

ROZDZIAŁ VII

OSUSZANIE ROBÓT ZIEMNYCH

1. Uwagi ogólne

Zarówno wody atmosferyczne, jak zaskórne (gruntowe), w zależności od miejscowych warunków w mniejszym lub większym stopniu działają destrukcyjnie na budowle ziemne. Walka z niszczącym działaniem wody prowadzona być powinna w kilku kierunkach.

Skarpy nasypów i wykopów zabezpiecza się przed działaniem wód atmosferycznych, wzmacniając je takim lub innym sposobem.

Ponieważ wody atmosferyczne, spływając po budowlach ziemnych i otaczającym je terenie, częściowo spływają po powierzchni, a częściowo wsiąkają w głąb budowli i w tereny otaczające te budowle, przeto racjonalna walka z destrukcyjnym działaniem wód powinna polegać: 1) na najszybszym i dokładnym odprowadzeniu wód, spływających po powierzchni budowli ziemnych i terenów przyległych; 2) na usuwaniu wód zaskórnych w tych wypadkach, kiedy są one szkodliwe dla trwałości budowli ziemnych.

2. Usuwanie wód powierzchniowych

Rowy odwadniające. W celu usunięcia ich wzdłuż budowli ziemnych buduje się rowy odwadniające. Aby woda do nich spływała, kształtujemy budowle ziemne tak, aby nie było powierzchni poziomych lub wklęsłych; z tego względu koro-

nom dróg, kolei żelaznych czy wałów ochronnych nadajemy spadki poprzeczne dwustronne lub jednostronne. Rowom nadajemy przekrój poprzeczny bądź trójkątny, bądź trapezowy (rys. 185).

Z wielu względów rowy trójkątne są racjonalniejsze niż rowy trapezowe, gdyż mogą być łatwo wykonywane przy pomocy maszyn dla profilowania dróg, ale za to wymagają szerszego pasma jezdni.

Co do własności hydraulicznych¹⁾ porównanie ich przedstawia się jak następuje:

W rowach przepływ $Q = S \cdot v$, gdzie Q — przepływ w m^3 , S — powierzchnia poprzeczna (przekrój poprzeczny w m^2), $v = c \sqrt{R \cdot i}$ — szybkość przepływu w m/sek ; $R = \frac{S}{P}$; P — obwód zwilżony, i — spadek dna rowu, c — współczynnik tarcia = $\frac{87}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}}}$.

n — dla rowów z darniny lub ziemi = 1,30.

Jeżeli dla przekrojów a) i b) na rys. 185 zastosujemy powyższe wzory, otrzymamy następujące rezultaty:

a) dla rowu trójkątnego:

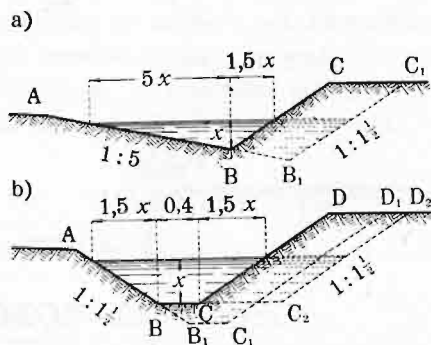
$$S = 3,25 x^2,$$

$$P = 6,9 x,$$

$$R = \frac{S}{P} = 0,47 x,$$

$$c = \frac{60 \sqrt{x}}{0,68 \sqrt{x} + 1,3},$$

$$v = \frac{40,89 \cdot x \sqrt{i}}{1,3 + 0,68 \sqrt{x}},$$



Rys. 185.

¹⁾ L. Borowski. Warunki techniczne projektowania ulepszonych dróg gruntowych. Referat na I Kongr. Drogowy Polski. 1928.

$$Q = S \cdot v = 3,25 x^2 \cdot \frac{40,89 x \sqrt{i}}{1,3 + 0,68 \sqrt{x}} \quad . . . \quad (1)$$

b) dla rowu trapezowego:

$$S = 1,5 x^2 + 0,4 x,$$

$$P = 3,6 x + 0,4,$$

$$R = \frac{S}{P} = \frac{1,5 x^2 + 0,4 x}{3,6 x + 0,4},$$

$$v = \frac{87 \sqrt{i} \cdot \frac{1,5 x^2 + 0,4 x}{3,6 x + 0,4}}{1,3 + \sqrt{\frac{1,5 x^2 + 0,4 x}{3,6 x + 0,4}}},$$

$$Q = S \cdot v = \frac{87 \sqrt{i} \cdot \frac{(1,5 x^2 + 0,4 x)^2}{3,6 x + 0,4}}{1,3 + \sqrt{\frac{1,5 x^2 + 0,4 x}{3,6 x + 0,4}}} \quad . . . \quad (2)$$

Jeżeli wzory powyższe zastosować dla różnych wymiarów x w rowach trójkątnych lub trapezowych i różnych spadków, otrzymamy różne wartości dla szybkości przepływu v i jego wielkości Q .

