

„ RUDARSTVO 2023“

14. simpozijum sa međunarodnim učešćem

Održivi razvoj u energetici i rudarstvu

11. Savetovanje sa međunarodnim učešćem

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

**Zlatibor
30. maj - 2. jun 2023.**

ZBORNİK RADOVA/ PROCEEDINGS

Organizatori:

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina
Privredna komora Srbije

Izdavač / Publisher

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina

Urednik / Editor

Miroslav Ignjatović

Štampa / Printed by

Akademski izdanja, Beograd

Tiraž / Copies

180

Beograd, 30. maj 2023

14. Simpozijum „Rudarstvo 2023“ ***Održivi razvoj u rudarstvu i energetici***

NAUČNI ODBOR

dr Dragan Radulović, ITNMS, Beograd; dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; Beograd; dr Vladimir Šiljkut, JP EPS; Prof.dr Mirko Gojić, Metalurški fakultet, Sisak; prof.dr Grozdanka Bogdanović, Tehnički fakultet; dr Maja Grbić, Elektrotehnički institut “Nikola Tesla”; dr Branislav Marković, ITNMS, Beograd; prof. dr Jovica Sokolović, Tehnički fakultet, Bor; prof. dr Predrag Jovančić, RGF, Beograd; dr Slavica Mihajlović, ITNMS, Beograd; dr Dragana Ranđelović, ITNMS, Beograd; dr Vladimir Jovanović, ITNMS, Beograd; Prof. Snežana Ignjatović, RGF, Beograd; dr Nevad Ikanović, JP Elektroprivreda BiH, prof.dr Omer Musić, RGG fakultet, Tuzla; dr Zajim Hrvat, JP Elektroprivreda BiH; Prof.dr Marina Dojčinović, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd; dr Edin Lapandić, JP Elektroprivreda BiH, dr Rada Krgović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; dr Aleksandra Patarić, ITNMS, Beograd; dr Vladan Kašić, ITNMS, Beograd; dr Branko Petrović, JPEPS, Ogranak RB; Kolubara; mr Jadranka Todorović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; mr Šefik Sarajlić, RMU Đurđevik; dr Dimšo Milošević, RiT „Ugljevik“, Ugljevik; dr Milisav Tomić, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; mr Žarko Nestorović, JPEPS, Ogranak HE Đerdap

PROGRAMSKI ODBOR

dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; Ljubinko Savić, Privredna komora Srbije; Gordana Tomašević, JP EPS; dr Nikola Vuković, ITNMS; Vladimir Vukojević, NIS Gaspromneft; Nataša Malenčić, NIS Gaspromnjeft; Andrea Radonjić, Rio Tinto; Jovica Radisavljević, Zijin Bor Copper doo Bor; Bojan Rakić, JP EPS, Ogranak HE Đerdap, Miliša Jovanović, EMS ad; Prof. dr Milanka Negovanović, RGF, Beograd; Slobodan Mitić, JP PEU, Resavica; Ivan Filipov, rudnik Kovin; Drago Vasović, rudnik Veliki Majdan; Momčilo Dugalić, Jelen Do; Mr Šahbaz Lapandić, rudnik mrkog uglja Banovići

SADRŽAJ / CONTENTS:

Plenarna predavanja / Plenary Presentations

RETKE ELEMENTI I NJIHOV STRATEŠKI ZNAČAJ

Jovan Kovačević, Dragoman Rabrenović, Predrag Mijatović,
Jelena Kokot, Slobodanka Sudar, Nebojša Gavrilović 5

STRATEŠKI PLAN ODRŽIVOG RAZVOJA EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA UGLJA RMU „SOKO“ SOKOBANJA

Sobodan Kokerić, Zoran Aksentijević, Mirko Ivković 16

POVRŠINSKI MODIFIKOVANI ZEOLITI - EFIKASNI ADSORBENTI EMERGENTNIH ZAGAĐIVAČA

Danijela Smiljanić, Aleksandra Daković, Marija Marković,
Milena Obradović i Milica Ožegović 29

ČELIČNI OTPAD - SEKUNDARNA SIROVINA ZA PROIZVODNJU ČELIKA

Mirko Gojić, Stjepan Kožuh, Ivana Ivanić 37

PRIMENA AEROMAGNETSKIH I GRAVIMETRIJSKIH PODATAKA PRI IZRAD GEOFIZIČKOG-GEOLOŠKOG MODELA DELA TIMOČKOG MAGMATSKOG KOMPLEKSA

