



PRIMJENA GEOSINTETI KIH MATERIJALA KOD IZGRADNJE VJEŠTA KIH AKUMULACIJA NA NEKIM PRIMJERIMA IZ BIH

mr. **Amer Džindo**, dipl.inž.geol.
„Geoworks“ d.o.o. Tuzla

Sažetak: Pojava geosinteti kih materijala vezana je težnju da se stvore vješta ki materijali koji bi po svojim funkcijama zamjenili neke prirodne materijale. Osnovna uloga im je da ugra eni u tlo doprinose poboljšanje osnovnih osobina tla. Njihovom primjenom štedimo prirodne materijale a pojedine gra evinarske radove inimo dosta jednostavnijim i funkcionalnijim. Ugra eni u tlo naj eš e obavljaju ulogu armiranja, separiranja, dreniranja, filtriranja i brtvljenja tla. Brtvljenje tla, odnosno osiguranje vododrživosti – vodonepropusnosti tla, vrlo je složen graditeljski zadatak ali se on sasvim jednostavno i efikasno može riješiti primjenom geosinteti kih materijala prvenstveno geomembranama. Primjenom geomembrana, kao osnovnog brtvenog sloja, izgra ene su mnoge vješta ke akumulacije, razli itih namjena i u razli itim klimatskim uvjetima kao i na razli itim geografskim (svjetskim) destinacijama.

Ključne riječi: geosintetici, primjena, vješta ke akumulacije

APPLICATION OF GEOSYNTHETIC MATERIALS IN THE CONSTRUCTION OF ARTIFICIAL RESERVOIRS IN SOME CASES FROM BOSNIA AND HERZEGOVINA

Abstract: The emergence of geosynthetic materials is related to the effort to create artificial materials as a substitute for some natural materials. The primary role of these materials is to improve the basic properties of the soil, which is accomplished by installing it in to ground. Application of these materials saves natural resources and simplifies some construction work. These materials, when incorporated into the soil, usually play the role of reinforcement, separation, drainage, filtration and sealing. The water-tightness of the soil is very complex construction task but it can be simply and efficiently solved by the application of geosynthetic materials and primarily geomembrane. Many artificial reservoirs, for different purposes, in different climates and on different geographical (international) destinations, are built by using the geomembrane as the main sealing layer.

Key words: geosynthetics, application, artificial reservoirs



1. OP ENITO O GEOSINTETI KIH MATERIJALIMA

Primjenom novih tehnologija uvijek je koriste i ste ena iskustva, u radu s prirodnim materijalima, namjenski po eo proizvoditi vješta ke materijale ijom je primjenom mogao zna ajno poboljšati kvalitativna svojstva prirodnih materijala, ostvariti uštedu prirodnih materijala ali i njihovu dugoro nu zaštitu. Jednim od takvih tehnoloških razvoja, sredinom prošlog stolje a nastali su geosintetski materijali u prvom redu geotekstili. Geotekstili su svojom jednostavnoš u primjene i ostvarenim efektima vrlo brzo trasirali put novim geosintetskim materijalima prije svega geomrežama, geomembranama i geokompozitima. Svi ti materijali tijekom posljednjih 60-tak godina našli su u raznim segmentima gra evinarstva veliku primjenu koja je iz godine u godinu u stalnoj ekspanziji kako u pogledu koli ina tako i u pogledu raznovrsnosti materijala i polja njihove primjene.

Naziv geosintetici nastao je kovanicom rije i geos (zemlja) i syntethic (vješta ka tvorevina). Generalno oni predstavljaju vješta ke materijale proizvedene primjenom razli itih tehnologija i sirovina a u cilju poboljšanja, zaštite i uštede prirodnih materijala u razli itim segmentima gra evinarstva a posebno u niskogradnji i izgradnji hidrotehni kih objekata. Ugra eni u tlo geosintetski materijali, shodno vrsti i namjeni, obavljaju neke od osnovnih funkcija od kojih su naj eš a armiranje, filtriranje, razdvajanje, dreniranje, brtvljenje i sl.

Razvojem i usavršavanjem geosinteti kih materijala izme u ostalog se u mnogome pojednostavila izgradnja vodenih akumulacija i to posebno prostorno manjih akumulacija vrlo razli itih namjena. Primjenom odre enih vrsta geosinteti kih materijala, prvenstveno geomembrana, može se posti i prakti no apsolutna nepropusnost podloge na kojoj se formiraju akumulacije što omogu ava izgradnju akumulacija i na terenima koji u osnovi nisu pogodni za njihovu izgradnju. Navedeno je dovelo do izgradnje velikog broja vješta kih akumulacija na razli itim svjetskim destinacijama, sa razli itim namjenama, u razli itom meteo-klimatskim uvjetima i na razli itim kategorijama terena. U posljednjih 15.-tak godina na podru ju BIH je izgra eno više desetina razli itih vješta kih akumulacija od kojih neke predstavljaju vrlo zahtjevne i atraktivne objekte razli itih namjena.