Rezultaty otrzymane z tych obliczeń wykazują, że rowy trójkątne przepuszczają te same ilości wody przy daleko mniejszych szybkościach, niż rowy trapezowe o tych samych głębokościach. Z tego względu rowy trójkątne są bezpieczniejsze ze względu na wymulanie, które następuje, gdy szybkość przepływu wody w rowie przekracza pewną granicę, zależną od rodzaju gruntu. Szybkość przepływu wody z tego względu nie powinna przekraczać pewnych norm, określanych doświadczalnie, z drugiej strony nie powinna być również mniejsza, niż pewne normy praktyczne, przy których rowy zamulają się przez bardzo drobne cząsteczki gruntu osiadające na dnie i następnie zarastają. Normy te podane są w tablicy XX¹⁾.

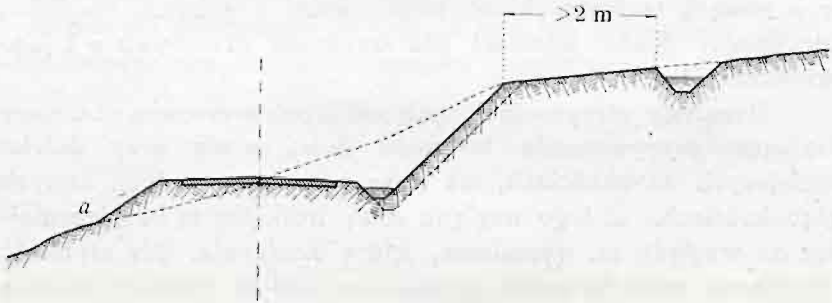
¹⁾ Z podręcznika technicznego „Technik”.

Tablica XX

Dopuszczalna szybkość wody w rowach

Rodzaj gruntu	v_{max} m/sek	v_{min} m/sek
Szlam i brunatna glina garncarska	0,15	0,08
Gлина chuda lub tłusta	0,20	0,10
Piasek rzeczny	0,13	0,06
Zwir	1,22	0,70
Dno z głazów	1,52	0,90
Łupki	2,22	1,49
Skały twarde niewarstwowe	4,27	3,14

Poza tym rowy trójkątne przy budowie dróg często mogą być wykonywane przy pomocy specjalnych maszyn, używanych do profilowania poprzecznego dróg gruntowych (równaczy lub włoków do rowów), co może dawać pewne oszczędności; również ze względu na ruch kołowy na drogach są one bezpieczniejsze; ujemną stroną rowów trójkątnych jest ta, że rowy trójkątne wymagają znacznie więcej miejsca, niż rowy trapezowe, co przy wąskich pasach gruntu, przeznaczanych na drogi lub koleje, może w wielu wypadkach grać rolę poważną i przemawiać na korzyść rowów formy trapezowej.



Rys. 186.

Rowy ochronne. Gdy do rowów przydrożnych spływa duża ilość wody, normalne przekroje rowów odwadniających mogą nie wystarczać i wtedy może być mowa o pogłębianiu lub rozszerzaniu ich (np. według linii BB_1C_1 , $BB_1C_1D_1$ lub CC_2D_2 na rys. 185); takie pogłębienie czy poszerzenie rowów

może być niedogodne ze względu na potrzebę rozszerzenia, nieraz dość znacznego, pasa drogowego (rys. 185) i powiększenia ilości robót ziemnych.

Gdy do rowu przydrożnego spływa dużo wody ze zbocza, a nie chcemy lub nie możemy go poszerzać lub pogłębiać, w celu zmniejszenia ilości wody w rowach przydrożnych, budujemy tak zwane rowy ochronne (rys. 186), przejmujące część wód, spływających do rowu. Aby woda z rowów ochronnych w razie ich przepełnienia nie mogła znaleźć ujścia do rowu przydrożnego przez wymycie skarpy zbocza, budujemy go w pewnej odległości ($> 2\text{ m}$) od śladu skarpy.

Zabezpieczenie rowów przy dużym spadku dna. Z powodu warunków terenowych często nadajemy spadki w rowach większe, niż na to pozwala rodzaj gruntu. W celu uchronienia rowów od rozmycia przez zbyt wielką szybkość wody, robimy różnego rodzaju wzmocnienia dna i skarp rowów.

W tablicy XXI podane są wartości v_{max} — maksymalnej szybkości dla różnych sposobów wzmocnienia dna i skarp rowów.

