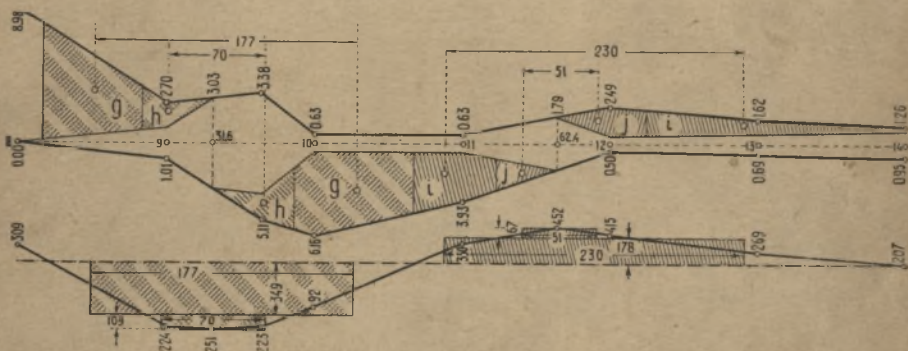


I. 459

INŻ. JERZY BAJKIEWICZ
NACZELN. WYDZ. KOM. - BUD. URZ. WOJEW. W ŁODZI

PROJEKTOWANIE DRÓG



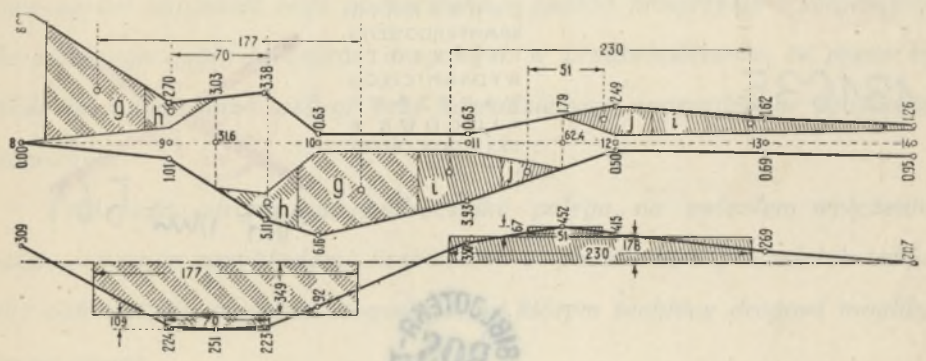
NAKLADEM AUTORA — WARSZAWA 1936 R.

SKŁAD GŁÓWNY W SAMORZĄDOWYM INSTYTUCIE WYDAWNICZYM
SP. Z O. O. W WARSZAWIE. — WARSZAWA, UL. MIODOWA NR. 6.

D_{gr}/302

INŻ. JERZY BAJKIEWICZ
NACZELN. WYDZ. KOM.-BUD. URZ. WOJEW. W ŁÓDZI

PROJEKTOWANIE DRÓG



WARSZAWA 1936 R.

000 -

PROJEKTOWANIE DROG



131635

DRUKARNIA
SAMORZĄDOWEGO
INSTYTUTU
WYDAWNICZEGO
WARSZAWA
MIODOWA 6
TELEFON 632-18



Wr. int. 564



II 459

1945 k.

D 109/11

PRZEDMOWA.

W zakresie projektowania dróg podczas długoletniej mej praktyki zawodowej stwierdziłem u techników drogowych pewne niedomagania, wynikające z braku odpowiedniego wydawnictwa technicznego, zredagowanego na poziomie ich przygotowania teoretycznego, przeto postawiłem sobie za cel napisanie tego podręcznika w sposób przejrzysty i przystępny dla szerszego ogółu techników drogowych w przeświadczeniu, że praca ta winna im oddać duże usługi przy samodzielnem sporządzaniu projektów drogowych.

Praktyczna strona tego podręcznika polega na zwięzłym wyłożeniu treści, popartym przykładami liczbowymi z podaniem odpowiednich tablic oraz całości kształtu projektu drogowego, na którym technicy drogowi mogliby się wzorować.

W pracy tej uwzględniłem wszystkie żądania, jakie obecnie stawia nowoczesna technika drogowa.

JERZY BAJKIEWICZ

Łódź, kwiecień 1936 r.

MEMORANDUM

1. The purpose of this memorandum is to provide information regarding the proposed changes to the existing regulations. The proposed changes are intended to improve the efficiency of the process and to ensure that the regulations are up-to-date and reflect current practices. The proposed changes are as follows:

2. The proposed changes include the following:

- a. The addition of a new section regarding the reporting requirements for certain activities.
- b. The revision of the existing section regarding the procedures for the review and approval of certain documents.
- c. The deletion of the existing section regarding the penalties for non-compliance with certain provisions.

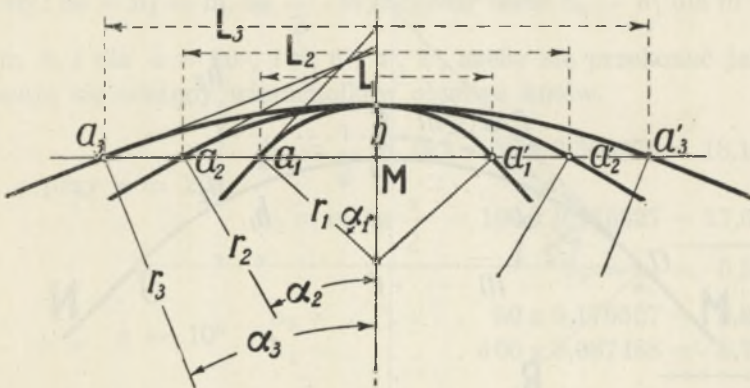
Very truly yours,
[Signature]

Date: [Date]

PROFIL PODŁUŻNY.

Uwzględniając szybki ruch pojazdów mechanicznych, należy rozważyć trzy czynniki przy projektowaniu profilu podłużnego: widzialność pionową, dopuszczalny spadek podłużnego profilu drogi i usunięcie wstrząsów, wynikających z załomów podłużnego profilu jezdni. Rozpatrzmy kolejno te trzy warunki.

Ażeby zapewnić na pewnej długości L_1 (rys. 1) widzialność pionową, załom podłużnego profilu $a_1 L_1 \hat{a}_1$ winien być zakreślony odpowiednią krzywą tak, żeby jadący pojazdem mechanicznym w punkcie a_1 mógł doj-



Rys. 1.

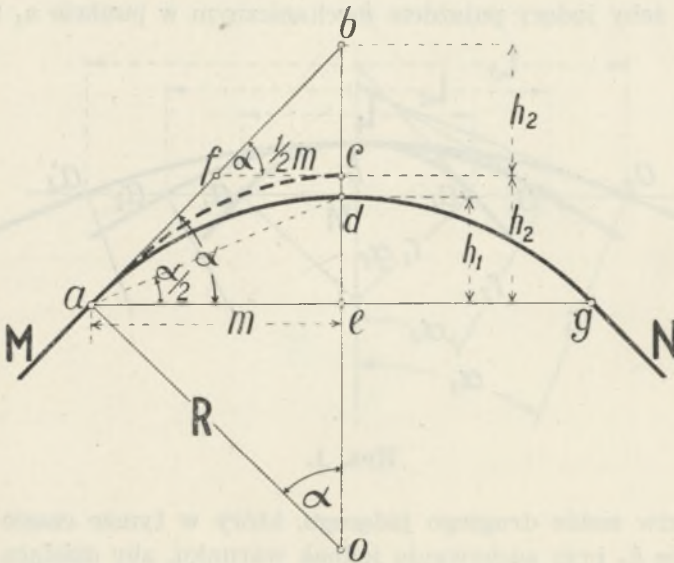
rzeć naprzeciw siebie drugiego jadącego, który w tymże czasie znajduje się w punkcie \hat{a}_1 przy zachowaniu jednak warunku, aby dzieląca jadących odległość nie była mniejsza od L_1 , to jest taka, przy której obydwaj, w razie nieprzewidzianych przeszkód, mogliby zahamować swoje pojazdy bez zderzenia się. Wysokość h jest uwarunkowana wysokością siedzenia przy kierownicy i wysokością wzrostu kierowcy pojazdu. Dokonane przez Urząd Wojewódzki Łódzki pomiary tej wysokości, to jest odległości wzroku kierowcy od jezdni w kierunku pionowym dały przeciętną, jako rezultat z kilkudziesięciu miar 1,40 m. Przy pomiarach brano pod uwagę pojazdy mechaniczne różnych marek przeważnie małe i średnie, zatem na

tej wysokości w dalszych rozważaniach nad widzialnością pionową zatrzymamy się.

Posiłkując się wyliczeniami prof. Nestorowicza ¹⁾ zatrzymamy się na $L_1 = 200$ m. b., która to odległość odpowiada szybkości pojazdu około 100 km/godz., a więc jest przybliżona do szybkości, jakie rozwijają samochody o średniej mocy silnika. Te dwie wielkości w zupełności pozwalają nam określić promień koła, którego łuk $a_1 L_1 \hat{a}_1$ ma stanowić podłużny profil załomu jezdni.

Wielkość promienia określamy (rys. 2) z trójkąta aeo : $r = \frac{m}{\text{Sin} \alpha} = \frac{100}{0,0279895} = 3572,77$ m. a w zaokrągleniu 3600 m. b.

Przy wielkości $h = 1,40$ m. jako stałej, mogliśmy zwiększać odległości widzialne $L_2, L_3 \dots$, podnosząc temsamem szybkości pojazdów mechanicznych, lecz wówczas promienie $r_2, r_3 \dots$ byłyby znacznie



Rys. 2.

większe, a co w swej konsekwencji wpłynęłoby na znaczne zwiększenie robót ziemnych (wykopów), dlatego też nie jest wskazaniem przekraczanie odległości L , jeśli ta ostatnia w zupełności gwarantuje nam bezpieczeństwo ruchu kołowego (widzialność pionową).

1) Projektowanie dróg, tom I.

Stosując tak duży promień dla załomów, przekonamy się niżej (rys. 2), że niema racji zastępować łuku kołowego łukiem parabolicznym, ponieważ obydwa łuki przy tak dużych promieniach prawie że wzajemnie się nakładają. Niech ad będzie łukiem kołowym, zaś ac — łukiem parabolicznym. Charakterystyczną cechą ostatniego jest to, że wierzchołek jego c leży na połowie wysokości be . Obydwa łuki mają wspólny punkt styczności w a , zobaczmy więc w jakiej odległości cd znajdują się wierzchołki tych krzywych.

Ponieważ $bc = ce$, jako że c jest wierzchołkiem paraboli, przeto po przeprowadzeniu fc równoległe do ae otrzymujemy dwa podobne trójkąty:

$$fbc \text{ i } abe, \text{ z których } fc : ae = h_2 : 2h_2, \text{ czyli } fc = \frac{1}{2} ae = \frac{1}{2} m.$$

Dalej: $\sphericalangle bfc = \sphericalangle bae = \sphericalangle aoe = \alpha$ Kąt α mierzy się łukiem ad , względnie łukiem dg , a kąt $da g$ mierzy się połową łuku dg , zatem $\sphericalangle dae = \frac{1}{2} \alpha$. Z trójkąta fbc określamy, że $bc = h_2 = \frac{1}{2} m \cdot \operatorname{tg} \alpha$, a z trójkąta

ade mamy: $de = h_1 = m \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$. Wyliczmy teraz $h_2 - h_1$ dla $m = \frac{1}{2} L = 100 \text{ m}$.b. i dla $\alpha = 20^\circ, 10^\circ, 6^\circ, 4^\circ, 2^\circ$, ażeby się przekonać jak szybko zmniejszają się odstępny wierzchołków obydwu łuków.

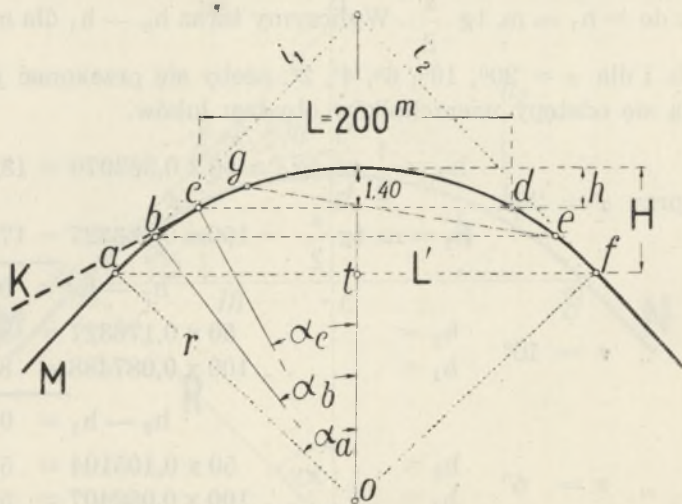
przy $\alpha = 20^\circ$	$h_2 = \frac{1}{2} m \cdot \operatorname{tg} \alpha = 50 \times 0,363970 = 18,1985 \text{ m. b.}$
	$h_1 = m \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 100 \times 0,176327 = 17,6327 \text{ ,, ,,}$
	<u>$h_2 - h_1 = 0,5658 \text{ m. b.}$</u>
„ $\alpha = 10^\circ$	$h_2 = \dots \dots \dots 50 \times 0,176327 = 8,8164 \text{ m. b.}$
	$h_1 = \dots \dots \dots 100 \times 0,087488 = 8,7488 \text{ ,, ,,}$
	<u>$h_2 - h_1 = 0,0676 \text{ m. b.}$</u>
„ $\alpha = 6^\circ$	$h_2 = \dots \dots \dots 50 \times 0,105104 = 5,2552 \text{ m. b.}$
	$h_1 = \dots \dots \dots 100 \times 0,052407 = 5,2407 \text{ ,, ,,}$
	<u>$h_2 - h_1 = 0,0145 \text{ m. b.}$</u>
„ $\alpha = 4^\circ$	$h_2 = \dots \dots \dots 50 \times 0,069926 = 3,4963 \text{ m. b.}$
	$h_1 = \dots \dots \dots 100 \times 0,034920 = 3,4920 \text{ ,, ,,}$
	<u>$h_2 - h_1 = 0,0043 \text{ m. b.}$</u>
„ $\alpha = 2^\circ$	$h_2 = \dots \dots \dots 50 \times 0,034920 = 1,7460 \text{ m. b.}$
	$h_1 = \dots \dots \dots 100 \times 0,017455 = 1,7455 \text{ ,, ,,}$
	<u>$h_2 - h_1 = 0,0005 \text{ m. b.}$</u>

Z powyższych obliczeń widzimy, że dla $\alpha = 2^\circ$ wierzchołek paraboli od wierzchołka łuku jest oddalony zaledwie o $\frac{1}{2}$ milimetra, co praktycznie biorąc, możemy powiedzieć, że obydwie wierzchołki zlewają się w jeden punkt; jeśli zatem końcowe punkty i wierzchołki obu łuków nakładają się, przeto i pośrednie ich punkty też muszą się nakładać.

Przy żądanej wysokości $h=1,40$ m i odległości widzialnej $L=200$ m. mamy temsamem określony spadek podłużny jezdni, który wyliczamy ze stosunku $be : ae = \operatorname{tg} \alpha = \frac{1,40 \times 2}{100} = 0,028$. Z tablic trygonometrycz-

nych znajdujemy, że przy $\operatorname{tg} \alpha = 0,028$ kąt $\alpha = 1^\circ 36' 14''$, dla którego to kąta $h_2 - h_1 = 50 \times 0,028 = 100 \times 0,01392 = 0,0003$ m. b.

Z powyższych wyliczeń staje się jasnym, że łuk paraboli z łukiem koła w praktycznym znaczeniu identyfikuje się. Dlatego też przy projektowaniu załomów w podłużnym profilu drogi będziemy stosowali łuki kołowe, wykorzystując jednocześnie cechę łuku parabolicznego, to jest, że wierzchołek łuku kołowego d będziemy przyjmowali na połowie wysokości be .

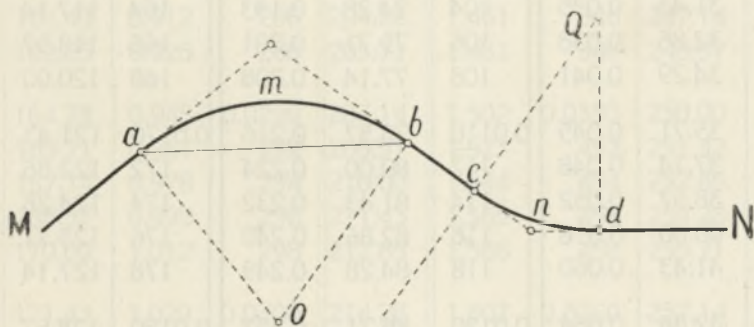


Rys. 3.

Powyżej wyliczyliśmy, że przy zadanem $h = 1,40$ m. i $L = 200$ m. spadek podłużnego profilu jezdni wynosi 0,028. Niech tym wielkościom (rys. 3) odpowiadają punkty c i d . Każdy punkt na łuku, leżący poniżej c i d , a więc: b , a . . . M zmienia spadek, przyczem spadek jezdni w b będzie większy od spadku w punkcie c . Napozór zdawałoby się, że przyjmując zadane h i L , a temsamem r (3600 m), jesteśmy skrepowani tak małym pochyleniem (0,028) i że od punktu c do punktu poniżej leżącego K

pochylenie jezdni winno być zaprojektowane nie łukiem, a prostą Kc. Tak nie jest i łuk cd przy tym samym promieniu r możemy przedłużyć, lecz do pewnych tylko granic (powiedzmy do a i f), mianowicie dotąd, póki styczne Ma i fN nie **przekroczą dopuszczalnych maksymalnych spadków podłużnych**. Jeśli zatem wolno nam stosować największy podłużny spadek dla jezdni 0,05, to nachylenie Ma i Nf powinno być takie, żeby $\text{tg } \alpha_a \leq 0,05$. To znaczy, że kierowcy w punktach a i f, jadąc naprzeciw siebie na długości drogi ac i fd nie będą się widzieli, dopiero, dojechawszy do punktów c i d — zobaczą się nawzajem. I to zupełnie zaspakaja warunek widzialności, ponieważ cd jest właśnie tą długością widzialną, która, jak wiemy już, w razie potrzeby w zupełności wystarcza do zahamowania dwu jadących naprzeciw siebie pojazdów mechanicznych z szybkością około 100 km/godz. każdy. Również więc będzie spełniony warunek widzialności w dowolnych punktach g i e na łuku załomu, o ile $ge = cd =$ zadanej widzialnej długości 200 m. b. Przy stawianiu granicy największego spadku dla profilu podłużnego jezdni, tęsamem określamy długość L'.

Niech $i_1 + i_2 = \text{tg } \alpha_1 + \text{tg } \alpha_2 = 0,10$, wówczas $at = r \text{Sn } \alpha$, a więc $2 at = af = L' = 2 \times 3571,77 \times 0,05 = 357$ m. b. Długości L



Rys. 4.

przy projektowaniu są nam potrzebne z uwagi na to, że przy zbyt wydłużonym łuku am|b (rys. 4) ten ostatni mógłby zachodzić na następny łuk wklęsły cnd, mając zaś zgóry wyliczone odległości L pozwala nam to zorientować się odrazu o możliwości prostej wstawki bc.

W tym celu podaje się poniżej zamieszczoną tablicę dla spadków od 0.0020 do 0.0500. Tablica Nr. 1 — dla łuków wypukłych o promieniu R — 3600 m. i tabl. Nr. 2 — dla łuków wklęsłych — o promieniu R — 1500 m.

Tablica Nr. 1

R = 3600 m. b.								
$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h
w m e t r a c h								
0 0020	14.29	0.007	0.0080	57.14	0.114	0.0140	100.00	0.350
22	15.71	0.009	82	58.57	0.120	142	101.43	0.360
24	17.14	0.010	84	60.00	0.126	144	102.86	0.370
26	18.57	0.012	86	61.43	0.132	146	104.28	0.381
28	20.00	0.014	88	62.86	0.138	148	105.71	0.391
0.0030	21.43	0.016	0.0090	64.28	0.145	0.0150	107.14	0.402
32	22.86	0.018	92	65.71	0.151	152	108.57	0.413
34	24.29	0.021	94	67.14	0.158	154	110.00	0.424
36	25.71	0.023	96	68.57	0.165	156	111.43	0.435
38	27.14	0.026	98	70.00	0.172	158	112.86	0.446
0.0040	28.57	0.029	0.0100	71.43	0.179	0.0160	114.28	0.457
42	30.00	0.032	102	72.86	0.186	162	115.71	0.469
44	31.43	0.035	104	74.28	0.193	164	117.14	0.480
46	32.86	0.038	106	75.71	0.201	166	118.57	0.492
48	34.29	0.041	108	77.14	0.208	168	120.00	0.504
0.0050	35.71	0.045	0.0110	78.57	0.216	0.0170	121.43	0.516
52	37.14	0.048	112	80.00	0.224	172	122.86	0.528
54	38.57	0.052	114	81.43	0.232	174	124.28	0.541
56	40.00	0.056	116	82.86	0.240	176	125.71	0.553
58	41.43	0.060	118	84.28	0.249	178	127.14	0.566
0.0060	42.86	0.064	0.0120	85.71	0.257	0.0180	128.57	0.579
62	44.28	0.069	122	87.14	0.266	182	130.00	0.592
64	45.71	0.073	124	88.57	0.275	184	131.43	0.605
66	47.14	0.078	126	90.00	0.284	186	132.85	0.618
68	48.57	0.083	128	91.43	0.293	188	134.28	0.631
0.0070	50.00	0.088	0.0130	92.86	0.302	0.0190	135.71	0.645
72	51.43	0.093	132	94.28	0.311	192	137.14	0.658
74	52.86	0.098	134	95.71	0.321	194	138.57	0.672
76	54.28	0.103	136	97.14	0.330	196	140.00	0.686
78	55.71	0.109	138	98.57	0.340	198	141.43	0.700

R = 3600 m. b.

$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h
w m e t r a c h								
0.0200	142.85	0.714	0.0260	185.71	1.207	0.0320	228.57	1.829
202	144.28	0.729	262	187.14	1.226	322	230.00	1.852
204	145.71	0.743	264	188.57	1.245	324	231.43	1.875
206	147.14	0.758	266	190.00	1.264	326	232.85	1.898
208	148.57	0.773	268	191.43	1.283	328	234.28	1.921
0.0210	150.00	0.788	0.0270	192.85	1.302	0.0330	235.71	1.945
212	151.43	0.803	272	194.28	1.321	332	237.14	1.968
214	152.85	0.818	274	195.71	1.341	334	238.57	1.992
216	154.28	0.833	276	197.14	1.360	336	240.00	2.016
218	155.71	0.849	278	198.57	1.380	338	241.43	2.040
0.0220	157.14	0.864	0.0280	200.00	1.400	0.0340	242.85	2.064
222	158.57	0.880	282	201.43	1.420	342	244.28	2.089
224	160.00	0.896	284	202.85	1.440	344	245.71	2.113
226	161.43	0.912	286	204.28	1.461	346	247.14	2.137
228	162.85	0.928	288	205.71	1.481	348	248.57	2.163
0.0230	164.28	0.945	0.0290	207.14	1.502	0.0350	250.00	2.188
232	165.71	0.961	292	208.57	1.523	452	251.42	2.213
234	167.14	0.978	294	210.00	1.544	454	252.85	2.238
236	168.57	0.995	296	211.43	1.565	456	254.28	2.263
238	170.00	1.012	298	212.85	1.586	458	255.71	2.289
0.0240	171.43	1.029	0.0300	214.28	1.607	0.0360	257.14	2.314
242	172.85	1.046	302	215.71	1.629	362	258.57	2.340
244	174.28	1.063	304	217.14	1.650	364	260.00	2.366
246	175.71	1.081	306	218.57	1.672	366	261.43	2.392
248	177.14	1.098	308	220.00	1.694	368	262.85	2.418
0.0250	178.56	1.116	0.0310	221.43	1.716	0.0370	264.28	2.445
252	180.00	1.134	312	222.85	1.738	372	265.71	2.471
254	181.43	1.152	314	224.28	1.761	374	267.14	2.498
256	182.85	1.170	316	225.71	1.783	376	268.57	2.525
258	184.28	1.189	318	227.14	1.806	378	270.00	2.552

R = 3600 m. b.

$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h
w m e t r a c h								
0.0380	271.43	2.579	0.0420	300.00	3.150	0.0440	328.57	3.779
382	272.85	2.606	422	301.43	3.180	462	330.00	3.812
384	274.28	2.633	424	302.85	3.210	464	331.43	3.845
386	275.71	2.661	426	304.28	3.241	466	332.85	3.878
388	277.14	2.688	428	305.71	3.271	468	334.28	3.911
0.0390	278.57	2.716	0.0430	307.14	3.302	0.0470	335.71	3.945
392	280.00	2.744	432	308.57	3.333	472	337.14	3.978
394	281.43	2.772	434	310.00	3.364	474	338.57	4.012
396	282.85	2.800	436	311.43	3.395	476	340.00	4.046
398	284.28	2.829	438	312.85	3.426	478	341.43	4.080
0.0400	285.71	2.857	0.0440	314.28	3.457	0.0480	342.85	4.114
402	287.14	2.886	442	315.71	3.489	482	344.28	4.149
404	288.57	2.915	444	317.14	3.520	484	345.71	4.183
406	290.00	2.944	446	318.57	3.552	486	347.14	4.218
408	291.43	2.973	448	320.00	3.584	488	348.57	4.553
0.0410	292.85	3.002	0.0450	321.43	3.616	0.0490	350.00	4.288
412	294.28	3.031	452	322.85	3.648	492	351.43	4.323
414	295.71	3.061	454	324.28	3.681	494	352.85	4.358
416	297.14	3.090	456	325.71	3.713	496	354.28	4.393
418	293.57	3.120	458	327.14	3.746	498	355.71	4.429
						0.0500	357.14	4.464

Tablica Nr 2

R = 1500 m. b.								
$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h
w m e t r a c h								
0.0020	6.00	0.003	0.0080	24.00	0.048	0.0140	42.00	0.147
22	6.60	0.004	82	24.60	0.050	142	42.60	0.151
24	7.20	0.004	84	25.20	0.053	144	43.20	0.156
26	7.80	0.005	86	25.80	0.055	146	43.80	0.160
28	8.40	0.006	88	26.40	0.058	148	44.40	0.164
0.0030	9.00	0.007	0.0090	27.00	0.061	0.0150	45.00	0.169
32	9.60	0.008	92	27.60	0.063	152	45.60	0.173
34	10.20	0.009	94	28.20	0.066	154	46.20	0.178
36	10.80	0.010	96	28.80	0.069	156	46.80	0.183
38	11.40	0.011	98	29.40	0.072	158	47.40	0.187
0.0040	12.00	0.012	0.0100	30.00	0.075	0.0160	48.00	0.192
42	12.60	0.013	102	30.60	0.078	162	48.60	0.197
44	13.20	0.015	104	31.20	0.081	164	49.20	0.202
46	13.80	0.016	106	31.80	0.084	166	49.80	0.207
48	14.40	0.017	108	32.40	0.087	168	50.40	0.212
0.0050	15.00	0.019	0.0110	33.00	0.091	0.0170	51.00	0.217
52	15.60	0.020	112	33.60	0.094	172	51.60	0.222
54	16.20	0.022	114	34.20	0.097	174	52.20	0.227
56	16.80	0.024	116	34.80	0.101	176	52.80	0.232
58	17.40	0.025	118	35.40	0.104	178	53.40	0.238
0.0060	18.00	0.027	0.0120	36.00	0.108	0.0180	54.00	0.243
62	18.60	0.029	122	36.60	0.112	182	54.60	0.248
64	19.20	0.031	124	37.20	0.115	184	55.20	0.254
66	19.80	0.033	126	37.80	0.119	186	55.80	0.259
68	20.40	0.035	128	38.40	0.123	188	56.40	0.265
0.0070	21.00	0.037	0.0130	39.00	0.127	0.0190	57.00	0.271
72	21.60	0.039	132	39.60	0.131	192	57.60	0.276
74	22.20	0.041	134	40.20	0.135	194	58.20	0.282
76	22.80	0.043	136	40.80	0.139	196	58.80	0.288
78	23.40	0.046	138	41.40	0.143	198	59.40	0.294

R = 1500 m. b.

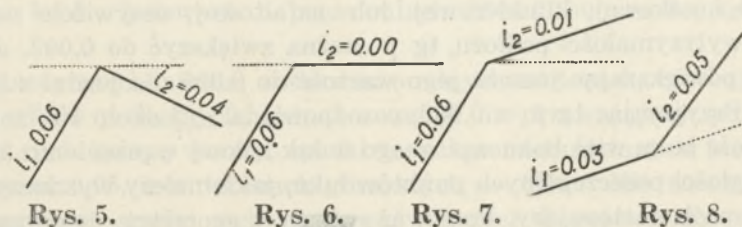
$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h
w m e t r a c h								
0.0200	60.00	0.300	0.0260	78.00	0.507	0.0320	96.00	0.768
202	60.60	0.306	262	78.60	0.515	322	96.60	0.778
204	61.20	0.312	264	79.20	0.523	324	97.20	0.787
206	61.80	0.318	266	79.80	0.531	326	97.80	0.797
208	62.40	0.324	268	80.40	0.539	328	98.40	0.807
0.0210	63.00	0.331	0.0270	81.00	0.547	0.0330	99.00	0.817
212	63.60	0.337	272	81.60	0.555	332	99.60	0.827
214	64.20	0.343	274	82.20	0.563	334	100.20	0.837
216	64.80	0.350	276	82.80	0.571	336	100.80	0.847
218	65.40	0.356	278	83.40	0.580	338	101.40	0.857
0.0220	66.00	0.363	0.0280	84.00	0.588	0.0340	102.00	0.867
222	66.60	0.370	282	84.60	0.596	342	102.60	0.877
224	67.20	0.376	284	85.20	0.605	344	103.20	0.888
226	67.80	0.383	286	85.80	0.613	346	103.80	0.898
228	68.40	0.390	288	86.40	0.622	348	104.40	0.908
0.0230	69.00	0.397	0.0290	87.00	0.631	0.0350	105.00	0.919
232	69.60	0.404	292	87.60	0.639	352	105.60	0.929
234	70.20	0.411	294	88.20	0.648	354	106.20	0.940
236	70.80	0.418	296	88.80	0.657	356	106.80	0.951
238	71.40	0.425	298	89.40	0.660	358	107.40	0.961
0.0240	72.00	0.432	0.0300	90.00	0.675	0.0360	108.00	0.972
242	72.60	0.439	302	90.60	0.684	362	108.60	0.983
244	73.20	0.447	304	91.20	0.693	364	109.20	0.994
246	73.80	0.454	306	91.80	0.702	366	109.80	0.005
248	74.40	0.461	308	92.40	0.711	368	110.40	1.016
0.0250	75.00	0.469	0.0310	93.00	0.721	0.0370	111.00	1.027
252	75.60	0.476	312	93.60	0.730	372	111.60	1.038
254	76.20	0.484	314	94.20	0.739	374	112.20	1.049
256	76.80	0.492	316	94.80	0.749	376	112.80	1.060
258	77.40	0.499	318	95.40	0.758	378	113.40	1.072



R = 1500 m. b.