Snežana Ignjatović 55

ANALIZA KRITERIJUMA VERIFIKACIJE METODA ZA ISPITIVANJE ZATEZANJEM ČELIČNIH ŽICA , UŽADI U RUDARSTVU

Slavica Miletić, Biserka Trumić, Suzana Stanković 78

PRIMENA SKENIRAJUĆE ELEKTRONSKE MIKROSKOPIJE U ISTRAŽIVANJU LEŽIŠTA I PRIPREMI MINERALNIH SIROVINA

Nikola S. Vuković 66

MOGUĆNOST EKSPLOATACIJE METANA IZ LEŽIŠTA RMU „SOKO“ – SOKOBANJA

Duško Đukanović, Nemanja Đokić, Zoran Aksentijević,
Daniel Radivojević, Branislav Stakić 75

ANALIZA KRITERIJUMA VERIFIKACIJE METODA ZA ISPITIVANJE ZATEZANJEM ČELIČNIH ŽICA , UŽADI U RUDARSTVU

Slavica Miletić, Biserka Trumić, Suzana Stanković 88

GEOLOGIJA LEŽIŠTA ZEOLITSKIH TUFOVA SRBIJE

Vladan Kašić, Vladimir Simić, Jovica Stojanović, Ana Radosavljević-Mihajlović,
Slavica Mihajlović, Nataša Djordjević 95

TEHNOLOŠKA ISPITIVANJA PET ALKALNO AKTIVIRANIH UZORAKA BENTONITSKE RUDE „BIJELO POLJE“ – BAR I NJIHOVA PRIMENA U RAZLIČITIM INDUSTRIJSKIM GRANAMA

Dragan S. Radulović, Vladimir D. Jovanović, Dejan Todorović,
Branislav Ivošević, Darko M. Božović, Sonja Milićević, Slavica Mihajlović 110

SMANJENJE RIZIKA OD OŠTEĆENJA KAPITALNE RUDARSKE OPREME IMPLEMENTACIJOM RADARSKOG PRAĆENJA STABILNOSTI KOSINA NA KOPOVIMA ELEKTROPRIVREDE SRBIJE

Dragan Milošević, Ivan Janković, Đorđe Radulović 119

Saopštenja / Contributions

HORIZONTALNA I VERTIKALNA DISTRIBUCIJA TEŠKIH METALA (Cu, Pb, Zn) U LIGNITU KOSTOLAČKO - KOVINSKOG UGLJONOSNOG BASENA Bogoljub Vučković	124
КОЛИКО ДАНАС, ЈУЧЕ СМО МОРАЛИ МИСЛИТИ НА СУТРА Зорица Гојак	134
UTVRĐIVANJE PARAMETRA ODLOŽENE OTKRIVKE I JALOVINE METODOM POVRATNE ANALIZE NA POVRŠINSKOM KOPU GACKO-CENTRALNO POLJE Aleksandar Ateljević, Nenad Lasica, Dušan Nikčević, Nikola Stanić, Aleksandar Doderović	137
POTENCIJALNOST LEŽIŠTA MRKOG UGLJA "SOKO" – SOKOBANJA Miljana Milković, Đorđe Fići, Daniel Radivojević, Zoran Aksentijević, Slobodan Kokerić	151
ODREĐIVANJE ISKORISTIVE VREDNOSTI PRIRODNOG KAPITALA LEŽIŠTA UGLJA "POLJANA" Zorica Ivković, Dejan Dramlić, Dražana Tošić, Boban Branković, Jelena Trivan	163
ПРИМЈЕНА МОДЕЛА УПРАВЉАЊА ДИКОНТИНУАЛНИМ СИСТЕМИМА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ У УСЛОВИМА ПК „БОГУТОВО СЕЛО“ Димшо Милошевић, Владимир Малбашић	172
ORDŽIVOST PODZEMNE EKSPLOATACIJE UGLJA U REPUBLICI SRBIJI Marko Babović, Ivan Janković,, Branislav Babić	193
POZITIVNI I NEGATIVNI UTICAJ HIDROELEKTRANA NA ŽIVOTNU SREDINU Ivana Mitrović	203
EKSTERNI TROŠKOVI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE TOKOM I NAKON PROCESA PROIZVODNJE Boban Turanović	215
GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA MINERALIZACIJA BORA I PRATEĆIH ELEMENATA U VALJEVSKO-MIONIČKOM BASENU RADI DOKAZIVANJA LEŽIŠTA RUDE BORA, SA TEŽIŠTEM NA PROCESU IZVEDENIH TEHNOLOŠKO-METALURŠKIH ISPITIVANJA Branislav Potić, Ana Arifović	220
MOGUĆNOST SMANJENJA EMISIJE CO₂ U TERMoeLEKTRANAMA "EPS-a" U FUNKCIJI ODRŽIVOG RAZVOJA I CIRKULARNE EKONOMIJE Momčilo MOMČILOVIĆ	233
STABILNOST ODLAGALIŠTA JALOVINE NA POVRŠINSKOM KOPU BELI KAMEN NA FRUŠKOJ GORI Radmilo Rajković, Daniel Kržanović, Miomir Mikić, Milenko Jovanović, Stefan Trujić	248
ГЛАУКОНИТСКИ КВАРЦНИ АРЕНИТИ И ЊИХОВА ПРИМЕНА У ОРГАНСКОЈ ПРОИЗВОДЊИ Драгоман Рабреновић, Јован Ковачевић, Маја Познановић Спахихћ, Цветко Живоковић, Јелена Кокот	257
SPECIFIČNOSTI HIBRIDNIH GEOMREŽA Milenko Jovanović, Daniel Krzanović, Radmilo Rajković, Miomir Mikić, Emina Pozega	269
BIOLOŠKA REKULTIVACIJA FLOTACIJSKOG JALIVIŠTA STUBIČKI POTOK U LEPOSAVIĆU Miomir Mikić, Sandra Milutinović, Stefan Trujić, Radmilo Rajković, Milenko Jovanović	278

