: Spreadsheet w wyklad_03b.stw	<u>? _ ×</u>
ZALEŻNA:1 zmienna: tempo	<u>₽</u> + ÷
Podstawowe Statystyki opisowe Testy ANOVA Post-hoc	Podsumowanie
Analiza wariancji	Anuluj
✓ Test F Weiche Skateg. wykres norm. połówkowej	🔉 Opcje 🔻
Test jednorodności wariancji Skateg. wykres odchyleń od normalności	Grupami
Test Levene'a Średnie wzgędem. odch. std.	
Test Browna-Forsytha	
poziom p dla podświetlanja: ,05	

Ze względu na to, że weryfikacja hipotezy o jednorodności wariancji sprowadza się do przeprowadzenia *analizy wariancji* dla zmiennej reprezentującej odchylenie zmiennej zależnej od średnich grupowych arkusze wynikowe obydwu testów zawierają takie same kolumny jak arkusz analizy wariancji.

📗 Dane: Test Levene'a jednorodności wariancji (Spreadsheet w wyklad_03b.stw)									
	Test Levene'a jednorodności wariancji (Spreadsheet w wyklad_03b.stw)								
	Zaznaczone efekty są istotne z p < ,05000								
	SS	df	MS	SS	df	MS	F	р	
Zmienna	Efekt	Efekt	Efekt	Błąd	Błąd	Błąd			
tempo	113,9840	3	37,99467	1123,968	16	70,24800	0,540865	0,661164 🚽	
Dane: Te	st jednorod. v	variancji l	Browna-Forsy	the'a (Sprea	dsheet w	wyklad_03b	.stw)		
Dane: Te	st jednorod. v Test jednoro	variancji I d. warian	Browna-Forsy cj. Browna-F	the'a (Sprea orsythe'a (Sp	dsheet w oreadshe	wyklad_03b et w wyklad	.stw) 03b.stw)	× II-	
Dane: Te	st jednorod. v Test jednoro Zaznaczone	variancji I d. warian efekty sa	Browna-Forsy cj Browna-F ą istot ne z p	tte'a (Sprea orsythe'a)(Sp < ,0500 0	dsheet w oreadshe	wyklad_03b et w wyklad_	.stw) _03b.stw)		
Dane: Te	st jednorod. v Test jednoro Zaznaczone SS	variancji I d. warian efekty sa df	Browna-Forsy cj Browna-F ą istot ne z p MS	the'a (Sprea orsythe'a Sp < ,0500 0 SS	dsheet w preadshe df	wyklad_03b et w wyklad_ MS	.stw) 03b.stw) F		
Dane: Te	st jednorod. v Test jednoro Zaznaczone SS Efekt	variancji I d. warian efekty sa df Efekt	Browna-Forsy cj Browna-F a istot ne z p MS Efekt	<mark>tte'a (Sprea</mark> orsythe'a Sp < ,0500 0 SS Błąd	dsheet w oreadshe df Błąd	wyklad_03b et w wyklad_ MS Błąd	.stw) _03b.stw) _F	p	
Dane: Te	st jednorod. v Test jednoro Zaznaczone SS Efekt 82,00000	variancji I d. warian efekty sa df Efekt 3	Growna-Forsy cj Browna-F a istot ne z p MS Efekt 27,33333	the'a (Sprea orsythe'a Sp < ,0500 0 SS Błąd 2232,800	dsheet w oreadshe df Błąd 16	wyklad_03b et w wyklad_ MS Błąd 139,5500	.stw) _03b.stw) F 0,195868	_□× 	

Otrzymane w obydwu testach wartości *p–value* (w teście Levene'a *p–value* = 0,661164 a w teście Browna–Forsytha *p–value* = 0,897669) są na tyle duże, że nie pozwalają na odrzucenie hipotezy zerowej o jednorodności wariancji.

