

KIK/37 TARLISKA GÓRNEJ RABY UTRZYMANIE RZEK GÓRSKICH

MONITORING DYNAMICZNEJ RÓWNOWAGI KORYT

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ SZWAJCARIĘ W RAMACH SZWAJCARSKIEGO
PROGRAMU WSPÓŁPRACY Z NOWYMI KRAJAMI CZŁONKOWSKIMI UNII EUROPEJSKIEJ



REGIONALNY ZARZĄD
GOSPODARKI WODNEJ
W KRAKOWIE

Naturalna rzeka = brak ryzyka powodzi. Wzorców naturalnej rzeki szukać należy na innych kontynentach

fot. Marcin Sułkowski



Rzeki europejskie – zabudowa hydroenergetyczna = ryzyko powodzi *fot. Krzysztof Więclaw*



Powodzie o charakterze zatapiającym

ograniczanie powierzchni zalewu

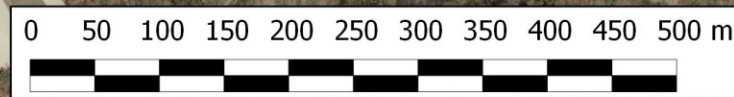


Powodzie o charakterze niszczącym

ograniczanie lub unikanie erodującego działania wody



Identyfikacja położenia koron bystrzy



1:5000



Tabela 12. Szacunkowe obliczenia spadków, szerokości i głębokości koryta Krzczonówki dla wody brzegowej 67% wg równań Thorne'a-Hey'a (1996) dla swobodnie migrujących koryt żwirowych

Uziarnienie jak w przekroju górnym										
Dane					Wyniki obliczeń dla 1 do 5% zarośli					Moc strumienia
Q ₅₀	Q ₆₇	Q _s	D ₅₀	D ₈₄	W	d	d _m	z	S	ω
44	33	14	0,046	0,083	19,1	1,13	1,65	121	0,00411	70
	33	10	0,046	0,083	19,1	1,13	1,65	121	0,00397	67
	33	5	0,046	0,083	19,1	1,13	1,65	121	0,00371	63
	33	1	0,046	0,083	19,1	1,13	1,65	121	0,00315	53
	33	0,1	0,046	0,083	19,1	1,13	1,65	121	0,00251	42
Uziarnienie jak w przekroju dolnym										
Dane					Wyniki obliczeń dla 1 do 5% zarośli					Moc strumienia
Q ₅₀	Q ₆₇	Q _s	D ₅₀	D ₈₄	W	d	d _m	z	S	ω
44	33	14	0,054	0,130	19,1	1,11	1,77	121	0,00590	100
	33	10	0,054	0,130	19,1	1,11	1,77	121	0,00571	97
	33	5	0,054	0,130	19,1	1,11	1,77	121	0,00532	90
	33	1	0,054	0,130	19,1	1,11	1,77	121	0,00453	77
	33	0,1	0,054	0,130	19,1	1,11	1,77	121	0,00360	61
Pożądane uziarnienie dla zachowania spadku koryta w równowadze										
Dane					Wyniki obliczeń dla 1 do 5% zarośli					Moc strumienia
Q ₅₀	Q ₆₇	Q _s	D ₅₀	D ₈₄	W	d	d _m	z	S	ω
44	33	14	0,054	0,181	19,1	1,11	1,98	121	0,00777	132
	33	10	0,054	0,188	19,1	1,11	2,01	121	0,00777	131
	33	5	0,054	0,204	19,1	1,11	2,07	121	0,00777	132
	33	1	0,054	0,247	19,1	1,11	2,21	121	0,00777	132
	33	0,1	0,054	0,325	19,1	1,11	2,44	121	0,00777	132
Możliwe spadki dla uziarnienia takiego, jak materiał odstrzelony w kamieniołomie										
Dane					Wyniki obliczeń dla 1 do 5% zarośli					Moc strumienia
Q ₅₀	Q ₆₇	Q _s	D ₅₀	D ₈₄	W	d	d _m	z	S	ω
44	33	14	0,130	0,380	19,1	1,00	1,57	121	0,01343	227
	33	10	0,130	0,380	19,1	1,00	1,57	121	0,01298	220
	33	5	0,130	0,380	19,1	1,00	1,57	121	0,01211	205
	33	1	0,130	0,380	19,1	1,00	1,57	121	0,01031	175
	33	0,1	0,130	0,380	19,1	1,00	1,57	121	0,00819	139

Symulacja warunków równowagi według wzorów Thorne'a – Hey'a dla potoku Krzczonówka poniżej kaskady do mostu drogowego „zakopianki”.

Dla uziarnienia powierzchniowej warstwy żwirów jak dla materiału odstrzelonego w kamieniołomie – równowaga zachowana jest dla każdych ilości transportowanego rumowiska.