SISTEM ODBRANE OD VODA POVRŠINSKOG KOPA VELIKI KRIVELJ	
Daniel Kržanović, Milenko Jovanović, Radmilo Rajković, Miomir Mikić, Ivana Jovanović	283
IZRADA DRENAŽNIH KANALA U PODINI PK „DRMNO“, ZAPUNA IBERLAUFOM I POKRIVANJE GEOTEKSTILOM	
Jovan Zdravković, Tomislav Nestorović, Mladen Vojnić Nadežda Stevanović –Petrović	289
POSTUPCI PRIPREME KVARCNOG PESKA I NJIHOV UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU	
Slavica Mihajlović, Nataša Đorđević, Vladan Kašić, Dragan Radulović, Vladimir Jovanović	293
DEMONTAŽA I MONTAŽA RADNOG KOLA TURBINE NA HE ĐERDAP 1	
Aleksandar Čelebić	299
ODRŽIVI RAZVOJ U ELEKTROENERGETICI	
Žarko Nestorović, Petar Nikolić, Dragan Marinović, Bojan Rakić	310
MONTAŽA STATORA GLAVNOG GENERATORA NA HE „ĐERDAP 1“	
Dragan Belonić	316
REVITALIZACIJA AGREGATA A2 NA HE „ĐERDAP 1“	
Radovan Miković	326
ZNAČAJ PROBNO-EKSPLOATACIONE ETAŽE PRI ISTRAŽIVANJU LEŽIŠTA ŽARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKOG KAMENA U CRNOJ GORI	
Darko Božović, Dragan S. Radulović, Branko Vilotijević	337
ANALIZA UTICAJA RUDARSKIH RADOVA NA PROMENE NAČINA KORIŠĆENJA ZEMLIŠTA U ZONI RUDARSKOG BASENA „KOLUBARA“ DALJINSKOM DETEKCIJOM	
Milislav Tomić	344
FLEKSIBILNOST U RADU POSTROJENJA ZA DORADU NA RUDNIKU KOVIN	
Ivan Filipov	355
ZEOLITSKI TUFOVI LEŽIŠTA SLANCI U BEOGRADSKOM DUNAVSKOM KLJUČU	
Vladan Kašić, Jovica Stojanović, Ana Radosavljević-Mihajlović, Slavica Mihajlović, Nataša Djordjević	366
METODOLOGIJA IZDAVANJA ULJA I MAZIVA U POMOĆNOJ MEHANIZACIJI NA PK „DRMNO“	
Filip Todorović	374
UTICAJ SEPARATNOG PROVJETRIVANJA NA POJAVU ENDOGENIH POŽARA U RUDNIKU „PODZEMNA EKSPLOATACIJA UGLJA“ RMU „BANOVIĆI“	
Dž. Dostović; Šefik Sarajlić	382

SPECIFIČNOSTI HIBRIDNIH GEOMREŽA

SPECIFICITIES OF HYBRID GEOGRIDS

Milenko Jovanović, Daniel Krzanović, Radmilo Rajković, Miomir Mikić,
Emina Pozega

Mining and Metallurgy Institute Bor

IZVOD

U oblasti primene geosintetike posebno mesto imaju geomreže. Sa svim svojim specifičnostima u samoj izradi, njihova osnovna podela je po vrsti materijala od kojeg se izradjuju. Postoje geomreže od sintetičkih materijala, geomreže napravljene od prirodnih materijala i hibridni tip geomreža, koji kombinuje karakteristike prva dva tipa. Poseban deo ove oblasti odnosi se na geomreže i geotekstile sačinjene od prirodnih materijala (organskih), što je uz neke varijacije pri upotrebi gradivnog materijala i glavna tema ovog rada. Organske geomreže imaju jedinstvene karakteristike, sastoje se od biološki i hemijski razgradivih prirodnih vlakana. One su dizajnirane da zadrže zemljište u mestu dok se ne uspostavi prirodna vegetacija. Sa druge strane geomreže i geotekstili izradjeni od sintetičkih materijala imaju mnogo veću čvrstinu, elastičnost i trajnost. Kombinovanjem ovih tipova (materijala) geomreža i geotekstila u vidu svojevrsne hibridne tehnologije izrade ovih proizvoda, dobijamo upotrebne parametre pogodne i u domenu očuvanja prirodne sredine i potrebnu mehaničku i vremensku upotrebljivost. Naizgled kontradiktorni zahtevi, primenom ovih hibridnih geomaterijala, mogu biti efikasno ispunjeni.

