



### Fictief getijden stroming

In onderstaande vergelijking wordt een fictieve getijden stromingsrelatie opgesteld met het doel energiepotenties te berekenen uit de getijden werking gebaseerd op een DTP-systeem.

#### Invoer getijden data

Maangetij	$T_M := 27.3217 \text{ day}$
Hoeksnelheid maand	$\omega_M := \frac{2 \cdot \pi \text{ rad}}{T_M} = 0.549 \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$
Hoeksnelheid aarde	$\omega_A := 15.0411 \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$
Hoeksnelheid maan t.o.v. aarde	$\omega_{M.A} := \omega_A - \omega_M = 14.492 \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$
Hoeksnelheid dubbeldaags maangetij	$\omega_{M2} := 2 \cdot \omega_{M.A} = 28.984 \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$
Zongetij	$T_S := 365 \text{ day} + 6 \text{ hr} + 9 \text{ min} + 9.76 \text{ s} = 365.256 \text{ day}$
Hoeksnelheid zon	$\omega_S := \frac{2 \cdot \pi \text{ rad}}{T_S} = 0.041 \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$
Hoeksnelheid zon t.o.v. aarde	$\omega_{S.A} := \omega_A - \omega_S = 15 \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$
Dubbeldaags zon getij	$\omega_{S2} := 2 \cdot \omega_{S.A} = 30 \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$



Amplitude	$\Delta V_{\text{maan}}(V) := \frac{V \cdot 3.5}{4.5}$
Amplitude zon	$\Delta V_{\text{sun}}(V) := \frac{V}{4.5}$
Amplitude function Getijden functie	$V_{\text{get}}(t, V_m) := \Delta V_{\text{maan}}(V_m) \cdot \sin(\omega_{M2} \cdot t) + \Delta V_{\text{sun}}(V_m) \cdot \sin(\omega_{S2} \cdot t)$