Tablica XXI

Rodzaj wzmocnienia	Dopuszcz. szybk. v_{max} m sek
Żwir gruboziarnisty	0,60
Darnina	0,60
Tłuczeń, otoczaki \varnothing 4 — 5 cm	0,80 — 1,00
Darniowanie rębem	1,40
Bruk pojedynczy	2,00
Bruk podwójny	2,80
Płatki wiklinowe z wypełnieniem	
klatek kamieniem	4,00
Okładzina z kamienia ciosanego	$> 4,00$

W zależności od przewidywanej szybkości wody spływającej zabezpieczenie można wykonać różnymi sposobami z różnych materiałów.

Można przy spadkach mniejszych robić zabezpieczenia w odległościach co kilka lub kilkanaście metrów przy pomocy

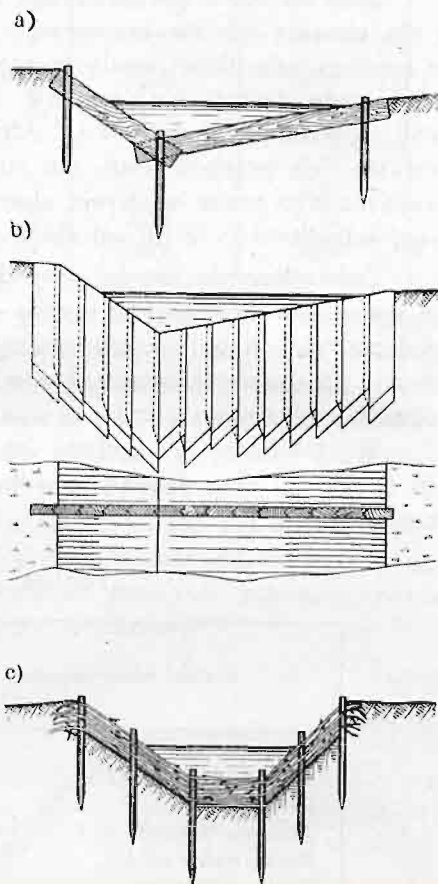
desek postawionych „na kant” tak, jak na rys. 187a, umocowanych pomiędzy kołkami wbitymi na głębokość 0,60 — 0,80 m; mocniejsze jest umocnienie rowów za pomocą krótkich jedno-metrowych desek wbitych pionowo, stanowiących jak-by grodzę (rys. 187b) lub też w poprzek rowu można w rowkach poprzecznych wykonywać płotki ze świe-żej wikliny (rys. 187c), opla-tanych na kołkach wierz-bowych świeżych; po wy-konaniu płotków rowki po-przeczne są zasypywane. Zarówno wzmocnienie z de-sek, jak z płotków wikli-nowych nie powinno wy-stawać poza kontur rowu.

Można również robić wzmocnienia rowów (pły-tkich) z elementów betono-wych (rys. 188), długości 0,8—1 m. Betonowe wzmoc-nienie dopuszcza duże szyb-kości (3—4 m/sek) i może być stosowane na dużych spadkach.

Gdy z powodów u-kształtowania terenu wy-padnie robić rowy z du-żymi spadkami, można zmniejszyć zbyt wielką

szybkość wody przez urządzenie kaskad bez studzienek lub ze studzienkami.

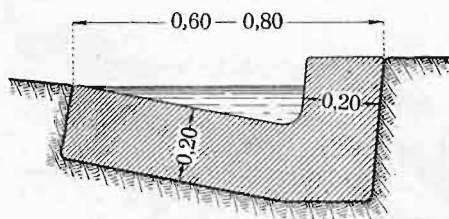
Na rys. 189 i 190 podane zostało urządzenie kaskady, wy-konanej z faszyny i muru z kamienia oraz bruku — bez stu-dzienek; na rys. 191 i 192 mamy kaskady ze studzienkami, wykonane z betonu bądź z żelbetu. Zastosowanie studzienek daje możliwość znacznego zmniejszenia szybkości przepływu



Rys. 187.

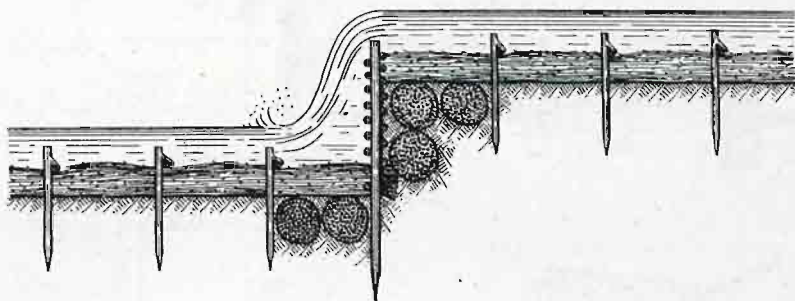
wody i zabezpieczenia dna rowu od niszczącego działania spadającej wody.