Ključne reči: *Geosintetika, hibridne geomreže, hibridni geomaterijali, prirodna sredina*

ABSTRACT

Geogrids have a special place in the field of application of geosynthetics. With all their specificities in the production itself, their basic division is based on the type of material from which they are made. There are geogrids made of synthetic materials, geogrids made of natural materials, and a hybrid type of geogrid, which combines the features of the first two types. A special part of this field refers to geogrids and geotextiles made of natural materials (organic), which, with some variations in the use of building materials, is the main topic of this paper. Organic geogrids have unique characteristics, they consist of biologically and chemically degradable natural fibers. They are designed to hold the soil in place until natural vegetation is established. On the other hand, geogrids and geotextiles made of synthetic materials have much greater strength, elasticity and durability. By combining these types (materials) of geogrids and geotextiles in the form of a kind of hybrid technology for the production of these products, we obtain useful parameters suitable for the preservation of the natural environment and the required mechanical and temporal usability. Seemingly contradictory requirements, by applying these hybrid geomaterials, can be effectively fulfilled.

Keywords: *Geosynthetics, hybrid geogrids, hybrid geomaterials, natural environment*

Uvod

Zagađenjem površinskih slojeva zemlje lako dolazi i do zagađenja pod zemljom (u dubljim slojevima). Kako bi se to sprečilo, čovek je počeo težiti ka što efikasnijem rešenju ovog globalnog problema. Geosintetici igraju veliku ulogu u zaštiti zemljišta, bilo da se radilo o odlagalištu otpada, nekom drugom površinskom zagađenju ili degradaciji istog. Rudarski i građevinski radovi se izvode u skladu sa zakonima o rudarstvu i građevinarstvu Republike Srbije. Zakoni su izričiti i obavezujući, te predstavljeni potrebnom tehničkom dokumentacijom. U skladu sa tehničkom dokumentacijom Zakona o rudarstvu, utvrđuje se i obaveza rekultivacije zemljišta, prema važećem Projektu. Dopunom Zakona i njegovim usklađivanjem međunarodnim standardima (EN ISO 10318-1:2015 CEN/TC 189) i članovima (ISO 10318-1:2015 ISO/TC 221) vezanim za ekologiju i bezbednost radova predviđa se uvođenje "novih" mera obezbeđenja i zaštite rudarskih objekata i okoline. Jedna od njih je primena geosintetike, kao (ubuduće) obavezna mera obezbeđivanja rudarskih i građevinskih objekata (odlagališta, obezbeđivanje kosina, nasipa, kanala i dr.). Navedenim standardima (ISO 10318-1:2015 ISO/TC 221) se definišu termini u vezi sa funkcijama, proizvodima, svojstvima i drugim terminima, kao i simbolima koji se primenjuju u geosintetici. Poseban deo ove oblasti odnosi se na geomreže i geotekstile sačinjene od organskog materijala (iz prirode). Organske geomreže imaju jedinstvene karakteristike, sastoje se od biološki i hemijski razgradivih prirodnih vlakana. One su dizajnirane da zadrže zemljište u mestu dok se ne uspostavi prirodna vegetacija. Sa druge strane geomreže i geotekstili izradjeni od sintetičkih materijala imaju mnogo veću čvrstinu, elastičnost i trajnost.

Kombinovanjem ovih tipova (materijala) geomreža i geotekstila u vidu svojevrsne hibridne tehnologije izrade ovih proizvoda, dobijamo upotrebne parametre pogodne i u domenu očuvanja prirodne sredine i potrebnu mehaničku i vremensku upotrebljivost. Naizgled kontradiktorni zahtevi, primenom ovih hibridnih geomaterijala, mogu biti efikasno ispunjeni. [1, 3, 4, 6, 7]



Slika 1. Vodonepropusna geosintetika

Geomreže - materijali, razlike i tipovi

Geomreže su izrađene od polimernih materijala kao što su polietilen, poliester i polipropilen i odlikuju se velikom zateznom čvrstoćom. Prvobitne geomreže pravljene su bušenjem rupa u plahti materijala. Danas se takve geomreže rade takozvanim postupkom ekstruzije. Sada imamo geomreže od poliesterskih vlakana obloženih polietilenom. Mnoštvo neprekinutih vlakana spaja se u nit, koja se tada tka u uzdužnom i poprečnom smeru sa određenim razmakom između rebara a preklopi se dodatno učvršćuju i tada se vrši oblaganje vlakana.