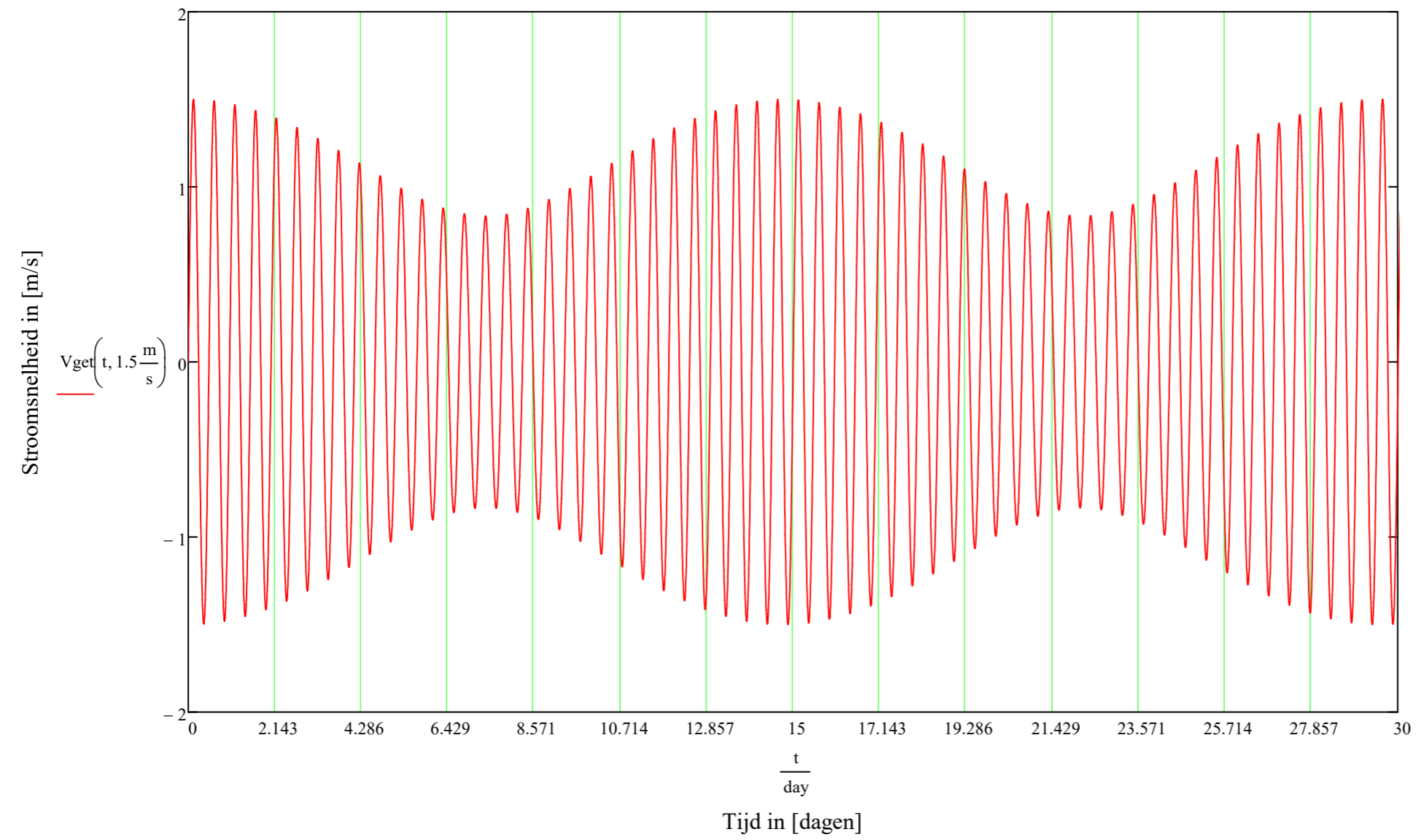
#### Opmerking

Bij de fictieve getijde stroming wordt er vanuit gegaan dat de amplitude van de maan een factor 3,5 groter is dan die van de zon.

t := 0,0.1hr.. 365day

start := 0day

Getijde stroming op basis van maan en zon bij maximum van 1.5m/s



## Vermogens en debieten

In dit rekenblad worden de vermogens en debieten berekend als functie van de damlengte en stroomsnelheden.

### Invoer basis gegevens

Soortelijke massa water	$\rho_{\text{water}} := 1023 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Valversnelling	$g = 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Lengte dam	$L_{\text{dam}} := \begin{pmatrix} 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \\ 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \end{pmatrix} \text{ km}$
Vergrotingsfactor voor Y-dam met 20km vleugels 45graden i.p.v. 10km vleugels bij 60graden uitgaande van een 40km dam	
Lengte vleugel	$L_{\text{vl}} := 20 \text{ km}$
Hoek vleugel	$\alpha_{\text{vl}} := 45 \text{ deg}$
Reeks t.b.v. lengtes	$i_{\text{r}} := 0, 1.. 8$
Reeks t.b.v. snelheden	$k_{\text{r}} := 0, 1.. 11$
Vergrotingsfactor	$K_{\text{ver}, i_{\text{r}}} := \frac{L_{\text{dam}, i_{\text{r}}} + 1 L_{\text{vl}} \cdot \sin(\alpha_{\text{vl}})}{L_{\text{dam}, i_{\text{r}}}} + 0.49$
Waterdiepte	$Z := 30 \text{ m}$
Maximum stroomsnelheid	$V_{\text{max}} := \begin{cases} i \leftarrow 0, 1.. 11 \\ \Delta V \leftarrow 0.2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ \text{for } j \in i \\ V_{\text{m}, j} \leftarrow (j + 1) \cdot \Delta V \\ V_{\text{m}} \end{cases}$