Okno **Statystyk w grupach** pozwala również na wykonanie testów post-hoc pozwalających na zidentyfikowanie poziomów zmiennej zależnej różniących się od siebie w sposób istotny. Po zmianie zakładki na **Post-hoc** udostępniany jest pełen zestaw testów post-hoc. W części teoretycznej omówiony

🔀 Statystyki w grupach - wyniki: Spreadsheet w wyklad_03b.stw	?_X
ZALEŻNA:1 zmienna: tempo	<u>₽</u> ¥ ÷
Podstawowe Statystyki opisowe Testy ANOVA Post-hoc	Podsumowanie
Zmienne tempo	Anuluj
Test NIR lub porównanie zaplanowane	🔉 Opcje 🔻
Test Scheffé	Grupami
Test Newmana-Keulsa i rozstępy krytyczne poziom alfa dla <u>r</u> ozstępów krytycznych:	
Test Duncana wiel. rozstępów i rozstępy kryt.	
Test rozsądnej istotnej różnicy (RIR) Tukeya Dodatkowe testy post hoc (Dunnette'a,	
Test RIR Tukeya dla nierównych liczności Bonferroniego, układów złożonych) dostępne są w	
poziom p dla podświetlan <u>i</u> a:	
]

W wyświetlonym arkuszu wynikowym widoczne są *graniczne poziomy istotności p–value* obliczone dla każdej porównywanej pary mocy generatora.

Dane: Test NIR; Zmienna: (Spreadsheet w wyklad_03b.stw) 💶 🗙								
	Test NIR; Zmienna: (Spreadsheet w wyklad_03b.stw) Zaznaczone różnice są istotne z p < ,05000							
		{ 1 } { 2 } { 3 } { 4 }						
moc		M=551,20	M=587,40	M=625,40	M=707,00			
160	{1}		0,006416	0,00008	0,000000			
180	{2}	0,006416		0,004624	0,000000			
200	{3}	0,000008	0,004624		0,000003			
220	{4}	0,000000	0,000000	0,000003	T			
		-						

Porównywane moce 160W, 180W, 200W i 220W otrzymały kolejne kody {1}, {2}, {3} i {4}. *Graniczne poziomy istotności* otrzymane dla każdego z porównań zostały zestawione w poniższej tabeli.

porównywane moce	p–value
160W i 180W	0,006416
160W i 200W	0,000008
160W i 220W	0,000000
180W i 200W	0,004624
180W i 220W	0,000000
200W i 220W	0,000003

Dla każdego z 6 analizowanych przypadków poziom istotności α jest większy od *granicznego poziom istotności* — we wszystkich 6 przypadkach należy więc odrzucić hipotezę o braku wpływu mocy generatora na szybkość trawienia płytek.

9.2. Okno ANOVA

Okno ANOVA dostępne jest z menu Statystyka/ANOVA po wskazaniu opcji Jednoczynnikowa ANOVA.

🕱 Ogólna ANOVA/MANOVA: dane w w	yklad_03.stw	?_X
Podstawowe		📰 ОК
Rodzaj a <u>palizy:</u>	Sposó <u>b</u> definiowania analizy:	Anuluj
Jednoczynnikowa ANOVA	Szybkie definiowanie Kreator analizy	Dpcje 🔻
ANOVA dla układów czynnikowycł kład z powtarzanymi pomiarami	Analizy dowolnego typu moga	SELECT S CRSES S
Jednoczynnikowa ANOVA umożliwia analizę układów z jednym predyktorem jakościowym (czynnikiem).	dotyczyć wielu zmiennych zależnych. Jeżeli analiza obejmuje wiele zmiennych zależnych, to dostępne będą wyniki jedno- i wielowymiarowe.	DF =

Właściwe okno analizy wyświetlane jest po wskazaniu zmiennych: zależnej i niezależnej (nazywanej tu czynnikiem jakościowym),

🔀 ANOVA/MANOVA - Jednoczynnikowa ANOVA: dane w wy	klad_03.stw <mark>?</mark> _X
Podstawowe Opcje	ОК
<u>Z</u> mienne	Anuluj
Zmienne zależne: tempo	🔉 Opcje 🔻
Czynnik jakościowy: moc	
Kody czynników: brak	
Efekt międzygrupowy:	🛃 Edytor składni

Po zaakceptowaniu analizowanych zmiennych przyciskiem OK wyświetlane jest kolejne okno, które udostępnia wyniki analizy wariancji, umożliwia weryfikację jej założeń oraz wykonanie testów post-hoc.

