

Miha Brenčič
dr., univ.dipl.inž.geol., Geološki zavod Slovenije

Andrej Lapanje
mag., univ.dipl.inž.geol., Geološki zavod Slovenije

VLOGA HIDROGEOLOŠKIH RAZISKAV PRI PROJEKTIRANJU V GEOTEHNIKI

POVZETEK

Pri projektiranju in izgradnji geotehničnih objektov ima pojavljanje podzemne vode pomembno vlogo. Sodelovanje hidrogeologov je pomembno predvsem pri večjih geotehničnih objektih. V središču pozornosti dela hidrogeologa je postavitve zanesljivega hidrogeološkega modela, ki je osnova za vse nadaljnje aktivnosti in ukrepe v zvezi s podzemno vodo. V članku so opisani osnovni hidrogeološki pojmi, ki se navezujejo na hidrogeološki model in ki so pomembni v vsakdanji geotehnični praksi. V nadaljevanju so podani nekateri praktični primeri s področja hidrogeološkega kartiranja in drugih terenskih hidrogeoloških raziskav. Za konec je podan pregled vključevanja hidrogeologov v različne faze geotehničnega projektiranja.

ABSTRACT

Appearance of groundwater plays an important role in geotechnical planning and construction. In the ground civil engineering the cooperation with hydrogeological professionals is usually important during the planning and construction of greater structures. The focal point of hydrogeologists cooperation in the research stage of planning is establishment of reliable hydrogeological model. That model is the basis for any further activities that concerns groundwater. Described are fundamental hydrogeological terms that are important in everyday practice. Some practical examples about hydrogeological mapping and hydrogeological field investigations are given. The overview of hydrogeologist work during various planning and construction stages in civil engineering is presented.

UVOD

Pojavljanje podzemne vode v tleh je zelo raznoliko in odvisno od številnih geoloških karakteristik. Razlikuje se glede na to ali imamo opraviti z zemljino, polhribino ali hribino, saj je od tega v veliki meri odvisen tip poroznosti in velikost prepustnosti. Dejavniki, ki vplivajo na porazdelitev podzemne vode, segajo od tektonike, litologije, geomorfologije do zgodovine nastajanja ozemlja. Porazdelitev podzemne vode glede na vse te dejavnike skušamo opredeliti s hidrogeološkim modelom. Postavitve natančnega hidrogeološkega modela je v zapletenih geoloških razmerah ključnega pomena za uspešno geotehnično projektiranje.

V geotehnične projekte se hidrogeologi vključujejo že v začetni fazi geološko geomehanskih raziskav na ravni idejnih zasnov in idejnih projektov. Tudi v naslednjih fazah projektiranja in pri sami izvedbi sodelujejo kot eksperti ali včasih kot projektanti posameznih tehničnih detajlov, ki se navezujejo na odvodnjo. V izvedbeni fazi objektov pa so le redko prisotni, razen v primerih, ko zaradi prisotnosti podzemne vode prihaja do večjih odstopanj od projektnih predvidevanj.

V članku sva avtorja zbrala nekatere izkušnje, ki temeljijo na sodelovanju hidrogeologov pri projektiranju in izvedbi večjih hidrotehničnih objektov v preteklih letih v Sloveniji.

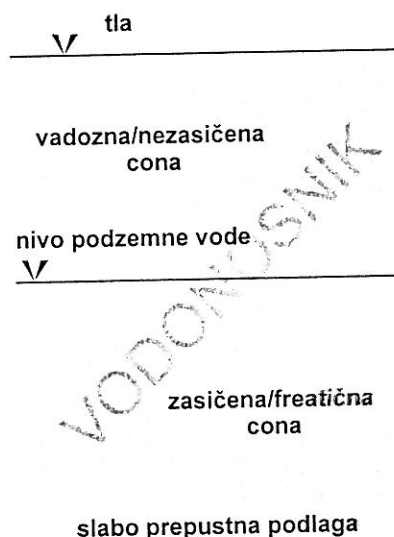
HIDROGEOLOŠKI MODEL

Geološko okolje je razvojno gledano posledica številnih dejavnikov, od prvotnega geološkega okolja (npr. od sedimentacijskega okolja), od procesov geneze sedimentov in kamnin do kasnejših tektonskih procesov in procesov preperevanja ter erozije. V geološkem okolju je zelo izražena tretja komponenta prostora, to je predvsem območje pod koto tal. Na to območje je vezano tudi pojavljanje podzemne vode. Zaradi tega je naloga in tudi največja odgovornost hidrogeologa postaviti natančen in zanesljiv hidrogeološki model, ki je pomembna osnova in podlaga za nadaljnje geotehnično projektiranje. Z namenom, da bi pojasnili nekatere hidrogeološke koncepte, podajamo opis osnovnih hidrogeoloških modelov.

Podzemno vodo zasledimo v raznovrstnih sedimentih (zemljinah) in kamninah (hribinah) različnih starosti. Pojav podzemne vode v odvisnosti od geoloških razmer opredelimo s hidrogeološko analizo in modelom. Tako kot pri vsakem modelu, izhajamo iz nekaterih konceptualnih zasnov, ki nam pomagajo natančneje opisati in opredeliti dejanske razmere v naravi. Tako je v središču zanimanja hidrogeologije model vodonosnika. Z njim podamo prostorsko porazdelitev podzemne vode, porazdelitev hidrostatičnih tlakov in dinamiko podzemne vode.

