

Projekt: Jajo elektroniczne

Bioinformatyka

Część I

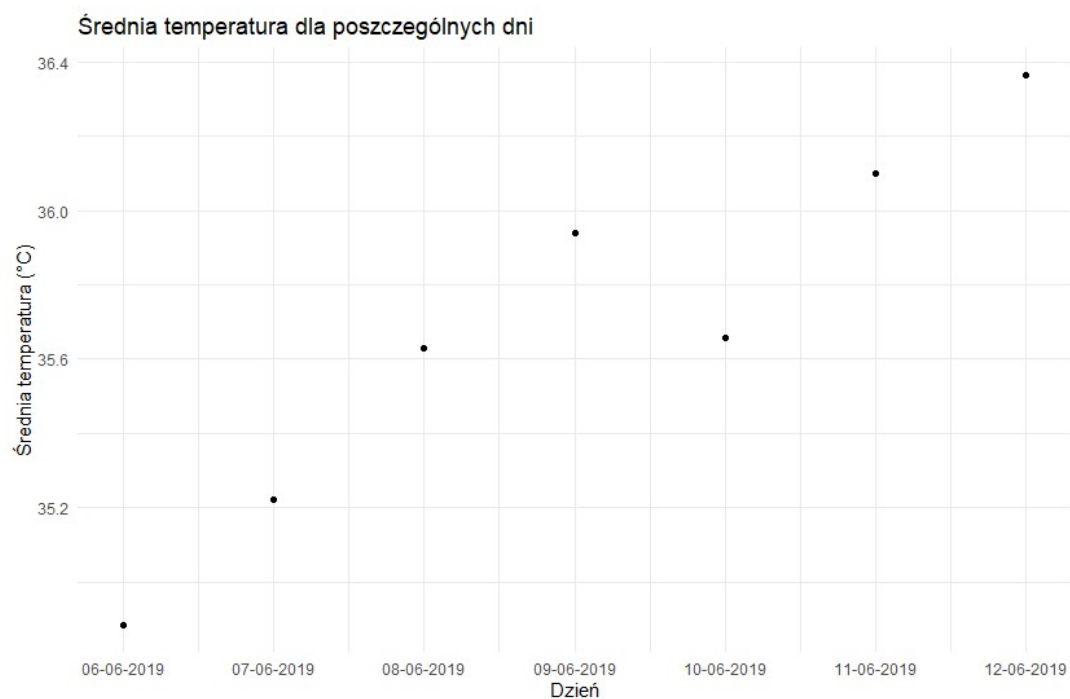
Podaj jaka była dzienna temperatura inkubacji? (Średnia + SD)

Zgodnie z wykonaną przez Nas wstępną analizą danych średnie temperatury prezentują się następująco:

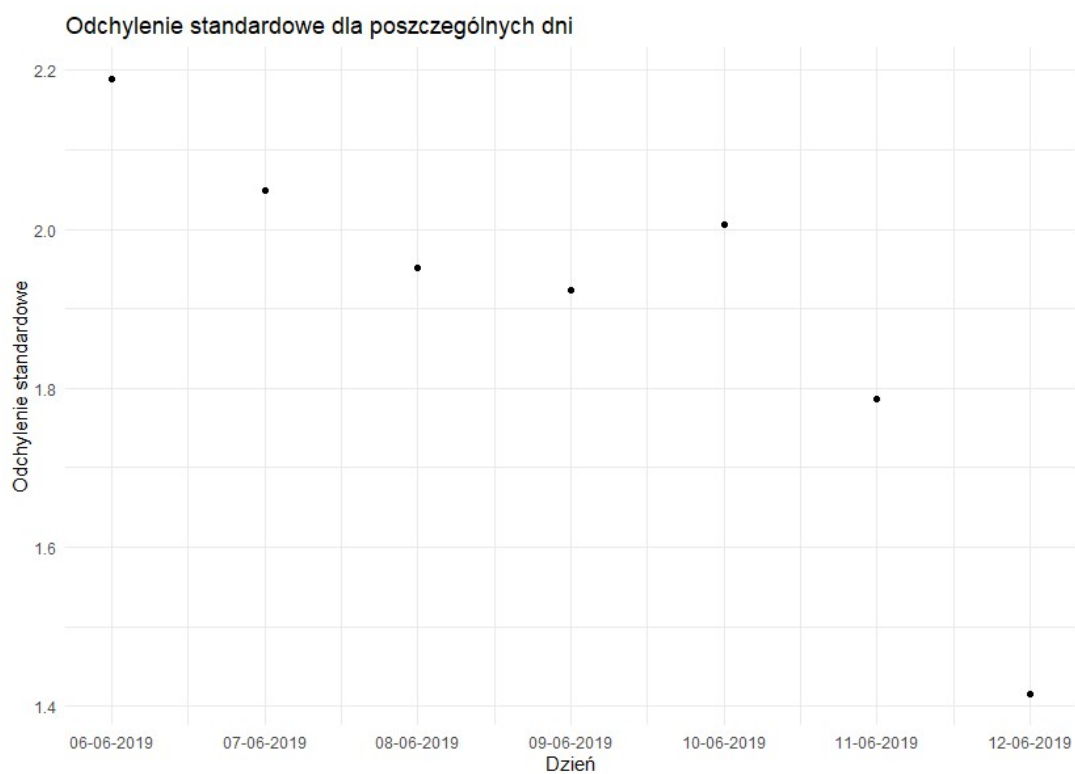
DZIEŃ	TEMP1	TEMP2	TEMP3	TEMP4	ŚREDNIA	ODCHYLENIE
06-06-2019	35.55638	35.29060	34.38054	34.30872	34.88406	2.189663
07-06-2019	35.80222	34.61333	34.61289	35.85289	35.22033	2.048236
08-06-2019	36.15887	35.75927	35.18831	35.40927	35.62893	1.952225
09-06-2019	35.91535	35.85270	35.93693	36.06058	35.94139	1.923929
10-06-2019	36.24016	35.01967	34.95451	36.40984	35.65605	2.006067
11-06-2019	37.01407	35.68251	35.03156	36.67148	36.09990	1.785741
12-06-2019	35.41327	35.78407	37.32434	36.93584	36.36438	1.414663

- TEMP_x - określa średnią temperaturę danego czujnika w określonym dniu,
- ŚREDNIA – określa ogólną średnią wyciągniętą z danych, ze wszystkich czujników, danego dnia
- ODCHYLENIE – określa odchylenie standardowe pomiędzy wynikami, a średnią

Wykres dla średniej temperatury, dla poszczególnych dni:



Wykres dla odchylenia standardowego, dla poszczególnych dni:

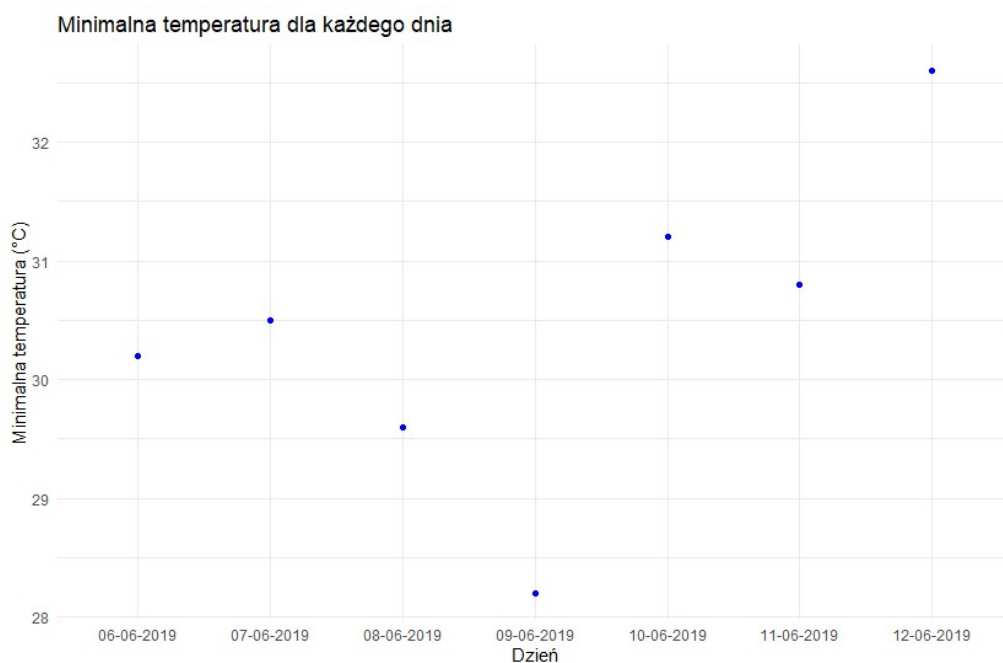


Część II

Jaka była minimalna i maksymalna temperatura inkubacji?

