

MARIAN PEREK

Instytut Geologiczny

GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKI PRZEKRÓJ WZDŁUŻ I LINII METRA W WARSZAWIE

UKD 624.131:[551.782.2+551.793]:625.42(438.111)

Pierwsze prace projektowe metra powstały w latach 1925–1929. Na dwóch podstawowych trasach plac Unii Lubelskiej–Muranów i Wola–Praga wykonano 89 otworów badawczych.

W latach 1950–1954 rozpoczęto roboty tunelowe zgod-

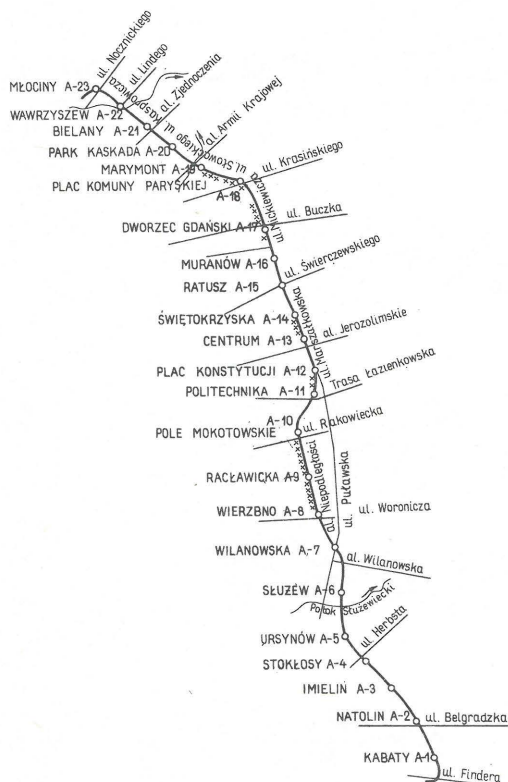
nie z koncepcją budowy metra głębokiego. W tym czasie Instytut Geologiczny aktywnie uczestniczył w badaniach geologiczno-inżynierskich gruntów na ówczesnych trasach metra. Jednak dalsze prace przerwano wskutek odstąpienia od budowy metra według tej koncepcji.

Instytut Geologiczny ponownie włączył się w 1984 r. pracami badawczymi do realizowanej obecnie I linii metra płytkiego na trasie Kabaty – Młociny, o długości ok. 23,5 km. Zakres podjętych problemów dotyczył również prognozy zmian warunków gruntowo-wodnych w trakcie budowy i eksploatacji metra. Prezentowany tu przekrój geologiczno-inżynierski z uwzględnieniem zawodnienia gruntów sypkich obejmuje strefę do głębokości 30 m, będącej w zasięgu oddziaływania tuneli i stacji na głębokościach 9,0–15,5 m. Znaczne zróżnicowanie występowania gruntów pod względem litologicznym, genetycznym i stratygraficznym wymaga, przy opisie warunków geologiczno-inżynierskich, podziału I linii metra na 3 odcinki.

Odcinek metra Kabaty – ul. Świętokrzyska

Utwory zlodowacenia południowopolskiego występują w formie diapirowego wypiętrzenia glaciektonicznego na krótkim odcinku trasy między Dolinką Służewiecką i ul. Wałbrzyską. Pod względem litologicznym są one reprezentowane przeważnie przez szare z odcieniem niebieskim i zielonym lodowcowe gliny piaszczyste z wkładkami glin pylastych i glin. Kompleks ten charakteryzuje się słabą przepuszczalnością i konsystencją w stanie zwartym i półzwartym, nie wykazując wyraźnych systemów spękań. Wśród tych gruntów spoistych spotyka się soczewki piasków drobnych i średnich o miąższości od 0,5 do 5,5 m. Piaski te są w stanie zagęszczonym i średniozagęszczonym. Strop zespołu gruntów lodowcowych tworzących wypiętrzenie glaciektoniczne jest erozyjny i głębokościowo zróżnicowany od 4 do ponad 20 m.

Osady interglacjału mazowieckiego złożone są z piasków



Ryc. 1. Szkic I linii metra Kabaty – Młociny

xxxx – przewidywane osiadania powierzchni terenu wskutek odwodnień.