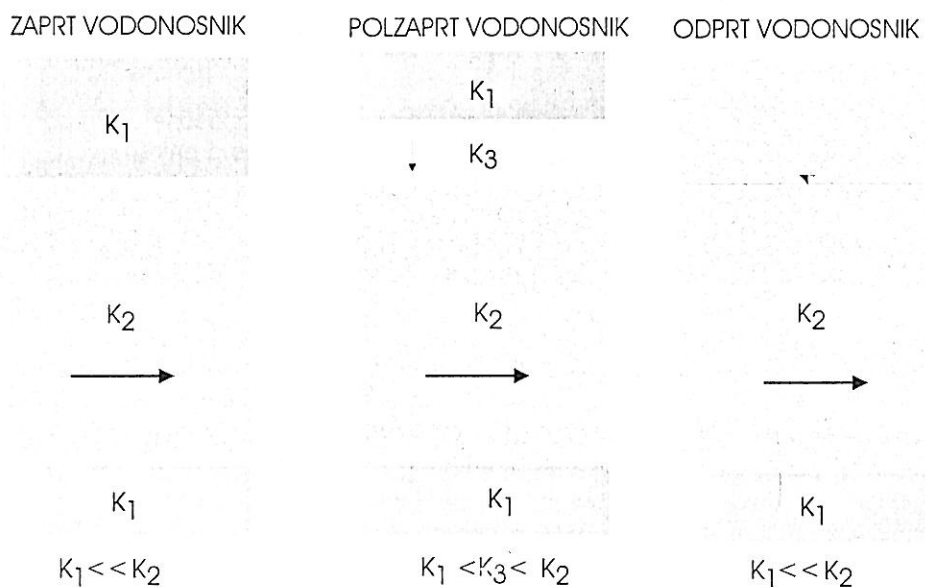
Poznamo številne modele vodonosnikov, ki so odvisni od namena za katere modele uporabljamo. Po mednarodni veljavni hidrogeološki definiciji vodonosnika je vodonosnik tista geološka formacija, iz katere je moč črpati podzemno vodo z ekonomskimi učinki. Takšna definicija pa je neprimerna takrat, ko obravnavamo podzemno vodo, ki je ne nameravamo izkoriščati za potrebe vodooskrbe (Brenčič, 1999). Ta problem se pojavlja predvsem v primerih ko izvajamo zaščito pred podzemno vodo, na primer pri sanaciji brežin, odvodnji gradbenih jam in podobno. Pri obravnavi geoloških formacij, v katerih nastopa podzemna voda v "neekonomskih" količinah, zaradi tega pogosto uporabljamo izraze vodonosna plast, vodonosna struktura, vodonosna formacija. V geotehniko uporabljamo tudi termin vodonosnik, vendar bolj kot sinonim za prej omenjene termine in ne za opis pravega vodonosnika v hidrogeološkem smislu, saj so količine vode praviloma nizke.

V grobem ločimo dva tipa vodonosnika, med njima pa obstaja cela vrsta prehodov. Prvi tip predstavlja odprti vodonosnik. V njem gladina podzemne vode prosto niha, to nihanje pa je odvisno od dejavnikov, ki vplivajo na napajanje (slika 1). V tem vodonosniku ločimo dva dela, ki ju med seboj loči gladina podzemne vode. Zgornji del vodonosnika predstavlja nezasičeno ali vadozno območje. V tem predelu voda, ki se infiltrira skozi tla, teče vertikalno navzdol skozi z vodo neprežete pore proti gladini podzemne vode. Pod slednjo leži zasičeno ali freatično območje, v katerem so vse pore prežete z vodo. Zasičeno območje v spodnjem delu omejuje slabo prepustna podlaga. Prehod med zasičeno in nezasičeno cono je postopen. Območje prehoda tvori cona kapilarnega dviga, v kateri je tlak vode negativen. Višina kapilarnega dviga je odvisna od velikosti zrn in od elektrostatičnih lastnosti mineralnih delcev, ki tvorijo zrna.



Slika 1: Shematski profil vodonosnika (Brenčič, 2001)

V zaprtem tipu vodonosnika, ki predstavlja drugi osnovni tip, o prosti gladini podzemne vode ne moremo govoriti. V tem vodonosniku je podzemna voda v prepustni plasti ujeta med dve zelo slabo prepustni plasti, v katerih je vsa voda ujeta v porah in ne teče (slika 2). Za tak vodonosnik je značilno, da se podzemna voda nahaja pod hidrostatičnim tlakom. V primeru, da tak vodonosnik predremo z vrtino, se voda v njej dvigne nad zgornjo mejo prepustne plasti. Če se voda dvigne tako visoko, da preliva na površino govorimo o arteškem vodonosniku, drugače o subarteškem.



