



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

PŘÍLOHA B HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

ATECHMENT B: HYDROTECHNICAL CALCULATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Adéla Komárková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. EVA HYÁNKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021

Výpočet průtoků

Rohelnice

1. Určení Q_a

Plocha povodí
Průměrný roční úhrn srážek
Průměrná roční teplota

A=	32.139 km ²
P=	600 mm
T=	8.5 °C

Specifický odtok z povodí

$$q_a = 80,009 \cdot A^{-0,0068} \cdot P^{0,1226} \cdot T^{-0,1582} - 118,36$$

$$q_a = 3.67 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$$

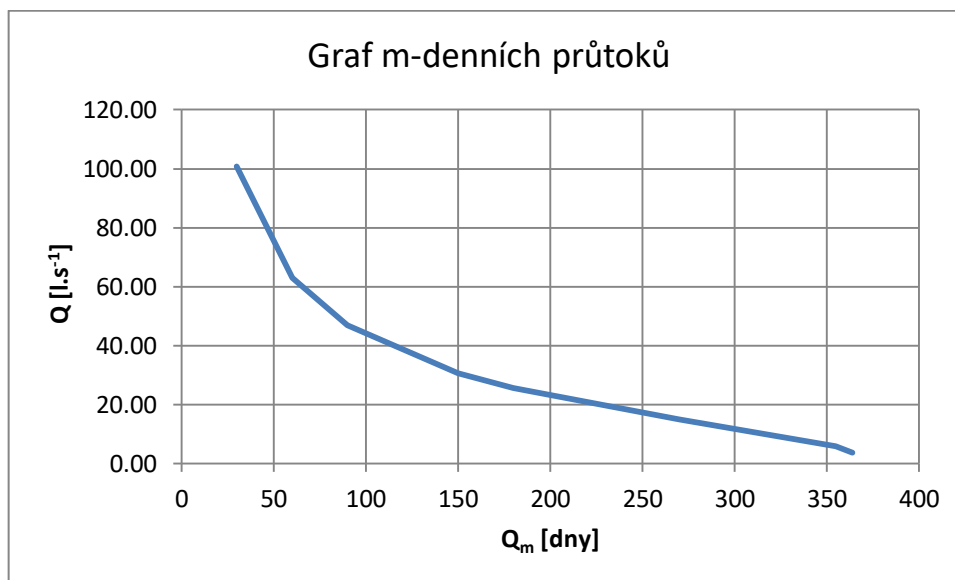
Průměrný dlouhodobý roční průtok

$$Q_a = 10^{-3} \cdot q_a \cdot A$$

$$Q_a = 0.118 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

2. M-denní průtoky – z procenta Q_a

m	30	60	90	150	180	270	355	364
%Qa	224	140	104	68	57	33	13	8
Průtoky [l.s ⁻¹]	100.79	62.99	46.79	30.60	25.65	14.85	5.85	3.60



3. N-leté průtoky

Čerkašin:

$$Q_{100} = \frac{24,7 \cdot \beta \cdot v_s^{\frac{2}{3}} \cdot S_p}{\psi \cdot L^{\frac{2}{3}}}$$

kde:

L – délka údolí v km od profilu až k rozvodnici,
 v_s – střední rychlost dobíhání v závisl. na spádu a zalesnění,
 ψ – koeficient vyjadřující závislost velikosti kulminace na tvaru povodí, (1 až 1,75),
 β – objemový součinitel odtoku stoleté povodňové vlny (mapa izoliní β - Čerkašin),
 S_p – plocha povodí.

Postup výpočtu:

a) Určení průměrného sklonu údolnice toku

$$J = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L}$$

kde:

J – průměrný sklon údolnice toku

ΔH – rozdíl maximální a minimální kóty údolnice dělený její délkou

H_{\max} , H_{\min} – maximální, minimální kóta údolnice

L – délka údolnice

[-]

[m]

[m n. m.]

