

```
## Instrukcja: C4 1 39.2 39.2 6.146 0.017 *
## Residuals 45 287.0 6.4
## ---
## Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

## 9 Regresja liniowa

### 9.1 Przykład

**Przykład.** Za pomocą regresji liniowej chcemy opisać związek między miesięcznym dochodem rodziny na jedną osobę a miesięczną wartością wydatków na jedną osobę. Dane dotyczące tych dwóch cech dla dziesięciu rodzin podano w poniższej tabeli.

rodzina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
przychody	210	270	290	310	370	400	450	480	510	520
wydatki	140	190	250	270	290	310	340	360	420	390

```
# dane
przychody <- c(210, 270, 290, 310, 370, 400, 450, 480, 510, 520)
wydatki <- c(140, 190, 250, 270, 290, 310, 340, 360, 420, 390)
data_set <- data.frame(przychody = przychody, wydatki = wydatki)
head(data_set)
```

```
## przychody wydatki
## 1 210 140
## 2 270 190
## 3 290 250
## 4 310 270
## 5 370 290
## 6 400 310
```

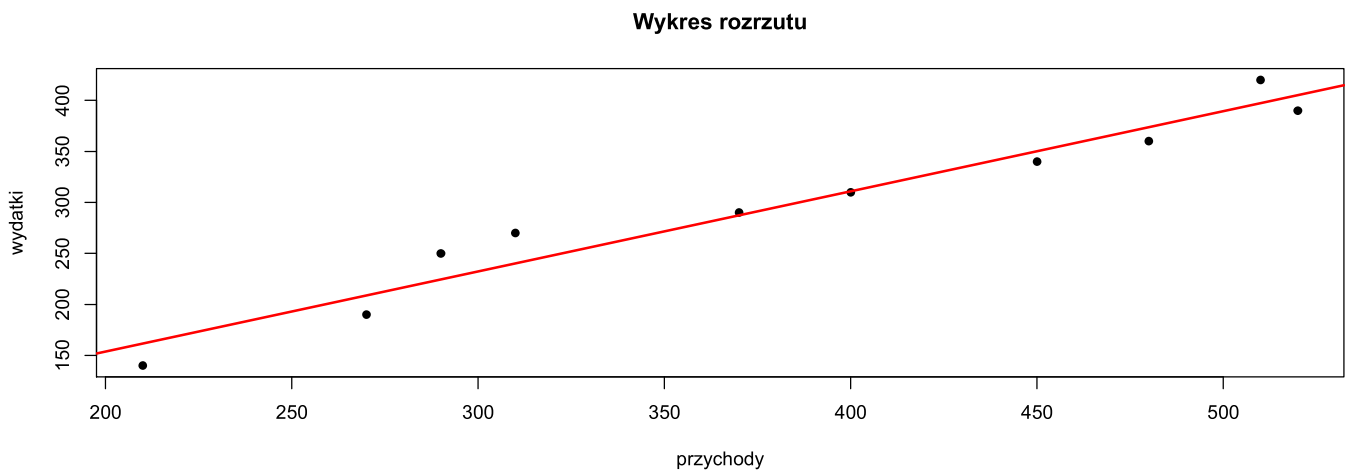
```
# Wykres rozrzutu
plot(data_set, main = "Wykres rozrzutu", pch = 16)
```



```
# model
model <- lm(wydatki ~ przychody, data = data_set)
model
```

```
##
## Call:
## lm(formula = wydatki ~ przychody, data = data_set)
##
## Coefficients:
## (Intercept)    przychody
##      -3.5036      0.7861
```

```
plot(data_set, main = "Wykres rozrzutu", pch = 16)
abline(model, col = "red", lwd = 2)
```



```
# estymacja parametrów
coef(model)
```

```
## (Intercept)    przychody
## -3.5036358    0.7860988
```

```
confint(model)
```

```
##                2.5 %    97.5 %
## (Intercept) -61.2027257  54.1954540
## przychody    0.6398962  0.9323013
```

```
# podsumowanie modelu
# tj. reszty, estymacja punktowa, testy istotności dla współczynników regresji,
# R^2, test istotności modelu
summary(model)
```

```
##
## Call:
## lm(formula = wydatki ~ przychody, data = data_set)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -21.577 -14.907  -5.588   17.607   29.813
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)  -3.5036    25.0212  -0.14   0.892
## przychody     0.7861     0.0634  12.40 1.67e-06 ***
## ---
```

```
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 20.63 on 8 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.9505, Adjusted R-squared:  0.9444
## F-statistic: 153.7 on 1 and 8 DF,  p-value: 1.67e-06

# wartości dopasowane przez model
fitted(model)

##          1          2          3          4          5          6          7          8
## 161.5771 208.7430 224.4650 240.1870 287.3529 310.9359 350.2408 373.8238
##          9         10
## 397.4067 405.2677

# reszty
residuals(model)

##          1          2          3          4          5          6
## -21.5771083 -18.7430352 25.5349891 29.8130135  2.6470866 -0.9358769
##          7          8          9         10
## -10.2408159 -13.8237794 22.5932572 -15.2677307

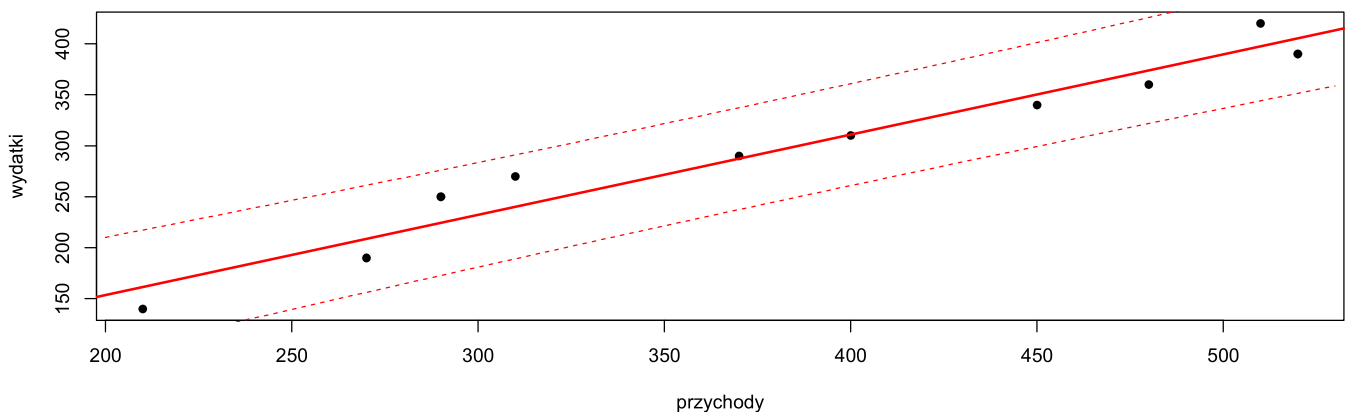
# sprawdzenie
wydatki - fitted(model)

##          1          2          3          4          5          6
## -21.5771083 -18.7430352 25.5349891 29.8130135  2.6470866 -0.9358769
##          7          8          9         10
## -10.2408159 -13.8237794 22.5932572 -15.2677307

# przedziały ufności dla predykcji
temp_przychody <- data.frame(przychody = seq(min(data_set$przychody) - 10,
                                             max(data_set$przychody) + 10,
                                             length = 100))

pred <- predict(model, temp_przychody, interval = "prediction")
plot(data_set, main = "Wykres rozrzutu", pch = 16)
abline(model, col = "red", lwd = 2)
lines(temp_przychody$przychody, pred[, 2], lty = 2, col = "red")
lines(temp_przychody$przychody, pred[, 3], lty = 2, col = "red")
```

Wykres rozrzutu



```
# predykcja wydatków dla przychodu = 350
nowy_przychod <- data.frame(przychody = 350)
predict(model, nowy_przychod, interval = 'prediction')
```