$S = 0,00777$

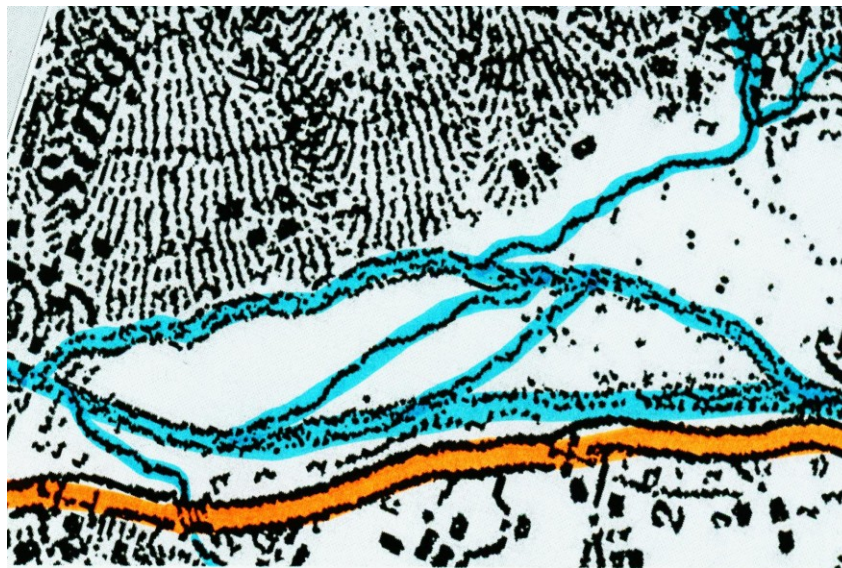
$W \geq 19,0 \text{ m},$

$z = 120 \text{ m},$

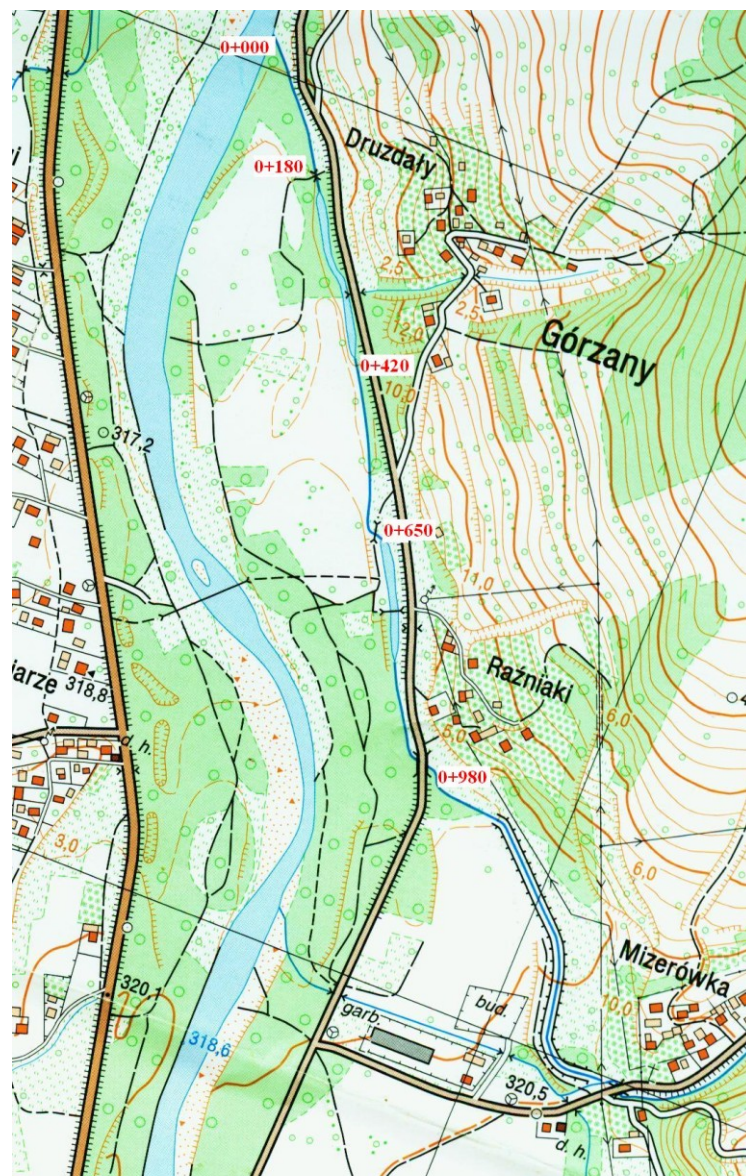
Głębokość
średnia bystrza:
 $1,0 \text{ m},$

Maksymalna
głębokość na
bystrzu: $1,6 \text{ m}.$

Porównanie historycznych map z początku i końca XX wieku ukazujące przekształcenie dawnego koryta Raby w obecny przyujściowy odcinek potoku Krzywiczanka



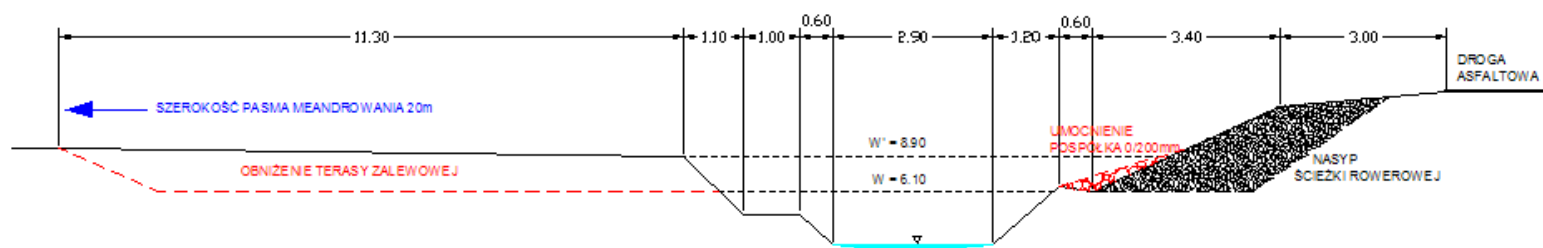
Lokalizacja odcinka i wybranych przekrojów potoku Krzywiczanka