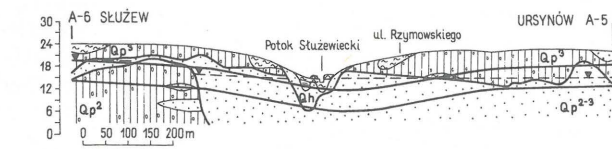
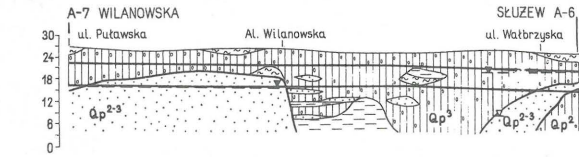
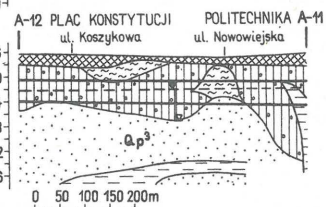
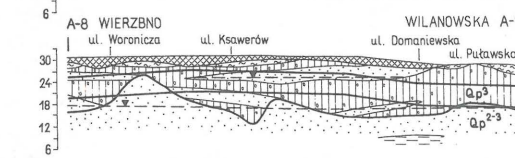
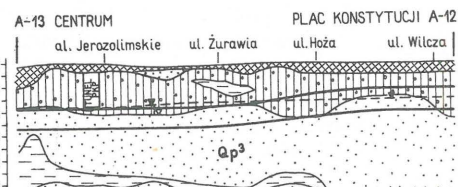
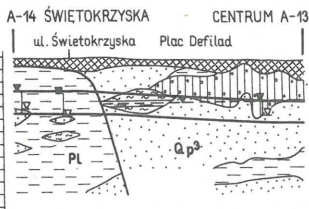
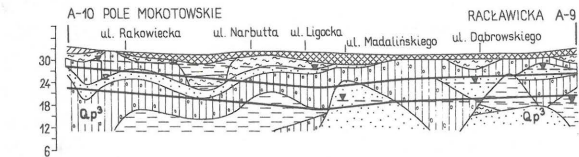
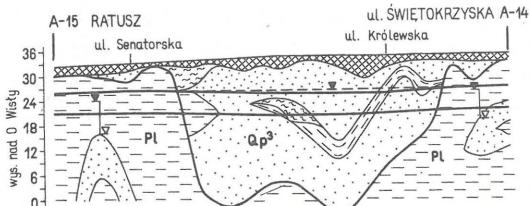
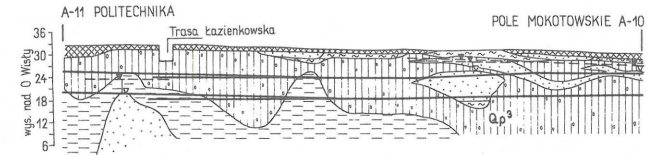
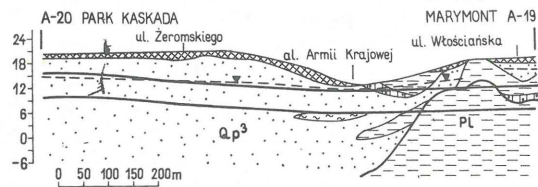
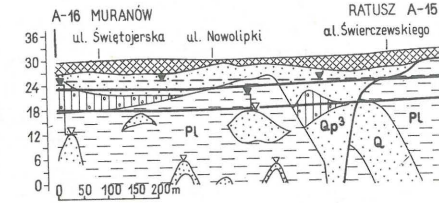
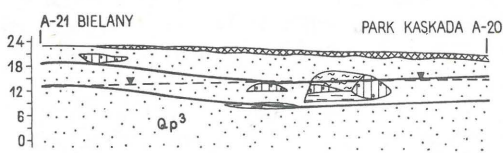
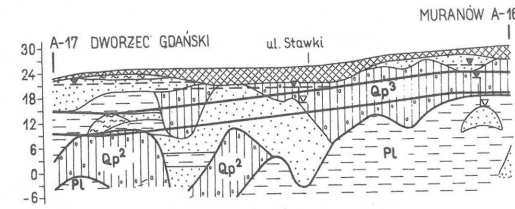
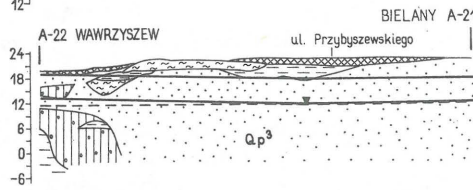
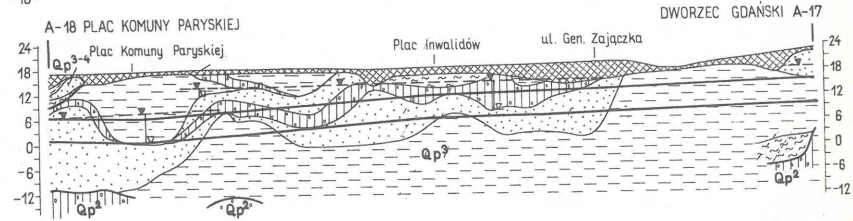
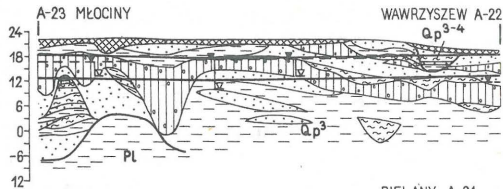
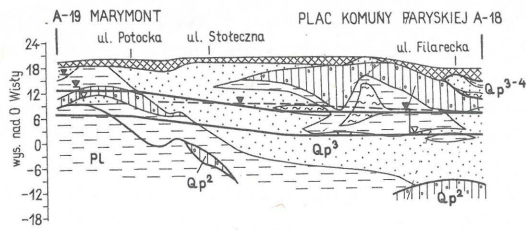
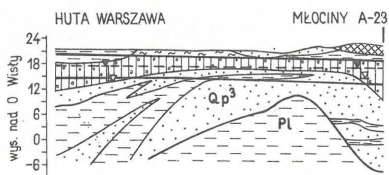
Fig. 1. Sketch of the first Kabaty – Młociny underground line
xxxx – expected subsidence of terrain surface due to dewatering works

średnich i drobnych, a podrzędnie grubych, pylastych oraz pospólek; w części stropowej tego zespołu gruntów sypkich spotyka się cienkie soczewki lub warstewki pyłów piaszczystych i pyłów. Kompleks osadów interglacjału mazowieckiego tworzy jednolitą i grubą warstwę o dużym rozprzestrzenieniu. Ze względu na podobny skład frakcji i sedimentację do interglacjału mazowieckiego włączono grunty sypkie Służewa, rozdzielające gliny piaszczyste zwałowe zlodowaceń południowopolskiego i środkowopolskiego. Również grunty piaszczyste zalegające na znacznym odcinku trasy pomiędzy al. Wilanowską i ul. Goszczyńskiego wydają się być przedłużeniem osadów interglacjału mazowieckiego. Grunty sypkie tego interglacjału są pochodzenia rzeczno-lodowcowe, o różnych typach warstwowań przeważnie przekątnych. Tworzą one jednolitą i grubą warstwę o znacznym rozprzestrzenieniu od Kabat do ul. Goszczyńskiego w al. Niepodległości.