Wyniki analizy dostępne są już z poziomu zakładki **Podstawowe** po kliknięciu na przycisku **Wszystkie** efekty. W wierszu *moc* tego arkusza wyświetlane są: zmienność wyjaśniona przyjętym modelem SS_{τ} (SS), liczba stopni swobody zmienności SS_{τ} (Stopnie swobody), uśredniony kwadrat odchyleń MS_{τ} (MS), wartość statystyki testowej *F* oraz obliczony *graniczny poziom istotności p-value* (p). W wierszu *Błąd* wyświetlane są zmienność niewyjaśniona modelem SS_e (SS), liczba stopni swobody zmienności SS_e (Stopnie swobody) oraz uśredniony kwadrat odchyleń MS_e (MS).

ANOVA - Wyniki 1: dane w wykład_03 Porównania Profile Reszty Macierz Podstawowe Więcej Ś Image: Srednie/wykresy Image: Srednie/wykresy Image: Wszystkie efekty Wielkości efektów Wielkości efektów Wielkości efektów Vartości alfa Przedziałów ufności: .950 Poziomu istotności: .050	Raport rednie					
Dane: Jednowy	miarowe tes	ity istotności (dla tempo (d	ane w wyklad	1_03.stw)*	
∓ Więcej wyników	Parametryz Dekompozy	arowe testy is acja z sigma icja efektywn	totnosci dla -ograniczenia ych hipotez	tempo (dane ami	e w wyklad_0	3.stw)
	SS	Stopnie	MS	F	р	
Liekt	7632301	swobody 1	7632301	22871 74	0.00000	
moc	66871	3	22290	66.80	0.000000	
Bład	5339	16	334		.,	_
	•		·····			▶ //

Wyniki analizy są oczywiście identyczne do tych uzyskanych w punkcie 9.1 – Przyjęty *poziom istotności* ($\alpha = 0.05$) jest większy od *granicznego* ($\alpha > p-value$) – hipoteza zerowa o braku wpływu mocy generatora na szybkość trawienia płytek musi zostać odrzucona na rzecz hipotezy alternatywnej – moc generatora w istotny sposób wpływa na szybkość trawienia płytek.

Założenia analizy można zweryfikować po przełączeniu okna w tryb rozszerzony z pomocą przycisku **Więcej wyników**. W trybie rozszerzonym udostępniana jest dodatkowa zakładka **Założenia**, która pozwala np. na przeprowadzenie testu Levene'a (przycisk **Test Levene'a (ANOVA)**).

🔣 ANOVA - Wyniki 1: da	ne w wyklad_03.sl ? _ X	
Porównania Profile Podstawowe	Reszty Macierz Raport Więcej Średnie	
Srednie/wykresy		
SURM Wezustkie efekty		
Wielkości efektów		
r i	ANOVA Wymiki 1: Epwardshaat w wyddad 02h stw	2 1
L	ANOVA - Wyniki 1: Spreadsneet w Wykiad_050.stw	
	Profile Testy dla dost. błędów Reszty 1 Reszty 2 Macierz Raport	± Mniej
	Podsumowanie Srednie Por. zaplanowane Post-noc <u>Założenia</u>	Zamknij
Wartoś	Zmienne: tempo	Zmień
Przedzia	Efekt: moc	
Poziomi	Jednorodność wariancji/kowariancji	
	C Cochrana, Hartleya, Bartletta	
🔻 Więcej wyników	Test Levene'a (ANOVA)	
by	Rozkład zm. zależnych w obrębie grup — Wykresy reszt w obrębie komórek	
	Histogramy Histogramy	
	Normalności Odch. od normaln. Normalności Odch. od norm.	
	Rozzutu E Macierz ogółu zm	
	En Lourad EN Monart adala pur	
	Wykres normalności połówkowej korelacji w obrębie grup po transformacji Z	
	Wykres odchyleń standardowych wzgl. średnich Wariancje	