[m]

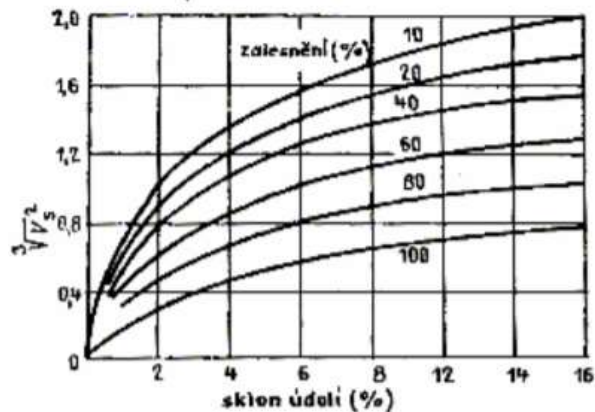
H_{\max}	455	m n. m.
H_{\min}	247	m n. m.
L	16054	m
J	0.013	[-]

b) Izolinie objemového součinitele odtoku

$C_{\text{obj.}}$	0.5	[-]
-------------------	-----	-----

c) Průměrná rychlost stékání vody v závislosti na zalesnění dle Čerkašina
zalesnění 40%

v_s	0.32	m.s^{-1}
-------	------	-------------------



d) Výpočet doby koncentrace

$$t = \frac{L}{v_s}$$

kde:

t – doba koncentrace

[min]

L – délka údolnice toku

[m]

v_s – střední rychlost doběhu

[m/s]

L	16054	m
v_s	0.32	m.s^{-1}
t	836.15	min

e) Stanovení trvání kritického deště

$$t' = t$$

kde:

h – úhrn srážek za kritickou dobu trvání deště

[mm]

t' – kritická doba trvání deště

[min]

t'	836.15	min
------	--------	-----

f) Výpočet úhrnu za dobu trvání kritického deště

$$h = 14,5 \cdot \sqrt[3]{t'}$$

kde:

h – úhrn srážek za kritickou dobu trvání deště

[mm]

t' – kritická doba trvání deště

[min]

t'	836.15	min
h	136.60	mm

g) Výpočet objemu spadlých srážek

kde: V_o – objem vody odtokly uzávěrovým profilem [m³]
 V_s – objem srážek spadlých na povodí [m³]
 $C_{obj.}$ – objemový součinitel odtoku [-]

$$V_s = h \cdot P$$

h	136.60	mm
P	32139000	m ²
V_s	4390302	m³

h) Výpočet objemu vody odtoklého uzávěrovým profilem

kde: Q_{100} – maximální povodňový průtok [m³/s]
 $C_{obj.}$ – objemový součinitel odtoku [-]
 v – střední rychlost doběhu [m/s]
 P – plocha povodí [m²]
 L – délka údolnice toku [m]
 p – koeficient určený z tvaru povodí dle přílohy "Příloha 3 – Koeficient tvaru p".
Plocha se dosazuje v km² a délka údolnice v km.

$$V_o = V_s \cdot C_{obj.}$$

V _s	4390302	m ³
C _{obj.}	0.5	[-]
V_o	2195151	m³

i) Výpočet maximálního povodňového průtoku

kde: Q_{100} – maximální povodňový průtok [m³/s]
 $C_{obj.}$ – objemový součinitel odtoku [-]
 v – střední rychlost doběhu [m/s]
 P – plocha povodí [m²]
 L – délka údolnice toku [m]
 p – koeficient určený z tvaru povodí dle přílohy "Příloha 3 – Koeficient tvaru p".
Plocha se dosazuje v km² a délka údolnice v km.

$$Q_{100} = \frac{24,7 \cdot C_{obj.} \cdot v^{2/3} \cdot P}{p \cdot \sqrt{L^2}}$$

C _{obj.}	0.5	[-]
vs	0.32	m.s ⁻¹
P	32.139	km ²
p	1.1	[-]
L	16054	m
Q₁₀₀	26.53	m³.s⁻¹