```
##          fit      lwr      upr
## 1 271.6309 221.528 321.7338
```

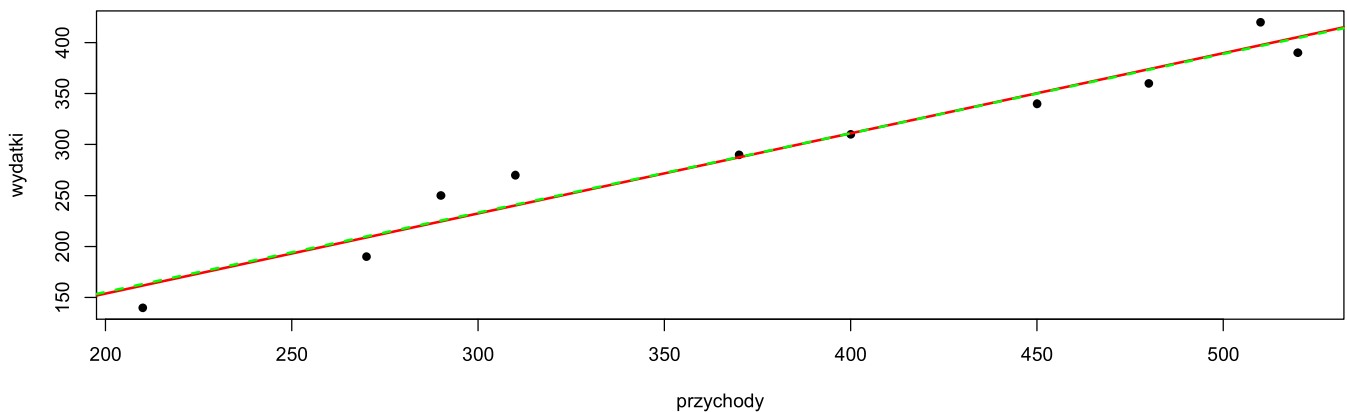
- model bez wyrazu wolnego

```
model_bez_ww <- lm(wydatki ~ przychody - 1, data = data_set)
model_bez_ww
```

```
##
## Call:
## lm(formula = wydatki ~ przychody - 1, data = data_set)
##
## Coefficients:
## przychody
## 0.7775
```

```
plot(data_set, main = "Wykres rozrzutu", pch = 16)
abline(model, col = "red", lwd = 2)
abline(model_bez_ww, col = "green", lwd = 2, lty = 2)
```

Wykres rozrzutu



```
coef(model_bez_ww)
```

```
## przychody
## 0.7775281
```

```
confint(model_bez_ww)
```

```
##           2.5 %   97.5 %
## przychody 0.7422271 0.812829
```

```
summary(model_bez_ww)
```

```
##
## Call:
## lm(formula = wydatki ~ przychody - 1, data = data_set)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
```

```
## -23.281 -14.039 -5.449 18.174 28.966
##
## Coefficients:
##           Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## przychody  0.7775     0.0156   49.83 2.65e-12 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 19.48 on 9 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.9964, Adjusted R-squared:  0.996
## F-statistic: 2483 on 1 and 9 DF, p-value: 2.651e-12
```

```
fitted(model_bez_ww)
```

```
##           1           2           3           4           5           6           7           8
## 163.2809 209.9326 225.4831 241.0337 287.6854 311.0112 349.8876 373.2135
##           9          10
## 396.5393 404.3146
```

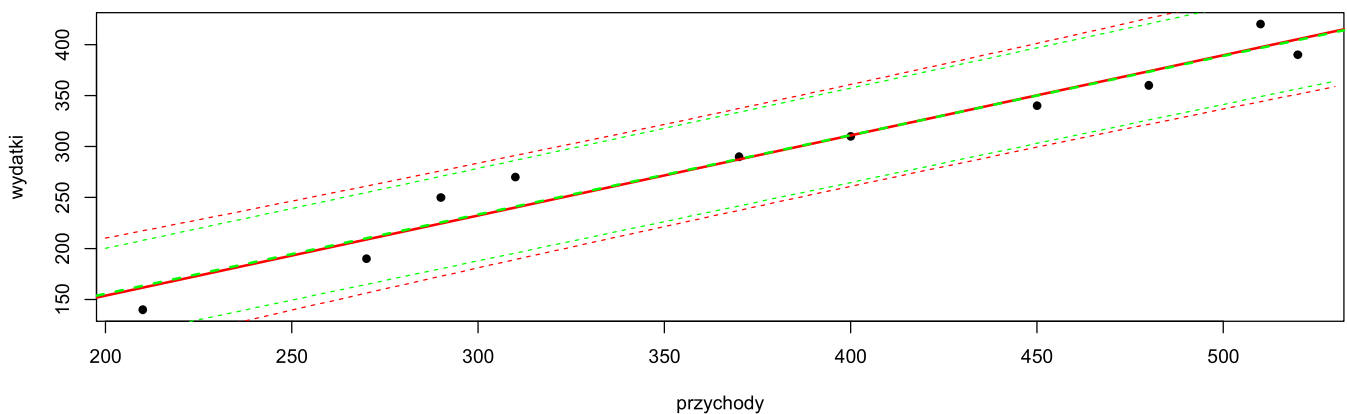
```
residuals(model_bez_ww)
```

```
##           1           2           3           4           5           6           7
## -23.280899 -19.932584 24.516854 28.966292  2.314607 -1.011236 -9.887640
##           8           9          10
## -13.213483 23.460674 -14.314607
```

```
temp_przychody <- data.frame(przychody = seq(min(data_set$przychody) - 10,
                                             max(data_set$przychody) + 10,
                                             length = 100))

pred1 <- predict(model_bez_ww, temp_przychody, interval = "prediction")
plot(data_set, main = "Wykres rozrzutu", pch = 16)
abline(model, col = "red", lwd = 2)
abline(model_bez_ww, col = "green", lwd = 2, lty = 2)
lines(temp_przychody$przychody, pred[, 2], lty = 2, col = "red")
lines(temp_przychody$przychody, pred[, 3], lty = 2, col = "red")
lines(temp_przychody$przychody, pred1[, 2], lty = 2, col = "green")
lines(temp_przychody$przychody, pred1[, 3], lty = 2, col = "green")
```

Wykres rozrzutu



```
nowy_przychod <- data.frame(przychody = 350)
predict(model_bez_ww, nowy_przychod, interval = 'prediction')
```