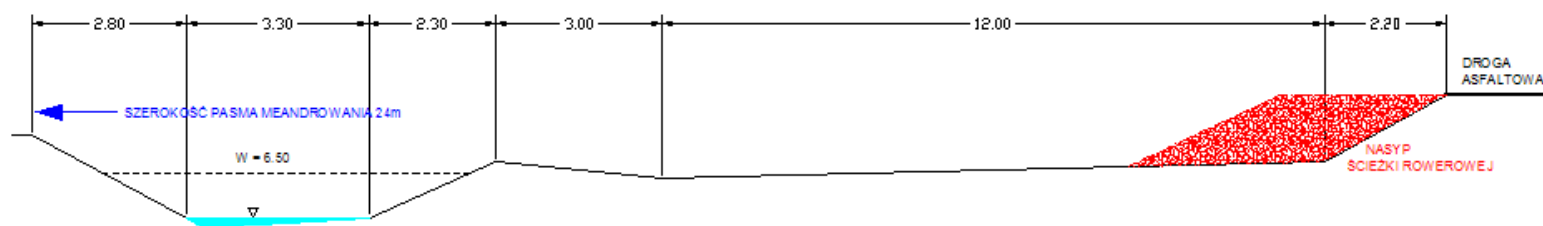
Dane do obliczeń i wymiary przekroju na bystrzu:	Zastosowane dane i wyniki obliczeń równań Hey – Thorne’a		Dane terenowe i wyniki obliczeń przepływu, prędkości i jednostkowej mocy strumienia brzegowego dla przekroji:				
			0+980 Nad mostem drewnianym	0+650 Bród przy skrzyżowaniu na Górzany	0+420 Ostatnie bystrze w Górzanach		0+180 Pierwsze Bystrze w Druzdalach
					oryginalne	zawężone	
Przepływ brzegowy Q [m³/s]	5,70		5,45	5,97	5,91	16,00	5,47
Mediana rozkładu uziarnienia w warstwie opancerzenia dna D₅₀ [m]	0,026		0,030	0,019	0,032		0,022
84 percentyl rozkładu uziarnienia w warstwie opancerzenia dna D₈₄ [m]	0,050		0,046	0,042	0,060		0,050
Szerokość wody brzegowej RW		6,74	6,00	8,50	6,10	8,90	6,50
Głębokość średnia bystrza Rd		0,58	0,68	0,58	0,73	1,06	0,64
Głębokość maksymalna Rd_m		0,92	0,90	0,70	1,00	1,70	0,95
Spadek S		0,0092	0,0085	0,0080	0,0080		0,0085
Odległość koron bystrzy z [m]		41,1	Jedno bystrze od 0+980 do 0+930	Na odcinku 0+650 do 0+420 37, 42, 50, 51, 50			Od 0+000 do 0+180: 40, 34, 40, 36, 30
Prędkość średnia wody brzegowej V [m s ⁻¹]		-	1,34	1,21	1,32	1,70	1,32
Jednostkowa moc strumienia ω W [m ⁻²]		76	76	55	76	141	70

Q50%= 4,8 [m³/s],
Q67%= 4,3 [m³/s],
Q10%= 18,9 [m³/s]

POTOK KRZYWICZANKA 0+420



POTOK KRZYWICZANKA 0+180





Zalecenia dotyczące poprawy stanu technicznego budowli regulacyjnych Raby (Bojarski i in. 2006)

- Na podstawie symulacji wykonanej za pomocą równań równowagi koryt naturalnych Thorne'a – Hey'a okazało się, że przy malejącej dostawie rumowiska wleczonego i zachowaniu średniego uziarnienia dna koryta jak określono w projekcie, konieczne staje się znaczne zwiększenie maksymalnych średnic rumowiska, które opisywane kwantylem 84-procentowym powinno wynosić do 0,275 m na odcinku o spadku 0,4% i do 0,205 m na odcinku o spadku 0,3%, podczas gdy wielkość ta pomierzona w korycie Raby wynosiła około 100 do 150mm.
- Określono ponadto z powyższych równań, że odstęp między bystrzami (przemiałami) powinien wynosić nieco powyżej 300 m. Dokonano identyfikacji położenia tworzących się naturalnie bystrzy i wykazano kilka lokalizacji, gdzie brak bystrzy powodował skupienie nurtu przy jednym z brzegów koryta na bardzo dużej długości

Zalecenia dotyczące poprawy stanu technicznego budowli regulacyjnych Raby (Bojarski i in. 2006)