j) Výpočet trvání průchodu povodně

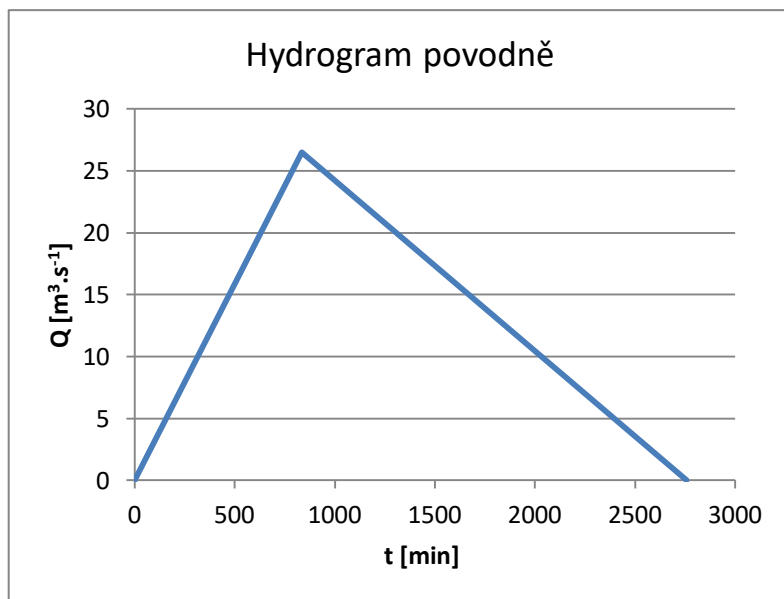
kde: τ – délka trvání průchodu povodně [min]
 V_o – objem vody odtokly uzávěrovým profilem [m³]
 Q_{100} – maximální povodňový průtok [m³/s]

$$\tau = \frac{2 \cdot V_o}{Q_{100}}$$

V _o	2195150.88	m ³
Q ₁₀₀	26.53	m ³ .s ⁻¹
τ	165504.55	s
τ	2758.41	min

k) Hydrogram povodně

t [min]	0	836.15	2758.41
Q [m ³ .s ⁻¹]	0	26.53	0



I) Pořadnice čáry opakování

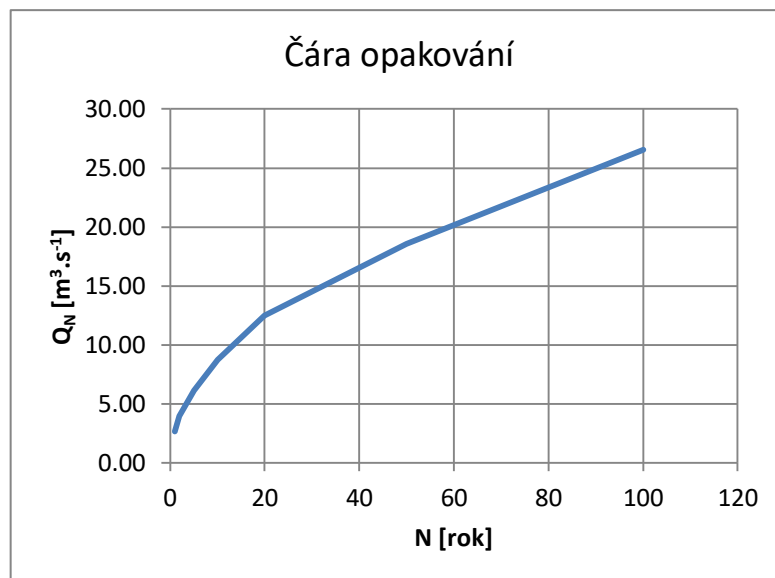
$$Q_N = Q_{100} \cdot \alpha_N$$

kde: Q_N – maximální povodňový průtok dosažený za N let [m³/s]
 Q_{100} – maximální povodňový průtok [m³/s]
 α_N – koeficient závislosti na sklonu a zalesněnosti povodí určený z přílohy "Příloha 4 – Výpočet pořadnic čáry opakování – součinitel α_N " [-]

	1	2	3	4
N let	Strmá povodí nezalesněná (extrémní podle Duba)	Částečně nezalesněná 30 až 60% svažité	Zalesněná 60 až 80% mírně svažité	Částečně zalesněná (extrémní podle Bratránka)
1	0.06	0.10	0.14	0.18
2	0.08	0.15	0.21	0.29
5	0.13	0.23	0.33	0.44
10	0.21	0.33	0.45	0.55
20	0.34	0.47	0.60	0.67
50	0.62	0.70	0.81	0.84
100	1	1	1	1

Tab. 4.17 – Součinitel α_N podle Bratránka

N [rok]	1	2	5	10	20	50	100
α_N [-]	0.1	0.15	0.23	0.33	0.47	0.7	1
Q_N [m³.s⁻¹]	2.65	3.98	6.10	8.75	12.47	18.57	26.53