Effectieve fractie van het verval over de turbines

$$:a := 0.66$$

Rendement van de turbineinstallatie

$$:\eta := 85\%$$

Openingspercentage van een deels open dam

$$:b = 11.405\%$$

Verlies coefficient

$$:k_o := 1.85$$

Periode maangetij

$$:T_m := \frac{2 \cdot \pi}{\omega_{M2}} = 12.421 \text{ hr}$$

## Berekeningen van het verval, de debieten en de vermogens

Verval over een volledig gesloten dam

$$\begin{aligned} \Delta H_{\max} := & \begin{cases} i \leftarrow 0, 1..8 \\ k \leftarrow 0, 1..11 \\ \text{for } j \in i \\ \text{for } l \in k \\ H_{m,j,l} \leftarrow (4 \cdot 1.7\pi) \frac{K_{\text{ver},j} \cdot V_{\text{max},l} \cdot L_{\text{dam},j}}{2g \cdot T_m} \end{cases} \end{aligned}$$

Debiet door een deels open dam

$$\begin{aligned} Q_{\text{dam},o} := & \begin{cases} H_m \\ i \leftarrow 0, 1..8 \\ k \leftarrow 0, 1..11 \\ \text{for } j \in i \\ \text{for } l \in k \\ \text{if } a \leq 1 \\ Q_{j,l} \leftarrow 0 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \\ Q_{j,l} \leftarrow (Z \cdot L_{\text{dam},j}) K_{\text{ver},j} V_{\text{max},l} \left[ 1 + \left[ \frac{\Delta H_{\max,j,l} 2g \cdot T_m}{K_{\text{ver},j} (4 \cdot 1.7\pi) L_{\text{dam},j} \cdot b} \right]^2 \cdot \frac{k_o}{8 \cdot g \cdot (1-a) \cdot \Delta H_{\max,j,l}} \right]^{\frac{-1}{2}} \text{ if } a < 1 \end{cases} \end{aligned}$$

Verval over een deels open dam

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{dam},o} := & \begin{cases} Q \\ i \leftarrow 0, 1..8 \\ k \leftarrow 0, 1..11 \\ \text{for } j \in i \\ \text{for } l \in k \\ H_{o,j,l} \leftarrow \Delta H_{\max,j,l} \left[ 1 - \left[ \frac{Q_{\text{dam},o,j,l}}{(Z \cdot L_{\text{dam},j}) K_{\text{ver},j} V_{\text{max},l}} \right]^2 \right] \\ H_o \end{cases} \end{aligned}$$

Vermogen uit turbine bedrijf bij deels open dam

$$\begin{aligned} \text{Power}_{\text{max},o} := & \begin{cases} i \leftarrow 0, 1..8 \\ k \leftarrow 0, 1..11 \\ \text{for } j \in i \\ \text{for } l \in k \\ P_{o,j,l} \leftarrow \eta \cdot \rho_{\text{water}} \cdot g \cdot (a \cdot \Delta H_{\text{dam},o,j,l}) \cdot Q_{\text{dam},o,j,l} \\ P_o \end{cases} \end{aligned}$$

## Presentatie van berekende resultaten

Tabel met snelheden

	0
0	0.2
1	0.4
2	0.6
3	0.8
4	1
5	1.2
6	1.4
7	1.6
8	1.8
9	2
10	2.2
11	2.4

: Vmax =  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Tabel met damlengtes

(	20	)
	30	
	40	
	50	
	60	
	70	
	80	
	90	
	100	)