Kryteria oceny przekroji na koronach bystrzy i maksymalna głębokość plosa na odcinku od ujścia Krzczonówki do jazu w Myślenicach		
Odcinek:	Parametr:	Kryterium:
od ujścia Krzczonówki do ujścia Trzebuńki	Szerokość zwierciadła wody brzegowej na koronie bystrza	Min. 50 m
	Średnia głębokość przekroju bystrza ($D_{84} = 0,16$ m)	Max. 1,85 m
	Maksymalna głębokość na bystrzu ($D_{84} = 0,16$ m)	3,90 m
	Maksymalna głębokość plosa	4,60 m
od ujścia Trzebuńki do jazu w Myślenicach	Szerokość zwierciadła wody brzegowej na koronie bystrza	Min. 54 m
	Średnia głębokość przekroju bystrza ($D_{84} = 0,16$ m)	Max 2,00 m
	Maksymalna głębokość na bystrzu ($D_{84} = 0,16$ m)	4,50 m
	Maksymalna głębokość plosa	5,35 m

Zalecenia dotyczące poprawy stanu technicznego budowli regulacyjnych Raby (Bojarski i in. 2006)



Zalecenia dotyczące poprawy stanu technicznego budowli regulacyjnych Raby (Bojarski i in. 2006)



W roku 2007 i w roku 2010 sugerowano podniesienie koron bystrzy poniżej ujęcia wody w Myślenicach. W roku 2010 przedstawiono propozycję wypełnienia wyboi w koronach bystrzy według poniższego uzasadnienia:

Rzeka Raba: stan istniejący

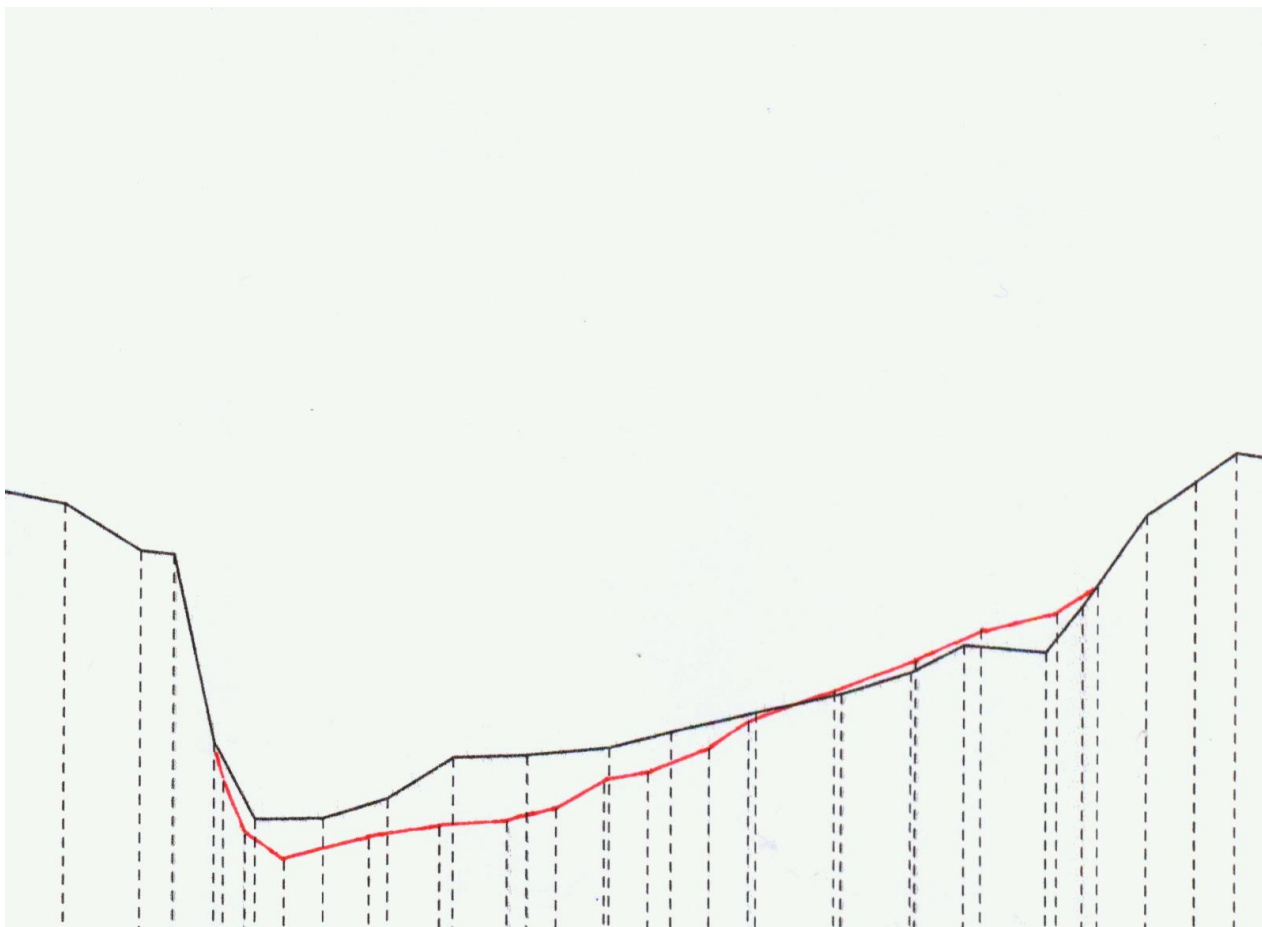
nr	km	Hb	Hn	S	W	A	Rd	Rd _{max}	U	n	R	V	QB	ω
1A	72+773,43	283,93	280,58	0,0026	57,41	115,14	2,01	3,35	58,07	0,055	1,98	1,46	168,51	75
1C	72+473,95	283,29	280,45	0,0026	53,82	121,66	2,26	2,84	56,98	0,055	2,14	1,54	187,07	89
1E	72+152,00	282,50	279,49	0,0026	57,71	123,19	2,13	3,01	60,21	0,055	2,05	1,49	184,11	81
0	71+867,02	281,55	279,39	0,0026	52,80	89,36	1,69	2,16	54,44	0,055	1,64	1,29	115,30	56