Doubravka

4. Určení Q_a

Plocha povodí

Průměrný roční úhrn srážek

Průměrná roční teplota

A=	16.5 km ²
P=	600 mm
T=	8.5 °C

Specifický odtok z povodí

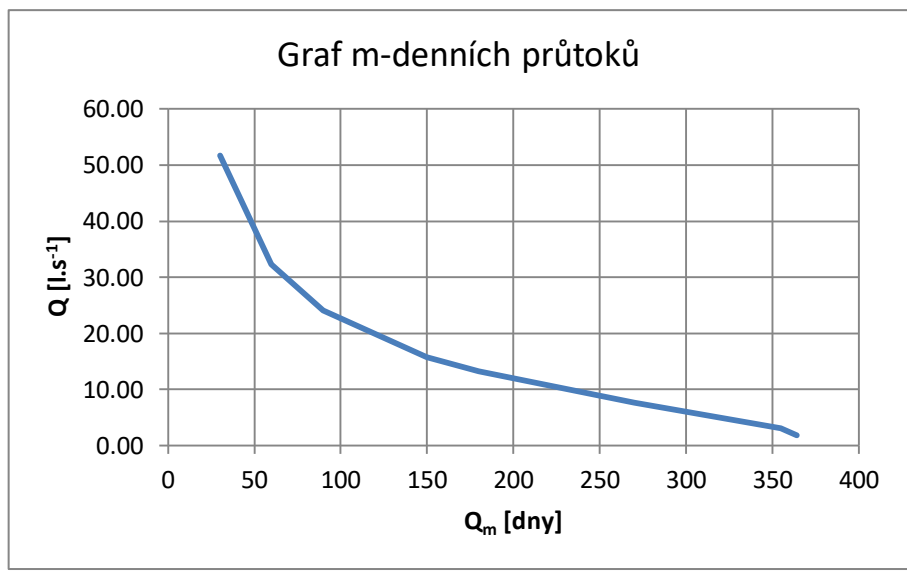
$$q_a = 4.22 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$$

Průměrný dlouhodobý roční průtok

$$Q_a = 0.070 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$$

5. M-denní průtoky – z procenta Q_a

m	30	60	90	150	180	270	355	364
%Q _a	224	140	104	68	57	33	13	8
Průtoky [l.s ⁻¹]	51.74	32.34	24.02	15.71	13.17	7.62	3.00	1.85



6. N-leté průtoky

Postup výpočtu:

a) Určení průměrného sklonu údolnice toku

H_{\max}	396	m n. m.
H_{\min}	249	m n. m.
L	10804	m
J	0.014	[-]

b) Izolinie objemového součinitele odtoku

$c_{\text{obj.}}$	=	0.5	[-]
-------------------	---	-----	-----

c) Průměrná rychlost stékání vody v závislosti na zalesnění dle Čerkašina
zalesnění 40%

v_s	=	0.32	$m.s^{-1}$
-------	---	------	------------

d) Výpočet doby koncentrace

L	10804	m
v_s	0.32	$m.s^{-1}$
t	562.71	min

e) Stanovení trvání kritického deště

t'	562.71	min
------	--------	-----

f) Výpočet úhrnu za dobu trvání kritického deště

t'	562.71	min
h	119.71	mm

g) Výpočet objemu spadlých srážek

h	119.71	mm
P	16500000	m ²
V_s	1975209.03	m³

h) Výpočet objemu vody odteklého uzávěrovým profilem

V _s	1975209.03	m ³
C _{obj.}	0.5	[-]
V_o	987604.51	m³

i) Výpočet maximálního povodňového průtoku

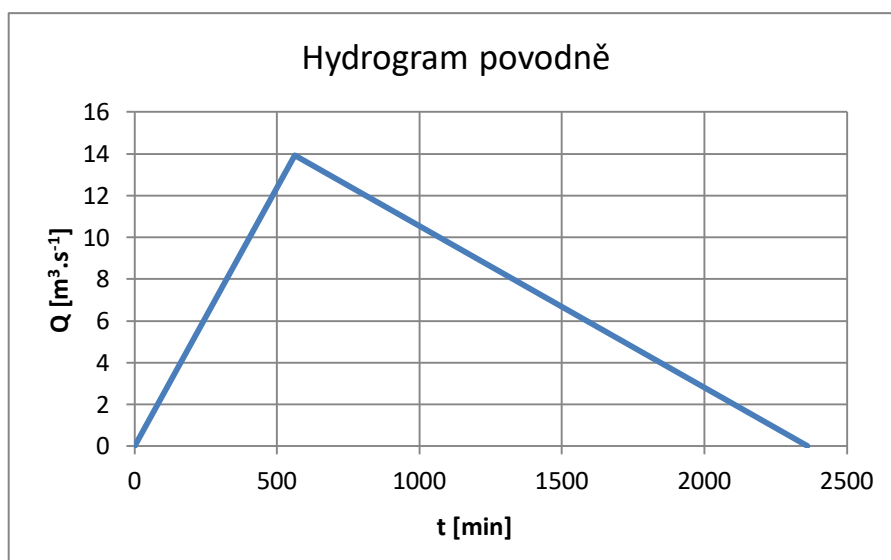
C _{obj.}	0.5	[-]
v _s	0.32	m.s ⁻¹
P	16.5	km ²
p	1.4	[-]
L	10804	m
Q₁₀₀	13.93	m³.s⁻¹