Geomreže se najčešće upotrebljavaju za ojačanje i stabilizaciju slabonosivog tla. Geomreža preuzima delovanje sila i sprečava nastajanje pukotina na novougrađenom sloju asfalta. Treća važna namena geomreža je za zaštitu od erozije tla. Za ovu namenu postoje dvodimenzionalne geomreže koje imaju male otvore oka te trodimenzionalne geomreže. Zavisno od proizvođača, geomreže se mogu razlikovati, ali je njihova primarna funkcija i način delovanja isti.

- apsorbuju kinetičku energiju erozivnih elemenata (kiša, vetar) i stabilizuju površinu zemljišta, stvarajući preko nje brojne mikro-brane,
- čuva seme i materijala hidrosetve na mestu, čak i na strmoj padini zemljišta, što dovodi do uspešnog klijanja semena
- pomaže prodiranju vode kroz zemljište i zadržavanje vlage, što dovodi do boljeg klijanja semena i dobrog rasta trave.

Primena protiverozionih geotekstila, može povećati i podržati efekat kontrole erozije u oblastima sa posebno strmim padinama ili kod podloge podložne eroziji.

Organske geomreže

Najveća uloga vegetacije u zaštiti kosina od erozije i njena stabilizacija, obezbeđena je kada njena površina omogućava uspostavljanje date vegetacije i omogućava da voda teče određenom brzinom i intenzitetom po površini i time onemogućava degradaciju vegetativnog pokrivača. Organske geomreže imaju jedinstvene karakteristike, sastoje se od biološki i hemijski foto degradabilnih prirodnih vlakana. One su dizajnirane da zadrže zemljište u mestu dok se ne uspostavi vegetacija.

Organska geomreža ima sledeće uloge:

- Da apsorbuje kinetičku energije erozivnih elemenata (kiša, vetar)
- Da olakša prodiranje kiše u zemlju
- Da zadrži vlagu od kiše: Pored toga što su eko-saglasne, one mogu da apsorbuju vodu oko pet puta u odnosu na suhu masu
- Omogućava izbegavanje gubitka ili disperziju semena neophodnih za revegetaciju
- Obezbeđuje korenito uspostavljenje biljnih vrsta

- Omogućava kontrolu temperature zemljišta ublažavanjem njenih prirodnih oscilacija: tako da mogu da ublaže ekstremne temperature i stvorite ugodnu mikro-klimu za rast vegetacije.
- Omogućava smanjenje gubitka vlage tla

Organske geomreže su fleksibilnije od većine sintetičkih tipova. To im omogućava da lako slede konturu površine zemljišta. Sposobnost da naprave direktan kontakt između vlakana i zemljišta i omogući razvijanje veze između njih, dovodi do smanjenja gubitka zemljišta za 90% ili više. Pored navedene organske geomreže deluju kao „malč“ i poboljšavaju uspostavljanje vegetacije. Nakon degradacije, ne ostavljaju toksični materijal.

Sintetičke geomreže

Sintetičke geomreže su sintetički proizvodi koji se koriste za stabilizaciju terena. Polimerna priroda proizvoda čini ih pogodnim za upotrebu u zemlji gde su potrebni visoki nivoi trajnosti. U teškim uslovima (kao što su padine sa kritičnim uglom, kanalima sa velikim protokom itd) vegetativni pokrivač, čak i kada je dobro postavljen, neće moći da opstane pod erozivnom snagom vode. Dakle, u svrhu stabilizacije i ojačanja terena, zakonom bi trebalo definisati obavezu korišćenja (postavljanja – ugradnju) geomreža ili geosintetičkih mreža i na taj način povećati otpornost na eroziju a samim tim i zaštitu prirodne sredine. [3, 4, 5]

Vrste materijala - vlakna

Primarna svojstva vlakana

Da bi se vlakna mogla dalje prerađivati u složenije tekstile (materijale) i da bi tekstilni proizvodi zadovoljili predviđenu namenu, vlakna moraju ispunjavati određene zahteve (uslove). Neke karakteristike odražavaju ponašanje vlakana pri delovanju spoljnih sila i uticaja. Tako se mehaničkim osobinama (karakteristikama) opisuje ponašanje vlakana pri delovanju raznih vrsta sila i opterećenja. Fizičke osobine predstavljaju odgovor vlakna na razne spoljne fizičke uticaje, kao što je delovanje toplote, raznih vrsta zračenja, atmosferilija i slično. Druga vrsta osobina je vezana za izgled vlakana, njegove dimenzije i površinske karakteristike.