Rzeka Raba: wyboje wypełnione

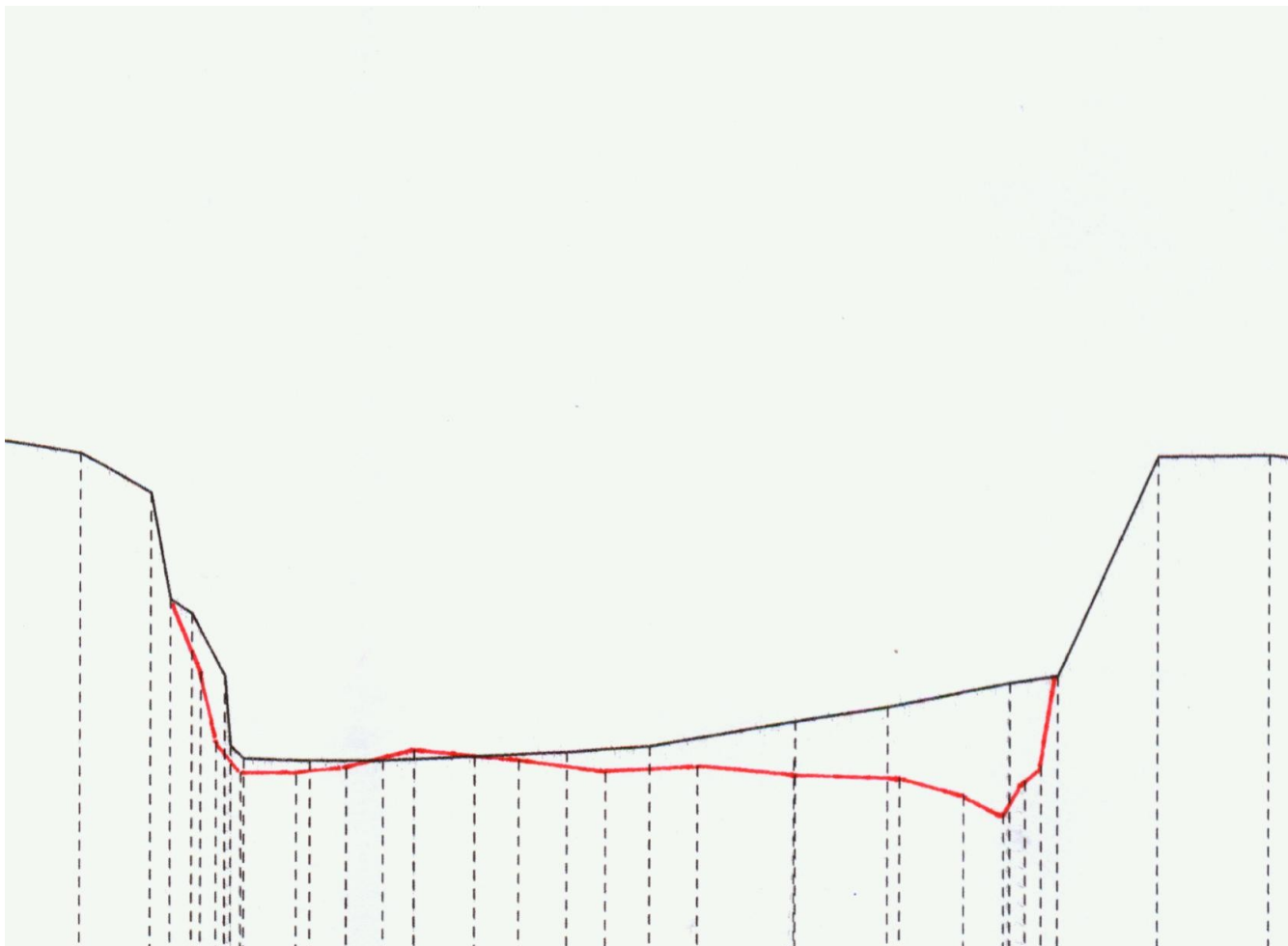
nr	km	Hb	Hn	S	W	A	Rd	Rd _{max}	U	n	R	V	QB	ω
1A	72+773,43	283,93	281,64	0,0027	57,41	100,83	1,76	2,29	58,00	0,055	1,74	1,37	137,75	64
1C	72+473,95	283,29	281,20	0,0027	53,82	91,00	1,69	2,09	56,00	0,055	1,63	1,31	118,85	58
1E	72+152,00	282,50	280,40	0,0027	57,71	99,34	1,72	2,10	60,00	0,055	1,66	1,32	131,37	60
0	71+867,02	281,55	279,39	0,0027	52,80	89,36	1,69	2,16	54,44	0,055	1,64	1,31	117,49	59

Na następnych slajdach przedstawiono ewolucję erozji częściowo uregulowanego koryta Raby w Myślenicach, po przejściu kilku wezbrań o stosunkowo małym prawdopodobieństwie występowania.

