



ЗРГИМ

XV^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '24

Струга

18 – 20. 10. 2024 год.

ТЕХНИЧКО РЕШЕНИЕ ЗА НЕПРЕДВИДЕНИ УСЛОВИ-ПОСТОЕЊЕ НА ПОДЗЕМНИ РУДАРСКИ РАБОТИ ПРИ ИЗГРАДБА НА ЕКСПРЕСЕН ПАТ

Игор Ивановски¹, Зоран Десподов², Гоше Петров², Ванчо Ангелов³

¹Страбаг АГ Скопје, Северна Македонија

²Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип,
Северна Македонија

³Геохидроконсалтинг ДООЕЛ, Скопје, Северна Македонија

Апстракт: При изградба на Експресниот пат А2, Крива Паланка-Страцин, делница Длабочица – Чатал, еден од предизвиците со кои се соочивме беше постоење на подземен рудник под дел од трасата која го дефинира идниот експресен пат. Основниот проект не предвидел дека во дел од трасата, поточно под Усек 9 се наоѓаат стари подземни рударски простории, на длабочина од 10-15 метри под коловозната конструкција. За таа цел се изработени детални геотехнички истраги, по што е предложено техничко решение. Техничкото решение предвидува изведба на повеќе зафати меѓу кои: изградба на потпорна конструкција фундирана на колови кои би го стабилизирале делот под коловозот и би оневозможиле формирање на клизна рамнина кај подземната галерија во тој дел од трасата. Потоа, замена на материјал од подтлото на коловозот со тампонски материјал и зајакнување на тој дел со поставување на геокомполит од геотекстил и георешетка. И на крај изработка на конструкција фундирана на колови од двете страни на нископите, со изработка на преодна плоча над нив, со цел прифаќање на товарите од возилата и нивно рамномерно распоредување, и избегнување на евентуални слегнувања во тој дел од трасата. Комплетниот пристап за решавање на овој пролем заедно со изведбата на ова комплексно решение, како и дел од предизвиците со кои се соочивме се презентирани во овој труд.

Клучни зборови: Усек, геолошки услови, рудник, експресен пат,

TECHNICAL SOLUTION FOR UNFORESEEN CONDITIONS OF UNDERGROUND MINING WORKS DURING THE CONSTRUCTION OF AN EXPRESSWAY

Igor Ivanovski¹, Zoran Despodov², Gose Petrov², Vanko Angelov³

¹Strabag AG, Skopje, North Macedonia

²Faculty of Natural and Technical Sciences, University “Goce Delčev”, Štip, North
Macedonia

³Geohydroconsulting Ltd., Skopje, North Macedonia

Abstract: During the construction of the A2 Expressway, Kriva Palanka-Stracin, section Dlabochica – Chatal, one of the challenges we faced was the existence of an underground mine beneath part of the alignment defining the future expressway. The basic design did not foresee that in part of the route, specifically under Cut 9, there were underground mining chambers located at a depth of 10-15 meters below the road structure. For this purpose, detailed geotechnical investigations were conducted, after which a technical solution was developed. The technical solution includes several measures, such as the construction of a retaining structure founded on piles that would stabilize the part under the road and prevent the formation of a sliding surface near the underground gallery in that section of the

alignment. Additionally, the solution involves replacing the subgrade material under the road with a base course material and reinforcing that part by installing a geocomposite made of geotextile and geogrid. Finally, a structure founded on piles on both sides of the embankment will be constructed, along with the creation of a transitional slab above them, to absorb the loads from the vehicles and distribute them evenly, thereby preventing potential subsidence in that part of the alignment. The complete approach to this problem, along with the implementation of this complex solution and some of the challenges we faced, are presented in this paper.

.Keywords: *Cut, geological conditions, mine, expressway*

1. ВОВЕД

Последната деценија во Македонија се одвиваат засилени активности во патната инфраструктура, рехабилитирање на патната мрежа, пробивање на нови делници и изградба на автопатишта, нешто што е во функција на поврзување на локалното население, како и обезбедување на модерна патна инфраструктура која би ги унапредила комуникацијата и трговијата.

Експресниот пат Крива Паланка-Страцин, како дел од коридор К8 Исток – Запад (Ќафасан – Кичево – Гостивар – Скопје – Куманово - Крива Паланка - Деве Баир е лоциран во североисточниот дел на територијата на Република Македонија. Овој коридор Исток-Запад, заедно со коридорот Север-Југ претставуваат основни правци околу кои ќе се одвива најзначајниот дел од транспортната дејност, како и забрзаниот економски развој на целиот регион .

Поради изнаоѓање на оптимални решенија за безбедно одвивање на градежните активности при изградбата на Експресниот пат А2, Крива Паланка-Страцин, делница Длабочица – Чатал, еден од предизвиците со кои се соочивме беше постоење на подземен рудник под дел од трасата, а чие влијание би имало негативни последици за време на изградбата на патот, како и за време на неговата експлоатација.

По добивање на првични сознанија дека Основниот проект [1] не го предвидел постоењето на старите рударски работи кои се одвивале до деведесетите години од минатиот век, за експлоатација на бентонитски глини од страна на Рудникот „Бентомак“ - Крива Паланка, превземени се сите можни чекори за утврдување на точната поставеност на подземните рударски работи и е извршена проценка на нивното влијание врз изградбата на патот.

При тоа е обезбедена стара документација за подземниот рудник, во најголем дел во вид на карти за тие рударски простории. Станува збор дека во 80-те и 90-те години на минатиот век, компанијата „Бентомак“ вршела подземен ископ на минерална суровина – бентонитска глина во делот на атарот на село Гиновци, во непосредна близина на протегање на трасата на новиот пат. Конкретно, подземниот рудник функционираше 5 години.

Откако беа добиени првичните информации за поставеноста на овие простории како по хоризонтала, така и по вертикала, се пристапи кон изведба на теренско инженерско геолошко картирање, геофизички испитувања и истражни дупнатини со јадровање. Беше извршено детално инженерско геолошко, геолошко, хидрогеолошко и геомеханичко картирање на теренот, беа изведени геофизички мерења (геоелектрично сондирање, геоелектрично картирање, сеизмичко испитување со рефракција), беа изведени 12 истражни дупнатини со стандарден опит со динамичка пенетрација, како и картирање и фотографирање на јадрото и беа земени репрезентативни примероци за лабораториски испитувања [2].

По првичните резултати од горенаведените истражувања, се направени и дополнителните истражувања каде се направени 9 теренски опити на статичка пенетрација со примена пиезоконус (CPTu), 2 опита на Динамичкото сондирање (DPT) и изведба на 4 дупнатини за земање на репрезентативни примероци за лабораториски испитувања и дефинирање на карактеристиките на материјалите во недренирани услови [3, 4]. Овие истражувања се комплементарни со претходните, и помагаат да се добие попрецизна слика за квалитетот и составот на материјалот во ослабените зони кои се јавуваат како резултат на долгогодишната подземна експлатација на бентонит.

По направената синтеза на сите добиени податоци, се пристапи кон проектирање на техничко решение, со цел осигурување на безбедноста на тој дел од трасата, како за време на изведба, така и за време на експлоатација на експресниот пат.

2. ОСНОВНИ ПОДАТОЦИ ЗА ПРОБЛЕМАТИКАТА

При изведба на Усек 9 (km14+270 – km14+895) од експресниот пат, се појавија неколку пропаѓања во делот на трасата, при што беа запрени градежните активности. По првичните сознанија за постоење на стари рударски работи во тој дел, за кои немаше информација за нивната поставеност, се пристапи кон обезбедување на соодветна документација која би дала првични насоки каде би се фокусирале напорите за санирање на тој дел од трасата.

Добиената документација од старите рударски работи укажува на преминување на трасата на експресниот пат преку истите (сл. 1). Со црвена боја се обележани позициите каде се појави пропаѓање во трасата.



Слика 1. Поставеност на подземните рударски работи-нископи и галерии (со сина боја) во однос на протегање на трасата (карта од 1998 год. геореференцирана од И. Ивановски)

Со ова е утврдено дека коловозната конструкција се пресекува со Нископ 1 и Нископ 2, како и со дел од подземните рударски галерии. Пропаѓањата кои се појавија при ископ на Усекот се совпаѓаат со позициите на нископите. При детално истражување на теренот се пронајдени и влезовите во двата нископи

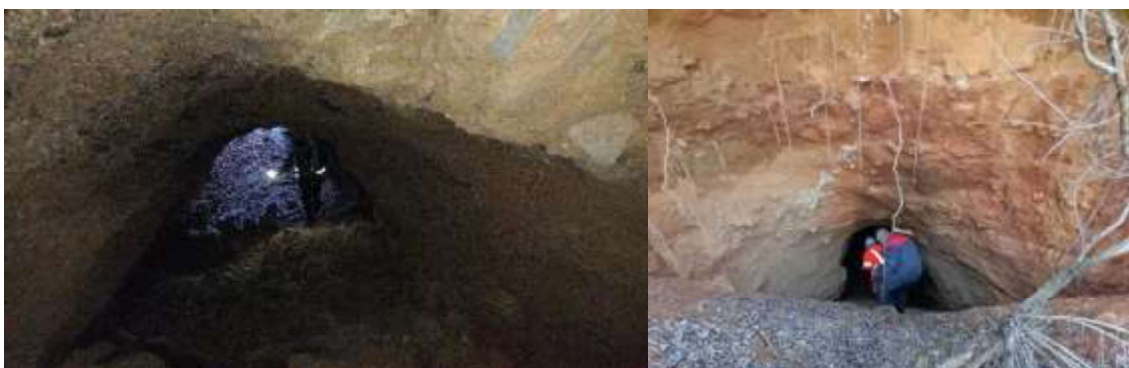
(сл. 2 и 4). При тоа е забележано дека веднаш по почетокот на Нископ 1 постои зарушување бидејќи тие делови од нископот беа релативно плитко под земја (сл. 2). Кај Нископ 2 влезот беше во релативно добра состојба. При тоа пропаѓањето кај Нископ 1 беше од поголеми размери (сл. 3) а кај Нископ 2 од помали размери.



Слика 2. Проекција на позициите на нископите спрема усек 9



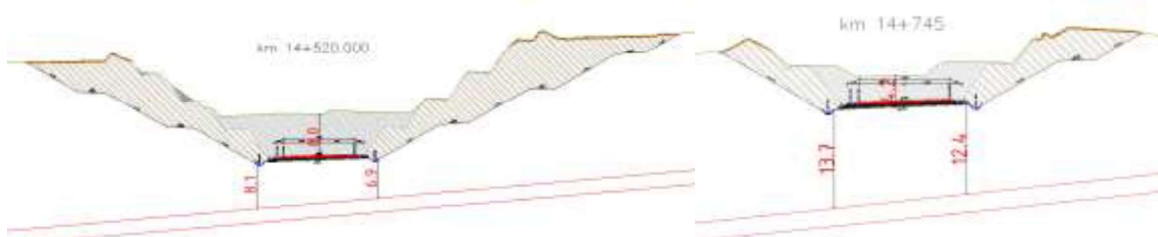
Слика 3. Пропаѓање на земјиште кај нископ 1



Слика 4. Влез во нископ 2

Од старите карти се добиени информации за приближните длабочини на нископите и подземните галерии, кои беа потврдени со истражните дупнатини. Извозните нископи и транспортните ходници биле подградени со дрвена подграда, додека широките галерии/откопите биле подградувани со дрвена

подграда за време на откопувањето на глината, а по завршувањето на откопот, дел од дрвената подграда е отстранета, а дел останал зарушен во откопите заедно со кровинскиот материјал [5]. Извозните нископи и транспортните ходници биле со широчина до два метри и висина до два метри, додека галериите се со висина околу 2 метри но во должина се протегаат и по стотина метри. Подземните простории од кои се експлоатирала глината го следеле падниот агол на бентонитскиот слој. На овој дел, поради положбата и распространетоста на рудното тело кое има слоевита форма со дебелина од 2-5m, субхоризонтален пад кон југ, и се наоѓа на 20-30m под површината на теренот, бентонитските глини се експлоатирале со методот на подземна експлоатација со зарушување на кровината, со изведените два нископи за влез, северно од десната косина на усекот. И двата нископи според проектното решение имаат пад од 9-11° (слика 5).



Слика 5. Попречни профили: а) позиција на Нископ 1 б) позиција на Нископ 2

Во времето кога се вршени истрагите усекот не беше ископан целосно, така да во тој момент може да кажеме дека Нископ 1 е лоциран на околу 17m под тогашното ниво на истраги, а Нископ 2 на околу 15m (сл. 5).

На предметниот Усек како најраспространета формација е застапена плиоценската седиментна формација која е дел од Славишкиот басен. Материјали кои се застапени во овој дел се: глини, песоци и чакали [6].

Со истражното дупчење во делот на претпоставените нископи е надупчена дрвенеста материја (дрвена подграда) и глиновит материјал, бентонитски глини, наместа полукаменит и хетероген материјал, проследено со пропаѓање на рударскиот прибор. Исто така во кровината на нископите се појавуваат зони исполнети со нестабилен кашест материјал заситен со вода и нестабилни делови со појава на слегнувања и пореметувања на литолошките единици [7]. Со тоа е потврдено постоењето на Нископ 1 и Нископ 2.

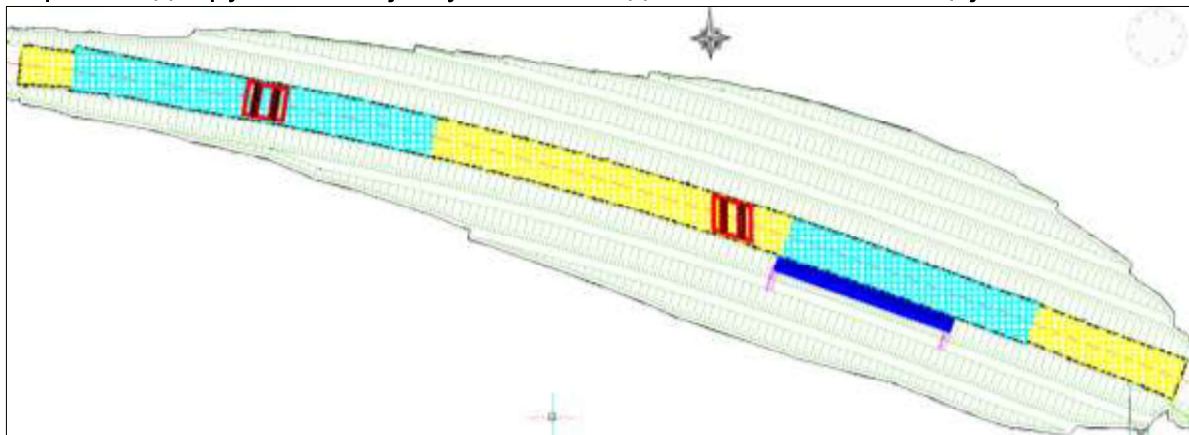
Со истражното дупчење над подземните простории/откопите каде е вршена експлоатацијата на бентонитски глини е констатирано дека во одредени интервали материјалот не е во својата природна состојба, односно бентонитските глини имаат похетероген состав и често присуство на глиновито песокив, поретко и чакалест и органоген материјал. Ова може да се окарактеризира како подземна рударска просторија исполнета со зарушен или набабрен материјал од подината и кровината на бентонитскиот слој. Во јадрото од тие дупнатини не се пронајдени остатоци од евентуална рударска подграда, ниту се добиени пропаѓања на рударскиот прибор.

3. ТЕХНИЧКО РЕШЕНИЕ

Врз основа на добиените сознанија, а во консултации со Изведувач, Надзор, и Инвеститор, Проектантот пристапи кон изработка на техничко решение кое ќе изврши санација на овој дел од трасата, ќе избегне пропаѓање во делот на

коловозната конструкција, и ќе обезбеди безбедно одвивање на сообраќајот на експресниот пат.

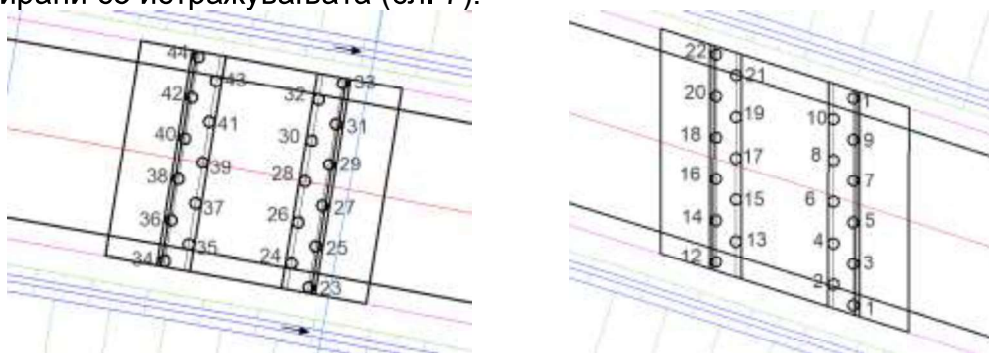
Со проектната документација е предвидено посебно да се третираат зоните на нископите и пошироките зони кои се преклопуваат со поранешните подземни простории (сл.6). Првото решение опфаќа заштита на зони кај нископи, а второто опфаќа подобрување и зајакнување на подлогата и стабилизација на косина.



Слика 6. Приказ на техничко решение

3.1. Заштита на зони кај нископи

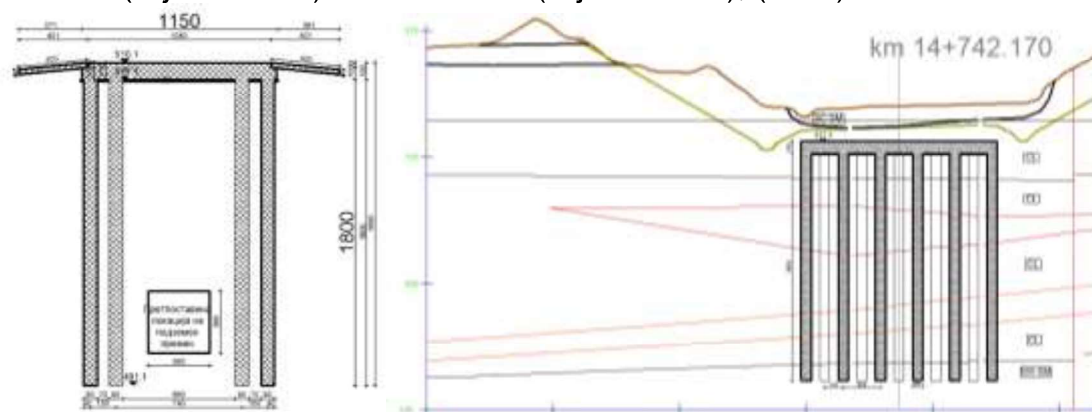
Првото техничко решение [3] се однесува на санација на деловите од трасата кои се над Нископ 1 и 2. Тоа опфаќа две конструкции кои се предвидени за “премостување” на зоните околу подземните премини на Нископ 1 и Нископ 2 (обележани со црвена боја на сл. 6). Основната цел на конструкциите е да спречат слегнување на идниот коловоз од евентуално зарушување на подземните премини. Решението има за цел безбедно премостување на тие зони и пренесување на товарите надвор од тие зони на подлабоки носиви слоеви детектирани со истражувањата (сл. 7).



Слика 7. Техничко решение со конструкции фундирани на колови кај а) Нископ 1 б) Нископ 2

Гледано во ситуација, конструкциите се поставени во правец на протегањето на подземните премини, кај Нископ 1 под агол од приближно 90° , додека кај нископ 2 под агол од приближно 72° со нивелетата. Конструкцијата е составена од дворедно поставени колови од двете страни, поставени на растојание од 1.5m помеѓу редовите, или на оскино растојание од 2.94m во секој ред (кај Нископ 1) и 3.0m (кај Нископ 2). Коловите се со дијаметар $\varnothing 800\text{mm}$ и должина од 18.0m. Истите се поврзани со надколова плоча со дебелина од 1.0m и димензии во основа 11.4x15.5m (кај Нископ 1) и 11.4x16.29m (кај Нископ 2). Од двете страни

се изведуваат преодни плочи со дебелина од 0.3m и димензии во основа 4.0x15.5m (кај Нископ 1) и 4.0x16.29m (кај Нископ 2), (сл. 8).



Слика 8. а) Карактеристичен попречен пресек на конструкцијата б) Геотехнички профил на локацијата и надолжен пресек на конструкцијата

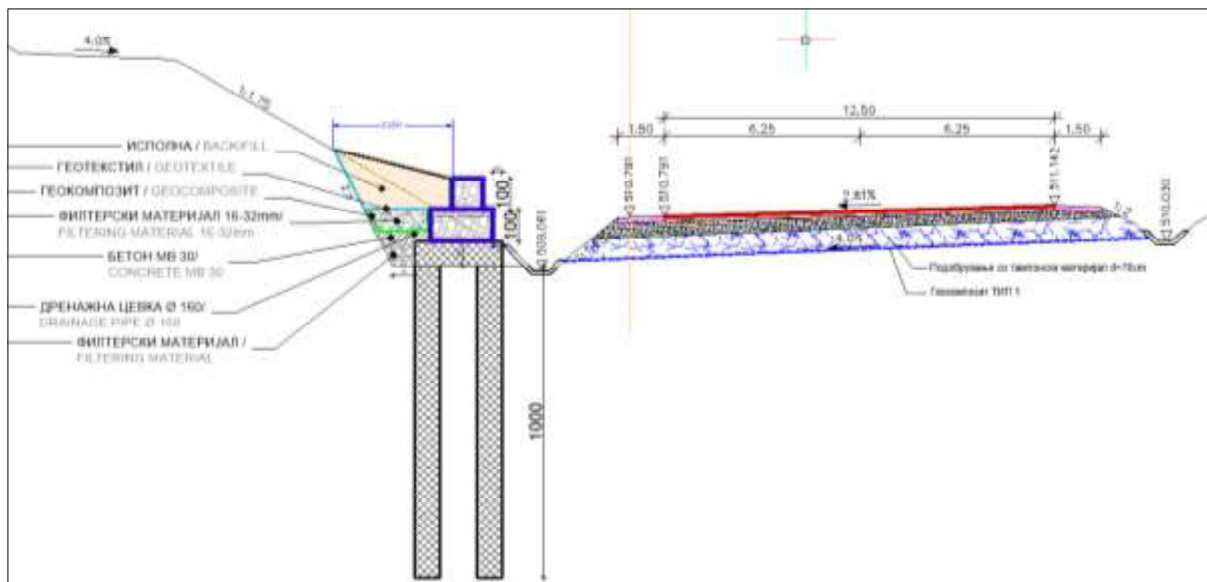
Конструкцијата (плочата) е поставена на кота 511.3 mNV (кај Нископ 1) и 510.1mNV (кај Нископ 2). Просторот до нивелетата се исполнува со материјал согласно проектот за коловозна конструкција и решението за подобрување.

3.2. Подобрување и зајакнување на подлогата и стабилизација на косина

Предложено техничко решение за заштита на трупот на патот, како и стабилизација на косина со потпорна конструкција во ослабените зони на трасата на која се јавуваат подземните ископи, се наметна при анализата на стабилноста [4]. Решението опфаќа подобрување и зајакнување на природното поттло под коловозната конструкција за два типа на зони од Усекот од стационожа km 14+520 до km 14+795 (означено со светло сина и жолта боја на сл. 6), како и изведба на потпорна колова конструкција на делот каде се јавија подлабоки потенцијални зони на дестабилизација на усекот од стационожа km 14+407 до km 14+495 (означено со сина боја на сл. 6). Причина за ова е бидејќи позицијата на подземните рударски простории не е сосема точно проценета, па со решението се предлага опфаќање на поширока зона, но поделена на два типа.

Ова техничко решение предвидува зајакнување со замена на слабиот глиновит материјал по основата на траса со крупнозрн камен материјал и дополнително поставување на геокмпозити формирани од георешетки со геотекстили. Целта е да се формира зајакната подлога на коловозната конструкција за прифаќање на експлоатационите оптоварувања во делот на поплитките зони. За да се формира една целина без прекини, а со тоа обезбеди и рамномерност на слегнувањата вдоль трасата во таа зона, предвидено е подобрување да се изведе по должината на целиот Усек, вклучително и над конструкциите за премостување на нископите, каде може да се примени и помала дебелина на подобрување (исполнување на просторот до кота на нивелета). Кај ТИП 1 (обележано со светло сина боја на сл. 6), како дополнување на она што е предвидено со основниот проект е предвидена замена на природниот материјал со дебелина од 70cm, и поставување геокмпозит. Кај ТИП 2 (обележана со жолта боја на сл. 6), како дополнување на она што е предвидено со основниот проект е предвидена замена на природниот материјал со дебелина од 40cm, и поставување на геокмпозит.

За ТИП 1, геокомпозитот е составен од неткаен геотекстил 500g/m^2 , и георешетка со јакост на затегање од 80kN во двата правца при 10% дилатација, тестиран по EN ISO 10319. За ТИП 2, геокомпозитот е составен од неткаен геотекстил 150g/m^2 , и георешетка со јакост на затегнување од 30kN во двата правца при 10% дилатација, тестиран по EN ISO 10319. Предвиден е и преклоп од 50cm на спојот на една со друга поставена ролна. Како материјал за замена/подобрување е користен тампонски материјал од кршен камен со зрна од $0\div 63\text{ mm}$.



Слика 9. Карактеристичен пресек на подобрената и зајакната зона Тип 1 и попречен пресек на потпорната конструкција.

При анализата на техничкото решение се појави дека дел од левата косина да има зголемен потенцијал за свлекување како резултат на влијанието од ослабените материјали во подлогата. Затоа на овој дел дополнително се изведе потпорна колова конструкција која има за цел да ги стабилизира почвените маси. Бидејќи критична клизна рамнина е утврдена подлабоко, фундарањето на армирано-бетонската потпорна конструкција е предвидена на колови (сл. 9). Конструкцијата е составена од дворедно (шаховски) поставени колови на осно растојание од 2.0 m помеѓу редовите и на осовинско растојание од 2.0m во секој ред. Коловите се со дијаметар $\varnothing 800\text{ mm}$ и должина од 10.0 m. Истите се поврзани со надколова плоча со дебелина од 0.8 m и широчина од 2.8 m. Над натколовата плоча е предвиден потпорен сид од габиони со висина од 2.0 m. Платформата од која се изведуваат коловите е на кота на основата на дренажниот канал. Во просторот меѓу косината и сидот предвидено е да се формира дренажа од дренажен материјал со фракции од $16\div 32\text{ mm}$, обвиткан со геотекстил мин 300g/m^2 и перфорирана ПВЦ цевка $\varnothing 160\text{ mm}$.

4. ИЗВЕДБА НА ТЕХНИЧКОТО РЕШЕНИЕ

Пред започнување на реализацијата на техничкото решение, се вршеа подготвителни работи како: расчистување на теренот, ископ на хумус, формирање платформи за дупчење на коловите и геодетско обележување.

4.1. Изработка на конструкција кај нископи

Изведба на коловите се изврши со специјализирана машинска гарнитура, при што технологијата на дупчење обезбеди вертикалност на армиранобетонските колови. При појава на подземна вода се користеа заштитни цевки – колони. При тоа, особено во делот на Нископ 2, при дупчењето се појавија делови од подграда (сл. 10а), непредвидени колапси на земјиште (сл. 10б и в), а се отвори и вентилационо окно со своја подграда (сл. 10в).



Слика 10. а) дрвена подграда б) колапс на земјиште при дупчење в) страничен отвор при дупчење г) вентилационо окно со подграда

Откако се постигне проектираната длабочина на коловите се поставува арматурниот кош изработен според арматурен детал. По поставување на арматурата се пристапува кон бетонирање на колот. На нивото на изведените колови, ниво на работна платформа, се изведува натколовата плоча на претходно поставен слој од посен бетон. После изведбата на натколовата плоча се изведуваат двете преодни плочи (сл.11).



Слика 11. Изработка на колови и преодна плоча

4.2. Изведба на подобрување на подлогата и потпорна конструкција

За делот каде се изведува подобрувањето и зајакнувањето, се изврши машински ископ до потребната кота и попречен наклон, валирање и набивање на подлогата. Беше поставен геокомполит со соодветен преклоп од 50cm. Потоа се изврши распстилање и збивање на материјалот за подобрување во слоеви (40+30cm) (сл. 12).

За изведба на потпорната конструкција, најпрвин беше изработена платформа за изведба на коловите. Работната косина се изработи со наклон од 2:1. Овој релативно стрмен наклон во вакви материјали придонесе да се создадат повеќе мали локални свлекувања на материјал, (сл. 13а).



Слика 12. Подобрување на подлогата

Коловите се изработени по истиот принцип како и претходниот случај. По нивното испитување, во втора фаза се врши целосен машински ископ до кота за поставување на посен бетон. Потоа се изработи потпорната конструкција од габионски кошери, позади ѕидот од габиони се изведе дренажата, а останатиот простор помеѓу косината и ѕидот е насипан со локален материјал (сл. 13).



Слика 13. Изработка на потпорна конструкција

5. ЗАКЛУЧОК

При изведбата на Експресниот пат Крива Паланка-Страцин се појавија предвизици од различни типови. Меѓу останатите беше и предизвикот со касно откривање на постоењето на стари подземни рударски работи под трасата на патот од поранешниот Рудник за производство на бентонитска глина – Бентомак, Крива Паланка.

Со деталните геотехнички истраги се утврди дека нископите кај овие стари подземни рударски работи се сеуште отворени и дека во тој дел на трасата се случува постоејано зарушување. Од друга страна, истрагите не покажаа такви примери во делот на откопаните простории, што даде насока дека најверојатно овие простории се веќе зарушени, ако се има во предвид дека при експлоатацијата на бентонитската глина се применувала откопна метода со зарушување на кровинскиот материјал.

Сепак, имајќи во предвид дека на предметната делница треба безбедно да се одвива сообраќајот со децении, Проектантот даде поконзервативен пристап за санација на оваа појава, со покривање на сите можни делови каде се очекува појава на слегување на тлото. Решението опфаќаше три типови на зафати и тоа: изградба на потпорна конструкција фундирана на колови која би го стабилизирала делот под коловозот и би оневозможила формирање на клизна рамнина кај подземната галерија во тој дел од трасата. Потоа, замена на материјал од подтлото на коловозот кај Усек 9 со тампонски материјал и зајакнување на тој дел со поставување на геокомполит од геотекстил и георешетка. И на крај, изработка на конструкција фундирана на колови од двете страни на нископите, со изработка на преодна плоча над нив, со цел прифаќање

на товарите од возилата и нивно рамномерно распоредување, и избегнување на евентуални слегнувања во тој дел од трасата.

Изведбата на Усек 9 во овој момент е во финална фаза, при што се изведени сите предвидени работи пред поставување на асфалт. На ова претходеше период од две години во кој се бараше соодветна документација, се ангажираа фирми кои би ги спровеле истрагите, се вршеа истраги, се ангажираше проектант, по што следуваше период на проектирање. Со добивање на решението, истото беше предмет на дискусији на високо ниво во присуство на сите страни. По одобрување на решението, се пристапи кон барање на понуди за материјали. И на крај, се пристапи кон изведба на секоја од трите позиции, за чија динамика големо влијание имаа и атмосферските услови, па со максимална ангажираност се надминуваа овие проблеми.

На крај може да заклучиме дека ваквиот вид на проблеми не се нерешливи. Сепак, доколку проектантот на Основниот проект имал доволно информации, и доколку ги предвидел овие стари подземни рударски работи при изработка на проектот за патот, односно доколку информациите за стари рударски работи беа достапни, немаше да се дојде до застој во работите, а решението сигурно би било многу поефтино, отколку добиеното решение во оваа фаза од изградбата на експресниот пат. Затоа е многу битно да се имаат сите податоци при проектирање на вакви линиски објекти, како и да се располага со голем обем на геолошки истраги.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Илиевски Д. Основен проект-Изработка, дополнување и прилагодување на проектната документација за изградба на државен пат А2, делница Ранковци-Крива Паланка, на ниво на експресен пат, Книга 2.1, DIWI-Македонија, 2015
- [2] Ивановски Л., Петковски О., Елаборат за фактичка состојба на подземни рударски простории на усек 9 (km 14+270 – 14+895), Геохидроконсалтинг ДООЕЛ Скопје, 2023
- [3] Сусинов Б., Основен проект за заштита од слегнувања во зона на премини преку поранешни подземни рударски работи во рудникот „Бентомак“ на км 14+495 до 14+795, Книга 1, Дипко ДООЕЛ-Скопје, 2023
- [4] Сусинов Б., Основен проект за заштита од слегнувања во зона на премини преку поранешни подземни рударски работи во рудникот „Бентомак“ на км 14+495 до 14+795, Книга 2, Дипко ДООЕЛ-Скопје, 2023
- [5] Despodov, Z., Mirakovski, D., Panov, Z. and Adjiski, V., (2019). *The impact of the old mining works in Bentomak mine - Kriva Palanka on the construction of the road infrastructure*. In: 7th International conference MEP 2019, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Vrdnik 25 -28 September 2019.
- [6] Христов, С., Карајовановиќ, М., Јанчевски, Ј., Иванова, В.: Толкувач за лист Кратово и Кустендил, К34-69 и К34-70, со печатена ОГК 1:100 000, Геолошки завод – Скопје, 1976
- [7] Ивановски Л., Ивановски И., Нови сознанија за состојбата на подземните рударски простории под трасата на експресниот пат А2-Коридор VIII, кај с. Гиновце Крива Паланка, стручно советување Подекс-Повекс, 2023