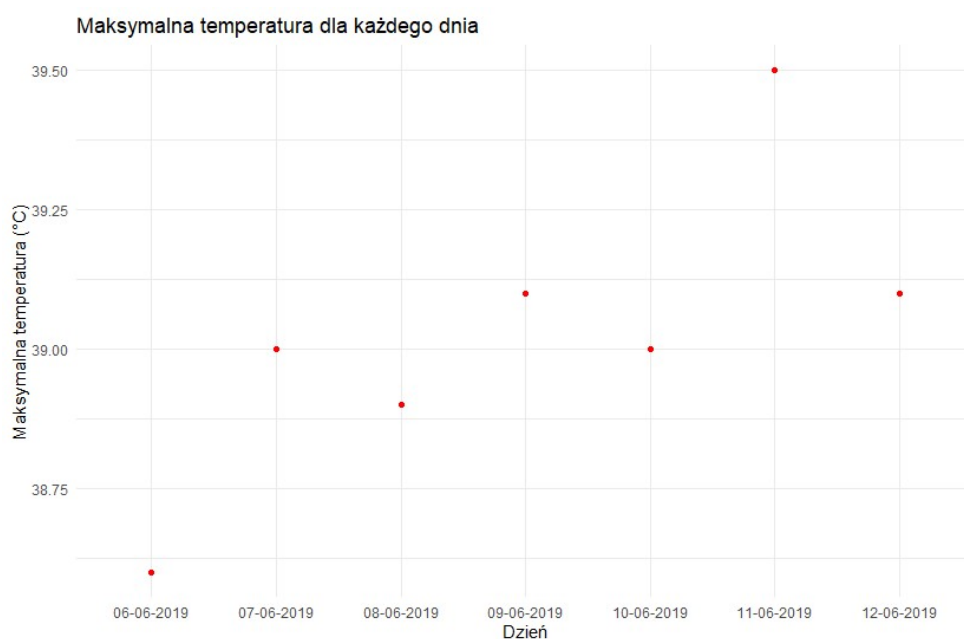
Minimalna temperatura została zarejestrowana przez czujnik czwarty (Temp4.C.), w dniu 09-06-2019 i wyniosła: 28.2 stopnia Celsjusza

Wykres dla minimalnej temperatury w danym dniu:



Maksymalna temperatura została zarejestrowana przez czujnik czwarty (Temp4.C.) w dniu 11-06-2019 i wyniosła: 39.5 stopnia Celsjusza

Wykres dla maksymalnej temperatury w danym dniu:



Część III

Jaka była różnica temperatur zarejestrowana przez czujniki w danym pomiarze? (Średnia + SD)

Różnice temperatur (max - min) dla wszystkich dni wynosiły:

<i>DZIEŃ</i>	<i>RÓŻNICA TEMPERATUR</i>
06-06-2019	8.4
07-06-2019	8.5
08-06-2019	9.3
09-06-2019	10.9
10-06-2019	7.8
11-06-2019	8.7
12-06-2019	6.5

Najwyższa różnica temperatur wyniosła więc 10.9 i miała miejsce w dniu 09-06-2019.

Średnia różnica temperatur wyniosła: 8.58571

Odchylenie różnic temperaturowych wyniosło: 1.34713

Część IV

Czy temperatura zmieniła się na przestrzeni dni?

Za pomocą testu Shapiro-Wilka sprawdziliśmy, czy rozkład w jakim znajdują się nasze dane, jest rozkładem normalnym. Dane nie mają rozkładu normalnego, dlatego do dalszych obliczeń nie możemy skorzystać z ANOVA'y, tylko z testu Kruskala-Wallisa. Wyniki dla testu Shapiro-Wilka:

```
Shapiro-Wilk normality test
data:  jajo$Temp1.C.
W = 0.94743, p-value < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test
data:  jajo$Temp2.C.
W = 0.96971, p-value < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test
data:  jajo$Temp3.C.
W = 0.94375, p-value < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test
data:  jajo$Temp4.C.
W = 0.95427, p-value < 2.2e-16
```

p-value < alfa (założenie – alfa = 0.05) w każdym wypadku.