Wreszcie (rys. 193) można budować kaskady z elemen-

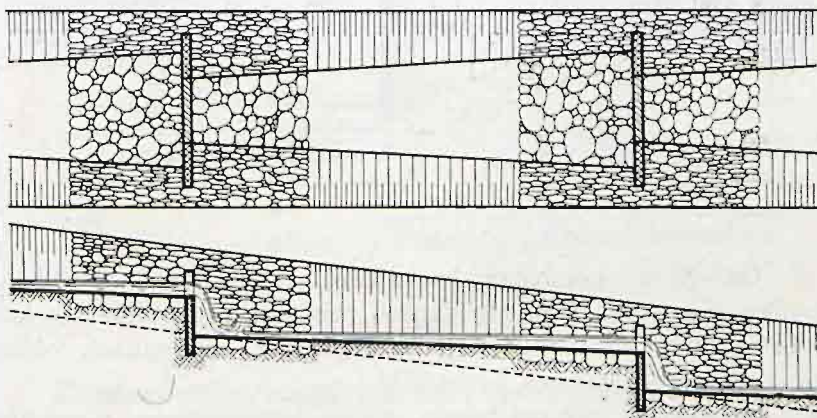
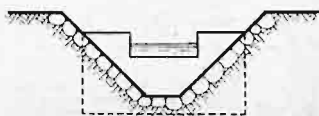


Rys. 188.

tów (prętów) żelbetowych, łączonych przy pomocy prętów żelaznych. W razie większej ilości takich kaskad można znormalizować kilka typów takich prętów i wykonywać je masowo. Kaskady takie buduje się

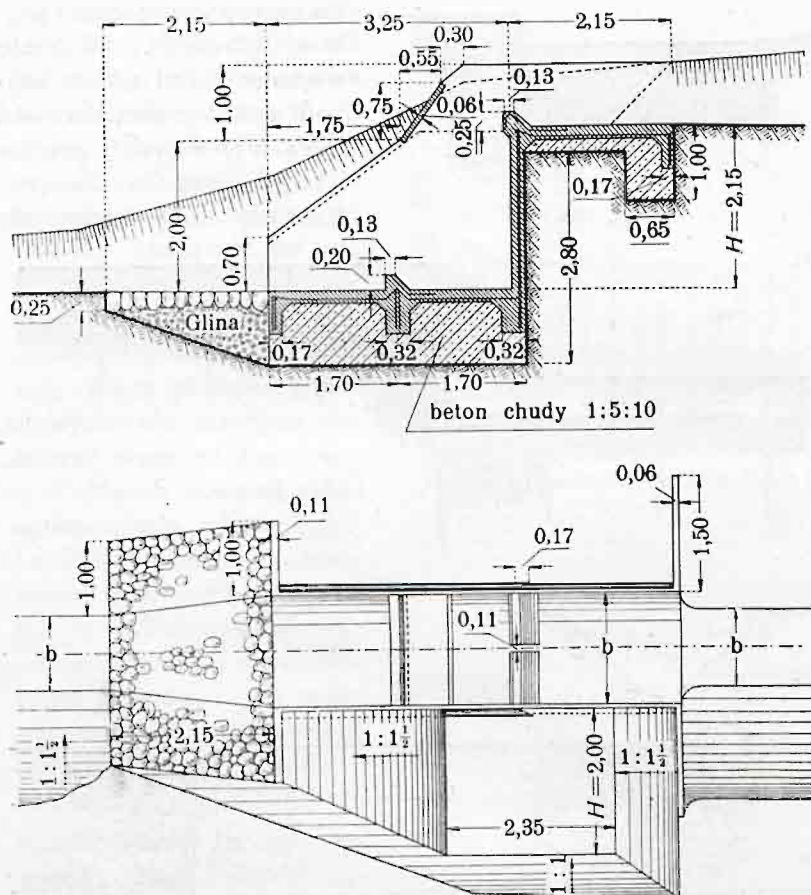


Rys. 189.



Rys. 190.

w większych ilościach we Włoszech. Ponieważ przegrody z takich prętów są ażurowe, obrzuca się je kamieniami, aby zatrzymywały większą ilość wody i przez to więcej zmniejszały jej szybkość.