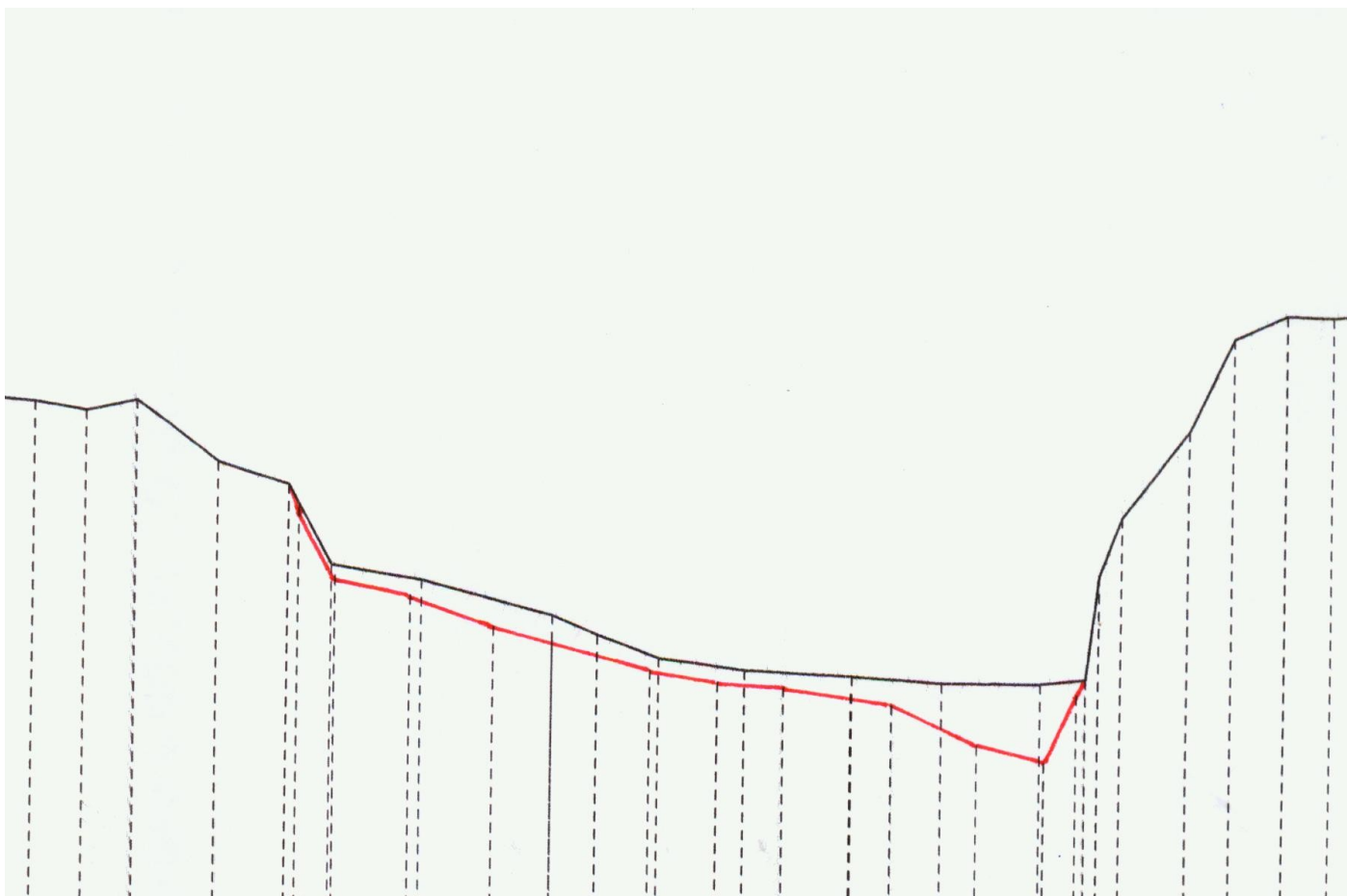
Ograniczenie erozji koryta Raby w Myślenicach poprzez podwyższenie koron naturalnych bystrzy (Jeleński 2010)



Ograniczenie erozji koryta Raby w Myślenicach poprzez podwyższenie koron naturalnych bystrzy (Jeleński 2010)



Ograniczenie erozji koryta Raby w Myślenicach poprzez podwyższenie koron naturalnych bystrzy (Jeleński 2010)



Ograniczenie erozji koryta Raby w Myślenicach poprzez podwyższenie koron naturalnych bystrzy (Jeleński 2010)