Zakładamy hipotezy:

Hipoteza zerowa: Średnie temperatury nie różnią się istotnie pomiędzy poszczególnymi dniami.

Hipoteza alternatywna: Co najmniej jedna z grup dni ma istotnie różne średnie temperatury od pozostałych dni.

Zakładamy $\alpha = 0.05$.

```
Kruskal-Wallis rank sum test

data: Temp1.C. by Day
Kruskal-Wallis chi-squared = 146.9, df = 6, p-value < 2.2e-16

Kruskal-Wallis rank sum test

data: Temp2.C. by Day
Kruskal-Wallis chi-squared = 87.25, df = 6, p-value < 2.2e-16

Kruskal-Wallis rank sum test

data: Temp3.C. by Day
Kruskal-Wallis chi-squared = 261.04, df = 6, p-value < 2.2e-16

Kruskal-Wallis rank sum test

data: Temp4.C. by Day
Kruskal-Wallis chi-squared = 175.05, df = 6, p-value < 2.2e-16
```

p-value mniejsze od $2.2e-16 < \alpha 0.05$, odrzucamy więc hipotezę zerową na rzecz hipotezy alternatywnej. Co najmniej jedna z grup ma istotnie statystycznie różne średnie temperatury od pozostałych dni. W celu sprawdzenia, pomiędzy którymi grupami są istotnie statystyczne różnice przeprowadziliśmy test Wilcozona dla wszystkich możliwych par grup (Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction).

Pierwszy czujnik:

```
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: jajo$Temp1.C. and jajo$Day

      06-06-2019 07-06-2019 08-06-2019 09-06-2019 10-06-2019 11-06-2019
07-06-2019 1.00000      -          -          -          -          -
08-06-2019 0.00693      1.00000      -          -          -          -
09-06-2019 1.00000      1.00000      1.00000      -          -          -
10-06-2019 1.8e-05      0.00169      0.58027      0.01426      -          -
11-06-2019 < 2e-16      2.1e-11      3.7e-07      9.8e-13      1.00000      -
12-06-2019 1.00000      0.03038      0.00058      0.04066      1.9e-08      < 2e-16

P value adjustment method: bonferroni
```

Statystycznie istotne różnice istnieją pomiędzy:

- 6 czerwca a 8, 10 i 11 czerwca
- 7 czerwca a 10, 11 i 12 czerwca
- 8 czerwca a 11 i 12 czerwca

- 9 czerwca a 10, 11 i 12 czerwca
- 10 czerwca a 12 czerwca
- 11 czerwca a 12 czerwca

Czujnik drugi:

```
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: jajo$Temp2.C. and jajo$Day

      06-06-2019 07-06-2019 08-06-2019 09-06-2019 10-06-2019 11-06-2019
07-06-2019 0.18727      -          -          -          -          -
08-06-2019 1.00000      2.8e-09      -          -          -          -
09-06-2019 0.49814      4.7e-10      1.00000      -          -          -
10-06-2019 1.00000      1.00000      0.00172      0.00024      -          -
11-06-2019 1.00000      1.6e-15      1.00000      0.53578      0.00020      -
12-06-2019 1.00000      3.7e-12      1.00000      1.00000      0.00038      1.00000

P value adjustment method: bonferroni
```

Statystycznie istotne różnice istnieją pomiędzy:

- 7 czerwca a 8, 9, 11 i 12 czerwca
- 8 czerwca a 10 czerwca
- 9 czerwca a 10 czerwca
- 10 czerwca a 11 i 12 czerwca

Czujnik trzeci:

```
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: jajo$Temp3.C. and jajo$Day

      06-06-2019 07-06-2019 08-06-2019 09-06-2019 10-06-2019 11-06-2019
07-06-2019 1.00000      -          -          -          -          -
08-06-2019 0.00490      0.07437      -          -          -          -
09-06-2019 1.4e-10      3.2e-09      0.00017      -          -          -
10-06-2019 0.32387      1.00000      1.00000      0.00021      -          -
11-06-2019 0.23701      0.41269      1.00000      0.17732      1.00000      -
12-06-2019 < 2e-16      < 2e-16      < 2e-16      < 2e-16      < 2e-16      < 2e-16

P value adjustment method: bonferroni
```

Statystycznie istotne różnice istnieją pomiędzy:

- 6 czerwca a 8, 9 i 12 czerwca
- 7 czerwca a 9 i 12 czerwca
- 8 czerwca a 9 i 12 czerwca
- 9 czerwca a 10 i 12 czerwca
- 10 czerwca a 12 czerwca
- 11 czerwca a 12 czerwca

Czujnik czwarty:

```
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data:  jajo$Temp4.C. and jajo$Day

      06-06-2019 07-06-2019 08-06-2019 09-06-2019 10-06-2019 11-06-2019
07-06-2019 3.1e-08      -           -           -           -           -
08-06-2019 0.00017    0.41806      -           -           -           -
09-06-2019 2.6e-11    1.00000    0.00569      -           -           -
10-06-2019 1.1e-15    0.22717    5.2e-05    1.00000      -           -
11-06-2019 < 2e-16    2.7e-05    4.2e-11    0.00274    0.06188      -
12-06-2019 < 2e-16    9.0e-07    9.6e-15    0.00016    0.00028    1.00000

P value adjustment method: bonferroni
```

Statystycznie istotne różnice istnieją pomiędzy:

- 6 czerwca a 7, 8, 9, 10, 11 i 12 czerwca
- 7 czerwca a 11 i 12 czerwca
- 8 czerwca a 9, 10, 11 i 12 czerwca
- 9 czerwca a 11 i 12 czerwca
- 10 czerwca a 12 czerwca

Część V

Czy temperatura zmieniła się na przestrzeni dnia?

W tym przypadku dane również nie pochodziły z rozkładu normalnego, więc zastosowaliśmy test Kruskala-Wallisa. Podzieliliśmy dzień na cztery różne etapy: Noc (0:00 – 6:00), Poranek (6:00-12:00), Popołudnie (12:00-18:00) oraz Wieczór (18:00-0:00). Do każdego z etapów przyporządkowaliśmy odpowiadające części dnia w opisywanym tygodniu. Przeprowadziliśmy test Shapiro-Wilka, z którego wynika, że żadne z danych nie są zgodne z rozkładem normalnym.

\$Noc	\$Popołudnie
\$Noc\$Temp1.C.	\$Popołudnie\$Temp1.C.
Shapiro-Wilk normality test	Shapiro-Wilk normality test
data: X[[i]]	data: X[[i]]
W = 0.86765, p-value < 2.2e-16	W = 0.92946, p-value = 1.563e-11
\$Noc\$Temp2.C.	\$Popołudnie\$Temp2.C.
Shapiro-Wilk normality test	Shapiro-Wilk normality test
data: X[[i]]	data: X[[i]]
W = 0.96261, p-value = 1.101e-08	W = 0.93846, p-value = 1.321e-10
\$Noc\$Temp3.C.	\$Popołudnie\$Temp3.C.
Shapiro-Wilk normality test	Shapiro-Wilk normality test
data: X[[i]]	data: X[[i]]
W = 0.90422, p-value = 2.337e-15	W = 0.93582, p-value = 6.938e-11
\$Noc\$Temp4.C.	\$Popołudnie\$Temp4.C.
Shapiro-Wilk normality test	Shapiro-Wilk normality test
data: X[[i]]	data: X[[i]]
W = 0.93273, p-value = 1.338e-12	W = 0.94057, p-value = 2.245e-10
\$Wieczór	\$Poranek
\$Wieczór\$Temp1.C.	\$Poranek\$Temp1.C.
Shapiro-Wilk normality test	Shapiro-Wilk normality test
data: X[[i]]	data: X[[i]]
W = 0.92704, p-value = 1.466e-14	W = 0.9399, p-value = 4.554e-11
\$Wieczór\$Temp2.C.	\$Poranek\$Temp2.C.
Shapiro-Wilk normality test	Shapiro-Wilk normality test
data: X[[i]]	data: X[[i]]
W = 0.94704, p-value = 4.178e-12	W = 0.96057, p-value = 2.103e-08
\$Wieczór\$Temp3.C.	\$Poranek\$Temp3.C.
Shapiro-Wilk normality test	Shapiro-Wilk normality test
data: X[[i]]	data: X[[i]]
W = 0.95369, p-value = 3.739e-11	W = 0.91341, p-value = 1.016e-13
\$Wieczór\$Temp4.C.	\$Poranek\$Temp4.C.
Shapiro-Wilk normality test	Shapiro-Wilk normality test
data: X[[i]]	data: X[[i]]
W = 0.93854, p-value = 3.245e-13	W = 0.95105, p-value = 1.022e-09

p-value < alfa (0.05). Przeprowadzamy test Kruskala-Wallisa:

```
Kruskal-Wallis rank sum test

data: list(Temp1.C. = jajo$Temp1.C., Temp2.C. = jajo$Temp2.C., Temp3.C. = jajo$Temp3.C., Temp4.C. = jajo$Temp4.C.)
Kruskal-Wallis chi-squared = 152.15, df = 3, p-value < 2.2e-16
```