Arkusz wynikowy testu Levene'a zawiera wyniki *analizy wariancji* wykonanej dla zmiennej reprezentującej odchylenie zmiennej zależnej od średnich grupowych. W arkuszu tym wyświetlane są: uśrednione kwadraty odchyleń MS_{τ} (MS Efekt) i MS_e (MS Błąd), wartość statystyki testowej F oraz obliczony *graniczny poziom istotności p-value* (p).

📗 Dane: Test Levene'a jednorodności wariancji (Spre 💶 💌										
	Test Levene'a jednorodności wariancji (Spreadshe Efekt: moc Stopnie swobody dla każdego F : 3, 16									
	MS Efekt	MS Błąd	F	р						
tempo I∢	37,99467	70,24800	0,540865	0,661164 💌						

Otrzymana wartość p-value = 0,661164 nie pozwala na odrzucenie hipotezy zerowej o jednorodności wariancji – założenia analizy są więc spełnione.

W trybie rozszerzonym okna analizy dostępne są również, omówione w części teoretycznej, testy posthoc: test *NIR Fishera* i test *Bonferroniego*.

1	ANOVA -	Wyniki 1: Sp	readsheet w	wyklad_03b.	stw		?.	_ X
	Profile Podsumo	Testy dla dos wanie Śr	t.błędów I ednie Por	Reszty 1 Re zaplanowane	eszty 2 Mac Post-hoc	ierz Raport	≜ Mni	ej
	Efekt: Pokaż – Pokaż – O Istotn O Jedno O Przed O Rozst	noc nienne zależne e różnice prodne grupy: lziały ufności iępy kryt	.05 =	Błąd Błąd między Błąd powt. p Międzygrup. Międzygrup. Międzygrup.	grupowy pomiarów ; powt. pomiaróv A df: 0,00	v; połącz.	Zamkn Zmie Dopcje Grup	i eń ami
	Testy dla	st NIR <u>F</u> ishera Tukeya (<u>H</u> SD) a rozstępów st Newmana-Ke) Test B	onferroniego	Test <u>S</u> che	sffé		
ane: Te	Porówna	inia z grupą ko st Dunnetta ienna tempo	ntrolną O < kontrolna O (Spreadshee	C > kontroln	a 💿 <>kontr	oln <u>a</u>		
	Test NIR Prawdop Błąd: MS	mienna te odobieństwa 5 międzygru	empo (Sprea a dla testów powe = 333,	dsheet w wyk post-hoc 70, df = 16,00	dad_03b.stv)0			
odkl.	moc 160 180 200	{1} 551,20 0,006416 0,000008	{2} 587,40 0,006416 0,004624	{3} 625,40 0,000008 0,004624	{4} 707,00 0,000000 0,000000 0,000003			
	220	0,000000	0,000000	0,000003 e: Test Bonfer Test Bo	rroniego; zmie onferroniego	znna tempo (zmienna tem	Spreadsheet	w w 💶 🔲
			Nr pod	Błąd: M moc kl.	1S międzygru {1} 551,20	{2} {2} 587,40	70, df = 16,0 {3} 625,40	00 {4} 707,00
			2	160	0,038497	0.027746	0,000051	0,000000

Dla każdego z 6 analizowanych przypadków poziom istotności α jest większy od *granicznego poziom istotności* –- we wszystkich 6 przypadkach należy więc odrzucić hipotezę o braku wpływu mocy generatora na szybkość trawienia płytek – patrz omówienie wyników testu *NIR Fishera* w punkcie 9.1.

220

0.000000

0.000000

0.000016

D

Nr p 1 2 3