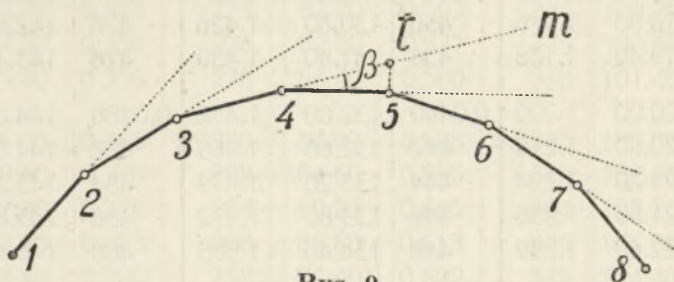
$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	L	h
w m e t r a c h								
0.0380	114.00	1.083	0.0420	126.00	1.323	0.0460	138.00	1.587
382	114.60	1.094	422	126.60	1.336	462	138.60	1.601
384	115.20	1.106	424	127.20	1.348	464	139.20	1.615
386	115.80	1.117	426	127.80	1.361	466	139.80	1.629
388	116.40	1.129	428	128.40	1.374	468	140.40	1.643
0.0390	117.00	1.141	0.0430	129.00	1.387	0.0470	141.00	1.657
392	117.60	1.152	432	129.60	1.400	472	141.60	1.671
394	118.20	1.164	434	130.20	1.413	474	142.20	1.685
396	118.80	1.176	436	130.80	1.426	476	142.80	1.700
398	119.40	1.188	438	131.40	1.439	478	143.40	1.714
0.0400	120.00	1.200	0.0440	132.00	1.452	0.0480	144.00	1.728
402	120.60	1.212	442	132.60	1.465	482	144.60	1.742
404	121.20	1.224	444	133.20	1.479	484	145.20	1.757
406	121.80	1.236	446	133.80	1.492	486	145.80	1.771
408	122.40	1.249	448	134.40	1.505	488	146.40	1.786
0.0410	123.00	1.261	0.0450	135.00	1.519	0.0490	147.00	1.801
412	123.60	1.273	452	135.60	1.532	492	147.60	1.815
414	124.20	1.285	454	136.20	1.546	494	148.20	1.830
416	124.80	1.298	456	136.80	1.560	496	148.80	1.845
418	125.40	1.310	458	137.40	1.573	498	149.40	1.860
						0.0500	150.00	1.875

Należy objaśnić, że $\frac{i_1 + i_2}{2}$ jest algebraiczną sumą obu spadków załomów i dla orientacji rys. 5, 6, 7 i 8 wyjaśnia, że



w pierwszym przypadku $\frac{i_1 + i_2}{2} = 0,05$, w drugim $\frac{i_1 + i_2}{2} = 0,03$,
w trzecim $\frac{i_1 + i_2}{2} = 0,025$ i w czwartym $\frac{i_1 + i_2}{2} = 0,01$.

Ponieważ dla załomów pionowych stosujemy łuki kołowe, przeto pozostaje wyznaczenie w terenie poszczególnych punktów łuku w pewnych odstępach; zależy tylko, w jakich odstępach należy te punkty wytyczać, gdyż ta sprawa ściśle się wiąże z przykreimi wstrząsami pojazdów mechanicznych, a to z uwagi na tę okoliczność, że łuk wykreślony na planie w terenie jest w rzeczywistości wielobokiem (rys. 9). Samochód, zjeżdżając z odcinka 3 — 4 na odcinek 4 — 5 z uwagi na $\sphericalangle \beta$, jaki tworzą poszczególne boki wieloboku 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8, doznaje wstrząsu, ponieważ siłą bezwładności chciałby jechać dalej po kropkowa-



Rys. 9.

nej linii 4 — m, lecz siłą grawitacyjną spada ku dołowi. Rozwiązanie tego zagadnienia o charakterze teoretycznym znajduje się w wiadomościach kongresów drogowych w Nr. 34 z roku 1930-go (Łagodzenie załamania profilu podłużnego drogi), w praktycznym zaś ujęciu tej sprawy, jak to przewidują normy amerykańskie, $\operatorname{tg} \beta$ nie powinien przekraczać wartości 0,02, co znaczy, że kąt β w przybliżeniu równa się około 7'.

To znaczy, że na każde 3 m. spadek ($t - 5$) stanowi zaledwie 6 mm.

Jest to warunek dość uciążliwy, bo wymaga tyczenia poszczególnych punktów łuków co kilka mtr., z którym można się pogodzić przy budowie autostrad i takiej nawierzchni, jak na przykład, betonowa. Przy nawierzchni kostkowej, klinkierowej lub asfaltowej, oczywiście na odpowiedniej wytrzymałości podłożu, $\operatorname{tg} \beta$ można zwiększyć do 0,003, a nawet do 0,004, powiększając jeszcze jego wartość do 0,005 dla jezdni z kamieni polnych. Przyjmując $\operatorname{tg} \beta = 0,003$, co odpowiada $\sphericalangle \beta$ około 10', znajdujemy wielkość boku wieloboku wpisanego w łuk kołowy o promieniu 3600 m., czyli odległości poszczególnych punktów łuku, jakie należy wyznaczyć w terenie, w sposób następujący. Ponieważ wiemy z geometrii, że suma kątów

zewnątrznych na obwodzie wpisanego wieloboku = 360° , przeto ilość boków $n = \frac{360^\circ}{\beta^\circ} = \frac{60' \times 360}{10'} = 2160$. Obwód koła o tak dużym promieniu (3600 m) w praktycznym znaczeniu b. mało różni się od obwodu o tak dużej ilości boków (2160), przeto co do ich długości prawie bez błędu możemy te obwody zrównać, a wtedy $\frac{2\pi r}{2160} =$ około 10 m. b., a zatem przy

$\text{tg } \beta = 0,003$ wielobok załomu pionowego należy wytyczać co 10 m. b.

Z powyższego widzimy, że chcąc uniknąć nieprzyjemnych wstrząsów, zwłaszcza przy dużych szybkościach pojazdów mechanicznych, a więc, żeby jazda mogła się odbywać płynnie, bez podskoków, żeby, słowem, pojazd mechaniczny „trzymał“ się jezdni, dając w ten sposób jadącemu pełnię satysfakcji, jaką dać może jazda samochodem po równej i gładkiej drodze, należy z całą starannością i dokładnością dobrze wytyczyć w terenie poszczególne punkty każdego załomu wypukłego i wklęsłego. I, jak przekonaliśmy się, punkty te nie mogą być tyczone rzadziej, niż co 10 m. b. dla łuków wypukłych.

Ponieważ widzialność pionowa przy łukach wklęsłych jest rozwiązana samą już wklęsłością profilu podłużnego, przeto niema potrzeby tu stosować b. dużych promieni, które przy wypukłości terenu wymagają dużych wykopów, a przy wklęsłości — dużych nasypów. A ponieważ jazdę spokojną należy zapewnić na całej trasie drogi, przeto przy użyciu mniejszych promieni dla łuków wklęsłych pozostaje tylko zmniejszenie odległości tyczonych punktów, zachowując tę samą stałą wielkość $\text{tg } \beta$ (0.003) dla łuków wypukłych i wklęsłych. Przyjmując najmniejszy promień dla łuków wklęsłych 1500 m., wypadłoby, że poszczególne punkty łuku należałoby wytyczać w odległości $\frac{2\pi \times 1500}{2160} = 4,36$ m. Praktycznie rzecz biorąc,

ograniczymy się na odległościach co 5 m. b.

Według powyżej wskazanych wyliczeń wypada, że dla łuku o promieniu 3600 m. przy $\text{tg } \beta = 0,004$ należy wytyczać punkty krzywej co 15 m. b. a dla $\text{tg } \beta = 0,005$ — co 20 m. b.; dla łuków wklęsłych o promieniu 1500 m. wielkości te redukują się do 5 i 10 m. b. Poniżej podane są tablice dla tyczenia łuków kołowych o promieniach 3600 i 1500 m. b.; tabl. Nr. 3 i Nr. 4.

Pojazdy mechaniczne, zwłaszcza o silnych motorach, nie boją się dużych spadków podłużnych, jednak z uwagi na przeważający po naszych drogach ruch kołowy konny, spadki te w terenach nizinnych nie powinny przekraczać 0,05, a w terenach górzystych — 0,10. Nie znaczy to, aby te maksymalne spadki wykorzystywać na całej długości trasy o większej



Tablica Nr. 3.

R = 3600 m. b.					
x	y	x	y	x	y
w m e t r a c h					
10	0.014	130	2.348	250	8.691
20	0.056	140	2.723	260	9.400
30	0.125	150	3.126	270	10.139
40	0.222	160	3.557	280	10.905
50	0.347	170	4.016	290	11.700
60	0.500	180	4.503	300	12.522
70	0.681	190	5.017	310	13.372
80	0.889	200	5.560	320	14.250
90	1.125	210	6.130	330	15.157
100	1.389	220	6.729	340	16.091
110	1.681	230	7.355	350	17.054
120	2.001	240	8.009	360	18.045

Tablica Nr. 4.

R = 1500 m. b.					
x	y	x	y	x	y
w m e t r a c h					
5	0.008	55	1.009	105	3.678
10	0.033	60	1.200	110	4.039
15	0.075	65	1.409	115	4.415
20	0.133	70	1.634	120	4.808
25	0.208	75	1.876	125	5.217
30	0.300	80	2.135	130	5.644
35	0.408	85	2.410	135	6.087
40	0.533	90	2.702	140	6.548
45	0.675	95	3.011	145	7.025
50	0.834	100	3.337	150	7.519

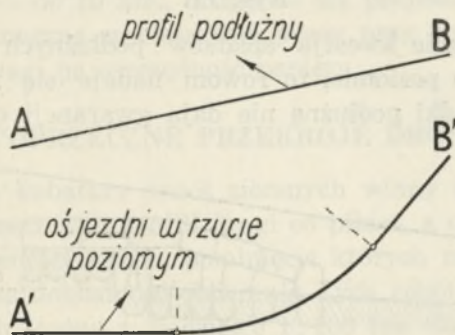
pochyłości terenu; niekiedy nieznacznym powiększeniem ilości robót ziemnych spadek podłużny można zredukować do mniejszej jego wartości, czyniąc w ten sposób mniej uciążliwą jazdę dla ruchu sprzężajowego, oraz zwłaszcza w czasie przymrozków i gołoledzi.

Z uwagi na ostatni argument wskazanem jest, aby na spadkach podłużnych, przekraczających 0,04, układać jezdnię brukowaną, np. z półbruczku granitowego, a nawet z kamieni płytowanych. Na takich dużych spadkach należy również unikać półkostki bazaltowej, jako śliskiej.

A zatem na trasie o nawierzchni śliskich (dywanik bitumiczny, kostka bazaltowa), o ile nie da się uniknąć dużych spadków, to w takich miejscach wskazanem jest ułożenie nawierzchni brukowanej.

Jeszcze jeden ważny jest szczegół do zanotowania, to skręty na spadkach podłużnych.

Jeśli więc będzie skręt na spadku jednostronnym (rys. 10), to w takim przypadku należy spadek podłużny redukować do możliwych granic, nawet kosztem zwiększenia robót ziemnych, mając na uwadze, że koszt

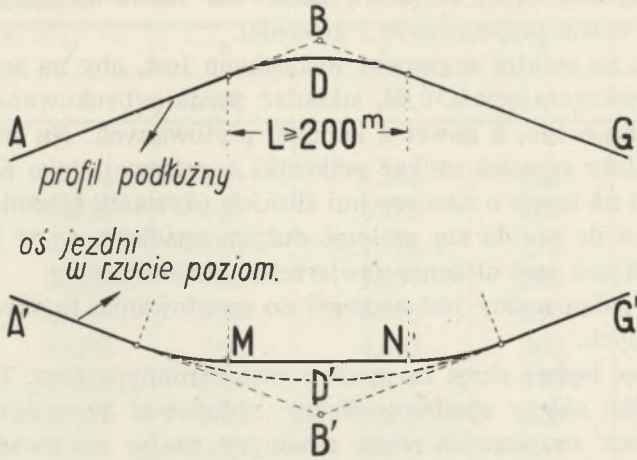


Rys. 10.

robót ziemnych w stosunku do całkowitych kosztów budowy drogi przy jezdniach cięższego typu i nawierzchniach szlachetnych nie przekracza 10%, a przy jezdniach brukowanych z kamieni polnych — wynosi około 15 — 20%.

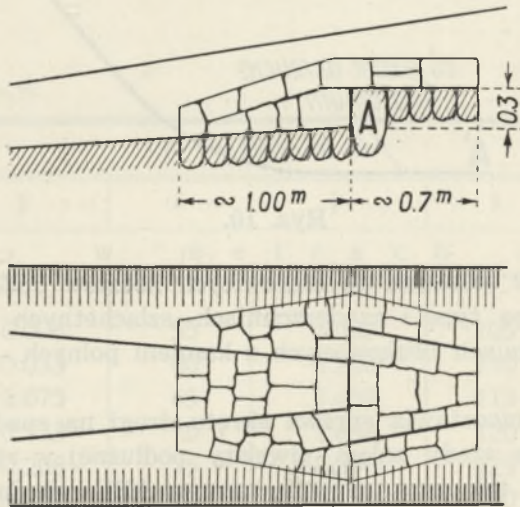
Gorzej się przedstawia sprawa skrętu drogi na spadkach obustronnych (rys. 11), a wtedy załom niwelety podłużnej w rzucie poziomym należy prostować tak, aby przejście załomu ABG odbyło się po prostej MN, przyczem ze względów bezpieczeństwa ruchu kołowego wzdłuż jezdni na całej długości MN po osi nawierzchni winien być wymalowany białym kolorem pas o szerokości 8 — 10 cm. Ma to na celu zwrócenie uwagi kierowców, aby trzymali się swej prawej strony. W razie pozostawienia na załomie skrętu, a więc trasy A' D' G', narażamy w ten sposób

jadących naprzeciw siebie na ewentualny wypadek, gdyż każdy z nich, biorąc górę rozpędem maszyny, będzie się trzymał jednej, t. j. wewnętrznej strony.



Rys. 11.

Pozostaje wreszcie kwestja spadków podłużnych dla rowów. Gdy droga przechodzi w poziomie, to rowom nadaje się minimalny spadek 0,002; mniejsze spadki podłużne nie dają gwarancji odpływu wód z ro-



Rys. 12.

wów. Zwykle spadek rowów odpowiada spadkowi podłużnej niwelety jezdni, lecz do pewnych tylko granic, a to z obawy podmycia rowów w razie obfitych opadów atmosferycznych przy większych spadkach niwe-

lety podłużnej. Praktyka wykazuje, że spadek podłużny rowów bez obawy ich podmycia może być następujący:

na długości do 200 m. b.	—	$i = 0,007$	
„ „ „ 150 „ „	—	„ = 0,01	w gruncie średnim
„ „ „ 100 „ „	—	„ = 0,02	(piaszczysto - gliniastym).
„ „ „ 50 „ „	—	„ = 0,025	

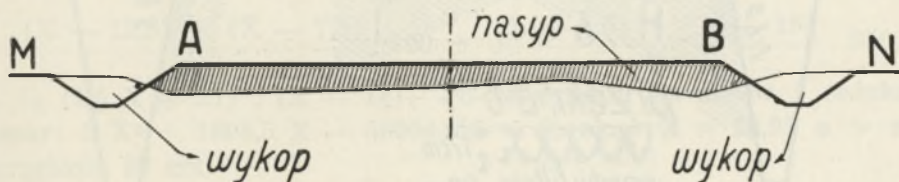
W gruntach gliniastych rowy należy darniować i darniówkę można stosować do maksymalnych spadków 0,03; powyżej tego nachylenia rowy winno się budować kaskadami i przy darniowanych rowach (do 0,04) próg A może być z jednego głazu, względnie drewna o przekroju prostokątnym; przy spadkach powyżej 0,04 — kaskady winne być brukowane (rys. 12), zalewając spoiny zaprawą cementową, o ile spadki te dochodzą do 0,07.

Dla wykreślenia podłużnego profilu drogowego stosujemy podziałkę dla długości 1:1000, oraz dla wysokości 1:100, względnie 1:2000 i 1:200.

Pierwszą podziałkę stosuje się zwykle dla krótszych odcinków projektowanej drogi — do 10 km., drugą — dla projektów powyżej 10 km., a to z uwagi na znaczne zmniejszenie pracy przy wykreślaniu projektu, jak również i z uwagi na oszczędność papieru.

POPZECZNE PRZEKROJE DROGI.

Dla obliczenia kubatury robót ziemnych winny być wykonane zdjęcia w terenie poprzecznych profili drogi co pikiet, a oprócz tego w t. zw. miejscach charakterystycznych, pominięcie których mogłoby w ujemnym stopniu wpłynąć na dokładność obliczenia tych robót. Na tych przekrojach poprzecznych terenu w podziałce 1:100 tak dla długości, jak i wysokości, wykreślają się normalne przekroje projektowanej drogi (rys. 13).



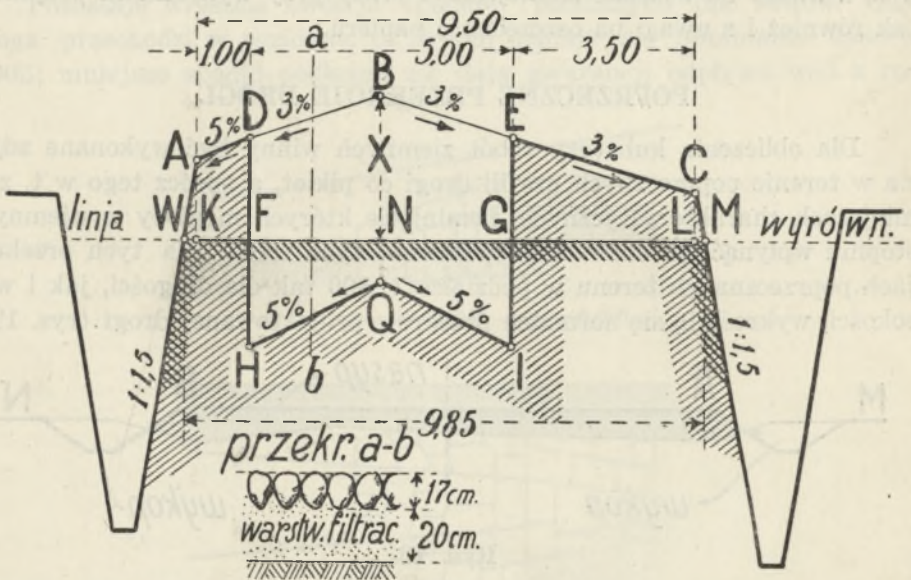
Rys. 13.

Na załączonym powyżej przykładzie widzimy w koronie drogi nasypy i w rowach wykopy. Jak widać z rysunku, korona drogi jest pozioma, bez żadnych spadków, gdyż chodzi tu o wykreślenie wyłącznie ziemnego korpusu drogi, jaki wykonuje się przed ułożeniem twardej nawierzchni. Właściwy normalny przekrój poprzeczny winien zawierać wszystkie elementy konstrukcyjne z uwidocznieniem odpowiednich spadków poprzecz-

nych dla odpływu wód z jezdni i poboczy (burt). Wzorem normalnego przekroju poprzecznego dla większości budowanych u nas dróg w gruntach nieprzepuszczalnych i przepuszczalnych służą rysunki 14 i 15, wykonane dla większej jasności w podziałce skażonej t. j. takiej, dla której skala wysokości jest kilkakrotnie większą od skali długości.

Zwykle normalne przekroje są wykreślane w jednej skali 1:100, lecz dla lepszego uwidocznienia szczegółów, któreby ze względu na płaskość rysunku mogłyby się zlewać, rzędne rysunku w podanym przykładzie są wykreślone w skali większej. Na tych normalnych przekrojach winna być wyrysowana na odpowiednim poziomie tak zwana linja wyrównawcza, która na rys 13 odpowiada poziomej korony ziemnej grobli AB. Ponieważ linja wyrównawcza przecina koronę drogi, a zatem jest usytuowana poniżej niej i w pewnej odległości od nawierzchni utwardnionej. Dla większej jasności obliczeń zastosujemy tu przykład liczbowy dla przekroju normalnego, najczęściej stosowanego na naszych drogach.

Linja wyrównawcza dla gruntów nieprzepuszczalnych (gliniastych).



Rys. 14.

Niech AD BC będzie ustalonym przez projektodawcę zarysem korony drogi ze spadkami poprzecznymi: 3% dla twardej nawierzchni DBE i letniej drogi EC, oraz 5% — dla burty AD. Poza tem niech gliniaste podłoże HQI posiada poprzeczne spadki 5%.

Zadaniem naszym jest znalezienie odległości X dla poziomej linii wyrównawczej, to jest dla takiej linii, dla której kubatura ziemi wyjęta z koryta HFGIQH całkowicie pokrywałaby się z kubaturą ziemi w burcie WADFW i letniej drodze GECEMG. Jako przykład ustaliśmy jezdnię brukowaną z kamienia polnego o wysokości 17 cm. na podsypce filtracyjnej (z piasku) o grubości 20 cm. Łączna zatem grubość bruku z piaskiem w przekroju a — b pośrodku FN wyniesie 37 cm., zaś w DH:

$$37 + (0,05 - 0,03) \cdot \frac{2,50}{2} = 39,5 \text{ cm.}, \text{ a w BQ: } 37 - (0,05 - 0,03) \cdot$$

$$\frac{2,50}{2} = 34,5 \text{ cm.}$$

Przy BN = X mamy:

$$DF = EG = X - 0,03 \times 250 = \dots \dots \dots X - 7,5 \text{ cm.}$$

$$AK = DF - 0,05 \times 100 = X - 7,5 - 5 = \dots \dots X - 12,5 \text{ ,,}$$

$$CL = X - 0,03 \times (250 + 350) = \dots \dots \dots X - 18 \text{ ,,}$$

$$FH = GI = 39,5 - (X - 7,5) = \dots \dots \dots 47 - X \text{ ,,}$$

$$NQ = BQ - BN = \dots \dots \dots 34,5 \text{ cm.} - X \text{ ,,}$$

$$WK = 1,5 AK = 1,5 (X - 12,5) = \dots \dots \dots 1,5 X - 18,75 \text{ ,,}$$

$$LM = 1,5 CL = 1,5 (X - 18) = \dots \dots \dots 1,5 X - 27 \text{ ,,}$$

$$WM = 950 + WK + LM = \dots \dots \dots 904,25 + 3 X \text{ ,,}$$

Teraz możemy ułożyć równanie drugiego stopnia, jak następuje:

$$\frac{(47 - X) + (34,5 - X)}{2} \times 250 \times 2 = \frac{1}{2} (1,5 X - 18,75) \cdot (X - 12,5) +$$

$$+ \frac{(X - 12,5) + (X - 7,5)}{2} \cdot 100 + \frac{(X - 7,5) + (X - 18)}{2} \cdot 350 +$$

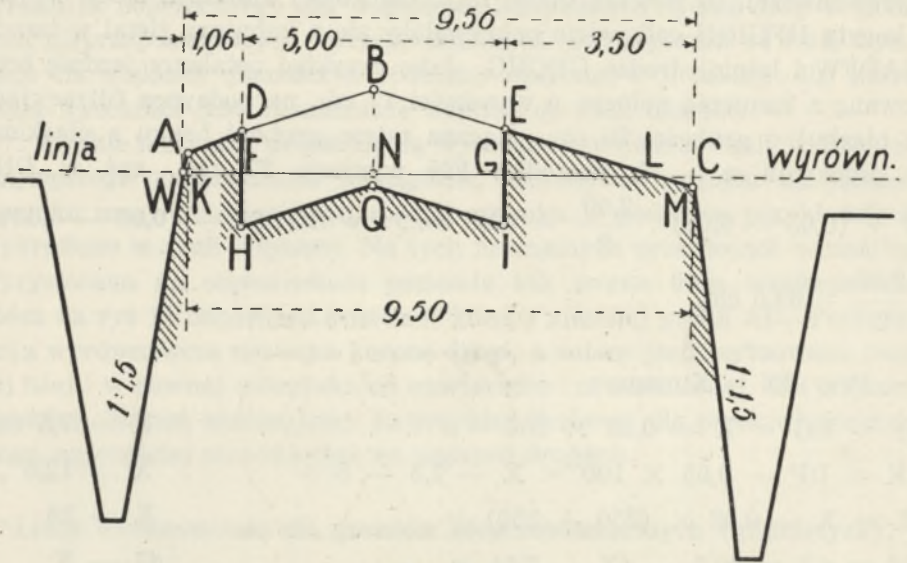
+ $\frac{1}{2} (1,5 X - 27) \cdot (X - 18)$. Po otworzeniu nawiasów i redukcji mamy: $3 X^2 + 1808,5 X - 50954,625 = 0$, skąd $X = 26,97$ a w zaokrągleniu 27 cm.

Po wyliczeniu X należy sprawdzić jeszcze prawidłowość rachunku:

$$\frac{1}{2} (20,03 + 7,53) \times 250 \times 2 = \frac{1}{2} \cdot 21,7 \cdot 14,47 + \frac{1}{2} (14,47 + 19,47) \cdot 100 + \frac{1}{2} (19,47 + 8,97) \cdot 350 + \frac{1}{2} \cdot 8,97 \cdot 13,45, \text{ czyli } 13780 = 13782,645, \text{ a więc znaleziona wartość dla X — a jest dobra.}$$

Mając X, określamy wreszcie, że szerokość korony grobli ziemnej, mającej się wykonać według poziomej linii wyrównawczej WM — $904,25 + 26,97 \cdot 3 = 985,16$ cm., a w zaokrągleniu — 9,85 m. b.

Linja wyrównawcza dla gruntów piaszczystych (przepuszczalnych).



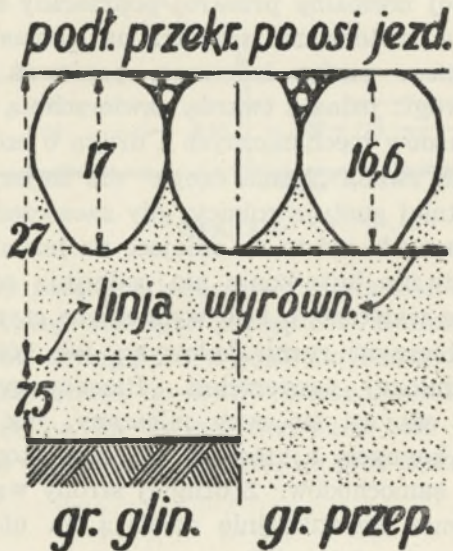
Rys. 15.

Dla gruntów przepuszczalnych zbyteczna jest podsypka warstwy filtracyjnej i podłoże HQI będzie tu miało ten sam spadek 3%-wy, co i jezdnia DBE. Przy tych samych zarysach przekroju poprzecznego AD BC, jak i dla gruntu gliniastego. Postępując w sposób podobny do powyżej wskazanego, określamy poszczególne elementy trójkątów i trapezów w zależności od X — a. A więc:

DF = EG =	X — 7,5 cm.
FH = GI =	24,5 — X „
AK = DF — 0,05 × 100 =	X — 12,5 „
WK = 1,5 AK =	1,5 X — 18,75 „
NQ =	17 — X „
GL =	$\frac{100}{3}$ X — 250 „
LC = 350 — GL =	$\frac{100}{3}$ X — 100 „
WM = 950 + WK =	931,25 + 1,5 X „

Po ułożeniu równania 2-go stopnia, otworzeniu nawiasów i redukcji otrzymujemy: $X^2 + 19 X - 592 = 0$, skąd $X = 16,6$ cm. I tu, jak poprzednio, należy sprawdzić wartość X — a.

Widzimy, że dla gruntów przepuszczalnych linja wyrównawcza (dla danego przekroju) jest o $27 - 16,6 = 10,4$ cm. wyżej położona, niż dla gruntów gliniastych, więc przed zabrukowaniem grobla piaszczysta (patrz rys. 16), w stosunku do grobli gliniastej w przekroju podłużnym po osi jezdni będzie posiadała schodek. Dopiero po wypełnieniu koryta warstwą filtracyjną i zabrukowaniu otrzymamy jeden poziom dla obu rodzajów gruntów. Dodać należy, że szerokość grobli piaszczystej WM sypanej według poziomej linii wyrównawczej = $950 + WK = 950 + 1,5 \times 18,75 = 956$ cm.



Rys. 16.