Slika 2: Konceptualni modeli različnih tipov vodonosnikov (Brenčič, 2001)

V naravi le redko srečamo prave zaprte vodonosnike, zato velja pri opisovanju tipov vodonosnikov omeniti tudi polzaprt vodonosnik, ki se v Sloveniji pri geotehničnih objektih pogosto pojavlja. Za takšen tip vodonosnika je značilno, da eno od plasti, ki omejuje prepustno plast, predstavlja polprepustna plast, v kateri voda opazno ne teče, se pa vanjo ali iz nje preceja. Smer toka v polprepustni plasti je le vertikalna, v glavni vodonosni plasti pa horizontalna (slika 2). Kolikšno je to precejanje, je odvisno od hidrostatičnega tlaka v prepustni plasti in od koeficienta hidravlične prepustnosti polprepustne plasti. Če v takšen vodonosnik, katerega zgornji del tvori polprepustna plast, izvedemo sondažno vrtanje, vrtina ob prodiranju navzdol najprej naletí na podzemno vodo v zgornji polprepustni plasti, ko prodremo v spodnjo vodonosno plast, pa se voda v vrtini dvigne nad nivo vode na katerega smo naleteli najprej. V praktičnih primerih sondažnega vrtanja v takšnem vodonosniku in pri opremljanju vrtin s piezometričnimi cevmi, se pogosto pojavijo velika razhajanja med podatki o gladini podzemne vode pridobljenimi med sondažnim vrtanjem in podatki o nivojih podzemne vode, ki so izmerjeni v piezometrih. Primerna interpretacija obeh podatkov nam poda širšo informacijo o vodonosniku, kot pa zgolj le en sam podatek.

Pomembno vlogo pri pojavljanju podzemne vode igra tudi koeficient hidravlične prepustnosti. Ta koeficient v veliki meri vpliva na dinamiko vodonosnika in posledično na sanacijske ukrepe. Vsakdanja praksa pri geotehničnih gradnjah v Sloveniji pokaže, da podzemna voda praviloma povzroča probleme tam, kjer imamo opraviti s slabo prepustnimi členi. V takšnih vodonosnih strukturah podzemna voda le počasi reagira na napajanje, seveda pa je tudi izcejanje dokaj počasno. To povzroča številne probleme pri sanacijah. Ker so hidrostatični pritiski v vodonosnih strukturah neodvisni od prepustnosti geološkega medija, je pri sanaciji to vodo potrebno odvesti. Dreniranje podzemne vode v slabo prepustnem okolju pa je zahtevno in drago, pogosto obsojeno na omejen uspeh.

Geotehnične objekte se gradi na zemljinah in hribinah, ki se med seboj zelo razlikujejo. Med posameznimi členi so lahko prisotne zelo velike razlike. Porazdelitev koeficientov prepustnosti posredno določa porazdelitev vodonosnih struktur v prostoru in s tem tudi porazdelitev efektivnih napetosti. Dreniranje podzemne vode je odvisno od porazdelitve vode v porah geološkega medija. Večino vode v porah praviloma tvori gravitacijska voda. To je voda, ki jo iz geološkega medija izločimo zgolj z izcejanjem pod vplivom težnosti, v laboratoriju pa s segrevanjem na 1080C (e.g. Veselič, 1984). Na hitrost dreniranja te vode v veliki meri vpliva koeficient hidravlične prepustnosti, ki je posledica fizikalnih lastnosti por. Pri relativno dobro prepustnih geoloških medijih, to je pri vrednostih koeficienta hidravlične prepustnosti večjem od 10⁻⁷ m/s, je dreniranje dokaj hitro in učinkovito. V praksi medije s takšnimi prepustnostmi zlahka osušimo z drenažnimi ukrepi, kot so na primer drenažne vrtine ali drenažna rebra. Pri

prepustnostih, ki so manjše od 10-7 m/s, pa se pri dreniranju pričnejo pojavljati problemi, do izcejanja vode prihaja z zamikom. Bolj kot se oddaljujemo od meje prepustnosti 10-7 m/s proti nižjim koeficientom prepustnosti, daljši zamiki pri učinkovitosti dreniranja so prisotni. Vse dotlej, dokler dreniranja skorajda ni več. Takšne lastnosti imajo glin, katerih "in situ" prepustnosti na področju Slovenije so nižje od 10-10 m/s.

Pri izvajanju različnih gradbenih del povzročimo spremembe napetostnega polja v zemljini, bodisi zaradi razbremenjevanja bodisi zaradi obremenjevanja. Na spremembe v napetostnem polju se odzove tudi podzemna voda v vodonosnih strukturah. Višji kot so koeficienti hidravlične prepustnosti, hitreje bo prišlo do prilagoditve hidrostatičnih tlakov. Velja pa seveda tudi obratno, pri nizkih hidravličnih prepustnostih se porni tlaki, nastali pri spremembi napetostnega polja prilagodijo mnogo počasneje. Pri obremenjevanju se del vode drenira, odteče, del pa jo ostane. Vodo, ki je odtekla imenujemo drenirana voda, vodo, ki pa je v zemljini ostala pa nedrenirana voda (Bromhead, 1992). Pri nižjih prepustnostih, kjer prihaja do dreniranja s časovnim zamikom, razmere, ko voda do nekega časovnega obdobja še ni odtekla, imenujemo delno drenirano stanje (Bromhead, 1992). Voda, ki je pri dreniranju zaostala ob hitrejšem naraščanju napetosti od hitrosti upadanja hidrostatičnih tlakov, povzroči nastanek presežnih pornih tlakov.