: Ldam = km

Vermogen bij 20km

: P<sub>20km<sub>kr</sub></sub> := Power<sub>max.o<sub>0</sub></sub>, kr

Vermogen bij 30 km

: P<sub>30km<sub>kr</sub></sub> := Power<sub>max.o<sub>1</sub></sub>, kr

Vermogen bij 40 km

: P<sub>40km<sub>kr</sub></sub> := Power<sub>max.o<sub>2</sub></sub>, kr

Vermogen bij 50 km

: P<sub>50km<sub>kr</sub></sub> := Power<sub>max.o<sub>3</sub></sub>, kr

Vermogen bij 60 km

: P<sub>60km<sub>kr</sub></sub> := Power<sub>max.o<sub>4</sub></sub>, kr

Vermogen bij 70 km

: P<sub>70km<sub>kr</sub></sub> := Power<sub>max.o<sub>5</sub></sub>, kr

Vermogen bij 80 km

: P<sub>80km<sub>kr</sub></sub> := Power<sub>max.o<sub>6</sub></sub>, kr

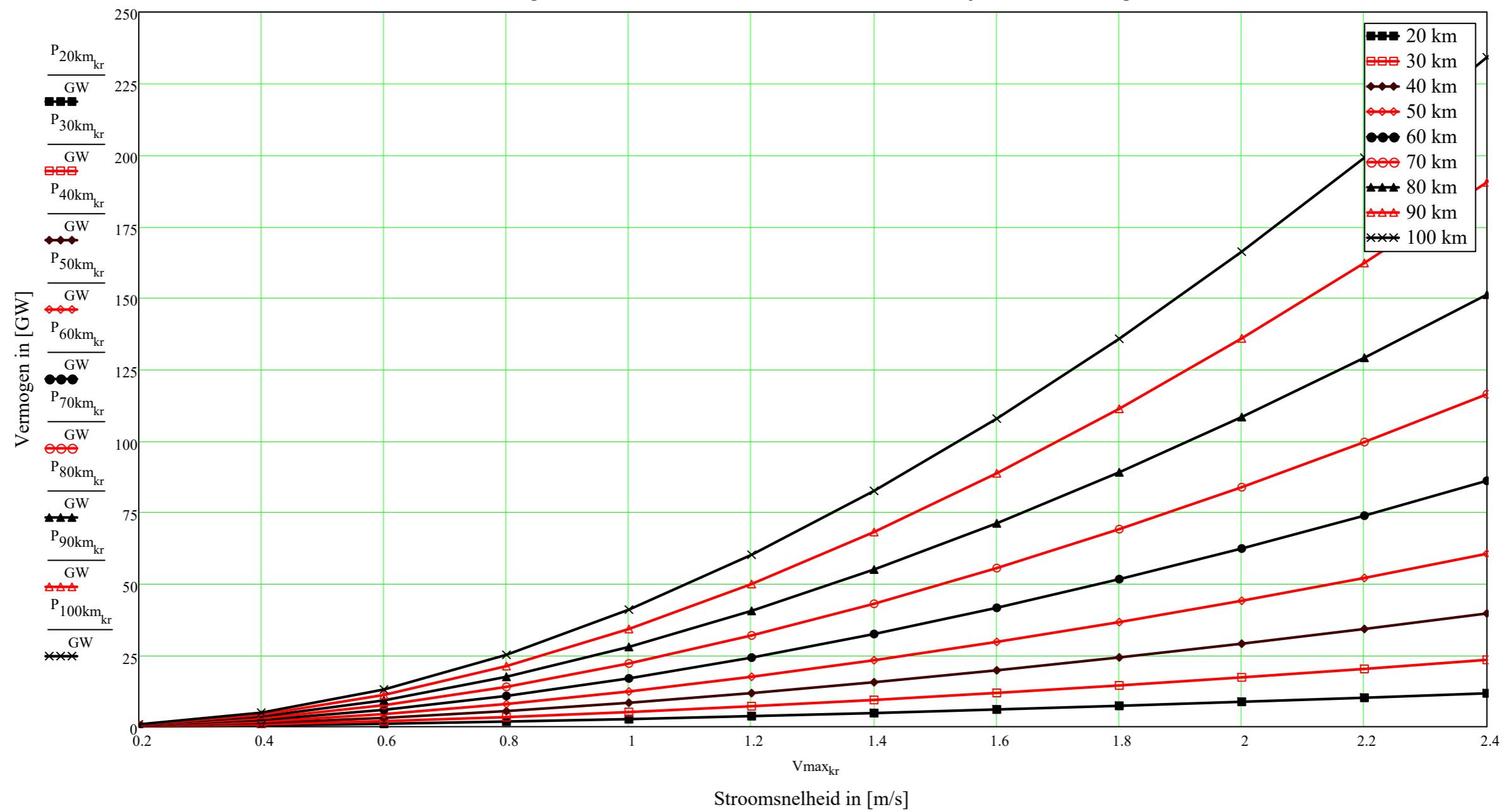
Vermogen bij 90 km

: P<sub>90km<sub>kr</sub></sub> := Power<sub>max.o<sub>7</sub></sub>, kr

Vermogen bij 100 km

: P<sub>100km<sub>kr</sub></sub> := Power<sub>max.o<sub>8</sub></sub>, kr

Vermogen uit dam als functie van de stroomsnelheid bij diverse damlengtes



## Berekeningen van de opbrengst.

Verval over een volledig gesloten dam als functie van de snelheid

$$:f\Delta H_{\max}(V) := \begin{array}{l} i \leftarrow 0, 1..8 \\ \text{for } j \in i \\ \quad | H_{m_j} \leftarrow 0.0000 \text{ m} \\ \quad | H_{m_j} \leftarrow (4 \cdot 1.7\pi) \frac{K_{\text{ver}_j} \cdot V \cdot L_{\text{dam}_j}}{2g \cdot T_m} \text{ if } V \neq 0 \end{array}$$

Debiet door een deels open dam als functie van de snelheid