Miąższość tych osadów od 0,5 do 10,0 m na Służewiu wzrasta do 15–25 m na pozostałych odcinkach trasy metra. Spąg osadów piaszczystych interglacjału mazowieckiego stwierdzono wierceniami tylko w Dolince Służewieckiej na głębokości 31 m (1). Pod osadami tego interglacjału bezpośrednio zalegają pstry ility plioceńskie. Strop piaszczystych osadów interglacjału mazowieckiego jest morfologicznie bardzo zróżnicowany i występuje na głębokościach od 2 m na Służewiu do ponad 20 m w rejonie stacji A-4 Stokłosy. Morfologiczne zróżnicowanie stropu jest wynikiem procesów erozji i glaciektoniki. Wymienione grunty sypkie interglacjału mazowieckiego są dobrze przepuszczalne, zawadnione oraz w stanie zagęszczonym i średniozagęszczonym. Wypełniają one cały przeswit obu tuneli metra jedynie w obrębie Dolinki Służewieckiej, natomiast na innych odcinkach występują przeważnie poniżej tuneli lub w ich spągu.

Utwory plejstoceńskie innych typów litologicznych i genetycznych obserwuje się na odcinku trasy metra między ul. Goszczyńskiego i stacją A-11 Politechnika. Zostały one utworzone w okresie poprzedzającym transgresję stadiału maksymalnego zlodowacenia środkowopolskiego. Na Polu Mokotowskim znaczny obszar zajmują ility pylaste z wkładkami pyłów pochodzenia zastoiskowego. Mają konsystencję przeważnie w stanie twaroplastycznym. Ich strop jest zróżnicowany morfologicznie o deniwelacji ok. 16 m. W rejonie Trasy Łazienkowskiej i stacji A-11 Politechnika ility te tworzą trzy elewacje, których strop występuje już na głębokościach 5,8–8,0 m. Brak danych uniemożliwia określenie genezy tej struktury (egzaracja?, glaciektonika?, erozja?). Wiercenia badawcze dla metra nie stwierdziły spągu iltów zastoiskowych do głębokości 30 m. Podobne osady zastoiskowe w formie erozyjnych i glaciektonicznych soczew występują: między ul. Rakowiecką i Ligocką (miąższość ponad 10 m), w rejonie ul. Dąbrowskiego (miąższość ok. 9,6 m), w pobliżu stacji A-9 Racławicka (miąższość ponad 9,5 m) i w rejonie ul. Goszczyńskiego (miąższość ponad 5,5 m).

W kilku miejscach trasy od ul. Ligockiej do Ursynowskiej występują rzeczno-lodowcowe piaski przeważnie średnie i drobne, również z okresu poprzedzającego stadiał maksymalnego zlodowacenia środkowopolskiego. Maksymalną miąższość ponad 13 m osiągają w rejonie ul. Madalińskiego. Największe rozprzestrzenienie ciągle tego typu gruntów spotyka się wzdłuż ul. Marszałkowskiej od Nowowiejskiej do Świętokrzyskiej. Grunty te złożone są z piasków różnych frakcji z domieszką żwirów i otoczków. W stropowej części kompleksu piaszczystego występują miejscami głównie gliny piaszczyste w formie cienkich soczewek, o miąższości do 2 m. Wymieniona warstwa gruntów sypkich



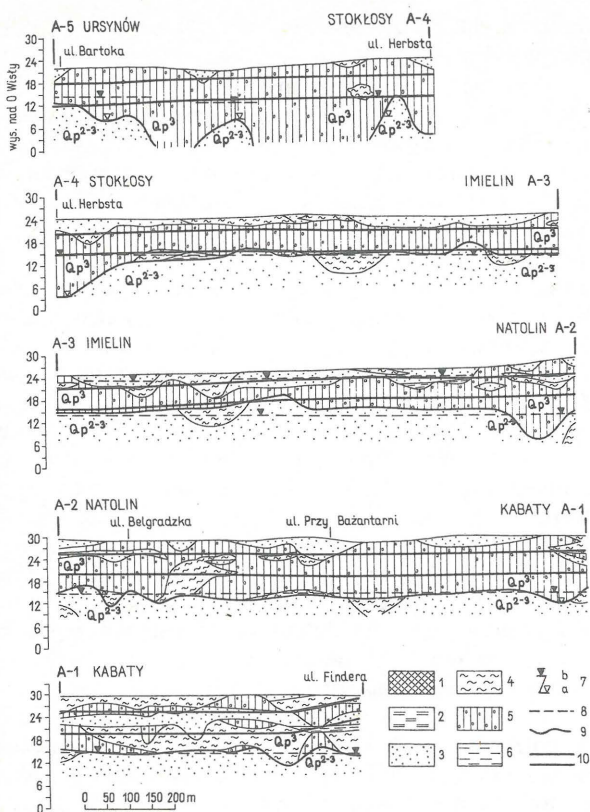


Fig. 2. Przekrój geologiczno-inżynierski wzdłuż I linii metra Kabaty – Mlociny

1 – nasypy niekontrolowane i budowlane; 2 – grunty organiczne – torfy, 3 – grunty dobrze przepuszczalne ($k > 10^{-4}$ m/s) – otoczaki, żwiry, pospółki, piaski: grube, średnie i drobne – lodowcowe, rzeczniolodowcowe, zastoiskowe i rzeczne; 4 – grunty średnio przepuszczalne ($k = 10^{-4} - 10^{-6}$ m/s) – żwiry gliniaste, pospółki gliniaste, piaski pylaste, piaski gliniaste, pyły piaszczyste, pyły – lodowcowe i zastoiskowe oraz namuły holocenijskie, 5 – grunty słabo przepuszczalne ($k = 10^{-6} - 10^{-8}$ m/s) – gliny piaszczyste, gliny, gliny pylaste, gliny piaszczyste zwięzłe, gliny pylaste zwięzłe – lodowcowe, 6 – grunty nieprzepuszczalne ($k < 10^{-8}$ m/s) – ility pylaste, ility – zastoiskowe, jeziorne, 7 – zwierciadło nawiercone (a) i ustabilizowane (b) wód gruntowych, 8 – średni stan zwierciadła ustabilizowanego wód gruntowych, 9 – granica stratygraficzna; Qh – holocen; Qp³⁻⁴ – interglacjał eemski; Qp³ – zlodowacenie środkowopolskie; Qp²⁻³ – interglacjał mazowiecki (wielki); Qp² – zlodowacenie południowopolskie; Pl – pliocen; 10 – rzut tuneli metra A-1–A-23 – stacje metra