Parametry monitoringu wcinania się naturalnych bystrzy w uregulowanym korycie Raby w Myślenicach, lata 2007-2011						
Stan koron naturalnych bystrzy pomierzony w lipcu 2007			Stan koron naturalnych bystrzy			
Kilometr	Parametr	Wartość:	Kilometr:	Parametr:	Wartość w zimie:	
					2009/10	2010/11
72+780	w	55,0	72+773,43	w	57,41	57,40
	F	91		F	115,14	124,29
	d	1,65		d	2,01	2,17
	d _{max}	2,40		d _{max}	3,35	3,79
	D ₅₀	0,07		D ₅₀	0,07	0,07
	D ₈₄	0,18		D ₈₄	0,20	0,21
72+500	w	56,5	72+473,95	w	53,82	53,82
	F	145		F	121,66	141,94
	d	1,65		d	2,26	2,64
	d _{max}	3,20		d _{max}	2,86	3,37
	D ₅₀	0,07		D ₅₀	0,05	0,06
	D ₈₄	0,13		D ₈₄	0,11	0,14
72+150	w	57,0	72+152	w	59,87	59,88
	F	110		F	123,83	137,30
	d	1,93		d	2,07	2,29
	d _{max}	2,95		d _{max}	3,01	3,89
	D ₅₀	0,06		D ₅₀	0,07	0,06
	D ₈₄	0,10		D ₈₄	0,13	0,14
Wartości głębokości średniej i maksymalnej wynikające z równań równowagi dla przepływu brzegowego Q _{67%} :				d _{bystrza}	1,70	
				d _{max bystrza}	2,29	

Zabezpieczenie chodnika wzdłuż drogi wojewódzkiej nr 958 w Rabie Wyżnej (Jeleński 2009)



Zabezpieczenie chodnika wzdłuż drogi wojewódzkiej nr 958 w Rabie Wyżnej (Jeleński 2009)



Zabezpieczenie chodnika wzdłuż drogi wojewódzkiej nr 958 w Rabie Wyżnej (Jeleński 2009)



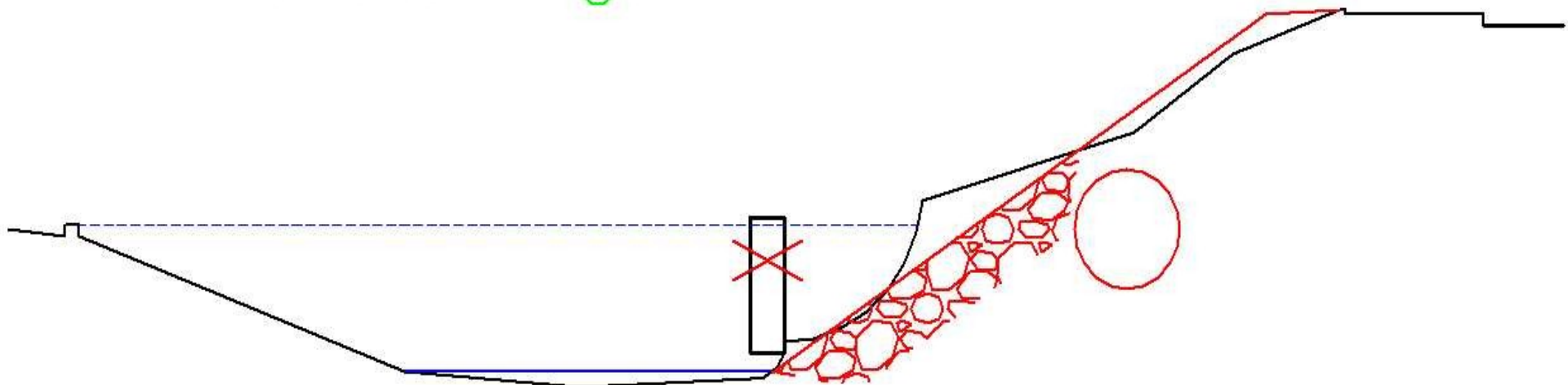
Zabezpieczenie chodnika wzdłuż drogi wojewódzkiej nr 958 w Rabie Wyżnej (Jeleński 2009)

Porównanie wymiarów przekroji rzeczywistych z obliczonymi z równań Thorne'a – Hey'a