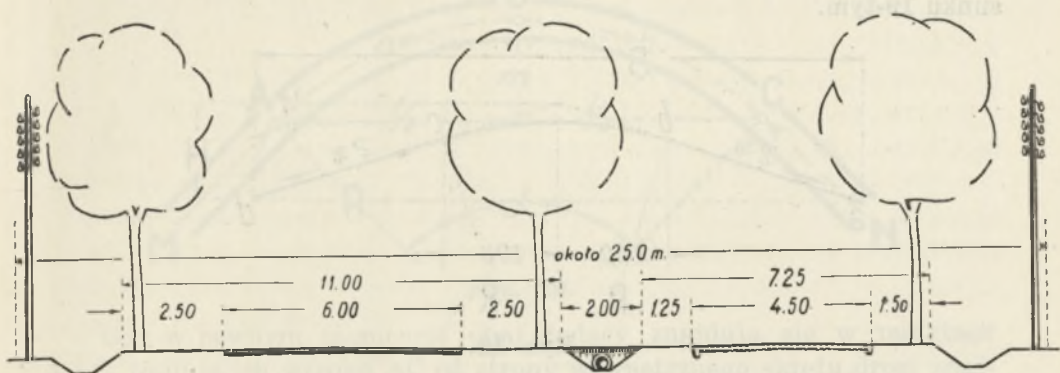
Przy wykonywaniu tak zwanego koryta HFGIQH (rys. 14), w gruncie gliniastym należy podkreślić jeden b. ważny szczegół. Grobla ziemna winna być (rys. 13), usypana według poziomej AB, a to dlatego, żeby można było otworzyć na całej jej szerokości ruch kołowy dla jaknajwiększego i jaknajszybszego skomprimowania ziemnego nasypu w koronie drogi. Przy małych nasypach (do 0,5 m. wysokich) okres trzymiesięczny do skomprimowania grobli zazwyczaj starcza, o ile ruch ciężarowy jest intensywny, a dopiero po tym okresie czasu można przystąpić do kopania koryta. Jasnym jest, że do należytego wykonania robót ziemnych cały pas drogowy (rys. 13) MN winien być wolny od materiałów kamiennych, które uprzednio należy składać poza pasem drogowym MN z jednej jego strony, zaś z drugiej strony — piasek, względnie drobny żwir na warstwę filtracyjną.

Dopiero w takich warunkach uprzedniej dostawy materiałów na jezdnię winno się wykonywać koryto. To ostatnie **bezwzględnie musi mieć wyraźny przekrój daszkowy** (rys. 14), według łamanej linii HQI i spadki obustronne winno się wykonać starannie z wyraźną krawędzią i gładkimi powierzchniami dla łatwego spływu wody w stronę burt. A zatem po wykonaniu koryta pod żadnym pozorem **nie wolno dopuścić do jazdy furmankami po korycie**, gdyż w przeciwnym razie w korycie powstaną koleiny, w których zebrana woda deszczowa **nie będzie miała należytego odpływu**.

Opisany powyżej normalny przekrój poprzeczny znajduje w naszym kraju dość szerokie zastosowanie z uwagi na ekonomiczne rozwiązanie zagadnienia mieszanego ruchu kołowego, ponieważ na jednej koronie mieszczą się dwie drogi: jedna z twardą nawierzchnią o szerokości 5,0 m. przeważnie dla pojazdów mechanicznych i druga o szerokości 3,50 m. — droga gruntowa, tak zwana „letnia droga“ dla lżejszych pojazdów konnych. W drodze letniej gustują rolnicy, gdy zaoszczędzają na mniejszym zużyciu obręczy żelaznych, niż to ma miejsce na jezdni kamiennej, a także zyskują na tem, że nie kute konie nie podbijają sobie nóg. O ile dla rolników korzyści są widoczne, o tyle wymienione czynniki ujemnie odbijają się na szybkobieżnym ruchu kołowym, jak również na kosztach utrzymania utwardnionej nawierzchni. Przedewszystkiem na jezdni utwardnionej stale odbywa się ruch mieszany, jak dotąd, z przewagą ciężkich pojazdów konnych, a które w wysokim stopniu przeszkadzają szybkiemu ruchowi samochodów. Z drugiej strony wazkie obręcze żelazne i ostro kute konie destrukcyjnie działają na utwardnione jezdnie, zwłaszcza tłuczniowe i asfalto-betonowe. Jedną z głównych przyczyn krótkotrwałości powierzchniowych smołowań i cieńszych dywaników asfaltowych, właśnie są zaprzęgi konne; wreszcie ustawiczne nanoszenie kołami błota z letnich dróg na jezdnie utwardnione powoduje śliskość, a w czasie letnim kurz, pomijając destrukcyjne działanie wilgoci, zwłaszcza w okresach przymrozków. A jeśli do tego doda się często spotykane fakty przejeżdżania wozów konnych z jednej strony drogi na drugą właśnie w momencie nadjeżdżających samochodów, łatwo przewidzieć konsekwencje, które w statystyce wypadków i uszkodzeń wozów, tak wysoką liczbą się wykazują. Z przytoczonych powyżej względów wskazaniem byłaby budowa dróg o podwójnym torowisku: jednym — wyłącznie dla pojazdów mechanicznych odpowiednio ogumionych i drugim — dla sprzężaju konnego. Jako przykład takiej drogi załącza się rys. 17.

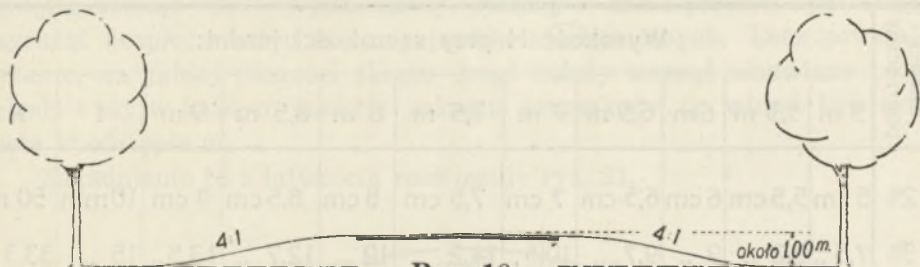
Ostatnimi czasy Ameryka buduje drogi o odmiennym przekroju poprzecznym (rys. 18), polegającym zasadniczo na usunięciu bocznych

rowów odpływowych, a to wszędzie tam, gdzie nie są one konieczne. Korpus drogi (grobla ziemna) jest tu wyniesiony i burty posiadają większe spadki, bo około 25%. Poza tem korona drogi jest wolna od drzew, które się sadi przy podstawie skarp, a te ostatnie darniuje się.



Rys. 17.

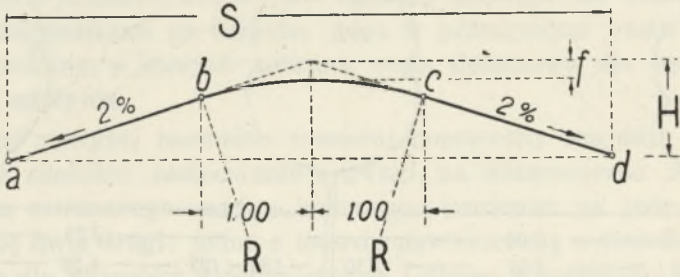
Jasnym jest, że psychika jadącego nie doznaje przykrych wrażeń, wynikających z powyżej opisanych przeszkód. Kierowca pojazdu mechanicznego nie odczuwa trwogi, że wjedzie do rowu, lub roztrzaska wóz i siebie o drzewo przydrożne, bo rowów niema, a drzewa stoją daleko od jezdni; poza tem niema na uwieży wzroku w celu ustrzeżenia się od zajechania mu drogi sprzężajem konnym, bo tych również niema.



Rys. 18.

Lecz taki przekrój normalny u nas nie prędko, niestety, znajdzie prawo obywatelstwa, a to z uwagi na przygniatającą supremację ilości wozów konnych nad mechanicznymi. Drogi o podwójnym torowisku są już przedmiotem rozważań decydujących czynników, albowiem koszta budowy takich dróg nieznacznie (kilkanaście %) przewyższają koszta budowy obecnych dróg, a różnica ich w krótkim czasie może być zniwelowana z racji nadmiernych kosztów obecnego utrzymania jezdni przy ruchu mieszanym.

Dla normalnych przekrojów poprzecznych stosuje się zwykle niewielkie kilkunantymetrowe podniesienie środka jezdni dla łatwiejszego i szybszego spływu wody, niżby to miało miejsce przy jezdniach poziomych. Najczęściej spotykanym w praktyce jest przekrój przedstawiony na rysunku 19-tym.



Rys. 19.

Widzimy, że przy szerokości utwardnionej nawierzchni S środkowa jej część na szerokości 2,00 m. ma kształt łuku kołowego, a odcinki ab i cd tworzą jednakowe spadki, które dla jezdni asfaltowych, kostkowych, klinkierowych i betonowych nie powinny przekraczać 0,02; jezdniom z kamieni polnych można nadać spadek 3%-wy.

Dla wykreślenia szablonu dla poprzecznego profilu jezdni podaje się poniżej tabelicę 5 tą.

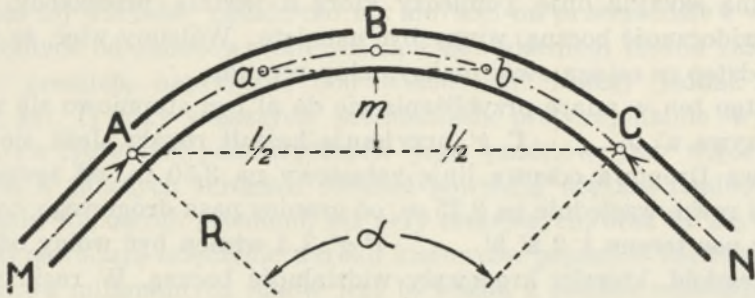
Tablica Nr. 5.

Spadek poprzeczny	Wysokość H przy szerokości jezdni:										
	5 m	5,5 m	6 m	6,5 m	7 m	7,5 m	8 m	8,5 m	9 m	f	R
2%	5 cm	5,5 cm	6 cm	6,5 cm	7 cm	7,5 cm	8 cm	8,5 cm	9 cm	10 mm	50 m
3%	7,5 „	8,2 „	9 „	9,7 „	10,5 „	11,2 „	12 „	12,7 „	13,5 „	15 „	33,3 „

WIDZIALNOŚĆ BOCZNA.

Z ustaleniem poprzecznego przekroju normalnego wiąże się b. ważna sprawa, mianowicie, widzialność boczna. Rozpatrzmy tę sprawę na przekroju poprzecznym, który całkowicie jest w wykopie i to głębszym. Niech droga dla przykładu posiada zakręt pod kątem 90° (rys. 20). Przedstawiona w rzucie poziomym droga MABCN na zakręcie ABC posiada tę niedogodność, że jadący naprzeciw siebie z powodu wykopu głębokiego,

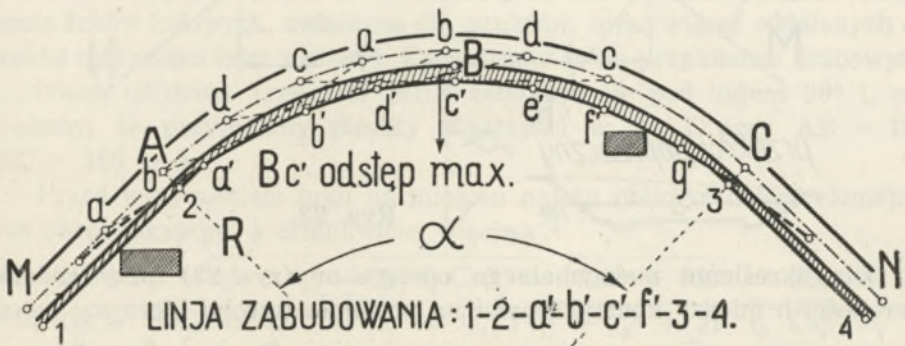
względnie innych przeszkód, jak: zabudowania zwarte, szczelne płoty i t. p. nie widzą się i muszą z tego powodu znacznie zmniejszyć szybkość, by ustrzec się od ewentualnego wypadku.



Rys. 20.

Gdy w pewnym momencie obaj jadący znajdują się w punktach A i C, to linia ich wzroku AC od strony wewnętrznego skrzywienia drogi znajduje się w odległości m . Z chwilą, gdy m będzie równe 0, a więc wtedy, gdy linia wzroku jadących będzie styczną do zewnętrznej skarpy (kontrskarpy) wewnętrznego skrzywienia drogi, wtedy spostrzegą się nawzajem, lecz wówczas odległość ab może być tak mała, że nie wystarczy do zahamowania w porę pojazdów, lub, w najlepszym razie, do wzajemnego ich wyminięcia się. Przyjmując długość widzialności bocznej $l = 200$ mb., t. j. taką samą, jak i dla widzialności pionowej, możemy w każdym poszczególnym przypadku dla ustalonego $\angle \alpha$ obliczyć wielkość m i w tym odstępie usunąć wszelkie przeszkody, któreby w razie przeciwnym mogły zagrażać bezpieczeństwu ruchu pojazdów mechanicznych. Lecz powstaje pytanie, na jakiej długości skrzywienia drogi należy usunąć omawiane przeszkody i czy w każdym punkcie zakrzywienia przeszkody te winne być usunięte w odstępie m .

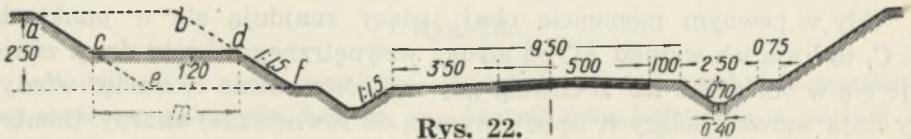
Zagadnienie to z łatwością rozwiązuje rys. 21.



Rys. 21.

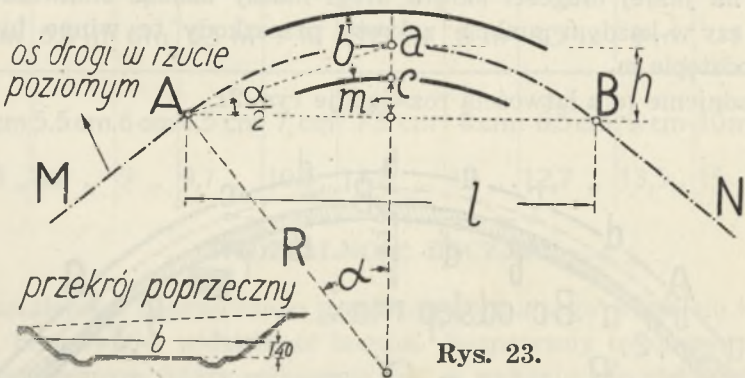
Ażeby więc zapewnić widzialność boczną na długości l , należy wykreślić szereg odcinków aa, bb, cc, dd, \dots tak, aby ich końce leżały na osi jezdni. Środkowe punkty tych odcinków: a', b', d', c', e', f' i g' określą zewnętrzną skrajną linię, pomiędzy którą a jezdnią, przeszkody, utrudniające widoczność boczną, winny być usunięte. Widzimy więc, że w punkcie B odstęp m osiąga swój maksymalny wymiar.

Odstęp ten w miarę przybliżenia się do a i g stopniowo się zmniejsza i krzywa $a' b' \dots f' g'$ przyjmuje kształt rogala. Jeśli się zważy że Ustawa Drogowa odsuwa linię zabudowy na 3,50 m. od zewnętrznej krawędzi rowu, względnie na 2,75 m. od granicy pasa drogowego, to zakreślony pas terenu 1 2 $a' b' \dots f' g'$ 3 4 winien być wolny od wszelkich przeszkód, któreby krępowały widzialność boczną. W razie wykopu (rys. 22), powiedzmy, dla przykładu 2,5 m. głębokiego, zbyt czynnem jest



Rys. 22.

usuwanie ziemi na całej swej głębokości. Przyjęliśmy przy określaniu widzialności pionowej, że wzrok kierowcy jest na wysokości 1,40 m. od jezdni, przeto teoretycznie na tejże wysokości możnaby korpus ziemny $edcf$ zostawić, jednak z uwagi na porastanie gruntów trawą, chwastem i t. p. praktyczne względy wskazują wysokość tę obniżyć do 1,20 m., a zatem dla utrzymania widzialności bocznej w danym przykładzie wystarczy usunąć część ziemi o zarysie $abdc$ na głębokości $2,50 - 1,20 = 1,30$ m.



Rys. 23.

Dla określenia maksymalnego odstępu m (rys. 23) przy zadanej szerokości b między kontrskarpami na poziomie wzroku kierowcy należy się posługiwać następującym wzorem: $m = h - \frac{b}{2} = \frac{1}{2} \left(l \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - b \right)$

PROMIENIE.

Normalnym promieniem, stosowanym przez większość inżynierów drogowych tak u nas, jak i na Zachodzie, jest $R = 300$ m. b. Dla przekroczenia tej wartości zasadniczo nie stoi na przeszkodzie i w otwartych, wolnych od zabudowy miejscach, z powodzeniem można zastosować większy promień, naprzykład 500 — 600 mtr. Należy jednak mieć na uwadze, że: 1) przy większych promieniach proporcjonalnie wydłużają się łuki i z tyczeniem poszczególnych jego punktów jest więcej pracy, poza tem w falistych terenach również powstają większe trudności przy stosowaniu większych promieni, niż przy mniejszych, oraz 2) zbyt wydłużone łuki powodują zmęczenie wzroku kierowców pojazdów mechanicznych.

Sprawa minimalnych łuków jest b. ważną z punktu rozważania bezpieczeństwa ruchu kołowego i ten argument właśnie dyktuje stosowanie promieni nie mniejszych niż 100 m. b.

Jeśli projektowana droga o twardej nawierzchni nie może zbaczać z trasy starej drogi gruntowej, rygory stosowania minimalnych łuków siłą faktu ulegają pewnym złagodzeniom, zwłaszcza w miejscach zabudowanych, lecz i wtedy należy rozważyć sprawę usunięcia obiektów budowlanych i jeśli to jest osiągalne pod względem technicznym i materialnym, decyzję należy powziąć w kierunku zwiększenia promieni.

W każdym razie na drogach tranzytowych nie należy stosować promieni poniżej 50 m. a na drogach gminnych — poniżej 40 m. b.

Przy stosowaniu łuków kołowych, zwłaszcza o małych promieniach, raptowne przejście od prostej, dla której promień = nieskończoności, do krzywej, powiedzmy, o promieniu 75 m b., jest przykre dla szybkojeżdżących pojazdów z uwagi na odśrodkowe rzucanie wozem; parabola tę niedogodność w pewnej mierze łagodzi, gdyż zmienność jej promieni od maximum'a do minimum'a odgrywa tu rolę amortyzatora dla odśrodkowych wstrząsów w punktach styczności prostej z parabolą. Poza tem tyczenie łuków parabolicznych w terenie jest łatwe i dokładniejsze od tyczenia łuków kołowych, zwłaszcza dla punktów, coraz więcej oddalonych od punktu styczności łuku z prostą. Rozpatrzmy to na przykładzie liczbowym.

Niech oś drogi (rys. 24) MBN załamuje się pod kątem 90° i, powiedzmy, że przyjęliśmy punkty styczności w A i C przy $AB = 120$ i $BC = 160$ m. b.

Przed wytyczeniem łuku na miejscu należy obliczyć dalsze elementy łuku parabolicznego, a mianowicie. Cięciwa

$$AC = 2d = \sqrt{t_1^2 + t_2^2} - 2t_1 t_2 \text{ Cs}\beta = \sqrt{120^2 + 160^2} = 200 \text{ m. b.};$$

$$d = 100 \text{ m. } DQ = DB = h = \frac{1}{4} \sqrt{t_1^2 + t_2^2} + 2t_1 t_2 \text{ Cs}\beta = \frac{1}{4} \sqrt{120^2 + 160^2} = 50 \text{ m. b.}$$

Promienie łuku parabolicznego są następujące:

minimalny promień w punkcie E największej krzywizny łuku

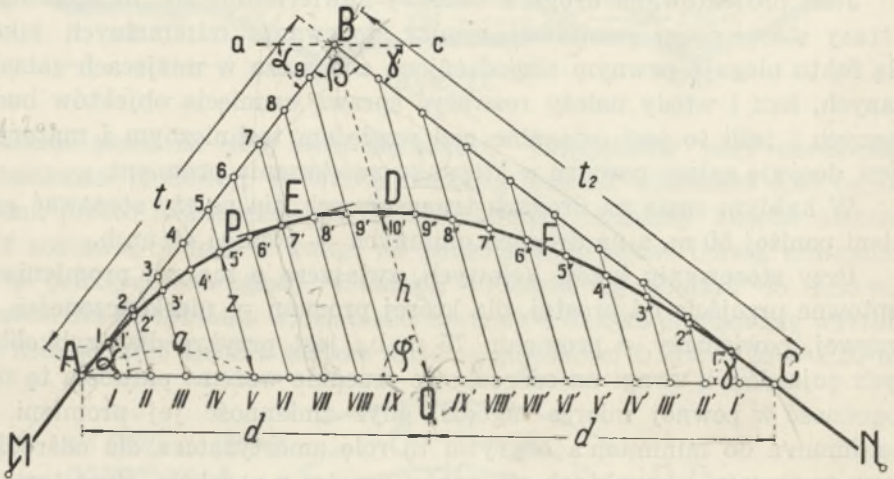
$$S_o = \frac{t_1^2 t_2^2 \text{Sn}^2 \beta}{32 h^3} = \frac{120^2 \cdot 160^2}{32 \times 50^3} = 92,16 \text{ m. b.}; \text{ w punkcie styczności A}$$

$$\text{promień } S_A = \frac{2t_1^2}{t_2 \text{Sn} \beta} = \frac{2 \times 120^2}{160} = 180 \text{ m. b.}; \text{ w punkcie styczności C}$$

$$\text{promień } S_C = \frac{2t_2^2}{t_1 \text{Sn} \beta} = \frac{2 \times 160^2}{120} = 426,67 \text{ m. b.}; \text{ w punkcie kulmi-}$$

$$\text{nacyjnym paraboli D promień } S_D = \frac{2d^3}{t_1 t_2 \text{Sn} \beta} = \frac{2 \times 50^3}{120 \times 160} = 130,21 \text{ m. b.};$$

wreszcie w dowolnym punkcie paraboli P promień $S_P = \frac{S_o}{\text{Sn}^3 \alpha}$, gdzie α jest kątem jaki tworzy styczna, poprowadzona w tym punkcie do przecięcia się z osią paraboli.



Rys. 24.

Decydując się na sposób tyczenia łuku parabolicznego od cięciwy w stronę stycznych, należy jeszcze wyliczyć te odległości dla poszczególnych punktów I, II, III, a które wyrażają się wzorem:

$$z = h \cdot \frac{a}{d} \left(2 - \frac{a}{d} \right).$$

Wielkość h już mamy wyliczoną, pozostaje tylko wyliczyć wielkość $\frac{a}{d} \left(2 - \frac{a}{d} \right)$ dla punktów I, II, III i przemnożyć przez h , wtedy otrzymamy szukane odległości z_1, z_2, z_3, \dots

W tym celu dzielimy AQ, QC, AB i BC, powiedzmy, na 10 równych części, a wtedy dla $\frac{a}{d} = 0,1$ mamy: $\frac{a}{d} \left(2 - \frac{a}{d}\right) = 0,1 (2 - 0,1) = 0,19$; dla $\frac{a}{d} = 0,2$ $\frac{a}{d} \left(2 - \frac{a}{d}\right) = 0,2 (2 - 0,2) = 0,36$ i t. d., a wtedy: $z_1 = 0,19 h = 50 \text{ m}$
 $z_2 = 0,36 \times 50 = 18,00 \text{ m. i t. d.}$

Mając wyliczone te odległości, ustawiamy kolejno żalony (tyczki) w punktach I—1, II—2, III—3..... i w kierunkach tych odmierzamy wyliczone wyżej odległości I — 1', II — 2', III — 3'..... i t. d. Punkty 1', 2', 3' będą leżały na łuku paraboli. Należy zauważyć, że odległości 1 — 1', 2 — 2'..... są mniejsze od odległości 1' — I, 2' — II,.... przeto możemy sobie pracę skrócić odmierzaniem w terenie krótszych odległości. Ponieważ AQ i AB były podzielone na równe części, przeto kierunki 1 — I, 2 — II, 3 — III..... są między sobą równoległe, a ponieważ AQ i AB dzieliśmy na 10 części, przeto 1 — I = $\frac{1}{10}$ BQ = 10 m.; 2 — II = $\frac{2}{10}$ BQ = 20 m., i t. d., a więc: 1 — 1' = 1 — I mniej 1' — I, czyli 10,00 — 9,50 = 0,5 m. b.; 2 — 2' = 20,00 — 18,00 = 2,00 m. b.; 3 — 3' = 30,00 — 25,50 = 4,50 m. b.... i t. d. Jak widzimy wyliczenia są proste, a pomiary w terenie mniej skomplikowane, niż przy tyczeniu łuków kołowych, gdyż **nie wymagają mierzenia kątów.**

Jeśliby zachodziła potrzeba wypalikowania w terenie większej ilości punktów, to łatwo to uskutecznić ze wzoru $\frac{z}{h} = \frac{a}{d} \left(2 - \frac{a}{d}\right)$.

Poniżej (patrz tablicę 6) podajemy wielkości $\frac{a}{d} \left(2 - \frac{a}{d}\right)$ dla podziału połowy cięciwy na 20 równych części.

Tablica 6.

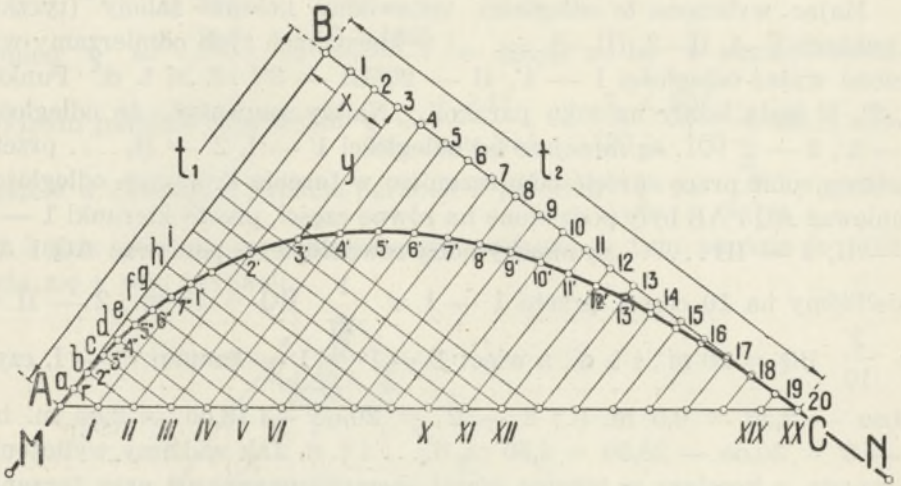
$\frac{z}{h}$	$\frac{a}{d} \left(2 - \frac{a}{d}\right)$	$\frac{z}{h}$	$\frac{a}{d} \left(2 - \frac{a}{d}\right)$	$\frac{z}{h}$	$\frac{a}{d} \left(2 - \frac{a}{d}\right)$	$\frac{z}{h}$	$\frac{a}{d} \left(2 - \frac{a}{d}\right)$
0.05	0.0975	0.30	0.5100	0.55	0.7975	0.80	0.9600
0.10	0.1900	0.35	0.5775	0.60	0.8400	0.85	0.9775
0.15	0.2775	0.40	0.6400	0.65	0.8775	0.90	0.9900
0.20	0.3600	0.45	0.6975	0.70	0.9100	0.95	0.9975
0.25	0.4375	0.50	0.7500	0.75	0.9375	1.00	1.0000

Po wyliczeniu punktów 1', 2',..... 10' dla łuku APD, w ten sam sposób wyliczamy podobne punkty 1'', 2'', 3''..... dla łuku CFD, stosując

$\frac{z}{h} = 0,05$
 $z = 0,5 \cdot h$

dla odcinków I' — 1", II' — 2", te same wielkości: 9.50 m. b., 18.00 m. ... i t. d.

Dla dogodności, względnie sprawdzania tyczenia w terenie, można posiłkować się drugim sposobem wyliczeń i tyczenia. (rys 25).



Rys. 25.

W tym celu dzielimy większą styczną BC, i cięciwę AC, powiedzmy, na 20 równych części. I tu również przeprowadzamy arytmetyczne wyliczenia w/g wzoru $y = t_1 \cdot \frac{x}{t_2}$, gdyż w tym układzie spórzędnych równa-

nie paraboli wyraża się wzorem: $\sqrt{\frac{x}{t_2}} + \sqrt{\frac{y}{t_1}} = 1$. Mając pierwotnie

obliczoną styczną t_1 , oraz przyjmując stosunek $\frac{x}{t_2}$ dla poszczególnych

punktów paraboli 1', 2', 3', wielkości: 0,05, 0,1, 0,15, 0,2 znajdujemy odległości: $y_1, y_2, y_3, y_4, \dots$, a które są: $120 \cdot 0.60278 = 72.33$ m. b.; $120 \cdot 0.46754 = 56.10$ m. b.; $120 \cdot 0.37540 = 45,05$ m. b. i t. d. Poniżej zamieszczona tablica Nr. 7 dla sto-

sunku $\frac{x}{t_2} = 0,05 - 0,10 - 0,15 \dots$ podaje wyliczone wartości $\frac{y}{t_1}$ ze

wzoru $\frac{y}{t_1} = \left(1 - \sqrt{\frac{x}{t_2}}\right)^2$.

Tablica 7.

$\frac{x}{t_2}$	$\frac{y}{t_1}$	$\frac{x}{t_2}$	$\frac{y}{t_1}$	$\frac{x}{t_2}$	$\frac{y}{t_1}$	$\frac{x}{t_2}$	$\frac{y}{t_1}$
0.05	0.60278	0.30	0.20456	0.55	0.06676	0.80	0.01115
0.10	0.46754	0.35	0.16678	0.60	0.05081	0.85	0.00609
0.15	0.37540	0.40	0.13509	0.65	0.03755	0.90	0.00263
0.20	0.30558	0.45	0.10836	0.70	0.02668	0.95	0.00064
0.25	0.25000	0.50	0.08578	0.75	8.01795	1.00	0.00000

Przy wytyczaniu łuku parabolicznego drugim sposobem następują się następujące praktyczne uwagi. Odległości odcinków łuku 20 — 19', 19' — 18', 18' — 17' zwiększają się w miarę oddalania się od punktu styczności C ku A, przyczem odległości 3' — 2', 2' — 1', są dość duże, a odległość A — I' zbyt duża dla prawidłowego wytyczenia łuku w terenie; zwłaszcza dla tej ostatniej odległości należy wytyczyć kilka punktów dodatkowych. W tym celu wytyczamy dodatkowe punkty 1'', 2'', 3'', . . w ten sposób, że z punktów I, II, III prowadzimy równoległe do BC odcinki I-a, II-b, III-c i t. d., następnie dodatkowo wyliczamy odległości y za pomocą uprzednich wyliczeń $y = t_1 \frac{x}{t_2}$, przyjmując tylko zamiast t_1 wielkość t_2 , a więc: a-1'' = 160 . 0.00064 = 0,10 m. b.; b-2'' = 160 . 0.00263 = 0.42 m. b.; c-3'' = 160 . 0.00609 = 0.97 m. i t. d.