METODE HIDROGEOLOŠKIH RAZISKAV V GEOTEHNIKI

Da pa bi lahko opredelili natančen hidrogeološki model, ki bi služil kot osnova in podlaga pri geotehničnem projektiranju, je potrebno izvesti terenske hidrogeološke raziskave. Obseg hidrogeoloških raziskav je odvisen od pomembnosti objekta, od hidrogeoloških pogojev, ki vladajo na območju objekta in od faze projektiranja.

Hidrogeološko kartiranje

Čeprav zelo preprosta, je metoda hidrogeološkega kartiranja ena najbolj pomembnih hidrogeoloških metod, ki jo je potrebno izvesti pred vsemi nadaljnimi hidrogeološkimi raziskavami. Hidrogeološko kartiranje je osnovni postopek za pridobivanje podatkov o hidrogeoloških lastnostih območja. Od geološkega kartiranja se razlikuje v tem, da je posebna pozornost namenjena pojavom vode in študiju povezanosti geološke zgradbe s temi pojavi. Cilj hidrogeološkega kartiranja je ugotoviti izvor podzemne vode, geometrijo vodonosnika in njegove hidrodinamične lastnosti (napajanje, iztok), to pa so vhodni podatki, ki jih s pridom uporabimo pri geotehničnem projektiranju.

Osnovni pripomočki hidrogeološkega kartiranja so:

- topografska osnova, katere merilo je odvisno od namena kartiranja
- terenski konduktimeter (merilec električne prevodnosti vode in temperature vode),
- višinomer ter
- pripomoček za terenske meritve pretokov.

Hidrogeološko kartiranje določenega območja se vrši po vodotokih od spodaj navzgor tako, da se pregleda celotna drenažna mreža. Pri tem se opisuje vse vodne pojave, to je izvire, močila, močvirja, mesta občasnih izvirov kot tudi vidne posledice delovanja vode: usade, odlomne robove, suhe struge, sufuzijske kanale in mesta obarjanja sedimentov, kot je npr. lehnjak, iz vode. Prav tako je priporočljivo meriti pretok vodotokov, s čimer lahko ugotovimo morebitno pridobivanje pretoka iz skritih izvirov v strugi potoka.

Izviri so mesta, kjer vodonosnik izdaja na površje. Na osnovi informacij iz izvirov lahko sklepamo o fizikalno – kemičnih in hidrodinamskih pogojih v vodonosniku. Položaji izvirov pa osvetlijo tudi strukturno zvezo vodonosnikov z geološko zgradbo. Analiza hidrogeoloških pojavov je koristen pripomoček tudi strukturnemu geologu. Za vsak izvir je potrebno opisati položaj izvira, tip izvira, pretok izvira z oznako meteoroloških pogojev v času meritve, temperaturo in električno prevodnost vode ter morebitno obarjanje snovi iz izvira (lehnjak, sadra, železovi hidroksidi). Posebno je potrebno paziti na način iztoka v izviru ali je razpršen (značilen za medzrnske vodonosnike) ali točkoven (značilen za razpoklinske vodonosnike). Včasih se izviri pojavljajo v liniji, ki skoraj gotovo predstavlja geološki pojav.

Po končanem hidrogeološkem kartiranju se z analizo izbere nekaj značilnih izvirov, katerih karakteristike se opazuje skozi daljše obdobje, običajno se ti izviri tudi vzorčujejo za analizo kemijskih parametrov, ki so potrebni pri geotehničnem projektiranju ali za določitev izvora vode.

Na podlagi hidrogeološkega kartiranja izpade vzorec drenažne mreže. Položaj izvirov je večinoma pogojen z geološkimi spremembami. Na podlagi hidrogeološkega kartiranja ustvarjena slika kaže torej

posredno tudi geološko zgradbo ozemlja, ki jo izurjen hidrogeolog lahko prepozna. Informacije o prostorski razporeditvi izvirov pa se nadgradijo z informacijami o fizikalno – kemijski sestavi vode in režimu iztoka. Posamezni tipi izvirov se ločijo po režimu iztoka (stalni pretok, zmanjšanje pretoka v suši, presušijo v suši, pretok le ob dolgotrajnih nalivih), po različni električni prevodnosti in temperaturi vode. Ti podatki so zelo pomembni pri načrtovanju geotehničnih ukrepov, kajti različni tipi izvirov drenirajo različne vodonosnike. Posamezen hidrotehnični ukrep pa moramo prilagoditi tej različnosti.

Hidrogeološko kartiranje daje predvsem kvalitativne podatke, pomembne za razumevanje hidrogeološke zgradbe ozemlja, in je kot tako predvsem osnova za projektiranje nadaljnjih geotehničnih raziskav (npr. izbira lokacije raziskovalnih vrtin) in projektiranje odvodnjevalnih ukrepov.