Z testu wynika, że mamy do czynienia ze statystycznie istotnymi różnicami w obrębie co najmniej jednej z grup. Przeprowadzamy więc test post-hoc Wilcozona, aby sprawdzić pomiędzy jakimi grupami występują statystycznie istotne różnice:

Pierwszy czujnik:

```
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data:  jajo$Temp1.C. and jajo$Time_Category

      Noc      Popołudnie Poranek
Popołudnie 0.95      -      -
Poranek    1.0e-10 3.3e-08      -
Wieczór    1.00    1.00    5.6e-10

P value adjustment method: bonferroni
```

Zgodnie z założeniami $\alpha = 0.05$, więc istotne statystycznie różnice występują pomiędzy:

- Nocą a Porankiem
- Popołudniem a Porankiem
- Wieczorem a Porankiem

Czujnik drugi:

```
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data:  jajo$Temp2.C. and jajo$Time_Category

      Noc      Popołudnie Poranek
Popołudnie < 2e-16 -      -
Poranek    < 2e-16 6.1e-09      -
Wieczór    < 2e-16 0.099    9.5e-06

P value adjustment method: bonferroni
```

Zgodnie z założeniami $\alpha = 0.05$, więc istotne statystycznie różnice występują pomiędzy:

- Nocą a Popołudniem, Porankiem i Wieczorem
- Popołudniem a Porankiem
- Porankiem a Wieczorem

Czujnik trzeci:

```
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data:  jajo$Temp3.C. and jajo$Time_Category

      Noc      Popołudnie Poranek
Popołudnie < 2e-16 -      -
Poranek    < 2e-16 0.33936      -
Wieczór    < 2e-16 0.00018    0.09597

P value adjustment method: bonferroni
```

Zgodnie z założeniami $\alpha = 0.05$, więc istotne statystycznie różnice występują pomiędzy:

- Nocą a Popołudniem, Porankiem i Wieczorem
- Popołudniem a Wieczorem

Czujnik czwarty:

```
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: jajo$Temp4.C. and jajo$Time_Category

      Noc      Popołudnie Poranek
Popołudnie 1.00000 -          -
Poranek    0.00100 0.00863    -
Wieczór    0.00013 0.00117    1.00000

P value adjustment method: bonferroni
```

Zgodnie z założeniami $\alpha = 0.05$, więc istotne statystycznie różnice występują pomiędzy:

- Nocą a Porankiem i Wieczorem
- Popołudniem a Porankiem i Wieczorem

Część VI

Jaka była wilgotność podczas inkubacji? (Średnia + SD)

Obliczenia średniej wilgotności w czasie inkubacji na przestrzeni dni:

DZIEŃ	ŚREDNIA WILGOTNOŚĆ
06-06-2019	59.10067
07-06-2019	59.00000
08-06-2019	55.98387
09-06-2019	55.22407
10-06-2019	62.41393
11-06-2019	65.99240

Obliczenia odchylenia standardowego dla wilgotności w czasie inkubacji na przestrzeni dni:

DZIEŃ	ODCHYLENIE STAND.
06-06-2019	4.200619
07-06-2019	4.043293
08-06-2019	3.549497
09-06-2019	4.773146
10-06-2019	8.921512
11-06-2019	9.175137

Część VII

Czy wilgotność zmieniała się na przestrzeni dni?

Przeprowadzamy test Shapiro-Wilka w celu weryfikacji normalności rozkładu. Zgodnie z obliczeniami:

```
Shapiro-Wilk normality test

data:  jajo$Humidity
W = 0.8858, p-value < 2.2e-16
```

Dane nie pochodzą z rozkładu normalnego, dlatego przeprowadzamy test Kruskala-Wallisa:

```
Kruskal-Wallis rank sum test

data:  jajo$Humidity and jajo$Day
Kruskal-Wallis chi-squared = 432.54, df = 6, p-value < 2.2e-16
```

Zgodnie z wynikami testu $p\text{-value} < \alpha$ (0.05), więc mamy istotne statystycznie różnice w obrębie co najmniej jednej z grup.