$$:fQ_{\text{dam.o}}(V) := \begin{array}{l} H_m \\ i \leftarrow 0, 1..8 \\ \Delta H \leftarrow f\Delta H_{\max}(V) \\ \text{for } j \in i \\ \quad \text{if } a \leq 1 \\ \quad \quad | Q_j \leftarrow 0 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \\ \quad \quad | Q_j \leftarrow (Z \cdot L_{\text{dam}_j}) K_{\text{ver}_j} V \cdot \left[ 1 + \left[ \frac{2 \Delta H_j g \cdot T_m}{K_{\text{ver}_j} (4 \cdot 1.7\pi) L_{\text{dam}_j} \cdot b} \right]^2 \cdot \frac{k_o}{8 \cdot g \cdot (1 - a) \cdot \Delta H_j} \right]^{\frac{-1}{2}} \text{ if } a < 1 \end{array}$$

Verval over een deels open dam als functie van de stroomsnelheid

$$:f\Delta H_{\text{dam.o}}(V) := \begin{array}{l} Q \\ i \leftarrow 0, 1..8 \\ Q_d \leftarrow fQ_{\text{dam.o}}(V) \\ \Delta H \leftarrow f\Delta H_{\max}(V) \\ \text{for } j \in i \\ \quad | H_{o_j} \leftarrow 0 \\ \quad | H_{o_j} \leftarrow \Delta H_j \cdot \left[ 1 - \left[ \frac{Q_{d_j}}{(Z \cdot L_{\text{dam}_j}) K_{\text{ver}_j} V} \right]^2 \right] \text{ if } V \neq 0 \\ H_o \end{array}$$

Verm. uit turbine bij deels open dam als functie van de snelheid

$$:f\text{Power}_{\text{max.o}}(V) := \begin{array}{l} i \leftarrow 0, 1..8 \\ \Delta H \leftarrow f\Delta H_{\text{dam.o}}(V) \\ Q_d \leftarrow fQ_{\text{dam.o}}(V) \\ \text{for } j \in i \\ \quad P_{o_j} \leftarrow \eta \cdot \rho_{\text{water}} \cdot g \cdot (a \cdot \Delta H_j) \cdot Q_{d_j} \\ P_o \end{array}$$