```
##          fit      lwr      upr
## 1 272.1348 226.3796 317.8901
```

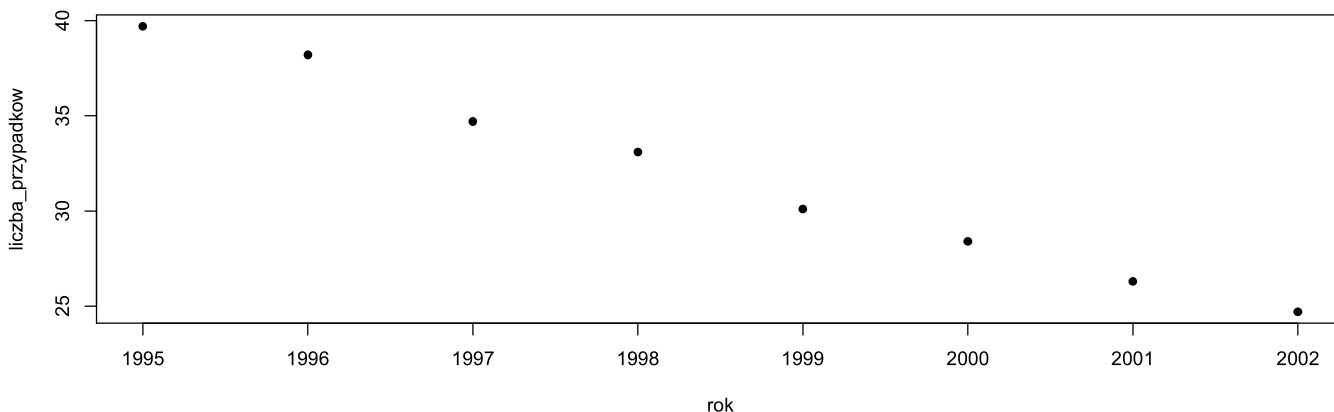
## 9.2 Zadania

**Zadanie 1.** Poniższa tabela przedstawia liczbę przypadków gruźlicy układu oddechowego w latach 1995-2002. Podano liczbę przypadków na 100.000 ludności. Zakładając liniową zależność między rokiem a liczbą przypadków, wykonaj kompleksową analizę regresji.

Dane								
rok	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
liczba przypadków	39.7	38.2	34.7	33.1	30.1	28.4	26.3	24.7

1. Przedstaw dane na wykresie rozrzutu. Czy model regresji liniowej wydaje się adekwatny?

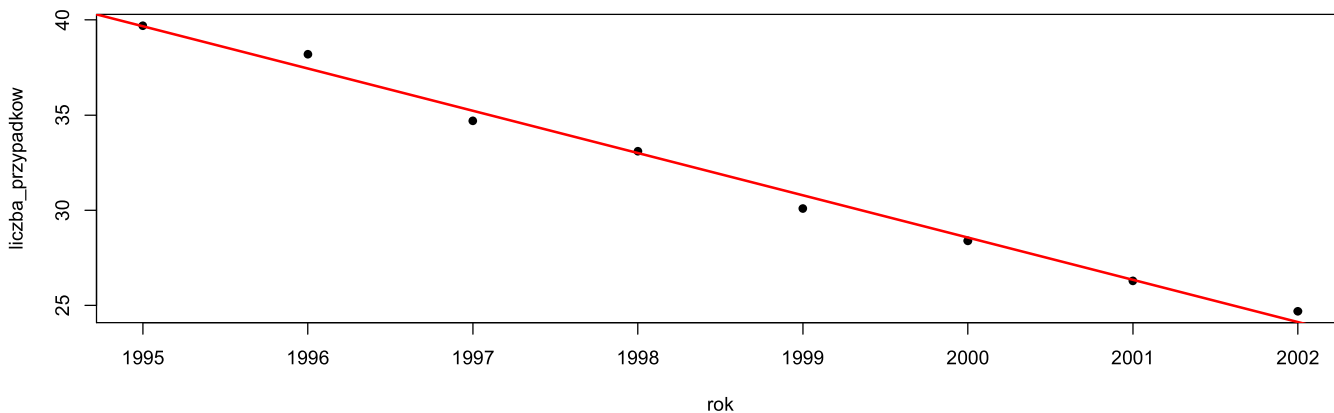
Wykres rozrzutu



2. Dopasuj model regresji liniowej do tych danych. Jakie są wartości estymatorów współczynników regresji i przedziały ufności? Narysuj uzyskaną prostą regresji na schemacie punktowym.

```
## (Intercept)      rok
## 4466.666667    -2.219048
```

Wykres rozrzutu



```
## (Intercept)      rok
## 4466.666667    -2.219048
```

```
##          2.5 %      97.5 %
```

```
## (Intercept) 4066.82158 4866.511749
## rok          -2.41912  -2.018975
```

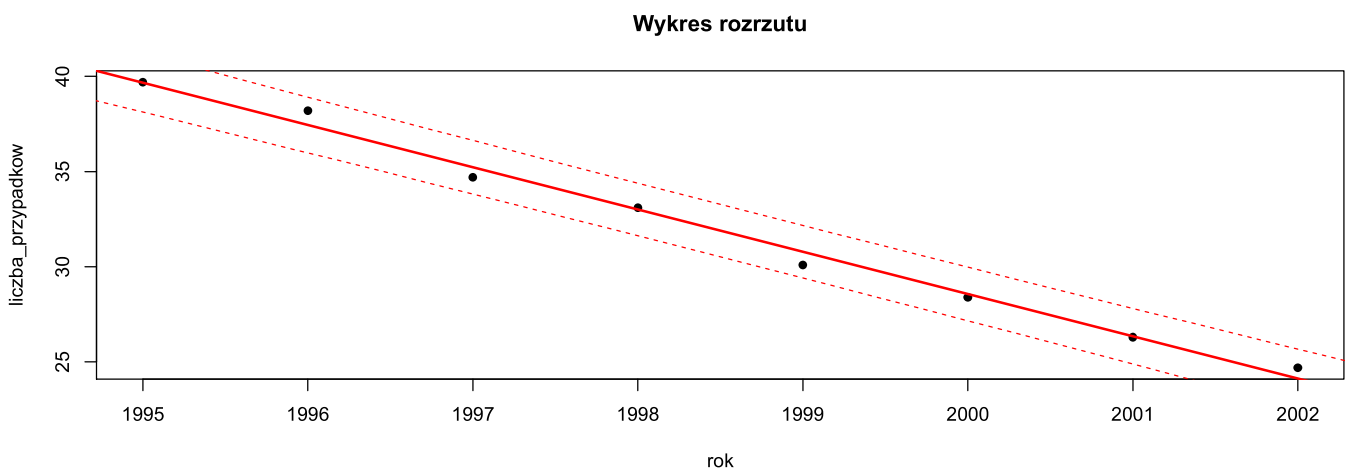
3. Które współczynniki są istotne statystycznie w skonstruowanym modelu? Jak jest dopasowanie modelu?

```
##
## Call:
## lm(formula = liczba_przypadkow ~ rok, data = data_set)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.69048 -0.26071 -0.00952  0.20952  0.75238
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) 4466.66667  163.40805   27.33 1.58e-07 ***
## rok         -2.21905    0.08177  -27.14 1.65e-07 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.5299 on 6 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.9919, Adjusted R-squared:  0.9906
## F-statistic: 736.5 on 1 and 6 DF, p-value: 1.654e-07
```

4. Oblicz wartości dopasowane przez model, a także reszty.

```
##          1          2          3          4          5          6          7          8
## 39.66667 37.44762 35.22857 33.00952 30.79048 28.57143 26.35238 24.13333
##
##          1          2          3          4          5          6
## 0.03333333 0.75238095 -0.52857143 0.09047619 -0.69047619 -0.17142857
##          7          8
## -0.05238095 0.56666667
```

5. Na wykresie rozrzutu przedstaw granice przedziału prognozy 95%.

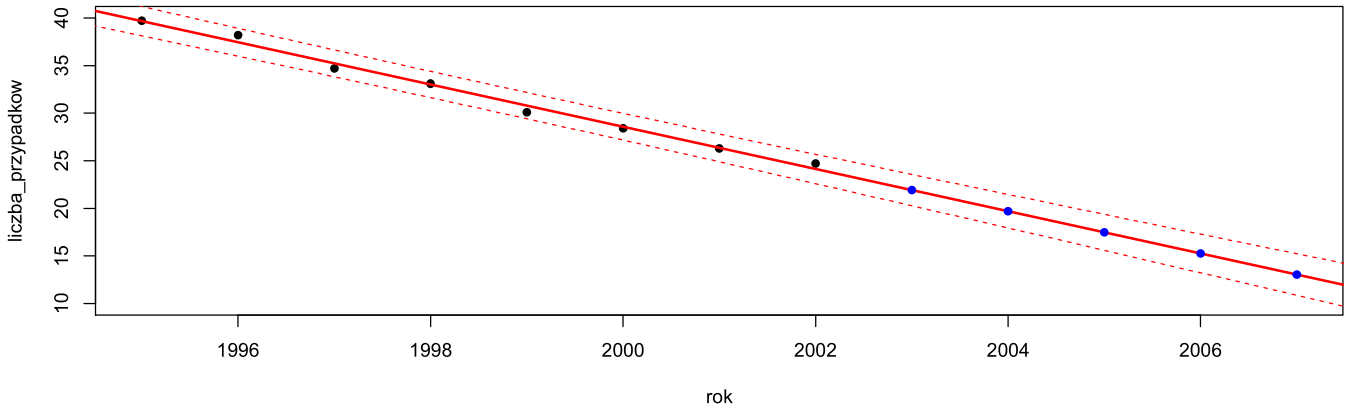


6. Dokonaj predykcji liczby przypadków gruźlicy układu oddechowego w latach 2003-2007. Zilustruj wyniki na wykresie rozrzutu.