Fig. 2. Engineering-geological cross-section along the first Kabaty – Mlociny underground line

1 – uncontrolled and building covers, 2 – organic soils – peats, 3 – well-permeable soils ($k > 10^{-4}$ m/s) – pebbles, gravels, unsorted soils, glacial, fluvio-glacial, ice-dammed lake and fluvial coarse-, medium-, and fine-grained sands; 4 – medium-permeable soils ($k = 10^{-4} - 10^{-6}$ m/s) – glacial and ice-dammed lake loamy gravels, loamy unsorted soils, silty sands, loamy sands, sandy silts, silts, and Holocene muds; 5 – poorly permeable soils ($k = 10^{-6} - 10^{-8}$ m/s) – glacial sandy tills, tills, silty tills, compact sandy tills and silty tills; 6 – impervious soils ($k < 10^{-8}$ m/s) – ice-dammed lake and lacustrine silty clays and clays; 7 – top of water-bearing layer (a) and piezometric surface (b); 8 – mean piezometric surface, 9 – stratigraphic boundary; Qh – Holocene, Qp³⁻⁴ – Eemian Interglacial, Qp³ – Mid-Polish Glaciation, Qp²⁻³ – Masovian (Great) Interglacial, Qp² – South-Polish Glaciation, Pl – Pliocene, 10 – projection of underground tunnels, A-1 – A-23 – underground stations

charakteryzuje się znaczną miąższością, od 6,8 m w rejonie stacji A-13 Centrum do 22,8 m w okolicach ul. Wilczej. Wymienione grunty sypkie rzeczno-lodowcowe są zawodnione, dobrze przepuszczalne, w stanie średnio zagęszczonym i zagęszczonym. W kilku miejscach na placu Defilad grunty te wypełniają cały prześwit tuneli metra.

W rejonie ul. Marszałkowskiej podłożem osadów piaszczystych są ility pylaste i pyły pochodzenia zastoiskowego. Miąższość tych gruntów jest nieregularna i wynosi średnio 4 m, największa na stacji A-13 Centrum (13,8 m), a najmniejsza w rejonie ul. Nowogrodzkiej (0,8 m). Między ulicami Wilczą i Koszykową grunty te nie wykazują ciągłości. Ich strop jest mocno zredukowany erozyjnie. Poniżej ility i pyłów, na głębokości ok. 28 m występują zawodnione piaski drobne i średnie przypuszczalnie również zastoiskowe.

Na wyżej wymienionych utworach, od Kabat do ul. Świętokrzyskiej z wyjątkiem Dolinki Służewieckiej, w strefie przypowierzchniowej terenu występuje kompleks osadów zlodowacenia środkowopolskiego reprezentowany przez dwa poziomy glin zwałowych stadiałów – maksymalnego i mazowiecko-podlaskiego. Poziomy te z braku danych nie zostały rozdzielone. Różnią się one barwą. Gliny zwałowe stadiału maksymalnego są szare, a stadiału mazowiecko-podlaskiego brązowe.

Gliny zwałowe obu stadiałów, jako grunty spoiste, słabo przepuszczalne są złożone głównie z glin piaszczystych, rzadziej z glin, glin pylastych, glin piaszczystych zwięzłych, glin zwięzłych i glin pylastych zwięzłych. Charakteryzują się konsystencją w stanie zwartym i półzwartym, o dobrze wykształconych systemach spękań, którymi mogą prowadzić wodę opadową. W wielu miejscach gliny zwałowe obu stadiałów przedzielone są piaskami zastoiskowymi, wodnolodowcowymi i lodowcowymi oraz piaskami gliniastymi lodowcowymi, jak również pyłami i ility pylastymi zastoiskowymi. Grunty te występują w formie warstw lub soczew i są silnie zaburzone glaciektonicznie. Osady zastoiskowe są drobno laminowane przeważnie o warstewkach zafałdowanych. Grunty sypkie złożone są z piasków średnich, drobnych i pylastych. Największe rozprzestrzenienie i miąższości wykazują piaski na Polu Mokotowskim (9,6 m), między ulicami Dąbrowskiego i Ursynowską (7 m) i od Kabat do ul. Fintera (ponad 8 m).

Bardziej znaczące przewarstwienia ility pylastych i pyłów zastoiskowych wśród glin zwałowych znane są z ul. Gószczyńskiego (ok. 3 m) oraz Niedźwiedziej na Służewiu (5,6 m). Grunty te mają konsystencję w stanie twardoplastycznym i półzwartym.

Wymieniony kompleks gruntów spoistych i sypkich zlodowacenia środkowopolskiego cechuje się bardzo zmiennymi miąższościami, wynoszącymi od 2 m na skłonach Dolinki Służewieckiej do ponad 20 m w wielu miejscach trasy metra, np. na Polu Mokotowskim, przy ul. Rakowieckiej i Herbsta na Ursynowie.

Na znacznych odcinkach metra, od Trasy Łazienkowskiej do ul. Puławskiej i od ul. Bartoka do Kabat, tunele metra będą w zróżnicowanym litologicznie i genetycznie zespole gruntów spoistych i sypkich zlodowacenia środkowopolskiego.