j) Výpočet trvání průchodu povodně

V _o	987604.51	m ³
Q ₁₀₀	13.93	m ³ .s ⁻¹
τ	141757.68	s
τ	2362.63	min

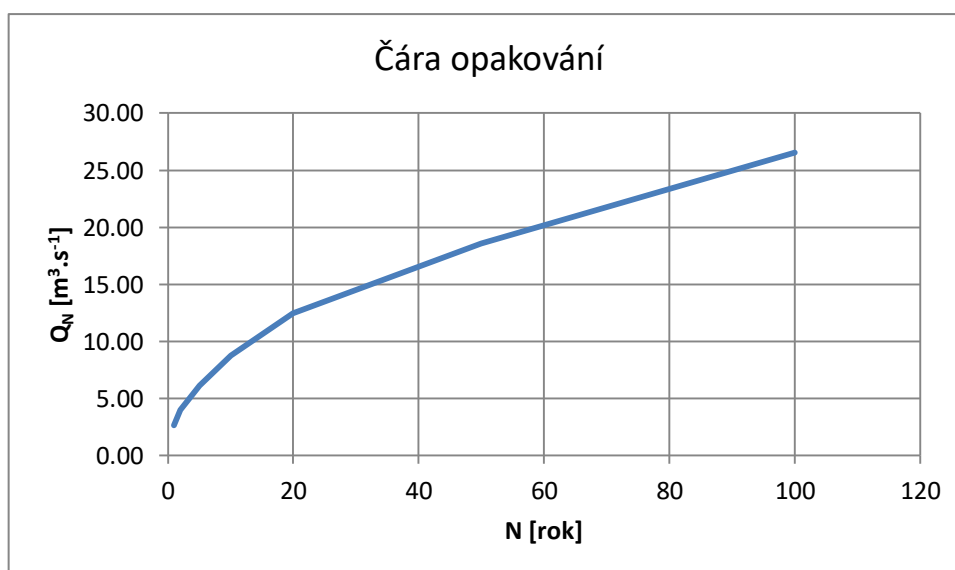
k) Hydrogram povodně

t [min]	0	562.71	2362.63
Q [m ³ .s ⁻¹]	0	13.93	0



l) Pořadnice čáry opakování

N [rok]	1	2	5	10	20	50	100
$\alpha_N [-]$	0.1	0.15	0.23	0.33	0.47	0.7	1
$Q_N [m^3.s^{-1}]$	1.39	2.09	3.20	4.60	6.55	9.75	13.93



Výpočet kapacity koryta

Postup výpočtu

1. Výpočet plochy koryta S a omočeného obvodu O
2. Výpočet hydraulického poloměru R

$$R = \frac{A}{O} \quad [m]$$

3. Výpočet střední průřezové rychlosti C

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \quad [m^{0,5} \cdot s^{-1}]$$

4. Výpočet rychlosti pomocí Chézyho rovnice v

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad [m \cdot s^{-1}]$$

5. Výpočet průtoků Q

$$Q = A \cdot v \quad [m^3 \cdot s^{-1}]$$

Kapacita stávajícího koryta

Rohelnice

Drsnost

n = 0.025 [-]

Sklon nivelety dna

i = 0.013 [-]