```
##          fit          lwr          upr
## 1 21.91429 20.27052 23.55805
```

```
## 2 19.69524 17.93392 21.45656
## 3 17.47619 15.58342 19.36896
## 4 15.25714 13.22171 17.29258
## 5 13.03810 10.85098 15.22521
```

Wykres rozrzutu z predykcją na lata 2003–2007

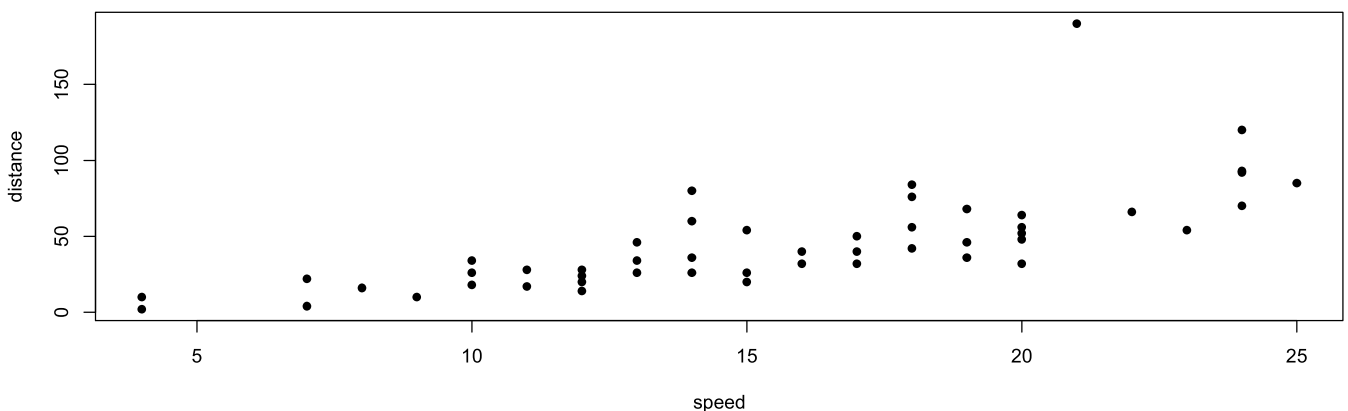


7. Czy miałyby sens usunięcie wyrazu wolnego z modelu? Jeśli tak, wykonaj powyższe polecenia dla modelu regresji liniowej bez wyrazu losowego.

**Zadanie 2.** Zbiór danych zawarty w pliku braking.RData zawiera informacje o długości drogi hamowania przy danej prędkości określonego modelu samochodu. W tym zbiorze danych występuje obserwacja odstająca. Zidentyfikuj ją za pomocą wykresu rozrzutu. Korzystając z modelu regresji liniowej, opisz związek między długością drogi hamowania a prędkością przy użyciu pełnych danych i danych bez obserwacji odstającej. Jakie są wyniki dla obu modeli? Który model jest lepszy? Dokładniej, wykonaj polecenia 2-7 Zadania 1 dla każdego modelu osobno. W punkcie 6 przeprowadź predykcję długości drogi hamowania dla prędkości 30, 31, ..., 50.

```
## speed distance
## 1 4 2
## 2 4 10
## 3 7 4
## 4 7 22
## 5 8 16
## 6 9 10
```

Wykres rozrzutu

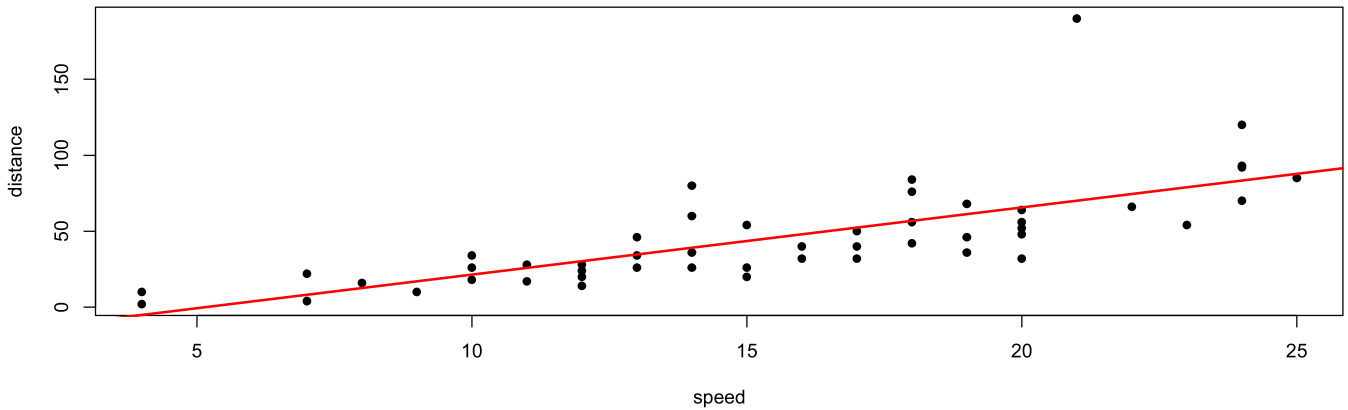


Model dla pełnych danych

2.



Wykres rozrzutu



```
## (Intercept)      speed
## -22.726854      4.422338

##                2.5 %    97.5 %
## (Intercept) -43.105778 -2.347930
## speed        3.177543  5.667134
```

3.

```
##
## Call:
## lm(formula = distance ~ speed, data = braking)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -33.720 -13.298  -3.186   7.814 119.858
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) -22.7269    10.1409  -2.241  0.0296 *
## speed        4.4223     0.6194   7.139 4.04e-09 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 23.18 on 49 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.5099, Adjusted R-squared:  0.4999
## F-statistic: 50.97 on 1 and 49 DF,  p-value: 4.037e-09
```

4.

```
##          1          2          3          4          5          6          7          8
## -5.037501 -5.037501  8.229514  8.229514 12.651852 17.074190 21.496528 21.496528
##          9          10         11         12         13         14         15         16
## 21.496528 25.918867 25.918867 30.341205 30.341205 30.341205 30.341205 34.763543
##          17         18         19         20         21         22         23         24
## 34.763543 34.763543 34.763543 39.185881 39.185881 39.185881 39.185881 43.608220
##          25         26         27         28         29         30         31         32
## 43.608220 43.608220 70.142249 48.030558 48.030558 52.452896 52.452896 52.452896
##          33         34         35         36         37         38         39         40
## 56.875234 56.875234 56.875234 56.875234 61.297573 61.297573 61.297573 65.719911
```