Finoća vlakana

Finoća je mera za površinu poprečnog preseka vlakna (Tab. 1). Što je ta površina manja, vlakno je finije, što ujedno znači da je i tanje. Prema tome, kod utvrđivanja finoće bilo bi ispravno odrediti veličinu poprečnog preseka. Međutim, vlakna su vrlo fina pa su te površine veoma male i teško merljive, a osim toga različita vlakna imaju poprečne preseke različitih oblika koji su neprikladni za merenje.

Čvrstoća vlakana

Čvrstoća odražava ponašanje vlakana pri delovanju raznih sila i opterećenja. Što su vlakna čvršća to mogu podneti veća opterećenja. Čvrstoća mora biti tolika da omogući neometanu preradu vlakana u različite složenije tekstilne proizvode (prema

nameni) i da osigura dovoljnu trajnost tih proizvoda tokom njihove upotrebe. Da bi se saznala čvrstoća vlakana, meri se najveća sila koju vlakno može podneti tzv. prekidna sila [cN]. Različite vrste vlakana značajno se razlikuju po čvrstoći što je vidljivo iz navedenih podataka (Tab. 1). Valja istaći da i unutar jedne vrste vlakana postoje različiti tipovi čvrstoće. To se, (uglavnom) odnosi na sintetička vlakna od kojih se proizvode tipovi vlakana velike čvrstoće za tehničke primene.

Tablica 1: Čvrstoća vlakana u normalnim uslovima

Vlakno	Čvrstoća [cN/dtex]	Vlakna	Čvrstoća [cN/dtex]
Sirovi pamuk	3 – 4,9	Viskozna – standardni tip	0,7 – 3,2
Laneno	2,6 – 7,7	Viskozna – HWM tip	2,5 – 5
Konopljino	5,8 – 6,8	Poliesterska (PES)	4,6 – 9,5
Jutino	3 – 5,8	Poliamidna (PA)	2,5 – 8,3
Ramijino	5,5	Akrilna (PAN)	2 – 4,5
Svila	2,4 – 5,1	Modakrilna (MAC)	2,5 – 3,5
Vuna	1 – 1,7	Polipropilenska (PP)	3 – 7,5
Azbestno	2,5 – 3,1	Staklena	6,3 – 7,2

Podela vlakana prema poreklu

Prema poreklu sva vlakna se mogu razvrstati u dve grupe – grupu prirodnih i grupu veštačkih vlakana. Unutar svoje grupe prirodna vlakna su podeljena prema vrsti prirodnog izvora u kojem vlakno nastaje, a u grupi veštačkih vlakana razlikujemo vlakna od organskih polimera i vlakna koja su građena od neorganskog materijala. Vlakna od organskih polimera uobičajeno je dalje razvrstati prema poreklu polimera, pri čemu je važno razlikovati veštačka vlakna od prirodnih polimera i veštačka vlakna od sintetičkih polimera.

Prirodna vlakna – Biljna vlakna

- Glavni sastojak biljnih vlakana je **celuloza**. Celuloza se pojavljuje u dva oblika:
 - α -celuloza (glukoceluloza)-glavni sastojak svih biljnih vlakana i
 - β -celuloza (hemiceluloza).

Biokompozitni materijali

Po definiciji **biokompozitni materijal** nije ništa drugo do materijal koji se sastoji od matrice, uopšteno - smole i elementa za pojačanje. Obično govorimo o prirodnim vlaknima koja potiču uglavnom od biljaka ili celuloze. Biokompozitni materijali ili biokompoziti polaze od osnovnog pojma FRP, Plastika ojačana vlaknima, to jest, iz kombinacije polimerne smole i ojačavajućeg vlakna, upotrebom elemenata biljnog

porekla, umesto iskorišćavanja polaznih materijala sintetičkog porekla, koji obično potiču od prerade nafte, zbog čega nisu sigurni za prirodnu okolinu.

Primena geomreža pri merama rekultivacije degradiranog zemljišta

Novi materijali i tehnologije omogućavaju da se u mnogim oblastima rudarstva i građevinarstva ostvaruju značajna poboljšanja u domenu brže, sigurnije, efikasnije izgradnje, osiguravanja, održavanja i sanacije rudarskih i građevinskih objekata, pre svega niskogradnje, iako neki materijali imaju široku primenu u sveri zaštite životne sredine i visokogradnje. Generalno posmatrano, u okviru rekultivacije degradiranih površina potrebno je primeniti tehničke, bio-tehničke i biološke mere.

Tehničke mere doprinose poboljšanju otpornih i deformabilanih karakteristika odlagališta, koje direktno utiču na povećanje erozione stabilnosti kosina.

Bio-tehničke mere, zajedno sa tehničkim merama, doprinose bržem postizanju i održavanju trajne stabilnosti odlagališta.