2. VRSTE I NAMJENE GEOSINTETI KIH MATERIJALA

Geosintetici su generalno gledaju i proizvodi izra eni od sinteti kih-vješta kih materijala koji su za relativno kratko vrijeme napravili pravu revoluciju u gra evinarstvu. Ameri ko društvo za testiranje i materijale (ASTM) u normi D4439 definiralo je geosintetike kao proizvode na injene od polimernih materijala koji u kombinaciji sa zemljom, stijenom ili drugim sli nim geotehni kim materijalom mogu postati integralni dio ovjekove djelatnosti odnosno dio odre ene strukture ili sustava. Geosinteti ke materijale ine: geotekstili, geomreže, geopletiva, geomembrane, bentonitni tepisi, geocijevi i geokompoziti.

Navedeni materijali se pretežno izra uju od polimernih materijala od kojih su najvažniji:

- **PE** (polyethylene) – polietilen
- **PP** (polypropylene) polipropilen
- **PES** (polyester) – poliester
- **PET** (polietilen terephthalate)
- **PVC** (polyvinil chloride) polivinil hlorid
- **PA** (polyammide) poliamid
- **EPDM** (etylen propylene diene monomer)



- **FPO** ili **TPO** (thermoplastic flexible polyolefin) ...

U praksi razlikujemo različite vrste geosintetičkih materijala koje većina autora (stručnjaka) svrstava u osnovne četiri kategorije i to: geotekstile, geomreže, geomembrane i geokompozite unutar kojih su mnogi različiti tipovi po osnovu materijala i tehnologije izrade.

Prema prijedlogu udruženja IGS (International Geosynthetics Society – Internacionalno udruženje geosintetičara) za definiciju osnovnih tipova proizvoda iz oblasti geosintetičkih materijala koriste se slijedeće slovnice i oznake (simboli):

- **GT** (geotextile) – geotekstili
- **GG** (geogrid) – geomreže
- **BT** (biotextile i biomat) biotekstili i biomati
- **GA** geomat
- **GL** geocell
- **GN** geonet
- **GCD** geosintetici za drenažu
- **GCL** geosintetičke bentonit membrane
- **GM** geomembrane
- **GMS** sintetičke geomembrane
- **GMB** bitumenske geomembrane

Bez obzira na materijalni sastav i tehnologiju izrade svaki od geosintetičkih materijala ima i odgovarajuće polje primjene ili bolje rečeno svoju funkciju u tlu a osnovne funkcije su:

- Separacija
- Filtracija (dreniranje)
- Zaštita pokosa od erozije
- Osiguranje vodonepropusnosti (brtvljenje)
- Ojačanje tla (stabilizacija - poboljšanje nosivosti i stabilnosti)

Svaki od geosintetičkih materijala može imati više funkcija ali se za svaki od njih znaju one dominantne kao što je filtracija za geotekstile, armiranje (ojačanje) za geomreže i brtvljenje (vodonepropusnost) za geomembrane.

Funkcija brtvljenja tj. osiguranja vodonepropusnosti najviše je odlika primjene geomembrana i one kao takve predstavljaju osnovni brtveni sloj u izgradnji vještačkih akumulacija. Namjene akumulacija uglavnom usmjeravaju opredjeljenje za vrstu i tip geomembrane koja će u konkretnom slučaju biti primjenjena. Uz geomembranu se uglavnom, u okviru brtvenog sloja, pojavljuju geotekstili koji uglavnom imaju ulogu neposredne zaštite geomembrane od neželjenih fizičko-mehaničkih oštećenja. Kod kompleksnih dodatno ojačanih brtvenih slojeva svoju primjenu mogu imati i geomreže koje u tom slučaju imaju prvenstvenu ulogu ojačavanja podloge (dna) buduće vještačke akumulacije.

Ugradnja geomembrana se vrši uglavnom varenjem (vrelim zrakom) i ljepljenjem što zavisi od vrste materijala od koga je geomembrana izrađena. Manje akumulacije se često rade od tzv. geomembranskih plahti većih površina njihovim jednostavnim polaganjem na pripremljeno tlo bez potrebe dodatnih spajanja jer se radi o jednom komadu.