```

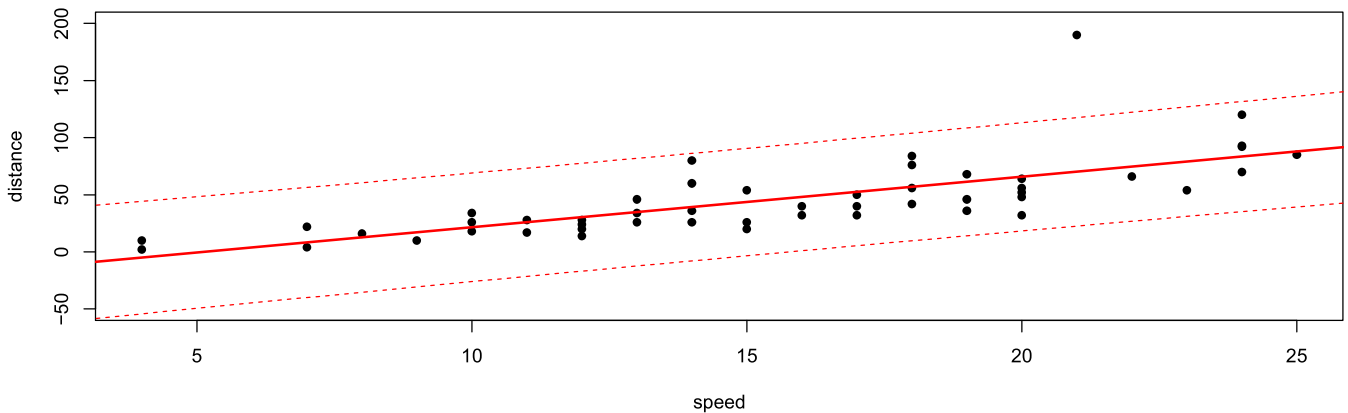
##      41      42      43      44      45      46      47      48
## 65.719911 65.719911 65.719911 65.719911 74.564587 78.986926 83.409264 83.409264
##      49      50      51
## 83.409264 83.409264 87.831602

##      1      2      3      4      5      6
##  7.0375010 15.0375010 -4.2295137 13.7704863  3.3481480 -7.0741902
##      7      8      9     10     11     12
## -3.4965285  4.5034715 12.5034715 -8.9188667  2.0811333 -16.3412050
##     13     14     15     16     17     18
## -10.3412050 -6.3412050 -2.3412050 -8.7635432 -0.7635432 -0.7635432
##     19     20     21     22     23     24
## 11.2364568 -13.1858815 -3.1858815 20.8141185 40.8141185 -23.6082197
##     25     26     27     28     29     30
## -17.6082197 10.3917803 119.8577508 -16.0305580 -8.0305580 -20.4528962
##     31     32     33     34     35     36
## -12.4528962 -2.4528962 -14.8752345 -0.8752345 19.1247655 27.1247655
##     37     38     39     40     41     42
## -25.2975727 -15.2975727  6.7024273 -33.7199110 -17.7199110 -13.7199110
##     43     44     45     46     47     48
## -9.7199110 -1.7199110 -8.5645875 -24.9869257 -13.4092640  8.5907360
##     49     50     51
##  9.5907360 36.5907360 -2.8316022

```

5.

Wykres rozrzutu



6.

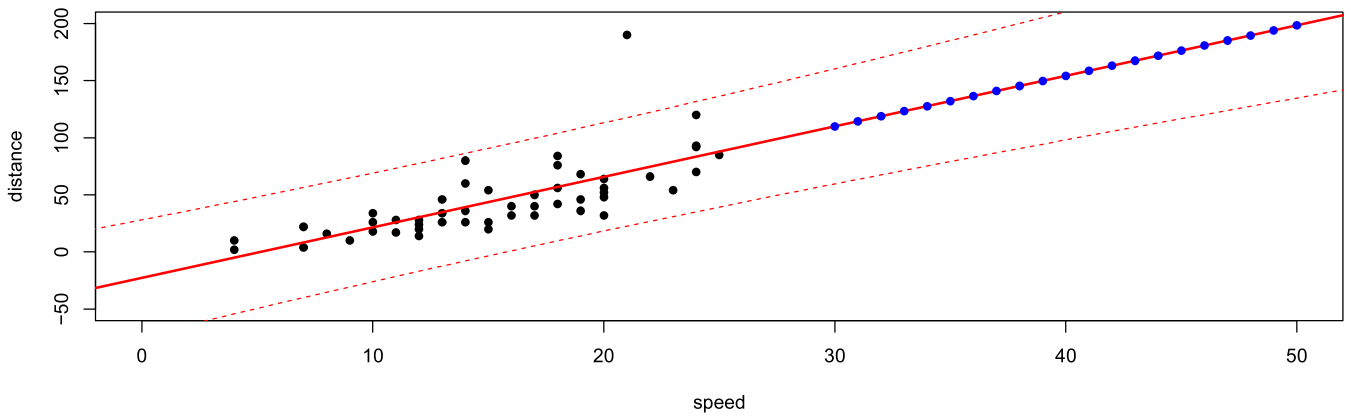
```

##      fit      lwr      upr
## 1 109.9433 59.56096 160.3256
## 2 114.3656 63.52436 165.2069
## 3 118.7880 67.46167 170.1143
## 4 123.2103 71.37362 175.0470
## 5 127.6326 75.26095 180.0043
## 6 132.0550 79.12441 184.9856
## 7 136.4773 82.96475 189.9899
## 8 140.8997 86.78270 195.0166
## 9 145.3220 90.57902 200.0650
## 10 149.7443 94.35444 205.1342
## 11 154.1667 98.10968 210.2237

```

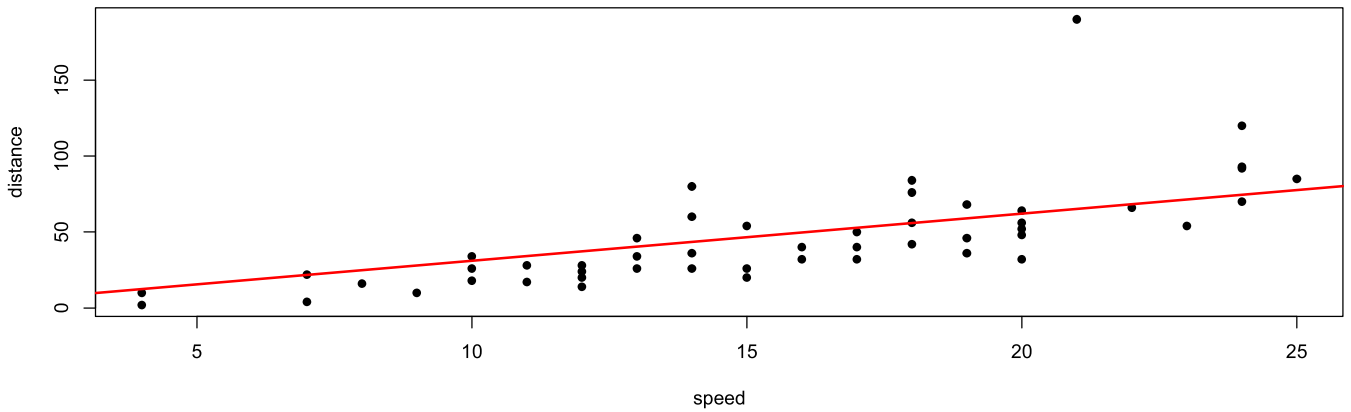
```
## 12 158.5890 101.84545 215.3326
## 13 163.0114 105.56245 220.4603
## 14 167.4337 109.26136 225.6060
## 15 171.8560 112.94285 230.7692
## 16 176.2784 116.60757 235.9492
## 17 180.7007 120.25614 241.1453
## 18 185.1230 123.88919 246.3569
## 19 189.5454 127.50730 251.5835
## 20 193.9677 131.11105 256.8244
## 21 198.3901 134.70099 262.0791
```

Wykres rozrzutu z predykcją dla prędkości 30, 31, ..., 50



7.

Wykres rozrzutu



```
## speed
## 3.107177

##      2.5 %   97.5 %
## speed 2.693185 3.521169

##
## Call:
## lm(formula = distance ~ speed - 1, data = braking)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -30.144 -15.786  -7.500   2.392 124.749
```