Przeprowadzamy test post-hoc Wilcoxon:

```
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data:  jajo$Humidity and jajo$Day

      06-06-2019 07-06-2019 08-06-2019 09-06-2019 10-06-2019 11-06-2019
07-06-2019 1.00000      -          -          -          -          -
08-06-2019 1.3e-10    1.0e-13      -          -          -          -
09-06-2019 3.6e-16    < 2e-16    0.04913      -          -          -
10-06-2019 0.48621    0.17871    < 2e-16    < 2e-16      -          -
11-06-2019 1.9e-10    1.4e-14    < 2e-16    < 2e-16    0.00032      -
12-06-2019 1.1e-07    5.8e-13    < 2e-16    < 2e-16    0.00848    0.00721

P value adjustment method: bonferroni
```

Statystycznie istotne różnice występują pomiędzy:

- 6 czerwca a 8, 9, 11 i 12 czerwca
- 7 czerwca a 8, 9, 11 i 12 czerwca
- 8 czerwca a 9, 10, 11 i 12 czerwca
- 9 czerwca a 10, 11 i 12 czerwca
- 10 czerwca a 11 i 12 czerwca
- 11 czerwca a 12 czerwca

Część VII

Czy wilgotność zmieniała się na przestrzeni dnia?

Przeprowadzamy testy normalności dla wilgotności w poszczególnych porach dnia:

```
Shapiro-Wilk normality test
data:  jajo$Humidity[jajo$Time_Category == "Poranek"]
W = 0.90183, p-value = 1.052e-14

Shapiro-Wilk normality test
data:  jajo$Humidity[jajo$Time_Category == "Popołudnie"]
W = 0.97858, p-value = 6.476e-05

Shapiro-Wilk normality test
data:  jajo$Humidity[jajo$Time_Category == "Wieczór"]
W = 0.80418, p-value < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test
data:  jajo$Humidity[jajo$Time_Category == "Noc"]
W = 0.85725, p-value < 2.2e-16
```

Dane nie pochodzą z rozkładu normalnego, dlatego przeprowadzamy test Kruskala-Wallisa:

```
Kruskal-Wallis rank sum test

data:  jajo$Humidity and jajo$Time_Category
Kruskal-Wallis chi-squared = 78.237, df = 3, p-value < 2.2e-16
```

Zgodnie z wynikami testu $p\text{-value} < \alpha$ (0.05), więc mamy istotne statystycznie różnice w obrębie co najmniej jednej z grup.

Przeprowadzamy test post-hoc Wilcoxona:

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: jajo\$Humidity and jajo\$Time_Category

	Noc	Popołudnie	Poranek
Popołudnie	1	-	-
Poranek	1	1	-
Wieczór	7.9e-11	2.3e-16	1.5e-07

P value adjustment method: bonferroni

Wyniki testu post-hoc pairwise.wilcox.test wykazują istotne różnice w poziomie wilgotności między porami dnia. Istotność ta utrzymuje się nawet po skorygowaniu wartości p za pomocą metody Bonferroniego. Istotne różnice zaobserwowano w porównaniach między nocą a pozostałymi porami dnia: popołudnie, poranek, wieczór oraz między popołudniem a porankiem i wieczorem.

Część XIX

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone testy (na poziomie istotności 0.05) odrzuciły hipotezę mówiącą o tym, że temperatura oraz wilgotność utrzymywały się na podobnym, stałym poziomie. Zbyt wysoka temperatura jak i wilgotność mogą prowadzić do śmierci zarodków (bądź zmian patologicznych). Zmiany skokowe temperatury i wilgotności mają największy wpływ na rozwój zarodków i wyklucie się zdrowych piskląt. Możliwe, że badane jaja zostały pozbawione opieki rodzicielskiej, przez co inkubacja kontaktowa była uniemożliwiona. Jest to jeden z możliwych powodów zmian temperatur, utrzymanie wysokich z okresach popołudniowych może być też związane z silnym nasłonecznieniem obszaru lęgu.