3. PRIMJENA GEOSINTETI KIH MATERIJALA PRI IZGRADNJI VJEŠTA KIH AKUMULACIJA U BIH

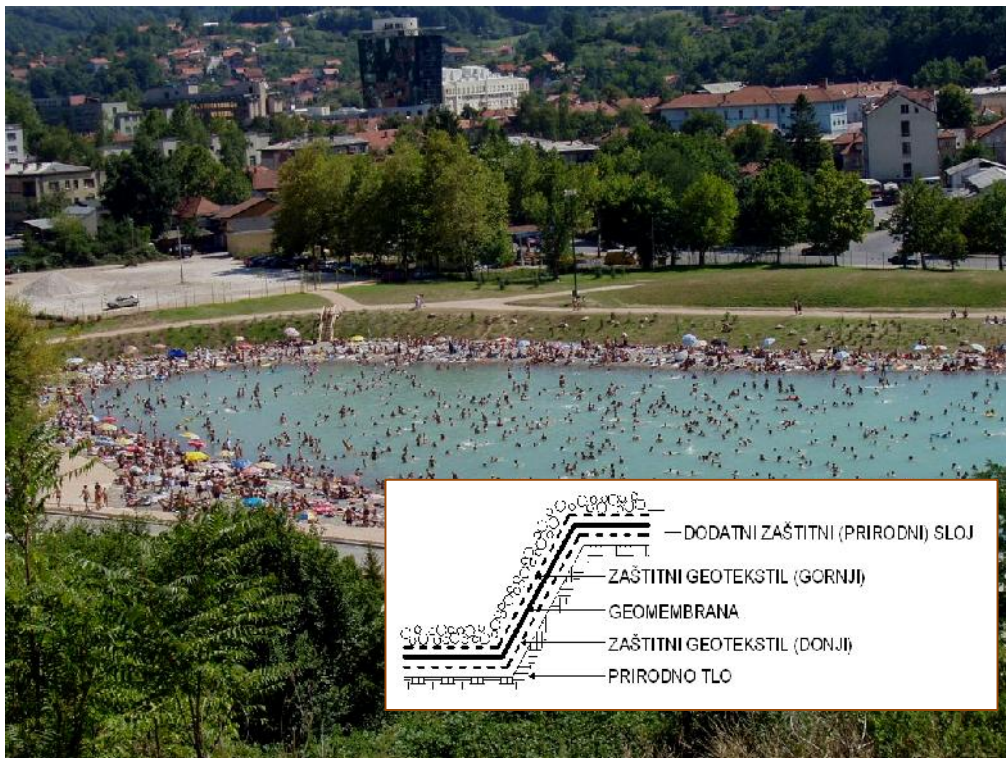
Geosinteti ki materijali i pored njihove dugogodišnje (preko 60 godina) primjene u svijetu još uvijek imaju vrlo malu primjenu na teritoriji BiH. Uzevši u obzir sve vrste geosinteti kih materijala može se konstatirati da najve u primjenu imaju geotekstili a zatim geomreže i geomembrane. Zna ajnije primjene geosinteti kih materijala u BiH vezane su za izgradnju prvih sanitarnih deponija otpada (Sarajevo, Zenica, Mostar, Srebrenik, Bijeljina, B.Luka, ...) te za izgradnju prvih dionica auto puta (koridor Vc).

Zahvaljuju i izgradnji prvog Panonskog jezera u Tuzli (2003.god.) došlo je do zna ajnije primjene geomembrana na podru ju BiH pri izgradnji nekoliko zna ajnih i funkcionalno razli itih vješta kih akumulacija vode od kojih se izme u ostalih izdvajaju: Panonska jezera II i III u Tuzli, akumulacije za vješta ko osnježenje na Bjelašnici i Jahorini, akumulacija za tvornicu vode Plazulje-Br ko, ambijentalne akumulacije u okviru luksuznih naselja u Hadži ima i Ilijašu, akumulacija za navodnjavanje plantaže borovnica u Živinicama, nekoliko manjih ambijentalnih akumulacija (Hadži i, Niši i I i II) i sl. Osim navedenog posebno dizajnirana PEHD geomembrana je korištena za složeni projekt sanacije betonske brane jezera „Modrac“ kod Lukavca.

3.1. Panonska jezera u Tuzli

Jedna od prvih, ve ih i po svojoj namjeni i atraktivnosti najzna ajnijih, vješta kih akumulacija u BiH je svakako Panonsko jezero I u Tuzli. Ovo jezero je izgra eno 2003. godine na vrlo nepovoljnom dijelu terena koje je desetlje ima bilo izloženo procesu slijeganja što je uzrokovano stoljetnom eksploatacijom soli i slane vode (slanice) iz solnih naslaga koje su jednim dijelom smještene ispod grada Tuzla. Jezero je bilo prvobitno zamišljeno kao ambijentalno (unutar gradskog parka) ali je odlukom tadašnje gradske vlasti promijenjeno u jezero za kupanje. Osnovna ideja vodilja je bila da jezero predstavlja simboli ki „reinkarnaciju“ Panonskog mora koje je i osnovni razlog postojanja solnih naslaga na širem podru ju Tuzle. Obzirom da je lokacija jezera bila smještena u tzv. središnjoj zoni slijeganje terena u gradu Tuzla izgradnja jezera nije mogla biti realizirana primjenom standardnih gra evinskih materijala prvenstveno zbog velikih slijeganja površine terena (>10 cm/god). Iz tog razloga izgradnja školjke jezera izvršena je primjenom više razli itih geosinteti kih materijala i to tkanog geotekstila i dvoosne geomreže s ulogom oja anja-armiranja tla te zaštitnog netkanog geotekstila i PEHD geomembrane s ulogom osnovnog brtvenog sloja. U cilju postizanja prirodnosti jezera osnovni brtveni sloj je prekriven prirodnim rije nim šljunkom koji je prethodno ispran od raznih one iš enja.