```

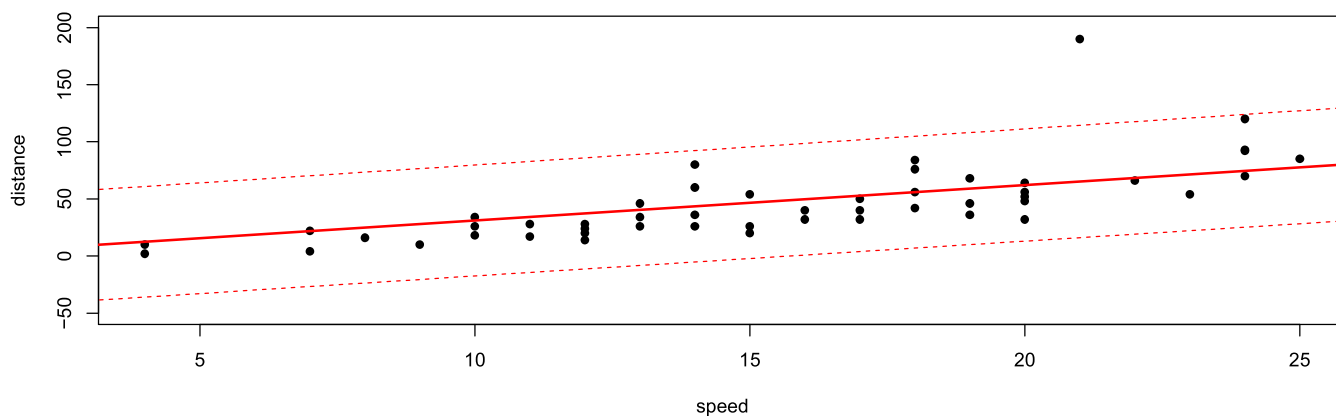
##
## Coefficients:
##      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## speed  3.1072    0.2061  15.07  <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 24.1 on 50 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.8197, Adjusted R-squared:  0.8161
## F-statistic: 227.3 on 1 and 50 DF,  p-value: < 2.2e-16

##      1      2      3      4      5      6      7      8
## 12.42871 12.42871 21.75024 21.75024 24.85741 27.96459 31.07177 31.07177
##      9     10     11     12     13     14     15     16
## 31.07177 34.17895 34.17895 37.28612 37.28612 37.28612 37.28612 40.39330
##     17     18     19     20     21     22     23     24
## 40.39330 40.39330 40.39330 43.50048 43.50048 43.50048 43.50048 46.60765
##     25     26     27     28     29     30     31     32
## 46.60765 46.60765 65.25071 49.71483 49.71483 52.82201 52.82201 52.82201
##     33     34     35     36     37     38     39     40
## 55.92918 55.92918 55.92918 55.92918 59.03636 59.03636 59.03636 62.14354
##     41     42     43     44     45     46     47     48
## 62.14354 62.14354 62.14354 62.14354 68.35789 71.46507 74.57224 74.57224
##     49     50     51
## 74.57224 74.57224 77.67942

##      1      2      3      4      5      6
## -10.42870729 -2.42870729 -17.75023776  0.24976224 -8.85741459 -17.96459141
##      7      8      9     10     11     12
## -13.07176823 -5.07176823  2.92823177 -17.17894506 -6.17894506 -23.28612188
##     13     14     15     16     17     18
## -17.28612188 -13.28612188 -9.28612188 -14.39329871 -6.39329871 -6.39329871
##     19     20     21     22     23     24
##  5.60670129 -17.50047553 -7.50047553  16.49952447  36.49952447 -26.60765235
##     25     26     27     28     29     30
## -20.60765235  7.39234765 124.74928671 -17.71482918 -9.71482918 -20.82200600
##     31     32     33     34     35     36
## -12.82200600 -2.82200600 -13.92918282  0.07081718  20.07081718  28.07081718
##     37     38     39     40     41     42
## -23.03635965 -13.03635965  8.96364035 -30.14353647 -14.14353647 -10.14353647
##     43     44     45     46     47     48
## -6.14353647  1.85646353 -2.35789012 -17.46506694 -4.57224376  17.42775624
##     49     50     51
##  18.42775624  45.42775624  7.32057941

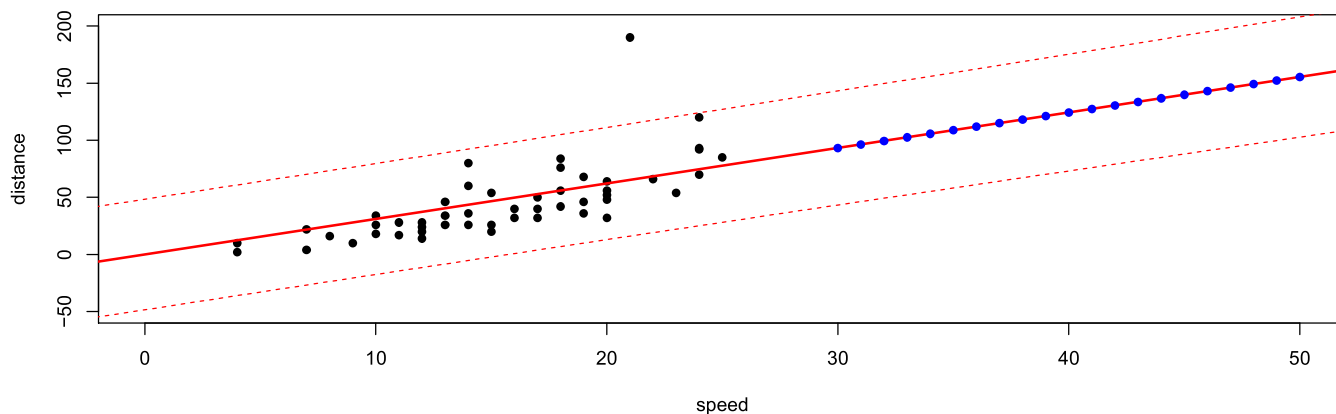
```

Wykres rozrzutu



##	fit	lwr	upr
## 1	93.21530	43.24558	143.1850
## 2	96.32248	46.24826	146.3967
## 3	99.42966	49.24774	149.6116
## 4	102.53684	52.24404	152.8296
## 5	105.64401	55.23718	156.0508
## 6	108.75119	58.22719	159.2752
## 7	111.85837	61.21408	162.5026
## 8	114.96554	64.19789	165.7332
## 9	118.07272	67.17862	168.9668
## 10	121.17990	70.15631	172.2035
## 11	124.28707	73.13098	175.4432
## 12	127.39425	76.10265	178.6858
## 13	130.50143	79.07134	181.9315
## 14	133.60860	82.03708	185.1801
## 15	136.71578	84.99990	188.4317
## 16	139.82296	87.95981	191.6861
## 17	142.93013	90.91684	194.9434
## 18	146.03731	93.87102	198.2036
## 19	149.14449	96.82237	201.4666
## 20	152.25166	99.77092	204.7324
## 21	155.35884	102.71669	208.0010

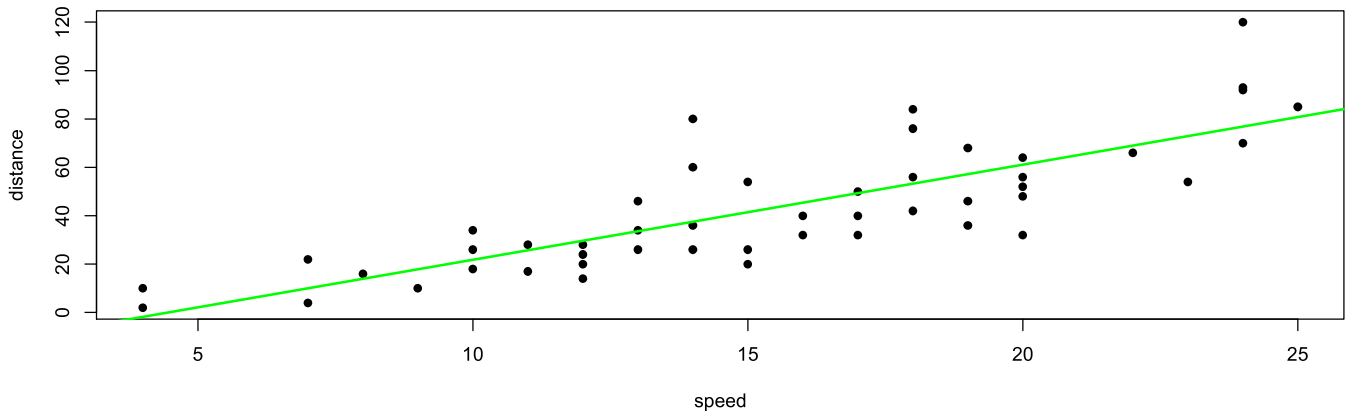
Wykres rozrzutu z predykcją dla prędkości 30, 31, ..., 50



Model dla zbioru danych bez obserwacji odstającej

2.

Wykres rozrzutu