Na glinach zwałowych tego zlodowacenia zalega najczęściej cienki zespół gruntów złożony z piasków drobnych i pylastych rzeczno-lodowcowych, piasków gliniastych lodowcowych oraz pyłów piaszczystych zastoiskowych. Łączna miąższość tych gruntów wynosi przeważnie do 3 m, a maksymalnie ok. 8 m w Kabatach. Osady te kształtują powierzchnię terenu z wyjątkiem odcinka od ul. Świętokrzyskiej do ul. Puławskiej, gdzie są pokryte nasypami,

niekontrolowanymi, o miąższości do 5 m. Nasypy te powstały głównie w 1944 r. podczas powstania warszawskiego i po 1945 r. w trakcie odbudowy miasta.

Osady holoceniowe, z wyjątkiem nasypów, zaznaczono na przekroju jedynie w Dolince Służewieckiej, gdzie złożone są z gruntów sypkich i organicznych. Dno Dolinki Służewieckiej wypełniają piaski drobne i średnie oraz piaski z domieszką żwirów i żwiru. Grunty te są w stanie luźnym i średnio zagęszczonym. Maksymalna ich miąższość wynosi 6 m. Wśród gruntów sypkich spotyka się wkładki i soczewki namulów złożonych z pyłów i pyłów piaszczystych, o konsystencji w stanie plastycznym i miękkoplastycznym. Na nierównym i erozyjnym stropie gruntów sypkich miejscami występują torfy i namuły. Namuły pod względem litologicznym złożone są z pyłów piaszczystych i pyłów, o konsystencji w stanie plastycznym i miękkoplastycznym. Maksymalna miąższość torfów i namulów wynosi 3,6 m, natomiast maksymalna łączna miąższość osadów holoceniowych wynosi 8,8 m.

Z powyższego opisu warunków geologiczno-inżynierskich wynika, że na krótkim odcinku trasy metra w Dolince Służewieckiej oba tunele przechodząc będą przez holoceniowe zawodnione grunty piaszczyste i organiczne.

Odcinek metra od ul. Świętokrzyskiej do ul. Stawki

Na rozpatrywanym odcinku metra dominują pstre iły płoceńskie z licznymi wkładkami pyłów, pyłów piaszczystych i piasków głównie pylastych. Piaski te zawierają wodę pod ciśnieniem. Większe przewarstwienia piasków o różnej granulacji często z domieszką żwirów wśród iłów płoceńskich spotyka się w rejonie ulic Świętokrzyskiej i Senatorskiej, gdzie tworzą formy antyklinalne oraz w pobliżu al. Świerczewskiego. Obecność miększych czwartorzędowych gruntów piaszczysto-żwirowych w iłach płoceńskich świadczy o głębokim zasięgu deformacji glaciotektonicznej (kilkanaście metrów) podczas nasuwającego się lądolodu.

Strop utworów płoceńskich tworzy bardzo urozmaiconą powierzchnię, o dużych deniwelacjach wynoszących ponad 30 m. Pomiędzy stacją A-14 Świętokrzyska i ul. Senatorską trasa metra przecina skośnie wyerodowaną w iłach płoceńskich szeroką i głęboką dolinę, której dno występuje na głębokościach 30,8–38,5 m. Na podstawie analizy profilów litologicznych wierceń w rejonie Ogrodu Saskiego wynika, że kierunek przebiegu tej doliny jest NW–SE. Inna bardziej wąska dolina o podobnym kierunku zaznacza się między al. Świerczewskiego i ul. Nowolipki. Jej głębokość wynosi również ponad 30 m. Natomiast płytkie występowanie stropu płoceńskich obserwuje się w rejonie stacji A-14 Świętokrzyska (głęb. 1,6 m) oraz pomiędzy Ogrodem Saskim i al. Świerczewskiego (2,0–4,5 m). Poczynając od ul. Nowolipki strop iłów płoceńskich stopniowo zapada w kierunku ul. Stawki, gdzie znajduje się na głębokości poniżej 30 m.

Mocno zdeniwelowana powierzchnia stropu iłów płoceńskich jest wynikiem działalności erozyjnej wód w okresie preglacjalnym i późniejszym oraz deformacji glaciotektonicznych. Te ostatnie objęły zwłaszcza przystropową partię utworów płoceńskich, charakteryzujących się przeważnie konsystencją w stanie półzwartym. Pod wpływem tych deformacji pstre iły płoceńskie są podatne na poślizgi wzdłuż płaszczyzn zlustrowań.

Wyniesienia powierzchni stropu iłów płoceńskich pokryte są lokalnie cienkimi soczewkami piasków drobnych i średnich, czasem z domieszką żwiru lub erozyjnymi frag-

mentami glin piaszczystych zwałowych, a nawet nasypami niekontrolowanymi.

Erozyjna dolina w stropie płoceńskim, biegnąca przez Ogród Saski, wypełniona jest głównie piaskiem średnim i drobnym, miejscami z domieszką żwiru pochodzenia rzeczno-lodowcowego. Maksymalna miąższość gruntów sypkich wynosi 36 m. Piaski te są przedzielone nieregularną warstwą iłów i pyłów zastoiskowych, o miąższości 0,8–4,8 m. Warstwa gruntów zastoiskowych jest silnie zafałdowana glaciotektonicznie, a miejscami przerwana erozyjnie. Iły i pyły zastoiskowe mają konsystencję przeważnie w stanie twar doplastycznym.

Podobny charakter osadów występuje w drugiej wąskiej dolinie, położonej pomiędzy al. Świerczewskiego i ul. Nowolipki, pod nasypami niekontrolowanymi występują tu rzeczno-lodowcowe piaski drobne i średnie, miejscami z domieszką żwirów, o łącznej miąższości ponad 26 m. Wśród tych piasków występuje erozyjna wkładka zwałowych glin piaszczystych zlodowacenia środkowopolskiego, o znacznej miąższości wynoszącej 10,4 m. Gliny te charakteryzują się konsystencją przeważnie w stanie półzwartym. Wymienione piaski obu dolin są na ogół średnio zagęszczone i zagęszczone oraz zawodnione, o zwierciadle swobodnym występującym na głębokościach 5,4–8,5 m.

Na odcinku trasy metra od ul. Nowolipki do ul. Stawki bezpośrednio na iłach płoceńskich spoczywa glina piaszczysta zwałowa zlodowacenia środkowopolskiego. Wraz ze stopniowym obniżeniem się stropu płoceńskim w kierunku ul. Stawki wzrasta miąższość glin zwałowych do 14 m. Konsystencja tych glin jest w stanie półzwartym i zwartym. Na znacznej przestrzeni gliny zwałowe są pokryte nieregularną warstwą piasków drobnych i średnich częściowo zawodnionych. W rejonie ul. Nowolipki piaski te leżą wprost na pstrych iłach płoceńskich.

Opisane utwory, pomiędzy ul. Świętokrzyską i Stawki, pokryte są ciągłą warstwą nasypów niekontrolowanych, o zmiennej miąższości od 0,5 do 6,0 m. W wielu miejscach trasy metra pomiędzy ul. Świętokrzyską i al. Świerczewskiego nasypy te leżą bezpośrednio na utworach płoceńskich.

W rejonach ul. Świętokrzyskiej, pl. Dzierżyńskiego i ul. Nowolipki oba tunele metra drążone będą w iłach płoceńskich, w których występują soczewy piasków z wodami pod ciśnieniem. Stropowe partie stwierdzonych największych soczew piasków zostaną rozcięte tunelami w rejonach stacji A-14 Świętokrzyska i ul. Nowolipki. Na innych odcinkach trasy metra tunele będą drążone w glinach piaszczystych zwałowych zlodowacenia środkowopolskiego lub w rzeczno-lodowcowych gruntach sypkich, zawodnionych, wypełniających doliny erozyjne w płoceńskim.

Odcinek metra od ul. Stawki do Młocin

Pstre iły płoceńskie występują tu tylko w kilku miejscach. Najpłycej, bo już na głębokości 4,8 m pojawiają się w rejonie ul. Stołecznej. W innych miejscach znacznie głębiej, np. w pobliżu stacji A-23 Młociny 12 m, w okolicy ul. Stawki 21,6 m, a w rejonie stacji A-17 Dworzec Gdański 23,2 m. Pod względem litologicznym grunty te złożone są z naprzemianległych warstewek iłów, iłów pylastych, pyłów piaszczystych i piasków pylastych. Mają konsystencję przeważnie w stanie półzwartym. Strefa przystropowa jest silnie zafałdowana glaciotektonicznie, a powierzchnia stropu erozyjna.

Gliny piaszczyste zwałowe zlodowacenia południowopolskiego zostały poważnie zredukowane erozyjnie i występują tylko lokalnie. Zachowały się one pomiędzy ul.

Stawki i Dworcem Gdańskim, gdzie leżą na iłach pliocen-
skich. W rejonie ul. Mierosławskiego gliny te nawiercono
na głębokości 31,6 m, a pomiędzy placem Komuny Parys-
kiej i ul. Cieszkowskiego na głębokości 27 m. Fragment
ostańca erozyjnego glin zwałowych zlodowacenia połud-
niowopolskiego zachował się w rejonie ul. Stołecznej,
gdzie spoczywa na południowym zboczu wyniesienia pstrych
iłów pliocen-skich. Gliny te są gruntami słabo przepuszczal-
nymi, o konsystencji w stanie półzwałym i zwałym.

Na znacznych odcinkach trasy metra, od ul. Stawki
do Włociańskiej oraz pomiędzy stacją A-22 Wawrzyszew
i ul. Przy Agorze, jak również przy Hucie Warszawa,
dominują grunty spoiste zastoiskowe pochodzące prawdo-
podobnie z okresu poprzedzającego transgresję lądolodu
zlodowacenia środkowopolskiego. Grunty te są złożone
z naprzemianległych warstewek iłów, iłów pylastych, pyłów,
pyłów piaszczystych i piasków pylastych. Warstwowanie
gruntów zastoiskowych jest zaburzone glacitektonicznie,
a ich strop w wielu miejscach był zredukowany erozyjnie.
W związku z tym wykazują dużą zmienność miąższości
od 6 m do ponad 18 m. Charakteryzują się konsystencją
w stanie twardoplastycznym i półzwałym.

Na wielu odcinkach metra głównie pod lub nad utwora-
mi zastoiskowymi występują nieregularne warstwy i socze-
wy zawadnionych lub częściowo zawadnionych gruntów
sykłych pochodzenia rzeczno-lodowcowego, rzeczno- i za-
stoiskowego. W rejonie ul. Stawki piaski drobne i średnie,
zawadnione, tworzą warstwę o zmiennej miąższości 3,6–
13,4 m i o małym rozprzestrzenieniu. Na Żoliborzu, po-
między ul. Gen. Zajączka i ul. Mierosławskiego, na osa-
dach zastoiskowych występuje podobnej miąższości war-
stwa piasków pylastych, drobnych i średnich. Grunty te
zawierają wodę pod ciśnieniem. Znaczne rozprzestrzenie-
nie posiada inna gruba warstwa piasków drobnych, lokalnie
średnich z domieszką żwirów i otoczków, występujących
na odcinku trasy od placu Komuny Paryskiej do ul. Potoc-
kiej. Grunty te zawierają wodę miejscami o zwierciadle
swobodnym, występującym na głębokościach od 12 m.
Pomiędzy stacją A-22 Wawrzyszew i Hutą Warszawa na
iłach zastoiskowych lub wśród nich, występują cienkie
warstwy piasków pylastych, drobnych i średnich lokalnie
z wkładkami pospółek i żwirów, o miąższości 2–5 m.
Woda gruntowa w tych osadach jest pod niedużym ciśnie-
niem. Największy kompleks gruntów sykłych, o zbliżonym
składzie frakcyjnym występuje jednolicie na znacznym
odcinku trasy metra od ul. Włociańskiej do stacji A-22
Wawrzyszew. Ogólna miąższość tego zespołu gruntów
sykłych waha się w granicach od 12 do ponad 20 m (spąg
nie został przewiercony). W gruntach tych zwierciadło
wód jest swobodne i występuje na głębokościach od ok.
1,5 m przy al. Armii Krajowej do ok. 11 m w rejonie ul.
Przybyszewskiego na Bielanach, w zależności od morfologii
terenu. Opisane grunty syklkie są w stanie średnio zagęszczo-
nym i zagęszczonym.

Powyżej tych gruntów, w strefie przypowierzchniowej,
występują gliny piaszczyste zwałowe zlodowacenia środ-
kowopolskiego. Rozmieszczenie ich jest nieciągłe i naj-
częściej spotyka się je w pobliżu ul. Stawki, na odcinku
trasy od ul. Gen. Zajączka do ul. Stołecznej oraz między
stacją A-22 Wawrzyszew i Hutą Warszawa. Tworzą one
nieregularną warstwę miejscami przedzieloną zastoisko-
wymi gruntami spoistymi i sykłymi lub soczewy erozyjne.
Warstwy i soczewy glin zwałowych mają miąższości od
0,4 do 6,0 m, wyjątkowo ponad 13 m. Gliny te są w stanie
półzwałym i zwałym.

Na glinach zwałowych lub na iłach pliocen-skich w re-
jonie ul. Włociańskiej występują miejscami, w postaci

cienkich warstw, piaski drobne i pylaste rzeczno-lodowcowe
i zastoiskowe oraz piaski gliniaste lodowcowe jak również
pyły piaszczyste, pyły, ily pylaste i ily zastoiskowe. Łączna
miąższość tych gruntów wynosi do 5,5 m. Utwory te po-
chodzą z końcowego okresu zlodowacenia środkowopols-
kiego.

Utwory interglacjału eemskiego występują tylko lokal-
nie w rejonie stacji A-18 plac Komuny Paryskiej oraz po-
między stacją A-22 Wawrzyszew i ul. Przytyk. Wypełniają
one zagłębienia w osadach zlodowacenia środkowopols-
kiego. Osady tego interglacjału złożone są z cienkich war-
stewek piasków średnich, drobnych i pylastych oraz iłów
pylastych i gytii. Grunty te zawierają domieszkę części
organicznych, a ich miąższość wynosi do 5 m.

Nasypany niekontrolowane tworzą ciągłą warstwę 0,5–
5,6 m prawie na całym rozpatrywanym odcinku metra.

Najlepsze warunki geologiczno-inżynierskie gruntów
dla budowy tuneli występują w rejonie ul. Włociańskiej,
gdzie na krótkim odcinku nieprzepuszczalne pstry ily
pliocen-skie tworzą wyniesienie erozyjne.

Pomiędzy al. Armii Krajowej i stacją A-22 Wawrzyszew
cały prześwit tuneli metra wypełniają częściowo zawad-
nione piaski o różnej granulacji. Zwierciadło swobodne
wód gruntowych, do al. Zjednoczenia, kształtuje się w strefie
tuneli, a dalej w spągu lub nieco poniżej.

W końcowym odcinku trasy metra od stacji A-22
Wawrzyszew do Huty Warszawa tunele będą budowane
głównie w glinach piaszczystych zwałowych z przewarstwie-
niami piasków miejscami zawadnionych.

Przewidywane osiadania powierzchni terenu pod wpływem odwodnienia

I linia metra budowana jest w zmiennych warunkach
geologiczno-inżynierskich i hydrogeologicznych. Budowa
tuneli na okres robót wymaga w wielu miejscach prac od-
wadnieniowych. Obniżenie zwierciadła wód gruntowych
poniżej tuneli spowoduje po obu stronach trasy utworze-
nie się depresji o niedużym zasięgu. W przypadku zalegania
iłów i pyłów zastoiskowych powyżej obniżonego zwiercia-
dła wód gruntowych może nastąpić ich porowa dehydraty-
zacja, powodująca konsolidację gruntów, co w konsekwencji
wywoła osiadanie powierzchni terenu. Osiadanie to nie
stanowi problemu na terenach otwartych, niezabudowa-
nych. Dotyczy to południowej części trasy od Kabat
do ul. Woronicza, gdzie grunty zastoiskowe mają nie-
wielkie rozprzestrzenie, a luźna zabudowa osiedlowa
oddalona jest od trasy metra. Dalsza część trasy metra
przebiega jednak przez obszar miasta w większości o za-
budowie zwartej. Tu zagrożona osiadaniem jest al. Niepodle-
głości, gdzie ily i pyły zastoiskowe z okresu zlodowacenia
środkowopolskiego mają miąższość od 3,8 do 9,5 m.
Osiadanie tego typu może wystąpić również wzdłuż ul.
Marszałkowskiej i w rejonie Dworca Gdańskiego oraz
w wielu miejscach ulic Mickiewicza i Słowackiego na
Żoliborzu. Miąższość gruntów zastoiskowych jest tu znacz-
na i wynosi od 4 do 16 m.

Osiadania powierzchni terenu mogą być nierówno-
mierne, ze względu na przestrzenne zróżnicowanie gruntów
zastoiskowych w zakresie litologii, ściśliwości i grubości
poszczególnych warstw i soczew.

Natomiast gliny zwałowe, charakteryzujące się specy-
ficznym składem frakcyjnym i konsystencją w stanie
zwałym i półzwałym oraz względnie stabilną porowa-
tością, są gruntami mało podatnymi na procesy wynikające
z obniżenia zwierciadła wód gruntowych.

Osiadanie powierzchni terenu może być również wywołane dodatkowym zagęszczeniem się warstw i soczewek piasków pod wpływem drgań gruntów spowodowanych ruchem pociągów metra.