Zwykle wytycza się punkty 4', 5', 6', 7' aż do punktu 19', natomiast dla początku łuku A — 1' — 4' wytycza się punkty 1'', 2'', 3'' 9'' według sposobu tylko co powyżej wyjaśnionego.

PRZECHYŁKI.

Na zakrętach dróg, z uwagi na bezpieczeństwo ruchu pojazdów mechanicznych, Ministerstwo Komunikacji przewiduje na łukach poszerzenie jezdni oraz jednostronny spadek poprzeczny, przyczem przejście od normalnej szerokości jezdni na prostych odcinkach do poszerzenia w łukach winno się odbywać na pewnej długości L . Tak poszerzenie, jak i długość przejściowego odcinka Ministerstwo Komunikacji zaleca wykonywać według tabeli Nr. 8.

Tablica Nr. 8.

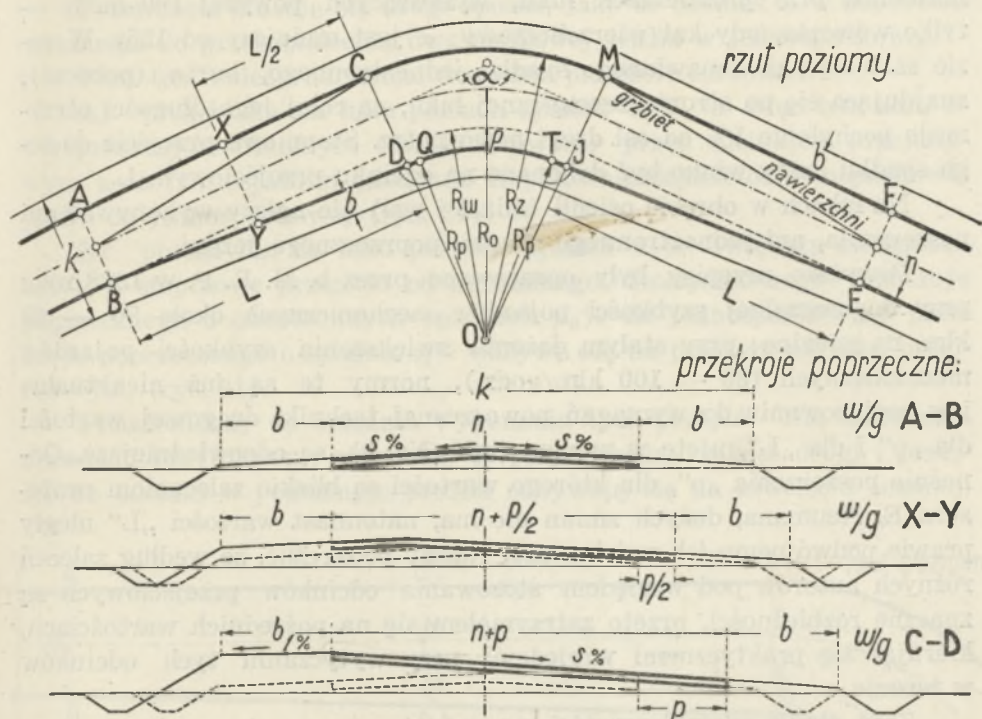
Przy promieniu łuku osi drogi R w m. bież.	Przy szerokości jezdni na prostej			Długość odcinka przejściowego L w m. bież.
	4,5 m.	5,5 m.	6,0 m.	
	poszerzenie „ p ” w m. b. wynosi			
40	1.00 (1.20)	1.20 (1.30)	1.20 (1.30)	30 (50)
60	0.9 (1.10)	0.95 (1.20)	0.95 (1.20)	25 (45)
80	0.9 (1.00)	0.95 (1.10)	0.95 (1.00)	25 (40)
100	0.90	0.80	0.70	25 (35)
150	0.80	0.80	0.60	20 (30)
200	0.40	0.40	0.30	15 (25)
300	0.40	0.40	0.30	15 (25)

Szerokość burt (poboczy) na odcinkach prostych, jak również i w łukach pozostaje ta sama, zatem cała szerokość drogi w koronie zmienia się stopniowo od prostego odcinka do łuku.

Wykonanie poszerzenia i przechyłki w/g zaleceń M. K. wyjaśniają rysunki 26, 27, 28, 29.

Podane w 8 tablicy normy Ministerstwa Komunikacji zaleca stosować wtedy, gdy kąt wierzchołkowy α jest mniejszy niż 135° . Poza tem przejście od spadku dwustronnego na prostej do spadku jednostronnego

na łuku winno być dokonane stopniowo na całej długości L . Dalej, jednostronny spadek poprzeczny m_1 na łuku w zależności od materiału kamiennego jezdni winien być stosowany według tabeli Nr. 9.



Rys. 26, Rys. 27, Rys. 28, Rys. 29.

Tablica Nr. 9.

Przy promieniach R w m. b.	Jednostronny spadek poprzeczny „ m_1 ” w jezdni na łukach	
do 40 m. włącznie	od 7 ⁰ / ₁₀₀	do 6 ⁰ / ₁₀₀
powyżej 40 m. b. włącznie do 100 m. b.	„ 6 ⁰ / ₁₀₀	„ 5 ⁰ / ₁₀₀
„ 100 „ „ „ 300 „ „	„ 5 ⁰ / ₁₀₀ (4 ⁰ / ₁₀₀)	„ 4 ⁰ / ₁₀₀ (3 ⁰ / ₁₀₀)

Przyczem wyższe normy spadku poprzecznego należy stosować na drogach bitych przy użyciu materiału miększego, zaś niższe— przy użyciu materiału twardszego. Normy podane w ostatnim wierszu w nawia-

sach winny być stosowane przy nawierzchniach dróg bitych utrwalonych, a więc: smołowanych, klinkierowych, z kostki i t. p.

Powyżej wskazany jednostronny spadek poprzeczny należy zawsze stosować przy promieniach łuku R mniejszych, lub równych 100 m. b., natomiast przy promieniach łuku, wynoszących powyżej 100 m. b. — tylko wówczas, gdy kąt wierzchołkowy α jest mniejszy od 135° . W razie zastosowania omawianego spadku jednostronnego, burta (pobocze), znajdująca się po stronie zewnętrznej łuku, na całej jego długości otrzymuje pochylenie 1% od osi drogi nazewnątrz. Stopniowe przejście do tego spadku burty winno być dokonane na odcinku przejściowym L .

Na łukach w obrębie osiedli (miast i wsi) nie należy wykonywać ani poszerzenia, ani jednostronnego spadku poprzecznego jezdni.

Powyższe przepisy były opracowane przez b. M. R. P. w 1928 roku przy dopuszczalnej szybkości pojazdów mechanicznych około 50 — 60 klm. na godzinę; przy stałym dążeniu zwiększenia szybkości pojazdów mechanicznych (80 — 100 klm/godz.), normy te są już nieaktualne i w zastosowaniu do wymagań nowoczesnej techniki drogowej wartości dla „p“ i dla „L“, ujęte w nawias (tabl. Nr. 9), są odpowiedniejsze. Odnośnie poszerzenia „p“, dla którego wartości są bliskie zaleceniom profesora E. Neumana, dużych zmian nie ma, natomiast wartości „L“ uległy prawie podwójnemu ich zwiększeniu. Należy podkreślić, że według zaleceń różnych autorów pod względem stosowania odcinków przejściowych są znaczne rozbieżności, przeto zatrzymałem się na pośrednich wartościach, kierując się praktycznymi względami przy wytyczaniu tych odcinków w terenie.

Zbyt długie odcinki przejściowe mają tę ujemną stronę, że nie zawsze dadzą się zastosować w terenie z braku miejsca, a zwłaszcza przy odwrotnych krzywych, zaś zbyt krótkie — dają przykre dla oka i jazdy załamane wewnętrznej krawędzi jezdni w punkcie B (rys. 30), dlatego też podane wielkości „L“ w tablicy Nr. 9 (w nawiasach) niwelują wzmiankowane niedogodności. Wzamiar przejściowych prostych możnaby zastosować przejściowe krzywe, lecz praktyczne względy przemawiają za pierwszymi, ponieważ przejściowe krzywe wymagają zbyt skomplikowanych wyliczeń, a nie dają współmiernych efektów, wobec czego przy przejściu od normalnego dwuspadkowego przekroju jezdni do jednospadkowego — będziemy stosowali **przejściowe proste**.

Przejścia te można wykonywać w dwojaki sposób, a mianowicie:

1) od dwuspadkowej jezdni o pochyłościach poprzecznych $s_0\%$ (mniejszych) na pewnej długości przechodzimy do dwuspadkowej jezdni o pochyłościach $s_1\%$ (większych), a następnie stopniowo przechodzimy od dwuspadkowej jezdni do jednospadkowej aż do początku łuku, lub:

2) od dwuspadkowej jezdni o pochyłościach poprzecznych $s_0\%$ (mniejszych) na odcinku przejściowym L przechodzimy do jednospadkowej jezdni o poprzecznej pochyłości $s_1\%$ (większej), jak to wskazuje rys. 31.

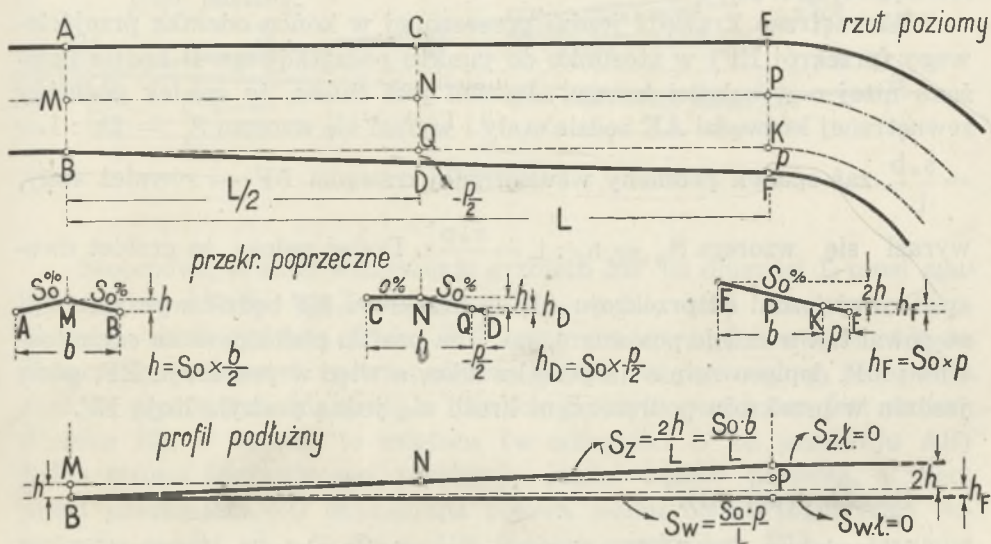
Przeważnie stosuje się drugi sposób, jako że odcinek L w zupełności wystarcza do przekształcenia dwuspadkowej jezdni w jednospadkową.

Poza tem należy odróżniać dwojakie przejście na łukach:

A) przechyłka na łuku posiada spadek $s_0\%$, a więc ten sam, co i w przekroju normalnym (dwuspadkowym) przed odcinkiem przejściowym, a na tym ostatnim następuje stopniowe przejście od dwuspadkowej jezdni do jednospadkowej (rys. 30),

B) przechyłka na łuku posiada spadek $s_1\%$ (większy od spadku $s_0\%$), a stopniowe przejście od normalnego dwuspadkowego przekroju poprzecznego o obustronnych spadkach $s_0\%$ do jednospadkowego przekroju poprzecznego o spadku $s_1\%$ odbywa się na prostym odcinku przejściowym. (rys. 31).

Przechodzimy do opisu wykonania tych przejść. Dla ułatwienia rozważań przyjmujemy warunek, że projektowany zakręt drogi i przejściowe odcinki w podłużnym profilu odbywają się na niwelecie pozimej.



Rys. 30.

Sposób pierwszy (A).

Na rysunku Nr. 30 mamy podany rzut poziomy, poprzeczne przekroje i profil podłużny. Na początku odcinka przejściowego L w AB mamy

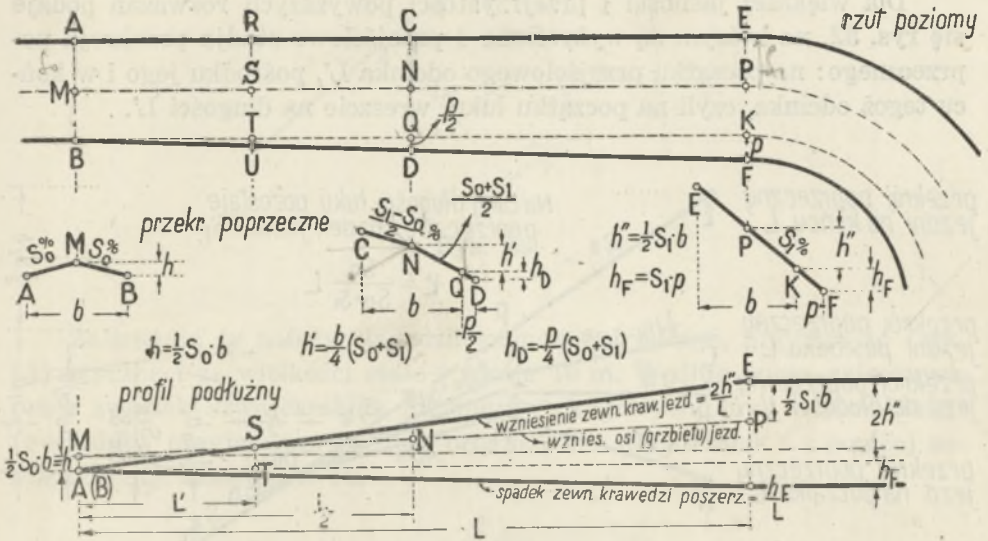
szerokość jezdni b o spadkach $s_0\%$, przyczem $h = \frac{1}{2}s_0b$. Na końcu odcinka przejściowe w EF (początek łuku) spadek $s_0\%$ jest jednostronny, lecz szerokość jezdni wynosi $b+p$, a więc jest ona zwiększona o poszerzenie p , przyczem zewnętrzna krawędź jezdni w tym przekroju wznosi się w stosunku do punktu K (jezdni bez poszerzenia) o wysokości $2h = s_0b$, a w stosunku do punktu F (krawędzi poszerzenia) — o wysokość $s_0b + s_0p = s_0 \cdot (b+p)$. Ponieważ zewnętrzna krawędź jezdni AE na swej długości L stopniowo i równomiernie ma zgubić wysokość $2h$, przeto pośrodku odcinka przejściowego, a więc na długości $\frac{L}{2}$ środkowy punkt tej krawędzi musi być na wysokości h , czyli zarys spadku drugiej połowy normalnego przekroju CN w przekroju poprzecznym przyjmie pozycję poziomą, a w płaszczyźnie pionowej (patrz profil podłużny) CN będzie się projektowała punktem N. Pierwsza wewnętrzna zaś strona przekroju poprzecznego tak w tem miejscu, jak w końcu odcinka przejściowego, a również i na łuku będzie miała stały spadek $s_0\%$ i na połowie długości L wewnętrzna strona poprzecznego przekroju zamiast szerokości $\frac{b}{2}$ będzie miała szerokość $\frac{1}{2}(b+p)$, a na końcu odcinka L — szerokość jezdni będzie $\frac{1}{2}b+p$.

Wewnętrzna krawędź jezdni poszerzonej w końcu odcinka przejściowego (przekrój EF) w stosunku do punktu początkowego B będzie położona niżej o wysokości $h = s_0p$. Jasnym jest zatem, że spadek podłużny zewnętrznej krawędzi AE będzie stały i wyrazi się wzorem $S_z = 2h : L = \frac{s_0b}{L}$, zaś spadek podłużny wewnętrznej krawędzi BF — również stały, wyrazi się wzorem $S_w = h_f : L = \frac{s_0p}{L}$. Dodać należy, że grzbiet dwuspadkowej jezdni od przekroju AB do przekroju EF będzie wyraźnie występował tak w rzucie poziomym, jak i na profilu podłużnym na całym odcinku MP, dopiero zginie na początku łuku, a więc w przekroju EF, gdzie jezdni w przekroju poprzecznym kreśli się jedną pochyłą linią EF.

Sposób drugi (B).

W podobny sposób do opisanego powyżej wykreśla się przejście od normalnego dwuspadkowego przekroju (rys. 31) o poprzecznym obustronnym spadku $s_0\%$ w AB do jednostronnego (większego) spadku $s_1\%$ w EF. Należy jednak podać następujące wyjaśnienia. Zewnętrzna krawędź jezdni w stosunku do punktu A w końcowym punkcie odcinka przejściowego

wego L wznosi się o wysokość $2h'' = s_1 b$, a zatem stałe wzniesienie zewnętrznej krawędzi jezdni wyrazi się wzorem $s_2 = 2h'' : L = \frac{s_1 b}{L}$. Wewnętrzna krawędź jezdni (poszerzenia) w stosunku do punktu B na końcu odcinka przejściowego L jest niżej położona o wysokość h_F , zatem stały spadek wewnętrznej tej krawędzi będzie $s_w = h_F : L = \frac{s_1 p}{L}$.



Rys. 31.

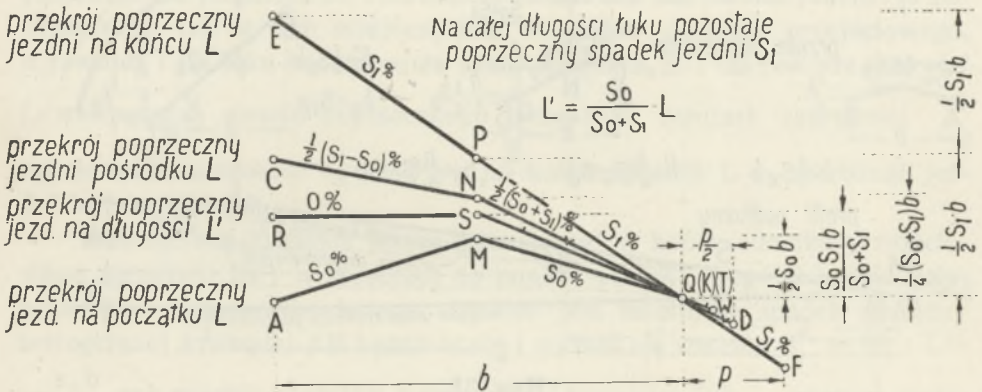
Stopniowe, a stałe wzniesienie grzbietu MP na długości L musi zguścić spadek $h'' = h = \frac{1}{2}s_1 b - \frac{1}{2}s_0 b = \frac{1}{2}b(s_1 - s_0)$. Jeśli rozważymy jednocześnie rzut grzbietu jezdni MP i rzut zewnętrznej krawędzi AE na płaszczyźnie pionowej (patrz podłużny profil), to zauważymy, że te dwie pochyłe proste przecinają się w punkcie S, czyli punkt ten jest rzutem odcinka RS, w którym to miejscu (w odległości L' od przekroju AB) jedna strona poprzecznego przekroju jezdni będzie pozioma, a więc: przed przekrojem RU zewnętrzna połowa jezdni będzie przybierała poprzeczne spadki od $s_0\%$ do $s=0\%$, zaś za przekrojem RU — ta sama połowa jezdni będzie miała przejściowe spadki od $s=0\%$ do maksymalnego spadku $s_1\%$.

Widzimy więc, że odległość L' jest łatwo określić z profilu podłużnego. Wielkość tę również można wyliczyć z podobieństwa trójkątów AMS

i SEP, ponieważ $AM:EP=L':L$, a podstawiając 3 wiadome wielkości, otrzymujemy proporcję: $\frac{1}{2}s_0b:\frac{1}{2}s_1b=L':L$, skąd $L' = \frac{s_0}{s_0 + s_1} \cdot L$

Z podanego wzoru widzimy, że odległość L' jest zależną od spadków s_0 i s_1 i zawsze jest mniejsza od połowy L , gdyż $s_1 > s_0$, a równa się $\frac{1}{2}L$ przy $s_0 = s_1$, to jest wtedy, gdyby przejście od przekroju normalnego dwuspadowego do przekroju jednospadowego miało się odbywać przy jednym spadku s_0 , jak w pierwszym sposobie (A).

Dla większej jasności i przejrzystości powyższych rozważań podaje się rys. 32, na którym są wykreślone 4 przejściowe stadja przekroju poprzecznego: na początku przejściowego odcinka L' , pośrodku jego i w końcu tegoż odcinka, czyli na początku łuku, wreszcie na długości L' .



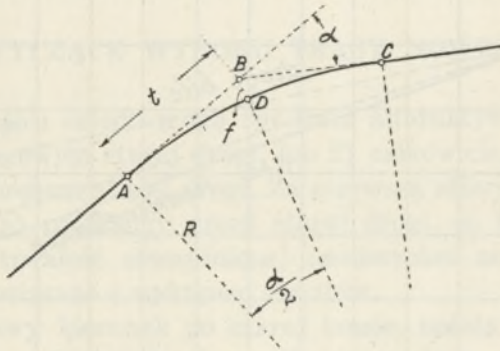
Rys. 32.

Zarysy tych przekrojów są następujące: AMQ, CND, EF i RSW...

Zrozumiałem jest, że pośrodku przejściowego odcinka L punkt N (na osi jezdni) winien znajdować się na połowie wysokości MP , zaś punkt C (na zewnętrznej krawędzi jezdni) — winien znajdować się na połowie wysokości AE . Mając wyliczone wartości wzniesienia zewnętrznej krawędzi i osi jezdni, oraz wartości spadku wewnętrznej krawędzi jezdni (poszerzenia) łatwo już określić odpowiednie kąty dla linii przejściowej i łuku, o ile zakręt przebiegałby nie w terenie poziomym, a na dowolnym spadku podłużnym, dodając, względnie odejmując odpowiednie wartości niwelety podłużnego profilu projektowanej drogi.

Należy jeszcze rozpatrzyć załamanie się niwelety podłużnej w przekrojach AMB (rys. 30 względnie 31) i EPF , zwłaszcza przy drugim (B)

sposobie wykreślania przechyłki, gdzie zewnętrzna krawędź jezdni AE w stosunku do jej poziomego odcinka w łuku występuje wydatniej niż przy pierwszym (A) sposobie wykreślenia.



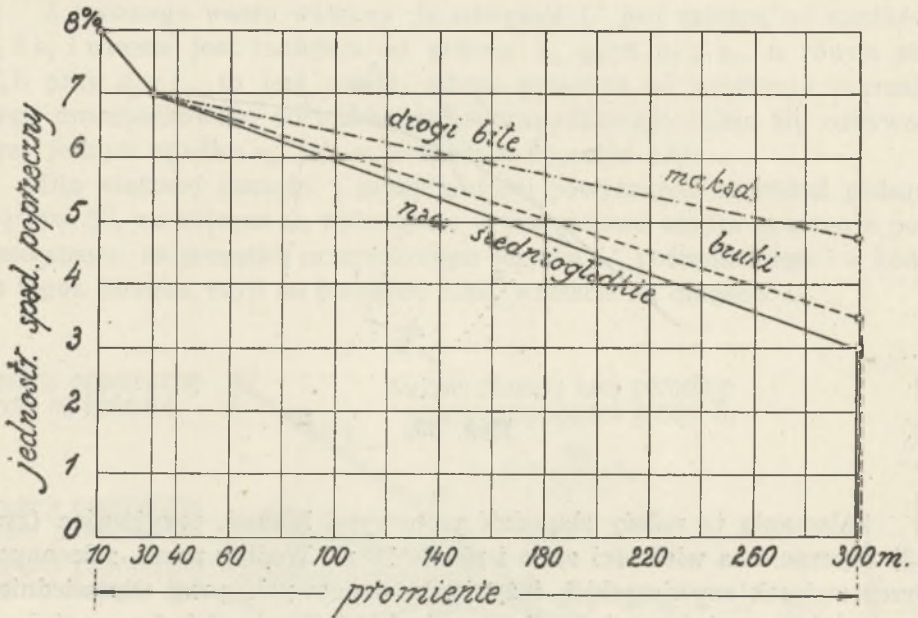
Rys. 33.

Załamania te należy złagodzić pionowymi łukami, przyjmując (rys. 33) styczne t za wielkości stałe i równe 10 m. Według norm, zaleconych przez związek szwajcarskich inżynierów drogowych, przy odpowiednich $\text{tg } \alpha$ należy przyjąć wartość dla promieni R i dla strzałek f z poniżej zamieszczonej tablicy Nr. 10.

Tablica Nr. 10.

$\text{tg } \alpha$	Długość stycznych t	Promień R	Strzałka f
		łuku pionowego w metr. bież.	
0.01	10 .	2000	0.025
0.02	„	1000	0.050
0.03	„	667	0.075
0.04	„	500	0.100
0.05	„	400	0.125
0.06	„	333	0.150
0.07	„	286	0.175
0.08	„	250	0.200
0.09	„	222	0.225
0.10	„	200	0.250

Wreszcie dla wyboru jednostronnych spadków na przechyłkach podaje się wykres Nr. 34, na którym mamy 3-ch rodzaj nawierzchnie: makadamowe, brukowane i średniogładkie.



Rys. 34.

Powyższe dane są zaczerpnięte z norm, podanych przez związek szwajcarskich inżynierów drogowych. Należy przytem wyjaśnić, że na zakrętach o promieniach $R \gg 300$ m. przechyłki są zbyt duże, gdyż przy szybkościach pojazdów mechanicznych 80 — 100 km/godz. siła odśrodkowa działająca na wywracanie pojazdu, względnie na jego zsuniecie z jezdni, już niema wpływu, natomiast przy R poniżej 300 m. na przechyłkach należy stosować jednostronne spadki i tem większe im mniejsze będą promienie.

UWAGI, DOTYCZĄCE WYBORU TRASY NOWEJ DROGI.

Przyłączeniu dwu osiedli mogą być dwie alternatywy: nowa droga 1) leży w pasie drogowym starej drogi, lub 2) całkowicie, względnie częściowo leży poza obrębem starej drogi. Za pierwszą alternatywą przemawiają 2 czynniki: a) ujeżdżony grunt starej drogi, co w konsekwencji zapewnia większą trwałość utwardnionej nawierzchni nowej drogi i b) zbyteczne koszty, związane z wykupem gruntów.

Przyjmując nowy kierunek po starej trasie, należy dążyć do tego, aby nowa utwardniona jezdnia leżała możliwie w pasie korony starej drogi gruntowej, gdyż sytuowanie jezdni na zasypanym rowie, względnie wprost na roli, nie daje gwarancji należytej wytrzymałości utwardnionej nawierzchni — mogą powstać w jezdni spękania, względnie falistości.

Uniknąć tego można przez wykonanie robót ziemnych w jednym roku, a w następnym ułożenie utwardnionej nawierzchni. Należy jednak zwrócić uwagę, że proces osiadania nasypów, zwłaszcza większych, trwa kilka lat, zależnie od jakości gruntów, zużytych na groble drogową, czego dowodem może służyć poniżej zamieszczona tablica. Jak widać z podanej tablicy, osiadanie jest dość duże, zwłaszcza dla gruntów tłustych, a przede wszystkim jest bardzo zależne od sposobu wykonania nasypów i przy użyciu furmanek osiadanie jest trzykrotnie mniejsze niż przy użyciu taczek. Przy użyciu kół (wywrotek) wartości te są pośrednie.

Tablica Nr. 11.

Rodzaj użytej ziemi na groble drogową	Sposób sypania grobli	
	taczkami	furmank.
	osiadanie ziemi w ‰	
Piasek	3	1
Czarnoziem, lub chuda glina	9	3
Glina średniej tłustości	12	4
Glina twarda b. tłusta	16	6
Margiel	20	8

Z powyżej przytoczonego nasuwa się wniosek wykorzystania starej ujeżdżonej latami drogi, jako fundamentu pod utwardzoną jezdnię, jednak nie należy niewolniczo trzymać się tej zasady, o ile są inne słuszniesze racje do przeniesienia nowej trasy drogi, choćby dla powodów, że:

1) skrócenie drogi daje w wyniku oszczędności na budowie i eksploatacji;

2) przeniesienie drogi z nizinnych miejsc na wyższe tereny, wolne od podmokania lub wiosennych rozlewisk, usuwa szkodliwe nasiąkanie grobli ziemnej, a w dalszej konsekwencji szybkie niszczenie utwardnionej jezdni;

3) przeniesienie nowej drogi może być konieczne na jej widzialność, a więc bezpieczeństwo ruchu kołowego;

4) prowadzenie drogi przez gęsto zaludnione osiedla, o krętej trasie, złym stanie sanitarnym i t. p. nie daje należytych gwarancji dla rozwoju ruchu kołowego; że wreszcie

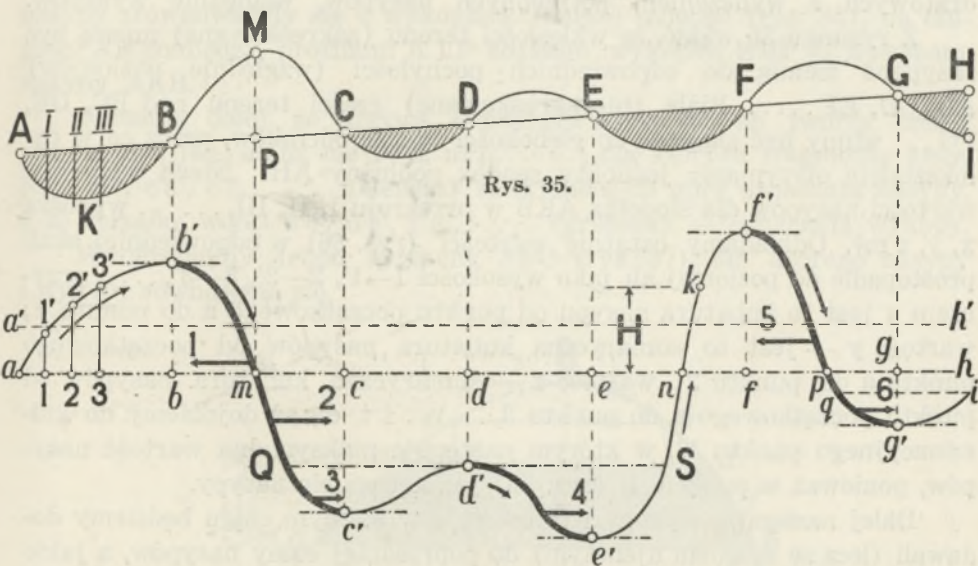
5) względy strategiczne i inne nieprzewidziane przeszkody mogą również przemawiać za przeniesieniem drogi.