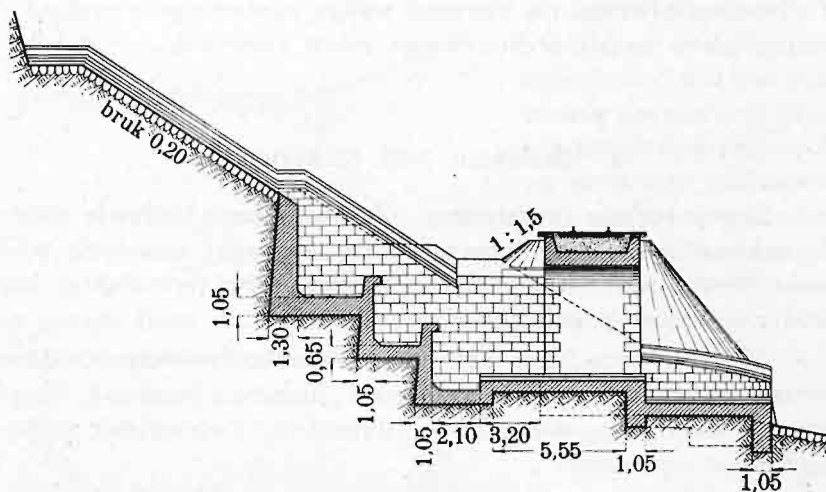


Rys. 191.

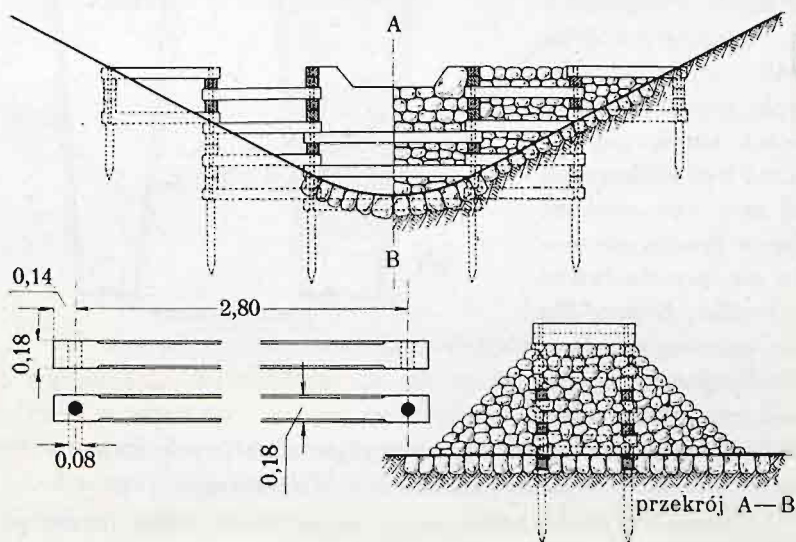
Odległości pomiędzy kaskadami zależą od podłużnego spadku rowu oraz jego głębokości; osiągnięta przez budowę kaskad szybkość może być w poszczególnych wypadkach określana na zasadzie praw hydrauliki.

Spływające rowami wody winny być usunięte z pobliża nasypów i wykopów przez odprowadzenie ich do potoków lub

rzek lub przez zbudowanie specjalnych rowów odpływowych.



Rys. 192.



Rys. 193.

Z jednej strony drogi czy kolei żelaznych na drugą odprowadzenie wody uskutecznia się za pomocą przepustów lub mostów.

Na szybkie i dokładne usunięcie wód powierzchniowych z budowli ziemnych (nasypów i wykopów) oraz z najbliższego ich otoczenia winno się zwracać uwagę zarówno przy projektowaniu, jak w czasie wykonywania robót ziemnych.

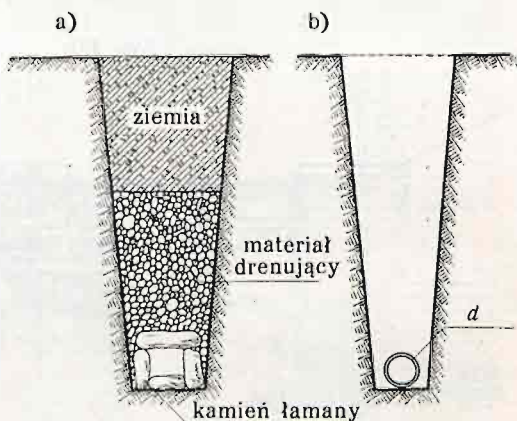
3. Usuwanie wód zaskórnych

Dreny rurowe (podziemne). Zarówno same budowle ziemne, jak najbliższe ich otoczenie może wymagać usunięcia wód zaskórnych, jakie przedostały się z powierzchni (przesiąkły), lub wód z potoków podziemnych.

W tych wypadkach zachodzi potrzeba drenowania, które można wykonać bądź przez założenie drenów z kamienia, obsypanych materiałem drenującym [tłucznem, żwirem lub gruboziarnistym piaskiem

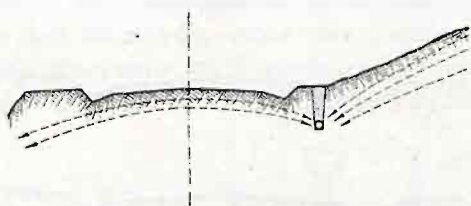
(rys. 194a)], bądź przez założenie rurek drenarskich ceglanych lub betonowych (rys. 194b), ściśle układanych; szczelina styku dwóch rurek nie powinna być większa niż 0,5 mm, aby większe ziarna gruntu nie mogły się przedostawać do środka. Lepsze dla tego celu są rurki ceglane; górszą opinię mają rurki betonowe, gdyż są czule na destrukcyjny wpływ niektórych kwasów rozpuszczonych w wodzie gruntowej.