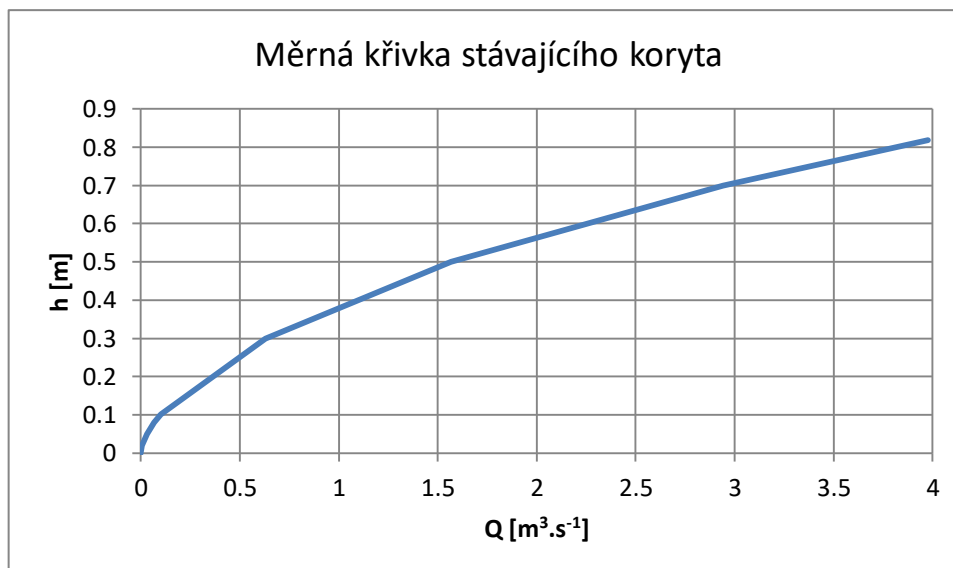
Poměr výšky k šířce (1:1)

m = 1 [-]

Šířka dna koryta

b = 1 m

h [m]	S [m ²]	O [m]	R [m]	n [-]	C [m ^{0.5} ·s ⁻¹]	v [m·s ⁻¹]	Q [m ³ ·s ⁻¹]
0	0	0	0	0.025	0	0	0
0.02	0.020	1.057	0.019	0.025	20.718	0.328	0.007
0.05	0.053	1.141	0.046	0.025	23.943	0.585	0.031
0.08	0.086	1.226	0.070	0.025	25.707	0.778	0.067
0.10	0.110	1.283	0.086	0.025	26.562	0.887	0.098
0.10	0.112	1.288	0.087	0.025	26.638	0.897	0.101
0.30	0.390	1.849	0.211	0.025	30.863	1.616	0.63
0.50	0.750	2.414	0.311	0.025	32.919	2.092	1.57
0.70	1.190	2.980	0.399	0.025	34.326	2.473	2.94
0.82	1.487	3.314	0.449	0.025	35.000	2.673	3.98



	h [m]	v [m.s ⁻¹]	Q [m ³ .s ⁻¹]
Q_{30d}	0.10	0.897	0.101
Q₂	0.82	2.673	3.98

Doubravka

Drsnost

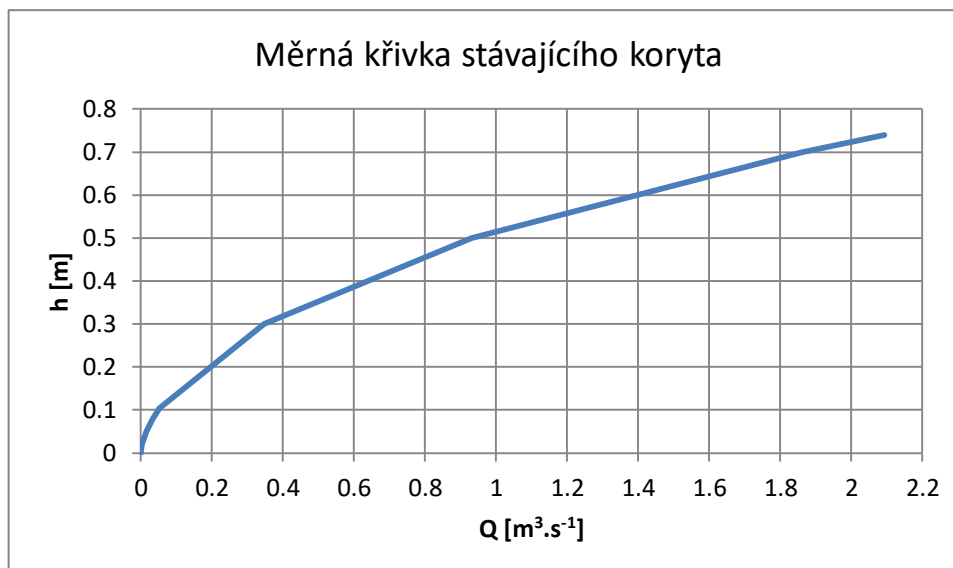
Sklon nivelety dna

Poměr výšky k šířce (1:1)