Praktyka wykazuje, że pod budowę 1 km. drogi potrzeba około 2 ha ziemi, skrócenie przeto drogi o kilka %% już może dać słuszne podstawy do wykupu gruntów, jako akcji pod względem finansowym korzystnej, a pod względem technicznym koniecznej.

Stałe podmokanie grobli drogowej powoduje znaczne osłabienie twardej nawierzchni, a niekiedy zupełną jej ruinę (przełomy) zwłaszcza w okresie wiosennym.

Przeniesienie drogi poza budynki osiedli małorolnych ma tę wygodną stronę, że unika się ewentualnych wypadków przejechania dzieci i wałęsającego się inwentarza żywego, a pod względem estetycznym i zdrowotnym przerwienie drogi poza brudną wieś, niechlujnie zabudowaną w różnych poziomach i niesymetrycznie, przy ciasnej i krętej ulicy przelotowej, również daje walory pierwszorzędного znaczenia. Zresztą w takich razach niezbyt daleki (do paru set metrów) dojazd od głównej drogi do osiedla w zupełności rozwiązuje tę sprawę ku zadowoleniu obu stron — projektodawcy i mieszkańców.

BUDOWA KRZYWEJ BRÜCKNERA.



Rys. 36.

Niech linja falista AKBMC..... GJ (rys. 35) przedstawia sobą fragment podłużnego profilu terenu, zaś odcinek AH — zaprojektowany przez nas podłużny profil drogi. Jak już wiemy, roboty ziemne w koronie w przekroju poprzecznym wykonywują się poziomo, wobec czego zaprojektowana przez nas linja AH na profilu podłużnym jest śladem przecięcia się dwu płaszczyzn: jednej, stanowiącej powierzchnię korony wykończoną grobli ziemnej z płaszczyzną pionową równoległą do osi dróg, mogącą przechodzić zarówno przez oś, jak i przez zewnętrzne krawędzie korony grobli ziemnej. A więc, należy sobie uprzytomnić, że niweleta linii czerwonej na profilu podłużnym (na projektach projektowany profil po-

dłużny kreśli się kolorem czerwonym) w poszczególnych punktach odpowiada niwelecie linii wyrównawczej (rysunek 14) na przekrojach poprzecznych. Ponieważ dla wykonania nawierzchni należy wykopać koryto, a ziemię z koryta wyrzucić z poprzecznym spadkiem na burty (pobocza), przeto właściwy poziom wykończonej jezdni jest zwykle nieco wyższy od poziomu linii wyrównawczej, a wobec daszkowatego kształtu jezdni, oś ostatniej osiąga maksymalny poziom w stosunku do obu krawędzi korony drogi.

Po tym wstępie przystępujemy do wykreślenia krzywej Brücknera.

Niech I, II, III, oznacza numerację poprzecznych profili, dla których mamy już wykreślone poprzeczne przekroje w metrach kwadratowych z wyliczeniem potrzebnych nasypów, względnie wykopów.

Z rysunku 35 widać, że wklęsłości terenu (zakreskowane) muszą być zasypane ziemią do odpowiednich pochyłości (względnie poziomów) AB, CD, EF Białe (niezakreskowane) części terenu nad BC, DE, FG . . . winny być skopane do głębokości tychże odcinków, przez co w całości kształcie otrzymamy jednolity spadek podłużny AH. Niech wyliczone wartości nasypów dla siodełka AKB w przekroju I, II, III, wynoszą x, y, z m³. Odkładamy ostatnie wartości (rys. 36) w odpowiedniej skali prostopadle do poziomej ah jako wysokości 1—1', 2—2', 3—3', , przy czem x jest to kubatura nasypu od punktu początkowego a do punktu 1; wartość y — jest to sumaryczna kubatura nasypów od początkowego punktu a do punktu 2; wartość z — sumaryczna kubatura nasypów od punktu początkowego a do punktu 3, i t. d., aż dojdziemy do kulminacyjnego punktu b', w którym następuje maksymalna wartość nasypów, ponieważ w punkcie B (rys. 35) już kończą się nasypy.

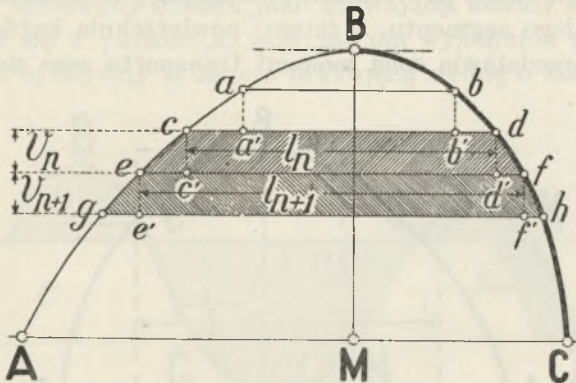
Dalej następują wykopy i te ostatnie w dalszym ciągu będziemy dawali (lecz ze znakiem ujemnym) do poprzedniej sumy nasypów, a jakie w przekroju b mierzą się odcinkiem bb'. Z rysunku widzimy, że za punktem b' krzywa Brücknera zaczyna opadać, a to wskutek tego, że w punkcie B skończyły się nasypy i dalej w kierunku BH idą wykopy, a jako ze znakiem ujemnym wpływają na algebraiczną sumę w ten sposób, że wysokość lb' musi się zmniejszać. Postępując tak dalej, dochodzimy do punktu m, dla którego algebraiczna suma nasypów i wykopów = 0. Widzimy jednak, że wykopy się nie skończyły, zatrzymaliśmy się bowiem na przekroju P. Dalej wykopy idą aż do profilu C, a zatem, postępując według tej samej zasady, wykreślimy krzywą mc'. W punkcie c' krzywa znowu się zacznie podnosić, ponieważ na algebraiczną sumę cc' (ze znakiem ujemnym) zaczną wpływać nasypy (ze znakiem dodatnim) . . . i t. d. aż dojdziemy do ostatniego punktu i. Połączenie punktów a, 1', 2', 3', b', m, c', d', c' i t. d. daje zarys krzywej Brücknera.

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY KRZYWEJ BRÜCKNERA.

Z rysunku 36 widzimy, że krzywa otrzymała kształt falisty i że w stosunku do poziomej ah przechodzi przez swe maksymalne i minimalne wartości w punktach b' , c' , d' , e' i to wszędzie tam, gdzie **falista linja terenu** (rys. 35) **przecina się z uprzednio zaprojektowanym spadkiem podłużnym AH** w punktach B, C, D, E..... Widzimy dalej, że od a do b' idą nasypy (linja cieńsza), od b' przez m do c' — idą wykopy (linja grubsza), przyczem dla nasypów $a-2'-b'$ maksymalna wartość ich (kubatura) mierzy się wysokością bb' , a tą samą wysokością bb' również mierzą się wykopy dla krzywej $b'm$, a zatem mówimy, że w punkcie m nasypy **zrównoważyły się z wykopami**. Inaczej mówiąc (rys. 35), na długości AP pomiędzy profilami A i P kosztem wykopów BMP są wykonane nasypy AKB.

Widzimy dalej, że krzywa Brücknera z poziomą ah tworzy szereg segmentów, jak: $ab'm$, $mc'd'e'n$, $nf'p$,....., dla których fragmenty krzywej: ab' , $c'd'$, $e'f'$,..... (cieńsze) ze strzałką do góry oznaczają nasypy, a ze strzałką w dół: $b'c'$, $d'e'$, $f'g'$,..... (grubsze) — oznaczają wykopy.

Wydreżnimy jeden sygment ABC (rys. 37), dla którego nasypy i wykopy równoważą się.



Rys. 37.

Powyżej ustalono, że nasypy AB równoważą się wykopami BC, a ponieważ krzywa ABC w stosunku do prostej AC tworzy zamknięty segment, ustalamy zatem wniosek, że w **każdym zamkniętym segmencie następuje równowaga nasypów z wykopami**. Poprowadzimy szereg równoległych do podstawy AC, jak: ab , cd , ef , gh ,..... Na podstawie tylko co sformułowanego wniosku możemy powiedzieć, że również następuje równowaga nasypów z wykopami dla segmentów aBb , cBd , eBf ,.....

przyczem aB równoważy się z Bb; cB — z Bd; eB z Bf, a tem samem: ac równoważy się z bd; ce — z df; eg — z fh,

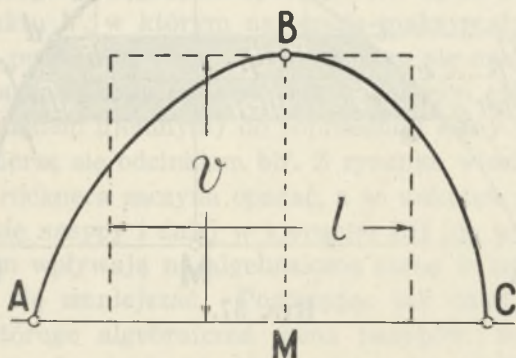
Wyobraźmy sobie, że równoległe ab, cd, cf, są tak blisko siebie położone, że bez uszczerbku dla obliczeń powierzchnie trapezów ecdf, gefh, możemy przyjąć za prostokąty c'odd', e'eff' Widzimy dalej, że przez podział segmentu na wąskie paski ogólną kubaturę nasypów $v=BM$ podzieliliśmy na małe objętości $v_0, v_1, v_2, \dots, v_n, v_m \dots$

Ponieważ nasypy ac, ce, eg, mają być zrównoważone odpowiedniami wykopami bd, df, fh, przeto wartości tych wykopów bb', dd', ff' = $v_{n-1}, v_n, v_{n+1}, \dots$ z profilów d, f, h, muszą być przetransportowane do profili c, e, g, na odpowiednie odległości $l_{n-1}, l_n, l_{n+1} \dots$

Ażeby dla segmentu ABC całkowicie zrównoważyć nasypy wykopami, należy wykonać pracę wyrażającą się wzorem:

$v_0l_0 + v_1l_1 + v_2l_2 \dots v_nl_n + v_{n+1}l_{n+1} \dots v_zl_z$, gdzie v_z i l_z oznaczają kubaturę i odległość przewozu ostatniego wąskiego paska segmentu przy podstawie AC. Jak widzimy z powyższego wzoru powstała nowa jednostka o czwartym wymiarze (kubatura masy ziemnej pomnożona przez odległość, którą nazwiemy **momentem transportu**).

Analizując wyraz algebraiczny w odniesieniu do segmentu ABC, stwierdzamy, że: suma iloczynów $v_0l_0 + v_1l_1 + \dots v_zl_z$ odpowiada na rysunku 37-mym sumie powierzchni poszczególnych wąskich pasków, czyli powierzchni całego segmentu, a zatem: **powierzchnia każdego zamkniętego segmentu przedstawia sobą moment transportu mas ziemnych**. Ponie-

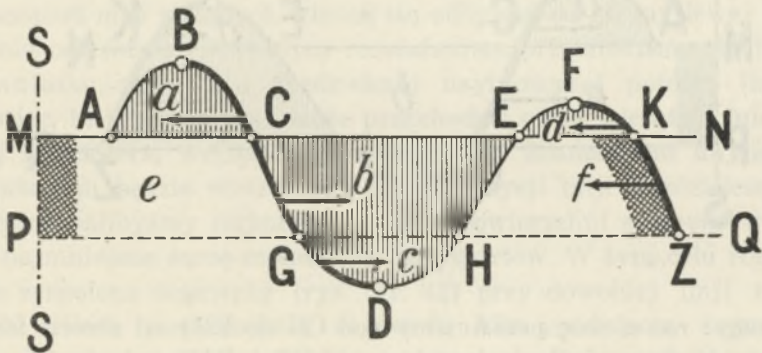


Rys. 38.

waż powierzchnię segmentu ABC możemy zamienić równoważną powierzchnią (kropkowaną) prostokąta o wysokości (kubaturze) v i podstawie (średniej odległości transportu) l , (rys. 38) to możemy napisać, że $v_0l_0 + v_1l_1 + v_2l_2 + \dots v_zl_z = vl$. Powyższy wniosek oczywiście odnosi się do każdego zamkniętego segmentu, jak: mc'd'e'n, nf'p,

i t. d. (rys. 36). Jeśli poziomą ah przesunęlibyśmy równoległe do pozycji, powiedzmy, a'h', to jasno wynika, że zamknięte segmenty co do wielkości swych powierzchni zmieniłyby się i w ogólnej sumie powierzchnia segmentów byłaby większa lub mniejsza, z czego znów wynika, że i transporty mas ziemnych również uległyby zmianie i, rzecz oczywista, że te ostatnie będą najmniejsze wtedy, kiedy i suma powierzchni wszystkich segmentów będzie najmniejsza, czyli, kiedy $v_0l_0 + v_1l_1 + \dots + v_2l_2$ wykaże swe **minimum**. Zatem dążeniem naszym powinno być odszukanie takiej pozycji poziomej ah, czyli tak zwanej **linji rozdzielczej**, przy której sumaryczna ilość transportów ziemnych będzie najmniejsza, a tem samem wykonanie robót ziemnych najekonomiczniejsze.

Przed rozwiązaniem tego problemu należy zwrócić uwagę (rys. 36) na okoliczność, że dla segmentów, znajdujących się nad linią rozdzielczą, ruch mas ziemnych czyli transport ziemi, odbywa się od prawej strony ku lewej, zaś dla segmentów usytuowanych pod linią rozdzielczą — od lewej strony ku prawej. I słusznie, ponieważ nasypy mogą być wykonane kosztem wykopów i ruch mas ziemnych może odbywać się od wykopów ku nasypom, a więc: od b'm ku b'a, od mQ ku nS, od Qc' ku c'd', od d'e' ku e'S, od f'p ku f'n i od gg' ku g'i, jak to wskazują poziome strzałki 1, 2, 3 6, przyczem ziemia z wykopu pq zostanie niezuzyta, a więc należy ją złożyć w tak zwany **odkład**, jako zbywającą. Jeśliby krzywa Brücknera zakończyła się w punkcie k, wówczas dla wykonania nasypu nk zabrakłoby ziemi i byłibyśmy zmuszeni brakującą ziemię o kubaturze H do-



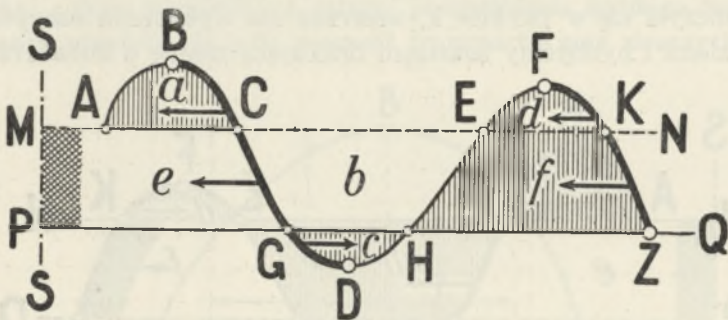
Rys. 39.

wieź już nie z pasa drogowego lecz z boku, z terenu znajdującego się poza pasem drogowym, z tak zwanego **ukopu** (rezerwy). Zasada wykonywania ruchu mas ziemnych od strony prawej ku lewej w razie pozycji segmentu nad linią rozdzielczą i odwrotnie jest ogólną, o czym łatwo się przekonać na załączonych poniżej przykładach (rys. 39) w założeniu, że decy-

dujemy się na odkład z lewej strony terenu, gdzie mają być wykonane roboty ziemne; powiedzmy, że mamy odłożyć zbywającą ziemię w profilu poprzecznym S. Przyjmując za linię rozdzielczą MN, przechodzącą przez początkowy punkt krzywej Brücknera, mamy segmenty a i d nad linią i segment b+c (składający się z dwu części: b i c) pod linią rozdzielczą.

Ruch mas ziemnych odbędzie się według poziomych strzałek, a więc: od BC do AB, od CGD do DHE i od FK do EF; pozostałą ziemię z wykopu KZ według założenia mamy złożyć w profilu SS. Określając wzorem algebraicznym, suma momentów transportów przedstawi się jak następuje: $a+b+c+d$ powierzchnia MKZP. (PQ — jest poziomą linią posiłkową, przechodzącą przez koniec krzywej), gdzie znów powierzchnia MKZP = $e+b+f$, a zatem ogólna suma momentów transportów = $a+b+c+d+e+b+f = a+2b+c+d+e+f$.

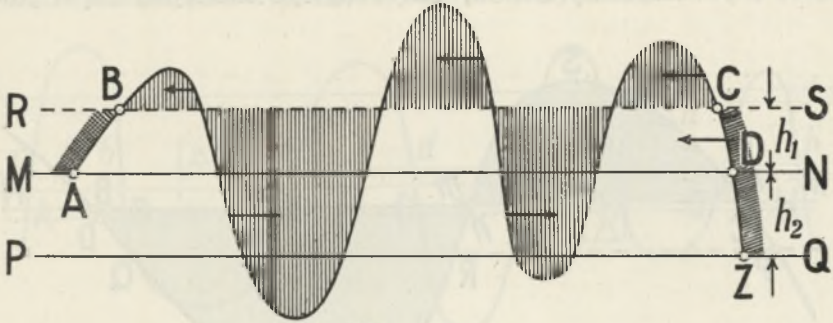
Przyjmując zaś linię rozdzielczą (rys. 40) PQ, przechodzącą przez końcowy punkt krzywej, przy tem samem założeniu (i przy posiłkowej poziomej MN), suma momentów transportów wyrazi się wzorem: $a+c+d+f$ powierzchnia MCQP, czyli: $a+c+d+f+e$. Widzimy, że w drugim przypadku przy przyjęciu linii rozdzielczej, przechodzącej przez końcowy punkt krzywej Brücknera, suma monetów transportów jest mniejszą o wielkość $2b$. Dalej, analizując kierunek mających się odbyć transportów w pierwszym przypadku, stwierdzamy dużą niekoneskwencję



Rys. 40.

cję w pracy: raz ziemię przewozimy (od CG do EH) od strony lewej ku prawej, drugi raz przez ten sam teren (od KZ do MP) przewozimy ziemię od strony prawej ku lewej, a więc **transporty niepotrzebnie się krzyżują**; dalej stwierdzamy (rys. 39) naruszenie ustalonej zasady przewozu ziemi, gdyż pod linią rozdzielczą od wykopów do nasypów transport winien się odbywać od strony lewej ku prawej, a tymczasem mamy tu odwrotne zjawisko (wykop KZ), czego unikamy na przykładzie drugim (rys. 40), gdzie transport mas ziemnych odbywa się ekonomicznie i prawidłowo.

Następnie ustalimy zasadę, że linja rozdzielcza może przechodzić przez początkowy lub końcowy punkt krzywej Brücknera lub też pomiędzy temi krańcowymi linjami.

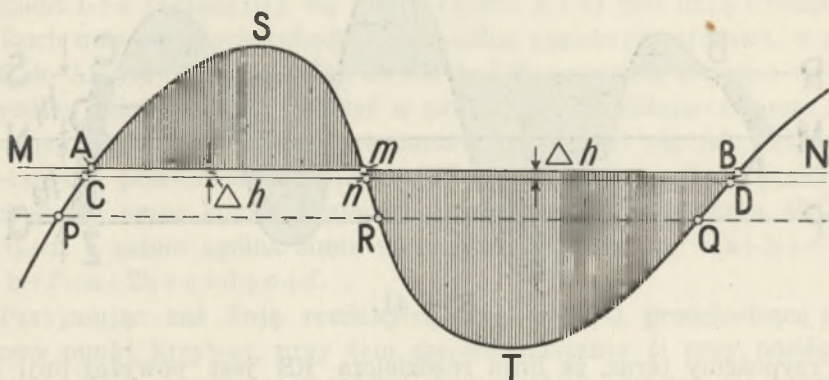


Rys. 41.

Przypuśćmy teraz, że linja rozdzielcza RS jest powyżej linii MN, przechodzącej przez początkowy punkt krzywej. Łatwo (rys. 41) się przekonać, że transport mas jest w tym wypadku absurdalny. Dowiedzieć to można przez porównanie transportów mas ziemnych. Przy linii rozdzielczej MN mielibyśmy tylko odkład h_2 , zaś przy linii rozdzielczej RS stwierdzamy: 1) niepotrzebny ukop dla nasypu AB, 2) dodatkowy odkład h_1 , (oprócz h_2), oraz 3) ziemia z wykopu CD musiałaby iść na pokrycie nasypu AB, powodując niepotrzebne krzyżowanie się transportów, co koliduje z ustaloną powyżej zasadą, że w segmentach poniżej linii rozdzielczej transport mas ziemnych winien się odbywać od strony lewej ku prawej, a nie odwrotnie. Podobnym rozważaniem przychodzimy do tego samego wniosku przy linii rozdzielczej usytuowanej poniżej linii PZ.

A więc, linja rozdzielcza może przechodzić przez początek, lub koniec krzywej Brücknera, względnie pomiędzy temi krańcowymi linjami. Dalszym zadaniem będzie wyszukanie takiej pozycji linii rozdzielczej, przy której otrzymalibyśmy najmniejszą sumę powierzchni segmentów, a tem samem najmniejszą sumę momentów transportów. W tym celu rozpatrzmy dwa zespolone segmenty (rys. Nr. 42) przy dowolnej linii rozdzielczej MN. Niech powierzchnia segmentu ASm < od pow. segm. mTB i niech odcinek Am < mB . Opuśćmy równoległe linję rozdzielczą AB do pozycji CD, lecz b. blisko pierwszej, tak, abyśmy wąskie paski trapezów $AmnC$ i $mBDn$ w dalszych obliczeniach mogli przyjąć za prostokąty, wtedy powierzchnia segmentu ASm powiększy się o prostokąt, którego wysokość (b. mała) = Δh , a podstawa = Cn . Jednocześnie powierzchnia drugiego segmentu mTB zmniejszy się o prostokąt o tejże wysokości Δh i podstawie nD .

Ponieważ $Am < mB$, więc i $Cn < nD$ (trapezy uważamy za prostokąty, gdyż Δh jest b. małe). Przez obniżenie linii rozdzielczej AB do pozycji CD rezultat będzie taki, że powierzchnia pierwszego segmentu wzrośnie o powierzchnię $\Delta h \cdot Cn$, zaś drugiego zmniejszy się o powierz-

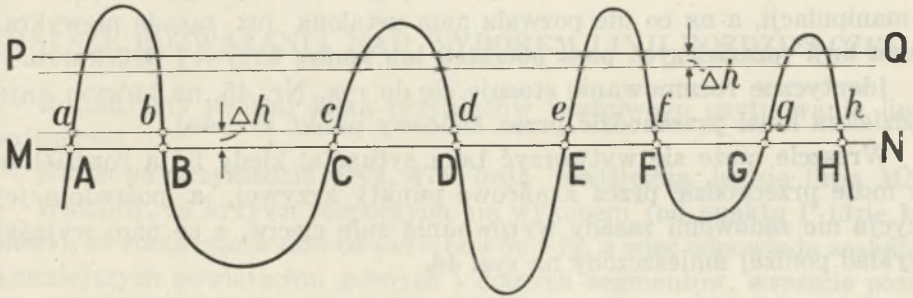


Rys. 42.

chnię $\Delta h \cdot nD$, lecz więcej powierzchni ubędzie niż przybędzie, a w ogólnym wyniku ubędzie $\Delta h(nD - Cn)$. Opuszczając powtórnie linię rozdzielczą CD w dół o wysokość Δh w konsekwencji dla obu segmentów razem znów zyskujemy zmniejszenie ogólnej powierzchni o pewną wielkość, lecz nieco mniejszą od $\Delta h(nD - Cn)$, ponieważ odcinek Cn ku dołowi stopniowo się zwiększa, zaś odcinek nD stopniowo się zmniejsza. Powtarzając tę operację w dalszym ciągu, dojdziemy wreszcie do takiego stanu, że podstawy prostokątów w obu segmentach zrównają się, a wtedy o ile się zwiększy powierzchnia pierwszego segmentu, o tyle się zmniejszy powierzchnia drugiego segmentu, a zatem dalsze opuszczenie linii rozdzielczej spowodowałoby zjawisko odwrotne, t. j., że powierzchnia dodawanego wąskiego paska prostokąta w pierwszym segmencie zaczęłaby wzrastać, a w drugim segmencie — zaczęłaby się zmniejszać. Stąd wnioskujemy, że dla osiągnięcia minimum momentów transportów opuszczanie linii rozdzielczej AB winno się odbywać póty, póki zrównają się podstawy segmentów, t. j. póki PR zrówna się z RQ . Zatem PQ będzie poszukiwaną linią rozdzielczą, zapewniającą minimalną sumę powierzchni segmentów, tem samem minimalną sumę momentów transportów, a w swej dalszej konsekwencji — najekonomiczniejsze wykonanie robót ziemnych transportowych.

Powyższe dowodzenie odnosi się również do dowolnej ilości segmentów, o czem przekonamy się poniżej. Przyjmując (rys. 43) za linię rozdzielczą odcinek PQ , widzimy z grafiku krzywej Brücknera, że suma cię-

ciw górnych segmentów jest mniejszą od sumy cięciw dolnych segmentów. Opuszczając linię rozdzielczą PQ ku dołowi, temsamem zwiększamy wszystkie powierzchnie wszystkich górnych segmentów przy jednoczesnym zmniejszeniu powierzchni wszystkich dolnych segmentów, przyczem

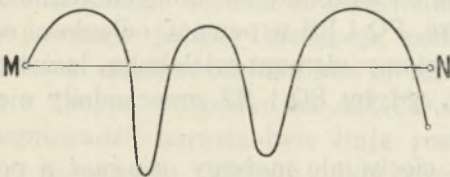


Rys. 43.

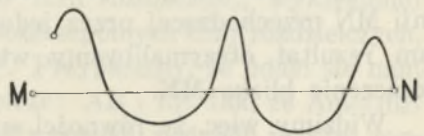
jak widać z zarysu krzywej, narazie więcej będzie powierzchni ubywać niż przybywać, lecz powtarzając, jak poprzednio, obniżanie linii rozdzielczej w dalszym ciągu, dojdziemy wreszcie do takiej pozycji linii rozdzielczej MN, kiedy suma dodanych powierzchni w postaci wąskich pasków (prostokątów) AabB, CcdD, EefF, GghH, będzie się równała sumie odjętych powierzchni BbcC, DdeE, FfgG, to jest kiedy:

$\Delta h (AB + CD + EF + GH) = \Delta h (BC + DE + FG)$, czyli kiedy: $AB + CD + EF + GH = BC + DE + FG$, a co słownie określimy w następujący sposób: linia rozdzielcza dla najekonomiczniejszych robót ziemnych transportowych wymaga w stosunku do krzywej Brücknera takiej pozycji, aby suma cięciw górnych segmentów równała się sumie cięciw dolnych segmentów.

Jednak może być wyjątek, kiedy opuszczanie, względnie podnoszenie linii rozdzielczej nie spowodują wyrównania sumy cięciw górnych z dolnymi, a wtedy musimy się ograniczyć do linii rozdzielczej przechodzącej przez początek, względnie przez koniec krzywej, zależnie od zarysu krzywej Brücknera, jak to widać z poniższych rysunków.



Rys. 44.

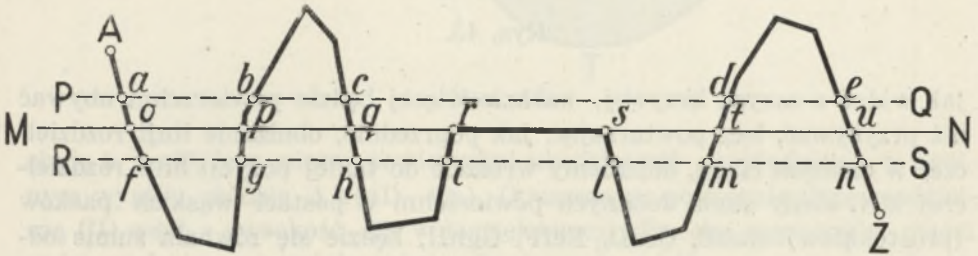


Rys. 45.

A więc i zarys krzywej Brücknera w stosunku do usytuowania linii rozdzielczej odgrywa tu rolę decydującą, ponieważ na rys. Nr. 44 opuszczenie linii rozdzielczej MN nie ma żadnego celu, gdyż w ten sposób otrzymalibyśmy stałe zwiększanie górnych, oraz stałe zmniejszanie dolnych powierzchni segmentów wtedy, kiedy powinniśmy dążyć do odwrotnej manipulacji, a na co nie pozwala nam ustalona już zasada **niewykraczania linii rozdzielczych poza początek lub koniec krzywej Brücknera.**

Identyczne rozumowanie stosuje się do rys. Nr. 45, na którym linja rozdzielcza musi przechodzić przez końcowy punkt krzywej.

Wreszcie może się wytworzyć taka sytuacja, kiedy linja rozdzielcza nie może przechodzić przez krańcowe punkty krzywej, a pośrednia jej pozycja nie zadowolni zasady wyrównania sum cięciw, a co nam wyjaśni przykład poniżej umieszczony na rys. 46.



Rys. 46.