Dreny ceglane będą dobre, jeżeli mieć będą formę prawidłową, a końce obcięte równo według płaszczyzny prostopadłej do osi. Aby były trwałe, materiał na nie użyty winien być jednolity, dobrze wyrobiony, bez kamyków i marglu. Przy uderzeniu młotkiem lub jednej rurki o drugą dźwięk powinien być czysty.



Rys. 194.

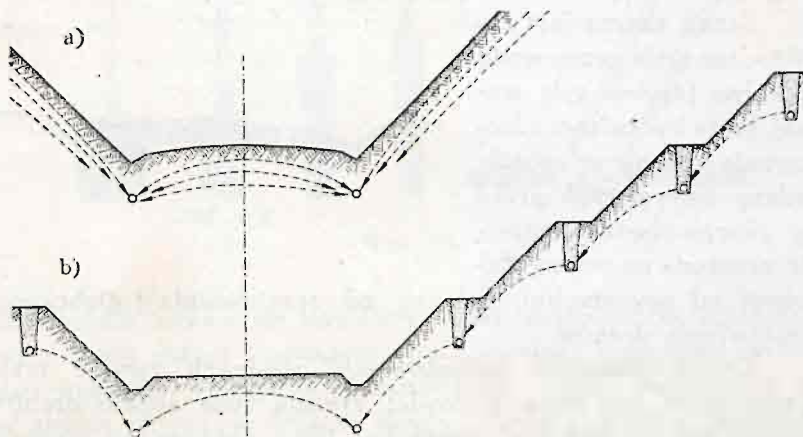
Głębokość założenia drenów nie powinna być mniejsza, niż głębokość zamarzania, tj. 1,2—1,8 m.



Rys. 195.

Przy budowlach ziemnych najczęściej spotykamy się z koniecznością drenowania dróg lub torowisk kolejowych na pewnych odcinkach.

Dreny obniżają poziom wód zaskórnych w zależności od rodzaju gruntu (jego przepuszczalności) i głębokości założenia drenu na pasie gruntu szerokości od 9 do 25 m.



Rys. 196.

W wypadkach drenowania wykopów czy nasypów, w wielu wypadkach wystarczyć nawet może jeden dren podłużny, jedynie w wypadku szerszych budowli ziemnych — konieczne są dwa dreny, zwłaszcza gdy grunt jest trudno osuszalny.

Dreny przeprowadzić należy najlepiej pod rowami (np. rys. 197 a i b), gdyż przeprowadzanie ich wzdłuż osi (rys. 197c) aczkolwiek może zupełnie zadowalniająco obniżyć poziom wód zaskórnych, to jednak może być niedogodne z innych względów, np. z powodu osiadania nawierzchni jezdni pośrodku, gdyż po zasypaniu nawet staranne ubicie ziemi może nie uchronić od zakłębnięcia jezdni pośrodku; również w tym wy-

padku może zająć potrzeba rozebrania części jezdni i ponownego jej urządzenia w razie konieczności naprawy drenu.

Wreszcie przy konieczności drenowania jezdni dróg, gdy chodzi o szybkie usuwanie wody spod nawierzchni, można dreny zakładać przy brzegach nawierzchni, przez co uniknie się niedogodności, jakie mogą powstawać, gdy dren założymy w osi drogi (rys. 197d).

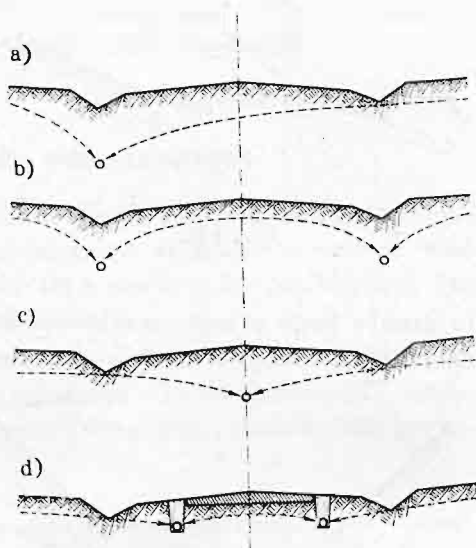
Jeżeli skarpa jest zawilgocona stale przez wody zaskórne (drobne żyły wodne), może być celowe zdrenowanie skarpy w sposób, podany na rys. 196b, przez co skarpa będzie zupełnie osuszona na pewną głębokość od powierzchni, zależną od rozstawienia i głębokości rozstawienia drenów.