Šířka dna koryta

n =	0.025	[-]
i =	0.014	[-]
m =	1	[-]
b =	0.5	m

h [m]	S [m ²]	O [m]	R [m]	n [-]	C [m ^{0.5} .s ⁻¹]	v [m.s ⁻¹]	Q [m ³ .s ⁻¹]
0	0	0	0	0.025	0	0	0
0.02	0.010	0.557	0.019	0.025	20.605	0.321	0.003
0.05	0.028	0.641	0.043	0.025	23.664	0.559	0.015
0.08	0.046	0.726	0.064	0.025	25.291	0.729	0.034
0.10	0.060	0.783	0.077	0.025	26.070	0.823	0.049
0.10	0.062	0.791	0.078	0.025	26.173	0.836	0.052
0.30	0.240	1.349	0.178	0.025	30.000	1.443	0.35
0.50	0.500	1.914	0.261	0.025	31.981	1.864	0.93
0.70	0.840	2.480	0.339	0.025	33.396	2.216	1.86
0.74	0.918	2.593	0.354	0.025	33.641	2.282	2.09



	h [m]	v [m.s ⁻¹]	Q [m ³ .s ⁻¹]
Q_{30d}	0.10	0.836	0.052
Q₂	0.74	2.282	2.09

Kapacita navrženého koryta

Rohelnice úsek HM_ROH_001

KYNETA

Q_{30d} = 100.79 l.s⁻¹ 0.101 m³.s⁻¹

Drsnost	n =	0.025	[-]
Sklon nivelety dna	i =	0.0021	[-]
Poměr výšky k šířce (1:4)	m =	4	[-]
Šířka dna koryta	b =	0.4	m

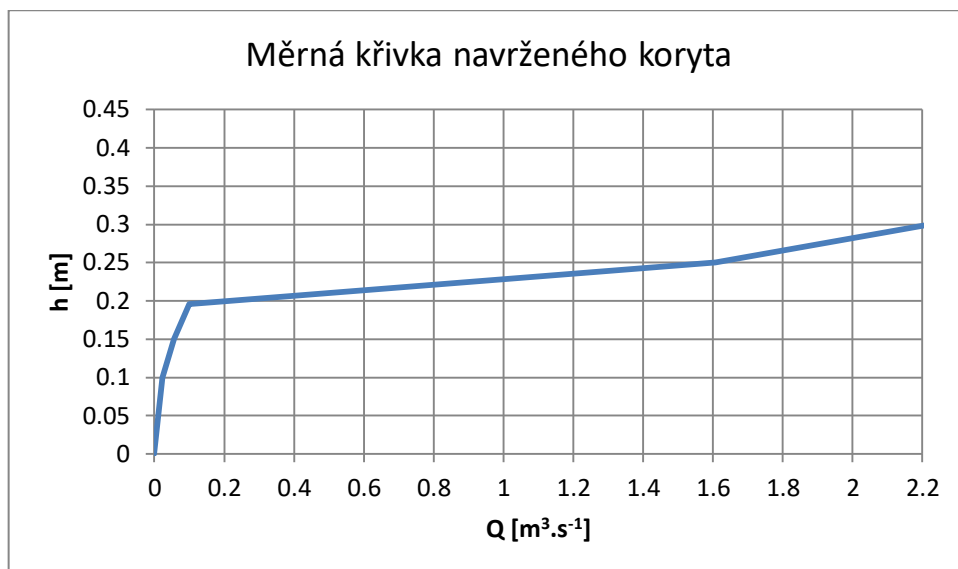
BERMA

Q₂ = 3.98 m³.s⁻¹

Drsnost	n =	0.025	[-]
Sklon nivelety dna	i =	0.0021	[-]
Poměr výšky k šířce (1:8)	m =	8	[-]
Šířka dna koryta	b =	2	m

h [m]	S [m²]	O [m]	R [m]	n [-]	C [m ^{0.5} .s ⁻¹]	v [m.s ⁻¹]	Q [m³.s ⁻¹]
0	0	0.400	0.0000	0.025	0.000	0.000	0.000
0.1	0.08	1.225	0.0653	0.025	25.385	0.297	0.024
0.15	0.15	1.637	0.0916	0.025	26.858	0.373	0.056
0.20	0.23	2.02	0.12	0.03	27.90	0.43	0.101
0.250	1.23	8.05	0.15	0.03	29.26	1.31	1.608
0.300	1.55	8.85	0.18	0.03	29.92	1.43	2.217
0.350	1.91	9.66	0.20	0.03	30.54	1.55	2.962