```
## (Intercept)      speed
## -17.579095      3.932409

##              2.5 %   97.5 %
## (Intercept) -31.167850 -3.990340
## speed        3.096964  4.767853
```

3.

```
##
## Call:
## lm(formula = distance ~ speed, data = braking_1)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -29.069  -9.525  -2.272   9.215  43.201
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) -17.5791     6.7584  -2.601  0.0123 *
## speed        3.9324     0.4155   9.464 1.49e-12 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 15.38 on 48 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.6511, Adjusted R-squared:  0.6438
## F-statistic: 89.57 on 1 and 48 DF, p-value: 1.49e-12
```

4.

```
##          1          2          3          4          5          6          7          8
## -1.849460 -1.849460  9.947766  9.947766 13.880175 17.812584 21.744993 21.744993
##          9         10         11         12         13         14         15         16
## 21.744993 25.677401 25.677401 29.609810 29.609810 29.609810 29.609810 33.542219
##          17         18         19         20         21         22         23         24
## 33.542219 33.542219 33.542219 37.474628 37.474628 37.474628 37.474628 41.407036
##          25         26         28         29         30         31         32         33
## 41.407036 41.407036 45.339445 45.339445 49.271854 49.271854 49.271854 53.204263
##          34         35         36         37         38         39         40         41
```

```

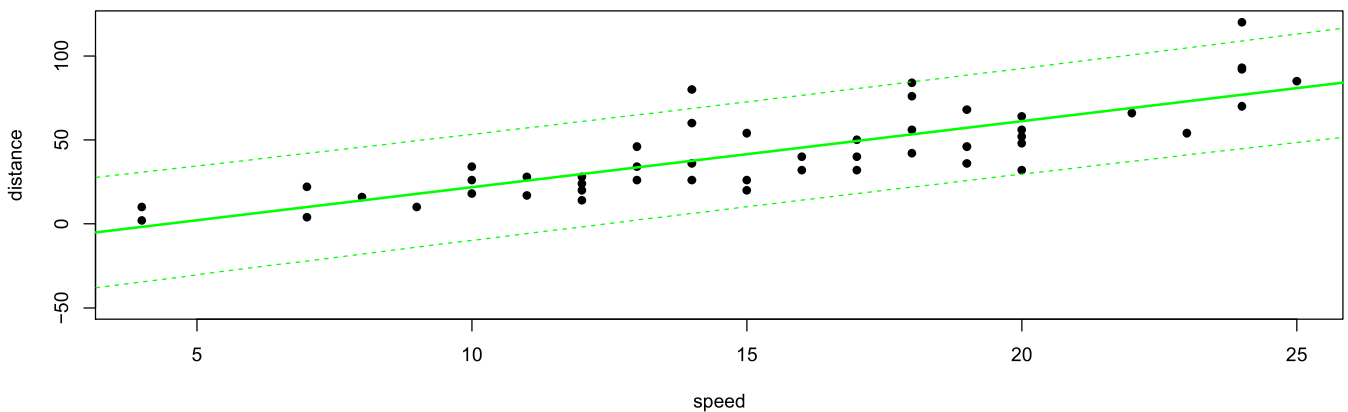
## 53.204263 53.204263 53.204263 57.136672 57.136672 57.136672 61.069080 61.069080
##          42          43          44          45          46          47          48          49
## 61.069080 61.069080 61.069080 68.933898 72.866307 76.798715 76.798715 76.798715
##          50          51
## 76.798715 80.731124

##          1          2          3          4          5          6          7
##  3.849460 11.849460 -5.947766 12.052234  2.119825 -7.812584 -3.744993
##          8          9         10         11         12         13         14
##  4.255007 12.255007 -8.677401  2.322599 -15.609810 -9.609810 -5.609810
##         15         16         17         18         19         20         21
## -1.609810 -7.542219  0.457781  0.457781 12.457781 -11.474628 -1.474628
##         22         23         24         25         26         28         29
## 22.525372 42.525372 -21.407036 -15.407036 12.592964 -13.339445 -5.339445
##         30         31         32         33         34         35         36
## -17.271854 -9.271854  0.728146 -11.204263  2.795737 22.795737 30.795737
##         37         38         39         40         41         42         43
## -21.136672 -11.136672 10.863328 -29.069080 -13.069080 -9.069080 -5.069080
##         44         45         46         47         48         49         50
##  2.930920 -2.933898 -18.866307 -6.798715 15.201285 16.201285 43.201285
##         51
##  4.268876

```

5.

Wykres rozrzutu



6.

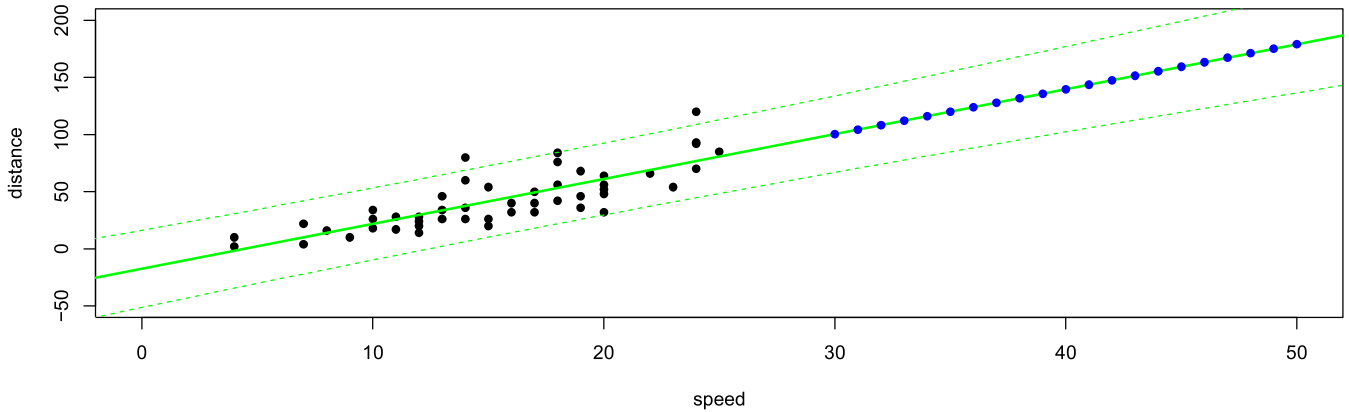
```