Dreny podłużne w budowlach ziemnych zwykle mają spadki takie, jak same budowle; zresztą duże spadki drenów prawidłowo zbudowanych mogą być tylko pożądane ze względu na szybkość usuwania wód zaskórnych; natomiast, ze względu na możliwość zamulania drenów przez cząsteczki gruntu, przenikające przez szczeliny stykowe, nie należy stosować zbyt małych spadków. Jako minimalne spadki, należy przyjąć na podstawie doświadczeń z praktyki ¹⁾:

przy kurzakach od $1,0\%$ do $0,15\%$	} w zależności od wielkości średnicy rurek drenowych.
przy innych gruntach od $0,45\%$ do $0,15\%$	

Przy mniejszych średnicach rur należy stosować większe spadki, przy większych—mniejsze.

Prof. I. O. Baker ²⁾ dopuszcza nawet spadki $0,05\%$; oczy-



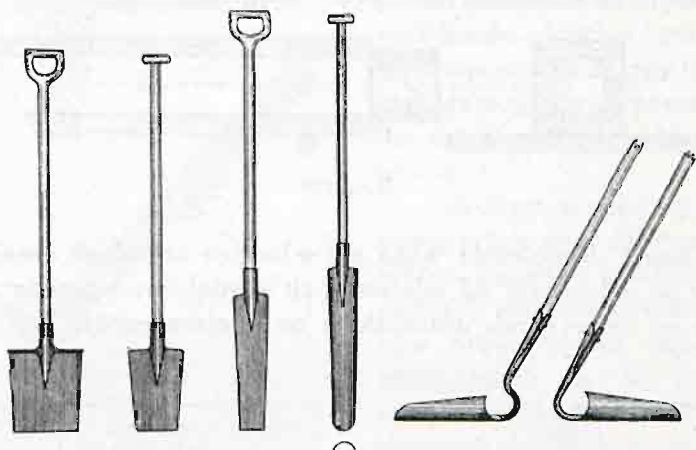
Rys. 197.

¹⁾ Vogler. Grundlehre der Kulturtechnik. Berlin. 1908.

²⁾ Prof. I. O. Baker. Roads and Pavements. 1907.

wiście, spadki takie muszą być bardzo starannie wykonywane.

Nie wchodząc w opisy szczegółów wykonania drenowania robót ziemnych, które nie różnią się od wykonania drenowania dla celów rolniczych, zaznaczyć należy, że kopanie rowów dla drenów zaczynać należy zawsze od końca spadku w górę;



Rys. 198.

do kopania używa się komplety łopat drenarskich, składające się z łopat różnej szerokości—od normalnej szerokości do bardzo wąskich, z długimi styliskami; w miarę zagłębiania się w ziemię używa się węższe łopaty. Łopaty wąskie, osadzone pod kątem na długich drążkach, służą do ostatecznego wyrównywania dna rowów i układania drenów.

Jeden wprawny robotnik może wykopać m. bież. rowów dla drenów (tabl. XXII):

Tablica XXII

w gruncie	przy głębok. rowu = 1,00	= 1,25	= 1,50	= 1,75	= 2,00
lekkim	m. bież. 42,0	32,0	20,0	14,0	10,0
ciężkim (przy częściowym używaniu kilofów)	m. bież. 24,0	20,0	12,0	9,0	7,5

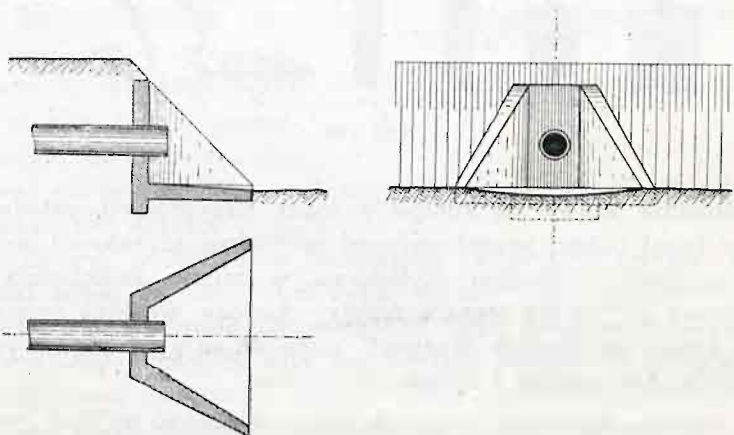
Najodpowiedniejszą porą dla założenia drenów w kurzawce jest lato, gdyż wtedy grunty te są znacznie suchsze i ścianki rowów drenarskich nie obsuwają się w takim stopniu, jak na wiosnę i w jesieni.