Ostale metode hidrogeoloških raziskav

Poleg hidrogeološkega kartiranja, ki je kot smo že omenili, osnovna metoda, uporabljajo hidrogeologi tudi druge metode pridobivanja hidrogeoloških informacij. Uporaba posameznih metod je odvisna od problema, ki ga je potrebno rešiti. Naj naštejemo nekaj metod in njihov namen:

1. Sledilni preiskusi – ugotavljanje smeri odtoka podzemne vode z injiciranjem različnih sledil,
2. Meritve pretoka, meritve nivojev podzemne vode – ugotavljanje dinamike podzemne vode, dimenzioniranje odvodnje, dimenzioniranje geotehničnih objektov,
3. Analiziranje kemične sestave podzemne vode – ugotavljanje vpliva sestave podzemne vode na trdnostne karakteristike konstrukcijskih materialov in na obratovanje odvodnjevalnih sistemov,
4. Analiziranje izotopske sestave podzemne vode – ugotavljanje izvora in dinamike podzemne vode,

Posebno vejo preiskav pa tvorijo preiskave v vrtinah in preiskave v laboratoriju s katerimi določamo kvantitativne hidrogeološke lastnosti geološkega medija. Med te preiskave uvrščamo nalivalne preiskuse, črpalne preiskuse in VDP teste v vrtinah ter permeabilnostne preiskuse in granulometrijske analize v laboratoriju.

K hidrogeološkim raziskavam se pristopa fazno. Enega od možnih faznih pristop k hidrogeološkim raziskavam želimo prikazati na primeru plazu Slano blato.

Po začetku plazenja na plazu Slano blato (Kočevar et. Al, 2001) smo že zelo zgodaj pristopili k hidrogeološkemu preiskovanju območja plazine. Sama preiskava je potekala metodološko po naslednjih stopnjah:

a) Identifikacija hidrogeoloških enot (vodonosnih struktur) na širšem območju plazu

V tej stopnji smo analizirali arhivske podatke o geološki in hidrogeoloških zgradbi ter vse dostopne geološke karte, uporabili smo tudi lastne izkušnje s plazovi na podobnih območjih in opravili rekognosciranje ozemlja.

b) Določitev geometrije in tipa vodonosnih struktur na obravnavanem območju

V drugi fazi sta strukturni geolog in hidrogeolog izvedla neodvisno eden od drugega geološko in hidrogeološko kartiranje (popis vseh pojavov vode, večkratne meritve fizikalno kemijskih lastnosti izvirov in meritve pretoka potokov). Po končanem kartiranju sta pridobljene podatke primerjali in dopolnila. Nastala je hidrogeološka slika plazu, s katere je razvidna prostorska razporeditev vodonosnih struktur.

c) Določitev kvantitativnih in kvalitativnih lastnosti posameznih vodonosnih struktur

V tretji fazi smo pristopili k specialnim preiskavam, ki so se izvajale v geomehanskih vrtinah. Tako smo izvedli več nalivalnih preizkusov in VDP testov ter črpalni preizkus, merili smo tudi globino do gladine podzemne vode v geomehanskih vrtinah in njeno spremenljivost ter analizirali kemijsko sestavo podzemne vode. V tej fazi smo izvedli tudi hidrološko analizo obravnavanega območja; izračunali smo teoretični maksimalni pretok potoka Grajščka, ki teče na območju plazu, in dobljeno vrednost primerjali z dejanskimi maksimalnimi in minimalnimi merjenimi pretoki potoka Grajšček.

d) Postavitev hidrogeološkega modela

Na podlagi raziskav smo pripravili hidrogeološki model.

Na plazu Slano blato voda izvira iz dveh virov: meteornega in podzemnega. Glavni vzrok za nastanek plazenja v novembru 2000 je bilo močno dolgotrajno deževje, ki se je odrazilo v velikem dotoku meteorne vode. Dotok podzemne vode je stalen, vendar predstavlja le majhen delež celotne količine vode v potoku Grajšček. V sušnem obdobju dotok podzemne vode limitira proti ničelni vrednosti, kar lepo kaže velikost pretok potoka Grajšček pod plazom, ki je bil 14. 08. 2001 le 0,03 l/s.

Material plazine je slabo vodoprepusten s koeficientom hidravlične prepustnosti reda velikosti 10⁻⁶ do 10⁻⁷ m/s. Voda se v plazini zadržuje, tako da je plazina nasičena s podzemno vodo. Ta ohranja plazino v židkem do polžidkem stanju, ki jo dodatna količina padavin ponovno aktivira. Že majhna količina padavin povzroči premeščanju mas na plazini in nastajanje nateznih razpok, ki še pospešujejo infiltracijo meteorne vode. Prepreči flišni lapor in flišni lapor imata koeficient hidravlične prepustnosti reda velikosti 10⁻⁶ do 10⁻⁷ do 10⁻⁸ m/s, medtem ko ima flišni peščenjak koeficient hidravlične prepustnosti reda velikosti 10⁻⁶ do 10⁻⁷ m/s. Tektonsko pretrt peščenjak in plazina v depresiji pod zgornjim odlomnim robom imata visoko prepustnost reda velikosti 10⁻³ do 10⁻⁴ m/s, ki je povezana z akumuliranjem vode v depresiji. Izvor vode, ki se akumulira v depresiji pod odlomnim robom pa je na meji gruščica in preperete ter pretrte podlage, v kateri nastopajo prav tu tudi peščenjaki, kar lepo kažejo vlažne cone na zgornjem odlomnem robu nad depresijo.