##          fit          lwr          upr
## 1 100.3932 66.86529 133.9210
## 2 104.3256 70.48482 138.1663
## 3 108.2580 74.08678 142.4292
## 4 112.1904 77.67167 146.7091
## 5 116.1228 81.24002 151.0056
## 6 120.0552 84.79233 155.3181
## 7 123.9876 88.32911 159.6461
## 8 127.9200 91.85088 163.9892
## 9 131.8524 95.35814 168.3467
## 10 135.7848 98.85140 172.7183
## 11 139.7173 102.33114 177.1034
## 12 143.6497 105.79785 181.5015

```

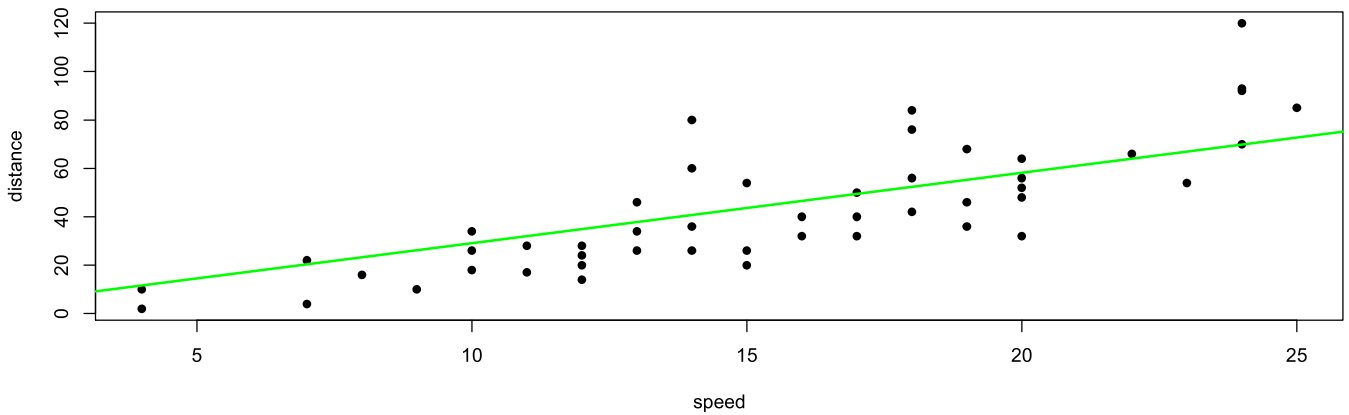
```
## 13 147.5821 109.25201 185.9121
## 14 151.5145 112.69408 190.3349
## 15 155.4469 116.12452 194.7693
## 16 159.3793 119.54375 199.2148
## 17 163.3117 122.95222 203.6712
## 18 167.2441 126.35033 208.1379
## 19 171.1765 129.73848 212.6146
## 20 175.1089 133.11707 217.1008
## 21 179.0413 136.48646 221.5962
```

Wykres rozrzutu z predykcją dla prędkości 30, 31, ..., 50



7.

Wykres rozrzutu



```
## speed
## 2.909132

##      2.5 %   97.5 %
## speed 2.625041 3.193223

##
## Call:
## lm(formula = distance ~ speed - 1, data = braking_1)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -26.183 -12.637  -5.455   4.590  50.181
##
```



```

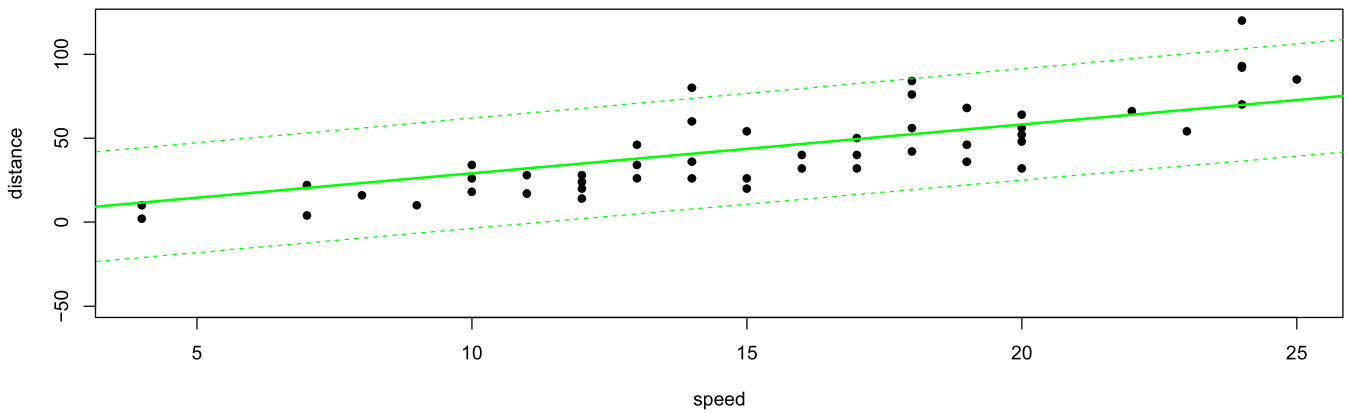
## Coefficients:
##      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## speed  2.9091    0.1414   20.58 <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 16.26 on 49 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.8963, Adjusted R-squared:  0.8942
## F-statistic: 423.5 on 1 and 49 DF,  p-value: < 2.2e-16

##      1      2      3      4      5      6      7      8
## 11.63653 11.63653 20.36393 20.36393 23.27306 26.18219 29.09132 29.09132
##      9     10     11     12     13     14     15     16
## 29.09132 32.00045 32.00045 34.90959 34.90959 34.90959 34.90959 37.81872
##     17     18     19     20     21     22     23     24
## 37.81872 37.81872 37.81872 40.72785 40.72785 40.72785 40.72785 43.63698
##     25     26     28     29     30     31     32     33
## 43.63698 43.63698 46.54611 46.54611 49.45525 49.45525 49.45525 52.36438
##     34     35     36     37     38     39     40     41
## 52.36438 52.36438 52.36438 55.27351 55.27351 55.27351 58.18264 58.18264
##     42     43     44     45     46     47     48     49
## 58.18264 58.18264 58.18264 64.00091 66.91004 69.81917 69.81917 69.81917
##     50     51
## 69.81917 72.72830

##      1      2      3      4      5      6
## -9.6365286 -1.6365286 -16.3639250  1.6360750 -7.2730572 -16.1821893
##      7      8      9     10     11     12
## -11.0913214 -3.0913214  4.9086786 -15.0004536 -4.0004536 -20.9095857
##     13     14     15     16     17     18
## -14.9095857 -10.9095857 -6.9095857 -11.8187179 -3.8187179 -3.8187179
##     19     20     21     22     23     24
##  8.1812821 -14.7278500 -4.7278500  19.2721500  39.2721500 -23.6369822
##     25     26     28     29     30     31
## -17.6369822  10.3630178 -14.5461143 -6.5461143 -17.4552464 -9.4552464
##     32     33     34     35     36     37
##  0.5447536 -10.3643786  3.6356214  23.6356214  31.6356214 -19.2735107
##     38     39     40     41     42     43
## -9.2735107  12.7264893 -26.1826429 -10.1826429 -6.1826429 -2.1826429
##     44     45     46     47     48     49
##  5.8173571  1.9990928 -12.9100393  0.1808285  22.1808285  23.1808285
##     50     51
## 50.1808285 12.2716964

```

Wykres rozrzutu



##	fit	lwr	upr
## 1	87.27396	53.50656	121.0414
## 2	90.18310	56.34287	124.0233
## 3	93.09223	59.17696	127.0075
## 4	96.00136	62.00884	129.9939
## 5	98.91049	64.83853	132.9825
## 6	101.81963	67.66604	135.9732
## 7	104.72876	70.49138	138.9661
## 8	107.63789	73.31458	141.9612
## 9	110.54702	76.13565	144.9584
## 10	113.45615	78.95460	147.9577
## 11	116.36529	81.77146	150.9591
## 12	119.27442	84.58623	153.9626
## 13	122.18355	87.39894	156.9682
## 14	125.09268	90.20960	159.9758
## 15	128.00181	93.01824	162.9854
## 16	130.91095	95.82486	165.9970
## 17	133.82008	98.62948	169.0107
## 18	136.72921	101.43213	172.0263
## 19	139.63834	104.23282	175.0439
## 20	142.54748	107.03157	178.0634
## 21	145.45661	109.82839	181.0848

Wykres rozrzutu z predykcją dla prędkości 30, 31, ..., 50