Dla uogólnienia wniosków przyjmowaliśmy dotąd krzywą Brücknera ciągłą, jednak w praktycznym rozwiązaniu zadań robót transportowych krzywa ta przyjmuje postać otwartego wieloboku. Z rysunku Nr. 46, przez pomiar odcinków (cięciw), widzimy, że linja rozdzielcza PQ daje wynik: $bc + de < ab + cd$, czyli suma cięciw górnych segmentów jest mniejszą od sumy cięciw dolnych segmentów. Linja rozdzielcza MN, poprowadzona przez jeden poziomy element (rs) wieloboku daje następujący wynik: $pq + tu < op + qr + st$, lecz różnica sumy cięciw górnych i dolnych segmentów jest mniejsza, niż w pierwszym przypadku. Linja rozdzielcza RS w wyniku zaś daje: $gh + il + mn > fg + hi + lm$, czyli suma cięciw górnych segmentów jest znów większą od sumy cięciw dolnych segmentów. Poprowadziliśmy linje rozdzielcze PQ i RS w pewnej odległości od linii MN przechodzącej przez jeden poziomy element wieloboku, lecz ten sam rezultat otrzymalibyśmy wtedy, gdyby PQ i RS przechodziły nieśkończenie blisko MN.

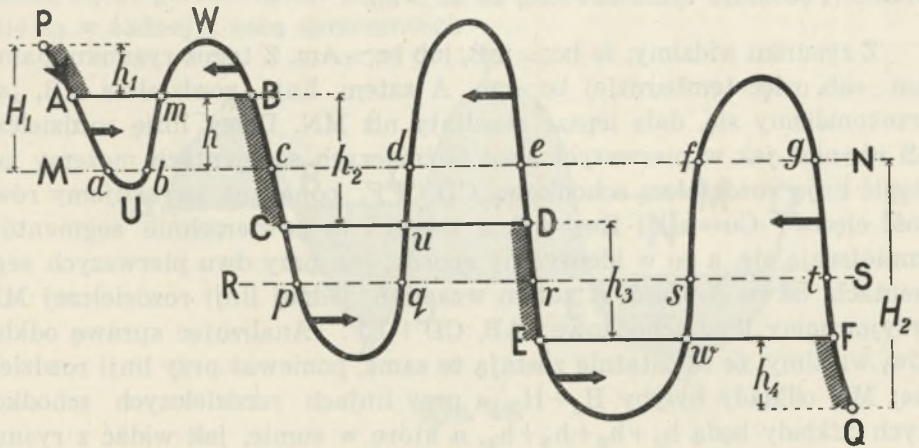
Widzimy więc, że równości sumy cięciw nie możemy osiągnąć a ponieważ różnica ich w przypadku przyjęcia linii rozdzielczej poprowadzo-

nej przez poziomy element rs okazała się najmniejszą, przeto będzie ona (MN) najkorzystniejsza i na niej się zatrzymamy. Raptowne przejście nierówności sumy cięciw dla linii rozdzielczych FQ i RS należy przypisać poziomemu elementowi wieloboku.

DALSZE ROZWAŻANIA NAD WYBOREM LINJI ROZDZIELCZEJ.

Rozpatrzmy poniżej kilka przykładów właściwego usytuowania linii rozdzielczej.

Niech na przykładzie (rys. 47) linią rozdzielczą będzie linja MN . Widzimy, że krzywa rozpoczyna się wykopem (od punktu P idzie ku dołowi), że suma cięciw $ab+cd+ef=bc+de+fg$, a więc odpowiada zasadzie najmniejszych powierzchni górnych i dolnych segmentów, wreszcie pozostają niezrównoważone wykopy H_1+H_2 .



Rys. 47.

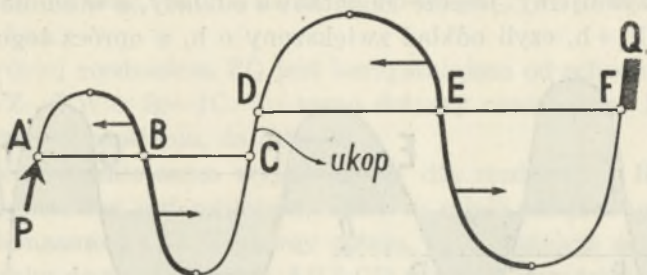
Przesuwanie rozdzielczej linii MN wyżej lub niżej swego położenia w myśl ustalonej wyższej zasady nie może już dać lepszego rezultatu, jednak dla dalszego dążenia do otrzymania minimalnych powierzchni segmentów powstaje jeszcze koncepcja podziału linii rozdzielczej, wykreślonej w jednym ciągłym odcinku MN na kilka poszczególnych linii rozdzielczych, jak w danym przypadku na AB , CD i EF . Przypuśćmy, że udało się nam przeprowadzić narazie dwie linje rozdzielcze: AB i RS , tak, że $Am=mB$ i $pq+rs=qr+st$. Odkłady, jakie powstaną z powodu podziału prostej rozdzielczej MN na szereg linii rozdzielczych schodkowych, narazie nas nie ob-

chodzą. Z zamiany linii rozdzielczej ac na AB powinniśmy mieć w zysku zmniejszenie powierzchni segmentw aUb i bWc.

Otóż, przez przyjęcie linii rozdzielczej AB do powierzchni pierwszego segmentu dodajemy powierzchnię aAmb, jednocześnie zmniejszamy powierzchnię drugiego segmentu o powierzchnię bmBc. Jeśli uda się nam dowieść, że $bmBc - aAmb > 0$, to temsamem dowiedziemy, że linja rozdzielcza AB jest korzystniejszą od MN, ponieważ segmenty zmniejszylibyśmy o wielkość dodatnią, to jest o $bmBc - aAmb$. W pierwszym segmencie dodajemy powierzchnię $\frac{ab + Am}{2}h$, od drugiego segmentu odejmujemy $\frac{bc + mB}{2} \cdot h$, różnica tych powierzchni równa się $\frac{h}{2}(bc + mB - ab - Am) = \frac{h}{2}(bc - ab)$, ponieważ $Am = mB$, jak to wynika z uprzedniego założenia. Pozostaje tylko dowieść, że $bc > ab$.

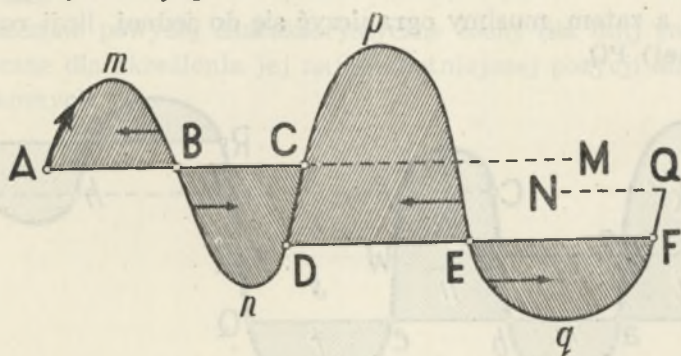
Z rysunku widzimy, że $bc > mB$, lub $bc > Am$. Z tegoż rysunku mamy $Am > ab$, więc tembardziej $bc > ab$. A zatem linja rozdzielcza AB, jak przekonałiśmy się, dała lepsze rezultaty niż MN. Dalej, linję rozdzielczą RS również jak w pierwszych dwu bliźniaczych segmentach możemy zastąpić linją rozdzielczą schodkową CD i FF, ponieważ uzyskujemy równość cięciw: $Cu = uD$ i $Ew = wF$, a zatem i tu powierzchnie segmentów zmniejszają się, a co w identyczny sposób, jak przy dwu pierwszych segmentach, łatwo dowieść. A zatem wzamian jednej linii rozdzielczej MN przyjmujemy trzy schodkowe: AB, CD i EF. Analizując sprawę odkładów, widzimy, że te ostatnie zostają te same, ponieważ przy linii rozdzielczej MN odkłady byłyby $H_1 + H_2$, a przy liniach rozdzielczych schodkowych odkłady będą $h_1 + h_2 + h_3 + h_4$, a które w sumie, jak widać z rysunku stanowią $H_1 + H_2$. Wreszcie racjonalna zasada transportu mas ziemnych (patrz strzałki) jest niezakłóconą, ponieważ nad linjami rozdzielczymi transport mas ziemnych odbywa się od strony prawej ku lewej, a pod linjami rozdzielczymi — od strony lewej ku prawej, jak powinno być. W konkluzji należy zwrócić tu uwagę na charakterystyczny szczegół, że przy krzywej Brücknera, **rozpoczynającej kierunek wdół, schodkowe linje rozdzielcze również układają się wdół**. Zasada ta znajduje uogólnienie, jak zaraz przekonamy się na następujących przykładach. Na rys. 48 mamy krzywą, zaczynającą się nasypem (PA idzie do góry) i linja rozdzielcza schodkowa AC i DF również wznosi się ku górze. Pozostają tylko ukopy: PA, FQ i CD, które przy wyborze jednej pośredniej linii rozdzielczej ograniczyłyby się do dwu skrajnych, ale co do kubatury

ogólnej pozostałyby te same, ponieważ ukop CD zredukowałby się do zera, lecz zato skrajne ukopy byłyby o tę samą wielkość zwiększone.



Rys. 48.

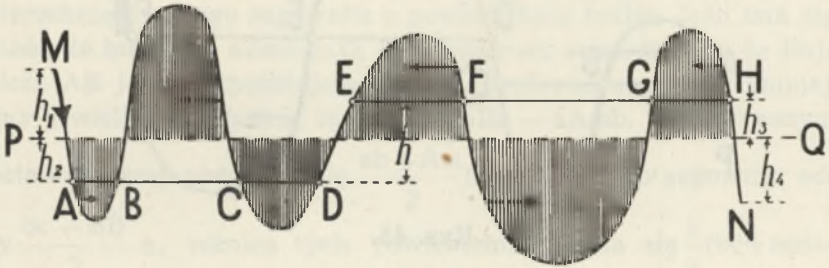
Pozatem ruch mas ziemnych odbywa się prawidłowo. A zatem przy krzywej Brücknera idącej do góry, schodki linii rozdzielczej również podnoszą się ku górze i ogólne poznane przez nas zasady ruchu mas ziemnych nie są w żadnej z sobą sprzeczności.



Rys. 49.

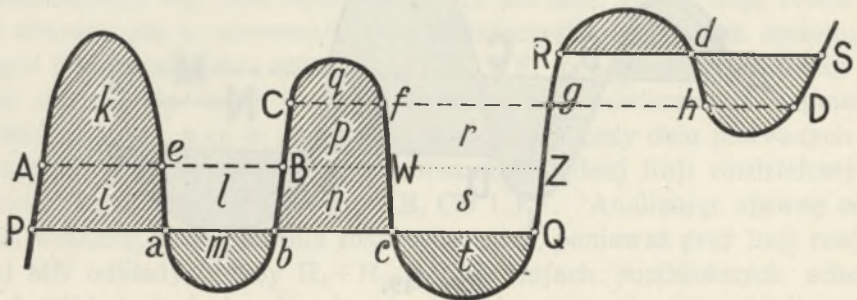
Na rysunku 49 mamy podobną krzywą, również zaczynającą się nasypem i również linią rozdzielczą schodkową, lecz w odwrotnym kierunku a więc ku dołowi. Pomimo, że $AB=BC$ i $DE=EF$, zachodzi tu kolizja z zasadą ruchu mas. Widzimy, że nasypy CD będą wykonane podwójnie: raz z wykopu pE, a po raz drugi z wykopu Bn, co nie jest do przyjęcia. Ponadto nie jest do przyjęcia ukop FQ, gdyż, jak wiemy, linia rozdzielcza winna się znajdować między krańcowymi rozdzielczymi AM i NQ, przechodzącymi przez początek i koniec krzywej, gdy tymczasem DF znajduje się poniżej NQ. To samo stwierdzamy przy rozdzielczej schodkowej, usytuowanej przeciw kierunkowi krzywej Brücknera (rys. 50), gdzie krzywa idzie ku dołowi, a rozdzielcza — schodkami się podnosi. I tu przekonywujemy się, że pomimo równowagi sumy cięćw $AB+CD=BC$ i $EF+$

GH=FG wykreślona linia jest nie do przyjęcia. Przy linii rozdzielczej PQ mieliśmy odcinki h_1+h_4 i żadnych ukopów, zastępując PQ schodkową AD i EH otrzymujemy jeszcze dodatkowe odcinki, a w sumie: $h_1+h_2+h_3+h_4=h_1+h_4+h$, czyli odcinek zwiększony o h , a oprócz tego w DE do-



Rys. 50.

chodzi niepotrzebny ukop tejże wielkości h . Oczywiście nonsens ten jest spowodowany niewłaściwym układem schodkowej rozdzielczej, w górę zamiast w dół, a zatem musimy ograniczyć się do jednej linii rozdzielczej (kropkowanej) PQ.



Rys. 51.

A jednak i przy rozdzielczych schodkowych może być mniej lub więcej korzystny ich układ, jak to się przekonamy na rys. 51-szym. Niech AB i CD będą schodkowe rozdzielcze, dla których następuje równowaga odcinków górnych i dolnych segmentów, a więc: $Ae=eB$ i $Cf+gh=fg+hD$. Rozpatrzmy w tym celu dwie grupy segmentów lecz w innym układzie, a mianowicie: weźmy pierwszą grupę, składającą się z 4-ch segmentów (do punktu g) i drugą — z dwu ostatnich segmentów, czyli zamiast AB i CD rozpatrzmy schodkowe PQ i RS. W tym celu przedłużmy AB do Z. Ponieważ mieliśmy w założeniu warunek dla rozdzielczej PQ, że $Pa+bc=ab+cQ$, a dla pomocniczej rozdzielczej AZ tego warunku nie mamy,

przeło rozdzielcza PQ w ogólnym rezultacie dla pierwszych czterech segmentów daje mniejszą sumę powierzchni segmentów, niż dla AZ, wobec czego możemy napisać, że: $i+k+m+q+p+n+t < k+l+m+q+p+s+t$, czyli $i+n < l+s$.

Tembardziej rozdzielcza PQ jest korzystniejsza od schodkowej ABCg, ponieważ $WZ-BW < fg-fC$. To samo dotyczy rozdzielczej RS, dla której przyjęliśmy w załączeniu, że $Rd=dS$.

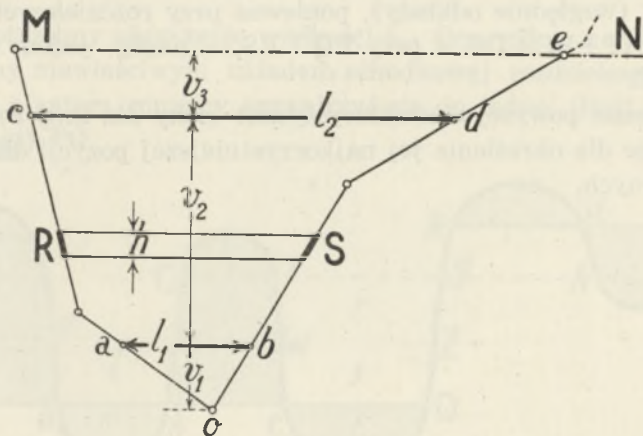
Ostatnie równanie samo wyjaśnia, że dla rozdzielczej RS suma powierzchni segmentów jest mniejsza, niżby to miało miejsce przy rozdzielczej gD, a temsamem CD. Widzimy potem, że rozdzielcze schodkowe PQ i RS w stosunku do schodkowych AB i CD **zajmują skrajniejsze położenie** w odniesieniu do początku i końca krzywej, a więc są **położone bliżej tych punktów**.

I w tym przypadku zamiana linii rozdzielczych niema żadnego wpływu na ukopy (względnie odkłady), ponieważ przy rozdzielczych AB i CD były ukopy: $AP+BC+DS$, a przy PQ i RS — mamy jeden ukop $QR=AP+BC+DS$.

Wyluszczone powyżej charakterystyczne cechy dla linii rozdzielczych są dostateczne dla określenia jej najkorzystniejszej pozycji dla transportu mas ziemnych.

PODZIAŁ TRANSPORTU ZIEMI.

Krzywa Brücknera przy wykreślaniu dla obliczenia robót ziemnych transportowych posiada kształt linii łamanej (rys. 46), to też w dalszych rozważaniach zatrzymamy się na jej właściwym kształcie. Przechodząc do kwestji sposobu przewozu ziemi pod względem najekonomiczniejszym, rozpatrzmy to zagadnienie na odcinku krzywej Brücknera, wskazanym na rys. 52-gim. Wiemy, że poziome odcinki ab , cd ... oznaczają odległość



Rys. 52.

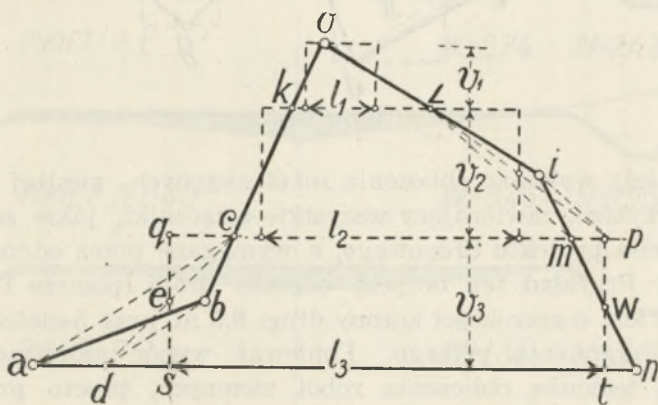
transportu mas ziemnych z profilu a do b (od strony lewej ku stronie prawej, ponieważ segment znajduje się pod poziomą MN ; również i w następnych przykładach wykopy będziemy odkładali wdół, a nasypy wgórej) i z profilu c do d ... , a zatem dowolny wykop o kubaturze h należy przewieźć z profilu R do profilu S na odległość RS .

Z doświadczenia wiemy, że dla każdego rodzaju przewozu ziemi (taczkami, furmankami, kolebami i t. d) jest pewna korzystna odległość transportu.

Powiedzmy, że analiza cen jednostkowych dla przewozu ziemi ustaliła, co następuje: taczkami opłaca się przewóz przy odległościach transportu do 120 m. b., furmankami do 420 m. b., a powyżej tej odległości ekonomiczniej przewozić ziemię wywrotkami (kolebkami), przyczem: do

odległości 600 m. b. przy sile pociągowej ręcznej, a ponad 600 m. — przy sile pociągowej konnej. W tym celu wszystkie segmenty przecinamy równoległymi do poziomej MN w ten sposób, aby odległości dla przewozu ziemi taczkami, furmankami, kołobami o sile pociągowej ręcznej... w odnośnej do rysunku skali, końcami swemi opierały się o boki otwartego wieloboku, a wtedy: **ab** będzie maksymalną odległością przewozu taczkami, **cd** — furmankami... i t. d.

Na danym przykładzie między **cd** i MN będziemy przewożili ziemię wywrotkami. Poza tem: v_1 — będzie kubaturą do transportu taczkami na odległość, począwszy od O do maksymalnego dystansu **ab**; v_2 — kubaturą do transportu furmankami na różne odległości, począwszy od **ab** do maksymalnej **cd**, a v_3 — kubaturą ziemi do przewiezienia wywrotkami przy odległościach od **cd** do Me.



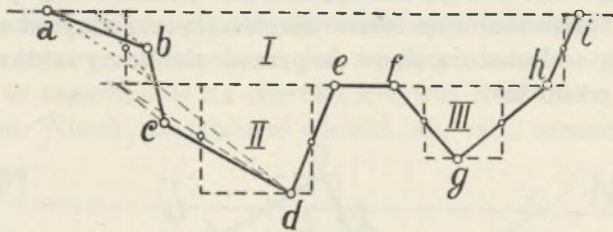
Rys. 53.

Ponieważ powierzchnia albo, jak już wiemy, jest momentem transportu, przeto, dzieląc ją przez kubaturę v_1 , otrzymamy średnią odległość przewozu ziemi taczkami; dzieląc powierzchnię figury **acdb** przez kubaturę v_2 — otrzymamy średnią odległość przewozu ziemi furmankami, i t. d. Zamiast tej manipulacji daleko prędzej i dokładniej każdą z takich figur zamienić na równoważny prostokąt, którego podstawą będzie średnia odległość przewozu, a wysokością właściwa kubatura ziemi do przewozu. Rysunek 53-ci przedstawia graficzny sposób zamiany takich figur na prostokąty. Naprzykład, figurę **abcmbna** zamieniamy na prostokąt **sqpt** w sposób następujący: łączymy punkt **a** z punktem **c**, przez punkt **b** prowadzimy równoległą do **ac** i **d** łączymy z **c**. Przez **e** jako połowę **dc** prowadzimy prostopadłą do **an**; **sq** będzie jednym bokiem prostokąta. Podobnie przez punkt **W** (środek **mn**) prowadzimy **pt** prostopadłe do **an**; **pt** będzie

drugim bokiem prostokąta; otrzymamy w ten sposób prostokąt $sqpt$ o podstawie $l_3 = st$ i wysokość $qs = v_3$ będzie równoważną z figurą $abcmna$.

W ten sam sposób postępujemy z pozostałymi figurami. Dodać należy, że kz — jest to maksymalna odległość przewozu taczkami, a cm — maksym odległ. przewozu furmankami.

W końcu, przy układzie linii łamanej $obcdefghi$ (rys. 54) z poziomym odcinkiem ef , należy przez ten odcinek poprowadzić prostą równoległą do ai i wtedy w sposób wyjaśniony wyżej, a zresztą przejrzysty na rysunku, wykreślamy trzy prostokąty: I, II i III.



Rys. 54.

Jak należy wykonać obliczenia robót ziemnych, poniżej podaje się liczbowy przykład, zawierający wszystkie załączniki, jakie są niezbędne do zestawienia projektu drogowego, a wymagane przez odnośny Nadzór Techniczny. Przykład ten dotyczy odcinka drogi (plansza 1-sza i 2-ga) długości 1,4 km. o szerokości korony drogi 9,5 m. przy 5-metrowej jezdni z zwykłego kamienia łobnego. Ponieważ wybór nawierzchni niema wpływu na technikę obliczenia robót ziemnych, przeto przykład ten będzie wzorem do obliczeń robót ziemnych bez względu na rodzaj nawierzchni.

TABLICA PŁASZCZYZN, OBJĘTOŚCI I ROZDZIAŁU MAS.

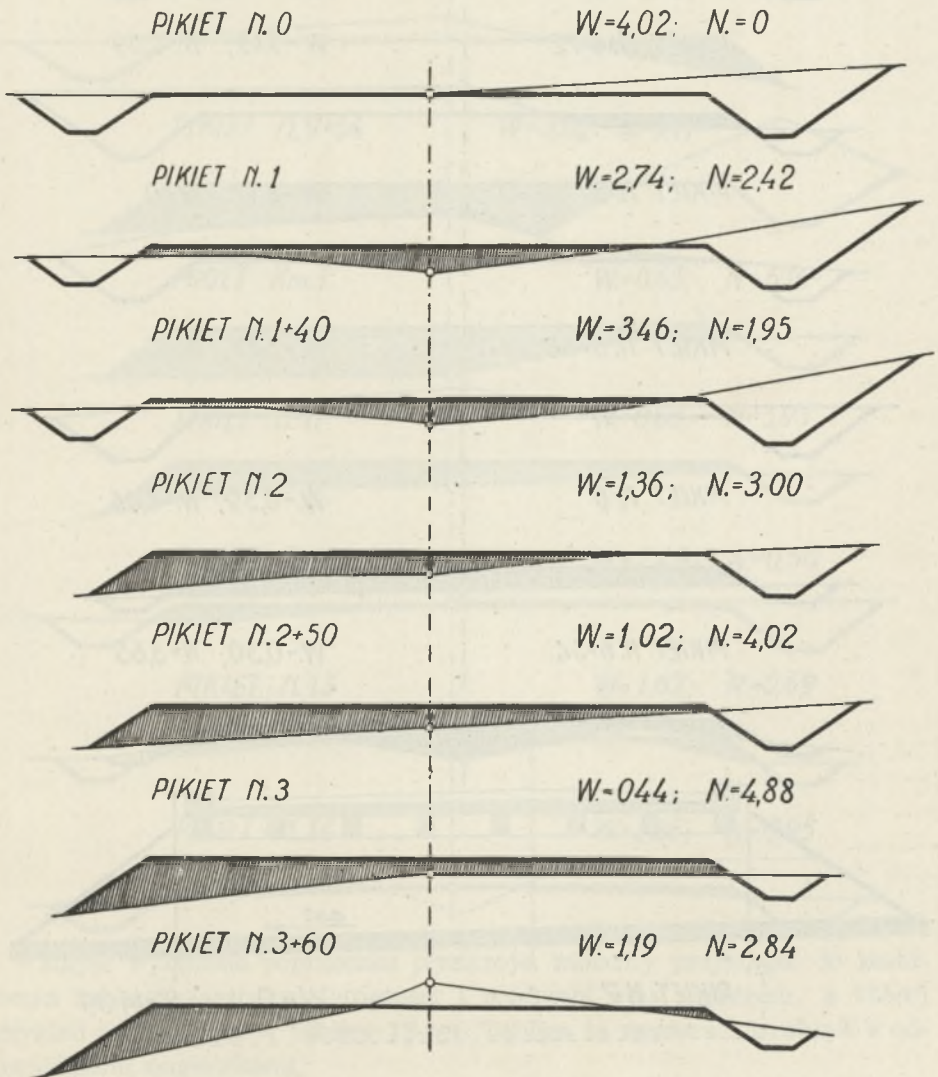
Jak wiemy, wykres Brücknera pozwala nam dokonać właściwy rozdział mas ziemnych w odniesieniu do użycia odpowiedniego środka transportowego (taczka, wóz, wywrotki), lecz nie wystarcza on jeszcze do sporządzenia wykazu robót ziemnych. Do tego są potrzebne **poprzeczne przekroje** projektowanej drogi, zamieszczone poniżej na 3-ch małych planszach (rys. 55). W praktyce przekroje te są wykonywane w skali 1:100 tak dla szerokości, jak i wysokości i zawierają: numerację pikietu oraz wyliczone płaszczyzny wykopów i nasypów w metrach kwadratowych z dokładnością do dwóch znaków dziesiętnych.

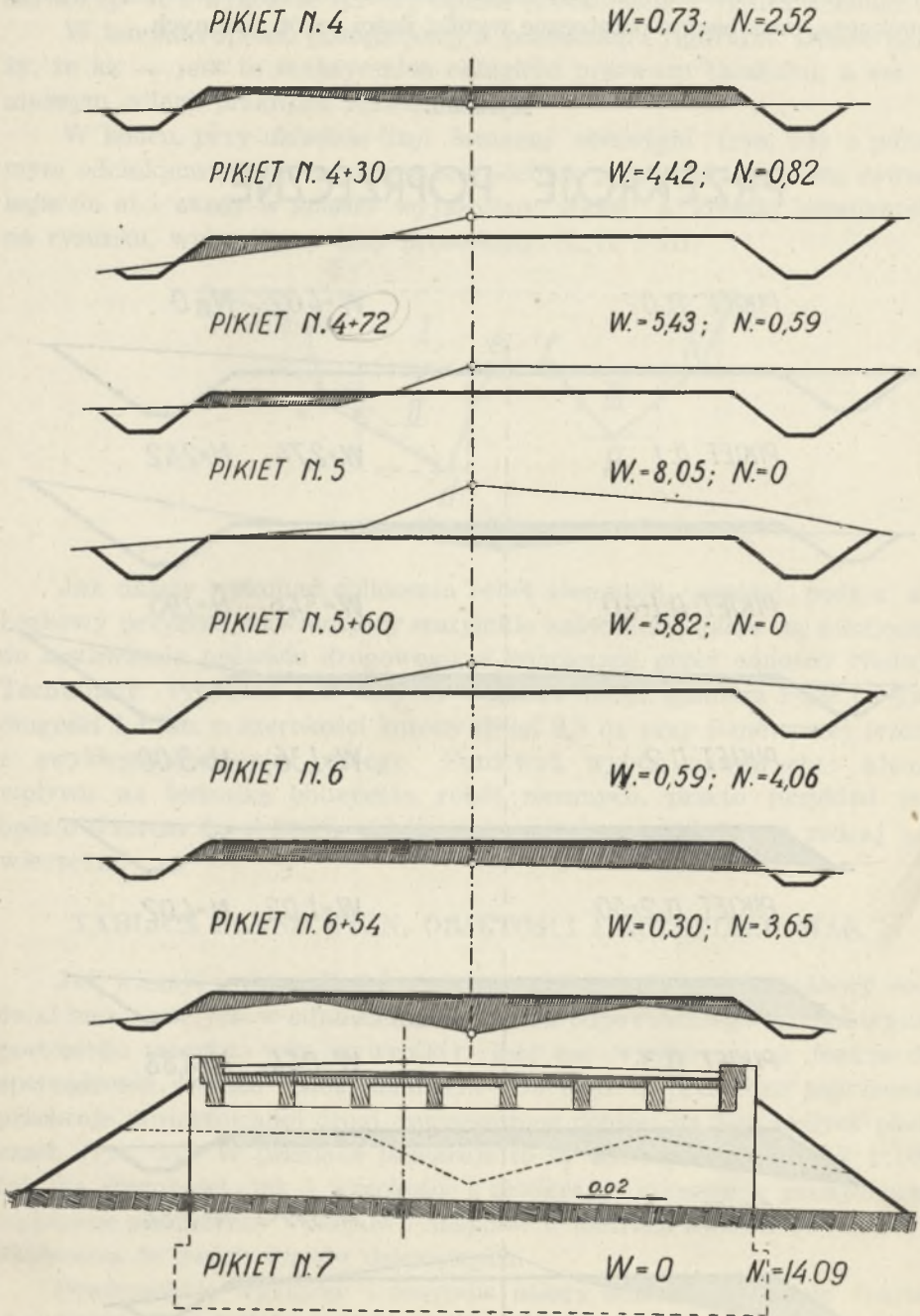
Powierzchnię wykopów i nasypów należy obliczyć dokładnie (najlepiej przez podział złożonych figur na trójkąty i trapezy), ponieważ po-

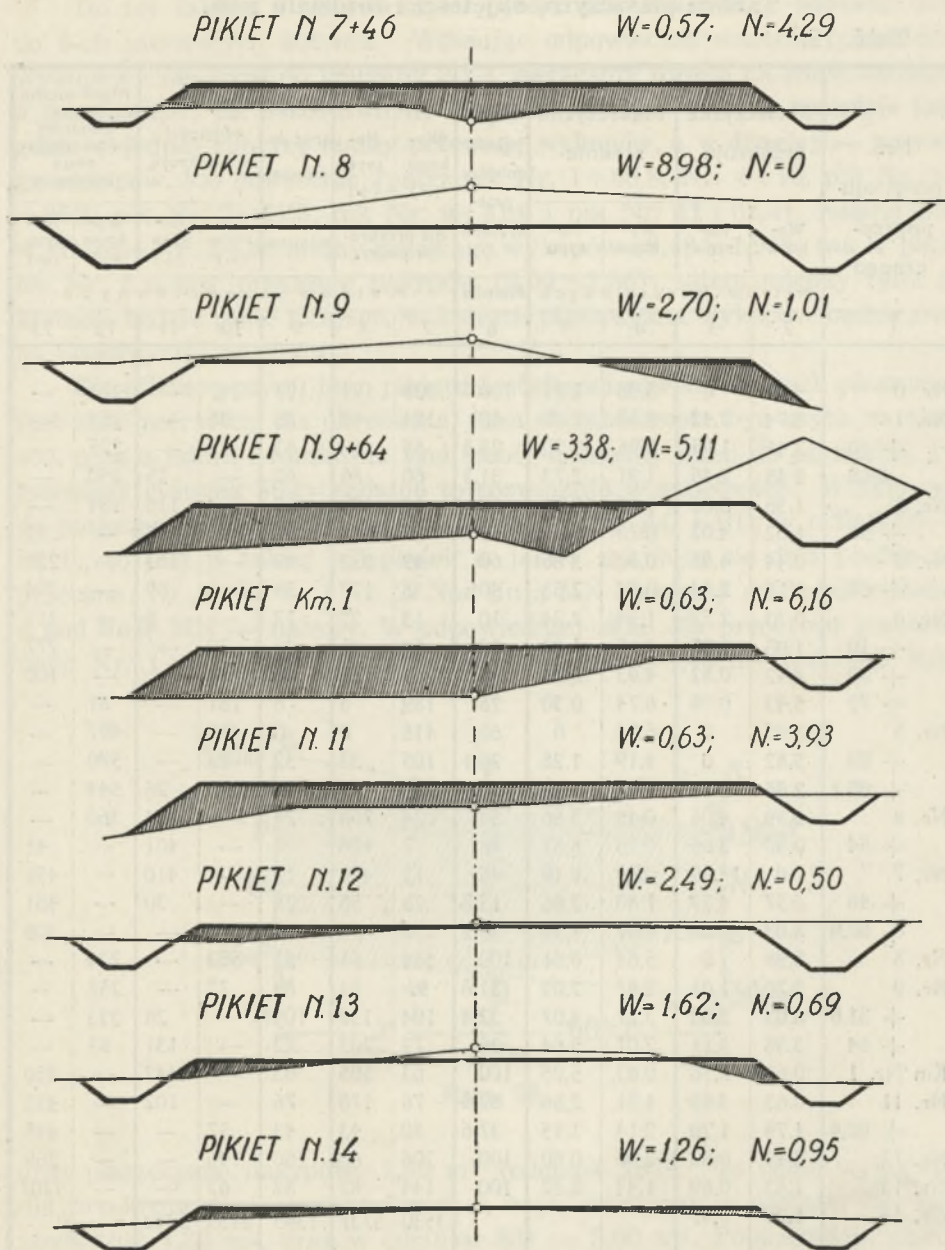
wstałe stąd ewentualne błędy będą się powtarzały w 10-ciu kolumnach dalszych obliczeń (tablica Nr. 12), dając skażone ukształtowanie się krzywej Brücknera, oraz błędne ostateczne wyniki ilości robót ziemnych.