0.400	2.31	10.47	0.22	0.03	31.10	1.67	3.853
0.41	2.37	10.57	0.22	0.03	31.17	1.68	3.98



	h [m]	v [m.s ⁻¹]	Q [m ³ .s ⁻¹]
Q_{30d}	0.20	0.434	0.101
Q₂	0.41	1.682	3.98

Doubravka úsek HM_DOUB_002

KYNETA

Q_{30d} = 51.74 l.s⁻¹ 0.052 m³.s⁻¹

Drsnost	n =	0.025	[-]
Sklon nivelety dna	i =	0.007	[-]
Poměr výšky k šířce (1:4)	m =	4	[-]
Šířka dna koryta	b =	0.2	m

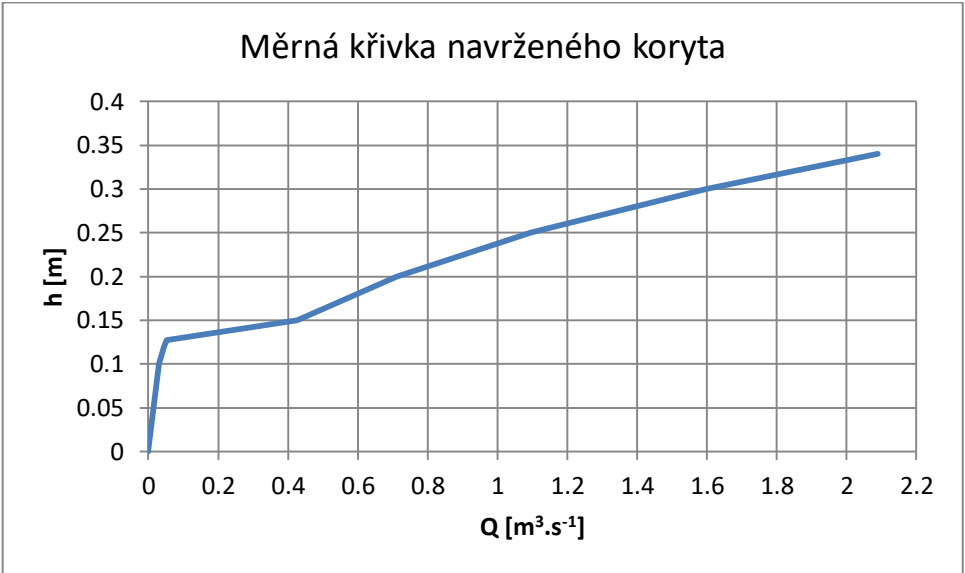
BERMA

Q₂ = 2.09 m³.s⁻¹

Drsnost	n =	0.025	[-]
Sklon nivelety dna	i =	0.007	[-]
Poměr výšky k šířce (1:8)	m =	8	[-]
Šířka dna koryta	b =	1.24	m

h [m]	S [m ²]	O [m]	R [m]	n [-]	C [m ^{0.5} .s ⁻¹]	v [m.s ⁻¹]	Q [m ³ .s ⁻¹]
0	0	0	0	0.025	0	0	0
0.10	0.06	1.025	0.0586	0.025	24.926	0.505	0.030
0.12	0.0816	1.190	0.0686	0.025	25.592	0.561	0.046
0.13	0.09	1.25	0.07	0.03	25.81	0.58	0.052

0.150	0.46	4.91	0.09	0.03	26.92	0.94	0.427
0.200	0.66	5.71	0.12	0.03	27.90	1.08	0.710
0.250	0.90	6.52	0.14	0.03	28.76	1.22	1.096
0.300	1.18	7.32	0.16	0.03	29.51	1.35	1.598
0.34	1.44	7.97	0.18	0.03	30.06	1.46	2.09



	h [m]	v [m.s ⁻¹]	Q [m ³ .s ⁻¹]
Q_{30d}	0.13	0.580	0.052
Q_2	0.34	1.455	2.09