

TEHNIČNO OPAZOVANJE VELIKIH OBJEKTOV – GEODETSKI MONITORING VELIKIH OBJEKTOV IN JEZER V PRIDOBIVALNEM PROSTORU PREMOGOVNIKA VELENJE

TECHNICAL OBSERVATIONS OF LARGE OBJECTS – GEODETIC MONITORING OF LARGE OBJECTS AND LAKES IN EXPLOITATION AREA OF VELENJE COAL MINE

mag. Drago Potočnik, univ. dipl. inž. rud.

drago.potocnik@pvinvest.si

dr. Janez Rošer, univ. dipl. inž. rud. in geoteh.

janez.roser@pvinvest.si

Aleš Lamot, univ. dipl. inž. rud. in geoteh.

ales.lamot@pvinvest.si

PV Invest, d. o. o., Koroška 62 b, 3320 Velenje

izr. prof. dr. Milivoj Vulić, univ. dipl. inž. geod.

milivoj.vulic@guest.arnes.si

Naravoslovnotehniška fakulteta, UL, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana

Strokovni članek

UDK 553.94:622(497.4 Velenje)

Povzetek | Podzemno pridobivanje premoga povzroča nenehne spremembe na površini pridobivalnega prostora Premogovnika Velenje (PV). Lokacija kot tudi velikost ugreznin se spreminjata glede na lokacijo in velikost odkopne plošče v jami premogovnika. Kot posledica odkopavanja so sčasoma nastala tri jezera (Škalsko, Velenjsko, Družmirsko). Meritve globin in velikosti jezer, njihove obale in območja med jezери se opravljajo v skladu z rednim spremljanjem pridobivalnega prostora, kot je predpisano v Zakonu o rudarstvu. Območje med Škalskim in Velenjskih jezerom je stabilno in sanirano, geodetski monitoring pa se opravlja enkrat letno. Te meritve se prav tako izvajajo na obali Družmirskega jezera, varnostni nasip pa ščiti mesto Šoštanj pred poplavami. Med Velenjskim in Družmirskim jezerom je območje aktivne sanacije ugreznin, ki je sproti sanirano, geodetski monitoring pa se opravlja dvakrat letno. V pridobivalnem prostoru PV in njegovi neposredni bližini stojijo objekti PV ter naselja Pesje, Šoštanj, Škale in Gaberke. Z geodetskim monitoringom se spremljajo deformacije na objektih in površini. S stalnim spremljanjem premikov terena in objektov nadzorujemo premike, ki nastajajo kot posledica rudarjenja v pridobivalnem prostoru in njegovi neposredni bližini.

Ključne besede: rudarjenje, ugreznina, rudarsko merjenje, geodetski monitoring, opazovalna mreža, samodejni monitoring sistem GNSS

Summary | The influence area of mining in the exploitation area of Velenje Coal Mine (VCM) is subject to constant changes of the surface. The size and the location of the influence area is changing according to the location and the size of the mining panel

in the excavation caves of the mine. As a consequence of the coal excavation in the mine three lakes (Lake Škale, Lake Velenje, Lake Družmirje) have been formed over time. The measurements of the depths, lake sizes, the shores of the lakes, the area between the lakes and the observation of the total area are carried out according to the regular annual monitoring of the exploitation area, required by the State Mining Act. The area between the Lake Škale and the Lake Velenje is now stable and rehabilitated area, where the installed observation points are observed once a year. The same measurements are also carried out on the southern shore of the Lake Družmirje, which represents the security dike, which protects the city Šoštanj from flooding. The area between the Lake Velenje and the Lake Družmirje is the subsidence rehabilitation area, where the geodetic monitoring is carried out twice a year. Nearby the production area of VCM are also infrastructural facilities of VCM and the villages Pesje, Šoštanj, Škale, and Gaberke. In these areas and in the production area the observation networks of VCM are established for displacement monitoring. By constantly monitoring displacements of terrain and facilities the displacements that arise as a result of mining in the exploitation area and its immediate vicinity can be controlled. Key words: mining, subsidence, mine surveying, geodetic monitoring, observation network, automatic GNSS monitoring system

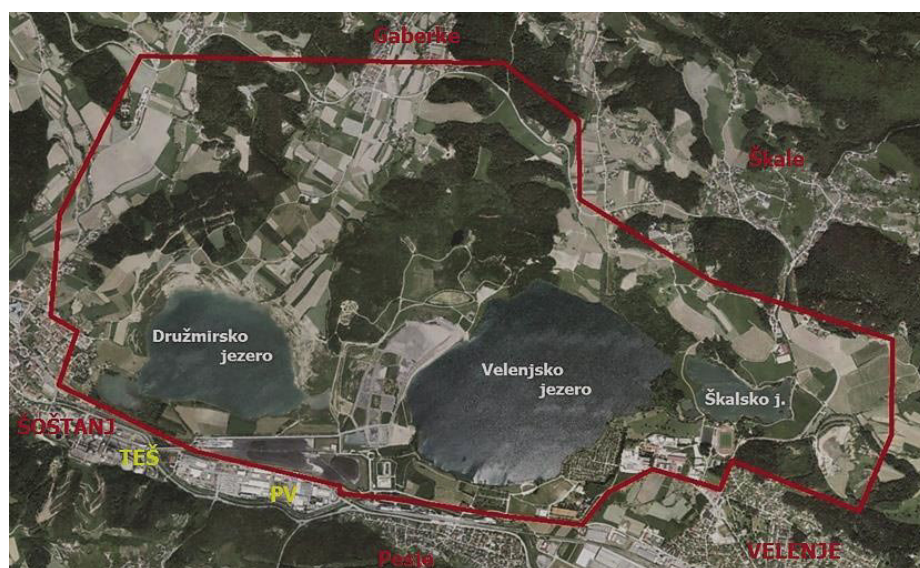
1 • UVOD

Izkopavanje premoga v Premogovniku Velenje traja že več kot 135 let. Proizvodnja premoga danes poteka na povprečno dveh odkopih hkrati, kjer letno nakopljejo približno 4 milijone ton lignita. Lignitni sloj se razprostira po celotni Šaleški dolini v globini do 500 metrov. Debelina lignitnega sloja se giblje od 20 do 160 metrov. Podzemno pridobivanje premoga po Velenjski odkopni metodi (VOM) je glavni razlog pogrezanja terena v pridobivalnem prostoru Premogovnika Velenje, ki leži med mestoma Velenje in Šoštanj (slika 1) (Medved, 2011).

Posedanje terena se na površini pojavi kmalu po začetku izkopavanja na posameznem odkopu. Po končanem izkopavanju z enim odkopom je posedanje terena zaključeno v približno treh mesecih v obsegu 90 % (PV, 2013). Kot rezultat podzemnega pridobivanja lignita v Šaleški dolini so nastala tri jezera. Škalsko jezero je nastalo pred drugo svetovno vojno, Velenjsko jezero leta 1960, Družmirsko jezero pa 1975. Jezera so nastala na različnih nadmorskih višinah, saj teren Šaleške doline pada v smeri od vzhoda proti zahodu (na sliki 1 od desne proti levi). Kot posledica izkopavanja premoga v različnih delih premogovnika (časovno si začetki izkopavanj sledijo: jama Škale, jama Pesje, jama Preloge in florisno na sliki 1 od desne proti levi) so med jezери nastale naravne bariere. Da se je preprečilo prelivanje višjeležečega jezera v nižjeležeče, so bariere začeli vzdrževati

na stalnih višinah. Območje med Velenjskim in Družmirskim jezerom imenujemo območje sanacije ugreznin ali krajše PSU. Površine območja med Škalskim in Velenjskim jezerom niso več pod vplivom izkopavanja premoga in so umirjene. Izkopavanje premoga poteka večinoma pod Velenjskim in Družmirskim jezerom ter pod območjem PSU, kjer se vpliv izkopavanja kaže kot posedanje terena. Za preprečitev prelivanja Družmirskega jezera ob višjih vodostajih je bil na južni obali jezera zgrajen Šoštanjski

nasip. Območje nasipa je umirjeno že od leta 1975. Tehnično opazovanje območij jezer, območij med jezeri in vpliva odkopavanja se v okviru monitoringa pridobivalnega prostora Premogovnika Velenje opravlja že nekaj desetletij (PV INVEST, 2013). Za določitev koordinat točk opazovalnih mrež se izvajajo GPS-meritve (Global Positioning System) izhodiščnih točk opazovalnih mrež. Geodetski monitoring pridobivalnega prostora Premogovnika Velenje (PV) je predstavljen v nadaljevanju.



Slika 1 • Območje pridobivanja premoga med Velenjem in Šoštanjem (rdeča črta je meja pridobivalnega prostora)

2 • GEODETSKI MONITORING PRIDOBIVALNEGA PROSTORA PV

Geodetski monitoring terena in deformacij objektov v pridobivalnem prostoru PV obsegajo meritve opazovalnih mrež, oblik in globlin jezer ter meritve sprememb terena na območju sanacije ugreznin.

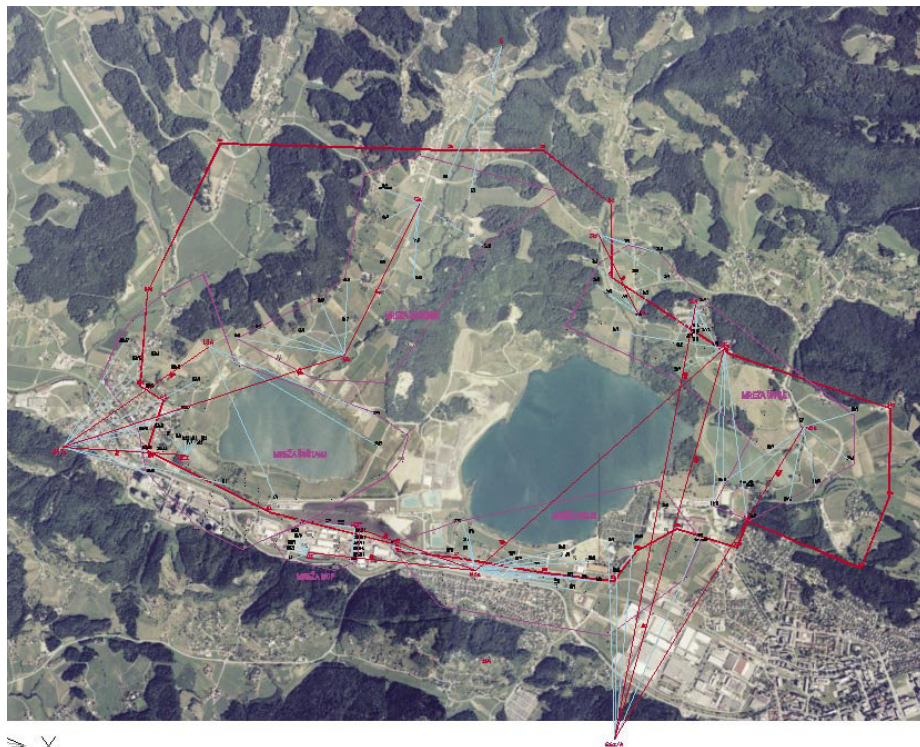
2.1 Opazovalne mreže

Opazovalne mreže Premogovnika Velenje sestavlja preko 300 opazovalnih točk. Izhodiščno opazovalno mrežo sestavlja 18 glavnih točk, od katerih so tri opazovalne točke stabilizirane zunaj pridobivalnega prostora. Koordinate izhodiščnih točk opazovalnih mrež se določajo z GPS-meritvami. Vsaka opazovalna mreža vsebuje vsaj eno točko, ki je del izhodiščne opazovalne mreže. Vsaka opazovalna mreža vsebuje različno število opazovalnih točk. Opazovalne mreže so prikazane na sliki 2.

Opazovalne mreže so oblikovane tako, da lahko opazujemo bistvene dele pridobivalnega prostora. Mreže se stalno optimira in posodablja. Pogostost izmere posamezne opazovalne mreže je odvisno predvsem od lokacije in vrste opazovanega objekta oziroma terena v pridobivalnem prostoru (PV INVEST, 2013).

2.1.1 Opazovalna mreža Šoštanj–Družmirje–TEŠ

Opazovalna mreža Šoštanj–Družmirje–TEŠ je bila vzpostavljena leta 1973 (slika 3). Opazovalno mrežo sestavljajo profili B, C, D in X, ki ležijo v smeri sever–jug. Del te mreže je tudi profil točke A, ki leži v smeri vzhod–zahod. Veliko prvotnih opazovalnih točk je bilo s širjenjem Družmirskega jezera uničenih. Leta 1989 so bile uničene točke nadomeščene z novimi, mreža pa je bila razširjena z dodatnimi točkami. Nove opazovalne točke so bile



Slika 2 • Shema opazovalnih mrež Premogovnika Velenje

vzpostavljene na območjih mesta Šoštanj in naselja Gaberke pri Šoštanju. V okviru opazovalne mreže se opazuje tudi Šoštanjski nasip. Celotna opazovalna mreža Šoštanj–Družmirje–TEŠ se meri enkrat letno.

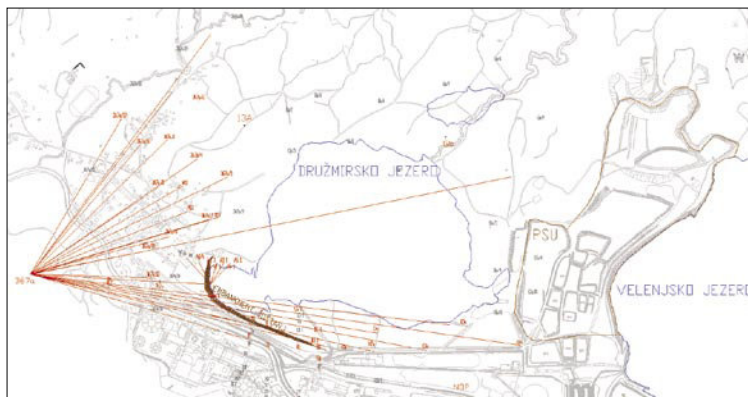
2.1.2 Opazovalna mreža Gaberke

Opazovalna mreža Gaberke je bila vzpostavljena leta 1988 (slika 4). Na začetku so opazovalno mrežo sestavljale tri glavne točke GB, GA in G. Po izkopavanju premoga na odkopih G-plošč

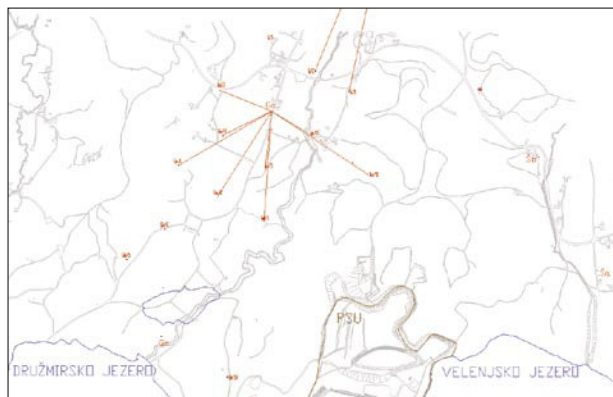
na severovzhodu jame Preloge je bila točka GB uničena. Izhodiščne točke opazovalne mreže sta GPS-točki 367A in GA. Mreža Gaberke se prav tako meri enkrat letno.

2.1.3 Opazovalna mreža NOP

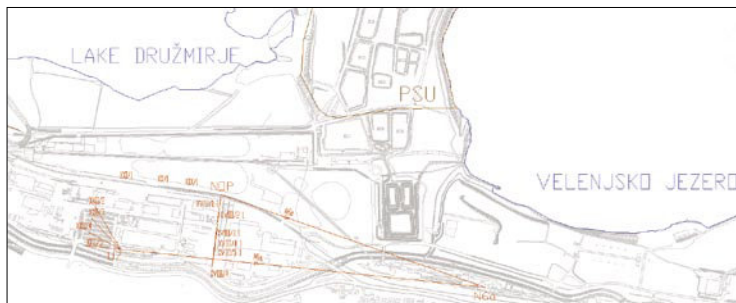
Opazovalna mreža NOP je bila vzpostavljena leta 1989. Opazovalno mrežo sestavljata dva profila v smeri sever–jug in eden v smeri vzhod–zahod (slika 5). Mreža NOP vsebuje dve izhodiščni GPS-točki, ki jih označujemo



Slika 3 • Shema opazovalne mreže Šoštanj–Družmirje–TEŠ (rdeče črke 367a/1 ... predstavljajo opazovalne točke)



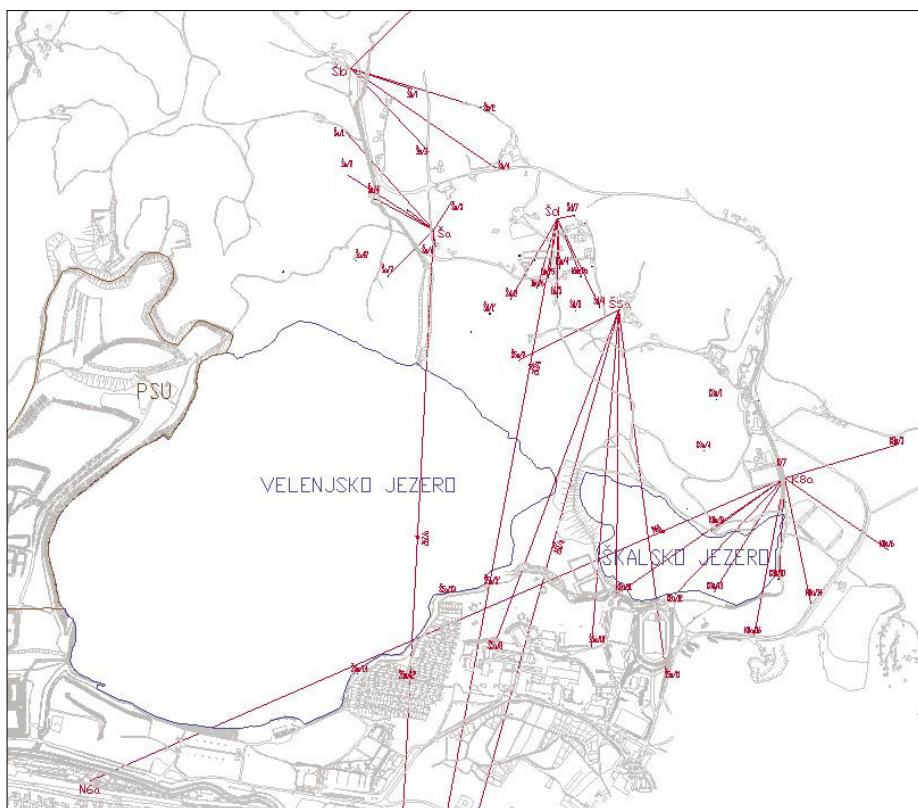
Slika 4 • Shema opazovalne mreže Gaberke (rdeče črke A1, B1, GA ... predstavljajo opazovalne točke)



Slika 5 • Shema opazovalne mreže NOP (rdeče črke UZ, N6a ... predstavljajo opazovalne točke)



Slika 6 • Shema opazovalne mreže Pesje (rdeče črke GL2, VI/3 ... predstavljajo opazovalne točke)



Slika 7 • Shema opazovalne mreže Škale (rdeče črke N6a, G ... predstavljajo opazovalne točke)

z NOP in UZ. Tudi opazovalna mreža NOP se meri enkrat letno.

2.1.4 Opazovalna mreža Pesje

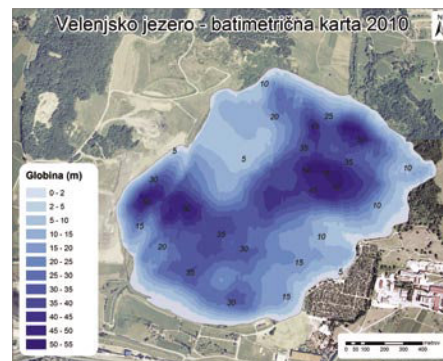
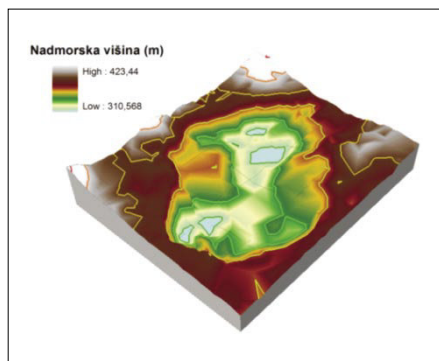
Opazovalna mreža Pesje je bila vzpostavljena leta 1980 in kasneje dopolnjena z dodatnimi opazovalnimi točkami v letih 1984 in 1989. Opazovalno mrežo sestavlja petnajst merskih profilov v smeri sever–jug. Leta 1989 je bila mreža dopolnjena z dvema profiloma in 1991. z novim profilom J. Mreža Pesje se, kot vse preostale, meri enkrat letno (slika 6).

2.1.5 Opazovalna mreža Škale

Opazovalna mreža Škale je bila vzpostavljena leta 1989 (slika 7). Izhodiščne so GPS-točke K8A, ŠA, ŠB, ŠD in Š5A. Izhodiščne točke se uporabljajo za meritve drugih točk. Celotna opazovalna mreža se meri enkrat letno.

2.2 Merjenje jezer

Merjenje globine jezer in njihove oblike se uporablja za ugotavljanje vplivov podzemnega pridobivanja premoga na širjenje jezer in spremembe dna jezer. Ta merjenja se opravljajo enkrat letno (slika 8). Prva merjenja jezer so bile že leta 1960. Od leta 1975 se jezera



Slika 8 • Merjenje na jezeru (levo), 3D-model dna jezera (sredina), batimetrična karta Velenjskega jezera (desno) (Potočnik, 2013)

v Šaleški dolini merijo letno. Za ugotavljanje globin jezer se uporablja kombinacija sonar, sprejemnik GNSS, ki omogoča določitev globine jezera na znani lokaciji na površini. Ta način izmere se uporablja od leta 2010. Merjenja globine se izvajajo na gladini jezera po linijah kvadratne mreže 25 krat 25 metrov. Globina jezer se izmeri vsakih pet metrov. Iz meritev se izdelata model vsakega jezerskega dna, iz katerega so razvidne spremembe, ki so nastale kot posledica podzemnega izkopavanja premoga. Oblika obale jezer se določi na osnovi GNSS-meritev.

2.3 Geodetsko opazovanje območja aktivne sanacije ugreznin

Območje aktivne sanacije ugreznin (PSU) leži med Velenjskim in Družmirskim jezerom. Na območju PSU se pogreznjen teren zapolnjuje s stranskimi produkti Termoelektrarne Šoštanj (TEŠ). Večina območja PSU leži nad jamo Pesje Premogovnika Velenje (slika 9).

Z zapolnjevanjem ugreznin se vzdržuje začetno stanje in tako preprečuje prelivanje Velenjskega jezera v sedem metrov nižjeležeče Družmirsko jezero. Pogostost meritev terena PSU se izvaja glede na dinamiko sanacijskih del zapolnjevanja ugreznin. Celotno območje se izmeri najmanj dvakrat letno z uporabo GNSS-merjenj (PV, 2013).

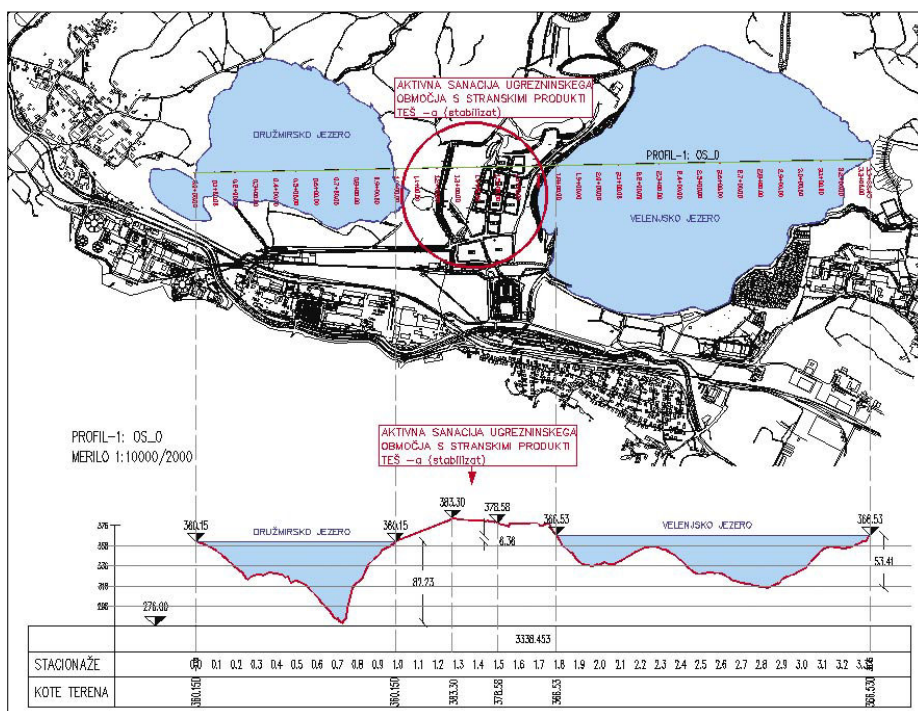
2.4 Geodetska opazovanja velikih objektov v pridobivalnem prostoru PV

V pridobivalnem prostoru Premogovnika Velenje in v njegovi neposredni bližini stoji nekaj pomembnih velikih objektov, ki jih ne opazujemo v okviru opazovalnih mrež PV. Med te objekte spadata novi rudniški izvažalni jašek NOP2 in hladilni stolp bloka 4 TEŠ (Potočnik, 2013).

2.4.1 Opazovalna mreža NOP2

Novi izvažalni jašek NOP2 bo postavljen blizu odkopnih polj premogovnika in v neposredni bližini vplivnega območja rudarjenja, zato je možnost pojavljanja posedanja tal. Izhodiščna opazovalna mreža je vzpostavljena blizu (slika 10).

Točke izhodiščne opazovalne mreže so postavljene v štirikotniku okrog jaška tako, da je zagotovljena vizura med njimi. Opazovalno mrežo sestavljajo štiri betonske merske točke (T1, T2, T3, T4). Celotna izhodiščna opazovalna mreža NOP2 leži znotraj glavne opazovalne mreže PV. Kontrola notranje stabilnosti mreže NOP2 se opravlja enkrat mesečno. Izmera za ugotavljanje zunanje stabilnosti mreže pa na šest mesecev.

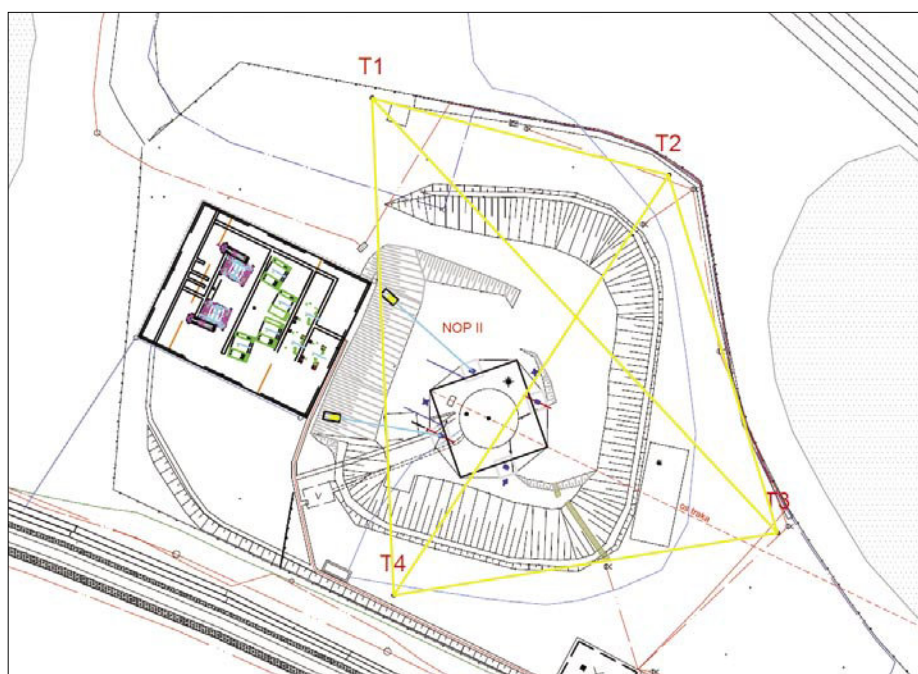


Slika 9 • Območje aktivne sanacije ugreznin PSU s prikazanim profilom

2.4.2 GPS-monitoring hladilnega stolpa bloka 4 TEŠ

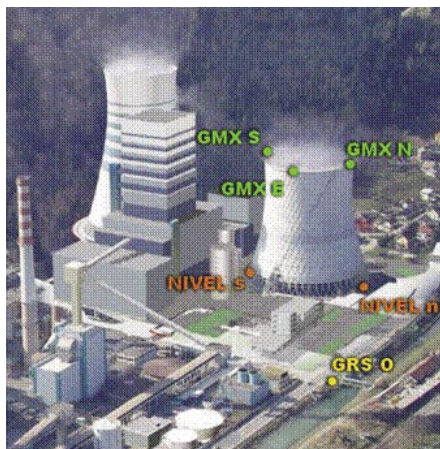
GPS-monitoring hladilnega stolpa bloka 4 TEŠ je bil vzpostavljen leta 2011. Glavna razloga za postavitve sistema opazovanja hladilnega stolpa sta, da je v neposredni bližini (ca. deset metrov stran) začela nastajati globoka grad-

beno jama za gradnjo šestega bloka termoelektrarne ter da je hladilni stolp bloka 4 TEŠ blizu pridobivalnega prostora premogovnika. GPS-sistem monitoringa vsebuje šest opazovalnih točk (slika 11). GRSO služi za referenčno točko, ki je opremljena z GNSS-sprejemnikom in natančnim senzorjem nagiba. Opazovalne



Slika 10 • Izhodiščna opazovalna mreža NOP2 (Potočnik, 2013)

točke GMXS, GMXN in GMXE so opremljene z GPS-sprejemniki, na točkah NIVELs in NIVELn pa s senzorji merimo nagib. Opazovalne točke so povezane s centralnim računalnikom, ki zbira podatke opazovanj. Stalni monitoring opazovanih točk je omogočen z neprestanim dostopom do centralnega računalnika z uporabo medmrežja (Potočnik, 2013). Na sliki 11 so prikazane lokacije opazovalnih točk in referenčne točke samodejnega monitoring sistema GNSS.



Slika 11 • Lokacije opazovalnih točk samodejnega monitoring sistema GNSS (Potočnik, 2013)

3 • SKLEP

Podzemno pridobivanje premoga v Premogovniku Velenje povzroča nastajanje ugreznin terena nad jamami premogovnika. Dobro poznavanje učinkov izkopavanja premoga na površino je bistvenega pomena pri planiranju in optimiranju sanacije degradiranih površin in za vzpostavitev v prvot-

no stanje. Za potrebe stalnega spremljanja nastajajočih sprememb površine so vzpostavljene opazovalne mreže, ki zagotavljajo pokritost opazovanja terena pridobivalnega prostora in njegove bližine. Opazovanja potekajo z merjenji na več kot 300 opazovalnih točkah. V okviru opazovanj sprememb

pridobivalnega prostora se spremljajo spremembe vseh treh jezer v Šaleški dolini, prav tako se opravlja geodetski monitoring jaška NOP2, hladilnega stolpa bloka 4 TES, opazuje se tudi območje aktivne sanacije ugreznin. Izmere opazovalnih mrež omogočajo ugotavljanje sprememb v pridobivalnem prostoru Premogovnika Velenje, kar nam zagotavlja nadzor stanja obstoječih objektov ter osnovo za planiranje in sanacijo degradiranih površin.

4 • LITERATURA

- Medved, M., Golob, L., Sustainable development of Velenje Mining Method and its global use, Paper's book, 4th Balkan mining congress, 349–359, 2011.
- Potočnik, D., Rošar, J., Lamot, A., Vulić M., Real-Time Deformation and Movement monitoring using GNSS in the Šoštanj Thermal Power Plant, Paper's book, 4th Balkan mining congress, 543–550, 2011.
- Potočnik, D., Rošar, J., Vulić, M., The Velenje Coal Mine's spatial monitoring of surface and structure movements, Journal of Energy Technology, JET Volume 6 (2013), 59–74, 2013.
- PV, Premogovnik Velenje, d.d., Sanacija pridobivalnega prostora nad jamo Pesje zaradi odkopavanja odkopne plošče B na etaži k-65, Rudarski projekt, 2013.
- PV INVEST, d.o.o., Poročilo programa Jamomerstvo in geodetske storitve za leto 2013, 2013.