Rys. 55.

PRZEKROJE POPRZECZNE







Mając wyliczone poprzeczne przekroje, możemy przystąpić do zestawienia tablicy płaszczyzn, objętości i rozdziału mas ziemnych, a której przykład podany jest w tablicy 12-tej. Tablica ta zawiera 13 rubryk z odpowiednimi nagłówkami.

Tablica płaszczyzn, objętości i rozdziału mas.

Tabl. 12.

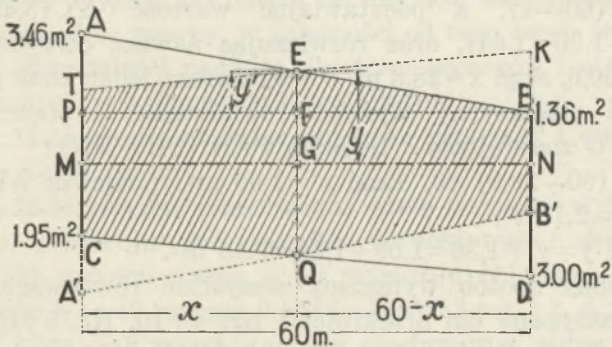
Nr. przekroju poprze- cznego	Płaszczyzna przekroju		Płaszczyzna średnia		Ode- głość między prze- krojami	Objętość		Obję- tość do użycia na miejscu	Nadmiar objętości w przekroju		Algebraiczna suma objętości od początko- wego przekroju			
	Wy- kopu	Na- sypu	Wy- kopu	Na- sypu		Wy- kopu (-)	Na- sypu (+)		Wy- kopu (-)	Na- sypu (+)	Wy- kopu (-)	Na- sypu (+)		
	Metrów kwadratowych					Metrów	Metrów sześciennych							
	1	2	3	4		5	6		7	8	9	10	11	12
Nr. 0	4.02	0	3.38	1.21	100	338	121	121	217	—	217	—		
Nr. 1	2.74	2.42	3.10	2.19	40	124	88	88	36	—	253	—		
+ 40	3.46	1.95	2.96	2.20	28.8	85	63	63	22	—	275	—		
68.8	2.45	2.45	1.91	2.73	31.2	60	85	60	—	25	250	—		
Nr. 2	1.36	3.00	1.19	3.51	50	60	176	60	—	116	134	—		
+ 50	1.02	4.02	0.73	4.45	50	37	223	37	—	186	—	52		
Nr. 3	0.44	4.88	0.82	3.86	60	49	232	49	—	183	—	235		
+ 60	1.19	2.84	0.96	2.68	40	38	107	38	—	69	—	304		
Nr. 4	0.73	2.52	1.34	2.24	10	13	22	13	—	9	—	315		
+ 10	1.95	1.95	3.19	1.39	20	64	28	28	30	—	—	277		
+ 30	4.42	0.82	4.93	0.71	42	207	30	30	177	—	—	100		
+ 72	5.43	0.59	6.74	0.30	28	189	8	8	181	—	81	—		
Nr. 5	8.05	0	6.94	0	60	416	0	0	416	—	497	—		
+ 60	5.82	0	4.19	1.28	25.1	105	32	32	73	—	570	—		
+ 85.1	2.55	2.55	1.57	3.31	14.9	23	49	23	—	26	544	—		
Nr. 6	0.59	4.06	0.45	3.86	54	24	208	24	—	184	360	—		
+ 54	0.30	3.65	0.15	8.87	46	7	408	7	—	401	—	41		
Nr. 7	0	14.09	0.29	9.19	46	13	423	13	—	410	—	451		
+ 46	0.57	4.29	1.80	3.66	15.8	28	58	28	—	30	—	481		
+ 61.8	3.03	3.03	6.01	1.52	38.2	230	58	58	172	—	—	309		
Nr. 8	8.98	0	5.84	0.51	100	584	51	51	533	—	224	—		
Nr. 9	2.70	1.01	2.87	2.02	31.6	91	64	64	27	—	251	—		
+ 31.6	3.03	3.03	3.21	4.07	32.4	104	132	104	—	28	223	—		
+ 64	3.38	5.11	2.01	5.64	36	72	203	72	—	131	92	—		
Km Nr. 1	0.63	6.16	0.63	5.05	100	63	505	63	—	442	—	350		
Nr. 11	0.63	3.93	1.21	2.86	62.4	76	178	76	—	102	—	452		
+ 62.4	1.79	1.79	2.14	1.15	37.6	80	43	43	37	—	—	415		
Nr. 12	2.49	0.50	2.06	0.60	100	206	60	60	146	—	—	269		
Nr. 13	1.62	0.69	1.44	0.82	100	144	82	82	62	—	—	207		
Nr. 14	1.26	0.95				3530	3737	1395	2135	2342				

I — 3737 — 3530 = 2342 — 2135 = 207

II — 3530 — 2135 = 3737 — 2342 = 1395

Do tej tablicy z poprzecznych przekrojów wpisujemy odnośne dane do 3-ch pierwszych kolumn. Wpisując odpowiednie wartości płaszczyzn wykopów i nasypów do kolumny 2 i 3, zwracamy uwagę na jeden szczegół, a mianowicie: **na pozostawienie narazie wolnego wiersza wszędzie tam, gdzie w jednej rubryce mamy przewagę wykopów, a w drugiej — przewagę nasypów, lub odwrotnie** (patrz pik Nr. 1+68,8, Nr. 4+10, pik Nr. 5+85,1, pik Nr. 7+61,8, pik Nr. 9+31,6 i pik Nr. 11+62,4). Naprzykład, w pikiecie Nr. 1+40 mamy przewagę wykopów ($3,46 > 1,95$), zaś w pikiecie Nr. 2 mamy przewagę nasypów ($3,00 > 1,36$), zatem między tymi pikietami będzie takie miejsce, w którym płaszczyzna wykopów będzie równa płaszczyźnie nasypów.

Określenie pozycji tego pikietu i wielkości równowagi tych płaszczyzn jest nam potrzebne dla określenia, jaka objętość może być użyta na miejscu, oraz z jakim nadmiarem tych robót będziemy mieli do czynienia. Pomocniczy rysunek 56-ty zadanie to rozwiązuje w zupełności. W tym celu do poziomej MN wystawiamy dwie prostopadłe AC i BD, w odległości 60 m. b., to jest w takiej odległości, w jakiej znajdują się dwa profile poprzeczne: Nr. 1+40 m. i Nr. 2. **Nad linią MN będziemy odkładali wykopy, a pod linię MN — nasypy.** W odpowiedniej skali dla przekroju poprzecznego Nr. 1+40 odłożymy płaszczyznę wykopów = $3,46 \text{ m}^2$ (odcinek MA),



Rys. 56.

oraz płaszczyznę nasypów = $1,95 \text{ m}^2$ (odcinek MC). To samo wykonamy dla przekroju poprzecznego Nr. 2, a więc: odłożymy w odcinku NB równowartość $1,36 \text{ m}^2$, oraz w odcinku BD — $3,00 \text{ m}^2$. Połączywszy punkty A z B i C z D otrzymamy dwa trapezy, z których pierwszy MABN powierzchnią swoją będzie przedstawiał kubaturę wykopów między określonymi wyżej przekrojami poprzecznymi, zaś trapez MCDN — będzie przedstawiał kubaturę nasypów.

Dla porównania tych kubatur nałożmy jeden trapez na drugi, przez obrót jednego z nich około linii MN jako osi, na 180° .

Na rysunku 56-tym mamy odbicie trapezu MABN w miejscu MA'B'N i z porównania kubatury wykopu MA'B'N i nasypu MCDN widzimy teraz przejrzystość, że tylko część wykopu możemy użyć na nasypy, a mianowicie: MCQB'N, przyczem powierzchnia CA'Q będzie nadmiarem wykopu, jaki nie może być zużyty na miejscu, zaś powierzchnia QB'D będzie nadmiarem nasypu, dla pokrycia którego należy ziemię dowieźć.

Wykreśliwszy symetryczną do osi MN linię TK, otrzymamy tę kubaturę wykopu MTEBN, jaka będzie użyta na miejscu na pokrycie nasypu MCQB'N. Zakreskowana figura CTEBB'Q przedstawia właśnie ilości robót przerzutowych i na planie (plansza 1-sza) winna być zamalowana kolorem niebieskim, zaś nadmiar wykopu TAE między profilami poprzecznymi AC i EQ, jaki należy stąd odwieźć, przyjęto malować kolorem żółtym (gumigutą), wreszcie nadmiar nasypu QB'D, dla którego brakującą ziemię należy dowieźć zzewnątrz, maluje się kolorem czerwonym (karminem).

Przekrój poprzeczny w G (w danym przykładzie) będzie **zerowym przejściowym przekrojem od nadmiaru wykopów do nasypów**.

Wyliczenie odległości tego przekroju od profilu Nr. 1+40 nie przedstawia trudności, gdyż z podobieństwa trójkątów A'CQ i QB'D mamy: $A'C:B'D = x:(60-x)$, a podstawiając wartość $A'C(3,46-1,95=1,51)$ i $B'D(3,00-1,36=1,64)$, oraz rozwiązując nawias, otrzymujemy równanie: $3,15x=90,6$, skąd $x=28,8$ m. b. (wystarcza jeden znak po przecinku).

Wartość płaszczyzny wykopu równoważnej z płaszczyzną nasypu w przekroju G znajdujemy z trójkąta PAB ($PB \parallel MN$):

$y':AP = (60-28,8):60$, skąd $y'=1,09$ m², ponieważ $AP=AM-PM = 3,46-1,36=2,1$ m²;

wreszcie $y=y'+1,36=1,09+1,36=2,45$ m².

W podobny sposób wyliczamy wszystkie równoważne płaszczyzny wykopów z nasypami dla przekrojów: Nr. 4+10, Nr. 5+85, Nr. 7+61,8 i t. d., wpisując wyliczone powyżej wartości do pozostawionych wierszy, o jakich była mowa na wstępie.

Te same wyliczenia tych przekrojów właściwie robi się wykresnie na wykresie objętości (plansza 1-sza), gdzie niezakreskowana symetryczna figura wzdłuż osi przedstawia sobą roboty przerzutowe. Wzorując się na szczegółowym objaśnieniu konstrukcji rys. 56-go z łatwością otrzymujemy wykres objętości, z którego w odpowiedniej skali mierzymy odległości zerowych przejściowych przekroci i równoważne wartości wykopów z nasypami. Zakreskowane na tym wykresie płaszczyzny a-a, b-b, c-c.... przedstawiają wielkości (kubaturę) wykopów, pokrywających nasypy,

a wymiary: 199, 55, 60 przedstawiają odpowiednie średnie odległości przewozu (w metrach) tych wykopów do miejsc nasypów.

Odległości te łatwo określają się z wykresu rozdziału mas, jaki znajduje się pod wykresem objętości, a które stanowią przedłużenie pionowych boków prostokątów na wykresie Brücknera.

Mając wypełnione trzy pierwsze kolumny na tablicy Nr. 12, przystępujemy do dalszego wypełnienia pozostałych kolumn.

Kolumna 4-ta jest średnią arytmetyczną z dat, umieszczonych w kolumnie 2-giej (na przykład: $\frac{4.02 + 2.74}{2} = 3,38$);

Kolumna 5-ta jest średnią arytmetyczną z dat, umieszczonych w kolumnie 3-ciej (na przykład: $\frac{0 + 2.42}{2} = 1,21$);

Kolumna 6-ta jest wypełniona z odległości, podanych w kolumnie 1-szej (na przykład: między profilami NO i N1 mamy wypisaną na połowie wysokości tych profilów odległość 100 m; między profilami N1 i N1 + 40 mamy wypisaną odległość 40 m. i t. d.);

Kolumna 7-ma mieści iloczyn liczb z kolumny 4-ej i 6-tej;

Kolumna 8-ma „ „ „ „ 5-tej i 6-tej;

Kolumna 9-ta mieści różnicę liczb, umieszczonych w kolumnie 7 i 8 przyczem oznacza objętość do użycia na miejscu, dlatego też może oznaczać wykopy względnie nasypy, w zależności od tego czego jest przewaga;

Kolumna 10-ta mieści nadmiar objętości wykopów i stanowi różnicę liczb umieszczonych w kolumnach 7-mej i 9-tej;

Kolumna 11-ta mieści nadmiar objętości nasypów i stanowi różnicę liczb z kolumn 8-mej i 9-tej;

Kolumna 12-ta zawiera algebraiczną sumę objętości wykopów od samego początku przekroju (od początku projektowanej drogi), a więc: w przekroju NO wykopu mamy 0; w przekroju N.1 mamy $0 + 217 = 217$ m³; w przekroju N.1 + 40 mamy: $0 + 217 + 36 = 253$ m³, i t. d.;

Kolumna 13-ta, jak wyżej, zawiera algebraiczną sumę objętości od samego początku przekroju.

Wypełniwszy obliczenia arytmetyczne od przekroju N.O do końcowego przekroju (w danym przykładzie) N.14 dla wszystkich kolumn, otrzymujemy właściwy obraz robót ziemnych, a mianowicie:

3530 m³ wykopów, 3737 m³ nasypów, 1395 m² robót przerzutowych, 2135 m³ robót transportowych (ziemia z wykopów), oraz 2342 m³ robót ziemnych w nasypach, a ponieważ mamy mniej wykopów niż nasypów, przeto brakującą ilość $2342 - 2135$ m³ = 207 m³ ziemi na nasypy należy wziąć z ukopu, czyli z rezerwy, którą otwieramy w pobliżu drogi. Dla

sprawdzenia dokładności obliczeń naszych wykonujemy działania, podane na tabl. N. 12 pod oznaką cyfr I i II, a z rezultatu tych działań przekonujemy się o prawidłowości obliczeń.

WYKRES PODZIAŁU MAS.

Wykres ten możemy wykonać na podstawie kolumny 12-tej i 13-tej. (tablica N. 12). Odkładając w odpowiedniej skali (plansza 1-sza) kubatury wykopów (względnie nasypów) w poszczególnych przekrojach: 0, 1, 1+40, 1+68,8 prostopadle do poziomej osi i połączywszy końcowe punkty tych prostopadłych, otrzymamy łamaną linię Brücknera, a dalej wykreślamy prostokąty, oznaczające momenty transportów dla taczek, wozów i wywrotek w sposób objaśniony w rozdziale „budowa krzywej Brücknera“ i „charakterystyczne cechy krzywej Brücknera“, dlatego też nie będziemy się tu powtarzali.

Z wykresu tego widzimy, że najkorzystniejszy rozdział mas wypada przy użyciu dwu linii rozdzielczych: jednej dla dwu pierwszych segmentów i drugiej dla pozostałych 4-ch segmentów, przyczem obie linie rozdzielcze przechodzą przez początkowy i końcowy punkty krzywej Brücknera. Odległość między temi linjami rozdzielczemi stanowi ukop, który w danym przykładzie równa się 207 m³. Opuszczając wdół górną linię rozdzielczą, otrzymalibyśmy zwiększenie płaszczyzn segmentów, o czym łatwo przekonać się z pomiaru podstaw tych segmentów przy pomocy zwykłej podziałki, zatem wskazany układ linii rozdzielczych, jako najkorzystniejszy, został przyjęty.

Należy wreszcie zwrócić uwagę na następujący szczegół przy wyznaczaniu linii rozdzielczej. Naprzykład, dla projektu drogi w jednym odcinku, powiedzmy, 10 km., długość rysunku w skali 1:2000 wynosi 5 m., wobec czego usytuowanie linii rozdzielczej w stosunku do całego wykresu byłoby niemożliwe, przeto, praktycznie biorąc rzecz, należy cały wykres podzielić na mniejsze odcinki, i każdy taki odcinek należy traktować oddzielnie. Przy linii kreślarskiej długiej 1,5 m. jasnym jest, że odcinki takie nie mogą przekraczać 3 km.

TABLICA TRANSPORTU MAS.

Wreszcie z wykresu objętości i rozdziału mas sporządzony wykaz transportu mas, podany na tabl. N. 13, gdzie w 11-tu kolumnach pionowych wpisujemy miejsca załadowania, miejsca wyładowania, średnie odległości przewozu taczkami i wozami, oraz moment transportu.

Tablica transportu mas.

Tablica 13.

Miejsce załadowania		Miejsce wyładowania		Odległości			Taczki		Wozy lub kolejka		
				dodatkowa wskutek wzniesienia	śred- nia	suma	ilość	moment	ilość	moment	
od km.	do km.	od km.	do km.	mb.			m ³	m ⁴	m ³	m ⁴	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0+000	0+114	0+209	0+286	200	199	399	—	—	230	91770	
0+114	0+168.8	0+168.8	0+209	—	—	55	45	2475	—	—	
ukop		0+286	0+352	—	—	50	207	10350	—	—	
0+410	0+445	0+352	0+410	—	—	60	106	6360	—	—	
0+445	0+545	0+645	0+718	—	—	184	—	—	597	109848	
0+545	0+585.1	0+585.1	0+645	—	—	57	180	10260	—	—	
0+761.8	0+819	0+718	0+761.8	—	—	57	274	15618	—	—	
0+819	0+885	0+986	1+067	100	177	277	—	—	349	96673	
0+885	0+931.6	0+931.6	0+986	—	—	270	109	7630	—	—	
1+222	1+400	1+067	1+120	300	230	530	—	—	178	94340	
1+162.4	1+222	1+120	1+162.4	—	—	51	67	3417	—	—	
Razem (taczki)							57	988	56110	—	—
Razem (wozy)							290	—	—	1354	392631

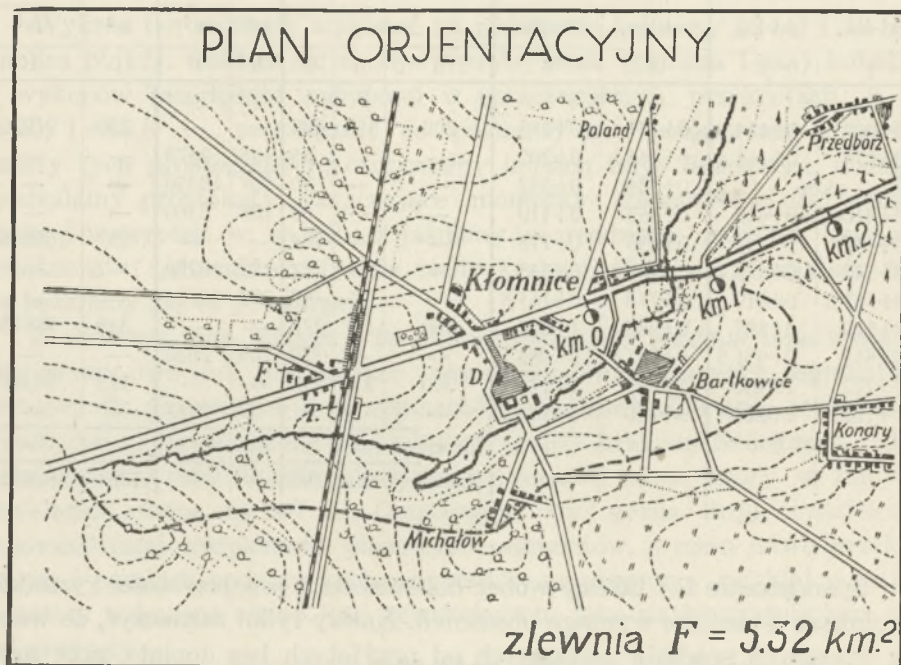
Sporządzenie tej tablicy wobec dokładności i przejrzystości rysunków na planiszy 1-szej nie wymaga objaśnień. Należy tylko zaznaczyć, że wskutek większych spadków podłużnych od przyjętych bez dopłaty przy przewozie taczkami i wozami do średniej odległości przewozu (kolumna 6-ta) dorzucono **dodatek odległości** (kolumna 5-ta), wobec czego obliczalna odległość przewozu w 3-ch przypadkach zwiększyła się o 200, 100 i 300 m. b.

Wartości dodatkowych odległości przewozu wskutek wzniesienia terenu wzięto z „Norm prac drogowych“, opracowanych przez autora niniejszej książki, przyjmując na każdy metr wzniesienia (ponad 4%) dla taczek po 12 m. b. dodatkowej odległości, a dla wozów (ponad 2%) — 50 m. b. dodatkowej odległości. Dzieląc sumę z kolumny 9-tej przez sumę z kolumny 8-mej, otrzymujemy średnią odległość przewozu taczkami, a czyniąc to samo z sumami kolumn 11-tej i 10-tej — otrzymujemy średnią odległość przewozu wozami.

W danym przykładzie otrzymaliśmy średnią odległość przewozu dla taczek $56110:988=57$ m. b. oraz średnią odległość przewozu dla wozów $392631:1354=290$ m. b.

Zbiór załączników do projektu budowy dróg.

1-szy załącznik: plan orientacyjny na mapie w skali 1:25.000 z wykreśleniem trasy projektowanej drogi; trasa ta winna być wykreślona i pokilometrowana kolorem czerwonym.



Rys. 57.

O ileby w sprzedaży takiej mapy nie było, można użyć do tego celu mapę w innej skali, na przykład: w skali 1:75.000, względnie 1:100.00.

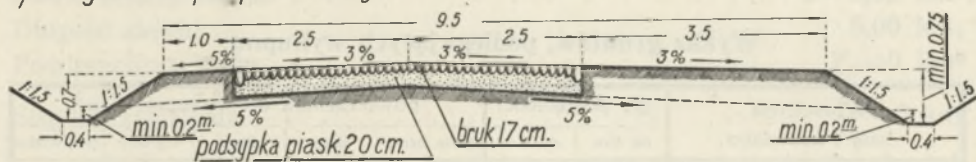
2-gi załącznik: dwa normalne przekroje poprzeczne wykreślone w skali 1:50 dla gruntów przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych. O ile na trasie projektowanej drogi byłyby przewidywane nawierzchnie kilku rodzajów, to dla każdej z nich należy podać szczegółowy przekrój poprzeczny. Poza wykreśleniem normalnych przekroi poprzecznych należy na tej samej sekcji załączyć obliczenie dla linii wyrównawczej dla gruntów przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych.

3-ci załącznik: profil podłużny w skali 1:2000 dla długości i 1:200 dla wysokości, względnie 1:1000 i 1:100. Profil podłużny winien posiadać numerację kilometrów, wysokości (koty) terenu i projektowanej drogi w odniesieniu do linii wyrównawczej, oraz spadki projektowane, a poza tem:

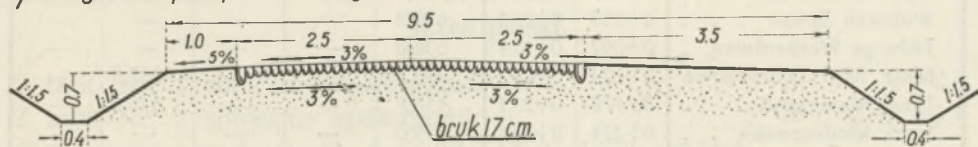
proste i krzywe, wreszcie oznaczenie gruntów, po jakich ma przebiegać droga. Profil podłużny terenu, jego koty, pikietaż, oraz kilometraż — wykreśla się kolorem czarnym, zaś profil podłużny projektowany, głębokość projektowanych wykopów (pod linią podłużnego profilu), wysokość projektowanych nasypów (nad linią podłużnego profilu), oraz spadki podłużne — wykreśla się kolorem czerwonym.

NORMALNE PRZEKROJE POPRZECZNE

a/ dla gruntu nieprzepuszczalnego



b/ dla gruntu przepuszczalnego



Rys. 58.

Ponadto nad profilem podłużnym jednocześnie należy wykreślić wykres objętości mas, oraz wykres rozdziału mas według wzoru, załączonego na planszy 1-szej.

Należy zaznaczyć, że na profilu podłużnym dla krzywych wypukłych i wklęsłych winno się dodać tabelki kot tych krzywych, niezbędne przy wyznaczeniu w terenie robót ziemnych. Wreszcie na tymże profilu podłużnym w tych miejscach, gdzie nasypy przekraczają wysokość 1 m., poziomą linią należy zaznaczyć te odcinki, gdzie projektuje się ustawienie pachołków z podaniem ich liczby. Z uwagi na brak miejsca i w celu niezakłócenia przejrzystości wykresów, na planszy 1-szej linie pachołków nie są umieszczone. Profil podłużny dzieli się na sekcje o wymiarze $21 \times 29,7$ cm.

4-ty załącznik: przekroje poprzeczne według wzoru na rysunku 55-ym.

Przekroje te opracowuje się w skali 1:100 na sekcjach o wymiarze $21 \times 29,7$ cm.

5-ty załącznik: rzut poziomy drogi w rozwinięciu, wyrysowany w skali 1:2000, względnie 1:1000 dla długości i szerokości. Na planie tym należy uwidocznic: kilometraż i conajmniej koronę drogi, oraz pas wywłaszcze-

niowy z podaniem odległości jego konturów od osi drogi, a poza tem: przyległe do drogi po obu jej stronach działki gruntów i nazwiska ich właścicieli, krzyżujące się drogi, cmentarze, murowane i drewniane budynki w pasie conajmniej 20 metr., od osi z każdej strony drogi, oraz wszelkie inne istniejące objekty, jak: studnie, parkany, mosty, przepusty i t. p. Wreszcie należy oznaczyć charakter gruntów przez wyodrębnienie pól ornych, łąk, torfowisk, wydm piaszczystych, rozlewisk i t. p. Plan ten również winien być podzielony na sekcje o wymiarze 21×29,7 cm. Wzór wykazu gruntów, podlegających wykupu, załącza się poniżej.

Wykaz gruntów, podlegających wykupnu.

Właściciele imie i nazwisko	gr. posiadłości		powierzchnia do wykupna w m ²				
	od Km	do Km	poła orne	lasy	bagna	ogrody	pastwiska
Małż. K. M. Glanc . . .	0+000	0+050	830,0	—	—	—	—
Wojciech Biwan . . .	0+050	0+092	699,3	—	—	—	—
Jadwiga Wernerówna . .	0+092	0+124	536,0	—	—	—	—
Małż. M. I. Dzierżgowa	0+124	0+157	298,7	—	—	247,5	—
Józef Maciejczyk . . .	0+179	0+234	456,5	—	—	819,5	—
Irena Modrzewska . . .	0+234	0+284	735,0	—	—	—	—
Florjan Stankiewicz . .	0+284	0+340	420,0	—	—	397,6	—
Józef Krysztof	0+340	0+430	1341,0	—	—	—	—
Dobra parafjalne	0+430	0+700	2783,6	—	1105,8	627,5	—
Marjan Izidorczyk . . .	0+700	0+930	1030,4	—	1030,5	412,7	1533,7
Eugenjusz Olender . . .	0+930	1+076	2248,4	—	—	—	—
Józef Kubacki	1+076	1+140	953,6	—	—	—	—
Państw. las sosnowy . .	1+140	1+400	—	4004	—	—	—
			12332,5	4004	2136,3	2504,8	1533,7

Ogółem wywłaszczeniu podlega obszar 2.724 ha.