Jednym z ważnych szczegółów jest zabezpieczenie wyłotów drenów. Można je robić z twardego drzewa (np. dębowego) bądź też z betonu (rys. 199 i 200).



Rys. 199.

Koszt drenowania waha się w bardzo szerokich granicach, będąc w zależności od miejscowych warunków, a przede wszystkim od ceny rurek drenarskich na miejscu robót.



Rys. 200.

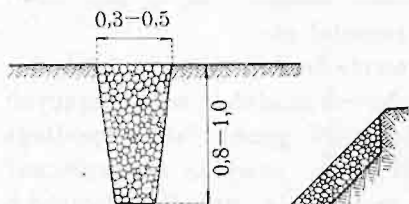
Na 1 km drenu potrzeba 3500 sztuk rurek (sączek) i 50—60 dni roboczych; do robót powinni być używani robotnicy wykwalifikowani w robotach drenarskich.

Dreny otwarte. Względnie często przy wykonywaniu robót ziemnych stosowane są tak zwane dreny otwarte.

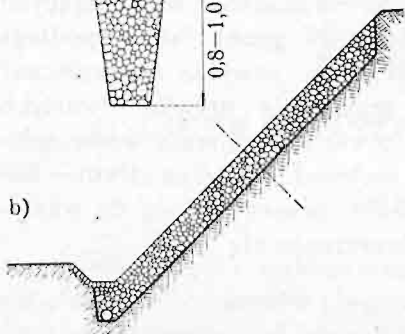
Skarpy mogą być zawilgocone przez drobne ilości wody, przesączającej się drobnymi kanalikami; poza tym grunt, z którego wykonana jest skarpa, może się trudniej osuszać. Takie

zawilgocone skarpy łatwo jest odróżnić od skarp niezawilgoconych po kolorze, gdyż są zawsze ciemniejsze, a po deszczach mogą się „łuszczyć”, tj. podlegać częściowemu rozmywaniu.

a)



b)

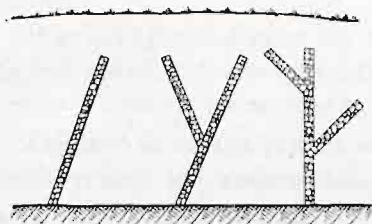


Rys. 201.

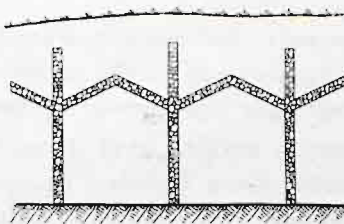
Przez ciągłe poprawianie uszkodzeń, darniowanie lub wzmacnianie skarp przy pomocy obsadzania krzakami, urządzenie płotków wiklinowych itp. można skarpy utrzymać we względnym porządku, nie zawsze jednak jest to skuteczne.

Jednym z częściej stosowanych, z dość dobrym wynikiem, sposobów w takich wypadkach jest urządzenie drenów otwartych na powierzchni skarp. Są to wąskie rowy o szerokości 30—50 cm o skarpach stromych, głębokości 80—100 cm, wypełnione materiałem drenującym: drobnymi kamieniami, tłuczniem, żwirem, gruboziarnistym piaskiem (rys. 201a).

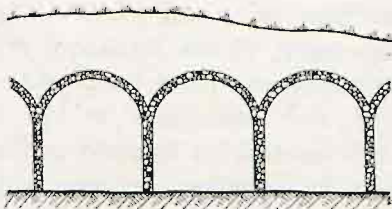
a)



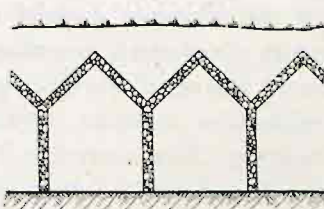
b)



c)



d)



Rys. 202.

Nie należy drenów takich wyprowadzać wprost do rowu przydrożnego, gdyż wylot zamulałby się i łatwo zamarzał nawet przy małych przymrozkach; lepiej jest doprowadzać je do drenów podziemnych pod rowem (rys. 201b), uszczelniając dno i skarpy rowu przy pomocy warstwy betonu lub w inny sposób, a to w celu, aby dren nie zamulał się.

W razie potrzeby dreny otwarte buduje się z rozgałęzieniami dla odciągnięcia wody z drobnych źródełek, występujących na powierzchni skarpy (rys. 202a), gdy grunt łatwo podlega wymywaniu przez wody atmosferyczne; również zabezpieczać je można przeciw temu przez urządzenie drenów otwartych według rys. 202 b, c i d. Dreny otwarte przejmują wodę spływającą z powierzchni skarpy, a materiał użyty na dreny—tłuczeń lub kamień—ułożony w drenach, przyczynia się do wzmocnienia skarpy i zapobiega jej „łuszczeniu się”.