

## Uključi se! Civilno društvo za energetske tranziciju

### Rekultivacija jalovišta rudnika u Boru u funkciji odgovora na klimatske promene

U okviru projekta "Civilno društvo za energetske tranziciju" koji ima za cilj transformaciju domaćeg upravljanja energetske i klimatske politike, kroz povećano učešće civilnog društva u razvoju i praćenju implementacije energetske i klimatske sektora u cilju postizanja nulte emisije gasova sa efektom staklene bašte, energetske nezavisnosti, demokratskog i decentralizovanog reformi, predviđena je i izrada posebne analize "Analiza rekultivacije jalovišta rudnika u Boru u funkciji odgovora na klimatske promene".

Ovaj projekat Beogradske otvorene škole (BOŠ) i Regulatornog instituta za obnovljivu energiju i životnu sredinu (RERI) realizuje u Boru Društvo mladih istraživača Bor kao lokalni partner, a uz finansijsku podršku Britanske ambasade u Beogradu.

Integrirani nacionalni energetske i klimatske plan Republike Srbije za period od 2021. Do 2023. godine sa vizijom do 2050. godine (INEKP) ima za jedan od ciljeva dostizanje ugljenične neutralnosti i smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte (GHG) do 2030. godine za 33% u odnosu na emisije iz 1990 godine. Rudarski sektor sa jedne strane doprinosi globalnim emisijama gasova sa efektom staklene bašte, dok je sa druge podložan uticaju klimatskih promena. Budući da je ova industrija značajan korisnik vodnih i energetske resursa, na koje će uticati promenljivost klimatskih uslova, postoji potreba da se rudarski sektor prilagodi uticajima klimatskih promena. Predviđene promene klime uticaće na čitav sektor rudarstva i kroz više faza životnog ciklusa rudnika, naročito u slučajevima kada se eksploatacija mineralnih sirovina vrši u dužem vremenskom periodu. Mere prilagođavanja na planirane klimatske promene stoga su neophodne u različitim fazama kako bi se osigurala ekonomska održivost eksploatacije i obezbedili uslovi za odvijanje rada rudnika. Uticaj klimatskih promena u fazi zatvaranja, rekultivacije i monitoringa životne sredine po prestanku rudarskih aktivnosti u vezi je sa različitim vrstama potencijalnih rizika, pa je neophodno da mogući efekti klimatskih promena budu razmatrani još u ranoj fazi planiranja rudnika i ugrađeni u planska rešenja i procenu rizika. Klimatske promene su prepoznati amplifikatori zagađenja, pa je potrebno je obratiti naročitu pažnju na ovu činjenicu prilikom izvođenja eksploatacije koja za posledicu ima zagađenje, kao i prilikom planiranja mera sanacije i zaštite od zagađenja.

S obzirom na to da su rudarske kompanije na ovom području najznačajniji potrošači energije i izvori oslobađanja gasova sa efektom staklene bašte i drugih štetnih gasova važno je da iste aktivno učestvuju u uobličavanju i realizaciji planova smanjenja GHG emisija i drugih zagađenja kao i da svojim dejstvom adekvatno odgovore na kompleksne izazove klimatskih promena. Pored uključivanja industrijskog sektora, potrebno je izmenjene klimatske uslove i klimatske projekcije uključiti i u lokalne planove razvoja, kako bi se obezbedila što potpunija implementacija mera.

## **Rekultivacija rudničkih jalovišta –stanje i povezanost sa međunarodnim politikama u oblasti zaštite životne sredine i klimatskih promena**

Rekultivacija rudničkih jalovišta predstavlja meru sanacije posledica rudarenja na životnu sredinu i regulisana je pravnim okvirima. Proces rekultivacije sastoji se iz tehničkog i biološkog dela. Biološka rekultivacija odnosi se na sprovođenje različitih biotehničkih zahvata u cilju oživljavanja degradiranih područja i osnivanje vegetacionog pokrivača koji će podržavati planirani način korišćenja područja u post-eksploatacionom periodu. U eri klimatskih promena i neophodnosti smanjenja emisija gasova staklene bašte za dalji opstanak i razvoj društva, ova mera i načini njene primene dobijaju na značaju.

U odnosu na postavljene Ciljeve održivog razvoja postavljenih u Agendi UN Održivog razvoja do 2030, rekultivacija zemljišta je posebno značajna u odnosu na ciljeve 13 i 15. Cilj 13 - Preduzeti hitnu akciju u borbi protiv klimatskih promena i njihovih posledica odnosi se na aktivnosti poput jačanja otpornosti i adaptivnih kapaciteta zajednica u odnosu na rizike povezane sa klimom i prirodnim nepogodama, integraciju mera vezanih za klimatske promene u nacionalne politike, strategije i planove, kao i poboljšano obrazovanje, podizanje svesti i kapaciteta kako pojedinaca tako i institucija za ublažavanje posledica klimatskih promena. Strategija regionalnog razvoja pod nazivom Zelena agenda za Zapadni Balkan takođe se delom odnosi na klimatske promene i usklađivanje propisa zemalja Zapadnog Balkana u odnosu na evropske standarde i norme. Na nacionalnom nivou, Zakon o klimatskim promenama (Službeni glasnik RS, br. 26/2021) usvojen je u Republici Srbiji 2021. godine. Proces usvajanja relevantnih podzakonskih akata je u toku, a kako je tokom 2022. godine usvojena svega jedna uredba i jedan pravilnik adekvatan pravni okvir za primenu zakona još uvek nije obezbeđen (RERI,2022; MIS, 2022). Kako bi se sprečili dalji negativni uticaji na prirodu i pomoglo njeno obnavljanje, Ujedinjene nacije su u Agendi 2030 formulisale Cilj održivog razvoja 15 "Očuvanje života na zemlji" – održivo upravljanje šumama, suzbijanje dezertifikacije, zaustavljanje degradacije zemljišta i sprečavanje gubitka biodiverziteta. Podcilj 15.3 specifično tretira borbu protiv dezertifikacije, obnavljanje degradiranog zemljišta i dostizanje neutralnosti degradacije zemljišta. Da bi se postiglo rešavanje globalno rasprostranjenog problema degradacije zemljišta Konvencija Ujedinjenih Nacija za borbu protiv dezertifikacije (UNCCD) definisala je stav da je neophodna primena savremenog koncepta neutralnosti degradacije zemljišta (Land Degradation Neutrality-LDN) u borbi protiv dezertifikacije i degradacije zemljišta i ublažavanja posledica suša. Neutralnost degradacije zemljišta predstavlja po definiciji „stanje u kojem kvalitet i kvantitet zemljišnih resursa, koji su neophodni za održavanje ekosistemskih usluga i obezbeđivanje proizvodnje hrane, treba da ostanu nepromenjeni ili poboljšani u okviru određenih prostornih i vremenskih okvira“. U pitanju je prevencija degradacije zemljišta sa aktivnostima za restoraciju degradiranih prostora, uz nultu toleranciju ka gubitku zdravog i produktivnog zemljišta. U konceptu LDN-a minimalni cilj je zaustavljanje dalje degradacije zemljišta na određenoj teritoriji, eliminacija negativnih trendova i stvaranje uslova za popravku osobina/rekultivaciju/sanaciju degradiranih površina. Iako u važećem zakonodavstvu Republike Srbije koncept „Neutralnosti degradacije zemljišta“ još uvek nije eksplicitno prepoznat, uočljiva je jasna tendencija i naponi da se ovaj pristup identifikuje u različitim razvojnim dokumentima (Nacionalni akcioni program za borbu protiv dezertifikacije i degradacije zemljišta i ublažavanje posledica suša na teritoriji Republike Srbije NAP- nacr, 2020).

U cilju očuvanja i obnove svetskih ekosistema, Ujedinjene nacije proglasile su dekadu 2021-2030. UN dekadom obnove ekosistema. U okviru ove agende pokrenuta je globalna inicijativa da se do 2030. godine obnovi 350 miliona hektara degradiranog i ogoljenog zemljišta u svetu. U okviru ovih napora prepoznata je i rekultivacija degradiranih površina, uključujući industrijske deponije i okolna ugrožena područja.

Do sada je u svetu izdvojeno nekoliko osnovnih pristupa biološkoj rekultivaciji (Johnson i saradnici, 1994; Cooke i Johnson, 2002): 1. meliorativni (cilj je obezbediti uslove za rast i razvoj biljaka poboljšanjem fizičkih i hemijskih osobina jalovine dodavanjem odgovarajućih materijala, pri čemu se koriste vrste biljaka koje su dostupne na tržištu); 2. adaptivni (upotreba tolerantnih vrsta, kultivara i ekotipova sposobnih da podnesu ekstremne uslove određenog staništa); 3. poljoprivredni/šumarski (gaje se odgovarajuće poljoprivredne ili šumske vrste u cilju dalje eksploatacije, pristup je odgovarajući za jalovine niske toksičnosti); 4. ekološki pristup (cilj je prvenstveno uspostavljanje najvažnijih bioloških procesa kao što su fiksacija azota, razlaganje organske materije, ciklus kruženja hranljivih materija i drugi, odgovarajući pristup za jalovine visoke toksičnosti).

Prema Zakonu o zaštiti zemljišta, u Republici Srbiji se rekultivacija definiše kao skup mera i aktivnosti za ponovno formiranje zemljišnog sloja i uspostavljanje biljnih zajednica na zagađenim i degradiranim površinama (Službeni glasnik RS, 112/2015). Kada je u pitanju eksploatacija mineralnih sirovina u Srbiji, nosilac eksploatacije je, prema Zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima (Službeni glasnik RS 101/2015, 95/2018 - dr. zakon i 40/2021), "dužan da u toku i po završetku izvođenja radova na eksploataciji ili najkasnije u godinu dana od završetka radova na površinama na kojima su rudarski radovi završeni, izvrši rekultivaciju zemljišta prema projektu tehničke i biološke rekultivacije". Iako zakonom propisana i obavezujuća, rekultivacija se u rudarskim basenima u Srbiji vrši u ograničenom obimu. Prema podacima Randelović (2018), procenat biološki rekultivisanih površina u velikim rudničkim basenima u Srbiji u odnosu na površinu oštećenu rudarstvom relativno je nizak i iznosi 13.6-32%.