Energie gegeven viciet getijdenstroom over een jaar

$$\begin{aligned}
 \text{: EPower}(Vm) := & \left| \begin{array}{l}
 i \leftarrow 0, 1.. 8 \\
 ie \leftarrow 0, 1.. 31 \cdot 24 \\
 \text{for } k \in ie \\
 Ee_k \leftarrow \text{fPower}_{\text{max.o}}(|V_{\text{get}}(k \cdot \text{hr}, Vm)|) \cdot 1\text{hr} \\
 \text{for } j \in i \\
 \text{for } k \in ie \\
 E_{j,k} \leftarrow (Ee_k)_j \\
 \text{for } j \in i \\
 ET_j \leftarrow \sum_{ie} |E_{j,ie}| \\
 12 \cdot ET
 \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

Jaaropbrengsten

$$\begin{aligned}
 \text{: Eopbr} := & \left| \begin{array}{l}
 i \leftarrow 0, 1.. 11 \\
 \text{for } j \in i \\
 DB_j \leftarrow \text{EPower}(V_{\text{max}_j}) \\
 DB
 \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

Produktie 20km dam

$$\text{: } E_{20\text{km}_{kr}} := (E_{\text{opbr}_{kr}})_0$$

Produktie 30km dam

$$\text{: } E_{30\text{km}_{kr}} := (E_{\text{opbr}_{kr}})_1$$

Produktie 40km dam

$$\text{: } E_{40\text{km}_{kr}} := (E_{\text{opbr}_{kr}})_2$$

Produktie 50km dam

$$\text{: } E_{50\text{km}_{kr}} := (E_{\text{opbr}_{kr}})_3$$

Produktie 60km dam

$$\text{: } E_{60\text{km}_{kr}} := (E_{\text{opbr}_{kr}})_4$$

Produktie 70km dam

$$\text{: } E_{70\text{km}_{kr}} := (E_{\text{opbr}_{kr}})_5$$

Produktie 80km dam

$$\text{: } E_{80\text{km}_{kr}} := (E_{\text{opbr}_{kr}})_6$$

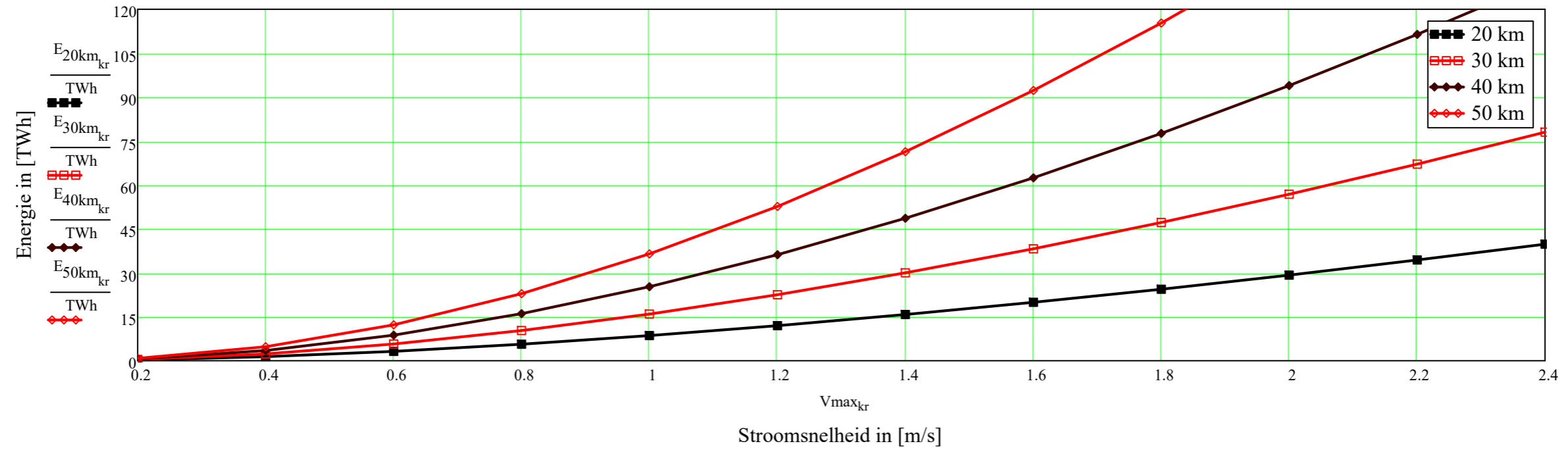
Produktie 90km dam

$$\text{: } E_{90\text{km}_{kr}} := (E_{\text{opbr}_{kr}})_7$$