Bio-tehničke mere podrazumevaju pravilan izbor i primenu vegetacije koja će, zajedno sa tehničkim merama, dovesti do trajne stabilnosti, kako u horizontalnom, tako i u vertikalnom pravcu. Na skoro horizontalnim lokacijama, po završetku tehničkih mera mogu se primeniti biološke mere rekultivacije odlagališta.

Biološke mere podrazumevaju primenu poljoprivrednih i šumskih melioracija, koje doprinose stabilnosti i održavanju rekultivisanih površina, ali su mnogo značajnije sa aspekta revitalizacije prostora i uspostavljanja prirodnih biocenoza. Značajnu ulogu u biološkim merama imaju hortikulture vrste. Biološke mere primenjuju se u završnoj fazi rekultivacije (Sl.2.). Biološka rekultivacija podrazumeva podizanje ratarskih, voćarskih kultura, pošumljavanje...



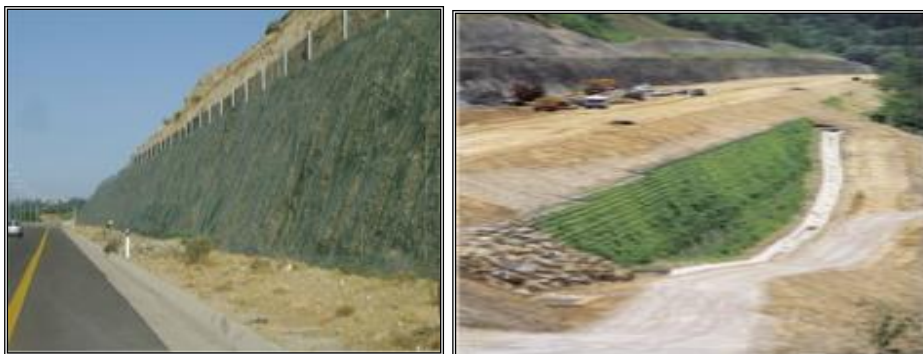
Slika 2. Rekultivacija uz korišćenje geomreža

Kontrola erozionih procesa

Nastanak erozionih procesa zavisi od stepena izvedenosti tehničkih mera i mogućnosti pojave neočekivanih ekcesivnih prirodnih ili antropogenih pojava.

Analizu erozione stabilnosti treba izvršiti uvažavajući: fizičko-mehaničke karakteristike prirodnog tla i odlagališta, pokazatelje filtraciono strujnog toka, verovatnoće pojave velikih voda, geometrije odlagališta, kao i drugih specifičnih

pokazatelja koji mogu uticati na erozionu stabilnost. Na odlagalištima postoje uslovi za nastanak površinskih i unutrašnjih oblika erozije. Neki od površinskih oblika erozije nastaju kao posledica postojanja unutrašnje erozije. Lokacije osetljive na nastanak površinskih oblika erozije su kosine (Sl.3. i Sl.4.) i depresije, nastale kao posledica unutrašnjih erozionih procesa.



Slika 3. Učvršćivanje kosina na bedemima **Slika 4.** Pričvršćivanje tla (uz pomoć vegetacije) kod strmih padina

Nastanak površinskih oblika erozije na kosinama prouzrokuje voda, koja na kosinu dospeva: kao atmosferski talog, isticanjem podzemne vode na kosini, od navodnjavanja, ili njihovog istovremenog delovanja. Voda na kosinama može da prouzrokuje spiranje čestica zemljišta, plastično tečenje, klizanje, odrone ili formiranje jaruga. Sprečavanje površinske erozije, vrši se smanjenjem vode koja dospeva na kosinu, sistemom kanala za odvodnjavanje sa obaveznim obodnim kanalom i drenažom ili geosintetikom. Upotrebom geomreža, površinski sloj zemljišta može se zaštititi od erozije. Postavljaju se i učvršćuju klinovima, a zatim prekrivaju supstratom pomešanim sa semenom trave ili se zatravljivanje vrši hidrosetvom. Drugi način kontrole erozionih procesa je postavljanje geomembrana. Geomembrane proizvedene od prirodnih vlakana jute ili konoplje, sastoje se od prirodnih celuloznih voala kao nosećeg sloja, semena trave i aditiva za ubrzan rast. Ako se ovim merama doda i pravilan izbor vrsta za biotehničke mere, uz njihov pravilan raspored, može se računati na postizanje trajne stabilnosti u funkciji vremena. [1, 9, 10, 11]

ZAKLJUČAK

Primarna funkcija geomembrana i geodrenova na klizištima je dreniranje, dok geotekstil obavlja više funkcija: filtriranje, dreniranje, armiranje i razdvajanje.