Jezero je površine nešto više od 1 ha sa maksimalnom dubinom u centralnom (ispusnom) dijelu od cca 1,45 m. Voda u jezeru je slana a dobiva se kombinacijom slatke vode iz industrijskog cjevovoda (voda iz Jezera Modrac) za potrebe obližnjeg rudnika soli (Tetima) te slanice iz solne bušotine u neposrednoj blizini Panonskog jezera. Voda u jezeru odgovara salinitetu morske vode. Temperatura jezerske vode u kupališnoj sezoni je za par stupnjeva toplija od morske zbog male dubine jezera a samim tim olakšanog zagrijavanja vode. Jezero je tijekom jednog dana znalo posjetiti i koristiti više od 10.000 gostiju (kupa a). Održavanje kvalitete vode u jezeru se vrši automatski u zatvorenom (kružnom) sustavu pre iš avanja vode koji je smješten u posebnom objektu neposredno uz jezero. Vremenom se, tako er automatski, vrši dodavanje vode u jezero zbog realnih gubitaka.



Slika 1. Izgled Panonskog jezera I s karakterističnim presjekom iz koga se vidi pozicija i tip geosintetičkih materijala koji su korišteni za izgradnju školjke jezera

Efekt izgradnje Panonskog jezera I, koji je bio iznad očekivanja, prouzročio je naknadnu izgradnju još dva jezera u njegovom okruženju i to Panonsko jezero II (2008.god.) i Panonsko jezero III (2012.god.). Kod oba jezera su školjke jezera također izgrađene od geosintetičkih materijala ali s nešto jednostavnijom konstrukcijom (sl.2). Razlika novih jezera u odnosu na prvo jeste u dubini, prisustvu betonskih elemenata u školjki jezera te dodatnim sadržajima oko jezera (tobogani, mlaznice, preljevi i sl.) što je posebno izraženo kod Panonskog jezera III koje više podsjeća na klasične bazene.

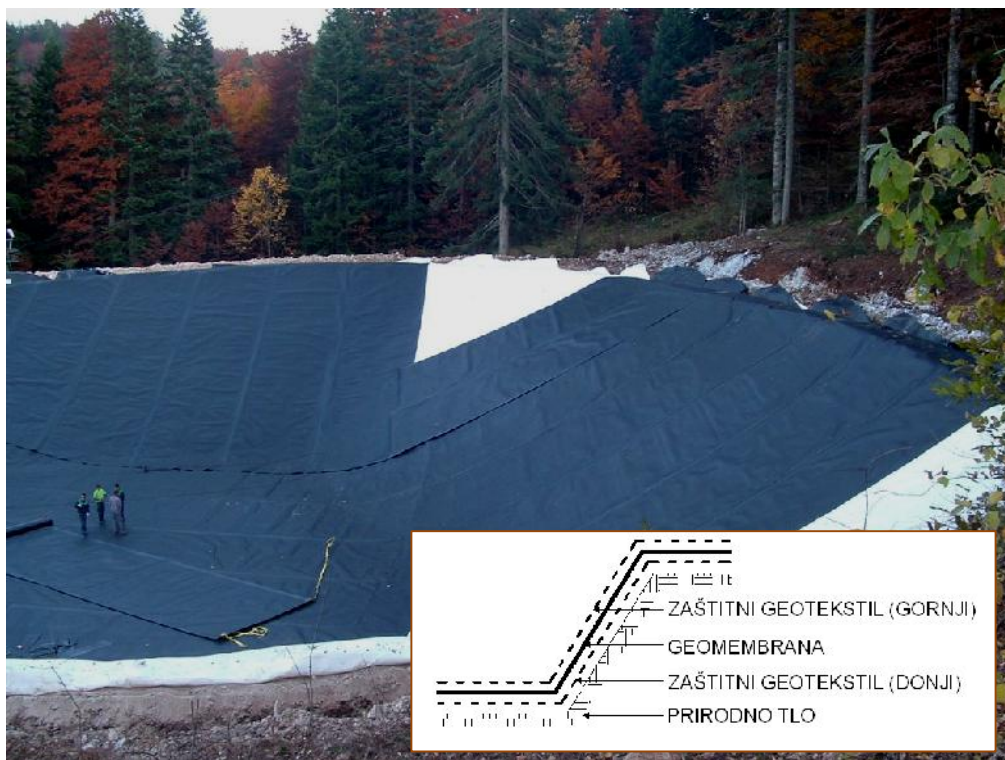


Slika 2. Izgled Panonskog jezera II (tijekom gradnje) i Panonskog jezera III



3.2. Akumulacija za vješta ko osnježenje na Bjelašnici

U poznatim svjetskim zimskim centrima sve se manje dopušta da zimska-skijaška sezona zavisi od prirodnih meteo uvjeta prije svega od snježnih padalina i debljine snježnog pokrivača. Shodno tome u posljednje vrijeme izgrađena je bezbroj akumulacija vode koje imaju jedinu ulogu da osiguraju dovoljnu količinu vode za proizvodnju vješta kog snijega pomoću tzv. vodenih-snježnih topova a cijeli sustav se naziva vrlo jednostavno – vješta ko osnježenje. Pionirski poduhvat u ovom smislu u BiH je nađen na planini Bjelašnici (slika 3) gdje je na nadmorskoj visini od cca 1365 m izgrađena vješta ka akumulacija vode koja je imala za cilj osigurati dovoljnu količinu vode za prethodno nabavljene vodene topove te stvoriti uvjete za vješta ko osnježenje glavne skijaške staze. Na ovaj način iskoristivost staze se podiže na ve u razinu a samim tim posjeta turista je ve a jer je smanjen rizik od „praznih dana“ koji nastaju u uvjetima nepostojanja ili nedovoljne debljine tj. kvaliteta snježnog pokrivača. Izgrađenu akumulaciju karakteriziraju strmi nagibi unutrašnjih kosina te značajna dubina (cca 10 m) te činjenica da je akumulacija izgrađena dijelom u iskopu dijelom u nasipu stjenovite dosta strme prirodne padine. Osnovni materijal je zbog načina izgradnje akumulacije dosta heterogenog materijalnog i granulometrijskog sastava s velikom propusnošću. U cilju osiguranja nepropusnosti izgrađene akumulacije izvršeno je polaganje brtvenog sloja po dnu i obodima prethodno iskopane i prostorno uređene akumulacije. Brtveni sloj se sastojao od donjeg i gornjeg sloja zaštitnog geotekstila između u kojih je smješten osnovni brtveni sloj predstavljen slojem geomembrane.



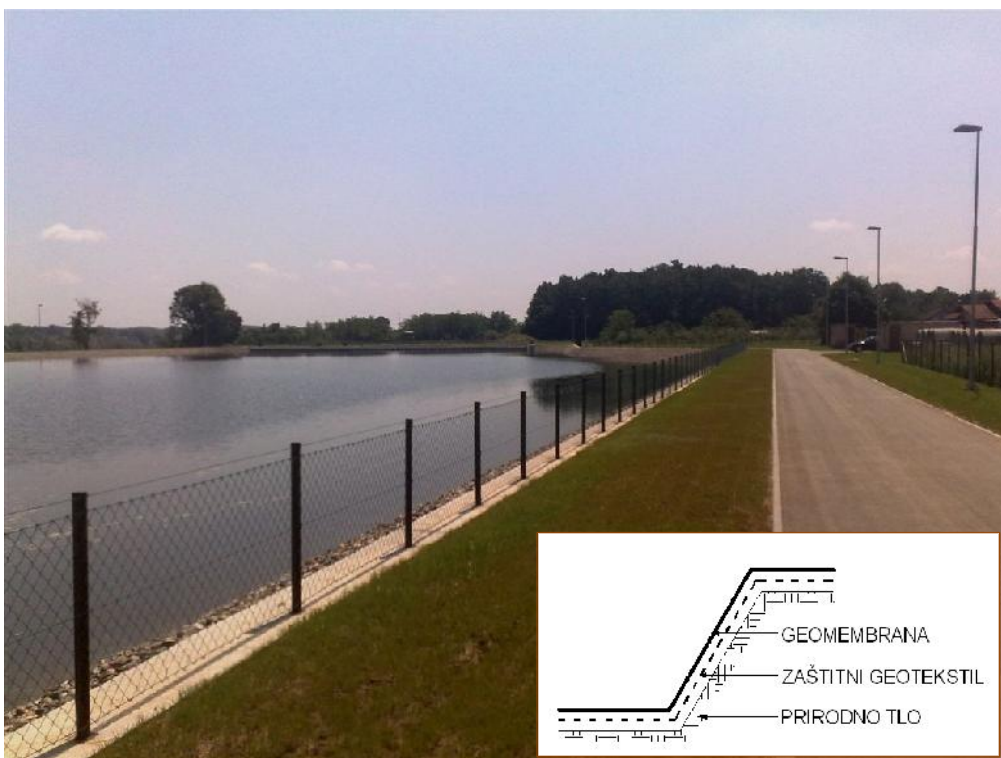
Slika 3. Izgled akumulacije za vješta ko osnježenje na Bjelašnici (tijekom polaganja brtvenih slojeva) s karakterističnim presjekom



Fleksibilnost i jednostavne intervencije na geosinteti kim brtvenim slojevima igrom slu aja najbolje su potvr ene na ovoj akumulaciji. Naime, nakon izvjesnog vremena od aktiviranja i korištenja akumulacije došlo je do samo rušenja velikog stabla uz gornji rub akumulacije i njegovog pada u akumulaciju. Tom prilikom polomljene grane srušenog drveta na nekoliko mjesta su probile osnovni brtveni sloj (geomembranu) što je stvorilo pretpostavke za gubitak vode iz akumulacije. Obaranjem nivoa vode u akumulaciji izvršeno je interventno saniranje (krpljenje) brtvenog sloja u trajanju od nekoliko sati nakon ega je akumulacija poprimila svoju prethodnu funkcionalnost tj. nepropusnost. Ovakve kratke i efektne sanacije nije mogu e izvesti na bilo kom drugom gra evinskom materijalu.

3.3. Akumulacija za fabriku vode u Plazuljama kod Br kog

Jednostavnost ugradnje i prakti no potpuna vododrživost akumulacija izgra enih od geosinteti kih materijala omogu avaju formiranje akumulacija u razli itim terenskim uvjetima i s vrlo razli itim namjenama. Primjena brtvenih slojeva (geomembrana) koji nemaju negativnih efekata ni prema tlu na kojeg se postavljaju (polažu) niti prema vodi koju drže (zadržavaju) omogu avaju izgradnju (formiranje) velikog broja akumulacija širom svijeta koje predstavljaju bitan segment vodo opskrbnih sustava. Jedna od takvih akumulacija je izgra ena uz samu obalu rijeke Save u naselju Plazulje kod Br kog (sl.4) a za potrebe tvornice vode. Uloga akumulacije jeste prihvat voda koje se u nju pumpama „ubacuju“ iz dubljih (iš ih) horizonata rijeke Save. Sama akumulacija predstavlja otvoreni rezervoar vode koja se daljim tehnološkim tretmanima u okviru fabrike vode distribuira u vodovodnu mrežu Br kog.



Slika 4. Akumulacija za tvornicu vode „Br ko-Plazulje“ s karakteristi nim presjekom



Prednost akumulacije je to što se njeno punjenje vodom iz korita rijeke Save može vršiti u povoljnim hidro i meteo uvjetima tj. uvjetima optimalnog kvaliteta vode u rijeci. Tako er, unutar same akumulacije se vrši dodatno strojno pro iš avanje vode, procesima taloženja, te se gornji (dodatno pro iš eni) horizonti vode uzimaju (zahvataju) iz akumulacije za daljnji tretman u okviru tvornice vode.

3.4. Ambijentalna akumulacija na Niši ima

Dosta povoljni financijski uvjeti izgradnje vješta kih akumulacija izgra enih od geosinteti kih materijala uz jednostavnost i brzinu njihovog izvo enja esto dovode i do izgradnje akumulacija za vlastite potrebe u režiji pojedinaca. Jedan od estih ciljeva ovakvih gradnji jeste ambijentalno oplemenjivanje prostora što vodene površine to u potpunosti ostvaruju svojim prisustvom. Od nekoliko izgra enih ambijentalnih jezercica (manjih jezera) jedno od ranije izgra enih (2009.god.) jeste ono koje se nalazi u podru ju Niši a (izme u Olova i Sarajeva). Predmetna akumulacija je prvenstveno izgra ena da upotpuni i oplemeni okoliš (slika 5). Voda u akumulaciji je osigurana prirodnim dotokom izvorskih voda u akumulaciju i njihovo slobodno istjecanje (prelijevanje) iz akumulacije što osigurava efikasan i financijski povoljan sustav vodozamjene. Akumulacija se, osim vizualnog – ambijentalnog efekta, može višenamjenski koristiti i to kao rezervoar vode (tehni ke vode i vode za navodnjavanje usjeva), manji ribnjak, stanište razli itih biljaka i životinja (pataka) pa ak i za kupanje. Na priloženoj fotografiji se jasno uo avaju osnovne namjene izgra ene akumulacije odnosno njen veliki utjecaj na vizualno oplemenjivanje prostora i podizanja nivoa njegove potencijalnosti višestruke primjene.



Slika 5. Ambijentalna akumulacija u naselju Niši i, izme u Olova i Sarajeva



3.5. Ambijentalna akumulacija „Sarajevo Resort“

Fleksibilnost geosinteti kih materijala, izražena mogućnošću kreativnosti kod osmišljavanja akumulacija, različita naknadna obrada (prekrivanje) brtvenih slojeva aduti su i prednosti ovih materijala koji su na području BiH maksimalno iskorišteni kod osmišljavanja (projektiranja) i izgradnje ambijentalnog vrlo zahtjevnog jezera u okviru luksuznog naselja „Sarajevo Resort“ u Oseniku kod Hadžića (slika 6). Naime, nepravilni oblici obala jezera, postojanje otoka unutar jezera, šetnice oko jezera i mosti i koji povezuju nasuprotne obale jezera samo su dokaz mogućnosti kvalitetne i kreativne primjene geosinteti kih materijala za realizaciju jako složenih i zahtjevnih projektnih rješenja. Kod ovog jezera obzirom da se radi o kvalitetnoj terenskom podlozi i odsustvu potrebe za dodatno - zahtjevno korištenje jezera (kupanje, hodanje i sl.) brtveni sloj je rađen na klasičnu inženjersku primjenu dva zaštitna sloja geotekstila (donji i gornji) i osnovnog brtvenog sloja – geomembrane koja je smještena između slojeva geotekstila. Ugradnja osnovnog sloja – geomembrane u slučaju nepravilnih i geometrijski složenih oblika (površina) akumulacija zahtijeva veliku stručnost lica koja vrše ugradnju i njihovo bogato iskustvo sa ugradnjom ovih materijala.

Zbog postizanja prirodnog efekta te zbog dodatne igre svjetlosti na kamenitom dnu plitkog jezera brtveni sloj je prekriven slojem pranog šljunka. Šljunak sam po sebi predstavlja poželjan filterski materijal koji za sebe veže nepoželjnu prljavštinu iz vode. Kada se ukaže potreba za čišćenjem jezera šljunakni zastor treba isprati vodom pod pritiskom kako bi mu se vratila prvobitna istina i sjaj. Vodene površine su formirane na način da njihova dna imaju podužni nagib u jednom pravcu što osigurava poželjno kretanje vode od točke „punjenja“ do točke „pražnjenja“ odnosno prelijeva akumulacije. Ovo je jako bitno u slučaju kada se ukaže potreba za generalnim čišćenjem akumulacije uvjetovana eventualnim prekomjernim onečišćenjem akumulacije (vode ili dna).