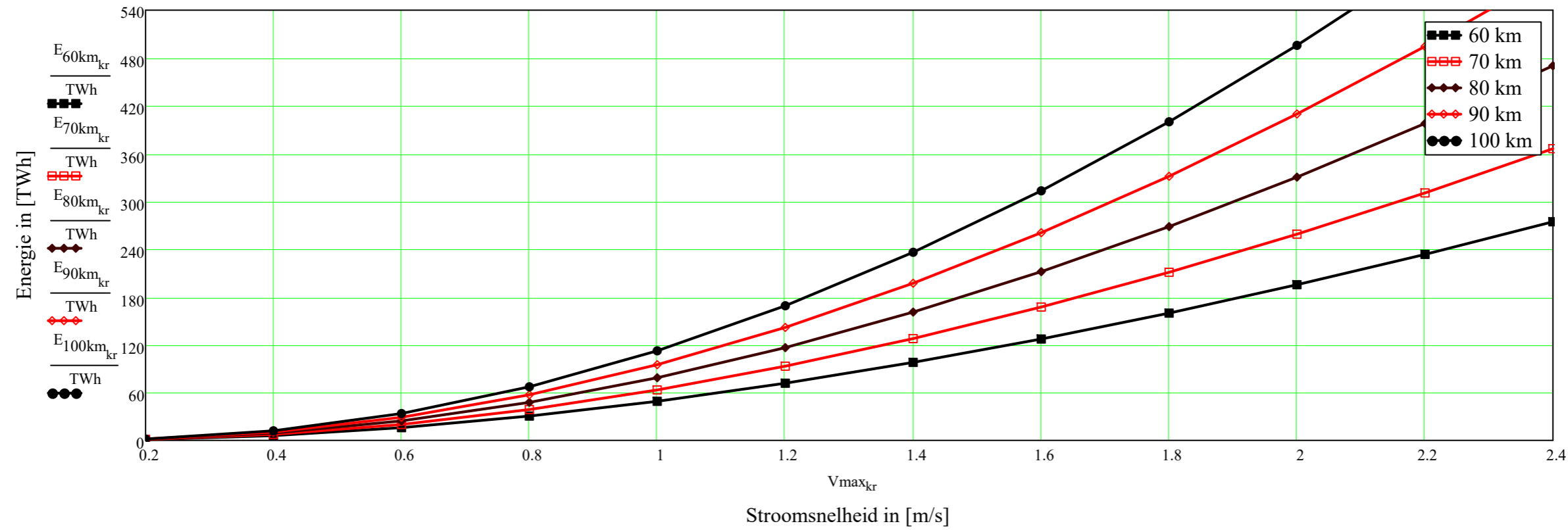
Produktie 100km dam

$$\text{: } E_{100\text{km}_{kr}} := (E_{\text{opbr}_{kr}})_8$$

Energie uit dam als functie van de stroomsnelheid bij diverse damlengtes



Energie uit dam als functie van de stroomsnelheid bij diverse damlengtes





Vermogen in [GW]										Opbrengst in [TWh]									
Vmax [m/s]	Lengte van de dam									Vmax [m/s]	Lengte van de dam								
	20 [km]	30 [km]	40 [km]	50 [km]	60 [km]	70 [km]	80 [km]	90 [km]	100 [km]		20 [km]	30 [km]	40 [km]	50 [km]	60 [km]	70 [km]	80 [km]	90 [km]	100 [km]
0,2	0,112	0,184	0,264	0,350	0,439	0,532	0,627	0,724	0,823	0,2	0,30	0,47	0,66	0,86	1,07	1,28	1,50	1,72	1,94
0,4	0,489	0,864	1,313	1,822	2,379	2,975	3,603	4,258	4,934	0,4	1,41	2,40	3,56	4,83	6,20	7,64	9,14	10,69	12,27
0,6	1,073	1,969	3,092	4,409	5,893	7,521	9,272	11,130	13,082	0,6	3,24	5,75	8,79	12,26	16,08	20,20	24,57	29,14	33,89
0,8	1,820	3,421	5,483	7,961	10,810	13,992	17,469	21,211	25,188	0,8	5,67	10,33	16,13	22,91	30,54	38,89	47,87	57,40	67,40
1	2,704	5,166	8,398	12,349	16,963	22,184	27,961	34,243	40,986	1	8,61	15,97	25,34	36,49	49,22	63,35	78,71	95,17	112,61
1,2	3,709	7,167	11,773	17,477	24,216	31,923	40,530	49,972	60,187	1,2	11,99	22,57	36,24	52,73	71,79	93,16	116,62	141,97	169,03
1,4	4,821	9,398	15,561	23,271	32,463	43,063	54,993	68,173	82,527	1,4	15,79	30,03	48,66	71,40	97,93	127,95	161,15	197,29	236,11
1,6	6,031	11,838	19,725	29,671	41,617	55,488	71,198	88,656	107,772	1,6	19,95	38,27	62,49	92,31	127,39	167,37	211,90	260,64	313,29