Geomreže imaju funkciju armiranja, dok je funkcija geokompozita različita, zavisno od kombinacije sastavnih materijala. Materijali koji su veoma efikasni u sanaciji deponija i degradiranih površina, u našoj zemlji se skoro i ne upotrebljavaju, da li zbog toga što teško prihvatamo novine ili zbog njihove cene? Cena ne može biti odgovor i opravdanje, jer ono što njima čuvamo zapravo – nema cenu. Geosintetika se pokazala kao najefikasniji materijal široke primene. Njeni gradivni elementi obezbeđuju veliki

kvalitet i višenamensku upotrebu u niskogradnji, visokogradnji, rudarstvu, zaštiti životne sredine... Bez obzira na visoku cenu ovih materijala, njihova upotreba je neophodna i u potpunosti opravdana.

Geomreže i geotekstili od organskog materijala (kokosa, jute) predstavljaju prirodno i 100% biorazgradivo rešenje za kontrolu erozije pomoću geomreža ili geotekstilne prostirke od kokosovih vlakana. Organske geomreže imaju jedinstvene karakteristike, sastoje se od biološki i hemijski foto degradabilnih prirodnih vlakana. One su dizajnirane da zadrže zemljište u mestu dok se ne uspostavi vegetacija. Geomreža ili propusni geotekstil pruža prirodan sistem pomoći (poboljšanja karakteristika) zemljištu (tlu, odlagalištu...) i vegetaciji. Zbog velikog broja faktora, koji neposredno utiču na negativne efekte pri rudarskim ili građevinskim radovima, treba napraviti poseban osvrt na primenu i odabir novih materijala (geomreže) i tehnologija u toj oblasti. Primena i odabir tipa i materijala u direktnoj meri utiče i na zaštitu i stabilizaciju površina (kosina) odlagališta i drugih rudarskih objekata, gde odabir vrste i materijala pokrivnog sloja zavisi od odloženog materijala, veličine i oblika samog odlagališta – deponije. Kao, moguće, spasonosno rešenje u mnogim slučajevima, gde se traži efikasan rezultat i na ekološkom i na građevinskom, sigurnusnom, planu obezbedjenja terena egzistira hibridan pristup upotrebe konstrukcionih materijala. Naime upotrebom (kombinovanih – hibridnih) različitih tipova materijala pri izradi geomreža ili geotekstila, možemo rešiti naizgled kontradiktorne zahteve pri njihovoj primeni. Takvi hibridni materijali, koji bi sadržali ukrštene snopove organskog i sintetičkog porekla, mogu u zavisnosti od namene i njihovog međusobnog odnosa biti "idealni kompromis", to jest, spasonosno rešenje. Materijal organskog porekla pozitivno bi uticao na razvoj i očuvanje vegetacije i celokupnog eko sistema, dok bi geosintetički materijali imali primarnu primenu mehaničko stabilizacije prirode, kao višestruko čvršći i vremenski stabilniji materijali. Pored gore navedenog organske geomreže deluju kao „malč“ i time poboljšavaju uspostavljanje vegetacije. Nakon degradacije, oni ne ostavljaju nikakav toksični materijal. Porebno je istaći da takvi materijali imaju veoma široku primenu u oblasti zaštite životne sredine, naročito sprečavanja zagađivanja podzemnih voda i površinskih voda putem kontrole infiltracije, a takođe i kod tretmana i imobilizacije raznih vrsta otpada posebno hazardnog otpada.

Posebnu pažnju u daljem razvoju treba posvetiti upotrebi novih prirodnih materijala i hibridne tehnologije izrade geomaterijala, kao proizvoda budućnosti.

ZAHVALNICA

Napomena: Ovaj rad je finansijski podržalo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, Grant br. 451-03-47/2023-01/ 200052.

LITERATURA

- 1) Nonveiler, E. (1987'): Kliženje i stabilizacija kosina, Školska knjiga, Zagreb
- 2) Veinović, Ž., Kvasnička, P. (2007'): Površinska odlagališta otpada, Interna skripta, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
- 3) Mladen Bogičević - Gradjevinarstvo.rs (03.12.2008.god.)

- 4) SRPS EN ISO 10318:2015 - Geosintetika - Termini i definicije: ISO 10318 (2015')
- 5) Završni rad (2010./2011.): O geosinteticima i primjene kod sanacije odlagališta otpada; Lukavečki Iva (1821)
- 6) <http://geosyntheticssocietiy.org>, 2018.
- 7) Hufenus R., Ruegger R., Flum D., Geosynthetics for reinforcement: resistance to damage during installation, in Proceedings of the 7th International Conference on Geosynthetic. Nice, France, 2002. Lisse: Balkema Publ., vol. 4, 1387-1390, 2002.
- 8) N. Gojković, R. Obradović, V. Čebašek (2008'): Stabilnost kosina odlagališta površinskih kopova; Univerzitet u Beogradu, Rudarsko–geološki Fakultet u Beogradu.
- 9) Mihaela Juras (2017'): Primjena geosintetika u odlagalištu otpada, Završni rad; Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin.