

Luodaan aikaisemmin johdetun Pitch -lausekkeen avulla datapisteitä:

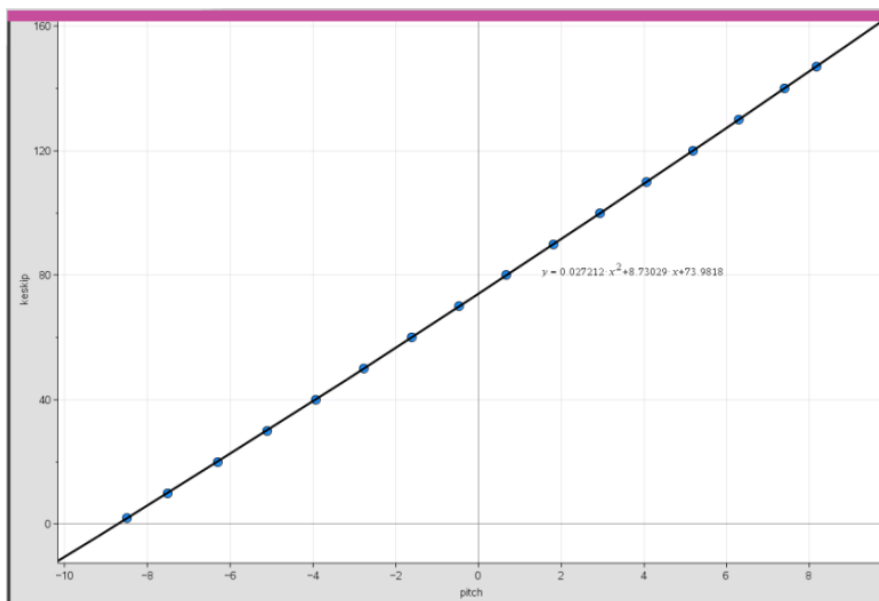
| | A pitch | B keskip |
|----|---------|----------|
| = | | |
| 1 | -8.49 | 2 |
| 2 | -7.51 | 10 |
| 3 | -6.3 | 20 |
| 4 | -5.1 | 30 |
| 5 | -3.93 | 40 |
| 6 | -2.76 | 50 |
| 7 | -1.6 | 60 |
| 8 | -0.46 | 70 |
| 9 | 0.68 | 80 |
| 10 | 1.82 | 90 |
| 11 | 2.94 | 100 |
| 12 | 4.06 | 110 |
| 13 | 5.18 | 120 |
| 14 | 6.29 | 130 |
| 15 | 7.4 | 140 |
| 16 | 8.17 | 147 |

jossa:

pitch = kaavalla tuotettu pitch arvo

keskip = pitch arvoa vastaava moottorien servojen keskipituus (2 mm – 147 mm)

Hyödyntäen luotuja datapisteitä, määritetään regressioanalysoimalla keskipituuksien ja pitch -arvojen välinen riippuvuus:



Toisen asteen yhtälö:

$$y = 0,027212 \cdot x^2 + 8,73029 \cdot x + 73,9818$$

jossa:

$y = \text{moottorien servojen keskipituus}$

$x = \text{pitch}$

Määritetään roll -arvolle yhtälö tutkimalla alustan roll -arvoja alustan ollessa eri pitch -kulmissa.

Tutkitaan moottorien pituuksia eri roll -kulmissa, seuraavissa pitch -kulmissa: 0, 4, 8, -4, -8. Kerätään tulokset excel taulukkoon.

Määritellään taulukkoon myös muuttuja R, joka kuvaa moottorien servojen pituuksien välistä suhdetta:

| 1 | Pitch | M1 | M2 | Roll | Relaatio |
|----|-------|-------|-------|-------|----------|
| 2 | 0 | 74 | 74 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 89,7 | 58,3 | 3,6 | 1,538593 |
| 4 | 0 | 94,7 | 53,7 | 4,7 | 1,763501 |
| 5 | 0 | 104,7 | 43 | 7,1 | 2,434884 |
| 6 | 0 | 113,2 | 34,4 | 9,1 | 3,290698 |
| 7 | 0 | 120,6 | 26,8 | 10,9 | 4,5 |
| 8 | 0 | 124,5 | 22,8 | 11,8 | 5,460526 |
| 9 | 0 | 132,8 | 14,2 | 13,8 | 9,352113 |
| 10 | 0 | 139,1 | 7,7 | 15,3 | 18,06494 |
| 11 | 0 | 142 | 4,8 | 16 | 29,58333 |
| 12 | 0 | 70,4 | 77,6 | -0,8 | 0,907216 |
| 13 | 0 | 61,8 | 86,1 | -2,8 | 0,71777 |
| 14 | 0 | 55,7 | 92,2 | -4,2 | 0,604121 |
| 15 | 0 | 45,6 | 102,2 | -6,5 | 0,446184 |
| 16 | 0 | 33,9 | 113,7 | -9,2 | 0,298153 |
| 17 | 0 | 28,3 | 119,1 | -10,5 | 0,237615 |
| 18 | 0 | 18,2 | 128,9 | -12,8 | 0,141195 |
| 19 | 0 | 9,2 | 137,6 | -14,9 | 0,06686 |
| 20 | 0 | 4,8 | 142 | -16 | 0,033803 |
| 21 | 4 | 118 | 118 | 0 | 1 |
| 22 | 4 | 114,3 | 109,2 | 0,6 | 1,046703 |
| 23 | 4 | 119,4 | 104 | 1,8 | 1,148077 |
| 24 | 4 | 122,5 | 100,9 | 2,5 | 1,214073 |
| 25 | 4 | 126,1 | 97,3 | 3,3 | 1,295992 |
| 26 | 4 | 129,7 | 93,7 | 4,1 | 1,384205 |
| 27 | 4 | 134,7 | 88,5 | 5,3 | 1,522034 |

| | | | | | |
|----|----|-------|-------|------|----------|
| 28 | 4 | 139,8 | 83,3 | 6,4 | 1,678271 |
| 29 | 4 | 145,3 | 77,6 | 7,7 | 1,872423 |
| 30 | 4 | 147 | 72,9 | 8,8 | 2,016461 |
| 31 | 4 | 108,7 | 114,8 | -0,7 | 0,946864 |
| 32 | 4 | 104 | 119,4 | -1,8 | 0,871022 |
| 33 | 4 | 98,3 | 125,1 | -3 | 0,785771 |
| 34 | 4 | 93,2 | 130,1 | -4,2 | 0,716372 |
| 35 | 4 | 86,9 | 136,3 | -5,6 | 0,637564 |
| 36 | 4 | 83,3 | 139,8 | -6,4 | 0,595851 |
| 37 | 4 | 80,7 | 142,3 | -7 | 0,567112 |
| 38 | 4 | 78,1 | 144,8 | -7,6 | 0,539365 |
| 39 | 4 | 75 | 147 | -8,8 | 0,510204 |
| 40 | -4 | 37,2 | 37,2 | 0 | 1 |
| 41 | -4 | 41,6 | 32,7 | 1,1 | 1,272171 |
| 42 | -4 | 46,6 | 27,7 | 2,2 | 1,68231 |
| 43 | -4 | 51,6 | 22,8 | 3,4 | 2,263158 |
| 44 | -4 | 56,5 | 17,9 | 4,6 | 3,156425 |
| 45 | -4 | 60,5 | 13,9 | 5,5 | 4,352518 |
| 46 | -4 | 62,9 | 11,4 | 6,1 | 5,517544 |
| 47 | -4 | 67,3 | 7 | 7,1 | 9,614286 |
| 48 | -4 | 70,8 | 3,6 | 7,9 | 19,66667 |
| 49 | -4 | 73,7 | 2 | 8,6 | 36,85 |
| 50 | -4 | 35,2 | 39,2 | -0,5 | 0,897959 |
| 51 | -4 | 31,7 | 42,6 | -1,3 | 0,744131 |
| 52 | -4 | 26,8 | 47,6 | -2,5 | 0,563025 |
| 53 | -4 | 21,8 | 52,5 | -3,6 | 0,415238 |
| 54 | -4 | 17,4 | 57 | -4,7 | 0,305263 |

| | | | | | |
|----|----|-------|------|-------|----------|
| 55 | -4 | 12,4 | 61,9 | -5,8 | 0,200323 |
| 56 | -4 | 9,5 | 64,9 | -6,5 | 0,146379 |
| 57 | -4 | 4,5 | 69,8 | -7,7 | 0,06447 |
| 58 | -4 | 3 | 71,3 | -8,1 | 0,042076 |
| 59 | -4 | 2 | 73,3 | -8,5 | 0,027285 |
| 60 | -8 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| 61 | -6 | 2 | 38,8 | -4,6 | 0,051546 |
| 62 | -6 | 38,8 | 2 | 4,6 | 19,4 |
| 63 | -5 | 2 | 58 | -7 | 0,034483 |
| 64 | -5 | 58 | 2 | 7 | 29 |
| 65 | -2 | 2 | 110 | -12,7 | 0,018182 |
| 66 | -2 | 110 | 2 | 12,7 | 55 |
| 67 | 1 | 17 | 147 | -15,2 | 0,115646 |
| 68 | 1 | 147 | 17 | 15,2 | 8,647059 |
| 69 | 2 | 34 | 147 | -13,3 | 0,231293 |
| 70 | 2 | 147 | 34 | 13,3 | 4,323529 |
| 71 | 3 | 54 | 147 | -10,7 | 0,367347 |
| 72 | 3 | 147 | 54 | 10,7 | 2,722222 |
| 73 | 5 | 93 | 147 | -6,3 | 0,632653 |
| 74 | 6 | 113,2 | 147 | -3,9 | 0,770068 |
| 75 | 7 | 132 | 147 | -1,8 | 0,897959 |
| 76 | 8 | 147 | 147 | 0 | 1 |

$$R = \frac{\text{servo } m1}{\text{servo } m2}$$

$R = 1$, kun $\text{servo } m1 = \text{servo } m2$

$R < 1$, kun $\text{servo } m1 < \text{servo } m2$

$R > 1$, kun $\text{servo } m1 > \text{servo } m2$

Luodaan datapisteitä muuttujalle R ja roll -kulmalle, eri pitch kulmissa:

Pitch 0:

| | A roll | B relaatio |
|----|--------|------------|
| = | | |
| 1 | 0 | 1 |
| 2 | 3.6 | 1.54 |
| 3 | 4.7 | 1.76 |
| 4 | 7.1 | 2.43 |
| 5 | 9.1 | 3.29 |
| 6 | 10.9 | 4.5 |
| 7 | 11.8 | 5.46 |
| 8 | 13.8 | 9.35 |
| 9 | 15.3 | 18.06 |
| 10 | 16 | 29.58 |
| 11 | -0.8 | 0.91 |
| 12 | -2.8 | 0.91 |
| 13 | -4.2 | 0.6 |
| 14 | -6.5 | 0.45 |
| 15 | -10.5 | 0.24 |
| 16 | -12.8 | 0.14 |
| 17 | -14.9 | 0.067 |
| 18 | -16 | 0.0338 |

Pitch 4:

| | A roll | B relaatio |
|----|--------|------------|
| = | | |
| 1 | 0 | 1 |
| 2 | 0.6 | 1.0467 |
| 3 | 1.8 | 1.148 |
| 4 | 2.5 | 1.214 |
| 5 | 3.3 | 1.296 |
| 6 | 4.1 | 1.384 |
| 7 | 5.3 | 1.52 |
| 8 | 6.4 | 1.678 |
| 9 | 7.7 | 1.872 |
| 10 | 8.8 | 2.01 |
| 11 | -0.7 | 0.947 |
| 12 | -1.8 | 0.871 |
| 13 | -3 | 0.786 |
| 14 | -4.2 | 0.716 |
| 15 | -5.6 | 0.638 |
| 16 | -6.4 | 0.596 |
| 17 | -7 | 0.567 |
| 18 | -7.6 | 0.539 |
| 19 | -8.8 | 0.51 |

Pitch -4:

| | A roll | B relaatio |
|----|--------|------------|
| = | | |
| 1 | 0 | 1 |
| 2 | 1.1 | 1.272 |
| 3 | 2.2 | 1.682 |
| 4 | 3.4 | 2.263 |
| 5 | 4.6 | 3.156 |
| 6 | 5.5 | 4.353 |
| 7 | 6.1 | 5.518 |
| 8 | 7.1 | 9.614 |
| 9 | 7.9 | 19.667 |
| 10 | 8.6 | 36.85 |
| 11 | -0.5 | 0.898 |
| 12 | -1.3 | 0.744 |
| 13 | -2.5 | 0.563 |
| 14 | -3.6 | 0.415 |
| 15 | -4.7 | 0.305 |
| 16 | -5.8 | 0.2 |
| 17 | -6.5 | 0.146 |
| 18 | -7.7 | 0.06446 |
| 19 | -8.1 | 0.04207 |
| 20 | -8.5 | 0.02728 |

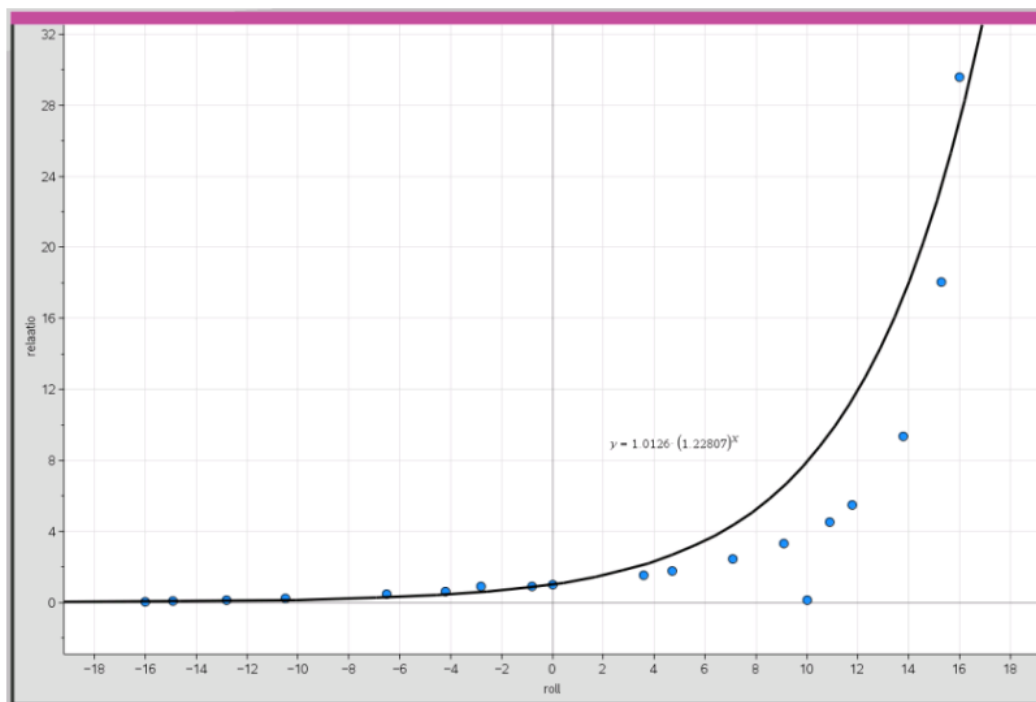
joissa:

roll = liikealustalta kokeiltu roll -kulma

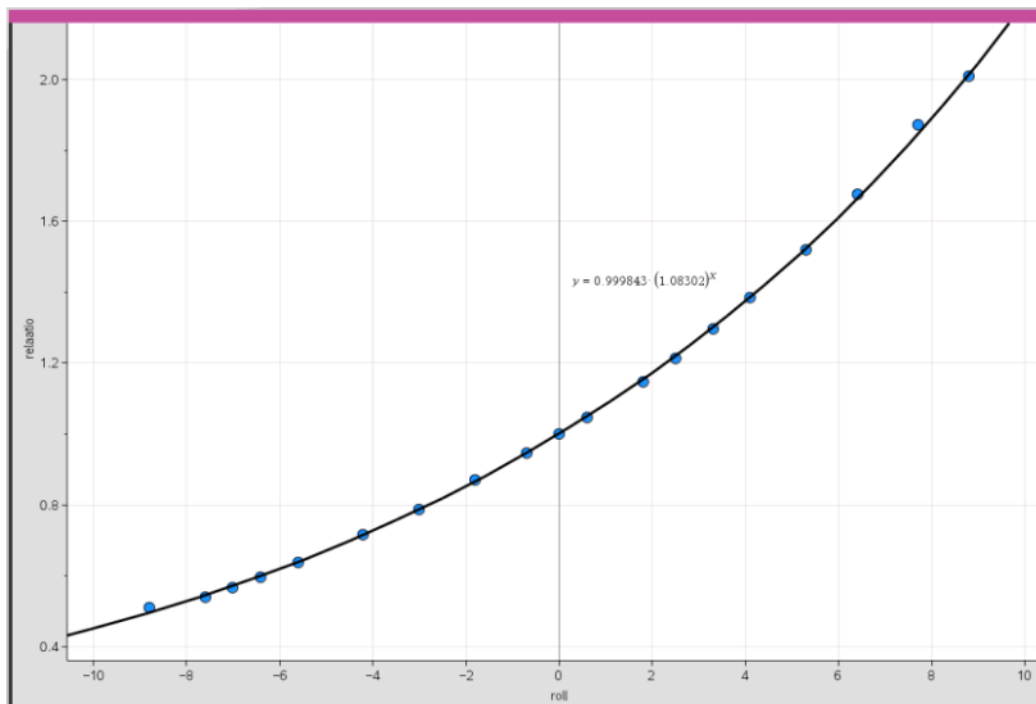
relaatio = liikealustalta saatujen moottorien pituuksien välinen suhde

Hyödyntäen luotuja datapisteitä, määritetään regressioanalysoimalla muuttujan R ja roll -arvojen välinen riippuvuus eri pitch -kulmissa:

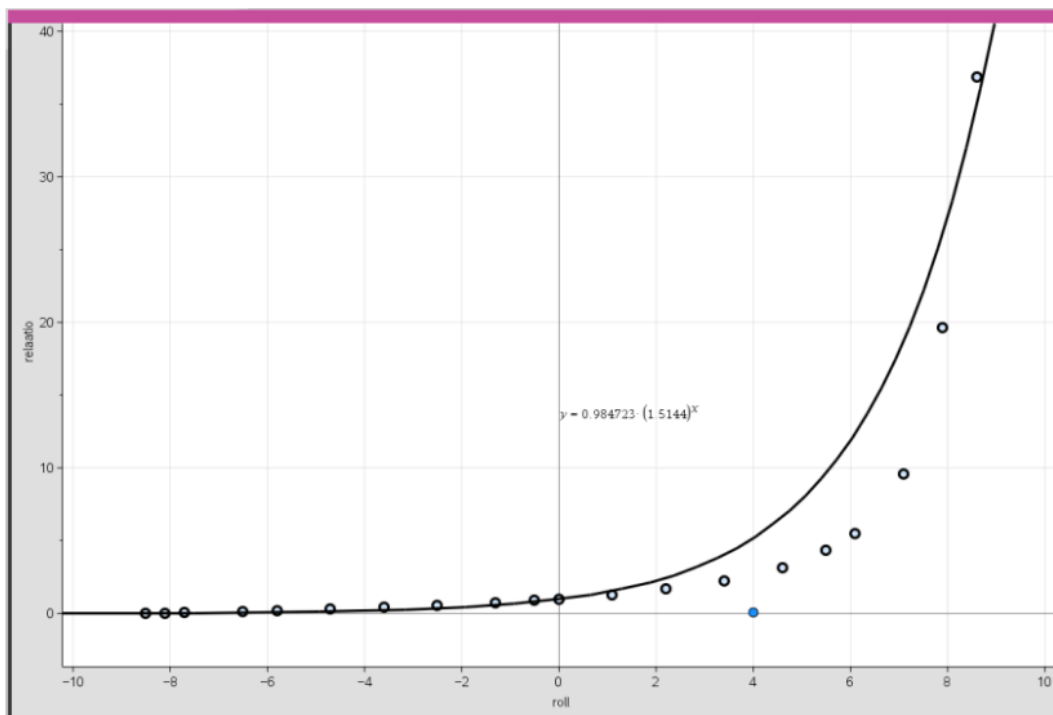
Pitch 0:



Pitch 4:



Pitch -4:



Toisen asteen yhtälö eri pitch -kulmissa:

Pitch 0:

$$y = 1,0126 \cdot (1,22807)^x$$

Pitch 4:

$$y = 0,999843 \cdot (1,08302)^x$$

Pitch -4:

$$y = 0,984723 \cdot (1,5144)^x$$

joissa:

$$y = \mathbf{relaatio} (R)$$

$$x = \mathbf{roll}$$

*Käytettävä yhtälö tulee valita pitch -kulman perusteella, esim.

$$\begin{cases} \text{pitch} < -2, & y = 0,984723 \cdot (1,5144)^x \\ -2 \leq \text{pitch} \leq 2, & y = 1,0126 \cdot (1,22807)^x \\ 2 < \text{pitch}, & y = 0,999843 \cdot (1,08302)^x \end{cases}$$

Alusta pystyy kallistumaan vähemmän sivusuunnassa, mitä enemmän se on kallistunut eteen tai taakse nolla-asennosta.

Luodaan datapisteitä roll -kulman maksimiarvoille, eri pitch kulmissa:

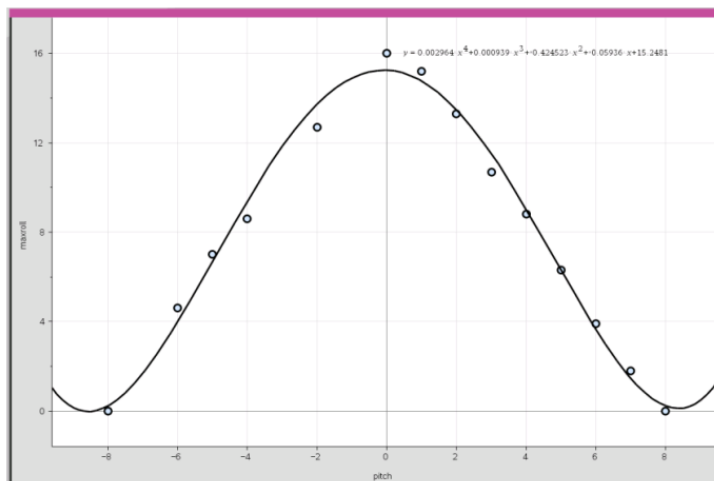
| | A maxroll | B pitch |
|----|-----------|---------|
| = | | |
| 1 | 16 | 0 |
| 2 | 15.2 | 1 |
| 3 | 13.3 | 2 |
| 4 | 10.7 | 3 |
| 5 | 8.8 | 4 |
| 6 | 6.3 | 5 |
| 7 | 3.9 | 6 |
| 8 | 1.8 | 7 |
| 9 | 0 | 8 |
| 10 | 0 | -8 |
| 11 | 4.6 | -6 |
| 12 | 7 | -5 |
| 13 | 8.6 | -4 |
| 14 | 12.7 | -2 |

jossa:

pitch = liikealustalta kokeiltu pitch -kulma

maxroll = pitch -kulmaa vastaava maksimi roll -kulma

Hyödyntäen luotuja datapisteitä, määritetään regressioanalysoimalla maksimi roll -kulmien ja pitch -kulmien välinen riippuvuus:



Neljännenn asteen yhtälö:

$$y = 0,002964 \cdot x^4 + 0,000939 \cdot x^3 - 0,424523 \cdot x^2 - 0,05936 \cdot x + 15,2481$$

jossa:

y = maksimi **roll** -kulma kyseisessä **pitch** -kulmassa

x = **pitch**