Podzemna voda je mineralizirana in ima visoko vsebnost sulfatov. Pri spremembah fizikalnih pogojev pride do obarjanja lehnjaka in lahkotopnih sulfatnih soli.

e) Analiza hidrogeološkega modela in priprava priporočil projektantu

V zadnji fazi smo z analizo hidrogeološkega modela pripravili program potrebnih dodatnih raziskav za trajno sanacijo plazu Slano blato ter idejne rešitve za sanacijske ukrepe, ki se tičejo tako trenutne odvodnje plazu, kot tudi priporočila za trajno ureditev odvodnje.

VKLJUČEVANJE HIDROGEOLOGOV V GEOTEHNIČNE PROJEKTE

Hidrogeologijo v osnovi opredelimo kot naravoslovno panogo, ki pa zaradi pomena podzemne vode za vodooskrbo posega tudi na področje tehničnih ved, saj kvalitetnih inženirskih del za zajem podzemne vode ni moč izvesti brez podrobnega hidrogeološkega znanja. Tako mora hidrogeolog pogosto poleg analize vodnega vira izdelati tudi projektne rešitve in jih s pomočjo tehničnih ekip tudi izvesti.

Pri večjih gradnjah in drugih posegih v prostor se v zvezi s pojavljanjem podzemne vode odpirajo številna vprašanja, ki jih lahko razdelimo v tri večje skupine. V prvo skupino sodijo problemi, ki se navezujejo na zaščito objektov pred negativnim delovanjem podzemne vode, v drugo skupino sodijo problemi, ki se navezujejo na zaščito podzemne vode pred negativnimi vplivi gradenj in v tretjo skupino bi lahko uvrstili probleme, ki se navezujejo na gospodarsko izkoriščanje podzemne vode. (Brenčič, M., 2000) Vse tri skupine so med seboj seveda tesno povezane in jih ni moč povsem ločiti, toda s stališča geotehnike je pomembna predvsem prva skupina problemov.

Vprašanja v zvezi s podzemno vodo se navezujejo na številne dejavnosti, ki jih obvladujejo različne stroke. Pri izvajanju in pojasnjevanju informacij o podzemni vodi ima hidrogeologija pomemben položaj. Njena naloga je, da na podlagi informacij, ki v obravnavanem prostoru že obstajajo in dodatnih hidrogeoloških raziskav, s hidrogeološkim modelom nazorno in strokovno tolmači pojavljanje in kroženje podzemne vode. Hidrogeologi svoje analize, dognanja in opis hidrogeološkega modela praviloma podajamo v obliki strokovnih podlag, ki so sestavni del geološko geotehnične dokumentacije.

V geotehniki strokovne hidrogeološke podlage vsebujejo podatke o hidrogeoloških karakteristikah območja, ki ga prečka objekt, in podatke o potencialnih dotokih in hidrostatičnih tlakih podzemne vode. Vsi hidrogeološki podatki za posamezen objekt so zbrani na hidrogeoloških prognoznih profilih in kartah. Veliko pozornost je vplivom podzemne vode potrebno posvetiti predvsem pri predorih, vkopih, brežinah, galerijah in podvozhih.

Poleg vpliva količine in hidrostatskih tlakov pa ne smemo zanemariti tudi kemijskih lastnosti podzemne vode in njenega vpliva na beton. V podzemni vodi nastopajo raznovrstni ioni in spojine, ki včasih v veliki meri vplivajo predvsem na trdnostne značilnosti betona. Izkušnje iz vsakdanje prakse kažejo, da se temu problemu posveča veliko pozornost predvsem pri gradnji predorov, nekoliko manjšo pa pri ostalih podzemnih gradnjah in drugih geotehničnih objektih.

Nenadejana prisotnost podzemne vode lahko povzroči daljše zastoje pri gradnji in s tem povečanje stroškov, v skrajnem primeru pa tudi veliko materialno škodo in nesreče (npr. pri gradnji predorov). V prvi fazi raziskav za potrebe zaščite pred podzemno vodo se izvede regionalna hidrogeološka analiza, ki pokaže kakšen je medsebojni položaj objekta in smeri toka podzemne vode. V nadaljevanju se pristopi k ugotavljanju hidrogeoloških karakteristik geološkega medija, v katerem bo objekt zgrajen, na podlagi tega pa se izvedejo ustrezni izračuni, ki podajo količino in hidrostatične pritiske podzemne vode ter naravo dotokov v objekt. V primeru, da se pričakuje večje količine podzemne vode, ki bi lahko vplivale na potek gradnje, hidrogeolog poda tudi način odvodnjevanja.