Należy podkreślić fakt, że gliny zwałowe dwóch stadiów — maksymalnego i mazowiecko-podlaskiego — zlodowacenia środkowopolskiego znacznie różnią się właściwościami fizyczno-chemicznymi. Gliny zwałowe starszego stadiau maksymalnego są bardziej skompromowane, przeważnie w stanie zwartym, więcej zawierają frakcji pyłowej i ilowej oraz znaczną domieszkę pojedynczych otoczków i głazów. Natomiast gliny zwałowe młodszego stadiau mazowiecko-podlaskiego są mniej wytrzymałe, często w stanie półzwartym i więcej zawierają frakcji piaszczystej. Wykazują spękania, ponadto są poprzecinane gęstą siecią nieregularnych warstwek i soczewek piaszczystych przewodzących wodę opadową. Czasem zachodzą trudności z całkowitym ściągnięciem tych wód z soczewek w trakcie prac odwodnieniowych. Przy drażeniu tuneli w glinach zwałowych może nastąpić wlew wód z gruntem do wyrobiska. Tego typu zjawisko było rejestrowane na Polu Mokotowskim podczas doświadczalnych robót tunelowych sposobem tarczowym. W glinach zwałowych tworzyły się kawerny z wylotem na powierzchnię terenu. Gliny te nie stanowią problemu pod względem nośności dla posadowienia tunelu i stacji metra.

LITERATURA

1. Hawryczko Z., Zajdel J. — Dokumentacja warunków hydrogeologicznych w Dolince Służewieckiej w rejonie szlaku B-6 I linii metra w Warszawie. PGBW „Hydrogeo”, Warszawa 1985.
2. Lachert E., Smoleński G., Smoleński A., Wysocki J. — Skład i własności fizyczno-chemiczne wód I i II poziomu wodonośnego na trasie metra warszawskiego od Kabat do ul. Polnej. Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa 1985.
3. Morawski W. — Osady wodnolodowcowe. Pr. Inst. Geol. CVIII. Warszawa 1984 r.
4. Paczyński B., Perek M., Zawadzka M. — Prognoza zmian warunków gruntowo-wodnych na trasie metra od Kabat do Wawelskiej. Arch. Inst. Geol. Warszawa 1984.
5. Paczyński B., Perek M., Zawadzka M. — Prognoza zmian warunków gruntowo-wodnych na trasie metra od ul. Wawelskiej do Młocin. Ibidem. Warszawa 1986.
6. Rühle E. — Badania geologiczne pod kątem budowy metra w Warszawie w latach 1950–1954. Prz. Geol. 1984 nr 3.
7. Szymanko J., Dąbrowski S. — Prognoza zmian warunków hydrogeologicznych w Dolince Służewieckiej szlak B-6 metra. NOT — Oddział Stołeczny. Zakład Usług Techn. Warszawa 1984.

SUMMARY

Along the first line of the Warsaw underground, Tertiary and Quaternary sediments highly differing in lithology and origin and the mode of distribution occur in depth zone down to 30 m, that is the zone affected by works

connected with construction of tunnels (depths from 9.0 to 15.5 m). The oldest of these sediments, mottled lacustrine clays of the Pliocene age, are mainly found in Śródmieście and some places in Żoliborz. In turn, Pleistocene sediments are traced along the whole length of the line. The latter include South-Polish Glaciation tills, found in some places in Służew and Żoliborz only, fluvial sands of the Masovian Interglacial, known from southern part of the underground line (from Kabaty to Goszczyńskiego Str.), ice-dammed lake clays and muds and mainly fluvio-glacial sands and gravels and tills of the Mid-Polish Glaciation, predominating along the whole line, and silty clays, sandy silts and fine-grained sands of the Eemian Interglacial, recorded in areas of the Plac Komuny Paryskiej Square and Wawrzyszew (A-22) station.

The enclosed section shows the youngest Holocene sediments (sands, muds, and peats) in the Dolina Służewiecka part only. Such soils are also known from the area of Żurawia and Stawki Streets and Plac Komuny Paryskiej Square but their knowledge is still insufficient to show them in the section. Uncontrolled covers were traced from Domaniewska Str. to Bielany.

A subsidence of terrain surface may be expected in some sections of the underground line due to prolonged intense dewatering related to tunnelling works. The hazard seems the highest in the case of the Al. Niepodległości section (Mokotów) and in some places in Śródmieście and Żoliborz.

РЕЗЮМЕ

Вдоль первой линии метро, в зоне глубины до 30 м, т.е. в пределах основания туннелей на глубинах 9,0; 15,5 м, находятся третичные и четвертичные осадки дифференцированные литологически, генетически и по способу залегания. Самые древние осадки — пёстрые озерные плиоценовые глины — находятся главным образом в центральном районе Варшавы и на Жолибоже.

Пleistоценовые осадки находятся на всей трассе метро. Валунные глины южнопольского оледенения находятся только на Служевецке и в нескольких местах на Жолибоже. Речные пески мазовецкого межледникового распространены в южной части трассы — с Кабат до улицы Гошинского. На всей трассе метро встречаются застойные глины и пыли, пески и гравии прежде всего речно-ледниковые и валунные глины центральнопольского оледенения. Пылистые глины, песчаные пыли и мелкие пески ээмского межледникового были определены в районе Площади Парижской Комуны и станции А-22 Вавжышев.

Самые молодые голоценовые осадки сложенные песчаниками, наносами и торфами представлены на разрезе только в Служевецкой Долинке. Эти грунты распространены также на трассе метро в районе улиц Журавей и Ставки, а также Площади Парижской Комуны. Но они не обозначены на разрезе из-за слишком слабой их разведки. Неконтролируемые насыпи покрывают территорию с Доманевской улицы до Белян.

На некоторых отрезках метро может выступить осадка поверхности земли под влиянием продолжительного интенсивного осушения во время tunnelных работ. Самый опасный участок является аллея Неподеглости на Мокотове, а также несколько мест в Центральном районе города и на Жолибоже.