Na jalovištima sa područja rudarskog basena Bor zbog pojačanog zagađenja medijuma životne sredine rekultivacija je imala za cilj prvenstveno zaštitu životne sredine i kontrolu erozije. Rekultivacija jalovišta u Boru i Velikom Krivelju vršena je pretežno pošumljavanjem i, nešto ređe, zatravnjivanjem. Na prostorima današnjih jalovišta rude u Boru nekada su se nalazili šumski ekosistemi. Glavni edifikatori ovih šuma bili su sladun (*Quercus frainetto*) i cer (*Quercus cerris*) koji pripadaju klimatogenoj zajednici područja, a devastirani ostaci ovih zajednica (Slika 1) i danas se mogu naći u okolini (Iskustva u ozelenjavanju jalovišta i terasa površinskog kopa u Boru, 1988). Prvi veći radovi započeli su krajem 70-tih godina prošlog veka, uz upotrebu bagrema (*Robinia pseudoacacia*) kao dominantne vrste. Uspešnost rekultivacije bila je ograničena usled dejstva kompleksnih faktora sredine ali i načina zasnivanja ovih zasada, što je uslovlilo pojavu izolovanih i fragmentisanih delova vegetacije na rekultivisanom području (Slika 2). Najveći uspeh u ovakvim uslovima ostvario je bagrem (Randelović, 2010; Žikić et al, 2017), a noviji eksperimenti pokazuju uspešnost još nekih vrsta, poput belog jasena (*Fraxinus excelsior*) i javora (*Acer pseudoplatanus*) (Dožić i saradnici, 2010).





British Embassy  
Belgrade



30 godina BOŠ | BEOGRADSKA  
OTVORENA  
ŠKOLA



Slika 1. Ostaci klimatogenih šumskih zajednica u okolini jalovišta "Veliki Krivelj"



Slika 2. Fragmenti postojećih zasada bagrema na jalovištu rudnika bakra u Boru

Promenom strukture vlasništva i prelaskom Rudarsko-topioničarskog basena Bor u kompaniju ZiJinmining, započeta je nova etapa u rekultivaciji jalovišta na teritoriji rudnika bakra (Slika 3). ZiJinmining group i njene kompanije u Boru izrazile su strateško opredeljenje ka "zelenom rudarstvu" koje uključuje i ozeljenjavanje rudarskih i industrijskih krugova i rekultivaciju odlagališta, jalovišta i drugog degradiranog zemljišta. U toku 2022. godine na području industrijskog kruga kompanije ZiJin zasađeno je 115 900 drvenastih sadnica. Izvršeno je isušivanje jezera Robule nastalog od kiselih procednih voda sa starog jalovišta u Boru, a potom je izvršeno i nasipanje, zatravljanje i pošumljavanje ove površine (Slika 3, slika 4). Izvršeno je i pošumljavanje brana flotacijskog jalovišta Veliki Krivelj sa oko 30000 sadnica crnog bora (*Pinus nigra*) na površini od oko 6.5 ha (Slika 5). U toku 2019-te na ovoj lokaciji posađeno je 42000 sadnica bagrema (*Robinia pseudoacacia*) kako bi se formirao zaštitni pojas od prašine ka selu Oštrej. U narednom period planirana je dodatna rekultivacija 80 ha degradiranih površina u okviru industrijske zone kombinovanim metodama. Potrebno je da kompanije ZiJinmining group sačine i javno objave svoje planove podizanja zelenih površina i pošumljavanja i redovno obaveštavaju javnost o realizaciji takvih programa i planova.



Slika 3. Tehnička rekultivacija i nanošenje plodnog sloja na kipe jalovišta u Boru



Slika 4. Ekološka sanacija jezera Robule



*Slika 5. Nasipanje, zatravljivanje i pošumljavanje područja nekadašnjeg jezera Robule*



*Slika 6. Posađene sadnice crnog bora na jalovištu rudnika u Boru*

SerbiaZiJin cooper doo i SerbiaZiJinmining doo trenutno predstavljaju najznačajnije potrošače energije i izvore emisije GHG na području opštine Bor. Smanjenje uticaja na klimatske promene predviđeno je planom koji je definisala i aplicirala ZiJinminig grupa ([https://www.zijinmining.com/sustainable/Climate\\_Change.htm](https://www.zijinmining.com/sustainable/Climate_Change.htm)). Komponente razvojne strategije kompanije u okviru kojih je razvojen i petogodišnji investicioni plan su i zelena, cirkularna i niskougljenična proizvodnja. U okviru ovih planova, predviđena rekultivacija degradiranih industrijskih površina i njihovo pošumljavanje predstavljaju efikasnu meru ublažavanja posledica klimatskih promena, kao i integralni deo napora za smanjenje emisije gasova staklene bašte usled pojave skladištenja ugljenika od strane šumske biomase. Pored starih odlagališta i jalovišta formiranih u vreme RTB Bor potrebno je u programe rekultivacije uključiti i novoformirana jalovišta i odlagališta u rudniku Čukaru peki.

Na internacionalnom nivou pošumljavanje je jasno prepoznato kao pristup ka ublažavanju uticaja klimatskih promena i promovisano je kao jedna od mera za vezivanje ugljenika. Šumski ekosistemi predstavljaju najveće kopnene ponore ugljenika, čime mogu aktivno uticati na smanjenje GHG emisija. Pored toga, mere sanacije i rekultivacije degradiranih i kontaminiranih zemljišta mogu suštinski pomoći adaptaciji na klimatske promene kroz očuvanje i obnavljanje staništa, popravku osobina zemljišta, smanjenje erozije i obogaćivanje zemljišta organskom materijom, kao i kroz zaštitu drugih prirodnih resursa, poput vazduha i vode.

### **Prilagođavanje na klimatske promene kao izazov u procesu biološke rekultivacije jalovišta**

Tehnike rekultivacije neophodno je prilagoditi savremenim uslovima i predviđenim klimatskim promenama. Uz odgovarajuće stručno planiranje moguće je ispuniti i mere prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove. Uticaj klimatskih promena na planiranje i izvođenje biološke rekultivacije je višestruk i zavisice kako od vrste promena koje se očekuju na određenom području, tako i od prethodno preduzetih mera u procesu eksploatacije i tehničke rekultivacije. Postojeća znanja u rekultivacionim programima su i dalje oskudna i zasnovana



na relativno kratkoj istoriji primene ovakvih programa u praksi. Imajući u vidu neizvesnost u pogledu klimatskih promena i pratećih reakcija bioloških sistema u budućnosti pri planiranju rekultivacije potrebno je osloniti se na fleksibilne pristupe koji daju mogućnost reverzibilnog odlučivanja, poput adaptivnog upravljanja (Millar i saradnici, 2007). Istraživanja upućuju na to da će doći do promene distribucije mnogih biljnih vrsta u čitavom svetu, kao i do promene među dominantnim vrstama u ekosistemima, usled nastupajućih klimatskih promena (Dyderski i saradnici, 2018).

Većina dosadašnjih planova rekultivacije izrađena je na osnovu pretpostavke da su odnosi između hidroloških, edafskih i klimatskih varijabli u kojima bi se projektovani sistem razvijao relativno stabilni. U uslovima nastupajućih klimatskih promena, ova polazna osnova više nije održiva. U tom slučaju, potrebno je napore usmeriti ka procesima koji održavaju strukturu i funkcionisanje ekosistema, kao što su kruženje vode i hranjivih materija, regulacija mikroklimе, obezbeđivanje staništa, povezanost i mozaičnost predela, odnosno primenjivati adaptivni i ekološki pristup rekultivaciji (Randelović, 2020). Prihvatanje funkcionalnosti ekosistema kao primarnog vodiča u rekultivaciji od velike je važnosti u uslovima buduće promene klime (Harris et al., 2006). Pored toga, ekosistemi kreirani u projektima biološke rekultivacije moraju biti otporni na promenu uslova tokom dužeg vremenskog perioda, pri čemu sistem mora ostati sposoban da apsorbuje poremećaje i promene životne sredine uz zadržavanje ključnih funkcija i procesa u ekosistemu. Stoga se nameće kao neophodan novi pristup u rekultivaciji rudničkih jalovišta koji će uvažavati identifikaciju i uključivanje klimatskih promena karakterističnih za oblast u kojoj će se sprovoditi rekultivacija u fazu planiranja, kao i odabir odgovarajućih ekoloških procesa, struktura i vrsta koje mogu da ublaže ove promene i adekvatno se njima prilagode. Biološka rekultivacija postaće u mnogo većoj meri zavisna od hidrološke situacije na terenu i projektovanog vodnog bilansa.

Mnogi ekosistemi pokazuju osetljivost na klimatske promene čak i prema blažim scenarijima globalnog zagrevanja koji predviđaju promene nižeg ili srednjeg intenziteta (Settele i Scholes, 2014). Neke od uticaja vrše postepene promene temperature ili padavina i poremećaji povezani sa klimatskim ekstremima (npr. poplave, suše i požari), zajedno sa drugim pretnjama (poput zagađenja ili moguće najeze patogena). Otpornost ekosistema u kontekstu klimatskih promena zavisice od više faktora, a jedan od njih je i biodiverzitet odnosno genetički diverzitet vrsta na nekom području (Buckley i Niemi, 2011). Iz ovog razloga, potrebno je izbegavati podizanje monokultura na većim površinama. Pored toga, u saradnji sa odgovarajućim institucijama i uz nacionalne smernice, potrebno je voditi računa da se podizanje drvenastih zasada vrši uz korišćenje vrsta otpornijih na klimatske promene.

Teritorija Srbije pretrpeće izvesne promene klimatskih parametara u budućnosti. Rezultati klimatskog modelovanja pokazuju da će godišnja temperatura u Srbiji do kraja 21. veka porasti za 2,6°C prema umerenim scenarijima, ili oko 5,8°C prema pesimističnim scenarijima (Sekulić i saradnici, 2012). Srbija je stoga, sa aspekta rasta temperatura, pogođenija klimatskim promenama od većine evropskih zemalja. Prema podacima Dedijera i saradnika (2007) intenzitet povećanja temperature uz smanjenje količine padavina u periodu od 1951-2000. godine bio je najveći upravo na prostoru istočne Srbije. Predviđa se dalji rast dužine i učestalosti sušnih perioda, naročito na jugoistoku i istoku zemlje (Božanić i Mitrović, 2019). Procenjuje se i

povećanje učestalosti i intenziteta pojave jakih padavina. Imajući u vidu promene klime koje se predviđaju na području Srbije, planiranje i izvođenje rekultivacije na našim prostorima neizostavno će pretrpeti izmene. One se ogledaju u prilagođavanju na promene putem izbora vrsta, agromeliorativnih mera ali i samih ciljeva rekultivacije. Osim toga, predviđene klimatske promene, pogotovu u delu koji se tiče suše i zemljišne suše, upućuju na neophodnost predviđanja mera nege i zalivanja nakon sadnje i setve, u periodu od godinu dana do više godine, kako bi se semena i sadnice zaštitile od isušivanja, kao i planiranje obezbeđivanja potrebnih resursa za tu svrhu. Povećanje intenziteta padavina takođe je predviđeno za područje istočne Srbije, povećavajući značaj prisustva vegetacijskog pokrivača za uvećanje kapaciteta zadržavanja i infiltracije padavina u odnosu na jalovinski materijal.

S obzirom na zvaničnu preporuku intenziviranja rekultivacije zemljišta degradiranog rudarskim aktivnostima putem pošumljavanja, neke od glavnih dugoročnih mera adaptacije na klimatske promene uključivale bi pre svega izbor odgovarajućih drvenastih vrsta otpornih na izmenjene klimatske uslove ili specijalizovanih za uslove koji se očekuju u budućnosti, uvođenje prakse fleksibilnog upravljanja šumama, kao i izgradnju šumskih puteva u svrhu zaštite od požara čija će se učestalost povećati (Drugi izveštaj Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih nacija o promeni klime, 2017). Prostorne analize potencijalnog uticaja klimatskih promena na najzastupljenije vrste drveća u Srbiji pokazale su da će očekivani uticaj biti različit za različite vrste (Stojanović i saradnici, 2014). Negativnom uticaju klimatskih promena biće izložene u prvom redu higrofilnije i frigorifilne vrste. S obzirom na očekivano povećanje prosečne godišnje temperature, izmenu režima padavina i produžetak vegetacionog perioda u Srbiji odabir odgovarajućih vrsta koje će se koristiti u svrhu biološke rekultivacije rudničkih jalovišta postaje jedna od najznačajnijih stavki u postupku planiranja i projektovanja. Pored toga, na kontaminiranim područjima pojačan stres biljaka usled suše, ekstremnih vremenskih pojava i drugih klimatskih parametara može negativno uticati na njihov kapacitet i mogućnost da tolerišu usvajanje metala u svoja tkiva (Rajakumar i saradnici, 2013).

Na samom početku radova na ozelenjavanju raskrivki u Srbiji zbog nedostataka domaćih praktičnih iskustava koristila su se pozitivna inostrana iskustva, što se odrazilo i na izbor vrsta. Iz tog razloga, osnovna vrsta za izvođenje šumske rekultivacije na teritoriji jalovišta rudnika bakra u Boru bio je bagrem. Pokazao se pogodnim za ozelenjavanje ovih površina, u smislu da je na prostoru borskih jalovišta flotacije i raskrivke ostvario melioratorsku ulogu, delujući na karakteristike supstrata, pokretanje mikrobioloških procesa u supstratu i spontano naseljavanje autohtone flore (Randelović, 2010). Bagrem je prepoznat kao jedna od najinvazivnijih vrsta u Evropi, ali i Srbiji (Stojanović et al., 2021b). Budući da je vrsta karakteristična za rane faze sukcesije u svojoj postojbini, kao i da je svetloljubiva vrsta, njeno nekontrolisano širenje vezuje se u prvom redu za otvorena i degradirana šumska staništa. Vrsta utiče na redukciju lokalnog biodiverziteta, a njegov uticaj na količinu i vrstu nutrijenata u podlozi dovodi do promena u vegetaciji koje se ogledaju u smanjenju biljaka specijalista i pojavi generalista, invazivnih i ruderalnih vrsta, kao i probleme pri smenjivanju autohtonim vrstama drveća u daljem razvoju zajednica (Puchalka et al., 2021). Intenzivno je kultivisan za potrebe pošumljavanja i zaštite od erozije, što je doprinelo njegovom širenju u prirodna staništa Evrope, i posledičnom potiskivanju autohtonih vrsta. Istraživanja koja se odnose na promenu distribucije vrsta pod uticajem klimatskih promena ukazuju na veliki broj postojećih potencijalnih staništa za bagrem u Istočnoj

Evropi i na Balkanu (Thurm et al., 2018).

Crni bor je vrsta široko korišćena za pošumljavanja na teritoriji Srbije, naročito na terenima koji su siromašni hranjivim materijama (Ranković, 2009). *P. nigra* je vrsta osetljiva na sušu, koja pokazuje negativan trend rasta drveća u visokoj korelaciji sa povećanom temperaturom i sušom tokom leta, uslovima koji se u budućnosti predviđaju i na području Istočne Srbije. U odnosu na ostale glavne vrste šumskog drveća u Srbiji, procena je da će crni bor biti pod relativno nižim uticajem od posledica klimatskih promena (Stojanović et al., 2014). Sa druge strane, dugoročna prognoza pokazuje da će krajem veka većina staništa *P. nigra* naći izvan sadašnjeg klimatskog ranga (Stojanović et al., 2021b). Savremena i klimatski adaptivni metodi za obnovu šuma i pošumljavanje se u velikoj meri oslanjaju na mogućnost translokacije genotipova i vrsta ka severu (potpomognutu migraciju). Među ostalim faktorima životne sredine, značajnu ulogu će igrati i tolerancija na ekstremne temperature. Zbog razlika u kapacitetu prilagođavanja izazvanih visokim genetskim diverzitetom *P. nigra*, različite provenijencije daju različite odgovore u odnosu na klimatske ekstreme. Istraživanja Ivetić et al. (2021) pokazuju da se, u odnosu na toleranciju na smrzavanje i zagrevanje, grčke provenijencije *P. nigra* mogu uspešno koristiti u srpskim programima pošumljavanja i restauracije. Preporuka je da se u monokulturama crnog bora vrši uspostavljanje populacija sa visokim genetskim diverzitetom. Zbog visoke osetljivosti vrste ka šumskim požarima i osetljivosti na patogene u područjima van svog ekološkog optimuma, pri planiranju rekultivacije ovom vrstom posebnu pažnju potrebno je obratiti na protivpožarne mere i mere zaštite od patogena.

### Značaj integracije rekultivisanih površina u sistem zelenila grada Bora

Ciljevi rekultivacije u budućem periodu moraće da se u izvesnoj meri prilagode održavanju funkcija regionalnih ekosistema po pitanju ublažavanja klimatskih promena, što otvara mogućnost da rekultivisane površine budu projektovane, podignute i održavane tako da predstavljaju integralne delove postojećih i planiranih ekoloških koridora i mreža, omogućavajući veću povezanost prirodnih celina u predelu i tako jačajući sveukupnu otpornost predela na klimatske promene. Posebnu ulogu zeleni koridori i adekvatno planirane i zastupljene zelene površine igraju u industrijskim naseljima. Naime, sanitarno-higijenska uloga zelenih površina industrijskih naselja efikasna je jedino ukoliko one predstavljaju delove celovitog i planski osmišljenog sistema zelenih površina koje prožima naselje, industrijsku zonu i njihovu neposrednu okolinu. Prema statističkom pregledu javnih zelenih površina u SR Srbiji, količina javnih zelenih površina iznosila je ukupno 44,2 ha, odnosno 12,5 m<sup>2</sup>/stanovniku (Vujković, 1992), dok je u Boru ta količina početkom 2000-tih iznosila 55,2 ha, odnosno 13,8 m<sup>2</sup>/stanovniku. Bor se stoga odlikuje većom ukupnom površinom pod javnim zelenilom u odnosu na većinu drugih gradova u Srbiji, ali imajući u vidu njegov izuzetno nepovoljan položaj u odnosu na industriju prerade metala, potreba za što većom količinom zelenila koja bi premašila postojeće normative je izražena.





*Slika 7. Klinasti sistem zelenila grada Bora uz parcijalno rekultivisane delove rudničkih jalovišta u suburbanjoj zoni grada*

Sistem zelenila grada Bora pripada klinastom tipu, i odlikuje ga prisustvo većih zelenih masa koje se u obliku širih i užih `klinova` protežu kroz gradsko tkivo (Slika 7). Klinasti sistem zelenila smatra se najpogodnijim za stanovišta provetranja grada jer omogućava prodor svežih vazdušnih masa. Ovakav raspored zelenila je posebno značajan za Bor koji je smešten na uskom delu rečne doline gde ga planinski vrhovi skoro natkriljuju, pa su prirodni uslovi za strujanje svežeg vazduha suštinski nepovoljni. Zbog odsustva širokih i funkcionalnih zaštitnih pojaseva zelenila između industrijske zone i naseljenih delova grada izraženo je taloženje čestica čađi i prašine sa borskih jalovišta na pravcima duvanja dominantnih vetrova u okviru naselja i njegove okoline. Ni sistem suburbanog zelenila Bora nije celovit, već je duž istočne strane prekinut površinskim kopom i nanosima jalovine na kojima se nalaze izolovani fragmenti zelenila. Nepravilnim nasipanjem jalovišnih kipa u borskom basenu izmenjena je ruža vetrova, što je dodatno uticalo na provetranje grada. Iako je postojanje fragmenata zelenila na borskim kopovima značajno za stanovišta sprečavanja erozije i zaštite od čvrstih čestica prašine sa jalovišta, njihova trenutna ukupna površina nedovoljna je za izraženiji sanitarno-higijenski uticaj na ovom prostoru. Uspešno ozelenjavanje suburbanog dela grada u industrijskoj zoni je iz tog razloga veoma značajna stavka u poboljšanju kvaliteta životne sredine grada Bora. Uspostavljanje celovitog i efikasnog sistema zelenih površina Bora zato podrazumeva i efikasno ozelenjavanje površinskih kopova i jalovišta odnosno njihovu uspešno sprovedenu biološku rekultivaciju.

## Zaključci i preporuke

Na osnovu svega navedenog, jasno je da je u procesu planiranja i izvođenja biološke rekultivacije neophodno uzeti u obzir predviđene klimatske promene. Ovo se naročito ogleda u fazi izbora biljnih vrsta koje će se koristiti u rekultivaciji i koje treba da budu otpornije na klimatske promene, jer će one dati osnovu za razvoj ekosistema koji će u budućnosti bitisati u izmenjenim uslovima sredine.

Pored adekvatnog planiranja i izvođenja biološke rekultivacije na području rudnika bakra u Boru, potrebno je voditi računa u uklapanju u postojeći sistem zelenila i o formiranju ekoloških koridora gde god je to moguće, kako bi se pojačala ukupna rezilijentnost predela ka klimatskim promenama i ekstremnim događajima.

Očekujemo da ZiJin kompanije blagovremeno sačine projekte i programe prema kojima će se vršiti rekultivacija postojećih i budućih degradiranih površina, a koji će uvažavati nacionalne strategije i INEKP. Ta dokumenta potrebno je učiniti što transparentnijim za lokalnu zajednicu i objavljivati periodične javne izveštaje o njihovoj realizaciji.

U izvođenju ovih aktivnosti potrebno je uključiti i lokalnu zajednicu kako bi se dao zajednički doprinos smanjenju efekata gasova sa staklenom baštom i uz udružene napore doprinelo boljem odgovoru kako lokalne zajednice tako i industrijskog sektora na klimatske promene.

Prostornim planovima posebne namene za rudarsku oblast Bor - Majdanpek i eksploataciju donje zone rudnika Čukaru peki kao i urbanističkim planovima čiju izradu finansiraju rudarske kompanije u Boru potrebno je predvideti mere prilagođavanja klimatskim promenama, rekultivacije degradiranih prostora, formiranje zelenih zaštitnih pojaseva i podizanje zelenila u naseljima.

### Korišćena literatura:

Božanić, D., Mitrović, Đ. (2019): Studija o socio-ekonomskim aspektima klimatskih promena u Republici Srbiji, Program Ujedinjenih nacija za razvoj (UNDP)

Buckley and Niemi (2011): Climate Change Implications for Ecological Restoration Planning, in: D. Egan (eds.), Human Dimensions of Ecological Restoration: Integrating Science, Nature, and Culture, The Science and Practice of Ecological Restoration, Island Press

Dedijer, A., Mitrović-Josipović, M., Radulović, E., Dimić, B., Marić, L., Krunić-Lazić, M., Špegar, G., Vidojević, D., Jovanović, M., Veljković, N., Jovičić, M., Redžić, N., Popović, S., Pajčin, N., Lekić, D., Popović, T., Mijović, A. (2007): Environment in Serbia: an indicator – based review, Serbian Environmental Protection Agency, Belgrade

Dožić, S., Đukić M., Bogdanović G., Stanojlović R., Lukić S., Đunisijević-Bojović D., Bjedov I. (2010) : New approach to the reclamation of the old flotation tailings in Bor, Glasnik Šumarskog fakulteta, 101: 35-47

Dyderski, M., Paz, S., Frelich, L., Jagodzinski, A. (2018): How much does climate change threaten European forest tree species distributions?, Global Change Biology,

24(3):1150–1163

Harris, J., Hobbs, R.J., Higgs, E., Aronson, J. (2006): Ecological restoration and global climate change, *Restoration Ecology*, 14: 170–176

Iskustvo u ozelenjavanju jalovišta i terasa površinskog kopa u Boru (1988), Izveštaj, RO ŠK 'Južni Kučaj' Zajebčar, OOUR Šumska sekcija Bor

Ivetić, V., Tsakalidimi, M., Ganatsas, P., Kerkez Janković, I., Devetaković, J. (2021): Freezing and heating tolerance of *Pinus nigra* seedlings from three south to north Balkan provenances, *Sustainability*, 13(16) :9290

Millar, C. I., Stephenson, N., Stephens, S. (2007): Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty, *Ecological Applications*, 17(8): 2145-2151

MIS (2022): Izveštaj iz senke Koalicije 27 „Poglavlje 27 u Srbiji: Korak napred, nazad dva“, Mladi istraživači Srbije, Beograd.

MZŽS (2017): Drugi izveštaj Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih nacija o promeni klime, Ministarstvo zaštite životne sredine

MZŽS (2020): Nacionalni akcioni program za borbu protiv dezertifikacije i degradacije zemljišta i ublažavanje posledica suša na teritoriji Republike Srbije NAP- nacrt

Puchałka, R., Dyderski, M.K., Vítková, M., Sádlo, J., Klisz, M., Netsvetov, M., Prokopuk, Y., Matisons, R., Mionskowski, M., Wojda, T., et al. (2021): Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) range contraction and expansion in Europe under changing climate. *Global Change Biology*, 27: 1587–1600

Rajakumar, M., Prasad, M.N., Swaminathan, S., Freitas, H. (2013): Climate change driven plant–metal–microbe interactions, *Environment international*, 53:74-86

Randelović, D. (2010): Uticaj sredine na razvoj bagrema (*Robinia pseudoacacia* L.) u ozelenjenim delovima jalovišta suburbane zone Bora, Magistarska teza, Šumarski fakultet, Beograd.

Randelović, D. (2017): Reclamation Methods and their outcomes in Serbian Mining Basins, eds. Belić, M., Nešić, Lj., Ćirić, V., Mačkić, K., Congress Proceedings of 2nd International and 14th National Congress of Soil Science Society of Serbia “Solutions and Projections for Sustainable Soil Management”, September 25-28th, 2017, Novi Sad, Serbia, Soil Science Society of Serbia, p. 40-48

Randelović, D. (2018): Reclamation Methods and their outcomes in Serbian Mining Basins, eds. Belić, M., Nešić, Lj., Ćirić, V., Mačkić, K., Congress Proceedings of 2nd International and 14th National Congress of Soil Science Society of Serbia “Solutions and Projections for Sustainable Soil Management”, September 25-28th, 2017, Novi Sad, Serbia, Soil Science Society of Serbia, p. 40-48

Ranković, N. (2009): Afforestation in Serbia in the period 1961-2007 with special reference to Austrian pine and Scots pine, *Glasnik Šumarskog fakulteta*, 99: 115-134

RERI (2022): Analiza zakona o klimatskim promenama: prvih godinu dana sprovođenja zakona o klimatskim promenama u Republici Srbiji, Regulatorni institut za obnovljivu energiju i životnu sredinu, Izveštaj, p. 25

Sekulić, G., Dimović, D., Kalmar Krnajska Jović, Z., Todorović, N. (2012): Procena ranjivosti na klimatske promene. WWF (Svetski fond za prirodu) i Centar za unapređenje životne sredine, Beograd

Stojanović, D., Matović, B., Orlović, S., Kržić, A., Trudić, B., Galić, Z., Stojnić, S., Pekeč, S. (2014): Future of the main important forest tree species in Serbia from the climate change



perspective, South-east European forestry, 5(2): 117-124

Stojanović, V., Bjedov, I., Jovanović, I., Jelić, I., ObratovPetković, D., Nešić, M. Nedeljković, D., (2021a): Odabrane invazivne strane vrste u flori Srbije – građa za izradu nacionalnog propisa o sprečavanju unošenja i širenja invazivnih stranih vrsta i njihovom upravljanju. Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd

Stojanović, D.B., Orlović, S., Zlatković, M., Kostić, S., Vasić, V., Miletić, B., Kesić, L., Matović, B., Božanić, D., Pavlović, L., Milović, M., Pekeč, S., Đurđević, V. (2021b): Climate change within Serbian forests: Current state and future perspectives, Topola/Poplar, 208: 39-56

Randelović, D. (2020): Uticaj klimatskih promena na proces biološke rekultivacije rudničkih jalovišta, Zbornik radova 11. Simpozijuma sa međunarodnim učešćem "Rudarstvo 2020", 8-11. Septembar, Vrnjačka Banja, p. 32-43

Thurm, E. A., Hernandez, L., Baltensweiler, A., Ayan, S., Rasztoivits, E., Bielak, K., Zlatanov, T., Hladnik, D., Balic, B., Freudenschuss, A., Büchsenmeister, R., Falk, W. (2018): Alternative tree species under climate warming in managed European forests. Forest Ecology and Management, 430: 485– 497

Vujković, Lj. (1992): Podizanje i održavanje zelenih površina, u Nikolić, S. (ur.): Šumarstvo i prerada drveta u Srbiji kroz vekove, Savez inženjera i tehničara šumarstva i industrije za preradu drveta Srbije, Beograd

Zakon o klimatskim promenama, Službeni glasnik RS, br. 26/2021

Zakon o zaštiti zemljišta, Službeni glasnik RS, 112/2015

Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima, Službeni glasnik RS 101/2015, 95/2018 - dr. zakon i 40/2021

Žikić, M., Martinović, M., Stojadinović, S., Sokolović, J., Tanikić, D. (2017): Reclamation of Veliki Krivelj minewaste dump Saraka Potok – successfulness analysis, Proceedings of Symposium on Recycling Technologies and Sustainable Development, 13-15. September, Technical Faculty Bor, University of Belgrade, p. 184-188

Napomena: Stavovi i mišljenja izneti u ovom tekstu ne izražavaju neminovno stavove Ambasade, Beogradske otvorene škole i Regulatornog instituta za obnovljivu energiju i životnu sredinu i za njih je isključivo odgovoran lokalni partner projekta