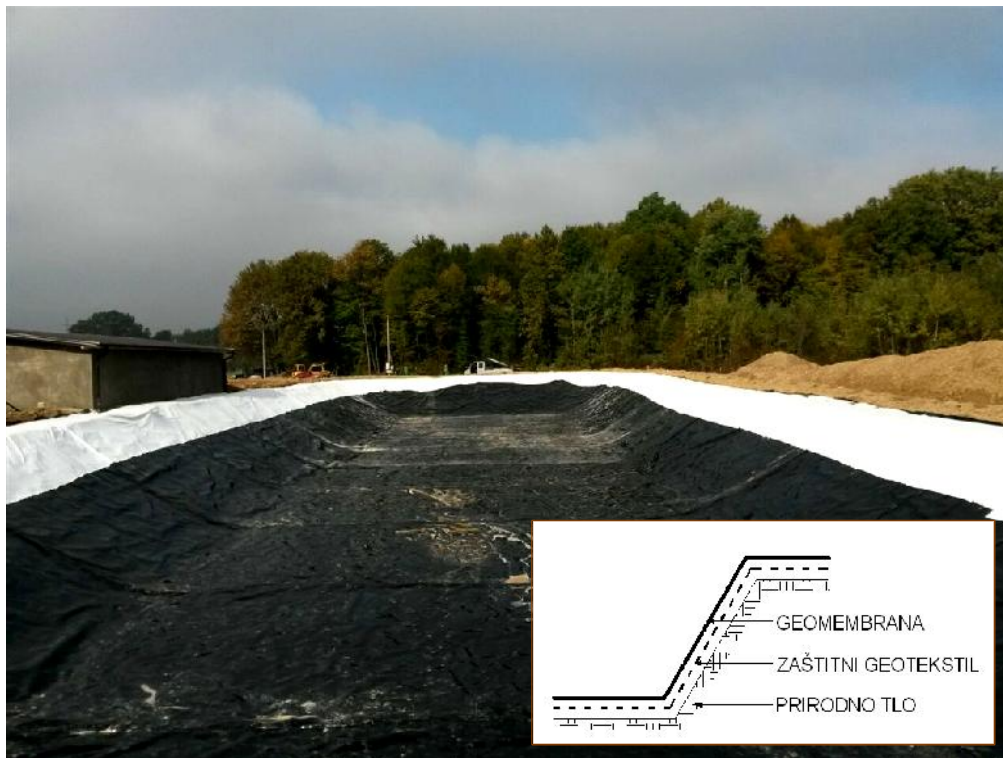


Slika 6. Ambijentalna akumulacija u elitnom naselju „Sarajevo Resort“



3.6. Akumulacija za potrebe navodnjavanja plantaže borovnica kod Živinica

Namjenski ra ene akumulacije predstavljaju akumulacije sa jasno definiranim ciljem njihove izgradnje te uglavnom utvr enom osnovnom tj. jedinom primjenom. Veliku zastupljenost u ovoj kategoriji akumulacija imaju one koje se koriste kao otvoreni rezervoari vode koja se koristi u sustavu navodnjavanja poljoprivrednih i vo arskih površina. Punjenje ovih akumulacija vodom može biti vrlo raznovrsno i to od korištenja oborinskih voda, prirodnih izvorišta, stalnih i privremenih vodotoka, namjenski ra enih bušotina-bunara pa i voda iz vodovodne mreže. U posljednje vrijeme u BiH je izražena sadnja bobi astog vo a pri emu veliku zastupljenost imaju borovnice. Na podru ju Živinica (kod Tuzle) u posljednjih nekoliko godina zasa en je veliki broj sadnica borovnice koja svoj plasman vrlo lako nalazi na europskom tržištu. Interes stranih ulaga a i kupaca je veliki te je tijekom 2015. godine realizirana još jedna velika plantaža borovnica u ijem se sastavu nalazi vješta ka akumulacija (sl.7) koja je sastavni dio suvremenog i kompjuteriziranog sustava navodnjavanja. Punjenje akumulacije vodom vrši se iz obližnjeg bunara (bušotine) koji je namjenski izra en za tu potrebu.



Slika 7. Akumulacija za potrebe navodnjavanja plantaže borovnica u Živinicama



4. ZAKLJUČAK

Izgradnja vješta kih akumulacija primjenom geosinteti kih materijala omogućava da iste možemo graditi na različitim kvalitativnim vrstama tla i na terenima različitim mikromorfološkim karakteristikama. Jednostavnost ugradnje i fleksibilnost geosinteti kih materijala prilikom ugradnje pogoduju formiranju akumulacija složenih geometrijskih oblika i vrlo različitim i neujednanim dubinama što omogućava izraženu kreativnost kod njihovog planiranja odnosno projektiranja. Funkcionalna i tehnološki jednostavna sanacija eventualnih oštećenja na osnovnom brtvenom sloju (geomembrani) i mogućnost njegove nadogradnje su prednosti koje su naročito izražene u slučajevima pojave različitim deformacijama (oštećenja) na akumulacijama ali i u slučajevima potrebe njihove nadogradnje (proširenja ili nadvišenja). Dodaju i ovome znatnu financijsku povoljnost izgradnje ovakvih akumulacija u odnosu na one građene primjenom standardnih (klasičnih) građevinskih materijala jasno je da vješta ke akumulacije građene od geosinteti kih materijala imaju niz prednosti koje ih vremenom čine sve prihvatljivijim od strane investitora bilo društvenog bilo privatnog sektora.

Relativno zaostajanje o kvalitetnoj spoznaji i primjeni geosinteti kih materijala kod izgradnje vješta kih akumulacija na području BiH u mnogome je umanjeno izgradnjom nekoliko desetina takvih akumulacija na području BiH u posljednjih 15-tak godina. Osim ovdje navedenih primjera još je veći broj realiziranih akumulacija koje nisu spomenute a uveliko egzistiraju na različitim područjima BiH i koje svojim postojanjem i funkcionalnošću u polako utiru put novim projektima i novim realizacijama ovakvih akumulacija.

LITERATURA

1. Babić B. i suradnici, *Geosintetici u graditeljstvu*, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb 1995.,
2. M.B. de Groot, G. den Hoedt, R.J. Termaat, Editors, *Geosynthetics : Applications, Design and Construction*, A.A. Balkema, Rotterdam 1996.,
3. Džindo A., Bajtl S., Nikolić T., *Višestruka uloga ugrađene geomembrane u oblogu, odnosno školjku «Panonskog» jezera u Tuzli*, I Savjetovanje geologa Bosne i Hercegovine s međunarodnim sudjelovanjem, Kladanj - Zbornik sažetaka, Udruženje geologa BiH, 2004.,
4. Džindo A., *Vodene akumulacije sa vještačkim brtvenim slojevima*, Naučno-stručni simpozijum GEO-EXPO 2014. Mostar - Zbornik radova, Društvo za geotehniku u BiH, 2014.