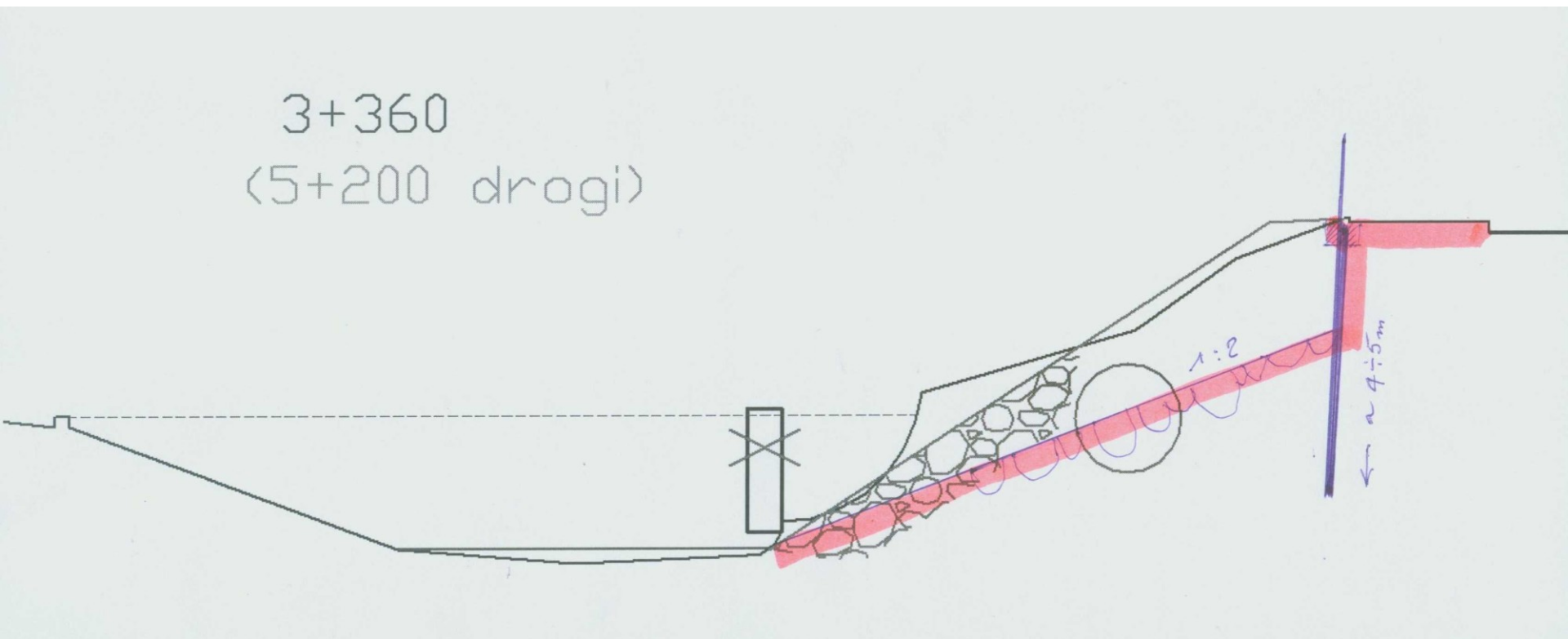
	Średni spadek koryta S	Szerokość lustra wody brzegowej w'	Powierzchnia przekroju wody brzegowej F'	Głębokość d'	Obliczona szerokość lustra wody brzegowej w	Obliczona głębokość średnia na odcinku d
Km:		m	m²	m	m	m
1+260	0,0125	10,93	11,62	1,06	8,8	0,80
2+960	0,0125	9,84	16,02	1,63		
3+341	0,0100	8,56	7,73	0,90	9,3	0,81
3+360	0,0100	11,88	16,48	1,39		
3+378	0,0100	8,79	13,00	1,48		
3+450	0,0100	11,32	21,10	1,86		

Zabezpieczenie chodnika wzdłuż drogi wojewódzkiej nr 958 w Rabie Wyżnej (Jeleński 2009)

3+360
(5+200 drogi)



Zabezpieczenie chodnika wzdłuż drogi wojewódzkiej nr 958 w Rabie Wyżnej (Jeleński 2009)



Zabezpieczenie chodnika wzdłuż drogi wojewódzkiej nr 958 w Rabie Wyżnej (Jeleński 2009)



Zabezpieczenie chodnika wzdłuż drogi wojewódzkiej nr 958 w Rabie Wyżnej (Jeleński 2009)

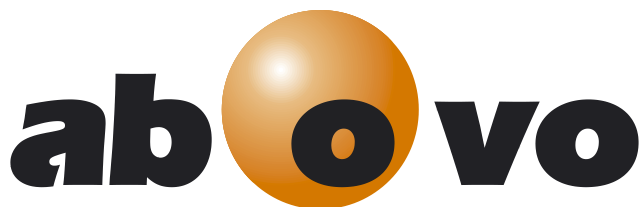
- zacieśnienie przebiegu potoku doprowadziło do jego wcięcia w dno doliny (typ koryta zbliżony do G według typologii Rosgena), co z kolei było przyczyną nadmiernej erozji bocznej, powodującej osunięcia skarp brzegów potoku,
- porównanie wykazuje mniej więcej odpowiednią szerokość pomierzonych przekroi koryt oraz znaczne ich przegłębienie (erozję), średnio o ok. 0,57 m, a w rejonie rozpatrywanym o ok. 0,77 m w stosunku do wielkości obliczonych dla stanu równowagi,
- **pas terenu przeznaczony dla potoku jest zbyt wąski i dlatego w planie zagospodarowania przestrzennego powinno się przewidzieć ograniczenie zabudowy na właściwej szerokości.**
- **potok Raba można zakwalifikować jako „*ciek kamienisty przy zewnętrznych ograniczeniach koryta i doliny niestabilny i wykazujący tendencję do transformacji w koryto skalne* ($\omega \geq 300 \text{ W/m}^2$).**

**Dziękujemy za uwagę.
Zapraszamy ponownie.**

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ SZWAJCARIĘ W RAMACH SZWAJCARSKIEGO
PROGRAMU WSPÓŁPRACY Z NOWYMI KRAJAMI CZŁONKOWSKIMI UNII EUROPEJSKIEJ

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ STOWARZYSZENIE „AB OVO”

Stowarzyszenie Ab Ovo
30-418 Kraków, ul. Zakopiańska 58
www.tarliskagornejraby.pl



**REGIONALNY ZARZĄD
GOSPODARKI WODNEJ
W KRAKOWIE**