1,8	7,333	14,471	24,236	36,631	51,610	69,101	89,015	111,256	135,722	1,8	24,46	47,24	77,62	115,31	159,95	211,15	268,48	331,57	400,04
2	8,719	17,284	29,071	44,112	62,383	83,821	108,339	135,837	166,207	2	29,28	56,89	93,96	140,26	195,42	259,00	330,57	409,68	495,88
2,2	10,185	20,267	34,209	52,083	73,890	99,581	129,077	162,279	199,075	2,2	34,41	67,18	111,45	167,05	233,62	310,72	397,88	494,59	600,37
2,4	11,728	23,410	39,634	60,517	86,089	116,323	151,151	190,481	234,198	2,4	39,82	78,07	130,02	195,58	274,42	366,11	470,14	585,98	713,10

$$b = 11.405 \%$$

$$K_{\text{ww}} := \frac{3.2}{(15\%)^2} = 142.222$$

$$k_o = 1.85$$

$$\left(\frac{1.85}{K}\right)^{0.5} = 11.405\%$$

Oppervlak turbines

$$:A_{\text{turb}} := L_{\text{dam}_2} \cdot Z \cdot b = 1.369 \times 10^5 \text{ m}^2$$

Diameter rotor

$$:D_{\text{turb}} := 8 \text{ m}$$

Aantal turbines bij 40km dam

$$:N_{\text{turb}} := \frac{A_{\text{turb}}}{\frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{turb}}^2} = 2723$$

Lengte dam over de vleugels gemeten

$$:L_{\text{vol}_{\text{ir}}} := L_{\text{dam}_{\text{ir}}} + 2 \cdot L_{\text{vl}} \cdot \sin(\alpha_{\text{vl}})$$

Lengte dam volledig

$$:L_{\text{vol}} = \begin{pmatrix} 48.284 \\ 58.284 \\ 68.284 \\ 78.284 \\ 88.284 \\ 98.284 \\ 108.284 \\ 118.284 \\ 128.284 \end{pmatrix} \cdot \text{km}$$

Lengte dam met turbines

$$:L_{\text{dam}} = \begin{pmatrix} 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \\ 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \end{pmatrix} \cdot \text{km}$$