Hidrogeološke razmere v Sloveniji so dokaj kompleksne in zapletene zaradi česar tudi na podlagi zelo obsežnih geološko geomehanskih raziskav nedoločenosti ni moč povsem izključiti. Ne glede na stopnjo raziskanosti geološkega okolja, vedno ostane določena stopnja negotovosti in tveganja. Kakšne so te nedoločenosti je v veliki meri odvisno od vrste geološkega okolja. Tako so tveganja, ki jih zasledimo v karbonskih in permskih kamninah povsem drugačna od tistih, ki jih zasledimo na primer na območju velikih aluvijalnih vodonosnikov Dravskega in Ljubljanskega polja. Tako tudi hidrogeološke prognoze predstavljajo le okvirne napovedi, ki jim lahko pripišemo večjo ali manjšo verjetnost, gotovih napovedi pa skorajda nikoli ni moč podati, še zlasti v primeru slabo prepustnih zemljin in hribin z zapleteno geološko zgradbo.

Številni problemi, ki zaradi tega med projektiranjem, gradnjo in obratovanjem geotehničnih objektov nastopajo, terjajo postopno reševanje problematike podzemne vode v vseh življenskih fazah objektov. V nadaljevanju, na podlagi dosedanjih izkušenj (Brenčič, 2000), podajamo kratek pregled postopkov in potrebnih raziskav, ki jih je potrebno izvesti v različnih fazah projektiranja, gradnje in vzdrževanja geotehničnih objektov. Pri tem izhajamo iz enotnega pristopa k podzemni vodi, ne glede na to ali na nekem objektu pretežno prevladuje problematika zaščite podzemne vode pred negativnimi vplivi ali problematika zaščite objekta pred negativnimi vplivi podzemne vode. V sami fazi izvajanja hidrogeoloških raziskav in priprave hidrogeoloških strokovnih podlag, pa se v skladu z obravnavano problematiko odločamo, kateri od sklopov morebitnih hidrogeoloških problemov je za izvedbo objekta pomembnejši. Pregled vsebine hidrogeoloških raziskav smo razdelili na najpomembnejše faze projektiranja.

Študija variant

Vsakanja praksa kaže, da se v študijah variant vse premalo upošteva problematiko pojavljanja podzemne vode. Nekaterim problemom in stroškom v zvezi z zaščito podzemne vode bi se lahko izognili že s primerno izbiro variante. Kljub temu pa pojavljanje podzemne vode pri izbiri variant za geotehnične objekte ni tako pomembna, kot na primer pri izbiri variant za daljše ceste, ki pogosto posegajo v napajalna zaledja vodnih virov.

Idejni projekt

Hidrogeološke strokovne podlage za potrebe idejnega projekta so osnova za vse hidrogeološke aktivnosti in ukrepe v zvezi s podzemno vodo, tako za nadaljnje faze obdelave projekta kot tudi za izgradnjo objekta.

Strokovne podlage morajo izhajati iz obstoječega hidrogeološkega znanja o območju in iz dodatnih hidrogeoloških raziskav, ki so sestavni del geološko geomehanskih raziskav za potrebe idejnega projekta. Menimo, da so hidrogeološke strokovne podlage za potrebe idejnega projekta najpomembnejši del hidrogeološke dokumentacije v okviru izgradnje geotehničnega objekta. Te podlage morajo rešiti večino problemov, ki se navezujejo na medsebojni odnos podzemne vode in objekta. Vsebina hidrogeološke dokumentacije se lahko nekoliko razlikuje le glede na to ali imamo opravka zgolj z razmerami na trasi ceste ali le s posameznim objektom (npr. globoki vkop, predor ...).

Zlasti pri večjih geotehničnih objektih bi hidrogeološke strokovne podlage morale vsebovati naslednja poglavja:

a) Regionalni pregled hidrogeoloških razmer. V tem poglavju se predstavi regionalne hidrogeološke razmere na območju, kjer bo stal objekt. Na kartah se predstavi gladino podzemne vode, debelino omočenega in neomočenega sloja, hidrogeološke lastnosti sedimenta ali kamnine (koeficient hidravlične prepustnosti, transmisivnost, poroznost). V okviru tega poglavja se, v kolikor je objekt večji (npr. cesta), predstavi tudi bilančne karakteristike vodonosnika (dotoke in odtokove podzemne vode) in časovno analizo trendov nihanja gladine podzemne vode.

b) Hidrogeološke meritve. V tem poglavju se predstavi hidrogeološke meritve, ki so bile izvedene v okviru geološko geomehanskih raziskav za potrebe idejnega projekta. V podpoglavjih se predstavi analizo izvedenih črpalnih ali nalivalnih poizkusov in opravljenih meritev podzemne vode v piezometrih ter v piezometrih, ki so na tem območju obstojali že pred začetkom geološko geomehanskih raziskav. Zaradi ocene ničelnega stanja je v medzrnskih vodonosnikih smiselno izvesti enkratni ali tudi večkratni posnetek gladine podzemne vode v širši okolici ceste.

c) Pregled varstvenih pasov in vodooskrbe iz podzemne vode. V okviru tega poglavja se izvede pregled vseh z odloki sprejetih varstvenih pasov vzdolž objekta in analizira omejitve, ki jih le ti narekujejo. Kot dopolnilo k temu se izvede tudi pregled nevarovanih vodnih virov. Morebitna potreba po varovanju podzemne vode pred negativnimi vplivi lahko v veliki meri podraži gradnjo, pa tudi vpliva na tehnologijo gradnje.

d) Pregledni opis in hidrogeološka prognoza. V tem poglavju se na podlagi v prejšnjih poglavjih podanih analiz prikažejo hidrogeološke razmere, ki bodo nastopale na območju geotehničnega objekta.