6-ty załącznik: obliczenie zlewni rzek, rzeczek, potoków, rowów i t. p., oraz obliczenie światła (otworów) mostów i przepustów. Na naszym przykładzie mamy podane obliczenie zlewni na rys. 57-mym, zaś poniżej podaje się obliczenie światła 6-metrowego przepustu według wymagań Ministerstwa Komunikacji.

Przy obliczeniu światła przepustu należy podać poprzeczny profil łozyska, jak to widzimy na załączniku 6-tym. Skala może być dowolna, lecz nie zamała, mniej - więcej wystarcza podziałka $\frac{1:50}{1:500}$ dla wysokości i długości.

Obliczenie otworu przepustu *).

Powiat Radomszczański	Poziom krawędzi nasypu	34,35 m
Droga Radomsko - Kłomnice	Poziom dna przepustu .	32,07 m
Kilometr 13 + 989	Wysokość nasypu . . .	2,28 m
Nazwa strumienia	Szerokość otworu prze- pustu	$l=6,00$ m
bez nazwy	Wysokość otworu . . .	$w=1,70$ m
Powierzchnia zlewni		$F=5,32$ km ²
Długość zlewni		5,00 km ₁
Powierzchnia lasów		$F_1=0$ km ²
Stopień zalesienia		$\frac{F}{F_1}=0$ km ²

Średni spadek całej doliny, względnie ogólna charakterystyka ukształtowania terenu:

teren płaski.

Z tabl. Nr. 1 obieramy współczynnik $\alpha=2,4$

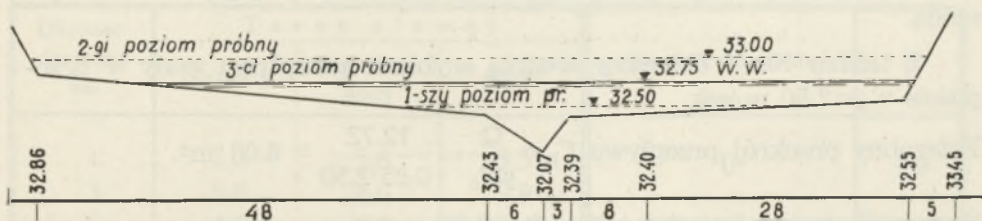
Z tabl. Nr. 2 obieramy współczynnik $\beta=1,0$

Ilość wielkiej wody $Q=F \cdot \alpha \beta = 5,32 \cdot 2,4 \cdot 1,0 = 12,78$ m³/sek.

Zmierzony spadek łóżyska na długości 200 m powyżej i poniżej przepustu
 $i=0,0025$.

Otrzymaną z obliczenia ilość wielkiej wody zaleca się sprawdzić innym wzorem empirycznym, odpowiadającym miejscowym warunkom.

Poprzeczny profil łóżyska.



Rys. 59.

*) Uwaga: Ze względu na to, że obliczenie otworów przepustów drogowych nie różni się zasadniczo od obliczenia małych mostów na strumykach napełnionych tylko podczas wezbrań i suchych korytach, prowadzących wodę tylko czasowo, można podany sposób obliczenia stosować także do małych mostów.

Jeżeli poziom wielkiej wody (ww) nie da się ustalić bezpośrednio na miejscu (np. na podstawie pozostałych znaków lub wskazówek wiarogodnych osób), wówczas oznacza się go zapomocą poniżej podanych wzorów empirycznych:

Ustalony próbnymi poziom dopływającej wody (Uwaga)** . 32,75 m
 Powierzchnia przekroju przepływu $f=21,04 \text{ m}^2$
 Zwilżony obwód $p=84,20 \text{ m}$
 Promień hydrauliczny $r=f/p=0,25 \text{ m}$
 W tablicy Nr. 4 znajdujemy współczynnik $K=24,2 \text{ m}$
 Średnia szybkość przepływu $v=K\sqrt{ri}=0,61 \text{ m}^3/\text{sek.}$
 $v.f=12,83 \text{ m}^3/\text{sek.}$

Przyjęty poziom wody dopływającej należy uważać za właściwy wtedy gdy $v.f = Q$

gdy różnica tych wielkości nie przekracza 5%

Z profilu poprzecznego określamy największą głębokość

$$a=0.68 \text{ m.}$$

Tym sposobem otrzymuje się poziom, w którym należy założyć wyrównane dno łożyska przepływu.

Celem zmniejszenia spiętrzenia i szybkości przepływu w przepuszcie, można pogłębić dno tak, aby leżało ono poniżej najniższego punktu przekroju naturalnego i wtedy w obliczeniu przyjmuje się tę głębokość zwiększoną.

Z tablicy Nr. 3 obieramy średnią szybkość przepływu wody w przepuszcie $v'_0=2.50 \text{ m/sek.}$

Potrzebny przekrój przepływu $f'_0 = \frac{Q}{\mu.v'_0} = \frac{12.72}{0,85 \cdot 2,50} = 6.00 \text{ m}^2.$

Szerokość otworu (prostok.) $l' = \frac{f'_0}{a} = 8.80 \text{ m.}$

Przyjęta szerokość otworu $l = 6.00 \text{ m.}$

Wobec tego $v_0 = \frac{Q}{al} = 3.12 \text{ m/sek.}$

Powierzchnia przekroju przepływu $f_0 = l.a = 4.08 \text{ m}^2.$

Obwód zwilżony $p_0 = l + 2a = 7.36 \text{ m.}$

Promień hydrauliczny $r = \frac{f_0}{p_0} = 0.55 \text{ m.}$

W tabelicy Nr. 4 znajdujemy odpowiedni współczynnik $K = 31.6$

Pochylenie dna przy dłuższych przepustach $i_0 = \frac{v_0^2}{K^2 r_0} = 0.018.$

Śpiętrzenie u wlotu do przepustu $h' = h \frac{v_0^2 - v^2}{2g} = 0.48 \text{ m.}$
(pierwsze przybliżenie)

Średnia szerokość śpiętrzenia wyznaczona z profilu poprzecznego

$$b = 96.0 \text{ m.}$$

Szybkość śpiętrzonej wody u wlotu do przepustu $v_1 = \frac{Q}{f + bh'} = 0.19 \text{ m/sek.}$

Dokładna wartość śpiętrzenia. $h = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g} = 0.49 \text{ m.}$

Śpiętrzenie to jest dopuszczalne ze względów terenowych, a więc szerokość otworu okazuje się wystarczającą.

Współczynnik μ przyjmuje się zależnie od kształtu czołowych ścian przyczółka = od 0,80 do 0,95. przyjęto $\mu = 0,85.$

Przyjęta wysokość otworu $w = 1.70 \text{ m}$ czyni zadość wymaganiom przepisów co do wzniesienia dolnej krawędzi konstrukcji ponad zwierciadłem wody (śpiętrzonej).

Tabela 1¹.

Tabela 2.

Wartość współczynnika α

Wartość współczynnika β

Długość dorzecza km	T e r e n z l e w n i			Stopień zalesienia	β
	górzysty	pagórko- waty	płaski		
1	7,0	5,6	3,5	0	1,0
3	5,8	4,6	2,9		
5	4,8	3,8	2,4	1/4	0,9
7	4,0	3,2	2,0		
10	3,0	2,4	1,5	1/2	0,8
15	2,0	1,6	1,0		
18	1,0	0,8	0,5	3/4	0,7
Wartości pośrednie otrzymuje się przez interpolację liniową.				1	0,6

- 1) Uwagi: 1) Dla krótkich dolin (do 3 km) o stromych zboczach, objętość odpływu winna być zwiększona, zależnie od stopnia przepuszczalności, od 25⁰/₀ do 50⁰/₀.
- 2) Dla gruntów bardzo przepuszczalnych objętość odpływu może być zmniejszona od 25⁰/₀ do 50⁰/₀ w zależności od charakteru gruntu.

Tablica 3.

Granice średniej szybkości przepływu dla różnych rodzajów względnie sposobów wzmocnienia łożyska.

Rodzaj i sposób wzmocnienia	Dopuszczalna średnia szybkość v_0 m/sek.
1. Drobnny piasek lub ziemie nawiane	0,3—0,5
2. Gruby piasek, glina, torf zbity	1,0—1,2
3. Zbity piasek, glina, drobnny żwir	1,5
4. Gruby żwir lub ił zwięzły	1,8
5. Grunt kamienny lub wzmocniony brukiem pojedynczym	2,5
6. Grunt skalisty lub wzmocn. brukiem podwójnym	3,0
7. Lita skała zależnie od twardości	3,5—0,0
8. Koryto wykładane kamieniem	4,5

Wartość współczynnika K według Bazin'a.

K_1 dla kanałów o ścianach z kamienia łamanego lub niewyprawionego betonu.

K_2 dla kanałów ziemnych z brukowanymi skarpami.

K_3 dla kanałów i rzek średnio regularnych.

Promień hydrauliczny r	K ₁	K ₂	K ₃	Promień hydrauliczny r	K ₁	K ₂	K ₃
0,05	28,4	18,1	12,8	0,45	51,6	38,4	29,6
0,06	30,2	19,4	13,3	0,46	51,8	38,6	29,8
0,07	31,7	20,6	14,7	0,47	52,0	38,8	30,0
0,08	33,1	21,7	15,5	0,48	52,3	39,1	30,2
0,09	34,4	22,7	16,3	0,49	52,5	39,3	30,4
0,10	35,5	23,6	17,0	0,50	52,7	39,5	30,6
0,11	36,5	24,4	17,7	0,55	53,7	40,5	31,6
0,12	37,4	25,2	18,3	0,60	54,6	41,4	32,5
0,13	38,2	25,9	18,9	0,65	55,4	42,3	33,3
0,14	39,0	26,7	19,4	0,70	56,1	43,1	34,1
0,15	39,7	27,2	19,9	0,75	56,8	43,9	34,8
0,16	40,5	27,8	20,4	0,80	57,4	44,6	35,5
0,17	41,2	28,4	20,9	0,85	58,0	45,2	36,1
0,18	41,8	29,0	21,4	0,90	58,6	45,9	36,7
0,19	42,4	29,5	21,8	0,95	59,1	46,5	37,3
0,20	42,9	30,0	22,3	1,00	59,6	47,0	37,8
0,21	43,5	30,5	22,7	1,10	60,5	48,0	38,8
0,22	44,0	30,9	23,1	1,20	61,3	48,9	39,7
0,23	44,4	31,4	23,4	1,30	62,0	49,8	40,6
0,24	44,8	31,8	23,8	1,40	62,6	50,6	41,4
0,25	45,3	32,2	24,2	1,50	63,2	51,3	42,2
0,26	45,7	32,6	24,5	1,60	63,8	52,0	42,9
0,27	46,1	33,0	24,8	1,70	64,3	52,6	43,6
0,28	46,5	33,4	25,2	1,80	64,8	53,2	44,2
0,29	46,9	33,7	25,5	1,90	65,2	53,8	44,8
0,30	47,3	34,1	25,8	2,00	65,6	54,2	45,3
0,31	47,6	34,3	26,1	2,20	66,4	55,3	46,4
0,32	47,9	34,7	26,4	2,40	67,1	56,2	47,3
0,33	48,2	35,1	26,7	2,60	67,7	57,0	48,1
0,34	48,5	35,4	25,9	2,80	68,2	57,7	48,9
0,35	48,8	35,7	27,2	3,00	68,7	58,3	49,7
0,36	49,2	36,0	27,5	3,20	69,2	58,9	50,4
0,37	49,5	36,3	27,7	3,40	69,6	59,5	51,0
0,38	49,8	36,6	28,0	3,60	70,0	60,1	51,6
0,39	50,1	36,8	28,2	3,80	70,4	60,6	52,2
0,40	50,4	37,1	28,5	4,00	70,7	61,0	52,7
0,41	50,6	37,4	28,7	4,50	71,5	62,1	53,9
0,42	50,9	37,6	28,9	5,00	72,1	63,0	55,0
0,43	51,1	37,9	29,2	5,50	72,7	63,8	56,0
0,44	51,4	38,1	29,4	6,00	73,2	64,6	56,8

Wartości pośrednie można otrzymać przez interpolację liniową.

Uwaga **). Do powyższych wyliczeń trzeba przeprowadzić próbne obliczenie poziomu wód, a które przedstawia się, jak następuje:

1-szy próbny poziom ustalamy na wysokości 32,50 m., wtedy:

$$f=3,88 \text{ m}^2$$

$$p=40,50 \text{ m}$$

$$r = \frac{f}{p} = \frac{3,88}{40,50} = 0,096 \text{ m}$$

$K=16,7$; z tablicy Nr. 4 (załącznika 6-go), jak dla kanałów i rzek średnio regularnych.

$$v = K \sqrt{ri} = 16,7 \sqrt{0,096 \cdot 0,0025} = 0,252 \text{ m/sek.}$$

$$vf = 0,252 \cdot 3,88 = 0,971 \text{ m}^3/\text{sek.}$$

widzimy, że $vf < Q$ i że różnica wynosi ponad 5%, wobec czego przyjęty próbny poziom 32,50 m. nie odpowiada rzeczywistości.

2-gi próbny poziom, powiedzmy, niech będzie 33,0 m., a wtedy:

$$f=46,39 \text{ m}^2$$

$$p=97,10 \text{ m}$$

$$r = \frac{f}{p} = \frac{46,39}{97,10} = 0,477 \text{ m}$$

$K=30,1$; z tablicy Nr. 4 (załącznika 6-go), jak dla kanałów i rzek średnio regularnych.

$$v = K \sqrt{ri} = 30,1 \sqrt{0,477 \cdot 0,0025} = 1,04 \text{ m/sek.}$$

$$vf = 1,04 \cdot 46,39 = 48,10 \text{ m}^3/\text{sek.}$$

widzimy, że $vf > Q$ i różnica ich wynosi ponad 5%.

Ponieważ i ten poziom nie jest odpowiedni, weźmy trzeci, ale pośredni, powiedzmy, 32,75 m.

Obliczenia dla tego poziomu są wykonane na 6-tym załączniku i widzimy, że są do przyjęcia, ponieważ $Q - vf = 12,83 - 12,78 = 0,05 \text{ m}^3/\text{sek}$, co w stosunku do Q stanowi mniej, niż 5%.

7-my załącznik: zbiór projektów i przepustów, jeśli tych projektów niema w zbiorze typów mostów i przepustów, opracowanych przez b. Ministerstwo Robót Publicznych.

Załącznik ten będzie tylko wstępnym projektem mostów, względnie przepustów, ponieważ do wykonania tych obiektów prócz światła potrzebne są szczegółowe badania gruntów dla posadowienia przyczółków i filarów, i przedmiot ten stanowią dodatkowe studia i projekty. Załączniki te opracowują się w skali 1:50, lub 1:100, względnie 1:15, lub 1:20 (mosty żelazne).

8-my załącznik: obliczenie ilości robót ziemnych z podaniem tablicy objętości i rozdziału mas (wzór: tabl. Nr. 12), oraz tablicy transportu mas (wzór: tabl. Nr. 13).

9-ty załącznik: sprawozdanie techniczne, jako uzasadnienie projektu.

Jest to zwięzły opis przyjętego kierunku drogi z podaniem motywów, wybór typu drogi, oraz krótkich uwag, dotyczących całokształtu technicznej strony projektu.

10-ty załącznik: kosztorys wraz z analizą cen jednostkowych. Kosztorys winien obejmować całokształt wszystkich robót jak: robót ziemnych, budowy nawierzchni, budowy mostów i przepustów, darniowania, wszelkich zabezpieczeń grobli ziemnej od podmycia (brukowanie skarp, brukowanie rowów, urządzenie ewent. kaskad i t. p.), budowy ewent. ścianek oporowych, wszelkich znaków drogowych, pacholek, poręczy, wreszcie koszt wywłaszczeń z podaniem imiennego wykazu właścicieli i powierzchni wywłaszczających gruntów.

Tak opracowany projekt należy wykonywać w 3-ch egzemplarzach, z których jeden winien być na kalce, a dwa pozostałe — na papierze.

Dostrzeżone omyłki w druku.

Strona	7	wiersz	12	od góry	zamiast	\sphericalangle aoe = α	powinno być	\sphericalangle ave = α .	
17	„	12	„	„	„	dokładnością	„	„	dokładnością
26	„	16	„	„	„	gdy	„	„	gdyż
29	„	6	„	dołu	„	przeciw nym	„	„	przeciwnym
31	„	12	„	góry	„	rozważania	„	„	rozważania
38	„	18	„	„	„	tabl. Nr. 9	„	„	tabl. Nr. 8
38	„	12	„	dołu	„	tabl. Nr. 9	„	„	tabl. Nr. 8
40	„	14	„	„	„	wysokości	„	„	wysokość
47	„	1	„	góry	„	AKBMC.... GJ	„	„	AKBMC.... GI
47	„	4	„	dołu	„	dróg	„	„	drogi
52	„	9	„	„	„	neiknosekwencję	„	„	niekonsekwencję
71	„	14	„	góry	„	phrofill	„	„	profili

SPIS RZECZY.

Profil podłużny.

	Str.
Widzialność pionowa	5 — 9
Promienie dla łuków pionowych wypukłych	10 — 12
„ „ „ „ „ wklęsłych	13 — 15
Tyczenie łuków na załamach	18
Skręt na spadku jednostron.	19
„ „ „ -kach obustronnych	19 — 20
Spadki dla rowów	20 — 21

Poprzeczne przekroje drogi.

Normalne przekroje drogi	
Linja wyrównawcza dla gruntów nieprzepuszczalnych	22 — 23
„ „ „ „ „ przepuszczalnych	24
Zarys koryta w gruntach nieprzepuszczalnych	25 — 26
Przekrój poprzeczny dla drogi dwutorowej o ruchu motorowym i konnym	26
Przekrój poprz. nowocz. drogi ameryk.	26 — 27
Zarys szablonu dla poprzecz. przekroju drogi	28

Widzialność boczna.

Pojęcie ogólne widzialności bocznej	28
Maksymalne odstępki linii zabudowań	29
Widzialność boczna w wykopach	30

Promienie.

Minimalne i maksymalne promienie na łukach poziomych	31
Tyczenie łuków parabolicznych (tablice)	31 — 35

Przechyłki (w/g wskaz. b. M. R. P.).

Poszerzenia korony drogi na zakrętach	36
Spadki poprzeczne na przechyłkach	37
Odcinki przejściowe na przechyłkach	36

Przechyłki (w/g zaleceń autora)

	Str.
Przeście od dwuspadowego do jednosp. przekrojów poprzecznych bez zwiększania spadków poprzecznych	38 — 40
Przeście od dwusp. do jednosp. przekr. poprz. z powiększeniem spadków poprzecznych	40 — 42
Poszerzenie korony drogi (tabl. 8 liczby w nawiasach)	36
Proste odcinki przejściowe (tab. 8 liczby w nawiasach)	36
Łagodzenie załamań na przychyłkach (tabl. 10)	43
Jednostronne spadki poprzeczne na przych. i promienie	44
Uwagi, dotyczące wyboru trasy	45 — 46

Rozmieszczenie mas ziemnych.

Budowa krzywej Brücknera	47 — 48
Charakterystyczne cechy krzywej Brücknera	49 — 57
Wybór linii rozdzielczej	57 — 61
Podział transportu mas ziemnych	62 — 64
Tablica płaszczyzn, objętości i rozdziału mas	64 — 72
Przekroje poprzeczne	65 — 67
Zerowe przejścia przekrojów od nadmiaru wykopów do nasypów	70
Objaśnienie tablicy płaszczyzn, objętości i rozdziału mas	71 — 72
„ wykresu rozdziału mas	72
Tablica transportu mas	73

Zbiór załączników do projektu budowy dróg.

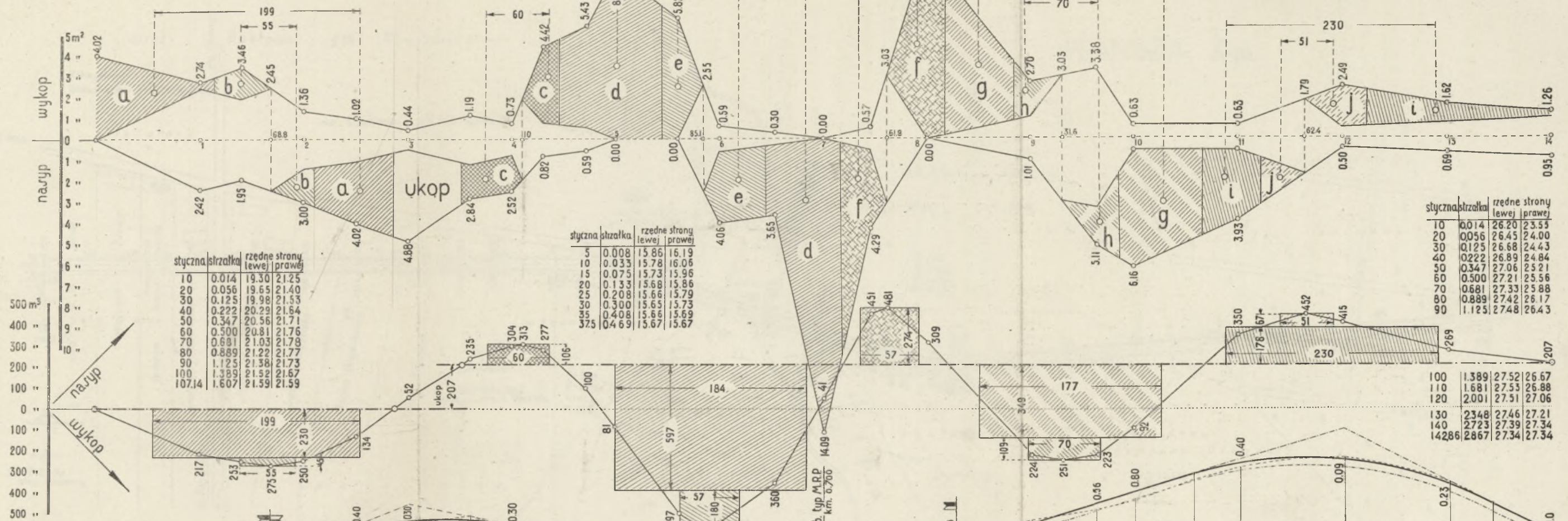
Plan orientacyjny	74
Normalne przekroje poprzeczne	75
Obliczenie płaszczyzn przekrojów poprzecznych	65 — 67 i 75
Profil podłużny (plansza 1-sza)	na końcu książki
Rzut poziomy drogi w rozwinięciu (plansza 2-ga)	na końcu książki
Wykaz gruntów, podlegających wykupnu	76
Obliczenie zlewni	74
Obliczenie światła przepustu	72 — 82
Obliczenie ilości robót ziemnych	82
Sprawozdanie techniczne	83
Kosztorys i analiza cen	83

Dostrzeżone omyłki w druku	85
--------------------------------------	----



PLANSZA I-sza

WYKRES OBJĘTOŚCI



styczna	sztafka	rzędne strony lewej	rzędne strony prawej
10	0.014	19.30	21.25
20	0.056	19.65	21.40
30	0.125	19.98	21.53
40	0.222	20.29	21.64
50	0.347	20.56	21.71
60	0.500	20.81	21.76
70	0.681	21.03	21.78
80	0.889	21.22	21.77
90	1.125	21.38	21.73
100	1.389	21.52	21.67
107.14	1.607	21.59	21.59

styczna	sztafka	rzędne strony lewej	rzędne strony prawej
5	0.008	15.86	16.19
10	0.033	15.78	16.06
15	0.075	15.73	15.96
20	0.133	15.68	15.86
25	0.208	15.66	15.79
30	0.300	15.65	15.73
35	0.408	15.66	15.69
37.5	0.469	15.67	15.67

styczna	sztafka	rzędne strony lewej	rzędne strony prawej
10	0.014	26.20	23.55
20	0.056	26.45	24.00
30	0.125	26.68	24.43
40	0.222	26.89	24.84
50	0.347	27.06	25.21
60	0.500	27.21	25.56
70	0.681	27.33	25.88
80	0.889	27.42	26.17
90	1.125	27.48	26.43

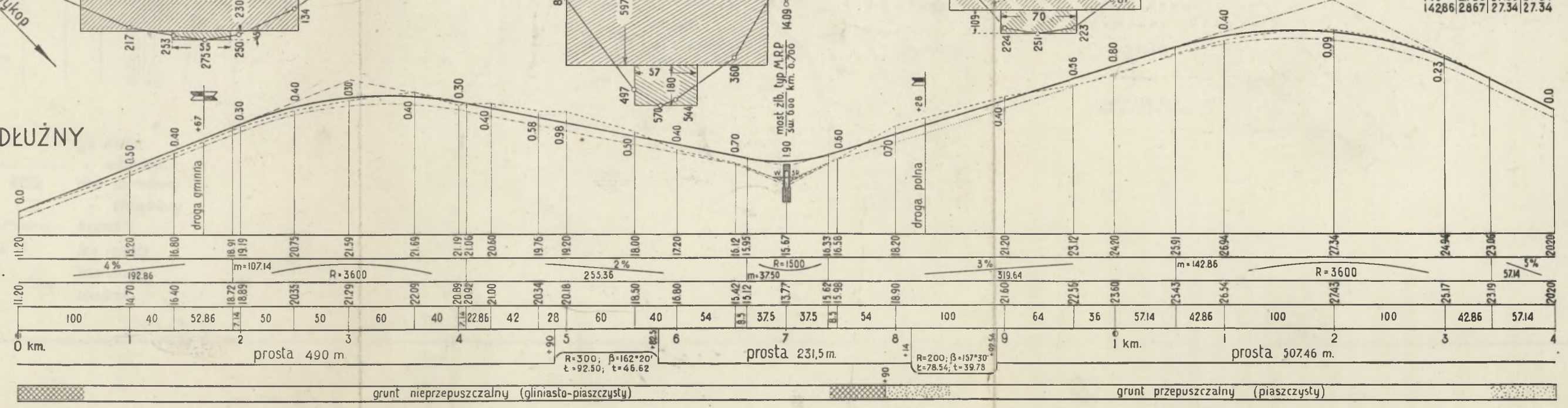
100	1.389	27.52	26.67
110	1.681	27.53	26.88
120	2.001	27.51	27.06
130	2.348	27.46	27.21
140	2.723	27.39	27.34
142.86	2.867	27.34	27.34

WYKRES ROZDZIAŁU MAS

PRZEKRÓJ PODŁUŻNY

- - - - - rów dwustronny
 - - - - - rów prawy
 - - - - - rów lewy

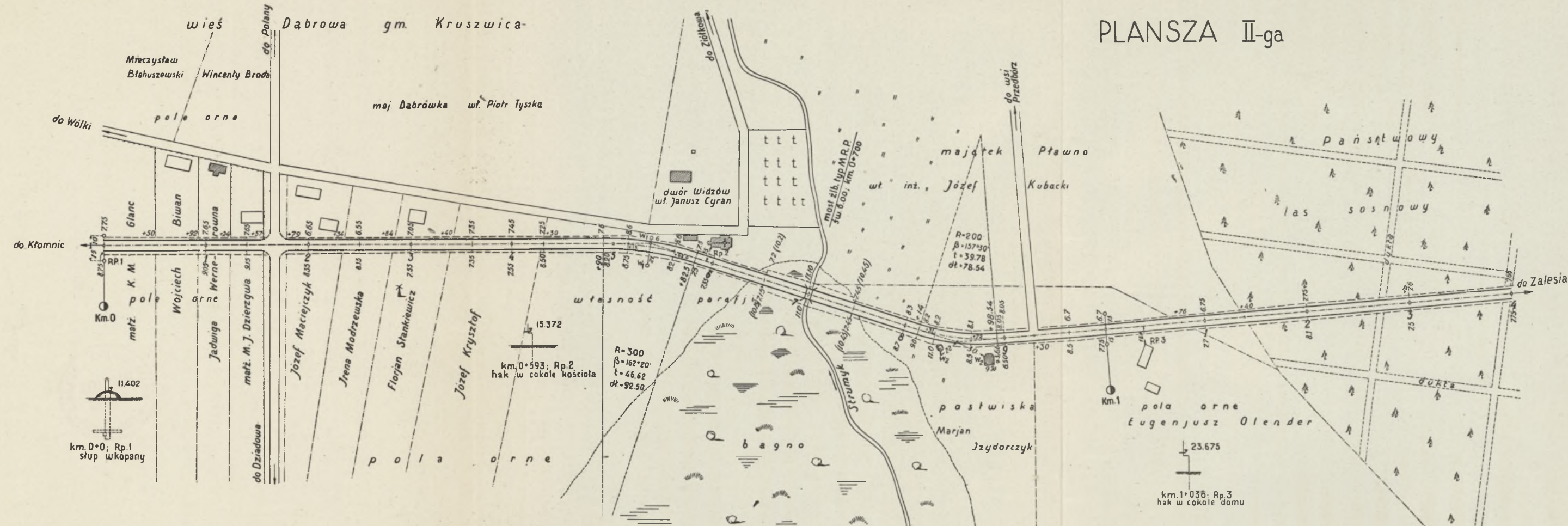
Rzędne niwelety
 Spadki i łuki pion.
 Rzędne terenu
 Odległości
 Kilometry i hektom.
 Proste i łuki
 Rodzaj gruntów



0 km. prosta 490 m R=300; β=162°20'; t=92.50; t=46.62 prosta 231,5 m. R=200; β=157°30'; t=78.54; t=39.78 1 km. prosta 507,46 m.

grunt nieprzepuszczalny (gliniasto-piaszczysty) grunt przepuszczalny (piaszczysty)

PLANSZA II-ga



- gr. kultur
- " właścicieli
- dom murowany
- " drewniany
- ≡≡≡ bagna
- ▲▲ las iglasty
- pastwiska
- ⊗ wiatrak



BG Politechniki Śląskiej
nr inw.: 102 - 131635



Dyr.1 131635

D R U K A R N I A
S A M O R Z Ą D O W E G O
I N S T Y T U T U
W Y D A W N I C Z E G O
W A R S Z A W A
M I O D O W A 6.
T E L. 6 8 2 - 1 8.