Tako zastavljene hidrogeološke strokovne podlage za potrebe idejnega projekta so seveda obsežne in terjajo veliko natančnega dela in časa, vendar omogočajo celovito reševanje problemov, ki se odpirajo v nadaljnjih fazah. Podrobnejša analiza je pomembna predvsem pri večjih objektih.

Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja

V okviru geološko geomehanskih raziskav za potrebe projekta za gradbeno dovoljenje se praviloma izvede podrobnejše geomehansko vrtnanje, ki je namenjeno dimenzioniranju objekta. Hidrogeološke raziskave v tej fazi se uporabi za reinterpretacijo hidrogeološke prognoze iz faze idejnega projekta.

Izvajanje gradbenih del in obratovanje ceste

V življenski dobi geotehničnega objekta je hidrogeološka problematika praviloma vezana na opazovanja in na analizo vplivov na podzemno vodo. Le v redkih primerih se lahko pojavijo izredne hidrogeološke razmere, ki s predhodnimi fazami projektiranja niso bile predvidene. V takšnem primeru se izvedejo ustrezne hidrogeološke raziskave, ki podajo rešitev problema v fazi obratovanja. V vsakdanji praksi v fazi gradnje večjih geotehničnih objektov opažamo, da se premalo pozornosti posveča pridobivanju geoloških in geotehničnih podatkov, ki bi jih lahko pridobili med samo gradnjo. Takšno pridobivanje podatkov ni samo sebi namen ali niti ni namenjeno le izpopolnjevanju fonda podatkov geološko geotehnični stroki, temveč je lahko zelo koristno v fazi vzdrževanja in morebitnih kasnejših sanacijskih del. Tako razpoložljivi podatki lahko prihranijo znaten del stroškov za dodatne raziskave v fazi vzdrževanja in sanacije.

SKLEP

Pri večjih geotehničnih projektih ima pojavljanje podzemne vode pomembno vlogo, saj v veliki meri vpliva na stabilnost brežin in drugih konstrukcijskih elementov. Zaradi njenega pojavljanja se lahko posamezni geotehnični objekti zelo podražijo. Vpliv podzemne vode na ceno objekta pa je še posebej očiten tam, kjer problemi povezani s podzemno vodo v projektni fazi niso bili predvideni.

Pri manjših geotehničnih objektih problemi povezani s podzemno vodo ne zahtevajo sodelovanja hidrogeologa, če pa je to sodelovanje nujno, ga hidrogeolog praviloma razreši s hidrogeološkim mnenjem. Pri večjih hidrotehničnih objektih pa je sodelovanje hidrogeologa skoraj zmeraj zaželeno. V takšnih primerih se je potrebno zavedati, da tudi hidrogeološke raziskave terjajo faznost, predvsem pa čas, saj je podzemna voda časovno in prostorsko variabilen pojav, za katerega potrebujemo nekaj časa, da ga spoznamo. Zaradi te variabilnosti je hidrogeologe smiselno vključiti že v začetne, zgodnje faze projektov. Le na ta način je moč zasledovati časovni razvoj hidrogeoloških pojavov.

Za učinkovito napovedovanje hidrogeoloških razmer, ki bodo vladali med gradnjo in vzdrževanjem geotehničnega objekta, je potrebno postaviti zanesljiv, razumljiv in učinkovit hidrogeološki model. Ta model mora hidrogeolog postaviti tako, da bo razumljiv odgovornemu geomehaniku, hkrati pa tudi tako, da bo omogočal odgovoriti navprašanja, ki se navezujejo na reševanje geotehnične problematike povezane s podzemno vodo.

VIRI IN LITERATURA

- Brenčič, M., 1999: Hidrogeologija slabo prepustnih kamnin v Sloveniji. Geološki zbornik 14, str. 6 –7, Ljubljana.
- Brenčič, M., 2000: Vloga in pomen hidrogeoloških raziskav v cestogradnji. 5. slovenski kongres o cestah in prometu, zgoščenka, Ljubljana – Bled.
- Brenčič, M., 2001: Vpliv podzemne vode na stabilnost brežin – hidrogeološke razmere na predvokopu Stanjevcu. v: Svetličič, S. (ed.) Geotehnika pri gradnji prometnic, MEGRA, Gornja Radgona, 233 – 243.
- Bromhead, E.N., 1992: The stability of slopes. Blackie Academic & Professionals, 411 pp., London.
- Kočevar, M., Lapanje, A., Prestor, J., Budkovič, T., Ogorelec, B., Sotlar, K., 2001: Poročilo o geoloških, hidrogeoloških in geomehanskih raziskavah na plazu Slano blato – Lokavec. Geoinženiring d.o.o., Geološki zavod Slovenije. Neobjavljeno poročilo v arhivu Geološkega zavoda Slovenije.
- Veselič, M., 1984: Hidrogeologija. Fotokopirana skripta – Oddelek za geologijo, Univerza v Ljubljani.